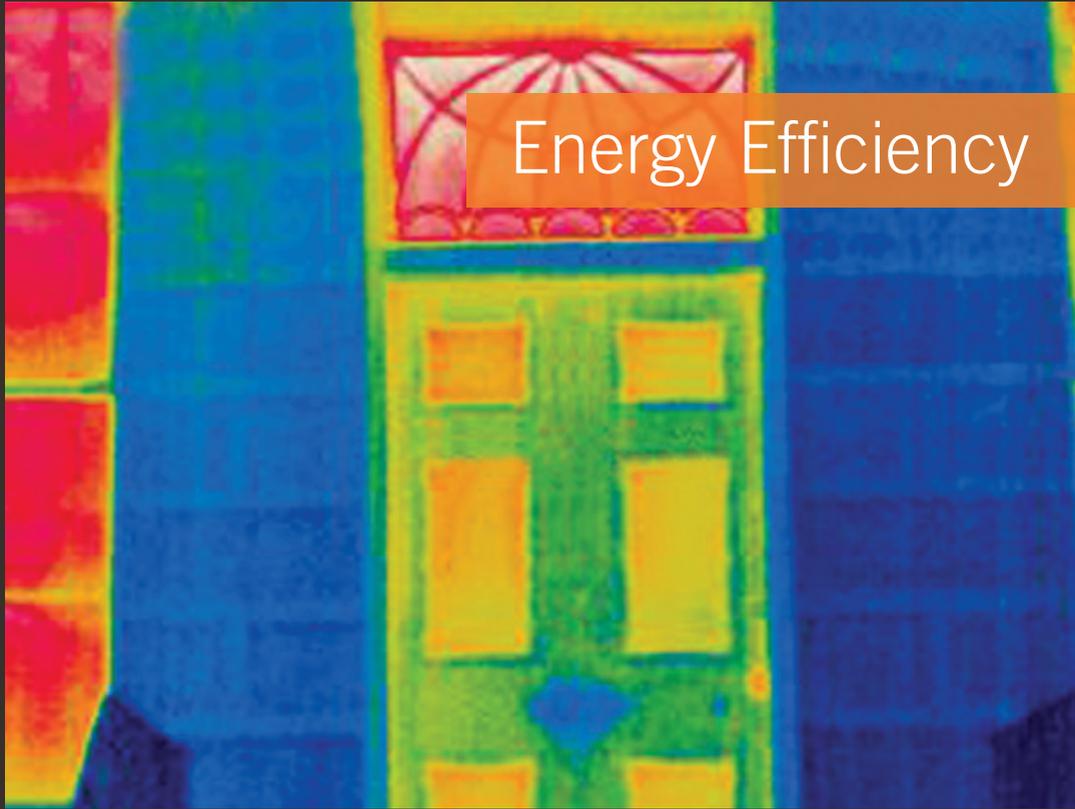




EDINBURGH WORLD HERITAGE

Historic
Home Guide



Energy Efficiency



EDINBURGH WORLD HERITAGE

Historic
Home Guide

5 Bakehouse Close, Edinburgh EH8 8DD

Tel: 0131 220 7720

info@ewht.org.uk

www.ewht.org.uk

Authors: Chiara Ronchini, Kirsten Haase

Edinburgh World Heritage Trust is a charitable company limited by guarantee. Registered in Scotland No. 195077. Scottish Charity No. SC037183

Edinburgh World Heritage is funded by

• EDINBURGH •
THE CITY OF EDINBURGH COUNCIL

HISTORIC SCOTLAND



Edinburgh: World Heritage City



Edinburgh: World Heritage City

Introduction

The Old and New Towns of Edinburgh World Heritage Site boasts an outstanding variety of buildings with different architectural styles, materials and unique characters.

These traditional buildings already have certain benefits in terms of environmental sustainability, including their longevity, thermal mass, locally-sourced materials and natural ventilation. Contrary to popular belief, it is possible to reduce energy inefficiency, even in traditional buildings, without compromising their authenticity.

The purpose of this guidebook is to advise owners and residents about energy efficiency solutions that can improve the thermal performance of historic buildings, reduce carbon emissions and lower fuel bills.

For more, follow us on:
 Website: www.ewht.org.uk
 Facebook: Go Energy Efficient! Edinburgh World Heritage Site
 Twitter: GoGreenEWH

Sustainability and Climate Change in the World Heritage Site

Adapting our existing homes is usually more energy efficient than building entirely new ones. It is therefore critical to concentrate our efforts on adapting existing buildings, especially considering the fact that 80% of the houses in which we will be living in by 2050 have already been built.

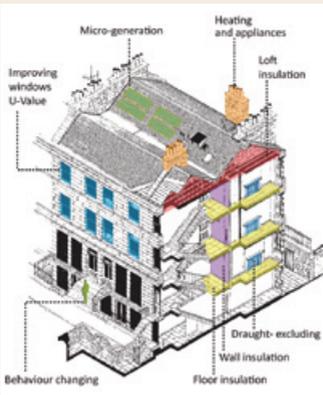
When considering energy improvements, it should be remembered that historic buildings contain a great deal of embodied energy. Historic fabric should be retained wherever possible and new elements should be assessed not only in terms of their compatibility with the building and

U-value, but also for the whole life energy cost.

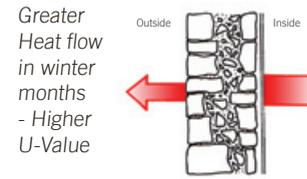
Despite providing guidance on the application of energy efficiency improvements to historic and traditional buildings, not all of the improvement measures outlined will be suitable for all situations. Careful consideration is needed when applying energy efficiency measures to prevent long term deterioration of the building's fabric or loss of the building's significance.

The embodied energy of a building refers to the energy used to extract, process, refine and transport all materials used for its construction.

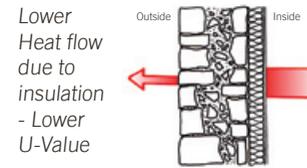
Top 5 tips



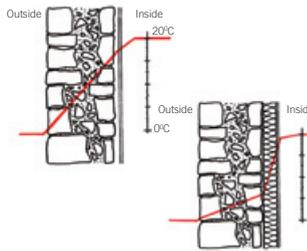
1. Insulate your loft, utility pipes and water tank to retain heat.
2. Draught-proof and weather-strip windows, doors and gaps to minimize building leaks.
3. Use curtains, blinds and shutters to reduce heat loss from your windows.
4. Upgrade your boiler to a more energy efficient type, saving energy and money.



U-Value without insulation: ca. 1.0 W/m²K, stone wall thickness 600mm (it would be ca. 2.3 W/m²K for a wall 300mm thick).



U-Value with insulation: ca. 0.35 W/m²K with additional 70mm internal sheepwool insulation



Temperature curve through the wall section with and without insulation

U-values indicate the heat flow through a building element (a window, a wall, a roof etc.) to assess the thermal performance of construction materials as well as whole buildings. The higher the U-value, the more heat flows through the building element and the greater the heat loss.

Assessing energy

Lifestyles have changed throughout the centuries and we cannot assume that traditionally constructed buildings match the levels of comfort and energy efficiency levels expected in new buildings.

- The first step in reducing the energy consumption of any building should be to optimise how the building is used and how the occupants behave, such as wearing warmer clothing in colder conditions.

- Energy efficiency can be improved by insulating the loft, reducing draughts and investing in more efficient fixtures and fittings, such as heating and lighting.

Before starting to install energy efficiency measures, it is essential to understand and assess where your house needs improvements. Carry out an assessment

of energy loss through observation, following our guidelines or through other tests such as:

- Thermal imaging (or thermography) to reveal heat losses, damp patches and draughts.
- Blower door tests (fan pressurisation tests) to show air leakage.
- Dynamic Thermal Simulation models the whole building performance, such as internal temperatures, ventilation rates, heating and cooling, energy consumption and solar gains.

Bear in mind that condensation might still appear: simple activities such as boiling the kettle, using gas fires or bathing can create condensation.



Heat loss: the Georgian cupola on the left is a cold spot, in blue in this interior thermal image; on the right, heat is escaping through a sash & case window, in red in this exterior image

Listed buildings

Buildings of architectural and historic interest are protected by being A, B or C(s) listed if they have international, regional or local importance respectively. The listing protection covers both the interior and the exterior of a building, regardless of the category.

If your building is listed, alterations are still possible, but need Listed Building Consent (LBC) in order to retain the special character of your building. Minor changes such as altering the colour of your main door, and major and potentially harmful changes, such as installing double glazing, all require LBC. Reversible and cost-effective energy efficiency measures such as draught proofing, loft insulation, boiler replacements, use of full length curtains,

blinds and shutters do not require LBC.

If you are not sure whether you need LBC, contact the City of Edinburgh Council. Phone the Planning Helpdesk on 0131 529 3550

There is no fee for an application for consent.

You may additionally require other consents such as Planning Permission or a Building Warrant to make changes to your home. If your building is not listed but in a Conservation Area or Area of Window Control, it will be subject to other planning restrictions, which must be taken into consideration.

Your home doesn't necessarily need to be old to be listed! This Basil Spence's building is only 40 year old and is B-listed.

Building materials

Traditional building materials are often more thermally efficient than widely believed. A recent Historic Scotland report on the U-values of traditionally constructed walls suggests that traditional building elements tend to perform much better thermally than expected by the U-value calculated with standard software programmes.

- When repairing or carrying out alterations, retain and reuse original materials whenever possible, making use of the embodied energy of those materials rather than wasting it.
- Source indigenous, salvaged or traditional materials. This will ensure that the historic character of the building is preserved or enhanced through appropriate material matching and a mile-zero approach.
- Use second-hand recycled materials, such as insulation made from recycled newspapers, plastic and glass where appropriate.



The sense of place in the World Heritage Site is strengthened by the quality, durability and consistent use of local materials for construction, including local sandstone, Scottish slate, lime plaster, cast iron, timber and glass.

- Choose durable products to waste less energy in the long term.
- Choose natural and breathable materials, which are low in embodied energy (lime mortars instead of cement-based mortars, lime render instead of cement, timber window frames instead of U-PVC, etc.). Cement should be avoided both for environmental and conservation reasons.
- Use water-based paints, which have a smaller environmental footprint than oil-based or oil paints. If oil-based paints are required, the recommended ones are composed of linseed and turpentine.

There are around 45 examples of pre-1700 buildings in the World Heritage Site, particularly concentrated in the Old Town and Dean Village. It is often because their high quality construction and materials that they have survived from this period.

Original crown glass is characterised by curved and bellied waves often visible in individual panes when viewed in sunlight. As it is no longer produced, historic crown glass should be maintained and preserved.



Bakehouse Close, Canongate



How to reduce energy

Reduce the need for energy	<ul style="list-style-type: none"> Minimise building leaks and draughts. Wear warmer clothes in winter. Keep radiators clear of furniture and doors closed.
Use energy more efficiently	<ul style="list-style-type: none"> Increase the efficiency of your heating system by upgrading your boiler. Every room should have its own thermostat, heating should be regulated by a timer. Turn your thermostat down by 1°C to save up to 10% on the energy bill! Turn off lights and other electrical equipment when not in use.
Install simple energy efficiency measures	<ul style="list-style-type: none"> Draught-proof and weather-strip windows, doors, gaps, etc. Fit energy efficient light bulbs. Insulate the loft, floor, utility pipes and water tank. Use curtains, blinds and shutters or install secondary glazing.
Use renewable energy and generate your own	<ul style="list-style-type: none"> If possible, install electricity-generating and low carbon technology through MCS certified contractors. Obtain a certificate for eligibility to receive the feed-in tariff and sell energy to the National Grid.

Insulation

Historic buildings were originally designed to allow plenty of air circulation, and adding insulation may be a delicate operation. Damp problems, timber decay, mould growth and metal corrosion can all occur when historic buildings are sealed up and moisture gets trapped.

Natural and breathable insulation materials such as sheep's wool, cotton, hemp, flax and wood cellulose are preferred for use in historic buildings. Man-made materials such as mineral wool



Average heat loss in a traditional detached house and a traditional tenement flat.

or rock wool should be used in damp conditions, since they are non-biodegradable. However,

although they are cheaper than natural insulation materials, they are higher in embodied energy.

Insulating fittings

This is easy to do yourself and will not affect the visual appearance of your historic home or damage its fabric.

- Insulate your water storage tank with a hot water jacket. By law, all new water storage tanks must now be insulated.

Insulating your hot water tank will reduce heat loss by up to 70% and you can fit it yourself for around £15, which will

be recovered in the first year.

- Fitting insulation to pipework is easy, if the pipes are accessible, and will cost around £10. Professional help may be required to fit insulation around pipework that is difficult to reach such as under floorboards.

You can save about 170kg of carbon dioxide (CO₂) and around 60kg of CO₂ with pipe insulation.



Pipe insulation

Insulation is only as efficient as at its weakest point. Gaps in the insulation cause cold draughts and can cause occupants to feel uncomfortable. Furthermore, partial insulation is similar to air leaks or cold bridges (areas where insulation is missing and a 'cold spot' is created), where moisture may build up and damage the building fabric.



The defect in the insulation allows heat and dampness to escape through the fabric, damaging the wall.



Loft insulation

Heat loss from the roof averages 5% in a 4-storey traditional flat and 32% in a 1/2-storey detached house.

- One of the most cost effective ways to reduce your heating bills is to install insulation between the joists yourself.

- It is important to leave no gaps for the heat to escape, but at the same time ensure adequate ventilation around the eaves to avoid moisture building up. In Georgian houses with parapets, ventilation may have to be maintained by fitting special ventilating roof slates or similar.

Loft Insulation materials (left to right): insulated plasterboard, sheep's wool, recycled plastic, extruded polystyrene foam and reflective multi-layer insulation

- By laying down loft insulation to the recommended thickness of 270mm you could reduce your annual heating bill by £150.



Before going up in your loft, put on protective clothing and check if you have the following: a hand-held or head-torch, a protective mask, gloves, protective goggles, knee pads, bin bags to clear the loft of waste materials, scissors, tape to fix the insulation and working tools to secure cables with clips. Take care, for your safety, always only step on the joists! Crawl boards can be helpful to spread your weight over several joists.



It is very important to draught-proof and insulate your loft hatch as well in order to have a continuous insulation without gaps. Insulation must also go over the water tank. Cables should run above the insulation (on the cold side) to avoid overheating. Also remember to add lagging around pipework to avoid frozen/burst pipes.

Wildlife at home: bats and swifts, which often nest in cracks and cavities under the eaves or under roof tiles, are entirely dependent on buildings and are both protected species. The loss of nest sites due to repairs of cracks and sealing up of gaps in roofs has caused the decline of these species. Contact a Council Biodiversity Officer to install swift bricks or bat boxes on your roof: 0131 469 3920.



A swift box in cedar

Floor insulation

A traditional cottage or a detached house loses nearly 6% of its heat through the floor.

There are a number of things that can be done to improve this situation.

Suspended timber floors: ground floor insulation can be installed above a ventilated space under the floorboards.

- This can be a very delicate operation: consider employing an experienced joiner for lifting and refixing floor boards, especially if they are valuable or historic.
- Where historic floor finishes cannot be disturbed, insulation may be inappropriate unless there is sufficient crawl space underneath to install it from below.

In some cases, sealing gaps and draught stripping skirting boards may be the only solution possible, together with laying a carpet with an insulating underlay. It is always important to use moisture-permeable materials to prevent timber decay. LBC is required to lift historic floorboards and alter the floor height.



Solid floors: Generally it is more difficult and expensive to retrofit insulation to solid floors, especially if existing finishes and floor height must be retained.

- Flagstones can be carefully lifted, the subfloor dug out, insulation and screed

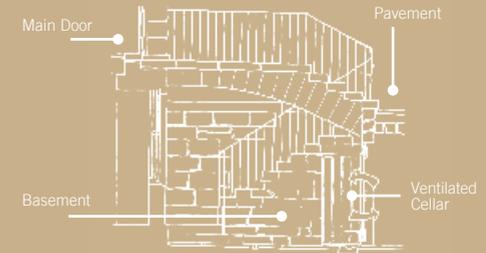
installed and finished by relaying the flagstones back in place.

- Alternatively, a new floor can be laid over the existing. The existing floor will be preserved, but it will result in a higher floor built up by about 100mm. It is not advisable to

add an impermeable membrane and it is preferable instead to use an insulated, breathable lime-concrete floor.

- If your original floor has been replaced by a concrete floor, you can add insulated floorboards on top.

In the New Town, there are often buildings with cellars at basement or sub-basement levels. It is not advisable to add insulation or seal up these cellars as moisture will get trapped and lead to damp problems and timber decay. Cellars should be well ventilated.



Wall insulation

Heat loss through outside walls represents 45% of the overall loss in a traditional flat with solid stone walls and nearly 24% in a detached house.

The addition of insulation is rarely feasible due to the presence of original decorative finishes, such as plaster-work on ceilings and walls. Traditional lath and plaster finishes retain more heat than plaster-on-the-hard-only and may not need the addition of insulation. However, it may be possible to blow loose insulation into the space behind lath and plaster.

Internal insulation ('dry-lining') means adding a layer of insulation on the inside of the wall.

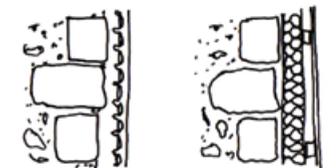
- If insulation is added, careful construction detailing is required not to trap condensation within the wall. Ask a professional adviser if you might need to add a vapour control layer.

Solid wall insulation could cost you £8,000 upwards and discount schemes are harder to obtain than for cavity wall insulation.

Houses built from around 1920 onwards often have

cavity walls, which are simpler to insulate than solid stone or brick walls: insulation is simply blown into the existing cavity. You can save £110 a year by installing cavity wall insulation, recovering the installation cost in the first two years.

Internal wall insulation



Original wall lath and plaster.

Lath and plaster removed. Insulation and plasterboard installed.

Lath and plaster can be kept, if in good conditions.

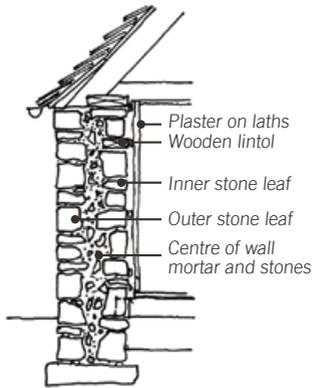
If you are able to insulate your walls, you can prevent moisture becoming trapped, by using a breathable membrane and moisture permeable insulation such as sheep's wool, hemp and sisal, which should be as thick as possible for maximum energy efficiency.

External insulation is almost always inappropriate if the external façade must be retained, such as historic stonework.

If the building is rendered or harled with cement plaster,

1. Historic traditional masonry solid wall construction

Water can be absorbed by permeable wall

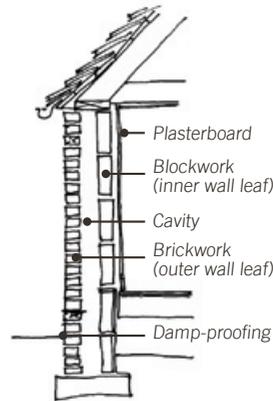


a more suitable replacement may be considered.

Door insulation: Add insulation to panels on the

2. Modern cavity wall construction

Inner leaf and floor are protected from water through ventilated cavity



interior face to retain the external character. It cannot be installed when the interior face needs to be retained.

Draught excluding & Weather stripping

Get rid of draughts: look out for spider webs to locate draughts!



A traditional flat loses around 20% of its heat through draughty doors, windows and uncontrolled ventilation gaps, such as chimney flues.

- Check that your doors and windows fit well before adding draught-proofing.
- Fit weather-stripping and draught excluders to your doors, windows, letterboxes and keyholes

to retain heat. You can buy them from DIY stores, but why not try making your own draught excluders.

The thermal image below shows, in blue, the cold draught coming through the letterbox. Draught-exclude your letterbox to minimize the draughts! Escutcheons were provided in New Town tenements as key hole protection, but can also reduce draughts.



Where to look for draughts:

- Around windows and doors.
- Loft hatches.
- Between floorboards.
- Installations in walls such as pipework and electrical fittings.

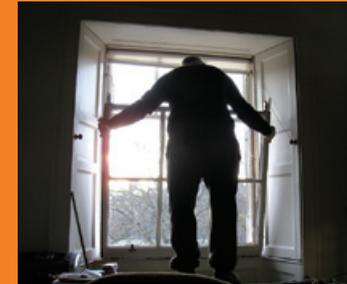
An open fire loses 80% of the heat up the chimney: if not in use, be sure the flue is closed and fit glass doors (which require LBC) to minimise heat loss, but always ensure that it remains well ventilated. Consider fitting a chimney pillow/balloon, an inflatable bag made from a special laminate that makes it airtight and which will shrivel up if heated by accident.

Rooms where water vapour is abundant (eg bathroom, kitchen) and rooms with gas-fires / appliances should not be draught-proofed unless a means of ventilation is available from a ventilator or window.

Traditional buildings were designed to let air circulate between the outside and inside of a building. Sealing up the building too drastically may lead to problems of damp, mould and timber decay.

Windows

Historic windows with original glass should always be retained, overhauled (timber may have distorted over a period of time), cleaned and fitted with concealed draught-proofing, instead of being replaced with modern double glazing. If the historic fabric is beyond repair or has been altered in the past, windows may be replaced subject to LBC.



Cleaning your sash & case window

or other materials high in embodied energy. U-PVC frames spoil the building's authentic character, are not able to be repaired and are difficult to recycle.

Well maintained timber windows can be repaired to last hundreds of years and be re-used at the end of their lifetime. Window frames should be made of sustainably sourced timber rather than U-PVC



Improving the U-value of the window:

- Draught-proof your existing timber framed sash & case windows with concealed brushes set into new grooves in the sashes and parting beads. Brushes are more effective and more attractive than surface-mounted rubber seals. You can reduce air leakage by up to 80%.

- Use heavy full-length curtains, internal blinds or shutters to retain heat.
- You can also insulate your shutters or add secondary glazing, although detailing should be carefully considered.

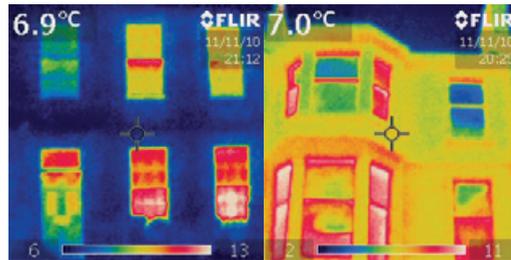


Reinstating wooden shutters in their original location is a surprisingly cost-effective solution, especially if you close them at night and when the room is not in use. Additionally, it enhances the historic character of your home.



On the upper floor, the windows with the shutters closed show up in the thermal image in a deep blue colour, demonstrating how little heat is escaping.

Left: roller blinds help reduce heat loss in the top left window. Only curtains are fitted in the top right windows, but they are sufficient to improve the windows' efficiency, if compared to identical windows below.



Right: shutters and curtains in the top right window. The top flat has also been draught-proofed with concealed brushes.

Secondary glazing

With secondary glazing systems, a second window pane is added behind the existing window.

Secondary glazing can reduce the heat loss to 50% and will also reduce noise. It is more heritage-friendly than replacing windows with double-glazing and is as energy efficient as most types of slim-line double glazing. In certain cases, it may require LBC and can also make regular maintenance and cleaning more difficult.

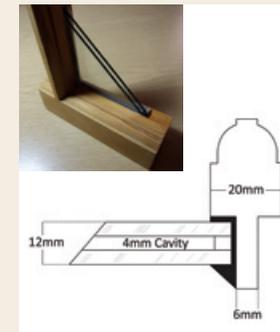
Best solution: mount vertical sliding secondary glazing on the inner face of the sash & case window. The frame should be similar in size to the slim frame of the existing window to obtain a very discreet installation. It also allows shutters, where they exist or could be retrofitted, to operate.



Double glazing

In Edinburgh, the use of double glazing is not permitted in listed buildings, although in certain cases the slim-profile system may be acceptable, but still requires LBC.

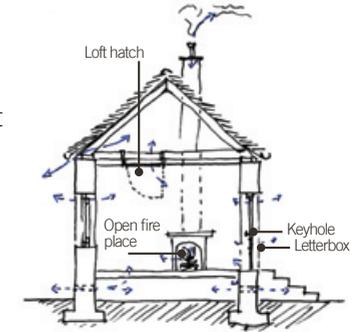
In terms of energy efficiency, slim-line systems are comparable to single glazed units with secondary glazing added. The gap between the two panes is very small and the profile should replicate the exact window details including the astragals and mouldings, in order to match the original historic features.



Slim-line double glazing performance was monitored with sensors in Lauriston Place

Ventilation

Ensure that your home is always well ventilated to prevent moisture getting trapped. Windows, vents, ventilated chimney caps, rooftop ventilators, flues, cupolas, skylights and clerestories can all help achieve effective natural ventilation.



Natural ventilation in a traditional home.

Heating and Appliances

Replacing a 15-year old boiler with a new energy-efficient condensing model can save the average household 30-40% of its fuel bills, or up to £235 a year. Heating and hot water make up over 60% of a home's energy bills (on average). Upgrading your boiler will save you money and won't affect the historic character of your home. The efficiency of individual boilers can be checked on SEDBUK (Seasonal Efficiency of Domestic Boilers in the UK, www.sedbuk.com)

instead of using the 'standby' function. It saves in average £33 per year on energy bills and 130 kg CO₂. Using multi-plugs and adapters can make this even easier. Always remember to switch off mobile phones and laptops when you are not using them.

Replace appliances with A or A* rated ones.

You are fuel-rich...

...if you spend less than 10% of income on gas, electricity and heating oil to keep your home adequately warm (21°C in the main living room and 18°C in other occupied rooms during daytime hours). You can find a list of grants available to minimise your fuel bills and improve energy efficiency of your home at the end of this publication.

Line the inside of your external wall with reflective panels where radiators are located – or even just tin foil.

Switch off all electrical appliances at the socket

Lighting

Energy efficient light bulbs use up to 80% less energy than a normal bulb. They may appear more expensive when purchasing, but last 10 times longer and can save £40 during their lifetime. Energy efficient lighting comes in a surprisingly wide range of shapes and styles.

LED Lights are more expensive, but may last even longer than energy efficient bulbs, typically up to 20 years.

Always allow natural daylight into the rooms by keeping the windows clean and unobstructed. Sunlight can also contribute to heating your home, particularly in stone buildings such as those in the New Town. The sun warms up the fabric during the day and this heat is later released during the evening.

Rainwater harvesting and grey water recycling

Over 50% of domestic water demand can be supplied by a rainwater collecting system.

The collection and storage of rainwater is a very simple method of reducing the running costs and environmental impact of a building. The rainwater is collected from gutters and can then be filtered and treated before being stored in a tank until it is needed.

Renewable energy

'Renewable Energy' is energy that comes from a constant and sustainable source, which does not harm the environment.

- Heating: Solar hot water, Biomass Heating, Ground Source Heat Pump, Air Source Heat Pump.



- Electricity: Photo-voltaic, Micro-Hydro, Wind.
- Heating and Electricity: Biomass CHP (combined heat and power).

Traditional 'fossil fuel' – oil, gas and coal

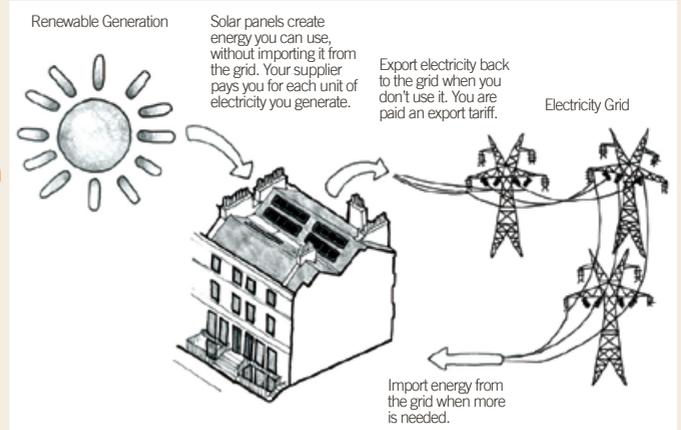
Fossil oil took 500 million years to be created from plant substances, hermetically sealed and under high pressure. Fossil energy has a high energy content compared to what is gained with renewable energy. In the last 100 years more than half of the known resources have been used. Recoverable resources are expected to last around 40 years for oil, 60 years for gas and 130 years for coal.

Save money by generating your own energy. Feed-in tariffs enable households to install renewable energy technologies to claim payments for low carbon electricity they produce.

As an example, a typical domestic solar electricity system with an installation size of 3 kWp could earn around:

- £530 per year from the Generation Tariff.
- £40 per year from the Export Tariff.
- £100 per year reduction in current electricity bills.

Feed-in tariff system



This gives a total saving of around £670 per year.

This assumes a well oriented, un-shaded system, and 75% of the electricity

generated exported.

This figure will be lower for less ideal installations, and slightly higher if more of the electricity is used directly in the home.

Solar Water Heating

Visible installations will probably not be allowed on listed buildings or in a conservation area however panels may be able to be hidden in valley of 'M' shaped Georgian roofs.

Solar heating provides hot water at 55-65°C and can provide all hot water needs in summer. It can be mounted on the roof or integrated into the roof covering (this is especially viable when roof cover needs replacing). A system comprises solar panels or tubes, a heat transfer system and a hot water storage cylinder.

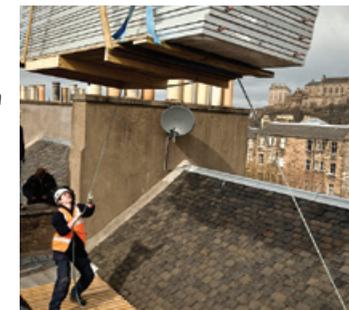
- It should be south-facing; too much shading can reduce energy performance.

There are two types of solar heating: a flat plate (most common, slightly less efficient, bigger and cheaper) which turns 65-70% of the solar energy into usable heat or evacuated tubes (slightly more efficient and slightly smaller but more expensive) which have an efficiency of 80-85%.

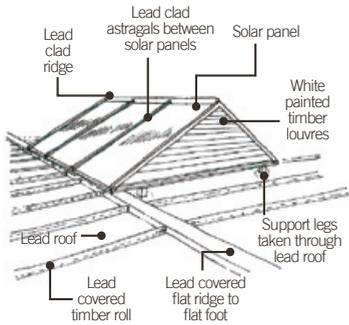
Solar panels being installed in Lauriston Place as part of the Renewable Heritage Project. The B-listed Georgian tenements in the World Heritage Site can now benefit from lower fuel bills thanks to this solar water heating technology.

- In Scotland, a standard 1m² panel can generate around 450 kWh of energy per year. A typical system of 3-4 m² should provide all hot water needs in summer, around 50% of the annual demand, and will cost around £4,000.

- You will need to consider the roof area available, the type of boiler/ fuel you use for hot water and space for a storage tank.



Solar Cupola



As a method of pre-heating the hot water to reduce load on gas fired boiler, Solar Thermal Panels on a cupola structure fixed to lead flat roof will pre-heat hot water.

Solar Photovoltaic (PV)

PV cells convert sunlight into electricity. Nowadays an array of different PV cells exist with different efficiencies and costs and those harvesting diffuse light (not subjected to direct sunlight) have become more effective over the years. Photovoltaic can be incorporated as panels, PV tiles replacing roof tiles or PV cells in or on glazing.

- Theoretical maximum efficiency of around 30%.
- Roof-mounted cells are most efficient in bright sunlight, so south-

Wall-mounted PV cells retrofitted on a modernist building in Edinburgh



facing orientation is preferable, ideally at a 20-50 degree angle.

- An average system of 10-15 m² (107-160 sq ft) should provide about half of the average family's electricity needs.
- A typical solar photovoltaic system will cost around £10,000, but you can generate around £670 per year income through the feed-in tariff.

There are virtually no running costs if connected to the National Grid; however, the payback period on PV panels is very long.

Biomass

Biomass stoves and boilers supply heat or hot water to buildings. The term *Biomass* includes a variety of organic material, such as trees and organic waste. Biomass creates CO₂ emissions; however, burning wood only emits as much CO₂ as the tree has absorbed while growing, making it 'carbon neutral'. A biomass stove may be located in a living room, whereas a biomass boiler is larger and best located in a separate utility room.

Consider in advance the location and the size of the boiler including the flue and the feeder, and the space for storage requirement of fuel, such as logs, pellets and woodchips.

- Biomass is especially sustainable when locally sourced.
- The best biomass systems can be over 90% efficient; their cost effectiveness depends on the type of fossil fuel displaced and the type of wood used.

- A wood-burning stove can cost anywhere from £500 to £3,000 to install. A biomass stove (6-12 kW) costs around £3,000. A 20kW biomass boiler costs between £10,000 and £15,000.



You can retrofit your wood-burning stove in your unused fireplace; vents can be installed in the ceiling to provide heat to the rooms upstairs as well.

Heat pumps

Heat pumps use the warmth from the air or ground to create heat for heating and/or hot water. A heat pump uses electricity but uses only 1 unit of electricity compared to the 3-4 units of heat it provides (a conventional boiler will only produce about 0.8-0.9 units of heat from a unit of electricity). The reverse process can be used for cooling.

- A heat pump has an efficiency of about 300%.
- A ground-source heat pump (GSHP) used for heating is often cheaper than using oil, LPG or electric storage heaters, based on current fuel prices. Cost-effectiveness usually depends on the type of heat distribution system

Gilmour's Close: refurbishment of a B-listed building comprising stone conservation, energy efficiency measures and renewables (Assist Architects for Hillcrest Housing Association in collaboration with Edinburgh World Heritage, Energy Saving Trust and Edinburgh City Council).



Gilmour's Close was awarded Sustainable Social Housing Refurbishment Project of the Year 2009. Measures include a ground-source heat pump providing hot water for under-floor heating, wall insulation, secondary glazing and sun-spaces on the south facing rear elevation.

(eg radiators, under-floor heating, etc.)

- The efficiency of an air-source heat pump, which uses external air, is unreliable due to temperature fluctuations. The temperature in the ground is constant at around 10 degrees Celsius.
- GSHPs using deep boreholes are the most common and may cost around £10,000.

A heat pump runs constantly and continuously uses electricity. For a GSHP you will need access and space to drill a borehole or dig a trench.



Micro-combined heat and power (CHP)

- The heat from the generation of electricity is used for space heating, which is otherwise lost at large power plants. Domestic CHP units vary in size and output. It is a renewable system when running by biomass; gas or oil can also be used, and there is a higher gain from these fuels.



- They can be linked to batteries or fuel cells to store electricity.
- 35% of primary energy can be reduced compared to a CHP with a power station and heat-only solution.
- Most efficient and cost-effective when operated on a district-wide scale where it can run continuously. To be effective, it needs to be located near the end-user to prevent long connection losses.

Micro-wind turbines

These generate electricity from wind and they can be roof-mounted or stand-alone. Their potential output depends on the location, the surrounding environment and its average wind speed, which needs to be at least 4m/s to be economically attractive.

- Not usually recommended for city locations as it is visually intrusive, noisy and unlikely to get LBC.
- A wind turbine has a theoretical maximum efficiency of 59%, running at full power generally for less than 10-15% of the year.



A wind turbine was installed on the roof of the John Hope Gateway building at the Royal Botanic Garden in Edinburgh.

- A mid-range domestic turbine of 2.5kW may cost around £11,000 – £13,000.
- generation (unlike wind generators for example). Although water flow is likely to be low in summer, hydro systems are very energy efficient.

Micro-hydro

Micro-hydro systems use natural water courses and are capable of continuous

- Not recommended for city locations.

Available grants and loans

Grants available in Scotland

Scheme	Eligibility	Closes	Details
Energy Assistance Package	Vulnerable householders in Scotland	Ongoing (awarded annually)	From energy advice to funding for insulation and enhanced energy-efficiency measures. www.scotland.gov.uk
Community Energy Scotland (CARES)	Communities and (non-profit) organisations in Scotland	Ongoing	- Up to £150,000 towards the installation of renewable technologies; - Technical grants available (eg for studies and proposals) of up to £10,000; - Help on green energy development may cover up to 90% of the cost; www.communityenergyscotland.org.uk/scotland
Energy Efficiency Design Awards	Household providers and community projects in Scotland	Ongoing	Awards available for up to £250,000 per project, for projects with significantly improve the energy efficiency of Scottish homes. www.energysavingtrust.org.uk/scotland
RHPP - Renewable Heat Premium Payment	Domestic customers in Britain (Scotland, England and Wales)	31st March 2012	Fixed-prize voucher to help towards renewable technologies such as - Solar thermal panels - Heat pumps or - Biomass Boilers. The scheme will be replaced by the Green Deal. www.energysavingtrust.org.uk/Generate-your-own-energy/Sell-your-own-energy/Renewable-Heat-Premium-Payment
Scottish Boiler Scrappage Scheme	Owner occupiers in Scotland	Ongoing	Vouchers of £400 issued by the Scottish Government to help towards the cost of replacing inefficient equipment with new more efficient ones. www.communityadvice.org.uk/scotland/Scotland-Welcome-page/At-Home/Home-Energy-Scotland
Scottish Power Energy People Trust	Non-profit organisations in Scotland	Ongoing	Grants of up to £100,000 for energy-efficiency improvements; Priority to helping families with children and young people. www.energypeopletrust.co.uk
Scottish Power Green Energy Trust	Local community groups, non-profit organisations and charities in the UK	Ongoing	Grants available of up to 50% of the cost of installing renewable technology up to a maximum of £25,000. www.scottishpowergreentrust.co.uk
CERT (Carbon Emissions Reduction Target)	Households in the UK – with a 'Priority Group' of vulnerable and low-income households	December 2012	Grants and offers for energy efficiency measures (eg loft and cavity wall insulation) and renewable energy technologies. Provided by energy suppliers and possibly free for those in receipt of certain benefits. Scheme will be replaced by The Green Deal (see Table 3). www.energysavingtrust.org.uk/Easy-ways-to-stop-wasting-energy/Energy-saving-grants-and-offers/Carbon-cuts-get-serious-with-CERT
CESP - Community Energy Saving Programme	Domestic consumers in areas of low income across Great Britain	Ongoing	Funding to households in areas of low income to improve energy efficiency standards and reduce fuel bills. www.climateenergy.org.uk/CESP_Funding.asp

Loans available in Scotland

Scheme	Eligibility	Closes	Details
Central Energy Efficiency Grant	Public sector organisations in Scotland	Ongoing	Loans for implementing small-scale energy-efficiency measures that will reduce carbon emissions. www.energy-efficiency.org
CARES Loan Fund	Community (ie non profit) organisations in Scotland	Ongoing	Loans towards high risk, pre-planning consent stages of renewable energy projects which have significant community engagement and benefit. www.communityenergyscotland.org.uk/cares.asp
Energy Saving Scotland – small business loans	Small and medium-sized enterprise, private sector landlords, non-profit organisations in Scotland	Ongoing	Interest-free loans of £1,000 to £100,000 to help business installing renewable energy technologies or measures. www.energysavingtrust.org.uk/scotland

Regular payments

Scheme	Eligibility	Closes	Details
RHI - Renewable Heating Incentive	Britain (Scotland, England and Wales)	starting Autumn 2012	Long-term financial support for renewable heat installations: a fixed amount is paid each year - up to 18p for every kWh of energy and may last between 10 and 23 years. Anybody who has installed an eligible technology since 15th July 2009 may apply. http://www.decc.gov.uk/en/content/cms/meeting_energy/renewable_ener/incentive/incentive.aspx
Green Deal	Households and businesses in Britain	due to launch in April 2012	New finance mechanism that enables the installation cost of energy efficient improvements to be paid back via the energy bill. www.decc.gov.uk/en/content/cms/funding/funding_ops/funding_ops.aspx
Feed-in-Tariffs (FITs)	Great Britain	Ongoing, started 1st April 2010	Regular payments by energy suppliers to householders and communities who generate their own electricity from sustainable sources; the average monthly income from the installation will be greater than the monthly loan repayment. www.energysavingtrust.org.uk/Generate-your-own-energy/Sell-your-own-energy/Feed-in-Tariff-scheme

Tax reliefs

VAT at 0%	UK	Ongoing	Approved alterations to a listed building carried out by a VAT registered building contractor. www.hmrc.gov.uk/vat/forms-rates/rates/goods-services.htm#4
Reduced rate of VAT at 5%	UK	Ongoing	Supplying and installing energy-saving materials in a qualifying building such as newable energy, draught-stripping and insulation. www.hmrc.gov.uk/vat/forms-rates/rates/goods-services.htm#4
LESA (Landlords Energy Saving Allowance)	For landlords who rent out residential properties in the UK and abroad	April 2015	Tax allowance: Claiming up to £1,500 against tax every year for costs of buying and installing energy saving products such as insulation or draught-proofing. http://www.direct.gov.uk/en/HomeAndCommunity/PrivateRenting/RentingOutYourProperty/DG_175186



Grants are available for topping up the insulation in your loft, such as this work in progress.



Energy efficient light bulbs were retrofitted to these original 1930 light fittings.



Glossary

Biomass is the generation of energy through the combustion of organic material, such as wood and organic waste. Biomass stoves and boilers provide heat or hot water to buildings.

Breathability is the capacity of particular buildings and building materials to allow the passage of air and water vapour through them.

Carbon dioxide (CO₂) is the main greenhouse gas, often used to measure environmental impact.

Cavity walls consist of two skins of masonry (often bricks or concrete blocks) built with a gap between them. Cavity walls appeared after the 1920s and only from the 1980s were cavities partially filled with insulation.

Combined heat and power (CHP) plants use the heat from the generation of electricity for space heating. Micro-CHP is a small scale technology for domestic use.

Condensing boiler is a very efficient system, with a condenser to extract heat twice.

Conservation Areas are designated areas of special architectural or historic interest. The World Heritage Site in Edinburgh comprises seven different conservation areas!

Double glazing consists of two panes of glass inserted into a window frame and separated by an air or other gas-filled space to reduce heat loss and noise levels.

Embodied energy refers to the total amount of primary energy used during the lifetime of a material from extraction to disposal.

Fossil fuels originate from the remains of plant substances, hermetically sealed and under high pressure. Fossil fuels are non-renewable sources of energy.

Fuel poverty is when households need to spend over 10% of their income on gas, electricity or heating oil to keep their home adequately warm and meet their other energy needs.

Heat pumps use the warmth from the air or ground to create heat for heating and/or hot water.

There are ground-source and air-source heat pumps.

Listed buildings are buildings of architectural and historic interest. They are protected by being A, B or C(s) listed if they have international, regional or local importance respectively.

Listed Building Consent is permission required from the local planning authority to carry out alterations to listed buildings.

Microgeneration is the generation of energy on a small scale, at building level or for a small group of buildings.

Natural ventilation is the process of supplying and removing air through a building via breathable materials and the opening of windows and vents, without using mechanical systems.

Passive solar gain consists of an increase in temperature and light in a building, thanks to natural sunlight.

Payback period refers to the period of time required before the cost

of an energy efficiency investment is repaid by savings in fuel bills.

Rainwater harvesting is the collection and storage of rainwater for reuse.

Renewable energy is generated from natural resources, such as the sun, wind, biomass, wave and tide, and water.

Retrofitting is the process of adapting an existing building by improving its thermal performance though the installation of energy efficiency measures.

Secondary glazing is the addition of an extra pane of glass in a frame behind an existing window to reduce heat loss and noise levels.

Smart meters/monitors record the consumption of electrical energy being used in the building or household, and can help control energy usage.

Solar photovoltaic (PV) cells convert sunlight into electricity. They are arranged in arrays and can be installed on the roof or ground.

While every care has been taken in researching this publication, neither the publishers nor the authors can accept responsibility for the accuracy or consequences of using the information it contains.

Sustainability 'meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs', as defined in the Report of the Brundtland Commission.

Thermal bridge is a building element that allows the cold to travel from the outside to the inside of a building.

Thermal imaging/thermography shows different temperatures, revealing heat losses, damp patches and draughts.

Thermal mass measures the capacity of the building to retain and release heat. The thicker an external wall, the more heat that can be retained.

Thermostat is a device which controls and monitors temperature.

U-value indicates the measurement of heat flow through a building element used to assess the thermal performance of construction materials as well as the whole building. The higher the U-value the more heat flows through the building element and the greater the heat loss.

Bibliography

1. ENERGY EFFICIENCY IN OLD HOUSES Martin Godfrey Cook, The Crowood Press, 2009
2. THE GREEN GUIDE FOR HISTORIC BUILDINGS The Prince's Regeneration Trust, 2010
3. ENERGY HERITAGE Changeworks, 2008
4. RENEWABLE HERITAGE Changeworks, 2009
5. WARMER BATH Bath Preservation Trust and the Centre for Sustainable Energy, 2011
6. HISTORIC SCOTLAND TECHNICAL PAPER 9 Slim Profile double-glazing 2010
7. HISTORIC SCOTLAND TECHNICAL PAPER 15 Joseph Little and Calina Ferraro 2011
8. ENERGY EFFICIENCY IN TRADITIONAL BUILDINGS Historic Scotland, 2010
9. THE CARE AND CONSERVATION OF GEORGIAN HOUSES Davey, Heath, Hodges, Ketchin, Milne, Fourth Edition 1995
10. ENERGIE IN DEUTSCHLAND, Bundesministerium fuer Wirtschaft und Technologie 2009

CE138



Energy efficient historic
homes – case studies



energy saving trust™

Contents and contacts

Historic homes	3
Introduction	3
Listed buildings	3
Conservation areas	3
The conservation officer and designers	3
Existing fabric	3
Ventilation and draughtproofing	4
Insulation	4
Heating and services	4
Water	5
Asbestos	5
Process checklist for work on historic homes	5
Case study 1	6
Mill Farm, Assington, Suffolk	6
Case study 2	7
Dolbelydr, Denbigh, North Wales	7
Case study 3	8
Berg Cottage, Hertfordshire	8
Case study 4	10
Dymock's Building, Bo'ness, Central Scotland	10
Case study 5	12
Neely House, Cambridge	12
Case study 6	14
Wood Farm, Gipping, Suffolk	14

English Heritage – www.english-heritage.org.uk

The Environment Agency – www.environment-agency.gov.uk

The Georgian Group – www.georgiangroup.org.uk

Health and Safety Executive – www.hse.gov.uk

The Landmark Trust – www.landmarktrust.org.uk

National Trust – www.nationaltrust.org.uk

National Trust for Scotland – www.nts.org.uk

RIBA Register of Architects Accredited in Building Conservation – www.aabc-register.co.uk

Royal Incorporation of Architects in Scotland – www.rias.org.uk

Royal Institute of British Architects – www.riba.org

Royal Institute of Chartered Surveyors – www.rics.org.uk

SAVE Britain's Heritage – www.savebritainsheritage.org

Society for the Protection of Ancient Buildings – www.spab.org.uk

The Twentieth Century Society – www.c20society.org.uk

Victorian Society – www.victorian-society.org.uk

The Energy Saving Trust would like to acknowledge the valued advice and contributions to the general text provided by the following:



The National Trust
for Scotland



THE NATIONAL TRUST



Jonathan Howard and Rory Cullen at The National Trust, Douglas Kent and the technical panel at the Society for the Protection of Ancient Buildings and Emma Adams and Jennie Humphrey, Conservation Officers, Conservation & Design, Planning & Regeneration, Dacorum Borough Council. BRE would also like to thank Sian Loftus at The National Trust for Scotland and Jan Hastie and Katherine Oakes at The Landmark Trust, for helping to find suitable buildings. Thanks to all the owners of the case study buildings for allowing their buildings to be used.

Historic homes

Introduction

Home energy use is responsible for 27 per cent of UK carbon dioxide emissions which contribute to climate change. By following The Energy Saving Trust's best practice standards, new build and refurbished housing will be more energy efficient – reducing these emissions and saving energy, money and the environment.

This guide is primarily aimed at the owners of the hundreds of thousands of historic homes in the UK which are either listed or lie within a conservation area. In England and Wales Part L of the Building Regulations requires that 'sensible and reasonable' energy efficiency measures be incorporated during refurbishment work and it is vital that homeowners understand just what this entails. The case studies in this document describe recent refurbishment projects on a range of historic homes dating from the 16th to the 19th centuries, all of which included energy efficiency improvements. They illustrate just what can be achieved while taking into account a building's historic significance, performance characteristics, design and the materials it is made of (i.e. its 'fabric').

There is generally no reason why historic homes should not be reasonably efficient, comfortable and healthy. Due to their special circumstances they may, however, be treated as special cases in terms of the energy efficiency measures expected by the building control officer. It is important to consider how to reduce carbon dioxide contributions to climate change in any construction work. For a modest investment, energy efficiency features may quickly save money (especially as fuel prices are expected to rise significantly in the future), while in some cases extending the useful life of the building.

With historic properties, the Building Regulations in England and Wales permit the building control officer to adopt a 'reasonable' approach, balancing conservation of fuel and power against the need to conserve the fabric (it is important that any changes avoid condensation problems, though). The final decision will depend on the individual circumstances. It may be regarded as reasonable to upgrade the fabric when undertaking extensive work anyway. On the other hand, upgrading floors and windows, for example, may be judged quite unreasonable if done purely to comply with the letter of the latest regulations, or some other well meaning but ill-considered reason.

Listed buildings

In England and Wales, listed buildings are classified as:

- Grade I – buildings of exceptional national significance
- Grade II* – particularly important buildings of more than special significance (* = star rating)
- Grade II – of special interest, warranting every effort to preserve them.

Scotland and Northern Ireland use similar classifications, labelled A, B and C.

The local planning department (which may have a conservation officer) will determine the specific requirements for any work proposed to historic homes. The type of work requiring Listed Building Consent varies with the building classification.

Conservation areas

Buildings in a conservation area are part of the character and history which is being preserved. As planning controls will apply, seek advice from the local planning authority early in the process.

The conservation officer and designers

Working with the local conservation officer and a specialist design consultant will ensure the correct path of action is followed. The Royal Institute of British Architects (RIBA), the Royal Incorporation of Architects in Scotland (RIAS) and the Royal Institute of Chartered Surveyors (RICS) can advise on specialist building conservation designers in an area.

The Society for the Protection of Ancient Buildings (SPAB) will provide names to the public over its technical advice line, details of which are on their web site (see 'Contacts' on page 2).

Existing fabric

It is vital that the unique characters of historic homes are not put at risk by unsympathetic alterations, unnecessary intervention, or changing environmental conditions: each owner is, after all, only a temporary guardian of this heritage. When considering refurbishment, it is the owner's responsibility to ensure that any work does not cause unlawful or unnecessary damage to the building (fabric and indoor building environment).

Older properties, and especially historic buildings, need to 'breathe' through the entire envelope (i.e. the external walls, floor and roof), allowing moisture to escape and so preventing damp. A thorough understanding of each building's unique environmental characteristics will avoid detrimental effects to the building's breathability caused by misguided material changes.

As a first step, specialist guidance should be sought from the local building conservation officer and, ideally, at least one of the organisations listed on page 2 of this guide. While detailed general rules are not appropriate for individual historic properties, preparation work should include the following:

- 1 A good understanding of the building's historic significance (refer to the Listed Building Description or Conservation Area Designation if applicable): this will help to create a sympathetic approach to the existing building materials and structure.
- 2 An assessment of the building's heating and ventilation needs.
- 3 A presumption of minimal intervention.
- 4 If possible, any new work should be designed to be reversible by future generations.

Modern homes use physical barriers to stop moisture from penetrating the building envelope, whereas older homes tend to be made of porous materials and are permeable. Be aware that there is an important difference between porosity and permeability:

- Porosity is the ratio of the volume of pore space to the total volume of a solid material. Pores may or may not be interlinked.
- Permeability is the rate at which a liquid or vapour passes through a solid material. Pores must be interlinked.

Modern materials such as concrete or plastic are often inappropriate for use in older homes, harming aesthetics and durability.

Ventilation and draughtproofing

While draughtproofing can be worthwhile in some older dwellings, it can lead to increased moisture levels and cause serious problems with dampness in others. Mould growth and rot damage can occur in a building that has had a stable ventilation rate for hundreds of years. Typically, moisture from the walls and ground floors of an historic building evaporates into the structure itself. In these cases, heating and adequate ventilation allow the moisture to escape: this is how historic homes have survived with dry and healthy rooms.

Some of the case studies included in this guide show different ways of resolving this issue. Specialist

advice is available (see also SPAB information sheet No. 4, see page 2 for contact information). An air-pressure test can be used to assess the property's airtightness before and after any changes to draughtproofing, if appropriate.

Insulation

In historic homes it is not usually possible to achieve the ideal of a uniform level of insulation around the building. This means that there are likely to be gaps known as 'thermal bridges'. There are advantages and disadvantages associated with particular insulation materials. Some (and particularly organic insulation materials) allow moisture to escape, but greater thicknesses may be required to achieve the same thermal performance as modern, man made, high performance insulation materials.

The Energy Saving Trust promotes levels well above those of the current building regulations. The target U-values for refurbishment (W/m²K), where appropriate, are:

Roof	0.16
Walls	0.30
Windows	British Fenestration Rating Council (BFRC) rating in band C
Floors	0.20-0.25

U-values are a measure of thermal performance – the lower the better. Although these appear complicated, they are well understood and routinely used by designers. Full details of the Energy Saving Trust refurbishment standards are given in CE83/GPG155 (see back page).

Heating and services

Building services can cause particular problems in historic homes as pipes and wiring are laid into all the main rooms and penetrate the historic fabric. Beware of causing further damage and consider re-using existing services that can be upgraded or repaired. Old services that are no longer required, such as an old light switch or a radiator, can often be retained as a feature and an architectural record. Once gone, these are difficult and expensive to replace.

By law, from 1 April 2005 onwards, most new gas boilers fitted in England and Wales must be high efficiency condensing boilers (with a few exceptions depending on suitability).



The efficiency ratings of new boilers can be checked by visiting www.boilers.org.uk. Additionally, the Energy Saving Trust endorses a range of energy-efficient oil, LPG (Liquid Petroleum Gas) and high-efficiency condensing boilers through the energy saving recommended scheme

– visit www.est.org.uk/recommended for more information and access to a full range of endorsed products.

Thermostat controlled heating can prevent wasted energy and ensure that the building maintains a reasonable environment (manually controlled systems can allow internal temperatures to rise quickly and unnecessarily).

Underfloor heating is often best with lime concrete, expanded clay aggregate. It is normally advisable to avoid the use of a damp proof membrane in ground floors, as this will force moisture to the walls, rotting timbers forming the wall frame. The energy used by lighting and household appliances is significant, so energy efficient lighting and energy saving recommended appliances should be used wherever possible.

Water

Minimising consumption and eliminating waste of water resources is an important environmental issue, so water-saving appliances should be selected wherever possible. The Environment Agency has a number of fact sheets on this subject, visit www.environment-agency.gov.uk for more information.

Asbestos

Older homes may contain asbestos in various forms, such as boarding materials, ceiling finishes and pipe insulation. Asbestos was widely used from the 1930s to the mid-1980s. If work disturbs materials containing asbestos, then there is a serious health risk. Surveyors will be able to identify some types of products that contain asbestos, but it is really a task for specialists. If in any doubt, contact the Health and Safety Executive (HSE) and refer to the free asbestos leaflets on the HSE web site. According to the HSE, at least 3,500 people die each year in Great Britain from asbestos-related lung cancer.

Summary

Hopefully, some of the energy saving measures in these case studies will offer guidance for energy efficient options in historic homes. Preparation is the key and will help to avoid problems, as well as saving time and money. It is important to understand the building's performance and qualities and to assess the weaknesses and faults. Think about the use and practicalities of the historic home and how to enjoy living in it.

Bats

If there is any chance of bats using the roofspace, be aware that the Wildlife and Countryside Act 1981 (WCA) protects bats and their roosts in England, Scotland and Wales. As bats generally return to the same roosts every year, the roosts are protected whether bats are present or not. Thus it is illegal to kill, injure or take a wild bat, or intentionally or recklessly damage, destroy or obstruct access to a bat roost. Having bats in the roof does not necessarily mean building work, repairs or timber treatment are prohibited but free advice should be obtained from the local **Statutory Nature Conservation Organisation** before proceeding. The Bat Conservation Trust have plenty of helpful information on their website: www.bats.org.uk

Process checklist for work on historic homes

- 1 Before carrying out any work on a building, contact the local authority's conservation and planning departments to see if the property is listed, is subject to an Article 4.2 or 4.1 direction, or is in a conservation area.
- 2 Check if any of the proposed works require consent – such as listed building consent, planning permission or conservation area consent. Check how building regulations and any other legislation will apply. Ask for realistic estimates of timescales to obtain all the various permissions required, and discuss the likely frequency of work inspection site visits.
- 3 Any proposed works to listed buildings usually require specialist help and should be carried out by someone with experience and understanding.
- 4 All listed buildings are listed internally and externally and the listing could also cover other structures within the property boundary.
- 5 It is sensible to seek advice from the local planning department before making the formal application. Provide photographs of the site, a letter outlining the proposals in a series of bullet points, and sketches with accurate measurements.
- 6 Repairs to listed buildings must be 'like for like'. The use of traditional and appropriate materials is essential.
- 7 Alterations to a listed building must be justified and alterations should have the least possible impact on its special historic value.

Case study 1 Mill Farm, Assington, Suffolk

Grade II listed farmhouse



Front elevation to Mill Farm



Rear elevation before thatching and rendering

The building

The old farmhouse is largely timber frame with a rendered exterior. The remains of a thatched roof had been covered with corrugated iron, and a large, unsightly, flat roof extension stretched across the south west elevation. Inside, the first floor had been partitioned to create a number of small bedrooms, most of which faced north east, with the landing corridor along the south-west side.

Works

The flat-roofed extension was demolished and the first floor layout rearranged to give all the bedrooms a south-west aspect, the corridor being repositioned along the north-eastern side. An extension has been added to each gable end. A conservatory with a glass-roofed veranda runs the length of the south-west elevation to take advantage of solar gain.

Traditional Yorkshire sash windows have been used to match some of the existing joinery. These needed to be single-glazed to avoid fat glazing bars, so timber secondary glazing has been inserted within the window rebates to improve thermal and acoustic insulation.

Materials

Modern construction is designed to keep moisture out completely. Old buildings deal with moisture in a different way: historic construction methods allow a certain amount of moisture in, but the permeability and porosity of the materials (see above) allow moisture to evaporate without damage. As far as possible, breathable materials have been chosen for compatibility with the existing fabric, while at the same time improving thermal performance.

Roof

The thatch is being renewed to a thickness of 450mm, achieving a U-value of around 0.09W/m²K.

Walls

The timber frame walls in both old and new construction now have sheep's wool insulation, achieving a U-value of 0.31W/m²K.

Floor

The damp concrete floor has been removed and replaced with an insulated 'breathable' floor of lime concrete incorporating expanded clay granules. This is laid on a 100mm layer of the same clay granules to provide additional insulation. A damp-proof membrane was not inserted, as this would drive moisture up the brickwork of the chimney stack, which was too massive to successfully damp proof.

Farmyard workshop

The replacement workshop in the farmyard features straw bale construction. A double timber-frame was erected, with straw infill panels (dense bales of barley straw, grown on the farm) on a cavity block plinth with expanded clay granules in the cavity. The straw is rendered with a 4:1 mix of clay (dug from the site) and chalk, the second layer of render being augmented with chopped straw and cow manure. The cracks are then filled with a slurry of clay, and the render limewashed.

A toilet was needed, but the workshop was too low to connect to the existing septic tank, so the owners have installed a composting toilet.

Team details:

Owners: Bob and Anne Cowlin

Builder: John Bradshaw, Assington

Architect: Hilary Brightman, Maldon, Essex

Case study information kindly provided by:

Hilary Brightman, Conservation Architect

Photos courtesy of Hilary Brightman

Case study 2 Dolbelydr, Denbigh, North Wales 16th century gentry house

The building

Dolbelydr is a good example of a high status gentry house and dates from 1579-80. It is important historically as the place where the first Welsh grammar was written and architecturally because it was not extended and so retains most of its original features. The special qualities of this building justified the expense of completely reconstructing the ruinous remains.

The external walls are made of carboniferous limestone rubble set in lime mortar and they average 700mm in thickness. The roof is covered with natural sandstone tiles on a heavy oak structure. Windows are few, small and heavily divided with single-glazed leaded lights. The internal partitions are oak studs filled with lath and daub panels. Upper floor ceilings are lath and plaster under the rafters leaving large open spaces beneath. The original floor was slate flags laid directly upon the earth.

Works

The Landmark Trust carried out the conservation work and the building is now let as holiday accommodation. Priority was given to the correct presentation of the historic fabric as part of a general strategy of returning the house to its original condition. It was considered essential that all the elements should behave in the traditional manner with free movement of ground moisture through the floor and walls. Natural materials were preferred. An oil-fired boiler located in an adjoining outbuilding provides hot water for space heating. The ground floor is heated through underfloor pipes, making use of the thermal capacity of the thick slate floor and eliminating unsightly radiators. The first and attic floors have flat panel radiators. Occupants can turn the heating on or off but the preset thermostatic controls are locked in the boiler house. This is done to prevent overheating of the delicate ancient fabric (the Trust has found that occupants usually turn any available controls to maximum).

Materials

Roof insulation is provided by 50mm of natural sheep's wool; construction constraints prevented any greater thickness. The floor consists of 50mm thick slate slabs on lime mortar (containing the heating pipes) above a 100mm thick lime concrete slab on 150mm of foamed clay pellets laid on bare earth.

Performance

No comparison has been made between the fuel consumption of this building and that of a similar modern structure. Consumption does not appear excessive in comparison to other Landmark Trust properties, though. The thermal mass of the fabric, the small glazed areas and its radiant heating gives a high degree of comfort, particularly in the cold, damp months. Equally, the high thermal mass and efficient through-ventilation make it very comfortable in hot summer conditions.

Team details

Client: Landmark Trust

Architect: Andrew Thomas



Case study information kindly provided by:
Andrew R. Thomas, Architect. Photos courtesy of The
Landmark Trust unless stated otherwise

Dolbelydr from the east (top)

The ruined hall looking south before and after refurbishment

Photo bottom left Crown copyright: Royal Commission on the Ancient and Historical Monuments of Wales

Case study 3 Berg Cottage, Hertfordshire

Grade II listed 17th century timber-frame cottage



Front elevation of Berg Cottage – upon completion of the works. With limewashed exterior of oak lath

The building

The cottage was built in 1687, and is currently owned by the National Trust. It had a thatched roof, render on the front walls of the building and weather-boarding at the rear. Works had already taken place to replace ineffective electric panel heaters with an efficient gas condensing boiler and radiator system. However, draughts remained a problem, causing continuing discomfort. Unsuitable impervious cement renders and paints from the early 1930s were having a detrimental effect on the underlying timber frame structure.

Works

An air-pressure test was used to identify where the worst draughts originated, using smoke pencils. It was then possible to alleviate the draught problem without making the building too airtight. The test was carried out in each room – and also in the roof space where monitoring of the existing relative humidity levels and temperature had been carried out over a year. The results indicated that considerable improvements could be achieved with regard to air infiltration through work on the timber framing. However, it was also important not to make the structure too airtight – which would affect the performance and breathability of the fabric.

At Berg Cottage, pressure testing revealed a very draughty 24 air changes per hour. This is much more than necessary to prevent moisture build-up.

The weather-boarding and the tiled roof area directly below the rear dormers were prime sources of air leakage. Gaps around the ceiling hatch were repaired and manually operated extract fans were installed in the kitchen and bathroom. Large air gaps in the structure were filled with lime putty mortars and secondary glazing was added to the leaded light windows. After the airtightness measures had been carried out, a fresh pressure test was carried out to check that sufficient air was still flowing through the cottage.

A room thermostat was added to the heating system; this uses a wireless control technology to avoid cable runs through the building structure.

Materials

Internally, the existing structural timber frame is exposed, with lime plaster on laths – this has been retained. The weather-boarding and render were removed and naturally hygroscopic insulation (sheep's wool) has been added to the voids between the timber

framing. To the front, traditional oak laths have been reinstated and a lime and chalk render reapplied.

Beneath the weather boarding at the rear, the structure has been clad with a tongue-and-groove woodfibre board. This has improved insulation and draught-proofing. Interstitial condensation (moisture build-up in the envelope) will not occur as any collected moisture can pass through the structure. The weather boarding has been reinstated.

Team details:

Owner: The National Trust

Building surveyor: Richard Oxley

Energy consultant: Peter Warm

Case study information kindly provided by:
Paul Coleman, Senior Building Surveyor Projects,
The National Trust
Photos courtesy of Oxley Conservation

Berg Cottage achieved the following:

- A sensitive refurbishment based upon a thorough understanding of the building – its cultural value, condition and performance.
- The removal of the causes of damp and decay.
- The use of appropriate traditional materials and methods.
- The introduction of compatible and environmentally friendly modern materials.
- Improvements in airtightness that do not jeopardise the traditional 'breathing' performance of the structure.
- Improvements in comfort levels for the occupants.
- A 50 per cent reduction in fuel consumption and bills .
- A reduction in CO₂ emissions.
- Enhanced condition and serviceability of the building.



Pressure testing: fan equipment in operation at a doorway on the rear elevation



Rear elevation showing works: The woodfibre board can be seen behind the weatherboarding. Junctions are dressed with vapour permeable roofing felt to reduce the risks of draughts

Case study 4 Dymock's Building, Bo'ness, Central Scotland 17th century to 19th century structures, now flats. Category A listing



Dymock's Building before and after refurbishment

The building

Dymock's Building is actually a group of domestic and commercial buildings, dating from the 17th to 19th centuries. The original core was built as a house for a wealthy merchant around 1650; this has an associated commercial yard and store, appropriate for the building's harbour side location. Over the following centuries the property grew and developed. In the early 1700s a major redevelopment took place, bringing the buildings up to date and somewhat raising their status. The prosperity of the town – and the families associated with it – was to change, though; by the 1950s the buildings were no longer in domestic use and instead they were subjected to a series of increasingly destructive commercial uses.

Eventually, the building became vacant and derelict. The opportunity to bring new life to its important historic fabric, and to the town itself, was recognised by the National Trust for Scotland's Little Houses Improvement Scheme. Working with Castle Rock Housing Association, the Trust repaired the building and converted it into flats for rent. The eight flats are all single bedroom and are constructed so as to be suitable for conversion to accommodate individual disabilities if subsequently required.

Works

The challenge was to respect the historic fabric of the building by making as few alterations as possible, while at the same time reinstating its key role in the townscape. A new pattern of internal circulation was required to give access to the new homes: the proposals included a lift rising through all three storeys, level passageways and new openings through the internal walls. All of this had to be achieved while retaining and repairing such historically important and valuable elements as the badly damaged 18th century panelled rooms and the decaying roof structure.

The building has two skins of mass sandstone masonry walls with a rubble core and lime mortar binding. A fine 18th century pine roof structure had survived over part of the building although this, and all of the remaining modern roofs, had been stripped and covered with asbestos cement sheet. Stone crowsteps and chimneys had been taken down, as had an entire gable – although several photographs of the structure were located, showing clearly the roof's earlier form. The timber floors were in a precarious state while the ground floor had been partially excavated and overlaid with an uninsulated concrete slab.

Materials

Ground floor

The existing concrete floor slab was lifted and a new, insulated and damp-proof solid floor has been laid to a new level. This new floor level is almost 600mm beneath today's 'ground level' (the result of 350 years of urban development) so a high performance damp-proof membrane has been carried up the internal face of the external walls to an appropriate level above the external ground surface. The lower level is therefore effectively tanked against the high and extremely variable water table, which necessitates the use of permanent pumps in many other buildings in the town.

External walls

The sandstone and rubble walls were partly covered in modern cement render and partly exposed. The hard modern render and pointing has been carefully removed. A limited amount of rebuilding has been necessary to repair extremely decayed masonry where structural stability was at risk. Hydraulic lime mortar has been built up to fill decayed but otherwise sound masonry. The walls have been repointed using mortar and the whole building harled (rendered) and limewashed.

As the internal structure had largely been removed or was in very poor condition, it was agreed that a new, independently supported structural timber frame should be introduced, supporting the new floors and also allowing the introduction of insulation. A 150mm frame was used and this has been filled with mineral fibre insulation. One result of this unavoidable action has been a drop in the temperature of the masonry fabric with a consequent high risk of condensation forming on the inner face of these walls. A vapour barrier has therefore been fitted to the inner face of the frame, although it is accepted that condensation may still form in extreme conditions. This will be absorbed by the relatively porous walls and, ultimately, lost through evaporation from the vapour permeable outer face.

The first floor panelled rooms were not treated in this way though: they have been reinstated in their original positions without insulation.

Roof

The historic fabric of the roof that remained has been kept in-situ and repaired using sections of new timber, spliced or bolted in place as appropriate. The pitched roofs had all been originally covered using clay pantiles and this has been reinstated on battens, counter battens and sarking. A vapour permeable roof membrane was laid over the sarking and insulation packed between the rafters. A vapour barrier has been fitted on the inner face of the roof structure to reduce the risk of condensation (this removed the need for eaves and ridge vents). Two large areas of lead flat roof are now ventilated on their underside and insulation has been introduced beneath the lower deck.

Windows

Very few historic windows survived, but a fragment of a section from an early 18th century sash and case window was identified. This was copied and new sash and casement windows manufactured. These windows have square section astragals (glazing bars)

and have all been produced with single glazing to their original pattern. They have, however, been draught-stripped. The specification required a relaxation of the Building Standards, and was obtained on the basis that the overall thermal performance of the development otherwise complied.

Services

Seven flats and the two common rooms are located within the three storey main building; a further flat is contained within a lean-to courtyard building. Another lean-to section houses a central plant room from which the electrical, heating and water services are distributed. This arrangement has reduced the disruption to the historic fabric and means that a single route is being used for all servicing. Heating is provided by two condensing gas boilers with controls in each flat. This arrangement is efficient and also removes the need to provide (external) gas pipework and individual flues to each flat.

Team details

Client:	The National Trust for Scotland's Little Houses Improvement Scheme
Main contractor:	Hunter and Clark, Glasgow
Architect:	The Pollock Hammond Partnership, Linlithgow
User:	Castle Rock Housing Association

Case study information kindly provided by:

Gareth Jones, Pollock Hammond Partnership, Architects

Photos courtesy of Pollock Hammond Partnership.



Main ground floor courtyard entrance

Case study 5 Neely House, Cambridge

Two Victorian terraced homes



Front elevation after refurbishment

The building

The Neely family enjoy living in their terraced house in Cambridge, but the growth of their family meant they needed somewhere larger to live. When their neighbour's property came up for sale, it provided an ideal opportunity for them to extend their living space without moving away from the area.

The two adjacent Victorian houses were renovated, extended and converted into one large family house. The brief was to provide modern spacious family accommodation using environmental best practice.

Works

The requirement was to provide: a contained entrance hall with lobby and storage; a large lounge; a kitchen; a family eating space/dining room; a children's space/room; a utility room with secondary access; five bedrooms; a bathroom; a second bath/shower-room or en-suite; use of loft space; a wine store; and an external patio area.

This project made use of Design Advice, a free service available from the Carbon Trust. For more information visit www.thecarbontrust.co.uk

Materials

Natural materials with low embodied energy, were selected for use on the project and included natural/organic paints, timber and slate finishes, natural waxes and stains. PVC-U products were avoided by the architects. To improve health standards in the house, non-toxic materials were chosen e.g. ones without formaldehyde. Carpets and other fabrics were avoided in an effort to limit dust mites. Natural daylight and ventilation were also employed.

Insulation

A dry lining system with 100mm of insulation was used to insulate the solid brick internal walls of the original structures. The levels in the existing extension and the new one were increased by 200mm (100mm full-fill cavity wall insulation and 100mm dry lining insulation). Very limited roof space in the attic room – which the new design allocated to workspace, a spare room and an en-suite – meant little headroom, so 200mm of insulation was fitted between the rafters and then battened out for a further 25mm of reflective insulation and plasterboard lining.

On the ground floor, the existing suspended flooring was replaced by a solid floor with underfloor low temperature water heating and 200mm of insulation underneath. Damp penetration was prevented with the use of membrane protection.

Windows and doors

The new windows to the rear and sides of the property are triple glazed, with low-e glass on two of the panes, argon-fill and insulated spacer bars giving a U-value of 1.0W/m²K.

The Victorian sashes at the front of the property have been replaced with double-glazed and draught-stripped timber windows, which match the original style. In the bays, the roofs and side walls were insulated when the windows were replaced. There is even an insulated and airtight cat flap!

Airtightness (original building)

The building achieved 5 air-changes per hour at 50Pa in a fan pressurisation test. As the building fabric did not contain materials that were particularly sensitive, a ventilation system was installed.

Thermal bridging

Thermal bridging was minimised by insulated dry lining, including the window and door reveals. Counter battening was used in the roof and care was taken over insulation edge details at ground floor level.

Daylight design

Daylight was provided to all habitable rooms. Roof lights were added to the courtyard in-fill (the main dining room) – this area had been an external space between the two houses and was filled-in to create a new, light and airy room in the centre of the home. Architecturally, this room was treated differently, an 'external' feel being given to the decoration with earth plaster walls and a slate floor which is linked to but separated from the slate patio area in the garden.

Passive solar

The new dining/family room faces south into the garden and has a glazed façade and rooflights.

Ventilation

Natural passive stack ventilation has been installed with humidity controls.

Heating

A wood burner is located in the centre of building with an external air feed and a shut-off valve. A high efficiency gas condensing boiler supplies an underfloor heating system on the ground floor and radiators upstairs. Room thermostats, radiators with thermostatic radiator valves (TRVs) and weather compensation controls have been included. A solar collector connection is planned for the future.

Appliances

Low energy light fittings are used throughout together with low energy appliances (A-rated white goods).

Team details

Owners: The Neely family

Architects: Gale & Snowden

Case study information kindly provided by:

David Gale, Gale & Snowden, Architects

Photos courtesy of Gale & Snowden



Rear elevation showing daylight provision to courtyard dining area

Case study 6 Wood Farm, Gipping, Suffolk 16th century grade II listed farmhouse



Side elevation of Wood Farm, following refurbishment.

The building

Wood Farm is a mid-16th century Grade II listed farmhouse, once one of the farmhouses on the Tyrell Estate. In common with many such houses, it has been altered unsympathetically over the years and was suffering from advanced rot at the base of the original oak frame.

Works

In addition to the construction of a substantial extension in green oak using medieval jointing techniques, the existing house has been completely refurbished and upgraded. The project was the recipient of two RIBA East Spirit of Ingenuity Awards in 2004.

Materials

The roof consisted of concrete pantiles laid over bituminous felt on battens attached to the medieval rafters. A thin layer of compressed mineral wool was laid over the ceiling joists. This, combined with an ill-fitting ceiling hatch, provided almost no insulation.

The roof coverings were replaced with 300mm of reed thatch laid over a flexible fire barrier. The ceiling was insulated with 200mm of mineral wool insulation. The hatch was draught-sealed, fitted with polyisocyanurate (PIR) insulation and fitted with a second, lower hatch flush with the ceiling.

The walls posed a considerable problem: the original oak studwork was entirely exposed internally and original wattle and daub remained over approximately 50 per cent of the wall area. The wattle and daub has been preserved and stabilised, the remaining infill panels filled with mineral wool insulation and finished with two coats of plaster internally.

The exterior of the frame has been finished in 18mm weather and boil proof (WBP) plywood, a vapour permeable membrane, 50mm x 25mm counter battens, 25mm x 6mm sawn and treated softwood lath, and finally three coats of hair-reinforced lime render. This has given a greatly enhanced U-value, maintained vapour permeability, aided the structural stability of the building without increasing the wall thickness unacceptably – and removed draughts which were an endemic problem.

The floor consisted of bricks laid directly onto the ground or boards laid on joists in direct contact with the ground. In conjunction with the reconstruction of the original brick plinth walls (which were built on the topsoil), the entire floor and wall structure has been rebuilt.

The brick plinth walls were rebuilt using bricks laid in natural hydraulic lime on a firm clay trench floor. The floors were dug out and rebuilt using a total build up of 410mm of hardcore, blinding concrete, damp proof membrane, flooring-grade expanded polystyrene insulation, heated floor screed and a finish of battens and oak boards, floor bricks, tiles or stone.

This specification gave a completely draught-proof floor, highly insulated with an even temperature from the underfloor heating.

The existing glazing consisted of various timber and steel framed windows and some leaded lights pinned directly to the oak frame, all of which were draughty. The new windows are draught-stripped, steel framed, single glazed, traditional leaded lights. These were chosen to be in keeping with the period of the building.

The total glazed area is not large compared with the size of the building and the largest window faces south to maximise solar gain. Heat loss through the windows has not proved a particular problem, largely because the problem of draughts has been addressed.

The front door has been protected by a new, unheated – but insulated and enclosed – porch to reduce heat loss.

The heating system is a fully programmable condensing oil boiler with zone control for different parts of the building. Domestic hot water is provided from the same boiler.

Team details

Owner: Privately owned

Architects: Geary and Black.

Case study information kindly provided by:

Rodney Black, Geary and Black, Architects

Photos courtesy of Geary & Black



Front elevation of the newly insulated timber frame prior to rendering

Further information

The Energy Saving Trust sets energy efficiency standards that go beyond building regulations for use in the design, construction and refurbishment of homes. These standards provide an integrated package of measures covering fabric, ventilation, heating, lighting and hot water systems for all aspects of new build and renovation. Free resources including best practice guides, training seminars, technical advice and online tools, are available to help meet these standards.

The following publications may also be of interest:

Energy efficient refurbishment of existing housing (CE83/GPG155)

Refurbishing dwellings with solid walls – A summary of Best Practice (CE58)

Energy efficiency in New Housing – summary of specifications for England, Wales and Scotland (CE12) (for Northern Ireland CE24)

Central Heating System Specifications (CHeSS) (CE51/GIL59)

Windows for New and Existing Housing – a summary of best practice (CE66)

Low Energy Domestic Lighting – looking good for less (CE81/GPCS441)

Insulation Materials Chart – thermal properties and environmental ratings (CE71)

Advanced Insulation in Housing Refurbishment (CE97)

To obtain these publications or for more information, call 0845 120 7799, email bestpractice@est.org.uk or visit www.est.org.uk/housingbuildings



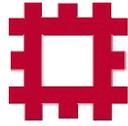
energy saving trust™

Energy Saving Trust, 21 Dartmouth Street, London SW1H 9BP Tel 0845 120 7799 Fax 0845 120 7789
bestpractice@est.org.uk www.est.org.uk/housingbuildings

CE138 © Energy Saving Trust November 2005. E&OE
 All technical information was produced by BRE on behalf of the Energy Saving Trust



This publication (including any drawings forming part of it) is intended for general guidance only and not as a substitute for the application of professional expertise. Anyone using this publication (including any drawings forming part of it) must make their own assessment of the suitability of its content (whether for their own purposes or those of any client or customer), and the Energy Saving Trust cannot accept responsibility for any loss, damage or other liability resulting from such use.
 Printed on Revive Silk which contains 75% de-inked post consumer waste and a maximum of 25% mill broke.



ENGLISH HERITAGE

Energy Efficiency and Historic Buildings:

Application of Part L of the Building Regulations to historic and
traditionally constructed buildings

REVISION NOTE

June 2012

On 27 March 2012, the Government published the National Planning Policy Framework (NPPF).

The NPPF supersedes Planning Policy Statement 5: Planning for the Historic Environment (PPS5) as Government Policy on the management of change to the Historic Environment in England.

Whilst some of the references in this document may now be out-of-date, English Heritage believes that it does still contain useful advice, guidance and case studies.

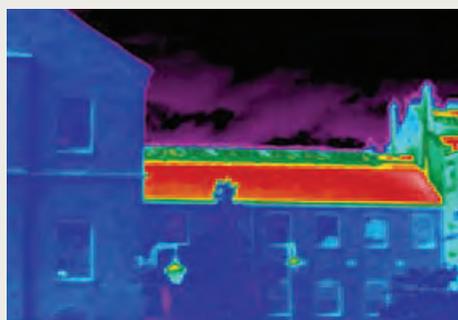
For further enquiries, please email policy@english-heritage.org.uk

www.english-heritage.org.uk



Energy Efficiency and Historic Buildings

Application of Part L of the Building Regulations to historic and traditionally constructed buildings



This advice acts as supporting guidance in the interpretation of Approved Documents L1B and L2B that should be taken into account when determining appropriate energy performance standards for works to historic and traditionally constructed buildings

All images © English Heritage unless otherwise stated

COVER IMAGES

Centre

Infra-red thermography

Clockwise from top left

Roof insulation being added above rafters © Oxley Conservation

The various stages for adding brush seals to window staff beads

© Core sash windows

Fireplace ventilation

External window shutters

New extension to historic building © Architecton

Contents

Summary	4	04 | Upgrading energy efficiency – meeting the requirements of Part L	38
Introduction	5	The advantage of early consultation	
What is the purpose of this guidance?		Heating strategies	
Who is this guidance for?		Restoration of original performance – maintenance and repairs	
What are building regulations?		Benign enhancement – building ‘neutral’ works	
What is part Part L of the Building Regulations?		Draught-proofing	
Other relevant documents		Adding insulation	
01 | Background to the legislation	7	Energy sources: micro-generation	
Carbon emissions from buildings		Calculation and modelling	
Sustainability and historic buildings		05 | Upgrading building elements	46
Government policy and agreements		Windows	
02 | Part L of the Building Regulations and existing buildings	11	Doors	
What triggers the Part L requirements?		Walls	
Part L statutory requirements		Floors	
Ways of complying with Part L requirements		Roofs	
Buildings which are ‘exempt’ from the requirements		06 | Further information	59
Buildings where ‘special considerations’ apply		Glossary	
New extensions to existing buildings		Further reading	
Issues that warrant sympathetic treatment		English Heritage regional offices	62
Places of worship			
Exemptions and special considerations			
03 | Understanding the building before carrying out upgrading works	22		
Maintaining character and significance			
Understanding the building as an environmental system			

Summary

English Heritage supports the Government's aims to improve the energy efficiency of existing buildings through Part L of the Building Regulations. Many improvements can be carried out, often at a relatively low cost, significantly enhancing the comfort of the building for its users, as well as providing savings on fuel bills. Such improvements can also help in meeting the Government's greenhouse gas emission reduction targets.

However, reducing carbon emissions from buildings is not just about heating and insulating the building fabric. Much can be achieved by changing behaviour, avoiding waste, using energy efficient controls and equipment and managing the building to its optimum performance, all of which is as relevant to older buildings as new ones.

For historic buildings and those of traditional construction an appropriate balance needs to be achieved between building conservation and measures to improve energy efficiency if lasting damage is to be avoided both to the building's character and significance and its fabric. For example, it would be neither sustainable nor cost effective to replace a 200-year-old window that is capable of repair and upgrading with a new double-glazed alternative, and even less so if the new window were to have an anticipated life of only 20–30 years, as some do. Depending on the circumstances a good case might be made for well-designed and carefully installed draught-proofing or secondary glazing.

An informed approach can achieve significant energy efficiency improvements in most cases although not always to the standards recommended in the regulations.

Achieving an informed *appropriate balance* requires an understanding of the regulations and the building, particularly:

- Understanding the energy efficiency requirements as set out in the *Approved Documents for Part L of the Building Regulations*, which should be applied as far as is practically possible up to the point at which alteration to the building's character and appearance and performance becomes unacceptable.
- Understanding the point at which alteration to the building's character and appearance and performance will become unacceptable depends on understanding the significance of the building and how the building works as an environmental system.

Once the building's significance, construction and the way of performing have been fully understood then the *appropriate balance* can be determined from a position of knowledge. The Approved Documents make it clear that a reasonable compromise on the energy efficiency targets may be acceptable in order to preserve *character and appearance* and to avoid technical risks. They do this by specifically including some *exemptions* and circumstances where *special considerations* apply for historic buildings and those of traditional construction.

An understanding of what constitutes the special interest or significance of a historic building requires experience. Very often technical, philosophical and aesthetic conflicts will need to be resolved and on occasion highly creative solutions to problems will be necessary. In such circumstances there is no substitute for the knowledge, skill and judgement of a qualified and experienced professional advisor such as an architect or surveyor experienced with historic buildings. Such people have both the technical ability and wide working knowledge of historic buildings essential to properly informed maintenance and adaptation. Their advice can thus prevent damage and unnecessary expense and heartache.

In each case the *appropriate balance* should be discussed early in the design process by consultation between the local authority's Building Control Officer or Approved Inspector and the Conservation Officer.

Introduction

WHAT IS THE PURPOSE OF THIS GUIDANCE?

The guidance has been produced to help prevent conflicts between energy efficiency requirements in Part L of the Building Regulations and the conservation of historic and traditionally constructed buildings. Much of the advice will also be relevant where thermal upgrading is planned without the specific need to comply with these regulations.

This advice also acts as 'second tier' supporting guidance in the interpretation of the Building Regulations (referred to in paragraph 3.10 of the Approved Documents) that should be taken into account when determining appropriate energy performance standards for works to historic buildings.

This guidance supersedes English Heritage's previous publication *Building Regulations and Historic Buildings: An Interim Guidance Note on the Application of Part L* which was prepared in support of the 2002 Regulations (revised in 2004).

WHO IS THIS GUIDANCE FOR?

- **Building owners and occupiers** who are considering what action they need to take to improve energy performance, and to meet or surpass a range of statutory requirements.
- **Architects, surveyors and similar professionals** who are preparing proposals for work on traditional or historic buildings, and who need to make an appropriate professional response to requirements which can often be in conflict.
- **Building contractors, materials and component suppliers** who need to understand the implications of decisions they make in carrying out their work, or of the technical advice they give to their customers.
- Officials, such as **conservation and planning officers, building-control surveyors, approved inspectors, environmental health officers and housing officers**, who will be experts in one area (for example building conservation, general legislation or energy performance), but may be less familiar with the balances that need to be struck in reaching reasonable solutions that suit all parties.

WHAT ARE BUILDING REGULATIONS?

The Building Regulations set standards for how buildings must be constructed to achieve a minimum level of acceptable performance. They typically cover health, safety, energy performance and accessibility requirements for buildings. The regulations apply mainly to new buildings and there is no general requirement for all existing buildings to be upgraded to meet these standards. However, certain changes, such as the use of the building, can trigger the need for existing buildings to comply with the Building Regulations.

WHAT IS PART L OF THE BUILDING REGULATIONS?

Part L of the Building Regulations covers the conservation of fuel and power.

Although the Building Regulations themselves only state general requirements, they are supported by *Approved Documents* which set practical guidance as a response to these requirements. The Approved Document (Part L) for energy efficiency is in four sections:

- new dwellings (L1A)
- work to existing dwellings (L1B)
- new buildings that are not dwellings (L2A)
- existing buildings that are not dwellings (L2B).

The Approved Documents are not the regulations but are intended to provide guidance for complying with the more common forms of building construction. Applicants are under no obligation to adopt any particular solution from an Approved Document if they prefer to meet the relevant requirement in some other way. Approved Documents Parts L1B and L2B also make clear that the characteristics of historic and traditionally constructed buildings warrant some exemptions and special consideration in reaching appropriate solutions. These are covered in detail later in this document.

OTHER RELEVANT DOCUMENTS

OTHER BUILDING REGULATIONS

Since the physical factors controlling energy efficiency also affect other aspects of an individual building's environmental performance, the guidance contained in this document is also likely to be relevant to the interpretation of other Approved Documents when applied to historic and traditionally constructed buildings.

The most relevant of these are likely to be:

- **Approved Document C:** Site preparation and resistance to moisture
- **Approved Document F:** Ventilation
- **Approved Document J:** Combustion appliances and fuel storage systems
- **Approved Document to support Regulation 7:** Materials and workmanship.

ADDITIONAL ENGLISH HERITAGE GUIDANCE

Energy Efficiency in Historic Buildings

This series of guidance documents provides advice on the principles, risks, materials and methods for improving the energy efficiency of roofs, walls, floors and includes the following topics:

- insulating pitched roofs at rafter level/warm roofs
- insulating at ceiling level/cold roofs
- insulating flat roofs
- insulating thatched roofs
- open fires chimneys and flues
- insulating dormer windows
- insulating timber-framed walls
- insulating solid walls
- early cavity walls
- draught-proofing windows and doors
- secondary glazing for windows
- insulation of suspended ground floors
- insulating solid ground floors.

The documents will be updated from time to time, and new ones will be added when needed. The latest versions can be downloaded from:

www.english-heritage.org.uk/partL

or from

www.climatechangeandyourhome.org.uk

01 Background to the legislation: The need to reduce greenhouse gas emissions

CARBON EMISSIONS FROM BUILDINGS

Energy used in running buildings is responsible for nearly half of the UK's total carbon dioxide emissions. About 27% of these emissions are produced by domestic buildings and around 22% by public and commercial buildings.

Of these domestic buildings around 4 million or 20% were constructed before 1919. Almost a further 20% were constructed between 1920 and 1939.

About 75% of carbon emissions produced by dwellings come from space and water heating with the remainder coming largely from lighting and appliances.

SUSTAINABILITY AND HISTORIC BUILDINGS

Sustainability is about overlapping environmental, social and economic requirements and the need to bring them all into harmony. All of them are relevant to older buildings, but for the purposes of Part L of the Building Regulations the greatest emphasis must lie on the environmental aspect, and specifically the use of fossil energy. This is closely allied to the generation of carbon dioxide both from the creation of buildings and from their daily use.

When they were first built and inhabited, all pre-industrial buildings were, by definition, sustainable and made zero use of fossil carbon in both their construction and use. The primary energy sources available for the conversion and transport of building materials were human and animal power, and the biomass of available locally grown timber. Building, heating and cooking were almost entirely fuelled by sustainably sourced biomass. However, where water and wind power were available they could be used, for instance, for the conversion of timber or the transport of materials by water.

There is no inherent conflict between the retention of older buildings and the principles of sustainability.

The retention of older buildings, either in their entirety, or simply by re-using components in-situ and allowing for their thermal upgrading in benign and sympathetic ways, can provide excellent finished results which are fully in accordance with the principles of building conservation and sustainability. In many cases, the process of careful adaptation and re-use can produce new buildings and spaces of the highest architectural quality.

The Government's overarching aim is that the historic environment and its heritage assets should be conserved and enjoyed for the quality of life they bring to this and future generations. To achieve this, the Government's objectives for planning for the historic environment are:

To deliver sustainable development by ensuring that policies and decisions concerning the historic environment:

- recognise that heritage assets are a non-renewable resource
- take account of the wider social, cultural, economic and environmental benefits of heritage conservation; and
- recognise that intelligently managed change may sometimes be necessary if heritage assets are to be maintained for the long term

Planning Policy Statement 5: Planning and the Historic Environment



01 The retention and reuse of older buildings that have been thermally upgraded in benign and sympathetic ways accords with the principles of sustainability and building conservation
© Nigel Corrie, English Heritage, NMR

GOVERNMENT POLICY AND AGREEMENTS

The most recent, exhaustive and wide-ranging assessment of the likelihood and effects of global warming is that contained in the Fourth Assessment Report (AR4) of the *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), published in 2007. This report is likely to remain the most definitive information available to policymakers until the IPCC publishes its Fifth Assessment Report, currently scheduled for 2014.

THE KYOTO PROTOCOL 1997

This Protocol which came into force on 16 February 2005 set legally binding emissions reduction targets on all developed and developing countries which ratified it. The UK was one of those countries.

CLIMATE CHANGE ACT 2008

In 2008 the Government passed the Climate Change Act. This is a general piece of legislation, not specific to buildings, intended to improve carbon management and help the transition towards a low carbon economy in the UK, and to demonstrate strong UK leadership internationally. The Act established the *Committee on Climate Change*, an expert body advising the Government through the Department of Energy and Climate Change (DECC). The Government also committed itself to meeting legally binding reductions in carbon dioxide emissions of at least 26% by 2020, and of all greenhouse gases by 80% by 2050, both measured against a 1990 baseline.

COPENHAGEN 2009

A major meeting of the *United Nations Framework Convention on Climate Change* took place in December 2009 at Copenhagen. It was anticipated that at this meeting the international community would decide further targets for global reductions of greenhouse gases from 2012 onwards. However, no effective internationally-binding agreement was achieved.

CANCUN 2010

The 2010 United Nations Climate Change Conference was held in Cancun, Mexico. The outcome of the summit was an agreement to implement further measures to limit climate change but as at Copenhagen none were legally binding.

THE ENERGY PERFORMANCE OF BUILDINGS DIRECTIVE

As a member nation of the EU, the UK is also subject to the European Energy Performance of *Buildings Directive* (*Directive 2002/92/EC*), (EPBD) which is seen as another essential part of the European Union's response to the Kyoto Protocol. To comply with the Directive member states must implement the following requirements (although under the principle of subsidiarity individual nations may decide for themselves the means by which they achieve this):

- the application of minimum requirements on the energy performance of new buildings
- the application of minimum requirements on the energy performance of large existing buildings that are subject to major renovation
- energy performance certification of buildings
- regular inspection of boilers and of air-conditioning systems in buildings and in addition an assessment of heating installations in which the boilers are more than 15 years old
- requirements for experts and inspectors in the certification of buildings, the drafting of accompanying recommendations and the inspection of boilers and air-conditioning systems.

Energy Performance Certificate



17 Any Street,
Any Town,
County,
YY3 5XX

Dwelling type: Detached house
Date of assessment: 02 February 2007
Date of certificate: [dd mmmm yyyy]
Reference number: 0000-0000-0000-0000-0000
Total floor area: 166 m²

This home's performance is rated in terms of the energy use per square metre of floor area, energy efficiency based on fuel costs and environmental impact based on carbon dioxide (CO₂) emissions.

Energy Efficiency Rating

	Current	Potential
Very energy efficient - lower running costs		
(92-100) A		
(81-91) B		
(69-80) C		73
(55-68) D		
(39-54) E	37	
(21-38) F		
(1-20) G		
Not energy efficient - higher running costs		
England & Wales	EU Directive 2002/91/EC	

The energy efficiency rating is a measure of the overall efficiency of a home. The higher the rating the more energy efficient the home is and the lower the fuel bills will be.

Environmental Impact (CO₂) Rating

	Current	Potential
Very environmentally friendly - lower CO ₂ emissions		
(92-100) A		
(81-91) B		
(69-80) C		69
(55-68) D		
(39-54) E		
(21-38) F	31	
(1-20) G		
Not environmentally friendly - higher CO ₂ emissions		
England & Wales	EU Directive 2002/91/EC	

The environmental impact rating is a measure of a home's impact on the environment in terms of carbon dioxide (CO₂) emissions. The higher the rating the less impact it has on the environment.

Estimated energy use, carbon dioxide (CO₂) emissions and fuel costs of this home

	Current	Potential
Energy Use	453 kWh/m ² per year	178 kWh/m ² per year
Carbon dioxide emissions	13 tonnes per year	4.9 tonnes per year
Lighting	£81 per year	£65 per year
Heating	£1173 per year	£457 per year
Hot water	£219 per year	£104 per year

Based on standardised assumptions about occupancy, heating patterns and geographical location, the above table provides an indication of how much it will cost to provide lighting, heating and hot water to this home. The fuel costs only take into account the cost of fuel and not any associated service, maintenance or safety inspection. This certificate has been provided for comparative purposes only and enables one home to be compared with another. Always check the date the certificate was issued, because fuel prices can increase over time and energy saving recommendations will evolve.

To see how this home can achieve its potential rating please see the recommended measures.

02 Energy Performance
Certificates are included in
Part L of the Building Regulations
© DCLG

02 Part L of the Building Regulations and existing buildings

Although new building construction is well covered by the Building Regulations, existing buildings present a rather more complex picture. Current estimates suggest that of all the buildings expected to be in use in England in 2025 around 80% are already occupied. Moreover, at least 70% of the housing stock likely to exist in the England in 2050 has already been built. Around three quarters of these houses were constructed before 1975. Existing buildings will come under even closer scrutiny as the standards for new domestic buildings approach 'zero carbon' in 2016.

WHAT TRIGGERS THE PART L REQUIREMENTS?

Approved Documents L1B and L2B (2010 edition) contain the requirements for conservation of fuel and power for existing domestic and non-domestic buildings respectively. What, though, are the circumstances which trigger the need to take action to upgrade the thermal performance of existing buildings?

For existing buildings energy conservation upgrading is generally only required for elements that are to be substantially replaced or renovated, or where there is a change of use. The requirements do not apply to normal maintenance and repair work.

The requirements apply in the following circumstances:

WHEN CERTAIN CHANGES OR RENOVATIONS ARE MADE TO THERMAL ELEMENTS

A thermal element is a wall, floor or roof that separates internal space from the external environment.

WHEN AN EXTENSION OR CONSERVATORY IS TO BE ADDED

Conservatories should be kept thermally separate from the main building. Extensions over a certain size on non-domestic buildings should be treated as new buildings.

Controlled fittings are windows, external doors, rooflights and roof windows. Controlled services are space-heating and hot-water systems, mechanical ventilation and cooling, and fixed artificial lighting.

WHEN THE BUILDING IS TO BE SUBJECTED TO A CHANGE OF USE OR A CHANGE OF ENERGY STATUS

A change of use or energy status occurs when a new dwelling is created or an existing dwelling is changed to certain other uses.

WHEN CHANGES ARE TO BE MADE TO CONTROLLED FITTINGS OR SERVICES

Controlled fittings are windows, external doors, rooflights and roof windows. Controlled services are space heating and hot water systems, mechanical ventilation and cooling, and fixed artificial lighting.

WHEN CONSEQUENTIAL IMPROVEMENTS ARE REQUIRED

Consequential improvements are required when an existing building over 1000m² is extended, or its capacity for heating or cooling per m² is increased.

Note: This simplified list is included here primarily as a convenient introduction. For all projects reference should be made directly to the Approved Documents themselves where definitions of key terms will also be found.

Several of these items are interdependent, and that works to comply with one category can trigger the need to comply with another.

PART L STATUTORY REQUIREMENTS

The energy efficiency requirements in the Building Regulations are defined in the regulations below and in Schedule I – Part L:

[Note: the numbering has been amended by the *Statutory Instrument No. 2214/2010 Building Regulations 2010*. The numbers in brackets are as they appear in the Approved Documents.]

23 [4A] *Requirement relating to thermal elements*

This covers work to renovate or replace a thermal element.

26 [17C] This regulation only applies to new buildings

28 [17D] *Consequential improvements to energy*

This applies to an existing building with a total useful floor area of more than 1000m² where the proposed building work consists of or includes an extension, the initial provision of fixed building services or an increase to the installed capacity of any fixed building services.

29 [17E] *Energy performance certificates*

The energy efficiency requirements relevant to *existing dwellings* are in regulations 23, 28 and 29 and Part L of Schedule I.

SCHEDULE I – PART L: CONSERVATION OF FUEL AND POWER

L1: Reasonable provision shall be made for the conservation of fuel and power in buildings by:

- (a) limiting heat gains and losses through thermal elements and other parts of the building fabric; and from pipes, ducts and vessels used for space heating, space cooling and hot water services;
- (b) providing fixed building services which are energy efficient; have effective controls; and are commissioned by testing and adjusting as necessary to ensure they use no more fuel and power than is reasonable in the circumstances;
- (c) providing to the owner sufficient information about the building, the fixed building services and their maintenance requirements so that the building can be operated in such a manner as to use no more fuel and power than is reasonable in the circumstances.

WAYS OF COMPLYING WITH PART L

The following actions are included in Approved Documents L1B and L2B as ways of demonstrating compliance with Part L.

PROPOSE CONSEQUENTIAL IMPROVEMENTS WHERE REQUIRED

This applies to all buildings. Consequential improvements may include improving the insulation of thermal elements, upgrading old services systems, or adding on-site zero-carbon energy-generating equipment. This requirement is, however, limited to those improvements that can demonstrate economic payback within a set number of years, and, in the case of extensions, to no more than a set percentage of the value of the principal works.

ENSURE U-VALUES AND AREAS OF OPENINGS COMPLY

U-values of thermal elements and controlled fittings should meet the minimum required in the Approved Documents for any particular circumstance. For dwellings this is a basic but inflexible method of achieving compliance, but may be modified subject to certain criteria.

SHOW COMPLIANCE USING AREA-WEIGHTED U-VALUE CALCULATION

An area-weighted U-value allows the value for all elements of a particular type to be averaged, thus enhancing flexibility over basic U-value calculations. This can be used both for dwellings and other buildings, but absolute minimum values also apply.

SHOW COMPLIANCE USING AN APPROVED COMPUTER MODELLING PROCESS

This is potentially the most sophisticated and flexible way of achieving compliance. Dwellings should demonstrate compliance using the Standard Assessment Procedure (SAP). Other buildings should use the Simplified Building Energy Model (SBEM) or other approved software that conforms to the National Calculation Method (NCM). Note, however, that these methods do not at present make proper allowance for the specific requirements of historic buildings or traditional 'breathing' construction.

CONFIRM COMPLIANCE OF THERMAL BRIDGES AND MINIMISE AIR LEAKAGE

This only applies where new thermal elements are provided. However, it is good practice that all upgraded insulating elements are checked to avoid cold bridges causing condensation, and all controlled fittings are checked to ensure they meet calculated standards of airtightness.

JUSTIFY REDUCED STANDARDS USING SET PERIOD PAYBACK CRITERIA

This applies to upgraded or renovated existing thermal elements as part of a change of use, or a renovation, or when an existing internal element becomes part of the thermal envelope. Work which will only give an economic payback in excess of a set number of years need not be carried out. This is subject to other conditions, and to a particular calculation method.

SPECIFY EFFICIENT BOILERS, PIPE-WORK & CONTROLS; SPECIFY ENERGY-EFFICIENT LIGHTING

These provisions apply when new or upgraded services are being installed. Provisions for non-domestic buildings are more extensive and complicated than for dwellings.

UNDERTAKE DUCT LEAKAGE AND FAN PERFORMANCE TESTING

This applies to non-domestic services installations where appropriate.

PROVIDE FOR ENERGY METERING

This only applies to new plant installations in non-domestic buildings, but includes differential monitoring between systems (dwellings are excluded as they are normally adequately metered).

PROVIDE AN INSTRUCTION MANUAL FOR HEATING, COOLING, VENTILATION AND LIGHTING SYSTEMS

To enable building users to realise the optimum levels of energy efficiency to which their buildings are designed.

Note: This simplified list is included here primarily as a convenient introduction. For all actual projects reference should be made directly to the Approved Documents themselves.

Although the recommended actions are effective ways of complying with the Regulations, many of them will need to be applied with particular care in the case of historic buildings.

The two principal areas of risk when upgrading older buildings to meet the requirements are:

- causing unacceptable damage to the *character and appearance of historic buildings*, and
- causing damaging technical conflicts between existing *traditional construction* and changes to improve energy efficiency.

To allow appropriate mitigation of both of the above risks, Approved Documents L1B and L2B (2010 edition) contain some *exemptions* for historic buildings, as well as circumstances where *special considerations* should apply.

BUILDINGS WHICH ARE 'EXEMPT' FROM THE REQUIREMENTS

Certain classes of *historic buildings* are expressly exempted from the need to comply with the energy efficiency requirements of the Regulations where compliance would unacceptably alter their character and appearance. These are listed in Regulation 21(2),(c) and Regulation 21(3), and comprise buildings which are:

LISTED BUILDINGS AT GRADES I, II* AND II

Listed in accordance with section 1 of the Planning (Listed Buildings and Conservation Areas) Act 1990.

Listed buildings are those included on the statutory List of Buildings of Special Architectural or Historic Interest. Controls apply and Listed Building Consent is required for any works of alteration or extension – both external and internal – which would affect a building's character. Fixtures and curtilage buildings – any objects or structures which are attached to the building, or are within the curtilage (and have been so since before July 1948) – are treated as part of the listed building. The same controls apply whatever the grade of listing.

BUILDINGS IN CONSERVATION AREAS

In a conservation area designated in accordance with section 69 of that Act.

Conservation areas are 'any areas of special architectural or historic interest, the character or appearance of which it is desirable to preserve or enhance'. Conservation area designation encourages authorities to implement conservation policies over these sensitive areas.

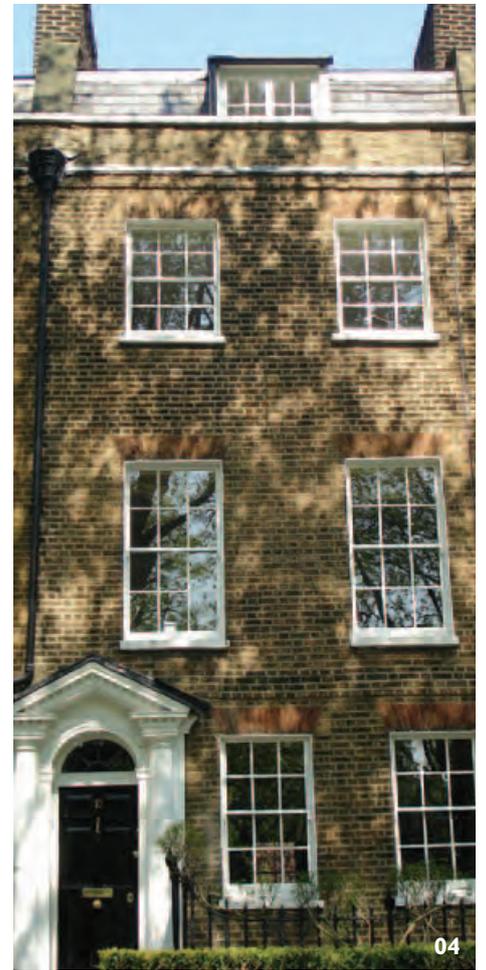
In a conservation area, the main emphasis is on external appearance. Surface materials (walls and roofs) and the details of windows, doors, and roof-lights are all extremely important. Changes to these may need planning permission, especially if they are subject to an *Article 4 direction* under the Town and Country Planning Acts. Consent is usually needed for the demolition of buildings in a conservation area. Planning permission is not needed for internal alterations to unlisted buildings.

While not all buildings in a conservation area will be of historic interest, many have original internal and external features that contribute to the significance of the conservation area as a whole. Removing such features could therefore have an adverse impact on its overall character.

SCHEDULED MONUMENTS

Included in the schedule of monuments maintained under section 1 of the Ancient Monuments and Archaeological Areas Act 1979.

Scheduling is the means by which nationally important monuments and archaeological remains in England are legally protected. Scheduled Monument Consent is required for any works that will affect a protected monument, whether above or below ground level.



03 Scheduled monuments are also included as an 'exempt' category under Part L © Mr A A Chapman FRICS, English Heritage NMR

04 Listed buildings are exempted from Part L if compliance would unacceptably alter their character and appearance.

05 This west London conservation area has many flats and houses with single-glazed leaded-light windows dating from the inter-war period. Their loss would seriously damage the character of the conservation area and should therefore be exempt from Part L



06



07



08



09

06 This barn conversion in the Peak District National Park makes a significant contribution to the character of the area and would be subject to 'special considerations'
© John Sewell PDNP

07 Locally listed buildings are subject to 'special considerations' under Part L

08 This building is not listed or in a conservation area but it is of traditional construction with permeable fabric. Consequently it would be subject to 'special considerations' under Part L

09 This building is listed and therefore is subject to possible exemption even though it is not of traditional permeable construction

BUILDINGS WHERE 'SPECIAL CONSIDERATIONS' APPLY

Paragraph 3.8 in both Approved Documents LIB and L2B lists three further classes of buildings where special considerations apply when making reasonable provision for the conservation of fuel or power:

LOCALLY LISTED BUILDINGS

Buildings which are of architectural and historical interest and which are referred to as a material consideration in a local authority's development plan or local development framework.

This category includes historic buildings identified in a 'local list' or 'supplementary list' that has been included in a local authority's unitary or local plan (known as the development plan). Inclusion within the plan means that any list of this kind has been subject to public consultation and is a material planning consideration in the determination of applications under the Town and Country Planning Acts.

Most buildings on these lists are good examples of a particular design or style of construction, for example buildings of the Arts and Crafts movement of the late 19th and early 20th centuries, the work of a noted local architect, or a building associated with a local historical figure. They could well become the listed buildings of the future.

These buildings have no statutory protection unless they are within a conservation area. Nonetheless, if they are to retain their significance it is often essential that original features and fabric are preserved in any schemes of alteration or extension.

BUILDINGS IN NATIONAL PARKS AND OTHER HISTORIC AREAS

Buildings which are of architectural and historical interest within national parks, areas of outstanding natural beauty, registered historic parks and gardens, registered battlefields, the curtilages of scheduled ancient monuments, and world heritage sites.

Buildings often help to create the townscape and landscape qualities that were among the original reasons for the designation of an area or site. They use local materials and highlight vernacular traditions; roofs, windows, rooflights and doors typify their period, age and style. Other buildings in these areas may be relatively modern or much altered, and may accommodate energy-saving upgrading more easily.

TRADITIONALLY CONSTRUCTED BUILDINGS

Buildings of traditional construction with permeable fabric that both absorbs and readily allows the evaporation of moisture.

Most traditional buildings were designed and built before the development of reliable and cost-effective impermeable membranes or moisture barriers. They rely instead on their ability to allow moisture to evaporate rapidly away, and thus prevent the damaging build-up of damp and resulting physical decay. While the majority of historic buildings are 'traditional' in terms of their construction, there are many thousands of traditional buildings that are not legally protected.

This category includes nearly all buildings constructed prior to 1919, as well as a significant proportion of those built before 1945. It is essential that adaptations made to improve the energy efficiency of these structures should take into account the traditional technology and characteristic behaviour of the building fabric, otherwise very real damage can be caused. Well-meaning attempts to keep moisture out of these buildings using modern methods tend to have the unfortunate effect of preventing the vital evaporation, and thus causing or accelerating moisture-related decay to the fabric.



10 New extensions should comply with the standards set out in the Approved Documents unless there is a need to match the character of the extension with that of the host building
© Architecton

Paragraph 3.9 of the Approved Documents goes on to state:

When undertaking work on or in connection with a building that falls within one of the classes listed [in paragraph 3.8] above, the aim should be to improve energy efficiency as far as is reasonably practical. The work should not prejudice the character of the host building or increase the risk of long-term deterioration of the building fabric or fittings.

Although the wording is different, the provisions in this paragraph are very similar in their practical effects to the partial exemption accorded to listed buildings, buildings in conservation areas and scheduled monuments.

That is, the energy efficiency of the building should be improved as well as it can be, but not beyond the point where there is a risk that unacceptable damage to the *character and appearance* or the long-term durability of the physical fabric will occur.

Paragraph 3.10 of the Approved Documents then states:

The guidance given by English Heritage should be taken into account in determining appropriate energy performance standards for building work in historic buildings.

The ‘guidance’ mentioned in this paragraph comprises this document and the other supporting documents mentioned in the introduction.

NEW EXTENSIONS TO EXISTING BUILDINGS

An extension will normally be able to accommodate a higher standard of thermal performance than the host building. An exception would be where the extension was designed to be a true facsimile of a previous structure or where certain planning requirements generated the need for elements to complement the historic building in terms of construction and detailing.

Sometimes an extension, such as a conservatory, can improve the thermal performance of the whole building, for example by reducing heat loss through the surface to which it is attached and enhancing solar gain. However, care needs to be taken in the design and integration of such structures. If they are unheated and isolated (for example, by doors which are usually kept closed in winter), a conservatory will normally be warmer than outside and reduce heat losses from the building to which it is attached. However, if heated – or unheated but left open to the adjacent building – the whole building’s heating requirements could be significantly increased.

Paragraph 3.11 of the Approved Document states:

In general, new extensions to historic or traditional dwellings [or buildings in L2B] should comply with the standards of energy efficiency as set out in this Approved Document. The only exception would be where there is a particular need to match the external appearance or character of the extension to that of the host building.

Again, a newly constructed extension should comply fully with the *energy efficiency requirements*. However, the energy efficiency requirements should not be applied beyond the point at which they would unacceptably compromise the *character and significance* of the host building.

An example might be where windows need to match those in the host building and as a result might be single glazed. In these circumstances improved thermal performance could be met by draught-proofing or secondary glazing.

11 In this south London conservation area a modern PVCu window has been replaced with a timber sash to the original pattern. Such work would be subject to 'special considerations' as it involves restoring the historic character of a building that has been subject to an 'inappropriate alteration'.

12 Historic buildings that have to be largely rebuilt after fire damage are subject to 'special considerations'
© Darrel Sykes

13 A wall of chalk has had a cement render applied which has failed because it is incompatible. Remedial work to allow the fabric to 'breathe' would be subject to 'special considerations'
© Philip White

14 Places of worship are subject to 'special considerations' but many will be listed and therefore also subject to possible 'exemptions'



ISSUES THAT WARRANT SYMPATHETIC TREATMENT

Paragraph 3.12 of the Approved Documents also makes provision for 'special considerations' being applied as follows:

Particular issues relating to work in historic buildings that warrant sympathetic treatment and where advice from others could therefore be beneficial include:

- a) restoring the historic character of a building that has been subject to previous inappropriate alteration, eg replacement windows, doors and rooflights;
- b) rebuilding a former historic building (eg following a fire or filling a gap site in a terrace);
- c) making provisions enabling the fabric of historic buildings to 'breathe' to control moisture and potential long-term decay problems.

This is clearly indicative and is not an exhaustive list. It should be noted that items 'a' and 'b' both make provision for reinstating key parts of a building which can enhance its character which have been previously lost. Item 'c' is rather different in that this clause relates to maintaining the historic building's technical performance where this is of a traditional 'breathable' construction.

Paragraph 3.13 of the Approved Documents goes on to advise that:

In assessing reasonable provision for energy efficiency improvements for historic buildings of the sort described in [the above] paragraphs... it is important that the BCB [Building Control Body] takes into account the advice of the local authority's conservation officer. The views of the conservation officer are particularly important where building work requires planning permission and/or listed building consent.

PLACES OF WORSHIP

Paragraph 3.6 of Approved Document L2B also notes that special considerations apply to:

Buildings used primarily or solely as places of worship.

This provision is further expanded in paragraph 3.14 as follows:

For the purposes of the energy efficiency requirements, places of worship are taken to mean those buildings or parts of a building that are used for formal public worship, including adjoining spaces whose function is directly linked to that use. Such parts of buildings of this type often have traditional, religious or cultural constraints that mean that compliance with the energy efficiency requirements would not be possible. Other parts of the building that are designed to be used separately, such as offices, catering facilities, day centres and meeting halls are not exempt.

In the majority of cases these buildings will be designated and therefore covered by the exemptions, but this particular paragraph indicates that the definition of 'significance' can be drawn more widely when applied to places of worship, and may therefore include aspects of religious significance which are not specifically historic.

These special considerations also recognise that large internal volumes used only occasionally can never be heated efficiently, and that carrying out all the alterations necessary to achieve energy efficiency would be both disproportionately expensive and potentially damaging to their character and significance.



'EXEMPTIONS' AND 'SPECIAL CONSIDERATIONS'

Buildings which are 'exempt' from the energy efficiency requirements are clearly defined in the Regulations, as is the extent to which their conditional exemption actually applies.

For these buildings the exemption applies only to the extent that compliance with the energy efficiency requirements would unacceptably alter their character or appearance.

It should be noted from the above statement that this exemption is **not unconditional**. The regulations therefore require that these buildings should be upgraded in accordance with the energy efficiency requirements set out in Approved Documents L1B and L2B up to, but not necessarily beyond, the point at which the relevant alterations would become unacceptable.

The definition of this point requires an understanding of what qualities of character and appearance are significant in each case, as well as an effective assessment of the degree to which alterations to these qualities will be unacceptable.

For all the above and below designations, where consent is required, the local authority is required to assess proposals for any impacts on the significance of the heritage asset using the criteria set out in *Planning Policy Statement 5, Planning for the Historic Environment*.

However, buildings to which 'special conditions' may apply are not specifically mentioned in the legislation itself. Although they are clearly identified in the Approved Documents, the provisions which apply to them, and when they might apply, are not as clearly defined.

The difference in legal status between historic buildings which are exempted from the energy efficiency requirements and those which may be accorded special considerations reflects simply the degree of 'significance' which applies to any particular building. It does not signify any material difference in the overall process or method which should be used to achieve compliance.

Special considerations can be summarised as follows:

A | THE APPLICATION OF THE ENERGY EFFICIENCY REQUIREMENTS IN ACCORDANCE WITH THE PROVISIONS OF APPROVED DOCUMENTS L1B AND L2B UP TO, BUT NOT BEYOND, THE POINT AT WHICH:

- i) unacceptable alteration to the *character and appearance* of historic buildings will be likely to occur,
- ii) the ability of *traditional buildings* to 'breathe' to control moisture and potential long-term decay problems is likely to be unacceptably impaired,

B | THE LOCAL RELAXATION OF THE ENERGY EFFICIENCY REQUIREMENTS TO ENABLE:

- i) the restoration in their original form of previously lost elements of a building which are important to its overall *character*,
- ii) the removal of later modifications which restrict the ability of *traditional construction* to 'breathe' to control moisture and potential long-term decay problems.
- iii) the design of external details of an extension to a *historic building* in a manner which minimises unacceptable alteration to the character of the host building.

03 Understanding the building before carrying out upgrading works

When proposing any works to modify an older building it is important that it should first be properly understood. This means understanding its construction, condition and the way it performs. It also means understanding the building's qualities. In many cases far more damage has been caused to historic buildings by hasty ill-informed alterations than by simple neglect. If a building is properly understood, works can be targeted to the places where they are most needed, or, in the case of major changes, the places where they will do least harm. Not only is such a targeted approach better for the building, it can also be more cost-effective.

The qualities that need to be understood in any historic building are those which make it special such as original windows, doors and joinery. A building's qualities in some cases are not always physical, but they will provide the underlying reasons why particular parts of a building or place are significant, and thus worthy of protection or designation.

Very few historic buildings or places survive as originally built. The majority will be made up of works from different periods, derived from and expressing different values. When simple modifications are proposed to individual building elements such as walls, windows and floors, the significance may well seem obvious and uncomplicated. This may well be so, but caution is still recommended, as things are not always what they may seem at first sight and the full consequences of proposed changes may be more extensive and potentially damaging than first anticipated. There is also a danger that a range of small individual modifications, each of which may be quite tolerable in its own right, can together cause unacceptable damage.

MAINTAINING CHARACTER AND SIGNIFICANCE

SENSITIVITY OF HISTORIC BUILDINGS

A historic building in its townscape or landscape setting, complete with its interior decoration, fixtures and fittings, can be regarded as a composite work of art and document of history. Historic buildings vary greatly in the extent to which they can accommodate change without loss of their significance. Some are sensitive to even slight alterations, particularly externally, and where they retain important interiors, fixtures, fittings and details. Others may have changed significantly and restoration is not considered feasible or sensible. These considerations will influence the extent of change that is appropriate to improve energy efficiency.

When alterations for energy conservation are proposed, regard should be given to:

- ensuring that the building is well understood, to avoid damage
- minimising disturbance to existing fabric
- reversing the changes easily without damaging the existing fabric (especially changes to services)
- appreciating that some buildings or parts of buildings are of such quality, importance or completeness that they should not be altered at all save in the most exceptional circumstances.



15 The elegant proportions of these dormer windows to a listed house could be compromised by the addition of insulation

The significance of historic buildings clearly encompasses the more obvious architectural and aesthetic values, but it also includes less tangible elements such as associations with historic people and events, examples of technological innovations, aspects of social history and links with a building's setting and other heritage assets.

English Heritage's **Conservation Principles, Policies and Guidance** (2008) lists four primary categories of heritage value:

Evidential value derives from the potential of a place to yield evidence about past human activity. This aspect is of particular relevance in places where there may be archaeological remains, but the archaeology within the structure of a building, while less familiar, may be every bit as important.

Historical value derives from the ways in which past people, events and aspects of life can be connected through a place to the present. This may be illustrative, by demonstrating important aspects of past lives and assisting the interpretation of the historic environment, or it may be associative, through being linked to a notable historical person or event.

Aesthetic value derives from the ways in which people draw sensory and intellectual stimulation from a place. This will include both the fortuitous qualities which have evolved naturally in a place over time, as well as the design values attached to a deliberately created building, group of buildings or landscape.

Communal value derives from the meanings of a place for the people who relate to it, or for whom it figures in their collective experience or memory. This can cover *commemorative* and *symbolic* values important to collective memory, *social* values which contribute to people's identification with particular places, or the *spiritual* values people associate with special buildings and places, whether attached to organised religions or not.

ASSESSMENT OF SIGNIFICANCE

The assessment of significance is a key task in the process of upgrading historic buildings for thermal efficiency and should be carried out and documented prior to the design or preparation of any proposals, as close to the beginning of the process as possible.

Assessments of significance can vary considerably in scope and detail, from the large and complex to the quick and easy. The degree of understanding, and the care and complexity of the assessment required should be decided from the size, overall significance and complexity of the building or place in question. In each case, from the largest to the smallest, a suitably proportionate approach is encouraged.

Where only local, small-scale changes are anticipated, such as the upgrading of an individual thermal element in a simple building such as a window, an assessment of significance can be adequately documented with no

more than a photograph and a paragraph or two of text. Once this is established and agreed, the design and development of upgrading proposals may proceed directly.

Many local authorities prepare Conservation Area Appraisals for their conservation areas and these documents will often identify the character of the place, and the physical features which contribute to that character. These appraisals will often contain sufficient information to allow an assessment of the significance of an individual building to be a simple and straightforward exercise. Similarly, world heritage sites, registered parks and gardens, and areas of outstanding natural beauty should have adopted management plans which will already include, or directly refer to, much of the relevant information.

Many of the components of a historic building will be significant because of the way in which they contributed to its original environmental performance. Obvious among these will be chimneys and fireplaces, early heating and ventilation systems and remnants of other obsolete building services installations. Although now surplus to technical requirements these will often be significant features to be recognised, understood and retained.

IDENTIFYING THE SPECIAL ELEMENTS

Before considering any alteration, it is essential to assess the elements that make up the special character and interest of the building, including:

- external features, such as a decorative façade, windows and doors
- the spaces and internal layout – the plan of a building is one of its most important characteristics. Interior plans should be respected and left unaltered as far as possible
- internal features of interest, such as decorated plaster surfaces, panelling, floors, window shutters, doors and door-cases
- details, such as mouldings, stucco-work, wall and ceiling decorations can be just as valuable in simple vernacular and functional buildings as in grander architecture, and can be a building's most important features.

Besides the historical or aesthetic importance of a building and its fixtures, the archaeological or technological interest of the surviving structure and surfaces may also be significant.

PRINCIPLES OF ALTERATION

The stock of historic buildings is finite and every loss or major alteration to fabric is significant. A conservative approach is therefore needed – one in which knowledge and experience are used to determine what is important and how changes can be made with the least effect on the character of the building.

English Heritage's *Conservation Principles* identifies the following tests that need to be satisfied when alterations are being considered:

- there is sufficient information to allow comprehensive understanding of the impacts of the proposal on the significance of the place
- the proposal would not materially harm the values of the place, which should, whenever possible, be reinforced or further revealed
- the proposals aspire to a quality of design and execution which may be valued now and in the future
- the long-term consequences of the proposals can, from experience, be demonstrated to be benign, or the proposals are designed not to prejudice alternative solutions in the future.

Conservative repair

This principle was pioneered by the Society for the Protection of Ancient Buildings (SPAB) from its foundation in 1877. Broadly speaking, *conservative repair* is a coherent philosophy in itself which calls for the following:

- respect for the age and character of the building, and for the physical evidence of its history
- the preservation of as much original fabric as possible in the repair process
- repairs should be carried out with materials and craft techniques as close as possible to the originals
- new work should always be subservient to the old, both practically and aesthetically,
- new work should be carried out honestly, without pretending to be older or of a different type than it is
- repairs done now should not preclude later repairs when they become necessary.



16 This terrace in a Cumbrian conservation area has been marred by replacement double-glazed PVCu windows to one of the properties.

17 Before considering any alteration it is essential to assess the elements that contribute to the significance of the building

18 A conservative approach to repair aims to retain as much of the historic fabric as possible

19 For historic buildings to perform well thermally they need to be kept in a good state of repair using compatible materials.

Minimum intervention

The principle of minimum intervention applies at all scales, from an individual brick to works of significant alteration. If all works are kept to the minimum necessary, the maximum historic fabric will be preserved, and thus the significance which it embodies.

Compatibility

All changes, whether small-scale repairs or larger alterations, should be made using materials and techniques which are compatible with the historic fabric. Modern materials tend to be harder, less flexible, and less permeable than traditional ones, and when used in direct conjunction with historic fabric they can greatly accelerate decay in the original work.

It is generally best practice for all new work placed directly adjacent to historic fabric to be slightly weaker and more permeable, to ensure that it will weather preferentially to the more significant older work.

Reversibility

Unavoidable changes that may be detrimental to the significance of a building should whenever possible be fully reversible. Adoption of this principle means that even if the significance is temporarily obscured, the historic fabric can be returned to its original state without damage after the lifetime of the relevant addition has expired. This principle can also be applied at the full range of scales, from individual localised repairs to major building extensions.

Authenticity

By respecting the history and fabric of a building, its authenticity can be safeguarded. This implies that:

- all new work should appear as of its time (but it is nevertheless recommended that it should be subservient to the old)
- all past phases of the building's history should be allowed to be clearly read
- speculative restoration should be avoided (although it may be justified where clear documentary and/or physical evidence of previous form is available)
- nothing important to the significance should be removed.

This principle can again be applied at all scales.

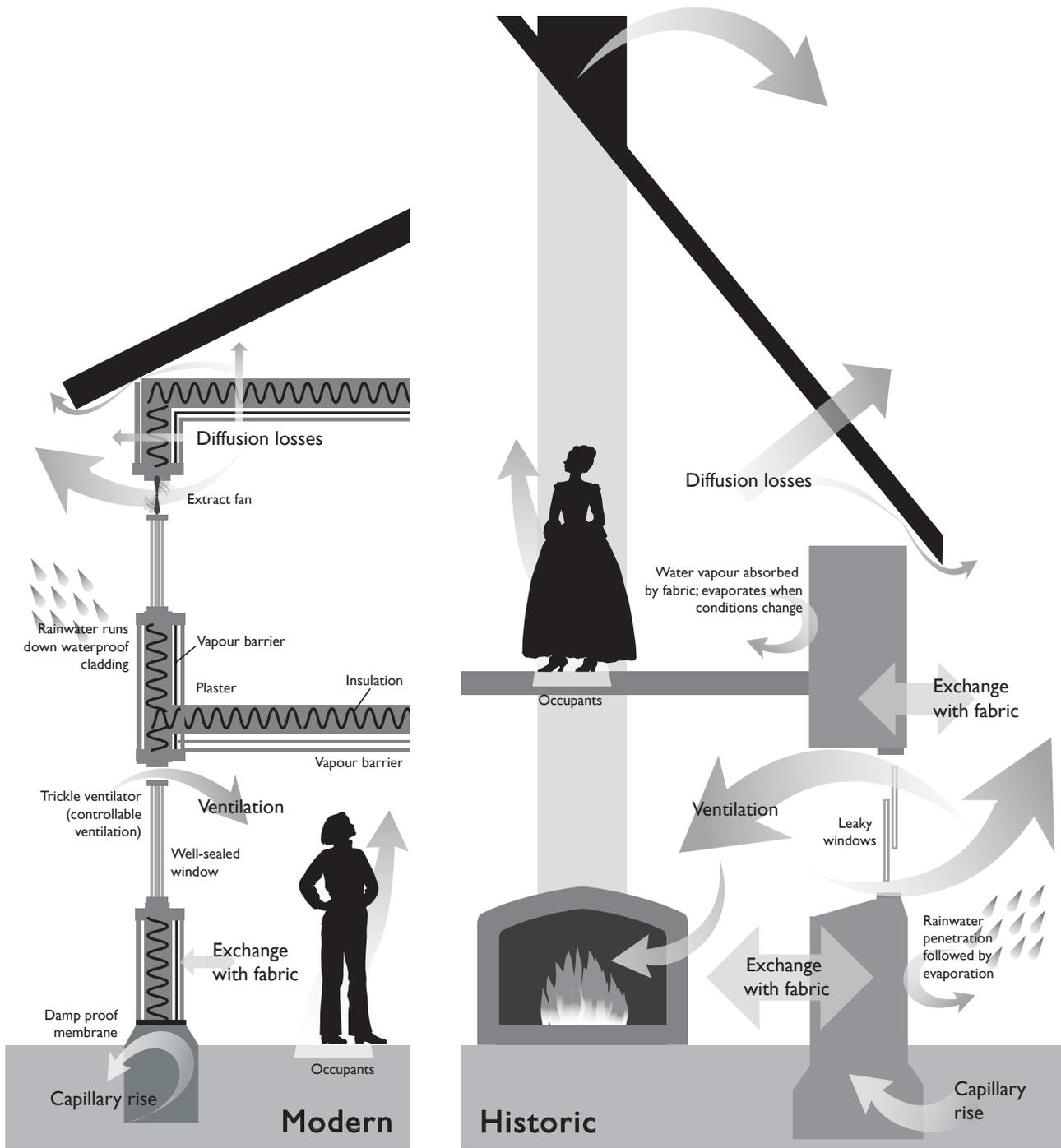
MAINTENANCE

A basic principle of building conservation is that significant buildings should be maintained as well as possible in order to prevent decay damaging their fabric. Traditionally constructed buildings are generally capable of lasting indefinitely with moderate amounts of regular maintenance.

Basic maintenance should include regular inspections so that defects can be discovered while still small and easily fixed. This has the advantage of limiting the need for major works (which could trigger the need to comply with Part L), preserving historic fabric, as well as minimising cost and disruption to the building's owners and users.

The colloquial use of the word 'restoration' often implies that historic buildings need periodic campaigns of significant work to return them to an ideal state. In reality, such restoration only becomes necessary if regular maintenance has been consistently neglected.

Regular maintenance also helps the building to perform in the way that was originally intended. Damp and significant draughts are more often the result of inadequate maintenance or ill-considered changes, rather than original defects in the design and construction of the building.



20 Illustration showing the typical differences in the movement of moisture between an historic building (right) and a modern building (digital image by Robyn Pender)

UNDERSTANDING THE BUILDING AS AN ENVIRONMENTAL SYSTEM

Before carrying out any thermal upgrading to an historic building it is not only important to understand the likely effects on the character and appearance of the place but also on the performance and long-term health of its traditionally constructed fabric .

Buildings have always been designed to filter the extremes of the external environment and provide more benign internal conditions. This environmental filtration is provided in the first instance by the external envelope of walls, roofs, windows and doors. Together these keep out rain, snow and wind; keep in warmth, and moderate the entry of light and air.

The internal environment of most traditionally constructed buildings is also moderated by internal features such as chimney stacks, cellular room plans and draught lobbies that together provide additional thermal mass, and limit heat loss through air infiltration.

While this environmental performance cannot compare with that available from modern materials and services, it could nevertheless be surprisingly effective and can still make a valuable contribution to a building's future thermal performance.

When planning improvements to the energy efficiency of a historic building it is useful to begin by working out how it was originally intended to perform in environmental terms. This will allow the development of upgrading proposals that will be as compatible as possible with the existing fabric.

This understanding needs to encompass:

- the large scale – the performance of the whole building must be holistically assessed with regard to heating, ventilation, insulation and energy efficiency
- the medium scale – it is important to understand how conditions vary from place to place around the building
- the smaller scale – consider junctions between the existing construction and the different types of insulation that may be used.

MOST HISTORIC BUILDINGS NEED TO BREATHE

Traditional buildings are characterised, and for the purposes of Part L defined, by the widespread use of 'breathable' materials which allow moisture within the building fabric to evaporate freely away. This applies particularly to solid masonry external walls (whether of brick or stone), but is also relevant to earth buildings, infill panels in timber-framed construction, solid ground floors, plastering and rendering, and internal and external decorative finishes.

Breathability may sound simple, but the actual behaviour of liquid water and water vapour, and their effects on other aspects of the performance of both the building envelope and the internal environment, can in reality be very complex.

Among the most important physical effects that need to be borne in mind are:

Sources of moisture

There are four principal sources of moisture that are likely to affect a traditional building:

Rain

Most traditional buildings are capable of resisting rain if they are kept in good order. Rain will normally be absorbed into the outer layers of permeable material, and then safely evaporate back out again when the weather changes. Problems may arise, however, if wall heads and other vulnerable areas are less well protected than was originally intended.

Rising damp

Traditional buildings can normally deal with rising damp surprisingly well. However, this depends on the balance between capillary water ingress and evaporation keeping overall moisture levels within tolerable limits. Problems tend to occur when circumstances change, particularly if ground levels are raised, impermeable materials such as cement renders are added, or a building is converted to a more intensive use.

Internal moisture vapour

The occupants of buildings can generate a considerable amount of moisture through breathing, cooking and washing. This is initially carried as vapour in the internal air, which itself is normally warmer than the external environment. This moisture can condense on cold surfaces or within the body of a permeable wall. This is not normally a problem if the water taken up by the wall is adequately balanced by suitable evaporation over time.

Damaged services

Water from damaged pipe-work is a self-evident problem which can and should be resolved by normal maintenance.

Hygro-thermal behaviour

The behaviour of water vapour is directly linked to temperature, because warm air can carry considerably more moisture than cold air. This is generally expressed as *relative humidity* (RH) – the amount of water vapour in air as a percentage of the total amount that could be carried at that particular temperature. This is an excellent practical indicator as it shows the potential for evaporation not just from building materials and surfaces, but also from the human body. For this reason RH affects not just the health of a building but the comfort of its occupants.

Pores and capillarity

Moisture is taken up into, and evaporated from the pores in permeable materials, but the pore sizes can be very variable. In larger pores the water is absorbed as in a sponge, and it can move out again relatively easily. However, water is absorbed into small pores by capillary action, which is a function of surface tension. Capillary action allows water to move from large pores into smaller ones, but not the other way. This means that water in the smallest pores can be surprisingly difficult to remove, usually requiring a considerable amount of energy.

Dynamic behaviour

The liquid water within permeable building materials is rarely static, but moves around in response to changing conditions, during both daily and seasonal cycles. For example, moisture levels can often vary through the thickness of a wall, ranging from relatively dry close to the surfaces, from where evaporation is relatively easy, to quite damp in the middle. This zone of dampness will often move inwards and outwards in response to changing internal and external environmental conditions.

This movement is often characterised by a process of constant evaporation and condensation in which movement is towards the side where condensation is greater than evaporation, and away from the side where the opposite applies.

Moisture vapour can contribute to this process by diffusing through the unfilled pores. However, it is important to understand that while the movement of moisture vapour is driven by differences in vapour pressure, liquid water movement is driven by differences in relative humidity. This can therefore result in the two kinds of moisture moving in different directions at the same time.

Within a healthy traditional building the moisture flows will generally maintain a balance between evaporation and condensation, which will in turn keep the overall level of moisture held in the material within tolerable and harmless limits.

Latent heat

The evaporation and condensation of water influences material temperature through the effects of latent heat. It takes around 540 times the amount of energy to evaporate a given amount of water as it does to raise the temperature of that water by 1°C. This energy must be obtained from somewhere, and is typically taken from the body of the permeable material the water is evaporating from, thus cooling it. Conversely, when that water then condenses on a surface, that latent energy is released back into the material. The energy transferred can be enough to have a significant effect on the temperature of both the fabric of a building and its internal environment.

Understanding permeability

The permeability of the external surfaces of traditional building materials is perhaps the most important aspect of this phenomenon and the one with which most people are familiar. It applies to traditional bricks, building stones (except slate and granite), traditional mortars, plasters and renders, unglazed tiles, cob, earth and early concretes. It also applies to timber, although the linear, cellular nature of wood makes its response directional: very permeable in the end grain, but less so to the sides. Reed and thatch tend to behave in a similar way to timber. Traditional lime washes, distempers and similar finishes are also permeable.

Permeability is a variable quality, not an absolute one. Many modern materials claim to be permeable, but their actual permeability is considerably less than that optimally required for the repair of traditional buildings. Traditional building materials can also vary considerably in their permeability, and this can also be modified in use, such as in the degree of polish which might be applied to a lime plaster or render.

When permeable materials are wetted by rain, a proportion of the water soaks into the surface. The depth of penetration can vary considerably depending on the type of material and the degree exposure. However, experience built up over hundreds of years in different parts of the UK has allowed the development of effective techniques for dealing with prevailing local conditions and materials. When excessive damp penetration does occur, it is more often due to a lack of maintenance than faulty original construction.

The permeability of the outer surface of these materials allows the moisture absorbed in poor weather to rapidly evaporate once the rain stops. This two-way flow is vital for the health of the building, because it ensures that the overall moisture load never reaches a high enough level to cause damage to the building fabric. However, not all materials have equal permeability; brick and stone rely heavily on more permeable lime mortars to increase the overall amount of evaporation. In addition, the greater the evaporative area available, the drier any particular part of a building will tend to be.

For many years it was assumed that permeable walling and other surfaces should be sealed to prevent water getting in. However, such treatments, including cement rendering, silicone (and other) sealants and plastic paints are rarely fully effective. In most cases some water will be absorbed through the finish into the permeable material behind, often through cracks or decayed patches (these treatments often have limited lives). Once inside it will be unable to freely evaporate out again. The result is a build-up of moisture in the wall thickness which is detrimental both the health of the building and its thermal performance.

The absorbency of the permeable materials has the beneficial side effect of reducing run-off from the face of the building during rain. This significantly reduces the wetting of lower parts of the building, including details and flashings. Treating an area of permeable walling to make it impervious it can often trigger rapid erosion and failure of other parts of the building which were never intended to carry this degree of run-off.

Permeability within the construction

Permeability within the construction is also extremely important to the overall health of traditional buildings. The use of highly permeable materials allows moisture to disperse through a mixed construction both by diffusion and capillary action. The effect is to spread water widely and evenly through the structure, avoiding any damaging concentrations.

It is this ability, more than any other, that allows timber and masonry to co-exist safely without separating membranes in traditional buildings. Joist ends and bonding timbers built into brick walls, although theoretically vulnerable, can survive happily for hundreds of years if the permeable masonry around them is properly maintained. However, old timber-framed buildings can be very rapidly damaged by concentrated and trapped damp if their masonry fill panels are replaced or rendered over with hard cement.

Internal permeability

The permeability of internal surfaces has a less marked effect on the physical health of traditional buildings, but can still be important because of the way they can also absorb quite large quantities of moisture from the internal environment, and to store it for release later.



21



22



23

21 Internal finishes such as lime plaster coated with a breathable paint can provide 'moisture buffering' by absorbing a proportion of vapour without any detriment to the wall construction

22 The cement render added to this church has caused the stone to retain moisture resulting in severe dampness and increased heat loss through the fabric
© Robert Gowing

23 Soft permeable brickwork has been damaged by the use of hard impermeable cement mortar for re-pointing. The hard mortar has been partly removed exposing the soft lime mortar beneath
© Philip White

This process of 'moisture buffering' can be extremely beneficial in the control of internal humidity. It becomes very important when the rate of air change with the exterior is significantly reduced (as may be the case when a traditional building is draught-proofed). This is because the resulting build-up of internal moisture can cause considerable discomfort for people living and working in the building. Many will respond by turning the heating up (as this will allow the internal air to carry more moisture), but this will immediately increase the rate of heat loss through the external envelope. On the other hand, if internal humidity is adequately buffered, an interior can be comfortable for the occupants at a cooler temperature.

It is important to recognise, however, that very little of this moisture will disperse itself right through even a highly permeable wall. In reality, the moisture tends to be taken a certain distance into the surface of the wall whilst humidity is high, and the greater part then re-evaporates back into the room when it is no longer being used. It can then dissipate safely through natural ventilation.

MOISTURE BARRIERS

Because the movement and evaporation of moisture is so important to the performance of traditional buildings, any intervention in this process, however well meaning, can have significantly detrimental effects on the building fabric. It is for this reason that great care must be taken when considering adding modern, impermeable materials to traditional construction.

External moisture barriers

The danger of applying impervious treatments to the outside face of permeable construction has already been mentioned. Rainwater that would otherwise be partially absorbed and then evaporate harmlessly away can be trapped in large quantities behind such treatments. The impervious treatment tends to exaggerate the absorption through cracks because of the water pressure caused by the surface run-off. Fully saturated walls can easily result.

This will be highly detrimental to the health of the fabric. Not only will it cause rot in built-in timbers but it will also allow water to be held in places where it can mobilise soluble salts and freeze. In addition, dampness in walls causes increased heat loss through the fabric, and prevents moisture buffering in internal spaces, making buildings feel cold and clammy. The normal (and entirely understandable) human response is to turn up the heating, thus seriously compromising the energy efficiency of the building.

External moisture barriers also effectively trap condensation from the internal environment within the building envelope. While the majority of internal condensation is buffered and released back to internal spaces later, a proportion can build up within the fabric over time to damaging levels. Allowing a proportion of this moisture to evaporate away from the external face can be very helpful in preserving both the building fabric and its performance.

Internal moisture barriers

Internal moisture barriers are commonly used in an effort to prevent water vapour from the internal environment condensing within the building fabric. These typically take the form of insulation added to the internal face of solid walls. Known as vapour barriers, vapour checks or vapour control layers, these can under the right circumstances be very effective.

To remain effective, however, vapour barriers need to be completely imperforate, as even small holes will allow water vapour through. This can seriously reduce the effectiveness of any added insulation, as well as causing rot and other damage to the structure of the building.

Retrofitting vapour barriers into existing buildings is particularly difficult because of the existing structural connections, such as where floor joists are bedded into internal walls. Where such junctions already exist it will be impossible to seal them adequately, and the gaps in the vapour barriers will be at the most vulnerable point in the construction.

The installation of vapour barriers into existing buildings of traditional construction is therefore rarely effective, and can actually cause increased damage by concentrating the moisture rather than dispersing it. Vapour barriers also restrict the advantages which might otherwise be gained from moisture buffering in the inner face of permeable construction.

Internal tanking for waterproofing, or to control rising damp, has also often been applied to traditional buildings which are perceived to have problems. Very often, however, this will simply direct the moisture in unpredictable ways to alternative places where it can then evaporate away. This might be at a higher level within the building, even an upper storey, or to a connected internal wall. Whenever possible, instances of damp like this are far better dealt with by removing the moisture at source, and reinstating the original external evaporation surfaces to full health, before considering any kind of impervious intervention.



Moisture barriers within the fabric

Moisture barriers within the construction, such as damp-proof membranes (DPMs), damp-proof courses (DPCs) and localised separating membranes are also commonplace both in modern construction and in converted traditional buildings. However, these also need to be treated with care.

Traditional breathable solid ground floors have often been replaced with modern concrete constructions that include a damp-proof membrane. While this is effective in producing a dry floor, the moisture that previously evaporated harmlessly from the old floor can be driven to the perimeter and in turn rise up the walls, causing significantly increased concentrations of dampness.

Rising damp can, of course, be prevented by installing a damp proof course within the wall. This can also be effective, but it must be continuous if damp is not to be concentrated in any gaps. Physical DPCs are difficult to insert, but are the most durable. Injected chemical DPCs unfortunately tend to have relatively short service lives and in many cases can be ineffective.

It is worth remembering that most traditional buildings were deliberately constructed to be healthy and durable. If there is a problem with damp it is very often a result of the situation of the building having changed through time – for example as result of raised ground levels, subsequent construction of an adjacent building or road surface, or revised patterns of land drainage. Restoring the building's original circumstances as well as possible will often contain the moisture at source.

The provision of local moisture barriers around built-in timbers or against otherwise vulnerable components is also commonplace in repairs to traditional buildings. These are often added as a way of 'playing safe' in case the moisture diffusion within traditional materials is ineffective. The reason these rarely cause problems is because they are small components within a much larger mass of permeable material. Their effect on moisture flows is therefore minimal, and it is thus important not to over-specify in such situations.

THERMAL BRIDGING

If the thermal performance of one element is improved by adding insulation while an adjacent area is not insulated, a local cold spot – known as a thermal or cold bridge – is created. For example, it may be possible to place insulation over a ceiling but not at the head of the adjacent wall at the eaves, which will remain cold. Elsewhere, a wall may be internally lined but not the window reveal – so here the exposed edge of the newly insulated wall actually becomes colder, and at greater risk of condensation.

Cold bridging becomes more severe when the insulation value of the main body of a construction element is high. This means that adding more and more insulation, although apparently desirable, can increase the risk of localised damp and construction failures in less-insulated components which bridge this layer. The same effect applies wherever the insulation thickness is reduced, such as at window and door reveals, and comparable construction details.

If such weak spots cannot be successfully detailed, then added insulation may have to be reduced or omitted, or the amount of heating and ventilation may need to be increased to help avoid mould growth or condensation.

MATERIAL COMPATIBILITY

Paragraph 3.9 in the Approved Documents also includes a requirement that work should not:

increase the risk of long-term deterioration to the building fabric or fittings.

In addition, Regulation 7 of the Building Regulations Materials and Workmanship states that:

Building work shall be carried out ... with adequate and proper materials which ... are appropriate for the circumstances in which they are used.

All interventions to upgrade the energy efficiency of historic buildings must therefore be technically compatible with the existing structure, particularly with the need for permeable fabric to 'breathe'. It is important to remember that it is a fundamental objective of the Building Regulations to ensure that technical risks are not introduced.

24 It is important to be aware of potential 'cold bridges' when adding insulation
© Oxley Conservation

25 The use of natural insulation materials can be very beneficial in older buildings. Here sheep's wool has been placed between the rafters, while reed matting fixed to the underside provides a key for lime plaster. Together they provide a fully 'breathable' construction
© Oxley Conservation

It is accepted best practice to use materials that match the original fabric as closely as possible. This will guarantee visual harmony, both in the short term and as the building weathers over time, but it also ensures that no detrimental effects are introduced into the permeable fabric. This is because materials that match the originals visually and technically can normally be expected to have the same degree of breathability under equivalent conditions.

Many historic buildings include soft, weak or permeable materials; for example, mortars, plasters, renders and paints. These cause the fabric to respond in fundamentally different ways to air, moisture and structural movement from the hard, strong, impervious materials and membranes widely used in modern construction. Before any work is carried out, it is therefore important that a building's form of construction and the way in which this might have changed over time is understood – and that alterations are compatible.

To use modern substitutes and to introduce impermeable materials or membranes into permeable traditional construction is usually not good practice and can lead to trouble. Obvious examples include the use of cement-based mixes for plasters, renders and pointing where, for example, incompatibilities in flexural strength, permeability and porosity can lead to disastrous salt migration and damage.

Preserving breathability is another key to ensuring the optimum performance and durability of all traditional buildings. It is therefore important that the permeability of new materials is compatible with the existing breathable construction to which they are being added.

Many manufacturers now quote permeability figures in their literature, and this is to be encouraged. However, there is a shortage of corresponding data for traditional materials already in buildings. This is because it is difficult to test materials outside a laboratory, and there has generally been no economic reason to do so. It is hoped that this situation will improve over the coming decades, but for the moment simple human judgement and experience remain the principal tools for assessing the matter. For this reason caution is recommended. It is probably better to err

on the side of extra breathability, on the understanding that it is easier to increase the resistance of most materials after installation, than have to add breathability once building works are complete.

As a general rule it is also preferable to increase breathability progressively from the interior of a traditional building to its exterior. This may seem counter-intuitive, but in a traditional building in good order, in the English climate, the water vapour generated internally has more difficulty evaporating from the fabric than rain falling on the external surfaces. It is only in areas of exceptionally high exposure, and often only on the sides of buildings facing severe prevailing weather, that this rule will not normally apply. Damp problems caused by external moisture are most usually a result of poor maintenance, such as damaged or blocked gutters and drainpipes, missing flashings or raised external ground levels.

Natural insulation materials

Insulation materials based on natural fibres can be very useful when adding insulation to traditional buildings. Typical among these are wool, hemp, flax and recycled newspaper (cellulose). These materials not only allow transpiration of moisture through their air spaces, but the fibres themselves are able to absorb and then release moisture by evaporation. Synthetic insulation materials, even glass fibre and rock wool, do not have these attributes.

These natural insulation materials allow moisture vapour to balance itself across the insulation layer, allowing any condensation to evaporate away. However, they can take up and disperse moisture from vulnerable materials in which they are in contact, such as when installed between timber frame components. This means that a given amount of water condensing in a space is no longer forced into the timber alone, but is dispersed through both the timber and the insulation, allowing local relative humidity levels to remain low, and easing the evaporation when conditions change.

ESTABLISHING EXISTING PERFORMANCE

Before carrying out any upgrading works it is first necessary to establish how well the building is performing. Improvements can then be targeted to those areas where the biggest return can be made with the minimum risk. A range of non-destructive tests is available which may give useful information to help guide proposals for upgrading the energy efficiency of traditional buildings. The following are the chief amongst these:

Air pressurisation testing

This process uses a fan set temporarily into a doorway of the building to measure how much air is escaping. It gives a very useful assessment of the overall degree of air infiltration, which may well be the most severe type of heat loss that is occurring. Depending on circumstances this may also be used in conjunction with smoke generation to show where the air is actually escaping and entering. This is essentially the same test required for new buildings, and there are a number of companies who carry out this work.

Infra-red thermography

This involves a survey of the external envelope of a building using an infra-red camera, and gives an excellent visual indication of where heat may be escaping. It must be done when a good heat gradient exists through the wall preferably after dark in winter when the building is heated.

Dampness measurement

Dampness can be measured in a range of ways by specialists, although in the majority of cases the removal of small samples will be required for accuracy. It should be noted in particular that electrical dampness meters should not be used on masonry or plasterwork, as the presence of soluble salts will give extremely misleading readings. (Many unscrupulous installers use this technique as it makes damp look far more severe than it may be in reality.)

In-situ U-value measurement

This is a highly valuable technique for assessing the actual thermal performance of building elements. Again, it should be carried out in the winter, and the actual testing equipment needs to remain in place for some time. The resulting U-values are not necessarily comparable with those obtained by conventional calculation methods, but will in many cases be more accurate.

Borescope/CCTV investigations

These are visual techniques for examining small voids within structures, as well as flues and drains, generally without opening up. They are very useful and cost-effective ways of assessing whether damage has occurred in hidden areas of a construction, and whether upgrading is likely to be possible or worthwhile.

Monitoring energy consumption

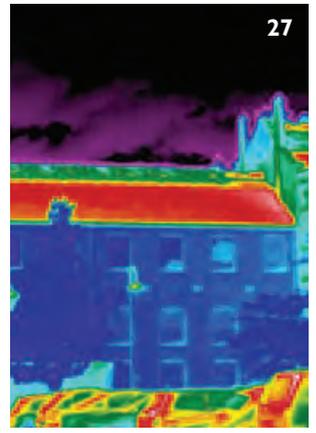
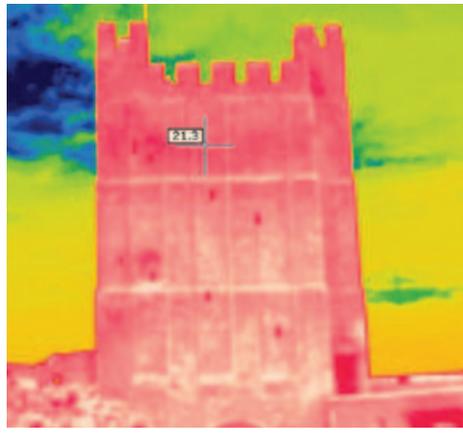
This may be as simple a matter as comparing fuel bills year on year, which can give very useful information over time. However, smart meters and similar equipment can provide equally useful information in real time, rather than having to wait a year for comparative figures.

Environmental data logging

This is a more sophisticated form of monitoring that is often used in the most valuable buildings and museums although it can be very helpful elsewhere. It usually involves the monitoring and logging of temperature and relative humidity in interior spaces, but a range of even more sophisticated techniques can be added, including surface temperatures and measurement of humidity within constructions. The degree of monitoring can be tailored to the task in hand. Data is usually recorded constantly and plotted against time to give a very detailed chart of the environmental behaviour within a space. This can show both daily and seasonal fluctuations in considerable detail.



26



27



28



29



30



31



32

26 Air pressure testing can measure the amount of air infiltration and thus help to determine the areas that need attention.
© Oxley Conservation

27 Infra-red thermography is a useful way to find where a building is losing heat. It nevertheless requires expertise to interpret the findings correctly.

28 The presence of soluble salts in damp walls can give misleading readings when electrical meters are used
© Tobit Curteis Associates

29 In-situ measurement of U- values can assist in understanding the thermal performance of various forms of wall construction.

30 More sophisticated forms of monitoring can be used to give a very detailed picture of environmental behaviour within a space

31 Smart meters can give a useful indication of energy use in real time, which can help to establish an efficient heating strategy

32 Borescopes are useful for examining small voids in construction without having to open up

04 Upgrading energy efficiency – meeting the requirements of Part L

Once the character and significance of a building and its environmental performance have been understood it becomes possible to design upgrading proposals that can achieve a balance between these and the energy efficiency requirements set out in Approved Documents (L1B and L2B).

In the majority of cases a range of priorities can be established that can be applied in order of:

- degree of impact on the original historic fabric
- amount of benefit they can offer and payback period
- ease of installation.

The process of upgrading existing traditional buildings to improve their energy efficiency can also be considered in a series of logical stages, which are explored in more detail in this section. They can be summarised as follows:

- repair the building using compatible materials and techniques to reinstate its optimum original performance; consider removing damaging alterations and additions which compromise the building's permeability
- look at benign enhancement, including improving heating strategies, controls and equipment
- control draughts to reduce air infiltration throughout the building
- consider stage one insulation possibilities (page 42)
- consider stage two insulation (page 44) but look carefully at the potential impact
- consider carbon-neutral energy supply from micro-generation where practical.

THE ADVANTAGE OF EARLY CONSULTATION

Early consultation with the building control body (either a local authority inspector or an approved inspector) can help to ensure that upgrades are appropriate to the original performance of the building in question, and that breathable performance is not adversely affected through compliance with the energy efficiency requirements. However, as the majority of historic buildings will also be of traditional

construction, it is highly likely that the local authority's conservation officer may be able to offer useful practical advice.

It may sometimes be appropriate to allow upgrading works which present a small risk of technical incompatibility if the energy efficiency benefits are significant, but only where the new work and any old work it may affect can be adequately monitored for long-term deterioration.

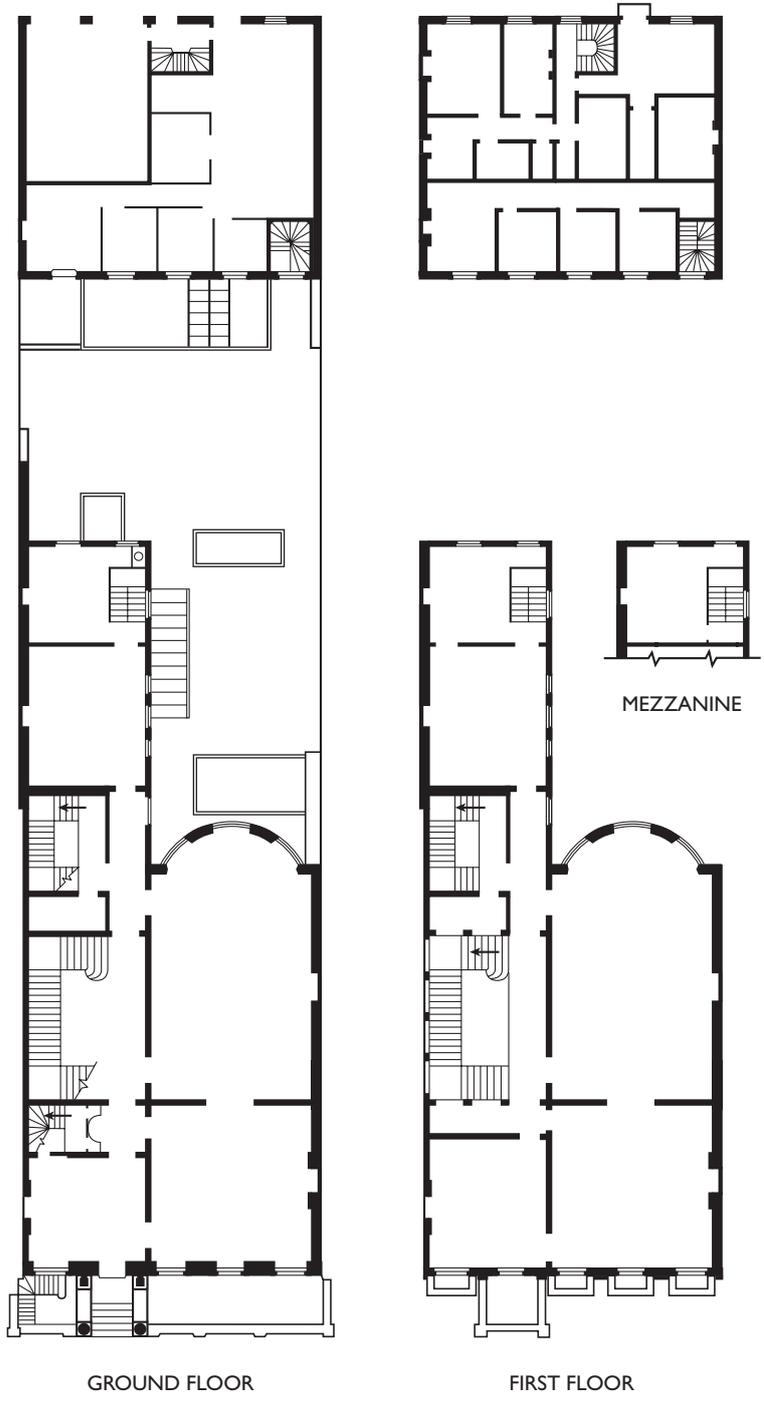
In small works, such as the localised upgrading or renovation of a single building element, the overall provisions set out here may seem exceptionally onerous. Under these circumstances it is recommended that all parties seek to reach agreement, particularly with the conservation officer and the building control body, before proceeding with actual building work. Such agreement should ideally be documented for the records of all parties.

HEATING STRATEGIES

Where conflicts between energy efficiency and older buildings do occur, the problem may be less to do with poor construction and insulation standards than with the incompatibility between the fabric of a building and the heating strategy in place.

The energy efficiency standards invoked for new buildings generally assume that central heating will be installed throughout to achieve constant internal temperatures of, say, 20°C in winter. This heating strategy has become the norm over the past 50 years and is now rarely questioned. The levels of insulation and restrictions on ventilation required by the Approved Documents for new buildings are calculated to minimise heat loss through the fabric under such heating regimes. Indeed, insulation levels in new housing in particular are capable of maintaining such internal air temperatures with very little actual input of energy.

Older buildings, however, generally predate the introduction of central heating and therefore evolved their forms and details to suit entirely different regimes of energy use.



33 | ABOVE Modern electronic zonal control systems can allow heating systems to be accurately tailored for optimum use to suit a variety of layouts and forms of construction.
© Honeywell

34 | LEFT Older buildings were generally constructed with a cellular arrangement of rooms that would be individually heated. This made best use of the thermal mass of the structure and involved heating only those rooms in use rather than the whole building.

35 Repairing parts of a traditional building improves its thermal performance and provides a sound basis from which upgrading proposals can then be developed.



Examples of typical differences are:

- the practice of heating primarily those rooms in use, rather than the whole building
- continual occupation of the building, rather than just in the mornings and evenings throughout the working week
- the use of the thermal mass of the structure (particularly chimney breasts) to retain heat from fires and to release it slowly over a longer time frame, thus evening out overall fluctuations
- greater use of traditional methods of retaining heat such as shutting internal doors and closing heavy curtains and shutters at night
- wearing more clothing indoors in winter.

Rather than assuming that solutions to energy inefficiency in older buildings lie purely in upgrading the insulation value of the structure and reducing ventilation rates it is often useful to also consider revising the heating regime to suit the inherent qualities of the building fabric itself. This need not mean returning to coal fires, smoke and ashes, but can instead involve the introduction of more sophisticated and responsive heating controls, for which suitable technology is now beginning to become available. Such modifications have the potential to usefully reduce energy consumption while also minimising the need to upgrade the physical fabric of the building itself.

RESTORATION OF ORIGINAL PERFORMANCE – MAINTENANCE AND REPAIRS

Traditional buildings made from permeable materials work differently to modern ones. It is therefore necessary to think carefully about how to optimise their performance in dealing with moisture and heat. Traditional and modern buildings can each be highly effective in keeping out the weather and creating benign internal environments, but they do so using incompatible methods. In practice, mixing these contrasting technologies is usually inappropriate, and will give reduced performance compared to that which each can achieve on its own.

Some traditional buildings have inevitably become damaged and worn over time so that they are cold, damp and draughty. It should be remembered that human physiology has not changed over centuries, and what is uncomfortable for us would, by and large, have been equally uncomfortable for our predecessors. In reality, they would have used as many of the means at their disposal as possible to produce comfortable environments. Buildings would thus have been carefully constructed to be capable of delivering sufficient protection and comfort for the English climate.

In addition, a large proportion of traditional buildings will also have been adapted or repaired over the years with the best of intentions, but using inappropriate materials, such as hard cement mortars and renders, plastic paints and synthetic waterproofing treatments. These reduce the building's breathability and give a detrimental impression of both its durability and its ability to provide a comfortable internal environment.

REMOVAL OF DAMAGING ALTERATIONS

While it is often beneficial to remove damaging later alterations which reduce the breathability of traditional buildings, this is not always practically possible. Certain materials, such as hard cement mortars, can adhere so strongly to traditional permeable materials that all attempts to remove them will damage the older, softer substrate. Synthetic waterproofing treatments are inherently irreversible. Under such circumstances a mixture of technologies will have already been inflicted on the building, and the consequences, although undesirable, may simply have to be accepted.

If removing later materials is likely to cause serious damage it may be preferable to leave them in place. However, this will mean that the traditional construction cannot breathe as well as it once did, and that steps may need to be taken to mitigate the effects. These might include introducing membranes to protect vulnerable elements of the structure from trapped moisture, or finding alternative ways of allowing evaporation. The building's thermal performance is also likely to be reduced, although any techniques to compensate for this will need to be specified and installed with care.

36 Stoves burn fuel much more efficiently than open fires and cause fewer draughts

37 Condensing boilers and other highly efficient heating systems can provide a benign enhancement to the thermal efficiency of historic buildings

38 Low-energy compact fluorescent lamps used for a chandelier



REPAIRS

Repairing a building which has become worn and decayed through centuries of use can help to restore its original hygro-thermal performance. Fortunately, this is usually easier and less contentious than the removal of damaging interventions. The correct and sympathetic repair of a traditional building will bring its technical performance back to the original level. It will also provide a sound basis for the development of proposals for further upgrading. Carrying out repairs can also provide many cost effective opportunities for improving thermal performance.

Old windows and doors have a reputation for being draughty, but would originally have been made as accurately as the considerable skills of a traditional joiner would allow. Cracked joints and voids in masonry similarly allow liquid water to penetrate where sound mortar would once have effectively kept it out. Conservative repair of such decay using materials which match the originals as closely as possible, particularly in their technical characteristics, will greatly enhance both the performance and the durability of the building.

BENIGN ENHANCEMENT – BUILDING ‘NEUTRAL’ WORKS

Modern technology can offer distinct enhancements to the thermal performance of older buildings whatever their construction and age. For example, condensing boilers are highly efficient and with effective controls and programming can make heating systems work in ways which are relatively harmonious with traditional construction.

Conventional domestic heating systems are often set with timer clocks which set the heating to come on for a period in the morning, and then again in the evening. This is appropriate for a building with low thermal mass, as it will equate to the times when the occupants will be at home. However, this is not necessarily an efficient heating regime for a traditional building with relatively small amounts of insulation and high thermal mass. Here, much of the warmth will be taken up by the structure, and then re-radiated at times when the building is not occupied, making the heating wasteful.

In traditional buildings which have a high capacity to store heat in solid walls it is often more economical to change the heating regime to suit the natural thermal response time of the building. In some cases a suitable regime might actually be to keep the heating on constantly at a relatively low level (say 12–15°C, or even lower) and then use local heating to warm a single room to full comfort temperature when it is being occupied, remembering, of course, to close the door. No two buildings are exactly the same, however, so it will always be necessary to experiment until the best heating regime has been worked out. This can be greatly facilitated by the installation of smart meters, as it will then be possible to get accurate measurements of energy use in real time, without waiting for the next quarterly bill.

The use of energy-efficient lighting and appliances is always recommended.

DRAUGHT-PROOFING

The control of draughts or air infiltration is the first step to take in preparing proposals for upgrading the energy efficiency of older buildings. This is because large amounts of energy can be lost through gaps in construction – a route of heat loss that can easily offset any valuable upgrading work which might have been carried out elsewhere on a building. For instance, heat lost by air infiltration through gaps will simply by-pass any insulation which might be added to the fabric. Energy gained through local, sustainable micro-generation will similarly be used inefficiently if a significant proportion of it is simply heating the external air.

The following are instances where the control of air infiltration is likely to be relatively easy and will give significant performance benefits:

- repairing cracks and holes in the construction
- plugging holes in the construction caused by later modifications and services installations
- introducing removable register plates to limit air movement up chimneys in winter
- installing draught-stripping to external doors and windows. Research commissioned by English Heritage (see Section 5, Upgrading Building Elements: Windows) has demonstrated that upgrading original windows can match the air infiltration standards of new factory-made windows at a modest cost.
- restoring window shutters to full operation; these are normally only used at night but it is during this period, when external temperatures are lowest, that heat loss is greatest
- installing heavy curtains and pelmets; these are also normally only used at night, but can be highly effective. Pelmets restrict convection currents behind curtains.
- laying heavy carpets, particularly on suspended ground floors. Note, however, that synthetic fibre carpets with impervious rubber backings will seriously restrict the breathability of floors over which they are laid.
- installing secondary glazing.

The majority of these improvements can be carried out at relatively low cost, and with limited disruption. They will also significantly enhance the comfort of the building for its users, and can reasonably be expected to offer significant savings on fuel bills.

At the same time care should be taken to provide an adequate amount of ventilation to control internally generated moisture.

ADDING INSULATION

STAGE ONE

Stage one upgrading works should be those which create minimum damage to the building, where possible by using existing voids and largely reversible techniques and detailing. The use of insulation materials which are highly compatible with traditional permeable construction will also minimise risks.

The following are examples of stage one installations which will offer significant thermal benefits:

Loft space insulation

Insulation can be installed either at ceiling level or below the roof itself, although the detailing in each case will need to be different. In most cases a ventilation path should be retained above the insulation to carry away any condensation which might affect roof or ceiling timbers.

Insulation of suspended timber floors

This can be installed between the floor joists which in most cases will require lifting and replacement of the flooring. A ventilation path should be maintained below the insulation to control any condensation.

Insulation of cavity walls

Many of the earliest cavity walls will be unsuitable for cavity fill insulation, but if it is possible it can be highly beneficial. It is important to use materials certified specifically for this purpose.

Insulation of timber framed construction

This is particularly useful between timber frame members where original historic construction has been replaced with unsuitable later material such as concrete blockwork or cement renders.

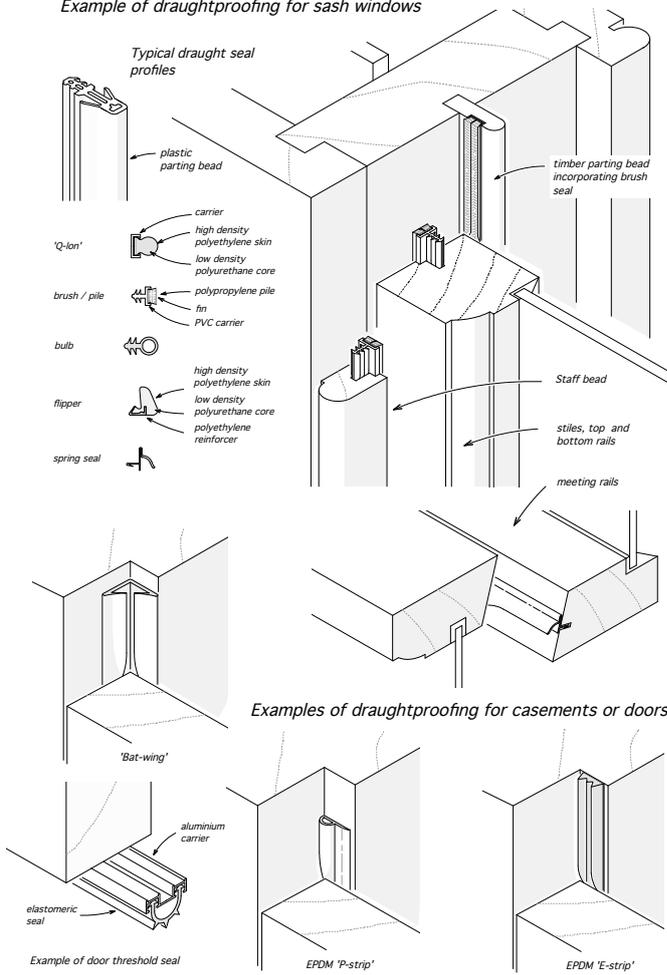
Installation of insulating shutters

These can be highly effective in limiting heat losses through windows at night.

Installation of secondary glazing

This can insulate effectively whilst also limiting draughts (air infiltration). If well designed it can be both discreet and reversible and is cited in Part L as an effective way of meeting the target U value.

Example of draughtproofing for sash windows



40



41



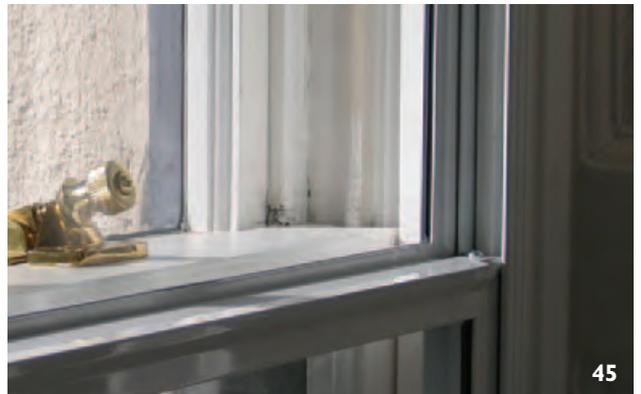
42



43



44



45

39 | TOP LEFT Various ways of draught-stripping a double-hung sash window

40 Window staff beads showing the various stages for adding brush seals

41 Meeting rail being routed for brush carrier

42 Brush carrier being inserted into sash

Images 40-42
© Core Sash Windows

43 Secondary glazing can provide effective insulation while also limiting draughts. If well designed it can be discreet and reversible
© Storm Windows

44 Sheep's wool being added between a timber frame before the addition of a coating of lime render on oak laths
© Oxley Conservation

45 Sliding secondary glazing added to a double-hung sash window

46 The use of micro-generation can be beneficial for the overall energy performance of older buildings. Some ingenuity may be needed to avoid unacceptable impacts on character and appearance, as shown here by the National Trust

47 Solid wall insulation needs to be carefully considered both for its impact on the character and appearance of the building as well as technical issues



Installation of double glazing

In many cases this will mean replacing the existing window, particularly where windows have narrow fine glazing bars that are unable to accommodate the thickness of the double glazing unit. It is sometimes possible to incorporate the thinner double-glazing systems into existing frames, particularly timber or metal casements. If fitting into double hung sash windows the extra weight has to be allowed for. An alternative to replacing the window is to install secondary glazing to enhance thermal performance.

These upgrading works can all be applied with little difficulty in the majority of older buildings, and the energy savings can be achieved with reasonable payback times. They should also have a minimal impact on the character and appearance of the building.

STAGE TWO

Stage two upgrading works might be considered once stage one works have been explored or implemented. The areas likely to be relevant are solid elements of the external envelope, particularly masonry or brick walls. Insulation of these can improve energy efficiency considerably, with results that may even rival new construction.

However, it is very difficult to insulate these elements without some very obvious impacts on character and appearance which in many cases may be an unacceptable alteration. Such work can also give rise to a range of potential technical problems which may significantly limit its desirability or make stage two insulation a low priority. Much of this type of work will also have significantly longer pay-back periods.

These issues are covered in more detail in *Section 5 Upgrading Building Elements: Walls*.

ENERGY SOURCES: MICRO-GENERATION

As an adjunct to the installation of efficient heating and environmental controls, micro-generation equipment can be very beneficial for the energy performance of older buildings. These systems tend to be technically complementary but considerable

ingenuity may be needed to avoid unacceptable impacts on character and appearance.

Commonly available micro-generation equipment tends to either provide hot water or electricity, either through solar panels (hot water or photovoltaic) or from wind generators. However, these are generally useful and well-proven types of equipment, and can make valuable contributions to overall energy use. Wherever the opportunity arises, small-scale hydro-power schemes can also be viable. Small-scale combined heat and power systems which have recently come on to the market have great promise.

Of more direct relevance to space heating are ground and air source heat pumps. Heat pumps tend to deliver their heat at lower absolute temperatures than conventional heating systems, but can be fully integrated with them. This low-level heat is particularly beneficial in constant heating regimes in buildings of high thermal mass, where the highly efficient energy production keeps the thermal mass 'topped-up' to the benefit of both the building and its occupants. Less efficient local heaters can be used to raise the temperature in inhabited rooms only.

Biomass-fuelled heating systems are very appealing, but they inevitably rely on quite large tracts of land to produce the fuel. They are therefore more appropriate to farms and country estates than urban or suburban locations.

CALCULATION AND MODELLING

U-VALUE CALCULATIONS

The standard methods for U-value calculation required by the Approved Documents are not usually suitable for the evaluation of the thermal conductivity of permeable materials. This is primarily because they use steady-state models based on data acquired from standardised hot-box testing.

They are also incapable of taking into account the dynamic effects of heat and moisture flows, and their interrelationships over time. The ability of thermal masses to store heat and then re-release it is not well covered, and the effects of moisture on the thermal properties of the materials are disregarded.

Dynamic calculation programmes for the assessment of hygro-thermal behaviour over time do exist, but are not well tested for use on existing buildings. Considerable caution should therefore be exercised when interpreting quoted U-value figures for existing buildings. In many cases the actual thermal performance of permeable materials will be noticeably better than the calculated figures would suggest, giving rise to excessive pressure to upgrade in inappropriate ways. If doubt exists in critical situations it is recommended that an in-situ measurement of the actual heat flow through a thermal element should be used as a basis for upgrading proposals instead of calculations based on standardised material data.

DEW-POINT CALCULATIONS

Standardised computer programmes are also available for assessing condensation and dew-point risk within various forms of construction. These are usually based on ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) profiling or German 'Glaser' diagrams (these are variants of the same method). They can give useful guidance, but are in many cases too simple to reflect the actual situation in complex permeable materials. Considerable caution in their interpretation is therefore required.

In particular, they usually rely on standardised generic tables of moisture permeability data, and on thermal conductivity data based on the hot-box tests discussed with reference to U-value calculations above. The actual characteristics of natural materials can be far more variable than these tables usually suggest.

In addition, they do not take into account the complex evaporation and condensations processes which are normally constantly in motion within permeable constructions, nor do they allow for the ability of permeable materials to disperse moisture through themselves to limit concentrations. Again, dynamic calculation programmes that can deal with these issues do exist, but are relatively untested and should only be used by specialists who can understand the variables and interpret the results appropriately. It is hoped that such methods will be proved robust in the near future.

COMPUTER MODELLING

Unlike the provisions for new buildings, which require assessment of whole-building performance against theoretical target buildings using approved computer software, the standards for existing buildings remain primarily element-based, as was usual under earlier incarnations of the Regulations. This means that individual parts of buildings, such as walls or roof slopes, are assessed for compliance without inherent reference to adjoining construction. It also means that prediction of the behaviour of the building as a whole is neither required, nor strongly encouraged.

Whole-building analysis is *permitted* within the Approved Documents by the use of the same tools as for equivalent new buildings: SAP (Standard Assessment Procedure) analysis for dwellings and SBEM (Simplified Building Energy Model) analysis for others. However, these tools do not specifically allow for the particular requirements of historic and traditional buildings for the following reasons:

- they are not sufficiently able to take into account the particular behaviour of moisture-permeable, 'breathing' construction
- whole building analysis must be based on a quantified analysis of the performance of the existing building in order to understand the behaviour of proposed modifications: there are no agreed or standardised test methods to enable such analysis to be properly carried out
- whereas manufacturers of modern materials are required to provide performance specifications, there is little available quantitative data on the thermal and moisture behaviour of historical and traditional materials.

These drawbacks mean that there is a real danger of inappropriate modifications and interventions being made to historic traditional constructions if the standard methods are adopted without extensive adaptations and additional expertise.

It does not follow, however, that this will always be the case. There is no reason why suitably sophisticated computer modelling tools cannot be developed in the near future. The establishment of appropriate testing methods for existing structures and historic materials are also well within the bounds of possibility.

When suitable computer modelling tools can be made available, such methods should become standard for the analysis of both existing and new buildings, wherever the scale of the project will justify it. It is hoped that future editions of the regulations and Approved Documents can be formulated to take this into account. Significant resulting benefits will include more accurate understanding of historic and traditional construction, better-targeted and more appropriate interventions and the thorough analysis of existing and new constructions, both in parallel and as combined entities. In each case, however, it will be necessary to ensure that upgraded buildings where computer modelling has been used as the principle design tool are carefully monitored for their performance after completion.

05 Upgrading building elements

This section provides guidance on specific issues relating to upgrading individual building elements such as windows, walls and floors.

Many of the issues are covered in more detail in a series of supporting English Heritage guidance documents covering the following:

- insulating pitched roofs at rafter level/warm roofs
- insulating at ceiling level/cold roofs
- insulating flat roofs
- insulating thatched roofs
- open fires chimneys and flues
- insulating dormer windows
- insulating timber-framed walls
- insulating solid walls
- early cavity walls
- draught-proofing windows and doors
- secondary glazing for windows
- insulation of suspended timber floors
- insulating solid ground floors.

WINDOWS

THE IMPORTANCE OF WINDOWS IN OLDER BUILDINGS

Window openings and frames give a building's elevation its character. They should not be altered in their proportions or details, as they are conspicuous elements of the design. The depth to which window frames are recessed within a wall is of historical significance and greatly affects the character of a building; this too should be respected.

The importance of conserving traditional fenestration and its detailing cannot be stressed enough. Replacing traditional single-glazed sash windows with double-glazed PVCu windows can be very damaging to the special character and appearance of the building. The fundamental objections, amongst many, are that double-glazed sealed units thicken the dimensions of glazing bars inappropriately, or result in extremely poor facsimiles stuck to the face of the glass.

Old glass is of interest and is becoming increasingly rare. It is of value not just for its age, but because it has a sparkle that today's flat sheets with their uniform reflections do not have. Where it survives, it should be retained and alternative means of thermal improvement considered.

The frames and glazing of many historic windows have fallen victim to inappropriate replacements, but over the past decade greater appreciation of their value has begun to develop. However, many windows are still threatened and Part L must not become the agent for their thoughtless destruction. While listed buildings enjoy some protection, unlisted buildings are at high risk – even where they are in conservation areas, National Parks, Areas of Outstanding Natural Beauty and World Heritage Sites.

WINDOW TYPES AND MATERIALS

England has a rich tradition of window designs and materials from different periods of history. Most historic windows are timber-framed. Oak joinery (either fixed or in casements) predominated until the late 17th century, when, with the advent of the sash window, softwood was imported from Scandinavia and the Baltic. This slow-grown, high-quality, naturally durable timber continued to be widely used until the early 20th century. Thereafter use began to be made of inferior species, the timber from which needed chemical preservatives to provide some degree of longevity. It is very difficult to source timber of traditional quality and durability today. Where possible windows should be repaired and continue to be used.

Iron frames had been used in medieval times, and by the 16th century metal-framed glass windows were beginning to appear in secular homes. By the middle of the 18th century metal sash windows were being cast and even copper was being set in wooden frames, usually of oak. All-metal sash and casement window frames were introduced in the Regency period for use in housing and industrial and institutional buildings. Mass production in the early 20th century allowed hot-rolled steel to be used for windows which were strong, slim and non-combustible. All these windows are important historically and should be conserved.



48 Mass production allowed hot-rolled steel to be used for windows which were strong, slim and non-combustible

49 Historic glass adds significant character to historic windows. Where examples exist they should be retained
© Clive Murgatroyd

50 Metal-framed casement and leaded lights
© Oxley Conservation

51 Windows establish the character of a building's elevation. Their thermal performance can be significantly improved without the need to replace them



52 Air infiltration through a sash window in good condition can be reduced by as much as 86% by adding draught-proofing

53 Where shutters do not exist new ones can be added, as at this very exposed coastal location

54-57 Internal and external window shutters can significantly improve the thermal performance of windows

Images 54-56 © Linda Hall

VENTILATING AND DRAUGHT-PROOFING

Most modern windows accommodate trickle ventilators for controllable background ventilation, to meet the Requirements of Part F of the Building Regulations. Older buildings often have considerable air infiltration through floors and airbricks and may well not need more. Indeed, air infiltration through old windows is often excessive, so draught-proofing and weather stripping can be very effective in reducing not only heating bills but also reducing levels of noise and dust too. However, care should be taken to provide enough ventilation to remove internally generated moisture and pollutants, together with additional moisture from sources such as rising damp

Several forms of draught-proofing are available, which operate in different ways. Some types simply act as gap fillers, and are applied as mastic or foam. Other forms keep out the weather by means of a snug, slightly oversized fitting, comprising silicone rubber tubes, polypropylene and nylon-filled pile brushes, or with rubber, polyester, or sprung-metal 'Z' and 'V' fins.

For steel and timber casements, a self-curing silicone rubber sealant can be injected into the gap between the window and the frame. The window is first cleaned and overhauled so that hinges and catches operate easily. The opening edge of the casement is temporarily coated with a non-stick gel. The silicone is then injected and sticks to the non-treated frame, but not to the coated casement edge.

A good draught-strip should insulate, be durable and inconspicuous. A number of firms now provide an effective specialist installation and refurbishment service for existing windows. According to one leading company, these products reduce the number of air changes from between 2.5 and 3.0 to 0.7 per hour. In terms of reducing heat loss, draught-proofing a single-glazed window has roughly the same effect as fitting an additional sheet of glass and tests have shown this can reduce heat loss by nearly 90%.

IMPROVING WINDOW INSULATION

New 'facsimile' double-glazed windows have been developed with sealed units and low emissivity glass. In most cases these fail to provide an adequate visual match to the original patterns owing to the thickness of the glazing-bar required to accommodate the glazing cavity. It is impossible to replicate most original glazing bars in double glazing even with the thinnest systems. The aim should be to improve thermal performance whilst retaining the existing windows by investigating the following options:

Draught-proofing

This is the most cost-effective and least intrusive method of insulating windows.

Secondary glazing

This improves insulation, draught-proofing and noise control. If carefully designed, it can be relatively unobtrusive (with divisions in the glazed panels hidden behind meeting rails or glazing bars). However, not all windows are suitable for secondary glazing, owing to the narrowness of the internal sill or reveals, the difficulty of accommodating the new panes within an oddly shaped or unduly protruding architrave, or clashes with internal shutters.

Shutters

These are important features and often contribute to the design of an elevation. Repairing and using external and internal shutters can minimise heat loss at night and when rooms are unused, as well as reducing unwanted solar gain. Internal shutters can also be draught-proofed to improve thermal performance, in a similar manner to windows.

Traditional means of minimising heat loss are still effective, such as heavy lined curtains. Modern alternatives include insulated curtains and reflective and/or insulated internal blinds.

WINDOWS RESEARCH

In response to increasing pressure to replace traditional windows to improve thermal performance, English Heritage recently commissioned research to measure the actual performance of traditional sash windows against the assumptions that:

- traditional windows can be very durable: many original Georgian and Victorian windows are still in place, whereas modern windows tend to be designed to have very much shorter lives
- current calculation methods may be pessimistic about the performance of traditional windows and the opportunities for improvement
- window replacement can easily destroy the character of a traditional buildings as has been widely demonstrated over the past 30 to 40 years in nearly every part of the UK.

Using a traditional 2 x 2 double hung vertical sliding sash window the research looked at:

- heat transfer through the window
- heat loss through the glass and frames
- heat loss by air leakage
- the combined effects of conduction and air leakage
- providing ventilation and avoiding condensation

The research concluded that:

- simple repairs to mend cracks and eliminate gaps can significantly reduce the amount of air infiltration or draughts; on the window that was tested, air infiltration was reduced by one third
- air infiltration through a sash window in good condition can be reduced by as much as 86% by adding draught-proofing
- heat loss through contact with the glass and frames can be significantly reduced by adopting simple measures like closing thick curtains and plain roller blinds; in the test heat loss was reduced by 41% and 38% respectively
- more elaborate measures reduce heat loss even more and can improve windows to meet modern Building Regulations, which target a U value for windows of 2 or below; in a test with good quality secondary glazing, this value was 1.7. Well-fitted closed shutters, also produce similarly good results. The best result is when the two methods are used together, resulting in a 62% reduction in heat loss and a U-value of 1.6.

ROOFLIGHTS

Most old rooflights are single-glazed, set in cast iron or timber frames, or sometimes as unframed sheets of glass replacing slates or plain tiles. Frames are often ill-fitting, and draught-proofing may improve this. Where replacement is essential, double-glazed copies of original rooflights are available which can be acceptable in historic buildings.

DOORS

TYPICAL CONSTRUCTION

Most external doors on historic buildings were made of timber, many in hardwood frames. Depending on their age and design they were usually morticed and tenoned together, either in a flat plane, or with panels fitted between stiles, and muntins and rails. Doors which are original or of historical interest should be retained wherever possible, and repaired as necessary.

THERMAL PROPERTIES

Solid doors often have reasonable insulating properties. Most of the heat loss usually occurs by infiltration around the perimeter of the door or where gaps have developed around panels, at the junction with the door closer and through locks. Repairs and draught-proofing may be helpful. Where space permits, an internal draught lobby with a well-fitting (and if necessary well-insulated) inner door may be a practical solution.

GLAZED DOORS

Existing glazed doors should be retained, and all original or historically important glass kept. Often the easiest option to improve thermal performance will be with draught-proofing, thick insulated curtains or a draught lobby, if these can be fitted without detriment to other historic or architectural features.



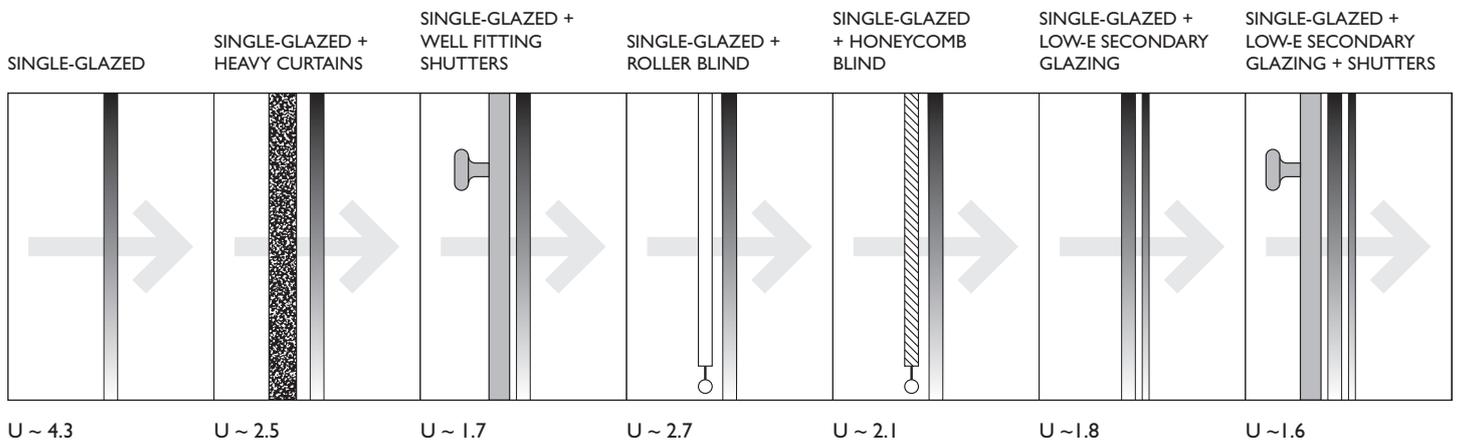
58



59



60



58 Double-glazed roof-lights are available which are usually acceptable in historic buildings
© Peter King

59 The easiest way to improve the thermal performance of external doors is to draught-proof, add thick curtains or a draught lobby

60 Recent research by Glasgow Caledonian University for English Heritage has shown the thermal performance of sash windows can be substantially improved without the need to replace them
© Paul Baker

61 | DIAGRAM U values for single glazing as measured in the windows research
Double glazing with a 12mm space provides a U value of approximately 2.8



62 Most historic buildings in this country have solid walls constructed of porous materials. This porosity has helped keep many buildings in good condition © Philip White

63 A vapour-permeable membrane over tongued and grooved wood-fibre board has been added behind the weatherboarding of this timber framed cottage © Oxley Conservation

WALLS

EXTERNAL APPEARANCE

Historic buildings display a wide range of materials and forms of construction, ranging from thick stone or earth walls, to timber-framed buildings with comparatively thin and lightweight wattle-and-daub infill panels. The appearance of the external walls is usually one of the most important aspects of a historic building, while the materials give the building its unique and often local character. Other than repairs or re-pointing, they are unlikely to tolerate much change without exacerbating decay problems and detrimentally affecting their special interest and appearance.

THE USE OF POROUS MATERIALS IN WALLS

Most historic buildings in this country have solid walls constructed in porous materials, with internal finishes such as lime plaster. This porosity has helped to keep many buildings in good condition because:

- on the outside, it encourages the absorption of rainwater, which is then able to run down, drain out and later to evaporate
- on the inside, it helps to stabilise moisture levels in rooms and often averts surface condensation, for example in crowded conditions or when cooking
- moisture can also pass through the wall and evaporate both externally and internally as conditions allow, as can any dampness rising from the earth.

This approach differs greatly from most modern buildings, which rely externally on impervious or rain-screen systems and internally on construction which is completely protected from moisture – at least in theory – by cavities, damp-proof membranes, and vapour control layers.

THE IMPORTANCE OF PERMEABILITY

Where walls need to transpire, new materials intended to form barriers to unwanted moisture or water vapour can impede the very processes which help a historic wall to survive in good condition.

Commonplace examples include:

- hard cement mortar pointing which catches rainwater and diverts it into a wall, by-passing the overcoat effect
- hard external rendering, intended to keep the rain out, which also stops moisture evaporating and causes the wall to become damper; when cracked, it also traps rainwater, making things even worse
- modern impervious paints, which cause previously sound plaster to break down because rising and penetrating damp can no longer evaporate
- other impervious materials applied internally that cause moisture to accumulate, in turn leading to decay of embedded materials (such as timber) which are hidden from sight until deterioration has become severe. The impervious layers can lead to a build-up of salts in the underlying substrate. The salts then crystallise and rupture the original construction.

Many insulation products lose their insulating qualities when wet, so moisture from damp walls or interstitial condensation can make them almost useless. Other products, including some natural materials, are less affected. However, care must be taken in selecting appropriate materials that do not result in new problems such as insect infestation.

IMPROVING INSULATION EXTERNALLY

The opportunity to improve the thermal performance of walls externally will often be limited in a historic building. This is because of the impact external insulation has on the appearance of the building: notably on its proportions, and on details such as quoins, window reveals, cills and thresholds – all of which are likely to be unacceptable in terms of planning and Listed Building Consent. External insulation may be more practicable, however, where tile hanging or weatherboarding has to be removed and replaced. Panels in timber-framed buildings might have been in-filled with unsuitable materials such as concrete blockwork, which would benefit from replacement with a more compatible insulating material. Another possible exception is where rendering requires complete replacement.

Even if the installation of external insulation can be achieved without compromising the appearance of an historic building there are other technical issues that need to be considered before proceeding:

Rain screening

Most insulation materials used externally will need to be screened from rainfall, preferably using techniques which allow the insulation and the wall behind to breathe to vent condensation.

The criterion that repairs should be carried out on a like-for-like basis means adhering to the original mix of materials in preference to using a thermally more efficient render. This is also important where transpiration is required.

Vapour build-up

If the external insulation, or any part of its associated construction, forms a barrier to vapour, there will be a possibility of condensation build-up from internal moisture vapour within the permeable wall behind.

Detailing

External insulation will increase the wall thickness. This will require the design of effective details for all window and door surrounds, for roof overhangs and for the wall foot, and for junctions with adjoining construction. These will often significantly increase the expense of the overall work.

Warming of original fabric

The external insulation will, however, offer the advantage of warming the internal fabric. This will often improve both its durability and the internal environment of the building to a useful degree, although it is recommended that a condensation risk assessment should be carried out before installation.

It is also important to recognise that the majority of generic U-value calculations on permeable construction tend to over-estimate the actual heat loss that will in reality occur. It may be worth exploring the fact that solid external walls may actually behave significantly better than is often assumed even by those who have significant experience in the field.

IMPROVING INSULATION INTERNALLY

Internal walls should always be carefully investigated in advance of any changes, in case ancient or interesting features – such as early plaster and paint schemes – are hidden in the plaster or behind panelling or other coverings. Timber panelling, plaster mouldings or enriched decorations are important elements in the history of the building and need to be preserved.

Where complete internal re-plastering is required – particularly where it has been done before and when little or nothing of historic interest survives – there may be opportunities to incorporate internal insulation. However, the dimensional changes may be unacceptable at window and door openings and where original surface details such as dados, cornices or skirting boards survive. The loss of space may also be unacceptable. Other technical matters that need to be considered include:

Resistance to condensation

If insulation is installed internally there will be a reduction in temperature towards the outside, reaching a dew point at which internal moisture vapour will condense. If this happens near to the insulation it can render it ineffective and cause rot and decay within both old and new construction. This is theoretically controllable with vapour barriers, but these are not always effective.

Effectiveness and durability of vapour barriers

Vapour barriers are easily punctured and in existing buildings, particularly those of vapour-permeable construction, can rarely be adequately sealed at their perimeters. As a result they tend to lose their effectiveness over time.

Detailing

All internal insulation installations will need to be carefully detailed around the edges of window and door openings. This will usually mean reducing the insulation thickness, possibly give rise to cold bridging and condensation.

Cold bridging

All breaks in insulation layers, including studwork construction to hold internal finishes, are potential cold bridges which can lead to condensation and rot.

Loss of thermal mass

If a solid wall is insulated internally its thermal mass will no longer be available to moderate the internal temperature of the rooms inside.

Cooling of external fabric

Internal insulation means the temperature of the external fabric will be maintained at a consistently reduced level. This can lead it to becoming wetter for longer, especially if it has been repointed in hard cement mortar that increases the dangers of rot and decay within the wall thickness and frost damage on the surface.

Because of these potential problems it is vitally important to calculate the risk of condensation before installing internal insulation. This will often be done free of charge by insulation manufacturers, but the resulting calculations may be based on very approximate estimates of the performance of traditional materials. It is therefore necessary to take a very careful view of the likely effects of changes to moisture and heat flows through the body of the wall and the construction details, and of the practicality and durability of any mitigating techniques that may be suggested.

FLOORS

FLOORING GENERALLY

The appearance of a floor can be a very distinctive feature of a historic building. In general, floors should not be lifted because of the damage that is inevitably caused: a worn, uneven appearance is also often valued and cannot be completely re-created. However, if floors have to be lifted or replaced, there are opportunities to improve insulation.

SOLID FLOORS

Solid floors, such as those laid with stone, brick, early concrete, plaster or lime ash, cannot be insulated without first excavating them. Generally this should be avoided, unless it is the only way to remedy some destructive defect. In reconstruction, damp-proof membranes will usually be incorporated both as normal practice and to protect the insulation. However, membranes can cause more problems by driving moisture up walls and columns and are sometimes unnecessary with permeable materials.

SUSPENDED FLOORS

Floorboards can often be lifted and insulation installed with comparative ease. However, care should be taken if:

- the floorboards have a structural function, for example acting as a plate membrane in early 18th-century construction: houses have been known to collapse when all the floorboards on one level were removed at once
- early wide hardwood boards (usually oak or elm) are used, particularly if these have been undisturbed and cannot be lifted without causing damage to the boards or joists
- there are historic examples of sound-deadening or fireproofing between joists: these should be preserved.

Suspended timber floors are, or should be ventilated. This normally involves cross-ventilation between under-floor openings or air bricks on opposite sides of the building. However, research has shown that air flow is very erratic and sometimes can be harmful as it introduces more damp. In practice, air often comes in through external openings and then passes between the floorboards before rising up within the building or into flues. Adding insulation can reduce this airflow and increase moisture levels both under the floor and in the building. Conditions below the floors should be checked before any work is done. If there are no signs of damp or decay then it is best to avoid making changes. It would also be wise to check the situation again after insulation has been installed.



64



65



66



67

64 A hydraulic lime insulated floor slab being laid which provides a degree of permeability
© The Limecrete Company

65 Gaps between floorboards can create significant draughts. These can be filled in a number of ways, including infill timber strips

66 Battens and boards have been added to support insulation to this suspended timber floor
© Oxley Conservation

67 Insulation can be added relatively easily to suspended timber floors. In most cases this will involve removing the floorboards
© Oxley Conservation



68



69



70



71

68 The need for roof repairs provided a cost effective opportunity to add insulation to this Grade I listed building. Tongued and grooved wood-fibre board is being used above the rafters as well as insulation between the rafters
© Oxley Conservation

69 A typical 'cold roof' insulated with vermiculite between the ceiling joists
© Oxley Conservation

70-71 Many dormer windows can be difficult to insulate without altering their original proportions. This simple apex dormer is relatively easy to insulate
© Oxley Conservation

ROOFS

EXTERNAL APPEARANCE

The roof of a historic building is often its most striking feature. Most have survived in a remarkably unchanged condition for many centuries. With stone, slate or tile, re-covering becomes necessary when the fixings fail, though much of the covering material is often re-used on the same building. With thatch, shingles, lead and other metals, failure is more often attributable to the natural life of the covering material itself.

ROOF STRUCTURE

Unless there has been substantial water leakage, the roof structure will usually be in good condition. This is often due to the generous amount of ventilation in historic buildings and their roof-spaces. Even though a historic building may generate a lot of internal moisture, some of which finds its way into the roof, it is quickly removed. The moisture-buffering effect of the large amounts of hygroscopic material in many historic buildings can also be helpful.

IMPROVING THERMAL PERFORMANCE

Proposals to improve the thermal performance of the roof-space have to be considered in relation to the use and performance of the rest of the building. For example:

- modern living tends to introduce more moisture into buildings and roof-spaces
- ventilation rates are often reduced, exacerbating the problem
- the air and vapour control layers (AVCLs) often used in modern construction are virtually impossible to install in existing ceilings with any degree of effectiveness
- added insulation tends to cause roof-space temperatures to drop, adding to potential moisture problems.

Problems and solutions tend to vary with the type of roof: pitched or flat, with or without ventilated roof-spaces. These are outlined in the following paragraphs.

PITCHED ROOFS WITH VENTILATED ROOF SPACES

For traditional roofs with 'cold' roof-spaces ventilated by outside air, it will often be possible to lay insulation over the ceilings or between floor joists in the conventional manner. The use of semi-rigid batts will guarantee a minimum thickness, but a wide range of other materials is also available.

Air infiltration into the roof-space from below should be reduced. In particular, holes around pipe, duct and cable routes should be closed up, especially when they lead to areas of high humidity. Even then, some air and water vapour from the building will still get in. Because the extra insulation makes the roof-space colder than before in winter, the risk of dampness and condensation may increase, particularly if ventilation is limited or poorly distributed.

Sometimes additional roof-space ventilation may have to be introduced. However, research has shown that not all roofs in historic buildings, and especially low-pitched ones, benefit from this. This is the case, for example, when the extra ventilation lowers the temperature but is not sufficient to dilute the moisture escaping into the roof-space from the rooms below. It is essential, therefore, to understand the likely effect of insulation and ventilation on the existing fabric and internal environment of the roofspace, rather than to introduce additional ventilation gratuitously.

PITCHED ROOF WITH INSULATION AT RAFTER LEVEL

Where there are rooms in the roof, a 50 mm ventilation path is recommended beneath the roof finish, insulation, vapour control layer and an internal lining (Stirling 2002). It is important to maintain the through flow of air when detailing new dormers or rooflights. Few historic buildings would be able to meet these requirements.

When upgrading utilitarian attic spaces, however, it may be sometimes be possible to adopt these modern standards.

FLAT AND LOW-PITCHED ROOFS

Most historic flat roofs are covered with lead, a few being clad in zinc or copper. Repairs and replacements using bitumastic materials and felts have been widely used. Flat roofs show a wide variety of designs, although most are akin to the 'cold roof' with a small roof-space (sometimes deliberately ventilated to the outside, but often not) above the ceiling. Some roof-decks in fact form the ceiling, though this is mostly confined to churches.



72 The use of sprayed foam to avoid a 'nail-sick roof' and provide some insulation is not recommended good practice on a historic building

FLAT ROOFS WITH VENTILATED COLD DECKS

These have always posed technical problems. According to Stirling (2002) they are a poor option in the temperate, humid climate of the UK and usually it is not possible to upgrade their thermal insulation. If there is no alternative to cold-deck designs, Stirling recommends providing a continuous vapour control layer above ceiling level, lapped and taped throughout, and also sealed to the walls at the edges. Service penetrations should be avoided unless this is impossible, in which case they should be carefully detailed and effectively sealed. Cross-ventilation should be generous, without any blockages, and with open eaves at each end: cold roofs should not be used if the structure spans between parapet or abutment walls.

In spite of the above, research has shown that even with little roof-space ventilation and no air and vapour control layers at ceiling level, lead roofs have often survived well by virtue of the balanced environment that has been created. The summer heat dries the timbers and other porous materials in the roof-space. In winter, moisture from below is absorbed or buffered by the timber which then dries out thoroughly again in summer. In effect this mechanism has allowed some metal roofs and timber structures to survive for centuries. Adding ventilation and insulation to this type of construction – or increasing moisture levels within the building – can change these conditions for the worse. Moisture problems affect not only the timber substrates and roof structure, but can also shorten the life of some metal roof coverings by inducing corrosion on the underside.

FLAT ROOFS WITH WARM DECKS

To upgrade the insulation of a 'cold' flat roof, Stirling (2002) states that the preferred option is to convert it to a sandwich or inverted warm deck roof. However, while sandwich construction can work for felt and asphalt roofs, installations in the 1970s and 1980s showed that a continuously supported metal sandwich roof could draw external moisture into the sandwich itself and suffer from decay and corrosion. Lead roofs on historic buildings were particularly susceptible, as described in English Heritage's Advisory Note on the subject (English Heritage 1997) and warm roofs are not recommended.

ROOFING MATERIALS AND DETAILS

Thermal bridges can occur at gaps in the insulation and at junctions with chimneys and outside walls. Care will be needed to ensure that these do not introduce condensation problems,

Tile, stone and slate roofs used to be laid without sarking felts, although sarking boards were occasionally used. Re-roofing today almost invariably includes underfelts to allow the work to take place in bad weather, and to provide secondary protection against wind-driven snow and rain. Vapour-permeable materials are the most popular; as a general rule, the more vapour-permeable the better. However, even they reduce air movement, and alternative provision for ventilation may be necessary, though designed 'breathing' construction is now becoming possible. Additional ridge ventilation can be unsightly.

Insulating foam (isocyanate) is sometimes sprayed directly onto the underside of slates and tiles, and sets into a hard layer with strong adhesive properties. Foams are claimed to improve insulation and waterproofing, prevent tiles or slates slipping, and avoid condensation. However, they are not recommended for historic buildings because they prevent the slates and tiles being salvaged during the next re-roofing; because the tiling battens and the upper parts of the rafters are sealed in, which may lead to rotting and premature degradation, and because the normal flow of air into the roofspace is restricted.

Thatch provides one of the best natural insulators and should not need further insulation. A 300 mm thatched roof made of water reed (thermal conductivity 0.09 W/m deg K) or straw (thermal conductivity 0.07 W/m deg K) will have a U-value of 0.3 W/m² deg K and 0.23 W/m² deg K respectively.

06 Further information

GLOSSARY

THE CONSERVATION OFFICER

The conservation officer in a local authority (or other relevant agency) is responsible for ensuring that the significance of any building or place is properly assessed at a relevant level, and at the appropriate time in the overall process. The conservation officer will also need to be satisfied that the proposals for upgrading are designed and implemented in such a way that the character and appearance of the building is established and adequately respected.

At the outset of any project, the conservation officer will be able to give advice about the appropriate level of understanding and assessment which may be required, and whether specialist advice will be needed. To ensure that optimum upgrading can be achieved without causing 'unacceptable' damage, the conservation officer may also be able to give guidance on achieving an appropriate balance between protecting the building's significance, and complying with the energy efficiency requirements of the regulations.

ENERGY EFFICIENCY REQUIREMENTS

As defined in Approved Documents L1B and L2B, 'energy efficiency requirements' means the requirements of regulations 23, 26, 28 and 29, and Part L of Schedule 1 to the Building Regulations.

These requirements are expanded and interpreted within Approved Documents L1B and L2B, which are therefore first-tier guidance to their application. As noted above, these Approved Documents also contain a range of recommendations for achieving compliance.

HISTORIC BUILDINGS

For the purposes of the interpretation of the energy efficiency requirements of the Building Regulations, Approved Documents L1B and L2B, and this series of documents, 'historic buildings' are defined as those which meet at least one of the following criteria:

- listed in accordance with section 1 of the Planning (Listed Buildings and Conservation Areas) Act 1990 at Grades I, II* or II.
- in a conservation area designated in accordance with section 69 of that
- included in the schedule of monuments maintained under section 1 of the Ancient Monuments and Archaeological Areas Act 1979.
- buildings which are of architectural and historical interest and which are referred to as a material consideration in a local authority's development plan or local development framework.
- buildings which are of architectural and historical interest within national parks, areas of outstanding natural beauty, registered historic parks and gardens, registered battlefields, the curtilages of scheduled ancient monuments, and world heritage sites.

All these categories of historic buildings are recognised and designated as such in order to protect either their own inherent significance or their contribution to the wider significance of a place. It is this significance and its expression in the physical fabric of these buildings which the specific legal designation is intended to protect.

While the vast majority of 'historic buildings' within the UK are also traditional, certain buildings, particularly from the 20th century, are designated as historic because of their significance even though they are built using modern methods and without breathable materials. Such buildings are therefore 'historic' but not 'traditional'.

TRADITIONAL BUILDINGS

For the purposes of the interpretation of the energy efficiency requirements of the Regulations, Approved Documents L1B and L2B, and this series of documents, 'traditional buildings' are defined in Paragraph 3.8 of both Approved Documents L1B and L2B as 'buildings of traditional construction with permeable fabric that both absorbs and readily allows the evaporation of moisture'.

This quality is often colloquially referred to as 'breathability'. For simplicity these may also be referred to as 'traditional buildings'.

U-VALUES

U values describe the thermal transmittance of materials. This is measured by how much heat will pass through one square metre of a structure when the air temperatures on either side differ by one degree. U values are expressed in units of Watts per square metre per degree of temperature difference (W/m² deg K).

FURTHER READING

INTERNATIONAL PUBLICATIONS AND WEBSITES

Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report. Cambridge: Cambridge University Press, 2007 (www.ipcc.ch)

The United Nations Framework Convention on Climate Change (www.unfccc.int)

The Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. New York: United Nations, 1998 (www.unfccc.int)

European Energy Performance of Buildings Directive (Directive 2002/92/EC). Strasbourg: European Commission Directorate for Energy and Transport, January 2003.

UK GOVERNMENT PUBLICATIONS

Approved Document L1A: Conservation of Fuel and Power in New Dwellings (2006 edition). London: Office of the Deputy Prime Minister (www.communities.gov.uk)

Approved Document L1B: Conservation of Fuel and Power in New Dwellings (2006 edition). London: Office of the Deputy Prime Minister (www.communities.gov.uk)

Approved Document L2A: Conservation of Fuel and Power in New Buildings Other than Dwellings (2006 edition). London: Office of the Deputy Prime Minister (www.communities.gov.uk)

Approved Document L2B: Conservation of Fuel and Power in New Buildings Other than Dwellings (2006 edition). London: Office of the Deputy Prime Minister (www.communities.gov.uk)

Building a Greener Future. London: Department of Communities and Local Government, July 2007 (www.communities.gov.uk)

Planning Policy Statement 5: Planning for the Historic Environment (PPS5) London: Department for Communities and Local Government, 2010 (www.communities.gov.uk). This document, which replaces PPG15 and PPG 16, should be read in conjunction with *PPS5: Planning for the Historic Environment: Historic Environment Planning Practice Guide* (2010), published jointly by English Heritage and the Departments for Communities and Local Government and for Culture Media and Sport (www.english-heritage.org.uk).

Review of Sustainability of Existing Buildings: The Energy Efficiency of Dwellings – Initial Analysis. London: Department of Communities and Local Government, November 2006 (www.communities.gov.uk)

The Building Regulations 2010 (Statutory Instrument No. 2214/2010) (www.legislation.gov.uk/ukSI/2010/2214)

The Code for Sustainable Homes: A Step-change in Sustainable Home-building Practice. London: Department of Communities and Local Government, December 2006 (www.planningportal.gov.uk)

The UK Climate Change Programme 2006. London: Department for Environment Food and Rural Affairs (www.defra.gov.uk)

The UK Climate Change Programme, Second Annual Report to Parliament. London: Department for Environment Food and Rural Affairs, July 2008 (www.defra.gov.uk)

ENGLISH HERITAGE PUBLICATIONS AND WEBSITES

Building Regulations and Historic Buildings: Interim Guidance Note on the Application of Part L. (2004 edition)

Conservation Principles, Policies and Guidance for the Sustainable Management of the Historic Environment. (2008)

‘Climate Change and Your Home’ – a website designed to help owners of older homes understand more about the impacts of climate change and ways to save energy (www.climatechangeandyourhome.org.uk)

Lead Roofs on Historic Buildings: An Advisory Note on Underside Corrosion. English Heritage and the Lead Sheet Association (1997)

Research into the Thermal Performance of Traditional Windows: Timber Sash Windows. (2009)

OTHER PUBLICATIONS

British Standards Institute 1998. *Guide to the Principles of the Conservation of Historic Buildings* (BS 7913). London: British Standards Institute, 1998 (www.bsigroup.co.uk)

CIBSE 2002. *Guide to Building Services in Historic Buildings.* London: Chartered Institution of Building Services Engineers (www.cibse.org/publications)

Committee on Climate Change 2010. *Meeting Carbon Budgets – Ensuring a Low-carbon Recovery. 2nd Progress Report to Parliament.* London: Committee on Climate Change (www.theccc.org.uk/reports)

Hughes, P 1986. *The Need for Old Buildings to ‘Breathe’.* Information Sheet 4. London: Society for the Protection of Ancient Buildings (www.spag.org.uk)

Stirling, C 2002. *Thermal Insulation: Avoiding Risks* (3rd edition). London: Building Research Establishment (www.bre.co.uk/bookshop)

English Heritage Regional Offices

NORTH EAST

English Heritage
Bessie Surtees House
41–44 Sandhill
Newcastle upon Tyne
NE1 3JF

Tel: 0191 269 1200

northeast@
english-heritage.org.uk

NORTH WEST

English Heritage
3rd floor Canada House
3 Chepstow Street
Manchester M1 5FW

Tel: 0161 242 1400

northwest@
english-heritage.org.uk

YORKSHIRE

English Heritage
37 Tanner Row
York YO1 6WP

Tel: 01904 601901

yorkshire@
english-heritage.org.uk

WEST MIDLANDS

English Heritage
The Axis
10 Holliday Street
Birmingham B1 1TG

Tel: 0121 625 6820

westmidlands@
english-heritage.org.uk

EAST MIDLANDS

English Heritage
44 Derngate
Northampton
NN1 1UH

Tel: 01604 735400

eastmidlands@
english-heritage.org.uk

EAST OF ENGLAND

English Heritage
Brooklands
24 Brooklands Avenue
Cambridge CB2 8BU

Tel: 01223 582700

eastofengland@
english-heritage.org.uk

LONDON

English Heritage
1 Waterhouse Square
138–142 Holborn
London EC1N 2ST

Tel: 020 7973 3000

london@
english-heritage.org.uk

SOUTH WEST

English Heritage
29 Queen Square
Bristol BS1 4ND

Tel: 0117 975 0700

southwest@
english-heritage.org.uk

SOUTH EAST

English Heritage
Eastgate Court
195–205 High Street
Guildford GU1 3EH

Tel: 01483 252000

southeast@
english-heritage.org.uk

CONSERVATION DEPARTMENT

English Heritage
The Engine House
Fire Fly Avenue
Swindon SN2 2EH

Tel: 01793 414963

conservation@
english-heritage.org.uk

English Heritage is the Government's statutory adviser on the historic environment. English Heritage provides expert advice to the Government about all matters relating to the historic environment and its conservation.

The Conservation Department promotes standards, provides specialist technical services and strategic leadership on all aspects of the repair, maintenance and management of the historic environment and its landscape.

This guidance has been prepared for English Heritage by David Pickles, Ian Brocklebank and Chris Wood.

Published March 2011 by
English Heritage

1 Waterhouse Square
138–142 Holborn
London EC1N 2ST

www.english-heritage.org.uk

© English Heritage 2011

Designed by: chacha.co.uk
Product Code: 51693

If you would like this document in a different format, please contact our Customer Services Department:

Telephone: 0870 333 1181

Fax: 01793 414926

Textphone: 01793 414878

E-mail: customers@english-heritage.org.uk



advice series



energy efficiency

IN TRADITIONAL BUILDINGS

energy efficiency

IN TRADITIONAL BUILDINGS



Comhshaol, Oidhreacht agus Rialtas Áitiúil
Environment, Heritage and Local Government



Contents

INTRODUCTION	4
1. CONSERVATION AND SUSTAINABILITY	5
What is a 'traditional' building?	5
Embodied energy and whole-life costing	7
2. UNDERSTANDING THE BUILDING	10
The effects of climate	10
Planning for warmth	13
Building use	15
Heat loss from buildings	16
Heat transfer through building materials	16
Thermal bridging	18
Ventilation and indoor air quality	18
Thermal mass	20
Assessment methods	22
Building Energy Rating (BER) and traditional buildings	23
3. UPGRADING THE BUILDING	26
Building management	26
Building condition	26
Preliminaries to upgrading	27
Products and materials	27
Reducing draughts	29
Roofs	29
Walls	35
Windows, doors and rooflights	39
Floors	46
Services	48
4. CASE STUDIES	54
A Regency house in the city	54
A detached country house	56
A pair of rural cottages	58
A converted stable yard	59
A mixed-use building in a town	60
Living over the shop	62
A converted Georgian townhouse	64
Places of worship	65
GLOSSARY	72

Introduction

It is Government policy to reduce energy use and carbon dioxide emissions from the burning of fossil fuels. The European Directive on the Energy Performance of Buildings (2002/91/EC) adopted into Irish law in 2006, specifically targeted energy requirements of buildings whether new or existing, residential or non-residential. In order to meet the requirements of the directive (which was recast in 2010), and to address the fact that buildings contribute significantly to this country's energy consumption, the standard of energy conservation required of new buildings has risen significantly in recent years. Energy performance standards will continue to rise so that, by 2016, it is intended that new houses will be mainly passive, that is to say, designed to consume little or no energy in use. However, upgrading the thermal efficiency of the existing building stock presents a challenge, particularly where the building was built using traditional materials and construction methods and is of architectural or historical interest.

People enjoy old buildings for the sense of history they evoke, the craftsmanship they represent and for the solidity of their construction. However, there is sometimes a perception that old buildings are cold. It is true that they can sometimes be draughty, and the degree of tolerance shown by their users is testimony to the value people place on architectural character and a sense of place, which compensate to quite a large extent for any shortcomings in comfort. Historically, heating solutions included a roaring fire or an ever-burning stove emitting pleasurable warmth. Of course, our forebears were somewhat hardier than ourselves, having different expectations in terms of heat and comfort. Extra clothing and bedclothes, hot-water bottles and even different dietary habits played their part in keeping people warm in their day-to-day lives during the colder months. From the mid-twentieth century onwards, the availability of cheap fossil fuels enabled an increasing number of households to avail of central heating, supplying heat to all rooms; a concept almost unheard of in earlier times.

Today, however, there is an increasing awareness of the importance of energy and fuel conservation. In tandem with higher expectations in relation to the general warmth of the indoor environment, this awareness has led to new standards and types of building construction intended to ensure that the

energy consumed by a building during its useful life is minimised. These new standards in modern buildings have influenced the expectations of users of older buildings. When dealing with a historic building, there are other matters which the users and building professionals who care for old buildings should address, matters that are to do with the architectural character of a building, repair and maintenance issues, older forms of construction and the particular characteristics of traditional building materials.



A typical brick-fronted, nineteenth-century house with solid masonry walls, single-glazed sash windows and slate roof

This booklet sets out to provide introductory guidance for owners and to act as an aide-memoire for building professionals and contractors. While the main objective is to address how the thermal efficiency of traditionally built buildings can be enhanced, it is intended to balance this with the conservation of the architectural heritage. To that end, this booklet explores ways of improving energy efficiency while maintaining architectural character and significance, the intention is to show how to improve the quality of the architectural environment while maintaining the historic fabric of traditional buildings.

1. Conservation and Sustainability

Arising from the way they are designed and constructed, traditional buildings respond to changes in temperature in very particular ways. Properly understood, the way traditional buildings behave can be exploited to make them more comfortable and more energy-efficient, while saving money on heating bills. Good architectural conservation is environmentally sustainable; as a nation we should be conserving historic buildings not only for their cultural value but also because it makes environmental sense. It is important to have realistic expectations of older buildings, and to find the right use for them. Indeed, when we appreciate that the designers of these historic buildings were often concerned with saving energy, fuel costs historically being even higher than they are now, we understand that older buildings have important lessons to teach, with regard both to the design of new buildings and the repair of existing ones. In the absence of an understanding of how traditional buildings and materials behave, modern technologies may be misapplied and can have detrimental impacts on historic building fabric.

What is a 'traditional' building?

Traditional buildings include those built with solid masonry walls of brick and/or stone, often with a render finish, with single-glazed timber or metal windows and a timber-framed roof; usually clad with slate but often with tiles, copper or lead. These were the dominant forms of building construction from medieval times until the second quarter of the twentieth century. Less commonly, traditional buildings had corrugated iron roofs or cladding while many vernacular buildings were constructed with stone and/or mud walls and thatched roofs.

The twentieth century saw the development and widespread use of twin-leafed masonry construction, commonly called a cavity wall, which is based on a fundamentally different approach to keeping the interior of a building dry. The cavity wall consists of an outer leaf which is presumed always to be wet, and an inner leaf which it is intended should always be dry, the two leaves of the wall being separated by an air-filled cavity. In the earliest cavity wall constructions, the cavity was left empty but latterly was often partially or totally filled with an insulating material.



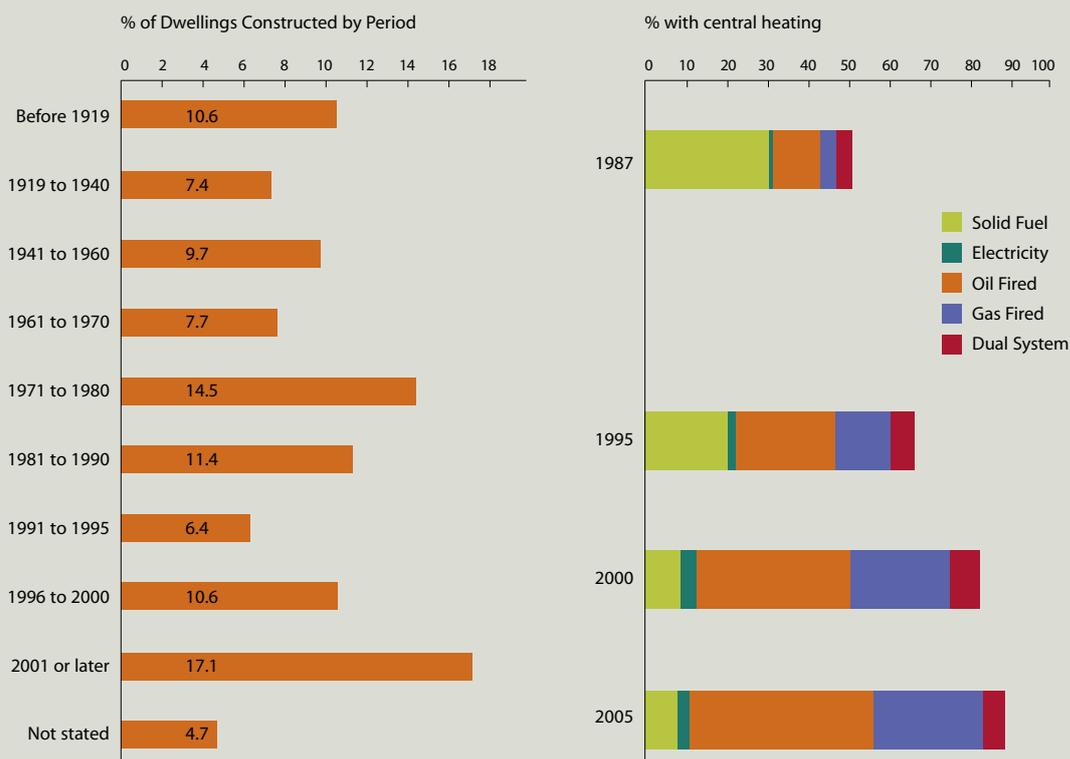
A typical traditional farmhouse, built of stone and finished in lime render, with a slate roof and timber windows

Traditional masonry walls of stone or brick do not contain a cavity. In stone construction, the core or central portion of the wall was often filled with small stones and lime mortar. While brickwork was often left exposed externally and plastered internally, rubble walls were generally rendered externally in a breathable lime plaster. Solid masonry walls relied on their thickness to cope with atmospheric moisture, being sufficiently thick to ensure that drying out took place before moisture from rainwater passed through the wall to cause damp on the inner face. The breathable lime plaster allowed the moisture in the walls to dry out to the external air. Virtually all buildings constructed in this country before 1940 were built of this type of masonry construction. The use of lime extended to other components of the building; older buildings are often found to have lime pugging between the joists in the floor, providing additional thermal and acoustic insulation.

Many traditionally built buildings are protected structures under the Planning and Development Acts, and therefore are identified as being of special interest. However, there are many other traditionally built buildings that do not have statutory protection but may nonetheless be worthy of care in their repair and enhancement for contemporary living.

Dwelling Type	2006 Number	2006 % of Total
Detached house	625,988	42.8
Semi-detached house	398,360	27.2
Terraced house	257,522	17.6
Flat/Apartment	139,872	9.6
Bed-sit	8,751	0.6
Not stated	31,803	2.2
Total	1,462,296	100

Irish dwelling types: This chart indicates that detached buildings represent almost half of all dwellings, which has implications for energy consumption



Age of the Irish housing stock: According to 2006 figures, approximately 18% of the housing stock dates from before 1940

Types and percentage of central heating in Irish homes: There has been a trend towards central heating and with it higher expectations of thermal comfort

(Source: Energy in the Residential Sector, Sustainable Energy Ireland, 2008. Information adapted from Central Statistics Office 2006)

Embodied energy and whole-life costing

It has been said that the greenest building is the one that is already built. It is important to recognise that the reuse or continued use of older buildings is a key component of sustainable development and energy-conservation practice. Common sense would suggest making use of existing buildings before building anew as demolition waste accounts for a large percentage of landfill, which is an environmental burden, while the production and/or importation of new building materials accounts for a significant amount of energy use. In addition, the linked concepts of embodied energy and whole-life costing should be taken into account in reaching a decision as to what is most energy efficient.

'Embodied energy' is the term used to describe the energy that was required to extract, process, manufacture, transport and install building materials and is now deemed to be embodied in the finished building. Materials which have been subjected to little processing or were processed using relatively small amounts of energy, for example lime mortars (as opposed to cement mortars), local timber and native thatch, are therefore low in embodied energy. Materials such as steel, concrete and modern bricks, which require a great deal of energy to manufacture, are higher in embodied energy. Similarly, building materials transported long distances have higher embodied energy, as their transport generally requires the use of non-renewable fuels. Entirely replacing an existing building with a new one involves a significant outlay of embodied energy both in the act of demolition (which includes the waste of existing materials, some of which are capable of repeated reuse) and in the use of new materials which have consumed energy in their production and transportation.

'Whole-life costing' involves considering not just the initial capital cost that goes into constructing a building (including all ancillary design and other costs), but also the cost of renovation, maintenance and day-to-day operation over the period of its useful life. Certain materials have a relatively short lifespan, yet considerable energy has been used in their manufacture, while components made of artificial material are often difficult to repair. For example, the techniques of repair are well understood for timber windows and the necessary skills are readily available

whereas uPVC is not easily repaired, potentially leading to a shorter life for the window unit. Natural slate requires energy in its extraction and there are impacts on the environment caused by quarrying. However, these are offset by the fact that, because it is a natural product that is not manufactured, natural slate is low in embodied energy compared with artificial roofing products. In addition, the lifespan of a natural slate is two to three times that of fibre-cement, concrete or clay tile, and natural slate has the potential for reuse. This means that over its lifespan, a natural slate roof may have a lesser environmental impact.

The link between embodied energy and whole-life costs is important and worth considering. Analysis of lifecycle costs is complicated, as the cost of production of materials and the energy used to manufacture them varies continuously. Identification of the energy embodied in building materials and/or consumed in operating a building from year to year by heating and lighting is a simpler matter and so it is possible to measure and quantify the impact of construction actions.

The embodied energy in buildings that are poorly managed and insulated can be the equivalent of many years of the energy required to heat and light the same building. As energy efficiency standards improve, less energy is required to heat and light a building and so the embodied energy of materials used in new construction becomes more significant as it represents a greater proportion of the overall energy consumed or incorporated by a building. This is an important phenomenon, having been identified only recently, and is something that will change the nature of debate and decision-making concerning the reuse of buildings and energy performance in the years to come.

A study commissioned by Dublin City Council entitled *Built to Last: The Sustainable Reuse of Buildings* (2004) looked at the lifecycle cost of five buildings and compared the monetary and environmental cost of refurbishment versus demolition and reconstruction. The study found that the construction of new buildings on brown-field sites was almost always more expensive than retaining and reusing the existing buildings. The only exception was where the extent of building repair and refurbishment required was very high. The refurbished existing building was also found to perform better in environmental terms, minimising the depletion of non-renewable resources being therefore more sustainable.

The subject of embodied energy is significant and needs further research. Many factors come into play in this topic; for example, the performance of traditional buildings that, for whatever reason, cannot be insulated; the remaining lifespan of a building; its architectural heritage significance; the scale of repair works to be undertaken, and so on. Carbon-emission evaluations are more measurable than monetary costs, energy-related returns on investment over a sixty- or a hundred-year period being very hard to predict.

However, there is one clear rule of thumb: the greatest cost-benefits generally arise from the simplest energy-related improvements.

For traditional buildings, it is clear that non-intrusive upgrading measures such as draught proofing, attic or loft insulation and boiler replacement can ensure that a traditional building has the potential to out-perform a newly built building over a lifetime of one hundred years.

Upgrading Option	Estimated Payback Period	Cost Bracket
Insulation: Hot water tank	6 months	Low
Insulation: Lagging to hot water pipework	1 year	Low
Draught proofing windows and doors	1 year	Low
Insulation: Loft	2 years on average but dependent on materials used	Medium
Upgrading to high-efficiency boiler with correct controls	Less than 8 years	Medium (changing from a 70% to a 90% efficiency boiler would result in typical savings of approximately €300 per year)
Insulation: Suspended timber floors	2 years	Medium
Adding front porch	30 years	High
Installing double glazed windows	40 years	High

Cost and Payback Periods

The energy efficiency improvements indicated above include simple actions such as installing a hot water cylinder jacket and draught proofing windows. The price and effectiveness of various upgrading measures will vary for any given building. Available options are discussed in more detail in Chapter 3. This chart gives a rough indication of typical cost and payback periods for different interventions. These are a guide only and will vary with individual properties, and will reflect, to a certain extent, the quality of materials and workmanship employed (Source: SEAI)

Conservation principles

In a sense, we look after our historic buildings not only for ourselves but for those who come after us. Many of these buildings have been around for generations before us and it is our responsibility to hand them on in good condition to allow future generations to enjoy them too. So that the works you undertake do not damage the special qualities of a historic building, it is important to understand some of the basic principles of good building conservation. Many of these are common-sense and all are based on an understanding of how old buildings work and how, with sensitive treatment, they can remain special.

Before you start, learn as much as you can about your particular building. What is its history? How has it changed over time? Remember that later alterations may be important too and evidence that the building has been cared for and adapted over the years with each generation adding its own layer to a unique history.

CARRYING OUT MAINTENANCE OR REPAIR WORKS

- > Do use the experts - get independent advice from the right people
- > Do establish and understand the reasons for failure before undertaking repairs
- > Do repair the parts of the building that need it - do not replace them unless they can no longer do the job they were designed to do
- > Do make sure the right materials and repair techniques are used and that even the smallest changes you make to the building are done well
- > Do use techniques that can be easily reversed or undone. This allows for any unforeseen problems to be corrected in future without damage to the special qualities of the building
- > Do record all repair works for the benefit of future owners

- > Don't overdo it – only do as much work to the building as is necessary, and as little as possible
- > Don't look at problems in isolation – consider them in the context of the building as a whole
- > Don't use architectural salvage from elsewhere unless you are certain that the taking of the materials hasn't caused the destruction of other old buildings or been the result of theft

2. Understanding the Building

Fundamental to best practice in building conservation and in sustainability is a good understanding of the behaviour and nature of traditional buildings, the design choices made in their construction and the way traditional buildings relate to their environment.

The effects of climate

SETTING RELATIVE TO LANDSCAPE

Many early builders were aware of the advantages of practices such as building in sheltered locations and of planting trees to form shelter belts. It is therefore important to acknowledge the impacts of exposure to both wind and sun, and of latitude and altitude on an existing building, and to assess how the immediate setting of the building might be changed to improve the microclimate in which a building exists.

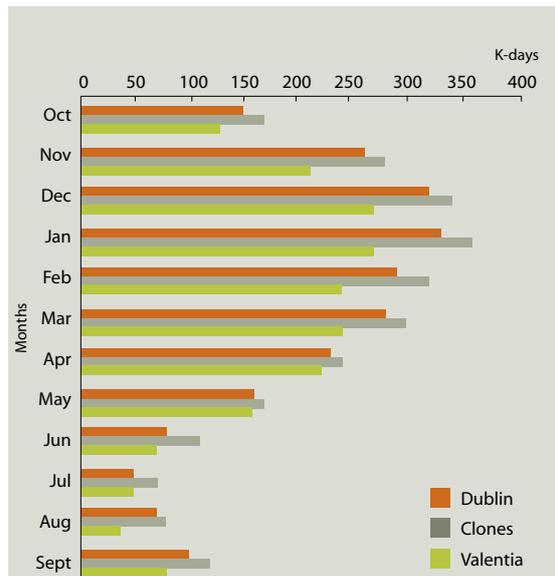


A house in the countryside sheltered both by the local topography and by trees

TEMPERATURE RELATIVE TO LOCATION WITHIN IRELAND

Ireland has a temperate climate with modest extremes of minimum and maximum temperatures, whether considered for individual days, seasons or over an entire year. The average temperature when taken over the course of a full year is 10°C. Temperatures tend to be higher in the south-western areas of the country and lower in the midlands and north-east. According to *Green Design: Sustainable Building for Ireland*, for every 100m rise above sea level, temperatures drop by approximately 0.6°C. The difference between the ambient average external air temperature and a desired internal, or 'room', temperature of 21°C varies

throughout the country and therefore, the heating load for different locations varies. The heating load is the amount a building needs to be heated to reach the desired internal temperature of 21°C for living rooms and 18°C for other spaces. When thought of in terms of an annual amount, this heating load is expressed as 'degree days.' Degree days are a measure of climatic severity; by virtue of geographic location alone, there can be a difference of more than 30% in the heating load on identical buildings in different locations within Ireland. In effect, a well-insulated building in one part of the country has a requirement for heating more than a quarter greater than that of an identical building in another part of the country. The need for 21°C as a desirable internal temperature could be challenged; certainly lower air temperatures are acceptable where ambient surface temperatures are relatively high, when people are warmly dressed, and so on.



Monthly values for heating degree days

Degree days (or Accumulated Temperature Difference) are calculated by multiplying the number of degrees below a base temperature (in Ireland 15.5°C) on any given day by the number of days in a single year that the difference occurs. The base temperature of 15.5°C assumes an internal design temperature of 18.5°C for an unheated space with a temperature difference between exterior and interior of 3°C (Source: Green Design, Sustainable Building for Ireland)

WIND: SHELTERED OR EXPOSED

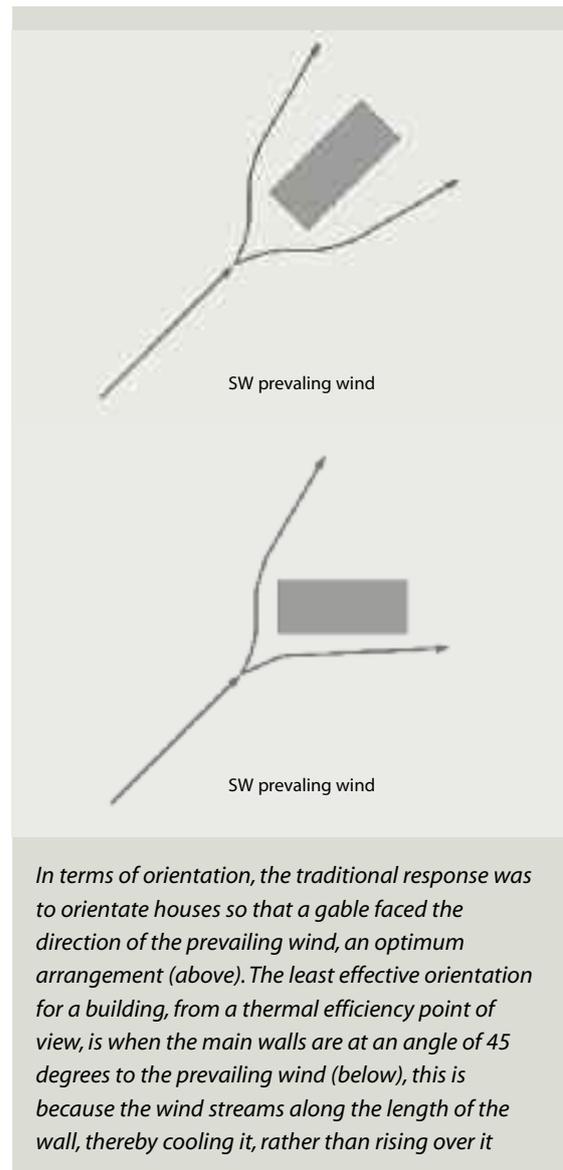
Ireland is an exposed island on the edge of a large ocean with high maximum and average wind speeds when compared to most other European countries. Wind conditions vary from place to place with pronounced differences on the coast and on high ground. Winds are strongly influenced by local topography: for example, rough terrain reduces wind speed. Similarly trees, vegetation, hills, valleys and water affect wind speed and, in consequence, the amount of heat lost from any adjacent buildings.

When wind blows across the external envelope of a building the rate of heat transfer to or from the building's surfaces increases. Wind can also affect heat gains or losses by infiltration (draughts) due to increased pressure or through defects in the building fabric. The importance of achieving shelter from cold and damp wind has traditionally been understood; the traditional selection of a location for a dwelling was often in the lee of a hill and, equally importantly, not in a hollow prone to frost. Where natural features did not provide sufficient protection, shelter belts of trees were often provided.



Houses on Great Blasket Island in lee of the hill with their gables turned towards the direction of the prevailing wind

Creating shelter on a site can reduce heat loss by up to 15% and reduce the wind chill factor for people outdoors. Notwithstanding any shading they may confer, a permeable barrier such as a stand of trees is efficient at reducing wind speed. According to *The Climatic Dwelling - an introduction to climate-responsive residential architecture*, protection by a stand of trees (with 40-50% permeability) can provide protection for up to seven or eight times the height of the trees. Shelter belts with under-planting, positioned perpendicular to the direction of the prevailing wind, can offer protection for up to 25 times the height of the trees provided that the shelter belt is at least 15 times as long as it is high. Interestingly, protection from a shelter belt also extends upwind for some distance, as the wind lifts up in advance of passing



In terms of orientation, the traditional response was to orientate houses so that a gable faced the direction of the prevailing wind, an optimum arrangement (above). The least effective orientation for a building, from a thermal efficiency point of view, is when the main walls are at an angle of 45 degrees to the prevailing wind (below), this is because the wind streams along the length of the wall, thereby cooling it, rather than rising over it

over the obstacle ahead of it. In comparison, a solid wall is only effective for a distance of four to five times its height (from *Green Design, Sustainable Building for Ireland*). Solid obstructions to the wind can also create uncomfortable and disturbing turbulence whereas permeable barriers allow some air to move through the barrier and so create a smoother airflow pattern. Where they exist, outbuildings can provide shelter to the main house in addition to providing shelter to the outdoor working or recreation areas. While it is true that wind direction constantly changes so that no single orientation provides a complete solution, when the direction of the prevailing wind is taken into account it allows an optimum orientation to be identified.

All the above are approaches to modifying the microclimate around a building, to the benefit of the building users, both within and around the building.



Traditional farm complexes were arranged so that the buildings provided shelter, not only to each other, but also to the outdoor working areas

HUMIDITY

There is little empirical information available concerning the impact of humidity or dampness on overall heat loss, but it is widely understood that energy is expended in reducing high levels of humidity and that heat loss is greater when heat passes through damp materials: damp socks are colder than dry ones! When humidity is high, comfort levels can normally be achieved during winter months by raising the air temperature and during the summer months by increasing ventilation. Humidity can be reduced mechanically but dehumidifiers are energy-hungry and should be used sparingly. The beneficial role that traditional finishes such as lime plaster and timber play in moderating humidity is now being appreciated.

Activities within a building, such as cooking, showering, and clothes and dish-washing, generate moisture and can raise humidity levels. Even the act of breathing releases moisture into the air. It is possible to limit the effects of excessive water-vapour within a building. Control may relate to simple actions; solutions such as using well-fitting lids for saucepans not only save energy in cooking, but also prevent vapour escaping, which would otherwise condense on cold surfaces. Ventilating close to the source of moisture, such as in the shower or over the hob or sink, is the best solution. However, the impact on a protected structure or a building within an architectural conservation area of new external wall vents requires careful consideration so as to avoid any adverse impacts; such works may require planning permission.

SOLAR RADIATION/SUNLIGHT

The course of the sun is predictable for any given day of the year. This allows for a full understanding of the impact of the sun on a building or site. In Ireland, about 40% of the sun's radiation is direct and 60% diffuse, that is, scattered by cloud cover. Harnessing of the sun's energy offers huge potential and can be used effectively for passive and active heating and daylighting.



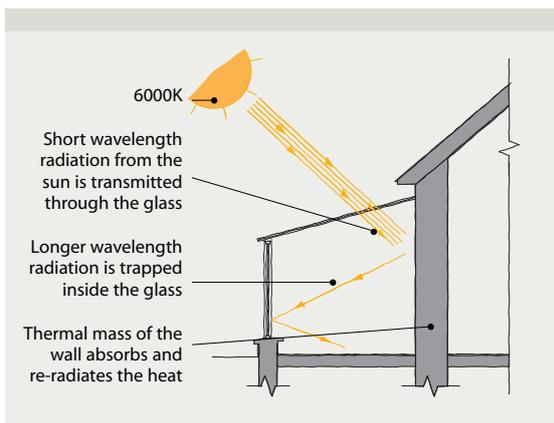
Sunshine graph: the amount of available sunlight varies throughout the country (Source: Green Design: Sustainable Building for Ireland)

HEATING SEASON

The heating season is the period during which the external temperature drops significantly below comfortable internal temperatures, requiring some form of space heating within buildings. In Ireland, the heating season extends for a period of about 220 to 260 days, from mid autumn through the winter and into late spring.

During the heating season, heat within a building can come from a variety of sources. While heating appliances such as stoves, central heating and open fires are the main sources, a certain amount of heat is also gained from electrical appliances, televisions, computers, washing machines, lighting and indeed from the occupants of the building.

Solar gain, the heat absorbed by a building from the sunshine which falls on it, can have a positive impact on space heating requirements if properly used. During the heating season while heat is gained from the sun it is simultaneously being lost through heat transfer from the interior through the building fabric and through air infiltration. However, solar gain can be high for the spring and autumn months which fall within the heating season, when the sun is low in the sky and thus able to penetrate further into the interior of the building through windows. At these times of the year, solar gain can make a significant difference by raising internal temperatures and by providing a sense of comfort through radiant heat.



Solar gain: the 'greenhouse' effect. Traditionally, conservatories and greenhouses were built to maximise the advantages of the heat from the sun; sunlight entering through the glass warmed the air inside allowing for the cultivation of exotic flowers and fruits. The conservatory also provided a room for entertaining which was a place of transition between the house and garden

COOLING SEASON

Traditionally, the mechanical cooling of buildings has not been a requirement in Ireland's temperate climate. However, cooling sometimes becomes necessary in office environments, even in traditional buildings, where the amount of heat generated by electronic equipment can be substantial, and is usually emitted during the day when external temperatures are at their highest. The thermal mass of the traditional building tends to modify the cooling requirement, allowing the use of natural ventilation to achieve comfort levels. In this regard the traditional vertically sliding sash window offers a highly adjustable solution to ventilation, its top and bottom opening providing an optimum arrangement.

Planning for warmth

PASSIVE DESIGN

In general, passive design means ensuring that the fabric of the building and the spaces within it respond effectively to local climate and site conditions so as to maintain comfort for the occupants with the minimal use of energy. In new buildings this can be taken to its ultimate state where buildings are so well insulated and sealed against uncontrolled air infiltration that no heating appliances are required. For a number of reasons, this is neither achievable, nor indeed desirable, for traditionally built buildings which need good ventilation in order to maintain the building fabric. Nonetheless, it is obvious that past generations of builders had an inherent understanding of the thermal behaviour of a building in its setting; traditional buildings often portray many of the principles of modern passive design in their location, orientation and overall design.



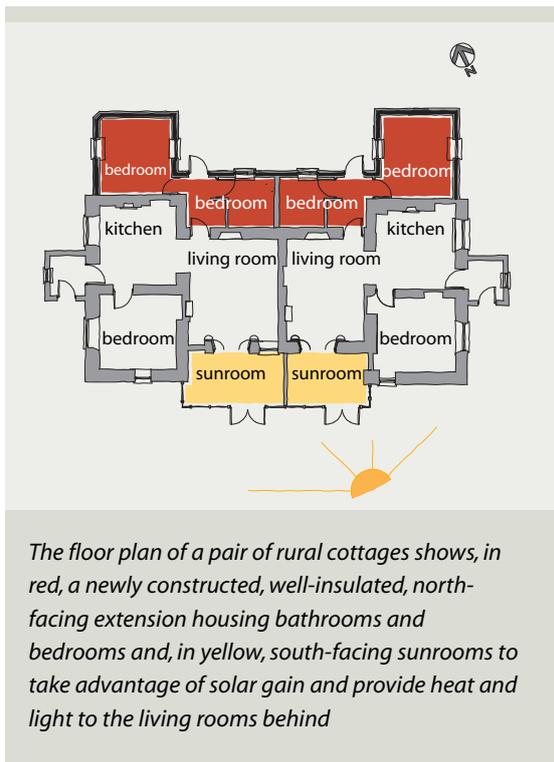
Trinity College Library, Dublin. There were never fireplaces in the library, to avoid the risk of fire breaking out. Sunlight streams in through large single-glazed south-facing windows, maximising solar gain. Appropriate steps should be taken to protect light-sensitive historic furnishings and contents from damage caused by both ultra-violet light and visible sunlight

BUILDING ORIENTATION AND SHAPE

During daylight hours, buildings gain heat from the sun through windows. The amount of heat gained depends on the orientation, time of year, amount of direct sunlight or cloud cover, the type of glass in the windows and the nature of the materials within the building. While, generally speaking, south-facing windows provide most benefit from the sun, east and west-facing windows also facilitate large, useful solar gain. When the sun is low in the sky, during the cooler seasons and early and late in the day, sunlight penetrates deeper into the interior of a building, providing a valuable source of heating energy. When sunlight falls on a solid internal surface, one with high thermal mass such as a wall or floor, it heats it. This heat later radiates back out of the wall or floor, providing a free source of extra warmth within the building. Large windows in many traditional buildings encourage the use of daylight, reducing the need for artificial lighting. Arising from this, it is clear that the overall shape and design of a building determine the extent to which its occupants benefit from solar gain.

In order to use solar gain to its full advantage, room uses and activities should correspond to periods of sunshine; generally bedrooms and kitchens should face east to benefit from the morning sun and living rooms and dining rooms west, for evening use. In larger houses, where the possibility of choice exists, cooler north-facing rooms could be used primarily during the summer. Appropriate use of space is also important. Peripheral spaces can be left unheated (or with minimal heating) and unused during the colder months of the year; unheated conservatories and sunrooms fall into this category. Where there is an existing conservatory it should be left unheated and preferably thermally separated from the main house with a door.

In general, the greater the area of exposed surface a building has, the greater the amount of heat loss that occurs. Physically attaching buildings one to the other is therefore immediately advantageous, as the area of wall exposed to the elements is significantly reduced, notionally by about a half in a terraced building, and by about a quarter in a semi-detached one.



Building use

In addition to all of the above, the way people perceive the comfort of a building is dependent on the building's use, the activities of its users and the nature of its interior furnishings.

PATTERNS OF USE

The extent to which a building is used, and the pattern of that usage, changes its energy requirements. Take, for example, two identical houses: one with a young family who occupies the house during the day and the other with a single person who is out at work all day. The required space heating varies greatly between the two buildings. Similarly, buildings used for domestic and commercial purposes produce very different amounts of heat. Therefore, the heating solutions for buildings should reflect an understanding of the patterns of use of the building. In addition, the number of appliances being run in a building has an impact on the space heating requirements. In a commercial building, the heat generated by computers and artificial lighting reduces the amount of heat to be provided by a heating system, sometimes resulting in a requirement for cooling. A domestic home with a large family running a number of heat-generating appliances, such as personal computers, televisions, computer games and washing machines, requires less space heating than a house with a single occupant, running fewer appliances.

PERCEPTION OF THERMAL COMFORT

Within the internal environment of a building there can be many reasons for a person's body temperature to change. These reasons can be broken down into two main factors: environmental and personal. Environmental factors include air temperature, the



Leather linings and tapestries line the walls of this room and improve the thermal comfort of the occupants



Box pews were the traditional way of keeping church-goers warm in an unheated, or poorly heated, church. The timber floor to each pew provided a warm surface underfoot, while the 'box' protected its occupants from draughts

temperature radiated by the surrounding building fabric, air movement and humidity. Personal factors include clothing, activity level, body weight and age: new-born infants and elderly people generally require greater warmth.

Preventing loss of heat and excessive air movement helps maintain a comfortable internal air temperature. The temperature of the interior surfaces within a room is as important as the temperature of the air within a room. Colder surfaces such as stone walls, stone or tile floors and glass which are slow to heat up can give the perception of a cold environment, leading to a feeling of discomfort. Traditionally, these problems were overcome with curtains, tapestries, wallpaper and timber panelling. Similar solutions are still applicable today, perhaps even on a seasonal basis. The use of folding screens within a large room, or even the use of more permanent linings can be considered where appropriate. The installation of permanent linings in a protected structure may require planning permission.

Heat loss from buildings

Heat is lost from the interior of a building in two main ways: by transfer through the materials that make up the external envelope of the building (measured as a U-value) or by the exchange of air between the interior and the exterior environment that is, ventilation.

It is estimated that typical heat losses from a building are as follows:

- > Walls 35%
- > Roofs 25%
- > Floors 15%
- > Draughts 15%
- > Windows 10%

Heat transfer through building materials

U-VALUE

The rate at which heat is transferred through the external envelope of a building is expressed as a U-value. Heat always flows from a warm area to a cold area and each material component of the external envelope of a building transfers heat at different rates. The slower a material transfers heat, the better it is as an insulator. Low U-values are given to those materials that transfer heat slowly and are therefore good insulators; thus lower U-values are better. For any given construction, independent of U-value, heat loss is also directly related to the temperature difference between the exterior and interior, and, to a lesser degree, the colour and texture of the external walls.

Moisture reduces any material's ability to insulate, as the conductivity of material increases when damp and with it the U-value; even moderate changes in dampness can significantly increase an element's U-value, reducing its insulating properties. Common causes of moisture ingress include damp penetration in walls due to defective or removed render, leaking gutters and poorly fitting windows frames. It is therefore important to ensure that buildings are well maintained and weather-proofed to achieve low U-values.

Calculating U-values

This process requires some technical know-how. An owner rarely needs to be able to calculate U-values for a building but it may be useful to understand the process and how it might be applicable to works that are undertaken to improve energy efficiency.

The first step is to establish the thermal conductivity k (W/mK) of each material in the construction: this is done by reference to published tables. Next calculate the thermal resistance R (m²K/W) for each material as follows:

$$R = \frac{t}{k} \text{ (m}^2\text{K/W)} \quad \text{where } t \text{ is the thickness of each material.}$$

The U-value of a building element made of multiple layers is given by:

$$U = \frac{1}{(R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n)} \text{ (W/m}^2\text{K)}$$

As U-values are calculated based on a notional fixed temperature difference between inside and outside, they remain constant for a given type and thickness of material; the U-value does not normally take into account orientation or exposure, although a refined evaluation of overall heat losses for windows gives radically different values depending on whether a window is north or south facing.

While overall heat loss calculations can be adjusted for emissivity (the extent to which a body reflects or radiates heat) of the internal and external surfaces, it is more difficult to adjust calculations for material defects or climate variations (such as a chilling wind), both of which increase the rate at which heat is lost through a building's shell.

Tables giving U-values for common construction types are available from the Sustainable Energy Authority of Ireland (SEAI). Simple software for calculating U-values is also available. Manufacturers of insulating products normally indicate the U-value on the product literature. However, this data must be verifiable if it is to be used in calculations. The appropriate European Standard or keymark (for example BSI) should also appear on the literature to enable traceability.

U-values for works governed by the Building Regulations in existing buildings can be found in Technical Guidance Document L of the Regulations.

Thermal bridging

Thermal bridging, also known as 'cold bridging', occurs at locations where part of an external wall, floor or roof, draws heat directly to the outside at a faster rate than surrounding materials. In the interior, these thermal bridges are cooler than the surrounding building material and therefore attract condensation, often leading to mould growth. Any proposed insulation works should ensure that all parts of a room are insulated consistently to avoid thermal bridging. It should be noted that higher insulation levels can exacerbate issues related to thermal bridging as the temperature difference between the insulated areas and any remaining thermal bridges will be greater, allowing a concentration of condensing moisture to occur on the thermal bridge.



This plastered ceiling has no insulation above it. Discolouration can be seen on the plasterwork between the timber joists located above, as the timber is slower to transfer heat to the cold roof space than the plaster alone. Dust particles in the warm air passing through the plaster remain trapped on the surface causing the discolouration

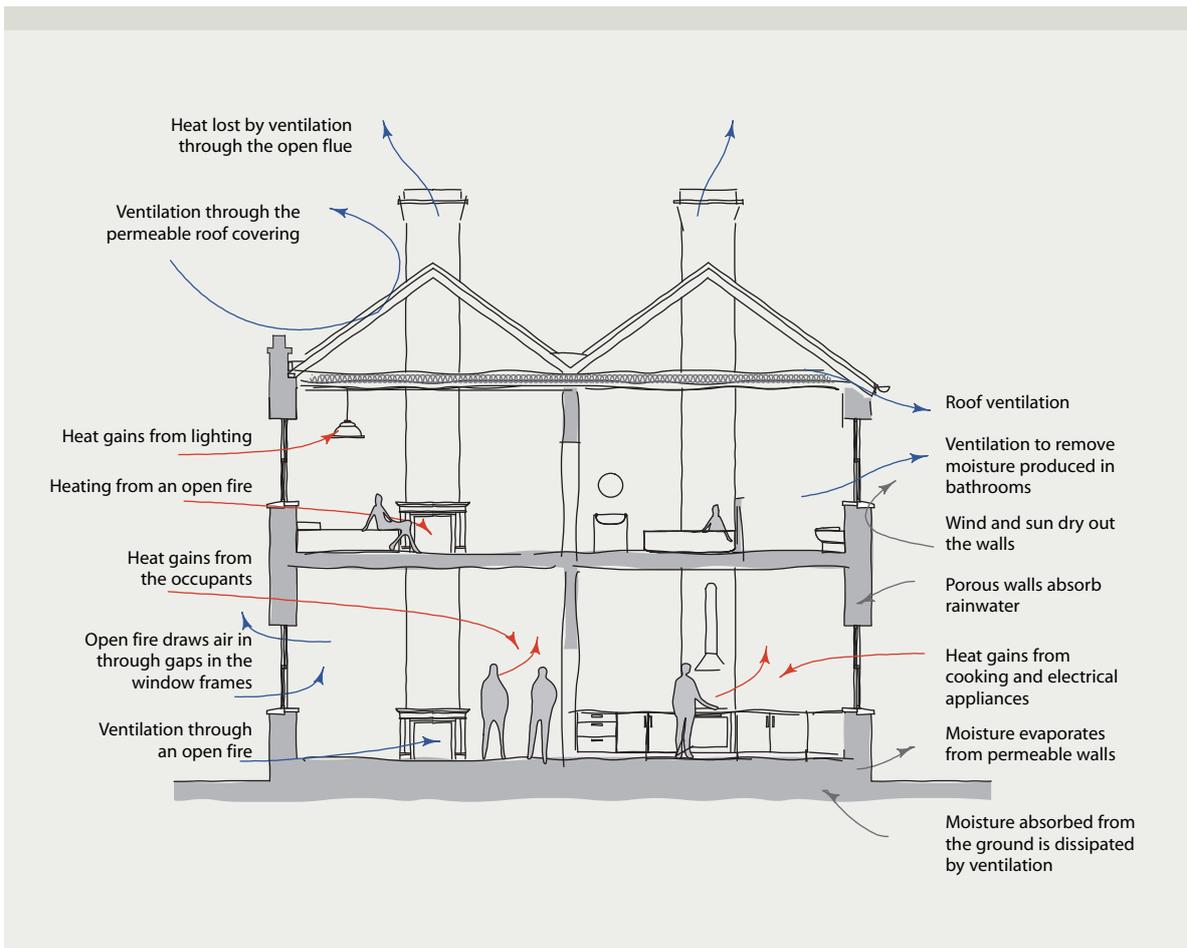
Ventilation and indoor air quality

All buildings require ventilation but traditional buildings require somewhat higher rates of ventilation than modern construction. Ventilation allows the moist air produced by the occupants themselves - through expiration, by cooking, by bathing and showering and domestic washing - to escape before it causes harm to the building fabric and furnishings. Ventilation also plays an important role with regard to the health of the occupants, ridding buildings of indoor air pollution associated with health problems

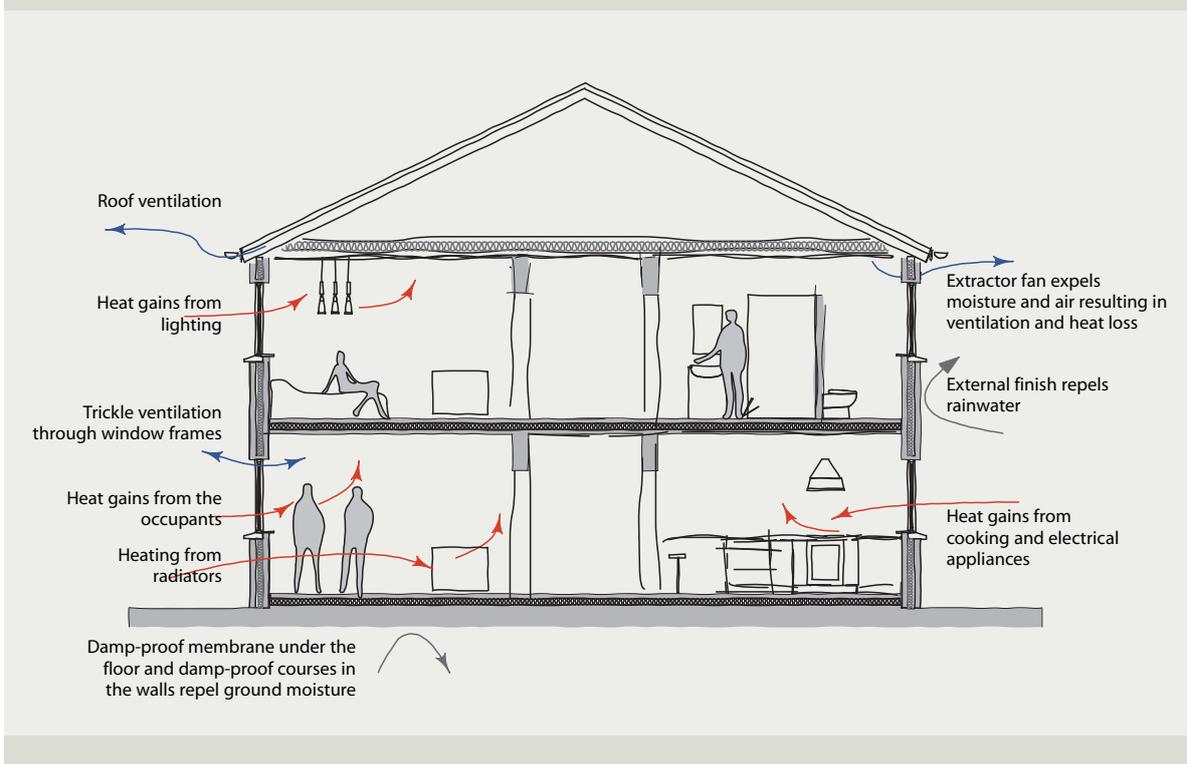
including allergies, asthma, infectious diseases and 'sick building syndrome.' Many indoor air pollutants are thought to be the result of increased use of solvents, cleaning agents, office appliances and the like. Ideally, there should be a regular purge ventilation of the air within buildings, opening windows fully for about ten minutes a day where possible. Rooms with open fires and open-flue appliances must have a sufficient air supply to avoid a dangerous build-up of carbon monoxide. Where draught-proofing programmes are proposed this must be taken into consideration. Installing new vents may have implications for the external appearance of the building. It requires careful consideration to avoid adverse impacts, and may require planning permission.

In modern buildings, ventilation is generally controlled to some extent; extraction fans in kitchens and bathrooms remove moisture at the source of its production while 'trickle ventilation' through window and wall vents allows a steady but controllable ventilation flow. In traditional buildings, ventilation comes from a variety of sources, with air being admitted down open chimney flues, through roofs and at the edges of doors and windows.

While all buildings require some level of ventilation, traditional buildings require ventilation for one further and very important reason. Solid walls were generally constructed using soft porous and breathable materials that absorb and release moisture on a cyclical basis, becoming damp during wet weather and drying out when conditions are finer. Traditionally, moisture which migrated through the full depth of a wall was dissipated by the high levels of ventilation created by the use of open fires which drew air into the building and out through the chimneys. Where this ventilation flow is significantly reduced by the sealing up of flues and windows, or by the use of dense cement or plastic-based impermeable coatings to walls, damp conditions can develop, with the potential for mould and fungal growth to flourish. In addition to being unsightly, high levels of mould growth can cause or aggravate respiratory illnesses particularly in the young and elderly. If the lack of ventilation is allowed to continue unchecked, it will increase the risk of dangerous levels of moisture building up in structural timbers, making them vulnerable to fungal and/or insect attack and will lead to deterioration of internal finishes, necessitating redecoration. It is therefore important that any alterations to a traditional building provide for the continuing ventilation of the building fabric to the necessary levels.



A comparison of the ventilation and heating requirements for a traditional building (above) and a modern building (below)



Thermal mass

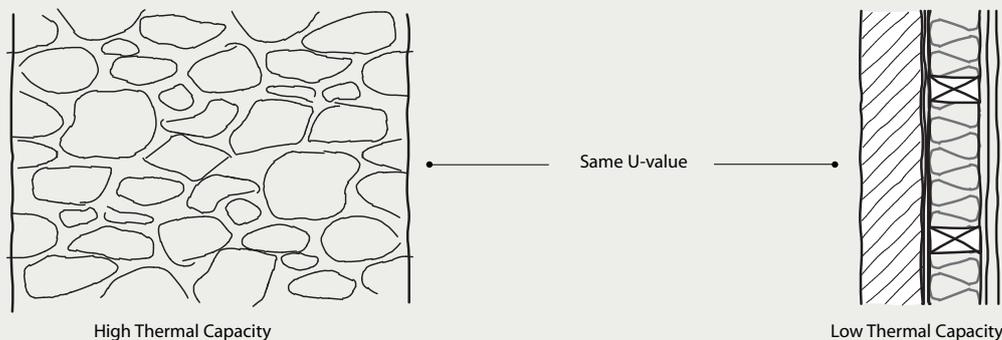
Different materials absorb and radiate heat at different rates. Thermal mass is the ability of high-density materials such as brick and stone to absorb heat, retain it and then release it again slowly over time, helping to moderate the temperature fluctuations within a room. Thermal inertia is the term used to describe this process. A thermally lightweight structure responds very quickly to solar gain or central heating and is less effective in storing free energy for use later, and can result in larger temperature swings within a room.

Depending on the orientation and size of the windows in a building, the use of passive solar gain is improved in buildings that have a high thermal mass, arising from their overall construction; for example masonry internal and external walls and solid floors allow a building to absorb, retain and later release the heat absorbed from the sun. The possibility of effectively exploiting solar gain in a building of high thermal

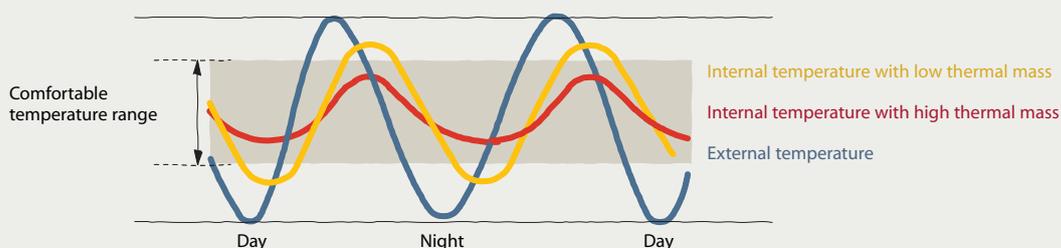
mass is optimised if a building is occupied during daylight hours, when the occupants can take full advantage of the free stored heat.

It should be noted that a heavy masonry wall and a well-insulated lightweight structure with the same U-value (rate of heat loss) have very different responses to internal space heating. It may well be suitable that a building should respond quickly to heat or cold, but in general it is accepted that for traditional buildings high thermal mass and a relatively slow response time are advantageous.

While traditional buildings tend to have high thermal mass, their occupants frequently fail to exploit this potential as the buildings may be uninsulated and draughty. However, when one addresses these shortcomings, traditional buildings can have desirable qualities and can efficiently provide comfort and warmth for their occupants.



Two different wall constructions (above) with similar U-values may have very different thermal masses



A graph (above) showing the temperature changes within buildings with high thermal mass (red line) and with low thermal mass (yellow line). As can be seen by the red line, less extreme changes of temperature are experienced inside the building with the higher thermal mass

A medieval tower house with thick stone walls and a high thermal mass (above) and an unusual lightweight timber building with low thermal mass (below)

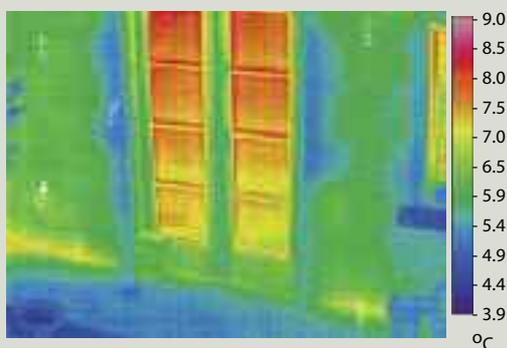


Assessment methods

There are a number of non-destructive techniques available to assess the energy efficiency of an existing building. These range from the use of simple hand-held devices such as moisture meters and borescopes to more complex and expensive methods such as thermal imaging. Expert knowledge and experience will be needed to decide which assessment method is appropriate in a particular case, to undertake the assessment and to interpret the results.

THERMOGRAPHY

Thermography, or thermal imaging, is photography using a camera that captures infra-red (IR) light rather than the visible light captured by a standard camera. IR light occurs beyond the red end of the visible light spectrum and is invisible to the naked eye. All objects that are warmer than absolute zero (-273°C) emit IR light. The warmer the object is, the more IR light it emits. IR cameras record the amount of IR light emitted by an object and translate it into a temperature which is indicated on a scale bar adjacent to the thermal image or thermogram. Even very small temperature differences, as low as 0.1°C, can be recorded by IR cameras. The image produced by an IR camera is multi-coloured with each colour representing a different temperature. Different colour scales can be used depending on the objects photographed. Thermography has many varied applications in different disciplines and can be a useful tool when assessing the condition of a building. It has particular advantages for investigating historic buildings as it is a non-invasive, non-destructive method.



A thermographic image of a double-glazed door at semi-basement level in a nineteenth-century terraced house; note how the yellow patches at the base of the wall, which are damper, indicate that these areas are emitting heat at a higher rate than the rest of the wall

Thermal imaging can be used to identify potential problems with a building's fabric. When looking at traditional buildings, thermal imaging might be used to identify areas of dampness and to locate thinner depths of wall, cracking and voids. Expertise is required both in deciding how and when to take IR images and later in interpreting the information. For example, objects which have high or low emissivity such as metal do not give an accurate temperature reading. Weather conditions, orientation and the time of day when the image was taken all have the potential to affect the reading. The information gathered from thermal images can be properly assessed only in conjunction with data gathered as part of a comprehensive condition survey.

AIR-PRESSURE TESTING

Air-pressure testing, or fan-pressurisation testing, assesses the air-tightness of a building and the rate of air leakage occurring through the fabric. Modern building methods seek to 'build tight and ventilate right.' However, as discussed elsewhere in this booklet, this maxim is not appropriate for traditional buildings which require relatively high levels of natural ventilation to keep the building fabric in good condition. Nonetheless, testing a building's air-tightness may highlight areas or points of particularly high air leakage which could be remedied without compromising the health of the building fabric. Care should be taken when undertaking air-pressure tests on older buildings which contain fragile building elements, including delicate glazing bars and thin, hand-made panes of glass which would be damaged if subjected to excessive pressure.

ENDOSCOPY OR REMOTE VISUAL INSPECTION

Inspections of concealed parts of a building's construction can be carried out using a borescope or fibrescope, generally with minimal disruption to the building. This type of inspection can be used to investigate walls, roofs and floors for hidden defects by inserting a borescope or fibrescope into a small inspection hole. In the interior of a protected structure, the drilling of an inspection hole should be carried out with care and a location chosen that avoids any adverse impacts. In some cases, drilling through the building fabric may be unacceptable.

Such an inspection can be used as a follow-up to a thermographic survey to investigate the exact cause of heat loss through a particular part of the building fabric. The results of the inspection can be photographed or videoed on a camera attached to the system.

MOISTURE MEASUREMENT

Electrical moisture meters can be useful in detecting the presence of moisture in building fabric. Simple electrical resistance meters are relatively cheap, easy to use and widely available. However, the results can be inaccurate and misleading. False, elevated readings can be obtained, for example, where there are concentrations of salts on the surface of a wall, foil behind plasterboard, condensation and the like. Moisture meters are most useful and reliable when used on timber.

While the results need to be treated with caution, some useful information can be obtained from the use of a moisture meter. A number of readings taken across a surface can give a pattern of moisture levels. Localised high readings in the middle of a wall may indicate a building defect that has allowed rainwater penetration.

IN-SITU U-VALUE MEASUREMENT

Other assessment methods are available which include the measurement of U-values (the rate of heat transfer through a material) on site using a combination of thermography and a heat flux meter. There are international standards for making these site measurements. This is an expensive and complex assessment method that requires considerable expertise both to undertake and to analyse the resulting data.

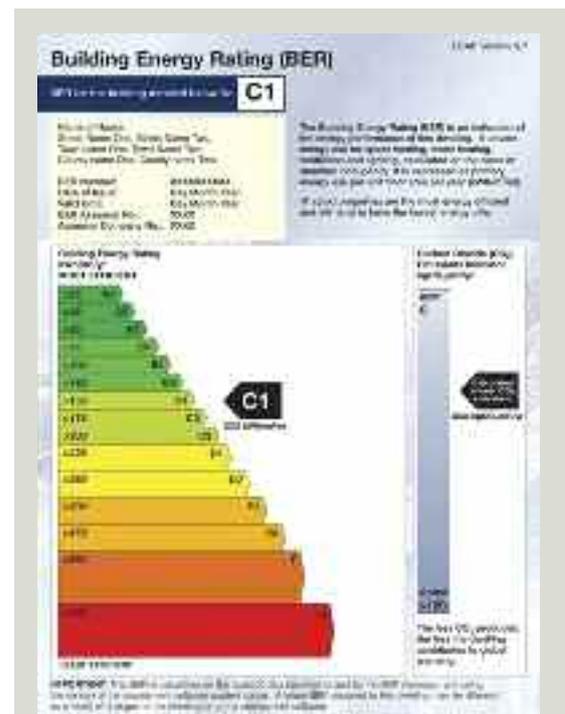
RADAR

Examination of a building with radar uses low-power radio pulses to determine the make-up and condition of a structure. It can be used successfully on most construction materials to locate and measure voids, cracks, areas of corrosion and discontinuities in walls or floors and to detect the presence of old chimney flues. As with in-situ U-value measuring, the use of radar is a relatively expensive and complex assessment method that requires expertise to undertake and to analyse the resulting data.

ULTRASOUND

Ultrasonic scanning involves the use of high-frequency sound waves to provide a cross-section through a material. It can be used across very fragile surfaces without causing damage which makes it particularly suited to use on sensitive historic buildings. This non-destructive technique can be used in the investigation of timbers to determine if there is any decay present and, if so, its extent. It can also be used to assess the structural integrity of timber joints and the presence of zones of weakness within stone blocks. A high level of skill and experience is needed to carry out the assessment and interpret the results.

Building Energy Rating (BER) and traditional buildings



Sample Building Energy Rating Certificate for dwellings. The most energy efficient rating is 'A1' (green) down to the least efficient is 'G' (red)

The European Directive on the Energy Performance of Buildings promotes energy efficiency in all buildings within the European Union. One of its requirements is that all new and existing buildings within the EU have an energy performance certificate. The implementation

of performance certificates in Ireland is managed by the Sustainable Energy Authority of Ireland (SEAI) and takes the form of Building Energy Ratings (BER) for all building types, calculated by the Domestic Energy Assessment Procedure (DEAP) for dwellings and by the Non-domestic Energy Assessment Procedure (NEAP) for other building types. Public buildings greater than 1000m² are also required to have Display Energy Certificates.

BER certificates are now required for all new buildings and, in the case of existing buildings, for premises undergoing transaction, whether lease or sale. While buildings protected under the National Monuments Acts, protected structures and proposed protected structures are exempt from the requirements to have a BER, all other traditionally built buildings are required to have a BER certificate when let or sold. There is no requirement that a building achieve a particular rating. The BER assesses the energy performance of the building, allowing potential buyers and tenants to take energy performance into consideration in their decision to purchase or rent a property.

Following assessment of the building by a trained assessor, a certificate is prepared and issued to the building owner. The energy rating displays both the energy requirement of the building in terms of 'primary energy' and the resultant carbon dioxide emissions. Normally a building owner thinks in terms of 'delivered energy.' Delivered energy corresponds to the energy consumption that would normally appear on the energy bills of the building. Primary energy includes delivered energy, plus an allowance for the energy 'overhead' incurred in extracting, processing and transporting a fuel or other energy carrier to the building.

The objective of BER is to provide an energy rating for buildings, expressed in a familiar form similar to that used for energy-rated domestic appliances such as fridges, based on a standard system of appraisal which allows all properties to be compared regardless of how they are used or occupied. In the assessment methodology, the size and shape of a building are taken into account and its floor area determines the number of occupants that are assumed. The rating is based on a standardised heating schedule of a typical household, assuming two hours heating in the morning and six in the evening. A building's BER does not take into account its location within the country (whether in the colder north or warmer south) but

does consider orientation relative to the sun. It is also important to bear in mind that it does not take into account an individual household's energy usage but assumes a standardised usage.

At present, the standard calculation for older buildings relies on default values for heat loss calculations. These defaults are conservative and at times may poorly represent an older building's ability to retain heat. For example, there is only one figure for all types of stone, whereas in reality different stone types lose heat at different rates. Embodied energy is currently not accounted for in the BER system; this is an issue that requires more research in order that the characteristics of historic buildings in energy terms may be fully appreciated and recognised.

On completion of a BER calculation for an existing building, the assessment software generates a list of recommendations for upgrading the building in the form of an advisory report. These recommendations have been generally designed for existing buildings of modern construction rather than traditionally built buildings. As the BER assessor is responsible for deciding which recommendations are appropriate for a particular property, it is important to ensure that the assessor understands how traditional buildings perform, as inappropriate recommendations could lead to damage of older building fabric. A building conservation expert should be consulted prior to undertaking any recommendations on foot of a BER certificate.

Getting the right advice

When it comes to carrying out works to a traditional building, regardless of its age or size, it is important to know when specialist advice is needed and where to find the right help. It is a false economy not to get the best advice before undertaking any works. Ill-considered upgrading works can damage a building in the long-term, devalue your property and may be difficult and expensive to undo.

You will need the right advice for the particular job. Sometimes you will require an architect, a surveyor or a structural engineer. You should ensure that any advisor is independent and objective, not someone trying to sell you something or with a vested interest in increasing the scale and expense of work. You need someone who understands old buildings, has experience in dealing with them and has trained to work with them. He or she should be knowledgeable and experienced in dealing with your type of building. Many building professionals and contractors are only involved with modern construction and may not know how to deal sympathetically with a traditional building. Do not choose a person or company based on cost alone. The cheapest quote you receive may be from the person who does not fully understand the complexity of the problem.

The interpretation and application of the more technical recommendations in this guide should be entrusted to suitably qualified and competent persons. When employing a professional advisor or a building contractor, check their qualifications and status with the relevant bodies and institutes first. Ask for references and for the locations and photographs of recent similar work undertaken. Do not be afraid to follow up the references and to visit other building projects. A good practitioner won't mind you doing this. If you see a good job successfully completed on a similar building to yours, find out who did the work, whether they would be suitable for the works you want to undertake and if the building owner was satisfied.

Be clear when briefing your advisor what you want him or her to do. A good advisor should be able to undertake an inspection of your property, recommend options for upgrading its energy efficiency, specify the work required, get a firm price from a suitable builder and oversee the work on site as it progresses. If your building is likely to need ongoing conservation and repair works over a number of years, your relationship with your advisor and builder will be important both to you and your building and continuity will be a great advantage. They will be able to become familiar with the property and to understand how it acts and will build up expertise based on your particular building.

The Royal Institute of the Architects of Ireland keeps a register of architects accredited in building conservation and will be able to provide you with a list. Similarly, the Society of Chartered Surveyors has a register of conservation surveyors. The Construction Industry Federation has a register of heritage contractors. The architectural conservation officer in your local authority may have information on suitable professionals, building contractors or suppliers in your area.

3. Upgrading the Building

Upgrading a building to improve its energy efficiency requires careful consideration if works are to be effective, economical and avoid damaging the historic character of the building.

Building management

The first step should be to consider how the building is used and managed. The greatest savings in energy consumption generally come from changing the way a building is used and the behaviour of its occupants. Some relatively simple measures can result in immediate benefits including:

- > Turning down thermostats by as little as 1°C (this can result in potential savings of 5-10% on a fuel bill)
- > Having shorter or more efficient running times for the heating system
- > Heating unused or seldom-used rooms only to a level sufficient to avoid mustiness and mould growth and keeping the doors to such rooms closed
- > Using energy-efficient light bulbs
- > Placing fridges and freezers in cooler rooms where they will consume less electricity
- > Closing shutters and curtains at night
- > Fitting smart meters to provide information on electricity usage and raise awareness of energy consumption
- > Ensuring that the correct use of heating controls is understood by the occupants on completion of any upgrading works and that instructions are passed over to the new owner when the building changes hands. A lack of understanding of the controls for a heating system can lead to significant inefficiencies in the use of fuel and energy
- > Using daylight for lighting rather than artificial lighting

SEAI and some energy providers provide details on further energy saving measures on their websites.

Building condition

The next step should be to consider whether or not the building is in a good state of repair: there is often little point in insulating or draught proofing if it is not. Generally dry buildings are warmer buildings: high moisture levels in the fabric of a building resulting from leaks or general dampness seriously reduce a building's thermal efficiency. A wet wall transfers heat from the interior of a building about 40% more quickly than a dry wall, resulting in much greater heat loss. It is therefore important to ensure that roofs, gutters and downpipes are well maintained. Similarly, soil banked up against a wall and the use of dense, impermeable cement renders can trap moisture in walls. Therefore, before embarking on upgrading works, the condition of the building should be inspected and any necessary maintenance and repair works completed. For further information, see *Maintenance: a guide to the care of older buildings* in this Advice Series.



The importance of maintaining rainwater goods in good working order cannot be over-emphasised. Not only will the water running down this wall cause rotting of the building fabric and damage to the interior in the short to medium term; the dampness in the wall will also cause it to transmit heat more quickly from the inside of the building making it colder and less thermally efficient

Preliminaries to upgrading

- > Assess which elements of the building require upgrading works and complete a list of proposed works. Based on this list, estimate the cost of upgrading and the potential energy savings that will result on completion of the works. Be clear as to the purpose of the works: is it to save money, to reduce the building's carbon footprint, or to improve comfort levels?
- > Consider the effect of any proposed works on the appearance of the exterior and interior of a building and ensure that no works will interfere with, or damage, important elements or decorative finishes or the historic character of the building as a whole
- > Bear in mind that the cheapest works with the greatest energy savings are draught proofing, attic insulation and upgrading the boiler and heating controls. These can often be carried out with a minimal impact on the appearance of a building or its historic fabric, although certain caveats apply
- > If works are to be undertaken on a phased basis consider targeting colder rooms first, such as north-facing rooms
- > Don't reduce ventilation too much; ventilation is needed for human comfort and to dispel moisture within a traditionally built building

Products and materials

Before any new materials are introduced into a historic building, they should be proven to work, ideally having been in use in Ireland for 25 years or more and be known to perform well and not to have any damaging effects on historic fabric. However, with the development of more environmentally friendly products in recent years, in response to a growing awareness of the negative aspects of many commonly used building materials, it is possible that there are superior products available which are both durable and environmentally sustainable and which have not been tested over a long period of time. Expert advice from a building professional specialising in historic building conservation will be required prior to specifying and using innovative products, as a full understanding of their characteristics, qualities, limitations and appropriate application is necessary. Untried and untested materials should not generally be used in a historic building. If their use is not possible to avoid, then it is important that they should be fully reversible, that is, that they can be removed at a later stage if problems arise without causing any damage to the historic fabric of the building.

It is important to ensure that any new materials introduced into the building comply with all relevant standards or have third party certification as to their suitability, such as NSAI Agrément Certificates. Performance issues relating to fire resistance, moisture ingress and infestation should be properly considered.

INSULATING MATERIALS

Many upgrading options involve the use of insulation. In choosing which insulation material to use the following should be considered:

- > Research all proposed insulation materials. There is a large variety of insulating materials available, many of which provide the same insulation properties but vary in price and material content. Materials which meet sustainability criteria should be identified: some artificial or plastic-based insulation materials may embody substantial amounts of energy. Account should be taken of the expected lifespan of the material and whether or not there are available alternative materials. Additionally, health aspects related to off-gassing (gases exuded by some materials), compaction over time, and the 'breathability' of the materials themselves need to be taken into consideration
- > In order to protect the character of buildings of architectural and historic interest, it is generally not appropriate to insulate masonry walls, because of the impact on an interior of dry lining or plastering, or on the appearance of an exterior through the use of external insulation systems, together with the difficulties of successfully detailing joints such as at eaves and windows sills
- > Any proposed insulation works should ensure that all parts of a room are insulated consistently to avoid thermal bridging. Higher insulation levels can exacerbate problems associated with thermal bridging
- > When choosing products, consider the results which can be obtained from different options in terms of both the financial investment and resultant energy savings
- > Quilt insulation can be in the form of mineral wool, sheep's wool or hemp. Mineral wool may compress and sag over time if it gets damp and is unpleasant to handle. Sheep's wool and hemp are advantageous as both allow any moisture which is absorbed to later evaporate: this means that these materials are less prone to compression in the long term. Wool, being a natural material and a by-product of the agricultural industry, can be seen to be environmentally friendly in itself, while hemp is a carbon-negative material, that is, it absorbs carbon as it grows and locks it away in the plant

- > Blown insulation, often made up of recycled paper and also known as cellulose, can be blown into spaces such as attics up to the desired level of insulation. However, care should be taken to ensure that all vents or ventilation routes remain unblocked when filling spaces with this type of insulation. Reducing levels of ventilation can result in damaging levels of moisture content building up in the roof timbers
- > While sheep's wool, hemp and blown insulation materials appear to be better on health and environmental grounds, their introduction is relatively recent and accordingly issues related to their use may not yet have been fully identified. Certification by independent, third party bodies, such as the NSAI, should ensure that the product chosen is suitable for use and will provide appropriate guidance for installation.

Upgrading works and health and safety issues

When commissioning or carrying out improvement works within an older structure, the building owner should be aware of the requirements set out in the Safety, Health and Welfare at Work Act 2005, the Safety, Health and Welfare at Work (Construction) Regulations 2006 and the Safety, Health and Welfare at Work (Exposure to Asbestos) Regulations 2006. Helpful guidance is provided on the Health and Safety Authority website www.hsa.ie.

Before embarking on works to improve the thermal efficiency of any property the following safety considerations should be taken into account:

- > Older buildings may contain hazardous materials that could be dangerous to a person's health such as asbestos or other contaminants. Asbestos can be found within man-made roof coverings, lagging on pipework, older sheet or tile flooring materials, WC cisterns and seats and other building components. In the course of general upgrading works interference with, or breakage of, such materials must comply with the requirements of current legislation and in certain cases must be removed by specialist licensed contractors. Professional advice should be sought to identify and remove such materials.
- > Certain materials such as fibreglass or mineral wool insulation should be handled carefully using gloves, masks, eye goggles and other protective garments to prevent harm caused either by inhalation or physical contact with the small fibres that make up the material, particularly as such materials are often fitted in attics and other poorly ventilated spaces.
- > There are serious health risks associated with lead paints where a painted surface is flaking or chipping or where it is disturbed. For absolute certainty as to the presence of lead paint, specialist laboratory testing should first be carried out.

Reducing draughts

CAUSES OF DRAUGHTS

In traditional buildings, heat loss commonly occurs as a result of excessive ventilation or draughts. Over time buildings move, settle and shrink causing gaps to open up in locations where there were none originally. This often happens at the junction between windows and their surrounding masonry, or between sashes and window frames, including shutter boxes. Previous alterations to the building and works to install or remove services may have left gaps and cracks that were never properly sealed. Localised decay may have resulted in gaps particularly around doors and windows. All these factors invariably result in increased levels of ventilation and draughts, resulting in discomfort for the building users as well as the loss of heat.

REDUCING DRAUGHTS

Measures to reduce draughts should be given careful consideration both on a room-by-room basis and in the context of the building as a whole. Consideration should be given to reducing excessive air flow through, and around, particular elements in a building. It may be possible to draught proof windows in rooms which have other sources of ventilation such as wall vents and open chimney flues. Windows in rooms with no other vents can be partially draught proofed but a strip of draught proofing should always be omitted, such as at the meeting rails of sash windows, to ensure continued ventilation. If this does not provide sufficient ventilation in a particular situation, the top sash could be fixed in an open position to provide a small gap, allowing trickle movement of air to circulate from the meeting rail to the top. The top sash can be secured in place with a block on the window frame and both the top and bottom sash should be locked into the side of the frame, as a lock at the meeting rail will not be usable.

Inflatable chimney balloons can be used to seal open chimney flues that are not in use. These have the advantage that, if their presence is forgotten and a fire is lit, they deflate and melt away within a very short period. Fully sealing a flue is not recommended. Sufficient ventilation is needed in the interior to keep the building fabric in good condition and for the health of the occupants. In addition, ventilation is

needed within the flue itself to allow any rainwater that enters the flue to evaporate; otherwise it might combine with the combustion products in the flue to create acidic conditions. Where it is proposed to install a chimney balloon it may be possible to insert an open pipe into the flue before inflating the balloon so that a sufficient passage of air is maintained between the room and the outside air, via the flue.

In rooms such as kitchens and utility rooms that require additional ventilation because of the presence of heat and vapour-producing appliances, mechanical ventilation should be provided to remove the moisture from the interior of the building before it causes damage. Where possible, unused chimneys can be employed in lieu of vents in the wall to provide mechanical or passive ventilation. The installation of new vents in external walls requires careful consideration and possibly planning permission.

Roofs

An estimated 25% of heat loss occurs through a building's roof. The scope for reducing heat loss from a historic building in a non-intrusive way is greatest at attic and roof level; fitting insulation at roof level can be one of the most cost-effective measures in improving thermal performance in a traditional building.

Both pitched and flat roofs in traditional buildings were generally constructed of timber structural elements. Flat roofs were traditionally covered with lead or copper, which are high-quality, long-lasting cladding materials. Older pitched roofs are generally covered with natural slate or tiles although some may originally have been thatched. Thatched roofs are comparatively rare today, although many more probably survive unseen under later corrugated iron roof coverings. Thatch, by its nature, is an excellent insulant and thatched roofs generally do not require the addition of insulation and in fact may deteriorate if inappropriately lined from below. For further information, see *Roofs – a guide to the repair of historic roofs* and *Thatch – a guide to the repair of thatched roofs* in this Advice Series.

Traditional buildings were not fitted with attic insulation at the time of their construction. Many have been upgraded since but there may be scope for improving the existing insulation levels in many

buildings. Where no attic insulation is present, the fitting of it is an easy and cost-effective way to improve a building's thermal insulation. Existing insulation can be left in place and added to, provided that it is dry. Damp insulation should be removed as it is no longer acting as an insulating layer. The cause of the damp should be investigated and dealt with before new insulation is installed.

The fitting of insulation should have no adverse effects on a traditional building provided that ventilation and moisture control are properly addressed. Necessary repair works for leaks or timber treatment for rot or insect attack should be completed prior to commencing any upgrading of insulation levels. Condensation on roof timbers or on the underside of a roof covering (on the backs of slates or on the underside of lead sheeting) indicates inadequate ventilation and this should be addressed prior to proceeding with any further insulating works.

It makes sense to install the maximum thickness of insulation possible in the space available without compromising the ventilation of the roof space. Ventilation is very important in roof spaces as it prevents insect attack and fungal decay in the roof timbers by moderating humidity and the moisture content of the timber. Prior to commencing any loft insulation, it is important to establish the location of the vents, if these exist, and to verify that they will not become blocked by any added insulation. Where actual vents do not exist, a sufficient amount of ventilation probably occurs at gaps at the eaves of the roof and in such cases, the insulation should be fitted so as to ensure a through flow of air under the eaves and into the roof space is maintained. While adding insulation to a roof space does not normally require any planning permission, additional roof vents may require permission, where the building is a protected structure or is located in an architectural conservation area.

Insulation should be fitted tightly between the joists or rafters as any gaps will compromise the insulation's effectiveness. Quilt or blown insulation compress to fit into the spaces to which they are added while specific rigid insulation has been developed for roofs with grooves cut into the board to allow it to be compressed between rafters and joists, thus reducing the potential for gaps if the board is not cut correctly.

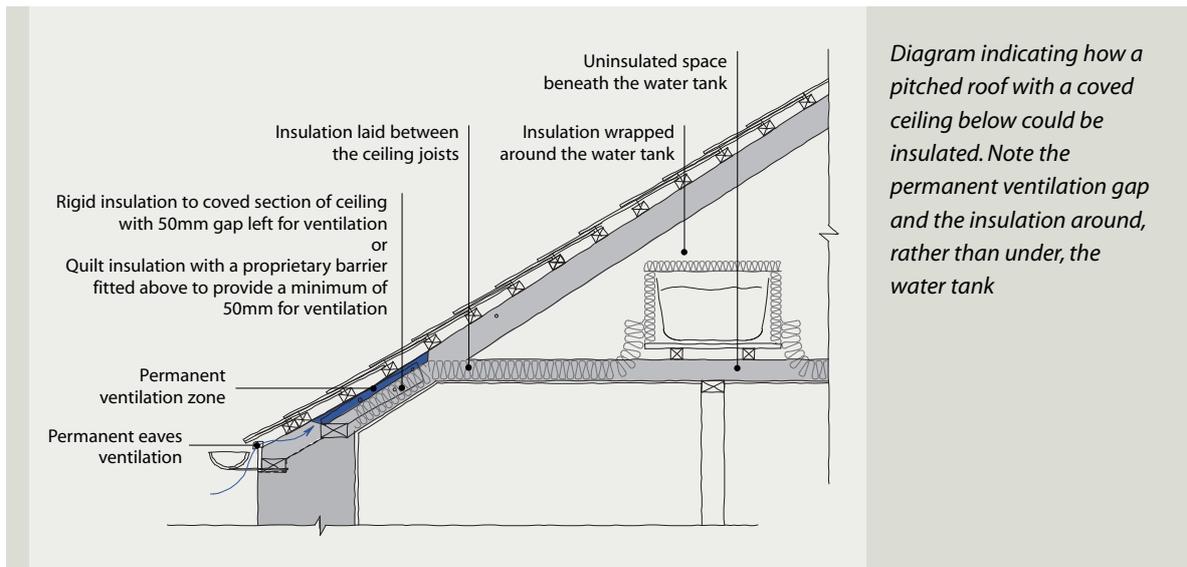


A large roof space with no insulation above the ceiling; while the heat rising from the building interior may benefit the timber and other building materials in the roof space, a lot of energy is wasted in this way

UPGRADING PITCHED ROOFS

Attic and loft spaces within pitched roofs which are to be unheated can be insulated at floor level. If the attic is in use as a habitable space, insulation should be fitted above, between the rafters. A loft space can be insulated using quilt insulation. Where there is insufficient depth between the existing ceiling joists an additional layer of insulation can be laid on top to increase the total thickness. If the attic is not floored out for storage purposes, it is enough to lay the insulation between and on top of the existing joists, with provision for secure access to water tanks, and the like. It is particularly important to ensure that any access hatch to the attic or loft is well-fitting and insulated on the attic side.

It should be noted that many historic buildings, particularly those constructed in the eighteenth and early-nineteenth centuries, have relatively insubstantial roof and ceiling construction, relying on slight timbers configured in a particular way. Use of such attics for storage must take account of the structural strength of the existing timbers, with an awareness that damage can be caused to lath-and-plaster ceilings by deflection of the supporting joists. If storage is required in the loft space a careful structural analysis should first be undertaken to ensure there would be no resulting damage.



Where a roof is currently ventilated at eaves level, a gap of adequate dimension should be left to allow a continuous 50 mm passageway for air flow. It is common to find covered ceilings with a collar-tie roof structure in older buildings. Where this is the case, it is probably most appropriate to use a rigid form of insulation for the covered section of the roof, allowing a 50 mm ventilation gap over the insulation for the full length of the covered area. The horizontal ceiling joists can then be fitted with any of the insulation products discussed above.



As part of the complete refurbishment of this building, the opportunity was taken to insulate the roof. Rigid insulation has been fitted between the rafters in the sloping sides with quilted insulation fitted between the ceiling joists across the top

A habitable roof space can be insulated between the rafters. Again, it is essential to ensure that there is continuous ventilation of the roof timbers. In order to achieve this it may be most appropriate to use a high-performance rigid insulation between the rafters.

As a direct consequence of installing insulation at ceiling level, the remainder of the roof above the insulation will be colder. It is therefore important to insulate water tanks and all pipework to prevent freezing. Lower loft temperatures also affect older roofs that have a lime parging between the slates, which serves to secure the slates and impede wind-blown rain. In an uninsulated attic, the parging benefits from the drying effects of the heat coming up from the building below. Following the installation of insulation, both the parging and the slates will be colder, leaving them vulnerable to condensation unless sufficient ventilation is provided in the roof space.



A roof with largely intact lime mortar parging applied to the underside of the slates. Parging has an insulation value in itself and helps to reduce air-blown water infiltration

Bats and historic roofs

Bats frequently roost in roof spaces and other parts of buildings. They may be found under the slates, hanging from roofing felt, parging or timbers and in joints and splits in roof timbers. Bats do not pose any significant threat to the fabric of a building nor to the health of its human occupants. Bats are usually only present in the roof space for part of the year but, as they tend to return to the same roosts every year, the roosts are protected whether bats are present or not.

Bats and their roosts are protected by Irish and EU legislation. The Wildlife Acts make it an offence to wilfully damage or destroy the breeding or resting place of a bat. Even where planning permission has been granted or works to a roof are considered exempted development, the requirements of the Wildlife Acts still apply.

When considering any works to a historic roof, the first step is to have a bat survey carried out by an appropriately qualified bat expert. Where bats are present or there is evidence that they have used, or are using a roof, the National Parks and Wildlife Service of the Department of the Environment, Heritage and Local Government should be contacted for informed advice and guidance before any roofing works are programmed and initiated. If there is an active bat roost, works will need to be programmed to cause the minimal amount of disturbance and measures put in place to allow bats to continue to use the roof space upon completion.

The most common and effective method of minimising the impact of roof works on bats is to carry out the work at an appropriate time of the year. The great majority of roosts in buildings are used only seasonally, so there is usually some period when bats are not present. Maternity sites, which are the ones most often found in roof spaces, are generally occupied between May and September, depending on the weather and geographical area, and works should therefore be timed to avoid the summer months.

Larger roofing projects, however, may need to continue through the summer. The best solution in such cases is to complete and secure that part of the roof that is the main roosting area before the bats return to breed. If this is not possible, work should be sufficiently advanced by May or June for returning bats to be dissuaded from breeding in that site for that year. In which case, alternative roosts, appropriate to the species, should be provided in a nearby location. Another possible solution is to divide the roof with a temporary barrier and work on one section at a

time so that the bats always have some undisturbed and secure areas. The advice of a bat expert should always be sought and there may be a requirement for this expert to be present on site during the course of the works.

Where it is proposed to treat roof timbers against fungal or insect attack, careful consideration must be given to ensure that the treatment used will not adversely affect the bats.

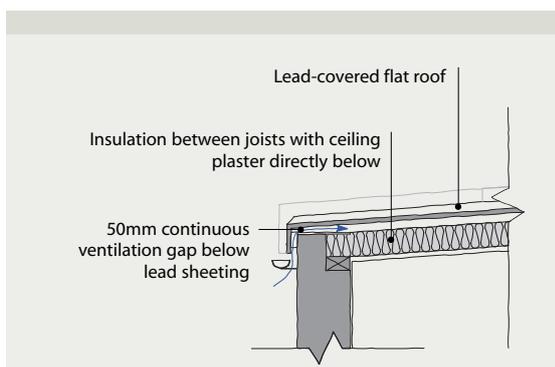
Where roofing membranes are to be included as part of roofing works, they should be of a type that allows bats to hang from almost any point. Plastic membranes are mostly unsuitable because bats have difficulty hanging from them, so wind-break netting stretched beneath the membrane should be used.

The completed roof should be accessible and amenable to the returning bats. Access to the roof space can be provided in a variety of ways including the use of purpose-built bat entrances. Bats also need suitable roosting sites and an appropriate temperature regime. This can be provided by the construction of a bat-box within the roof space that has the advantage also of providing some segregation between the bats and building's occupants.

For further information, see the National Parks and Wildlife Service publication *Bat Mitigation Guidelines for Ireland* (2006) which can be downloaded from www.npws.ie.

UPGRADING FLAT ROOFS

The improvement of flat roof insulation is more complex than pitched roof insulation and expert advice should be sought before carrying out alterations, in particular to lead roofs. Flat roof constructions consist of a variety of assemblages of insulation, structure and ventilation layers. Traditional flat roofs are likely to be covered in lead or copper sheet supported on timber boards. It is important to ventilate the underside of metal-sheeted roofs as, if condensation is allowed to form on the underside of lead, it will oxidise, rapidly forming a toxic lead-oxide powder. If oxidation continues unchecked, holes will form in the lead, allowing the roof to leak. As internal access to the structure of flat roofs is often difficult, they are best upgraded when undertaking repair works to replace the roof finish above or the ceiling finish below.



A section through a typical traditional flat roof showing how it might be thermally upgraded. However, installing insulation at this location would only be possible if either the roof covering above or the ceiling below were removed which may not always be in the best interests of conserving the architectural qualities of the building



A recently re-covered lead flat roof. These modern lead roof vents were introduced as, previously, poor ventilation had caused moisture to build up within the roof space leading to timber decay

ISSUES ASSOCIATED WITH INSULATING ROOFS

There are a number of points to be remembered when fitting loft insulation. First, before any insulation works take place, the roof timbers should be inspected for fungal or insect attack. Treatment for furniture beetle, or woodworm, may include coating timbers with an insecticide, although it is also possible to control infestation by using adhesive flypaper to catch the adult borer on the wing. Treatment for fungal infestation normally involves treatment with a fungicide. For further information, see *Roofs – a guide to the repair of historic roofs* in this Advice Series.

It is important that roof spaces are insulated thoroughly and consistently. A partially insulated roof may result in problems with condensation within the roof space or mould growth on ceilings below uninsulated areas due to thermal bridging.

Care should be taken with regard to electrical cabling, particularly older installations within roof spaces. In general, insulation should be fitted beneath electric cables to prevent them from overheating which could create a fire hazard.

The underside of the water tank should never be insulated as heat rising from the rooms below provides some heat to the tank, preventing the water in the tank from freezing. Instead, the exterior of the tank and the associated pipework should be wrapped in insulation and overlapped with the remainder of the ceiling insulation.

All insulating materials placed above the ceiling will conceal the structural elements from view and also from inspection. Future access requirements to roof timbers should therefore be borne in mind when choosing an insulation product.

Walls

In considering how or if the thermal insulation of traditional walls can be improved, it is important to fully understand how the existing walls were constructed, how they were designed to deal with the Irish climate and the significance of historic finishes to both the exterior and interior.

Because of the importance of breathability in traditionally built buildings, any material being applied to the walls should be vapour-permeable, that is, should not encourage or allow water or condensation to accumulate within the fabric of the wall. Walls often have timbers embedded in them and high levels of moisture, from whatever source, could create conditions that promote fungal decay or insect attack of timbers.

As traditional walls are generally of solid masonry, thermal upgrading can usually only be considered in two ways: lining the interior of the wall or applying a new face to the exterior of the wall. Either of these actions can have a significant effect on both the character and the physical well-being of a historic building and, in the context of a protected structure or

an architectural conservation area, generally require planning permission and may not be considered appropriate.

Traditionally built masonry walls in Ireland were generally constructed of varying combinations of stone, brick and lime-based mortar, of solid construction, sometimes with a core of lime mortar and rubble filling. These materials are porous, allowing moisture to be absorbed by the wall and later released, depending on the weather conditions. They are soft and flexible and can accommodate small amounts of movement within the fabric. Modifications to traditional walls should ensure that the breathability and flexibility of the structure are maintained.

Wall finishes are an important element in the quality and character of traditional buildings and may include exterior finishes such as cut stone, rubble walls with dressed openings, brick, or lime render. Internally, there may be timber panelling, lath-and-plaster or lime plaster finishes, at times with decorative plasterwork embellishments such as cornices.

Wall type	Internal finish	Thickness	U-value
Locharbriggs sandstone	Plastered on the hard	550 mm	1.4 W/m ² K
Locharbriggs sandstone	Lath and plaster	550 mm	1.1 W/m ² K
Locharbriggs sandstone	Plasterboard	550 mm	0.9 W/m ² K
Brick	Plastered on the hard	400 mm	1.1 W/m ² K
Craigleith sandstone	Plastered on the hard	600 mm	1.5 W/m ² K
Craigleith sandstone	Plastered on the hard	300 mm	2.3 W/m ² K
Craigleith sandstone	Lath and plaster	600 mm	1.4 W/m ² K
Craigleith sandstone	Plasterboard	600 mm	0.9 W/m ² K
Kemnay granite	Plastered on the hard	350 mm	1.7 W/m ² K
Kemnay granite	Lath and plaster	600 mm	0.8 W/m ² K
Kemnay granite	Plasterboard	600 mm	0.9 W/m ² K
Red sandstone	Plastered on the hard	400 mm	1.3 W/m ² K
Blond sandstone	Lath and plaster	600 mm	0.9 W/m ² K

Recent research has found that the U-values of traditionally built walls are more favourable than previously acknowledged. The research identified U-values for differing construction compositions and widths. The results for walls of varying thickness, with plaster applied directly onto the wall, range from 1.1 – 2.4W/m²K. Correlation was found between the thickness of the wall and the U-value results (Source: Paul Baker 'In Situ U-Value Measurements in Traditional Buildings – preliminary results')



The wealth of architectural detail and the quality and craftsmanship of materials used in historic buildings make them unsuitable candidates for external insulation. Even where the exterior of a traditional building is relatively plain, the alteration of the character and the need to replace window sills, remodel eaves details and the like would make the installation of external insulation inappropriate in many cases

REDUCING LEVELS OF DAMP IN WALLS

Before considering upgrading, it is important to ensure that the wall is in good condition, that pointing is intact or rendering in good order and that obvious sources of damp such as leaking gutters and rainwater pipes are repaired. Additionally, the risk of rising damp can be reduced by ensuring that the external ground level is not higher than the internal floor level or by installing a French drain externally to improve the condition of the wall. In certain cases, injecting a damp-proof course (DPC) may be considered. While it is normal practice for modern buildings to incorporate

an impervious damp-proof course to prevent moisture from the ground rising up through the walls, most historic buildings were constructed without a DPC. Installing a DPC in a building which did not originally contain one can be problematic. Expert analysis of the problem should be carried out before undertaking any works of this kind and it is essential to ensure that the cause of dampness has been correctly diagnosed before any drastic or invasive works are considered. For further information see *Maintenance – a guide to the care of older buildings* in this Advice Series.



Where there are persistent problems with damp, it is important to ensure that the external ground level is lower than the internal floor level and, if necessary, consider installing a French drain below ground level with a gravel finish. Water percolates through the gravel finish to a perforated drain below, following which it drains to a soakaway at a distance from the building. The rendered wall finish will generally require repair following the lowering of the ground level. The installation of a French drain around buildings in sites of archaeological potential, such as churchyards, will require careful prior assessment and consultation with the relevant authorities

EXTERNAL INSULATION OF WALLS

In order to fully exploit the benefits of its thermal mass, a solid masonry wall would ideally be insulated on the exterior face. At a basic level, low-density renders such as lime-based renders achieve this. Insulation materials which are moisture resistant are used in combination with special renders to achieve higher levels of insulation. However, as many external façades would be completely altered by the addition of external insulation, it is likely to be inappropriate for most traditional buildings. Even on buildings with plain rendered façades, external insulation is problematic as the thickness of the insulation affects details at all junctions around windows and sills, eaves and gutters, doorways and any items fixed to the walls, at junctions where the building meets the ground and with neighbouring houses in terraced and semi-detached buildings.

External insulation has certain advantages over internal insulation: the benefits of the high thermal mass of a solid masonry wall are retained; there is a reduced risk of condensation between the insulation layer and the masonry wall; the building fabric remains dry and heated from the interior and there is no impact on internal finishes and room sizes. Among the drawbacks is the fact that the materials are relatively untried and untested in Irish climatic conditions.

Random rubble stone walls of habitable buildings would originally have been rendered externally. In some cases, the original render has been mistakenly stripped off to reveal the rubble stonework making it vulnerable to moisture ingress and potentially reducing its thermal efficiency. The re-rendering of external rubble walls using a render of an appropriate specification slows down the loss of heat from the interior; improves the warmth of the masonry wall; provides essential protection against the elements and a barrier to the passage of moisture.



A lime-rendered façade, in good condition, improves the insulating value of a wall and prevents damp penetration to the inside of the building

With very careful consideration and specialist professional advice, there is some potential to upgrade random rubble stone walls of ruinous buildings or buildings which have already undergone significant alterations such as removal of external plaster and replacement of sills. Intact historic render should not be removed. Any materials used should be as breathable as the existing walls. Proposals to insulate the exterior of a protected structure or a building within an architectural conservation area will almost certainly require planning permission. Prior to carrying out works, it is advisable to consult with the architectural conservation officer in the local authority. However, even where a building is not a protected structure nor located within an architectural conservation area, planning permission will be required where the works would materially affect the external appearance of the structure so as to make the appearance inconsistent with the character of the structure or of neighbouring structures.

Mud walling is a relatively fragile method of construction; being highly susceptible to changes in humidity, too much drying or wetting can result in failure of the wall. It is not advisable to undertake works to insulate such walls either internally or externally.

INTERNAL INSULATION OF WALLS

The upgrading of the interior of existing walls will alter an internal room to varying degrees depending on the level of finish. It can be very intrusive and is rarely appropriate for traditional buildings with interiors of architectural significance.

Traditionally, walls in Ireland were plastered internally straight onto the masonry ('on the hard'). Any addition of insulation will add to the wall depth, reducing the size of the room, interfering with the historic finishes and requiring the relocation of all electrical points and switches, wall lights and radiators. An increase in wall depth will adversely affect all decorative finishes such as plasterwork cornices, architraves, shutters and skirtings. If the building is a protected structure, such works are unlikely to be acceptable. Even where the building does not enjoy legal protection, the loss of such fine architectural features may not be acceptable to an owner. A plain room with no cornice and minimal joinery may be easier to insulate but requires careful consideration in relation to maintaining the breathability of the building fabric.

Where they exist, timber stud and lath-and-plaster lined external walls may provide thermal upgrading opportunities. This type of wall construction is relatively unusual in Ireland. Where walls are constructed in this manner and the lath-and-plaster has deteriorated and requires replacement, there may be scope for insulating behind the lath-and-plaster without increasing the depth of the wall. Intact lath-and-plaster should not be disturbed.

As well as the aesthetic and architectural conservation considerations, there are other potential difficulties in lining the interior of existing walls. Unlined masonry walls benefit from interior heat that keeps them dry. When the walls are lined, moisture ingress from the exterior and low external temperatures may result in a problematic build-up of moisture within the original building fabric. There is also a possibility that condensation may occur between the insulation and the wall fabric, resulting in further moisture build up. In order for moisture in the walls to dry out, any new lining should be as breathable as the wall itself; even inappropriate paints can affect the breathability of the wall. The addition of insulation to the interior also alters the ability of the building to moderate temperature through its thermal mass. If an interior is to be thermally upgraded the insulation should be applied to every surface, including small areas like window reveals and the junctions between ceilings and floors above, to



Lining the internal walls of a building will often not be acceptable, particularly if the walls are finely decorated as in this Georgian room

avoid any possibility of thermal bridging which could result in mould growth. This may be hard to achieve, expensive, and extremely disruptive to the historic interior and is unlikely to be permitted in a protected structure.

Consideration could be given to insulating parts of walls such as recessed areas beneath windows where the wall depth is thinner and therefore likely to be losing more heat. It should generally be possible to upgrade these types of areas locally without any interference with the rest of the room. Window openings, for example, were often lined with panelled joinery; the panel below the window could be carefully removed, fitted with an appropriate depth of insulation and the panel re-instated. This process is described in further detail in the following section on upgrading windows.

As interior works to a protected structure or a proposed protected structure may require planning permission, the architectural conservation officer in the local authority should be consulted regarding any proposal to carry out insulation upgrading works.

Windows, doors and rooflights

Traditional windows are an intrinsic part of the character of our historic and vernacular buildings. In Ireland, most surviving traditional windows are timber-framed, vertically sliding sash windows with single glazing. Other traditional windows include casements or fixed lights of timber or cast iron, leaded lights and twentieth-century metal framed windows. The quality of the timber and workmanship found in older windows is generally far superior to that found in modern ones and, when properly repaired and maintained, traditional windows will commonly outlast modern replacements. For further information, see *Windows: a guide to the repair of historic windows* in this Advice Series.

Between 10-15% of the heat lost from a building can be through its windows, by a combination of radiant heat loss through the glass, conductive heat loss through the glass and frame and ventilation heat loss through gaps in the window construction. This is low compared with the estimated average 25% heat loss through the roof and 35% through external walls. Yet windows are most often the first target of energy efficiency works.

In terms of heat retention within a building, older windows may appear to perform poorly when compared to some modern windows. It is, however, possible to repair and upgrade traditional windows to bring them up to a similar, if not higher, standard than modern double-glazed windows and to improve the



A pair of houses with well-maintained timber sliding sash windows



Terraced houses with replacement uPVC-framed windows. These windows are unsympathetic to the character of the houses; opening outward instead of sliding up and down, they disrupt the streetscape; the modern glass creates jarring reflections; while the thick frames contrast poorly with the elegant timber sections of the original sash windows

comfort of occupants without damaging the character of the building. Prior to considering works, the actual heat loss through the windows should be considered. In buildings where windows are small compared to the overall wall area, upgrading the windows may not result in a significant improvement in comfort levels or in energy savings.

When considering the replacement of windows, a number of factors should be taken into consideration. First and foremost is the potential effect on the character of the building and the architectural heritage value of the existing windows. Also to be considered are the financial cost, the energy required to produce a new window, its embodied energy, and the environmental cost related to disposal of waste. Modern double-glazed window units are expensive and high in embodied energy. The initial financial cost and embodied energy consumption may never be recouped by cost and energy savings on heating bills within the serviceable life of such windows. Instead, simple upgrading of existing historic windows can eliminate draughts and reduce heat loss. This costs less and is kinder to the environment than fitting new replacement windows.

The use of uPVC in traditional buildings should generally be avoided. uPVC is a material with very high embodied energy which has a short lifespan as it is difficult, if not impossible, to repair. Simple wear-and-tear often results in whole units requiring replacement after relatively short periods of time. The manufacture of uPVC also results in many toxic and environmentally damaging by-products. In addition, uPVC is generally

not recycled or compressed and must be disposed of in landfill sites as the burning of uPVC can result in the emission of toxic fumes.

The installation of uPVC windows in a protected structure or within an architectural conservation area is generally not considered acceptable as such windows would be inconsistent with the character of historic buildings.

DRAUGHT PROOFING OF WINDOWS

Draughts may result in heat loss and are also uncomfortable, resulting in a perception that a room is cooler than it actually is. Draught proofing of a window will not improve its U-value but stopping draughts will reduce heat loss and improve the thermal comfort of the occupants. The overall aim should be to gain control of the rate of ventilation in the room concerned.

The first step in reducing draughts is to overhaul the windows by carrying out any necessary repairs and ensuring that the sashes or opening lights operate properly within the frame. A window that is in good working order can be fitted with draught-proofing strips. However, with some particular old, delicate or valuable window frames, cutting grooves to insert draught proofing will not be appropriate and expert advice should be sought on alternative methods of upgrading.

Typically gaps up to 6 mm can be filled with any one of a variety of available strips including nylon brushes, pile (dense fibre), polypropylene with foam filler and silicone rubber tubes. The fitting of strips varies with



A repaired window frame with a replaced style and new parting bead. The timber sash frames have been temporarily removed

some fixed to the surface of the frame and others fitted into the frame by cutting grooves into it. When fitting a product that requires grooves in the frame care should be taken to ensure that the joints are not damaged in cutting the grooves: these are best fitted by a specialist joiner. Care should also be taken to ensure that existing ironmongery such as handles, catches and hinges will continue to function correctly following draught-stripping and that the colour of the product is appropriate to the window. Dimensions of draught strips should be appropriate to the gap to be filled as larger strips will put pressure on the window itself and smaller ones will not adequately seal the gap. Strips should have some flexibility in them to ensure they will work with the expansion and contraction of timber between summer and winter months. Metal and timber casement windows can be upgraded with similar type draught strips. Casement windows can also have mastic sealants applied to form a moulded profile when the opening section is closed over the mastic to shape the sealant to the gap. Care should be taken to use a barrier to prevent the opening window from sticking to the silicone and the window frame when fitting the seal.



Draught-proofed window frame: brushes are visible on the staff and parting beads, both of which have had to be replaced in order to draught proof. For the brushes to work properly it is important that they are not painted over

There is a wide range of quality in available draught-proofing products and assurances should be sought as to the lifespan of a product prior to fitting. In addition, it is important that the product can be removed easily without causing damage to the historic window frame to ensure that when it reaches the end of its life it can be replaced. It should also be noted that flexible draught-proofing strips such as brushes and rubber will cease to operate correctly if painted as part of redecoration works.

As discussed in the section on ventilation above, windows in rooms with no alternative means of ventilation such as wall vents or open flues should never be fully draught proofed.

DRAUGHT PROOFING OF EXTERNAL DOORS

External doors in an older building may have become ill-fitting over the years and so are often poor at keeping in heat. Traditional doors can be draught proofed in the same way as windows with various draught-proofing strips widely available. The bottom



Aluminium draught strips can be seen to all sides of this door. The metal part of these strips, unfortunately visible, can be painted (although it is difficult to achieve successfully) but it is important that the flexible sealant strip is not

of external doors can also be fitted with a weatherboard providing this can be achieved without damage to a historic door. Letterbox brushes or flaps can be fitted to reduce draughts. For historically important buildings, discreet draught proofing should be used. In some buildings it may be possible to provide a draught lobby to the interior of the external doors. For a draught lobby to be successful there must be adequate space to close the external door prior to opening the internal door. Installing a draught lobby in a protected structure may require planning permission and the architectural conservation officer in the local authority should be consulted when considering works.

IMPROVING HEAT TRANSFER

A single sheet of glass will transfer heat quicker than a double-glazed unit. People feel colder sitting close to single-glazed windows as they lose heat by radiation to the cold inner surface of the glass. Tall windows can result in what is known as 'cold dumping', where the temperature of the air next to window is considerably colder than the rest of the room, as the cold air is denser and heavier it falls, or dumps. This is one of the primary reasons for placing radiators below windows. There are simple solutions to keeping heat in a room with single glazing that are more effective than fitting double-glazed units and more appropriate for use in a historic building and several of these are discussed below.

EXISTING SHUTTERS AND CURTAINS

Many Georgian and Victorian buildings were originally constructed with internal timber shutters to the windows. During the Edwardian period, shutters began to fall out of fashion and were supplanted by heavy curtains. The best way to reduce heat loss in the evenings and at night is to use such shutters. If they are no longer operational they should be repaired and put back in working order. Blinds or heavy curtains, which could include an insulated inter-lining, when used with the shutters will further improve heat retention; there are specially designed thermal blinds available which can improve on this again. There may be some scope for upgrading shutters using a thermal lining applied to the rear of the shutter panels; for the shutters to continue working it is important that the overall thickness of the shutter is not increased. The feasibility of upgrading will depend on the available depth between the shutter panel and shutter frame.

It is likely that the available space will only allow for a lining depth of approximately 5 to 10 mm. High-performance, super-insulating linings should be considered for thin spaces of this type.

Where the original timber window shutters have previously been removed from a building, or from parts of a building, consideration should be given to reinstalling shutters of an appropriate design accurately based on evidence, for example, from shutters on an adjoining contemporary building or from evidence within the building itself.

The window aprons (the area of wall between the window sill and the floor) can be an area of increased heat loss as the wall thickness was often reduced at windows to provide a recessed opening. Where the window apron is timber panelled, the panels can be carefully removed and the void behind filled with insulation. The depth of insulation possible will depend on the available space between the timber

panelling and the external wall. A specialist joiner should be consulted and appointed to undertake works to the shutters and window apron.

The shutter box, into which the shutters fold when not in use, is often a source of draughts that is overlooked. To reduce or eliminate air movement in and around the edge of the shutter box, the exterior should be pointed up with an appropriate material which remains flexible following hardening and provides a long-lasting unobtrusive seal between the window frame and surrounding masonry. From the inside, the junction of the interior of the shutter box and the wall should be caulked with environmentally friendly hemp/lime products or other suitable materials. When sealing the interior of the shutter box, it is important to ensure that the caulking does not interfere with the operation of the sash weights or the shutters, such as may occur if using expanding foam, which is not easily controlled.



Working timber shutters: the interior of the shutter boxes could be lined and sealed to reduce air leakage. Any new linings should not prevent the shutters from folding back into the shutter box when not in use



A well-sealed shutter lining

SECONDARY GLAZING

For buildings that are primarily used during the day it may be appropriate to consider secondary glazing. Secondary glazing is a full-sized window panel fitted directly inside the existing window, which acts in a similar way to double glazing. It can be temporary or permanent and should be fitted to slide or open inwards in such a way as to allow for easy opening of the original windows for ventilation purposes, cleaning and emergency escape. The style and manner in which the unit opens should be visually appropriate for the window to which it is being fitted and easy for the end-user to operate. Any division in the panel should be located to match the frame of the existing window, such as at the meeting rail of a sash window. Duplication of individual panels looks unsightly from the exterior and should be avoided. Secondary glazing should be sealed to the interior but the original windows should be ventilated to the exterior to prevent condensation forming between the two windows, which is not only unsightly but is potentially damaging to the historic building fabric. Therefore, if secondary glazing is to be fitted, the original windows should not also be draught proofed.

While secondary glazing is effective it is only appropriate if it does not affect the character of the windows and room in which it is fitted. Formal rooms or rooms with high quality decorative finishes may be compromised by the fitting of secondary glazing. The use of the room is also important. If rooms are plain and used as, for example, offices or kitchens, the fitting of secondary glazing may be appropriate. If rooms are not often used during the day it would be more appropriate to leave the windows as they are and use any existing shutters.

Secondary glazing should always be fitted in such a way that it is still possible to use existing shutters. Slim-line secondary glazing is available which can be fitted in place of the staff bead between the bottom sash and the shutters. This allows the shutters and curtains to be used at night when outside temperatures are lower. The combination of secondary glazing, shutters and curtains has the potential to match the insulation properties of triple-glazed windows. Secondary glazing alone can result in better overall thermal performance than a standard double-glazed window. The fitting of secondary glazing should be reversible and carried out with minimal interference to the existing window, shutters and



Inappropriate timber-framed secondary glazing with frame proportions that do not match those of the original window, creating a discordant appearance

linings. The fitting of secondary glazing in windows which retain no historic linings to the interior allows for more flexibility in the type and size of secondary glazing frame which may be fitted.

Secondary glazing has the added advantage that it can be removed and safely stored during warmer months to maximise solar gain (the heat gained from the sun through the windows). When sunlight passes through a pane of glass, its light and heat are absorbed or reflected; the greater the number of panes of glass the smaller the amount of heat and light passing to the interior of the room. It is therefore advantageous to be able to remove the secondary glazing during the summer and benefit from the maximum light and heat from the sun. During the winter, when the sun is not as hot, the amount of heat lost from the interior, if not secondary glazed, will outweigh the amount of heat to be gained from the sun. Secondary glazing has an additional benefit in that it reduces the amount of noise which passes through a window.



An Edwardian window with 1950s secondary glazing. The secondary glazing is chunky and does not match the original window profile and blocks light from the room. The position of the frame within the opening prevents the shutters from being used



Carefully designed bespoke secondary glazing installed as part of Changeworks' Energy Heritage project (Image © Changeworks)

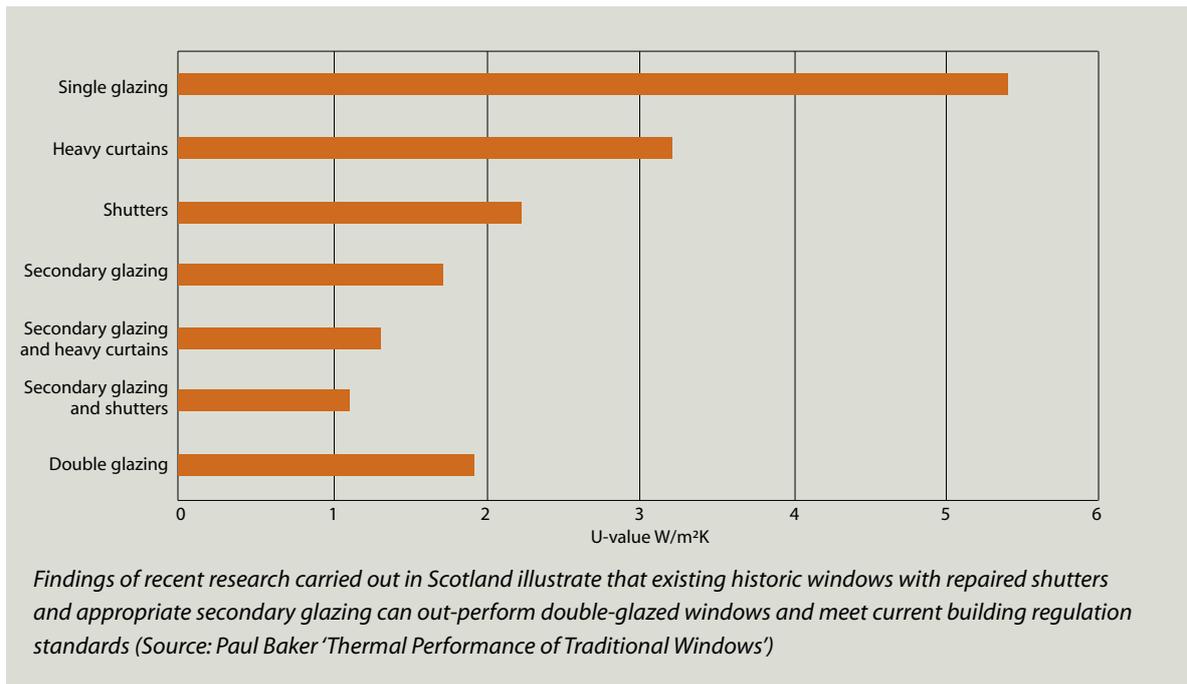
DOUBLE GLAZING

Original or early-replacement windows in a traditional building should generally not be replaced with double-glazed windows. Replacing windows in a protected structure requires planning permission and this is unlikely to be granted as double glazing will rarely be in keeping with the character of traditional buildings; modern double-glazed windows are made with chunky sections of framing which are necessary to hold the double-glazed units in place. These proportions are very different to those of traditional windows which are generally made of fine timber sections.

The fitting of double-glazed units into existing timber frames is rarely appropriate or achievable; in order for the glazing units to be effective at reducing heat-loss the gap between the glass panes in the unit should be a minimum of 12 mm, resulting in a total unit depth of approximately 20 mm including the two pieces of glass. Historic sash frames are generally finely crafted

from slim sections of timber, the depth and strength of which would not be adequate to support double-glazed units. The existing windows would be both visually and physically compromised as a result. In addition the aesthetic appearance of the black or silver edging to the double-glazed units is unsightly.

Double-glazing technology is constantly improving and research is currently being undertaken to reduce the depth of double-glazed units, while maintaining effective U-values. The use of slim-line double-glazed units may be appropriate in situations where one-over-one pane sash windows require replacement but not where the existing historic glass survives or where the new units would be too heavy for the historic window frames. As with all double-glazed units, the cost of these high-tech components is unlikely ever to be recouped over their lifespan, while the gases used to fill the cavity can have a high embodied energy.



UPGRADING OF TRADITIONAL ROOFLIGHTS AND SKYLIGHTS

Upgrading traditional rooflights generally involves some loss of historic character. Older rooflights should be maintained in good working order. If a rooflight has reached the end of its working life it may be replaced with a modern rooflight that matches the existing, probably timber or steel, with similar profiles. As rooflights differ from windows in detailing and design, it will often be possible to incorporate a double-glazed unit. New, small double-glazed rooflights are available off the shelf. Light shafts leading to a rooflight should be insulated in the course of providing roof insulation.



Historic skylights and lanterns, such as this fine example, should be well-maintained but are rarely suitable for thermal upgrading



This modern double-glazed skylight allows access to a concealed valley gutter for maintenance inspections and cannot be seen from ground level. It also lets additional natural light into the attic space below

Floors

The ground or lowest floor in a building is the most important floor to consider for effective thermal upgrading, unless it is an unheated space, such as a cellar, in which case the floor above should be insulated. An estimated 15% of the heat within a traditional building is lost through its ground floor. In such buildings, lower floors are of varying construction types and have different finishes. Both ventilated and unventilated suspended timber floors are particularly common at ground floor level. Stone flags, tiles or brick paving laid on solid floors (often bare earth) are also common, particularly within basements. In a public building or church, a range of floor types is found, often for example, with a stone or tiled finish in the circulation spaces, typically with an unventilated timber floor beneath the pews or seating areas.

Improving the thermal performance of the ground floor reduces the overall heat loss from a building, and can also significantly improve comfort levels by providing a warm floor underfoot. In a historically important building it may, however, be difficult to upgrade a floor without loss or disturbance of significant finishes such as tiles or brick paving and therefore particular care needs to be taken when considering insulation works to such floors. Planning permission may be required when lifting such floors to allow for insertion of insulation. In some cases, because of the potential for damage to important finishes, such works may be considered inappropriate.



Decorative and high quality floors are difficult to upgrade and require careful analysis of the time, cost and, above all, the potential damage that could be caused to the historic finish in exchange for improved thermal performance. Fine floor finishes such as these tiles should not be lifted

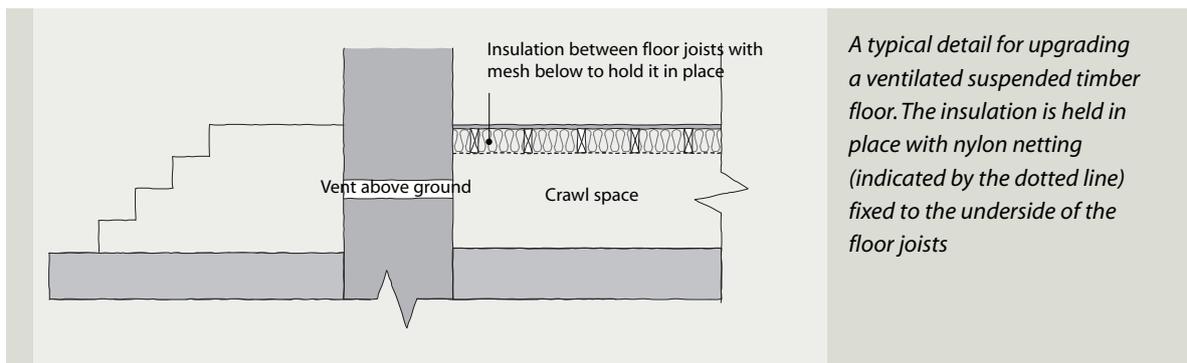
SUSPENDED TIMBER FLOORS

Suspended timber floors were constructed in the past both as ventilated floors with vent bricks or grilles in the exterior walls and as unventilated floors. By the nineteenth century the latter were less common. Where vents are provided it is important to ensure that these remain unobstructed as they ensure that any moisture which may reach the floor timbers can escape, preventing a potentially damaging build-up of moisture levels in the space beneath the floor. If a floor is not ventilated it may be appropriate to consider providing vents subject to consideration of the effect on the visual appearance of the façade. If any vents have been blocked up in the past, it is important to reopen them. Vents should not be regarded as the cause of unwanted draughts as they are an essential part of the proper functioning of the building and vital to maintaining it in sound condition. Floor coverings such as rugs or carpets will eliminate draughts and the underside of the floor can be upgraded with insulation.



A floor vent to ventilate the ground floor was built into the wall between the cellar and ground floor windows as part of the original design

If there is a crawl-space beneath the floor it is usually easier to upgrade suspended timber floors from below as the joists and floorboards are generally exposed from the underside. However, if access beneath the floor is not possible then the floors should be upgraded from above by lifting the floorboards. Great care should be taken when lifting old floor boards, especially the wide boards found in many Georgian houses; if any are damaged or broken it will be very difficult to find matching boards for repairs. The fixings used for old floor boards can themselves be of interest and can be damaged or lost through careless lifting methods; strips of metal or timber dowels, were often used in high quality work to fix boards to each other.



A typical detail for upgrading a ventilated suspended timber floor. The insulation is held in place with nylon netting (indicated by the dotted line) fixed to the underside of the floor joists

Alternatively, floor boards may be tongued-and-grooved together which makes lifting individual boards difficult to achieve without damage. If working from below, quilted insulation such as sheep's wool, hemp, rockwool or cellulose fibre can be fitted for the full width and depth of the joists and held in place with nylon netting stapled to the joists. If working from above chicken wire or plastic netting can be moulded around the joists to form trays between them which are then packed with quilt insulation before the floor boards are refitted. An alternative method of fixing from above is to fix battens to the sides of the joists and fit rigid insulation between them. Note that it can be difficult to cut the insulation to fit perfectly and any resulting gaps will compromise its insulating performance.

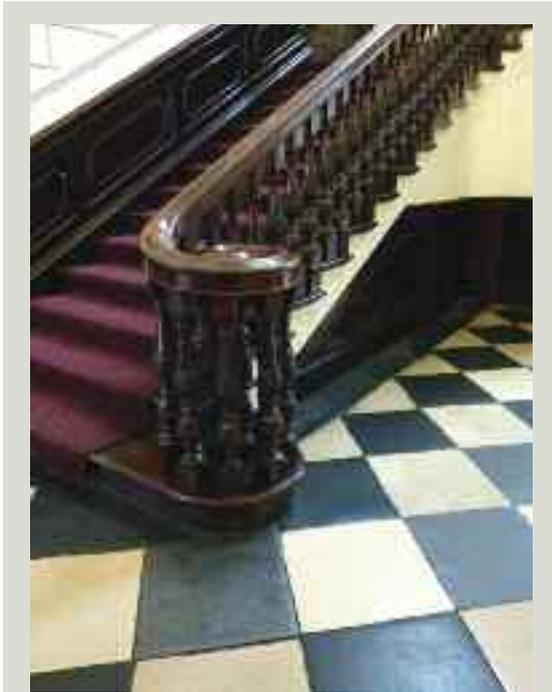
SOLID FLOORS

The easiest way to upgrade an existing solid floor is to add a layer of insulating material above it with a new floor finish on top. The covering of an existing floor should only be considered if it is of no architectural or historical interest. Floor finishes such as decorative tiles, brick, wood block or stone flags should not be covered over although in some cases it may be possible to carefully lift these to allow for re-laying over the new, insulated floor. Floors which have previously been interfered with and have modern finishes such as concrete are the most appropriate candidates for covering with insulation. However, this will increase the height of the finished floor level and affect internal features such as skirting boards, window linings, doors and architraves and cause difficulty at the foot of stairs. Such alterations, in their own right, can be inappropriate in some interiors and will need to be considered on a case-by-case basis. The laying of a new insulated floor over an existing floor may also reduce the height of the space. Such modifications to the interior of a protected structure are likely to require planning permission and the planning authority should be consulted before any works are undertaken.

Basement floors are usually solid. The use of the basement should be considered prior to upgrading the floor and if it is used for activities not requiring heat it may be appropriate to insulate above the basement level instead. Expectations for a warm, insulated, dry basement may not always be realisable in older buildings.

If a building is undergoing restoration or major refurbishment, the opportunity may be taken to lift or excavate the existing floor and to lay insulation on a new subfloor. However, this option should be carefully considered for a number of reasons. The excavation of an existing floor and the laying of a new floor slab can in some cases undermine walls which have very shallow, or indeed sometimes no, foundations or footings. Vibrations arising from the works can also potentially cause structural damage. Care should be taken in buildings built over a high water table or with pre-existing problems with rising damp. It is possible that, as a new sub-floor will seal the floor, moisture which previously evaporated through the floor joints will now be trapped and may be forced to make its way over to the walls, thus increasing the risk of damage to fabric from rising damp. If it is decided to lift a floor for the purposes of adding insulation, it may be worth considering the installation of underfloor heating as part of this process. Underfloor heating is most effective when laid in solid floors with a hard floor finish such as stone or tiles. Traditional buildings may benefit from the low levels of consistent heating provided by underfloor heating at ground level as it will help keep the bottom of walls dry.

There is considerable interest in the use of vapour-permeable flooring construction, using concretes made of lime with hemp or expanded clay. These materials may be appropriate where there is a delicate moisture equilibrium to be maintained. Circumstances which require a radon barrier would make the case for using such materials less compelling. Building Regulations also imply that new floors should be impermeable.



Solid stone floor: upgrading a stone-flagged floor such as this would inevitably result in an unacceptable level of damage or breakage of individual flagstones and should be avoided

Services

As the opportunities to increase insulation in a traditional building are relatively limited, building services and their controls can play a large part in improving energy efficiency. In most traditional buildings, building services such as heating systems, plumbing and electrical installations are not original to the building and there may therefore be some flexibility in altering them.

Heating systems, plumbing systems and electrical installations normally have a shorter life than their host building; electrical installations are typically renewed every twenty-five years, piped services less frequently. There is scope when renewing such installations to significantly improve the energy efficiency of a traditional building, always bearing in mind that intrusive works to protected structures require careful consideration and should only take place after professional conservation consultation, advice and detailed design which take fully into account the value of the existing fabric.

The properties of historic buildings (high thermal mass and slower response time), together with issues related to the installation of services mean that systems which are not usually considered for use in modern buildings can be most appropriate in historic buildings.

Solutions are not always as simple as they may seem and a holistic approach should be taken to looking at the benefits as well as the future consequences of any given system. Also, technology in this area is constantly evolving and new products are regularly becoming available. The efficiencies of differing heating systems that are used in Ireland can be found on SEAI's Home-heating Appliance Register of Performance (HARP) database.

WATER CONSERVATION

Many historic buildings, particularly those in isolated rural locations, had systems for collecting and storing rainwater. Where old collection systems survive, such as lead or copper tanks in the upper reaches of buildings, water butts or water barrels, it may be possible to bring them back into use as a water conservation measure and for use in activities such as watering the garden or washing cars. Overflow systems, safety systems and protection against flooding should be put in place and maintained.

Any proposal to use collected grey water (waste water from such domestic activities as clothes-washing, dish-washing and bathing) for use within the building or for use in appliances should be based on expert advice.

Water supply and drainage services increase the risk of damage when used on upper floors, plaster ceilings being most at risk. The greatest risk is from a burst pipe in the roof space, usually caused by an uninsulated pipe freezing during the winter months. To prevent this, all water services pipes outside of the insulated envelope of a building should be lagged.

PLUMBED HEATING SYSTEMS

As discussed elsewhere in this booklet, designers of older buildings were sometimes surprisingly sophisticated in understanding buildings, their ventilation and heating. While innovations in services tended to be applied to institutional buildings, elsewhere there is evidence of successful technologies, such as the use of cast-iron radiators. Heavy cast-iron radiators, emblematic of nineteenth-century applied technology, were an important invention, durable and efficient. Their moderately slow

response time is particularly suited to avoiding thermal shock, that is, an abrupt change in temperature, in older buildings. Churches, in particular, often retain components of nineteenth-century heating systems, where large pipes carrying hot water were laid in trenches covered with open cast-iron grilles, or arranged at low level around walls or between pews. These systems work on the principle that hot water rises, so that a boiler was located at basement level and the hot water circulated under its own thermodynamic impulse through the pipes, heating the spaces it passed through.



Hot-water heating pipes in a typical nineteenth-century floor duct

Ferrous metals in contact with water are prone to rust and so such systems have tended to deteriorate. Historic cast-iron radiators may sometimes be in sufficiently good condition to warrant reuse. However, a careful evaluation of the risk of leaking or flooding should be made. While modern hot-water-based central heating systems employ pumps and contain a comparatively small amount of water, there is no technical reason not to employ sound old radiators, and indeed the advantage of the thermal mass of the cast iron and the moderate heating up and cooling down time associated with them means that they are good to use in historic properties.

When pipework was retrofitted into buildings, the pipes were often ill-fitting, leaving gaps for draughts. Equally, when such pipes were removed in the past, the resultant holes were not always fully closed up. These holes may admit water, air or even smoke in the event of a fire and should be properly sealed up.

Older buildings were originally heated with open fires but it is likely that this form of heating is now superseded in many houses. Open fires are very inefficient with only 30% of the heat being emitted into the room. In most buildings open fires will be



Existing holes in floors or notches in joists can be reused to accommodate new runs of services. New holes or notches should not be created to avoid further weakening of the joists which has occurred in this example. Where there is existing pugging within the floor space, it should preferably be left in place



New and redundant holes in floors should be made good, fire-sealed where appropriate, and finished to match the existing floor. Where new service runs would interfere with the fabric of a protected structure, planning permission may be required

supplemented or have been replaced by a central heating system fuelled by oil, gas or timber fired boilers. While boilers are more efficient than open fires, typically operating at approximately 70% efficiency, significant improvements in efficiency have been made in recent years with 95% efficiency boilers now available. This means that 95% of the energy in the fuel is converted to heat resulting in less fuel being burned for the same heat output. The upgrading of standard boiler systems and associated controls in traditional buildings can be a relatively straightforward process with little negative impact on historic fabric. Condensing boilers are much more efficient and smaller than older ones and, when combined with appropriate controls, have the potential to deliver significant increases in energy efficiency. Wood pellet boilers are also a low carbon replacement for existing boilers. Care should be taken

regarding the location of any new boiler as the flue vents may have a negative impact on the external appearance of the building and may not be considered acceptable. To benefit fully from a high efficiency boiler, the heating controls in a building should also be upgraded to include thermostatic radiator valves (TRVs), room thermostats, heating zones, water heating on a separate time and temperature control, a programmable timer, boiler interlock and load compensators or weather compensators. If a building is fitted with a high efficiency boiler it is more efficient to run summertime water heating off the boiler rather than an electric immersion heater provided that the hot water circuit can be separated from the heating circuit. The lagging of all pipes carrying hot water is also cost effective, but may be difficult to implement in an existing building where many pipe runs are located below floors or within ceiling spaces.

WOOD BURNING

Many traditional buildings have chimney flues that could be used to advantage with wood burning stoves. A stand-alone stove as a replacement for an open fire would not normally have a boiler but there are a limited number of small stand-alone room stoves available with integrated boilers that can be connected to radiators and a hot water system. Stoves can be up to 80% efficient as opposed to the 30% efficiency of an open fire and can be used to burn logs that are sourced locally. The burning of timber is considered to be carbon neutral as trees absorb carbon dioxide while growing. However, in the case of pre-dried timbers or wood pellets, the timber may no longer be carbon neutral. Consideration should be given to the embodied energy already contained in wood if purchasing kiln-dried timbers or if using processed wood pellets imported from a distance (wood pellets are commonly imported from central Europe). Larger wood-burning boilers are also available and these are usually located remotely from the building in an outhouse with a wood storage area and a hopper for automatically feeding the boiler.

Fuel storage requirements for pellets and logs can be substantial and the construction of a new storage structure within the curtilage of a protected structure or in an architectural conservation area may require planning permission.



Wood-burning stoves can be efficient but in a traditional building they should generally only be fitted into non-decorative fireplaces. Historic grates and fire surrounds should not be damaged or removed in order to fit a stove

ELECTRICAL SERVICES

The use of electricity as a source of energy for heating is generally inefficient due to losses in generation, in distribution and in the appliance itself, with high resultant carbon dioxide emissions per unit of heating output when compared to oil or gas heating systems. The use of electric heating will also have a negative impact on a building's Building Energy Rating, as it is deemed to be inefficient and carbon-intensive: this may change in the future with increased use of wind and hydro-power. However, in the context of a historic building or a protected structure, the installation of wiring for an electrical heating system may be much less intrusive than a piped water-heating system, with no risk of damage to the fabric of the building from water leaks. Storage heaters are relatively cheap to purchase and can use night-rate electricity effectively (the use of which has some positive environmental implications). They can also exploit the high thermal mass of an existing building and, when coupled with appropriate draught-reduction and insulation and modern control systems, can prove to be an optimum solution for heating a historic property. Similarly the use of panel heaters with a shorter response time, perhaps used in tandem with storage heaters, or convector heaters/coolers could be considered. The location of cable runs either above or below floors (surface-mounted or otherwise) will need careful consideration to ensure minimal damage to fabric, in terms of both visual and physical impacts.



A storage heater fitted in a Georgian house. The low height of the storage heater allows for operation of the shutters at night and does not block the window

HEAT RECOVERY

Most heat recovery systems for domestic situations rely on a managed ventilation system, based on electrically powered fans, in the context of tightly sealed new buildings. As discussed previously, there is concern that significantly reducing ventilation within a traditionally built building may cause moisture problems within the fabric and in rooms. It seems unlikely that a heat recovery system in a predominantly naturally ventilated building would be either cost- or energy-efficient. In addition, any mechanical system that relies on ductwork will probably encounter difficulty as the relatively large ductwork would inevitably entail unacceptable levels of disturbance or loss of historic fabric or give rise to visual impacts. In the case of a protected structure, such works would probably require planning permission.

RENEWABLE ENERGY TECHNOLOGIES

Upgrading the fabric and services of an existing building are usually the most cost-effective means of improving its energy efficiency. However, there are instances where, to achieve greater energy savings and reduce carbon dioxide emissions, the use of renewable energy technologies could be considered for small-scale generation of electricity. So-called 'micro-renewables' include small-scale devices for exploiting sun and wind power, and heat within the ground, as well equipment for using renewable fuels such as timber, biomass or wood pellets. At present, the economic case for installing micro-renewables is not strong in terms of payback through cost savings. High capital costs result in lengthy payback periods which often exceed the lifespan of the installations.

However, in the medium term, market forces are expected to drive down the costs of installing renewable energy technologies, shortening the payback periods, thus making the installations more cost effective.

In the context of relatively high demand for energy within a particular building, the payback time on space-heating equipment which uses renewable energy, such as biomass or heat pumps, will be shorter. They should also assist in cutting carbon emissions.

Using simple solar-powered water heaters for domestic hot water is probably the most effective way to actively exploit solar power. Solar panels when mounted on the roof of a traditional building can be visually intrusive; a roof slope with a southerly orientation, not visible in important views of the building, is ideal such as within the valley of a roof. Such an installation can be reversed without causing significant damage, and so may be suitable for use on protected structures and within architectural conservation areas, subject to planning permission. It should be remembered that solar panels require an enlarged water cylinder.



A roof valley may be an appropriate place to locate solar thermal or photovoltaic panels provided that the orientation of the roof is appropriate. This image shows solar panels installed in hidden roof valley as part of Changeworks' Renewable Heritage project (Image © Changeworks)

The installation cost of a typical photovoltaic array for a dwelling is still relatively high. Small-scale wind-turbines are unlikely to offer any benefit in an urban environment although well-located installations, with a good exposure to wind, may be worthwhile in a rural situation. Power from such an installation could be used for water heating or background space heating. Wind turbines generate a large amount of vibration in use and are subject to high wind loadings and these must be taken into account if considering attaching

one to an older, possibly fragile, building. Also, the visual impact of a wind turbine on a historic building may be unacceptable. It is recommended that the building be checked for structural stability by an appropriately qualified professional before a wind turbine is attached.

Small-scale combined heat and power plant (CHP) can be very efficient in institutional or commercial buildings with high and consistent heat demands such as hospitals, nursing homes or hotels.

The installation of micro-renewables on a protected structure is not considered exempted development if it would have a material effect on the character of the building. The architectural conservation officer in the local authority should be consulted when considering any works.

HEAT PUMPS

Heat pumps work on the same principle as a refrigerator, drawing heat from a source, sometimes the air or ground water or the soil, and putting it into water or, less commonly, air. Such heat pumps work best serving as a source of heat for underfloor heating, where the water temperature required is lower than for radiators. Normally they are driven by electricity and are often claimed by their manufacturers to have the ability to convert one unit of power into three units of heat, thereby making the use of electricity for space heating more economic. If properly designed and installed, heat pumps may represent a carbon-efficient form of space heating. Systems should be designed for appropriate applications for all weather conditions.



Air-to-water heat exchangers: a heating system provided to a converted stable building. The grey metal casing will be camouflaged by future planting

As heat pumps are usually only appropriate for use with underfloor heating the retrofitting of this type of system is difficult. This type of upgrading should usually only be considered in the context of large-scale refurbishment works. Where the installation would involve loss of historic fabric it may not be suitable in a protected structure and planning permission would most likely be required. It is also worth noting that the appearance of air source heat pumps, which are large and industrial-looking, may not be appropriate sited adjacent to a traditional building and their location will therefore require some careful consideration.

LIGHTING

Many traditional buildings were designed for optimum use of daylight; effective use of daylighting can reduce the need for artificial lighting. Careful design of switching arrangements and other controls for lighting such as occupancy detectors are effective ways of reducing energy use in buildings.

The most efficient sources of artificial light are fluorescent tubes (which use 80% less energy than traditional incandescent bulbs) and light emitting diodes (LEDs). As compact fluorescent lamps (CFLs) emit higher levels of ultra-violet light which leads fabrics and papers to fade, consideration should be given to the potential impact on a room's decorative finishes and furnishings prior to switching from traditional incandescent bulbs. Recently developed halogen lights use less energy than incandescent bulbs but do not cause the same problems with fading as CFLs. According to the marketing information these halogen lights use 30% less energy than traditional incandescent but have a similar appearance and may be more appropriate in formal rooms and older types of light fittings. In this regard, it should be noted that some light fixtures in protected structures may be important features in themselves and modification of them may require planning permission.

Principles for improving the energy efficiency of a traditional building

- > Consider the microclimate and respond as appropriate: take advantage of the sun, create protection from the wind and keep buildings well-maintained and dry
- > Ensure the nature of use is suitable for the building as a whole or for particular rooms within a building. In some cases, it may be appropriate to re-arrange the locations of activities within a building
- > Evaluate the energy requirement in the context of embodied energy and life cycle costs as discussed in Chapter 1
- > Understand why and where heat is lost. Recognise energy-efficient design features in traditional buildings and endeavour to retain and improve these features
- > The principle of minimal intervention should apply when undertaking works to upgrade the energy efficiency of a historic building. Retain and repair the existing fabric of the building rather than replace it
- > Prioritise the order in which building elements are to be upgraded, taking into consideration both the character of the historic fabric and the upgrading works which will provide the greatest energy savings when compared to the investment costs. In general, for a traditional building, the priority order will be as follows:
 1. Draught proofing of windows and doors
 2. Roof insulation
 3. Replacement of outdated services with high efficiency units and updated controls
 4. Repair of shutters and fitting of curtains, with the possible installation of secondary glazing
 5. Floor insulation
 6. Wall insulation
- > Follow the principles of passive design when making any modifications. If constructing an extension to an existing building, take full advantage of passive design using this new addition to incorporate elements such as micro-renewables, which can serve both the new and old parts of the building. However, bear in mind that it may not always be appropriate or practical to add to the older building

4. Case Studies

These case studies demonstrate how measures to improve energy efficiency have been implemented in a variety of historic buildings without negatively impacting on the architectural character of each building. In addition they show how, by following the conservation principle of minimal intervention, a sustainable level of intervention can be achieved in terms of the cost of works and the amount of energy to be consumed by a building over its prolonged life.

A Regency house in the city



The brick façade from 1821 was later repointed using a sand and cement mortar. While the removal of this pointing and its replacement with a vapour-permeable lime-based mortar would benefit the building, it is likely that the process of removal of the pointing would cause unacceptable damage to the brickwork

DESCRIPTION OF THE BUILDING AND SITE

The house faces south-west, and is in the middle of a terrace of similar houses. This early-nineteenth-century house has been modified many times over its lifetime. The original layout comprised two rooms on each of the lower two levels with a three-bedroom layout on the upper floor. A 'flying bathroom' was added on the

return level of the original stairs and later removed. The building, like so many in the inner suburbs, was converted to flats in the 1960s and extended at that time with a flat-roofed extension to the rear. Following re-conversion to a single dwelling in the late-1980s, the roof was raised to provide a further habitable floor. The building extends to approximately 220 m².

This is an example of a house which has been adapted many times to meet changing requirements. It is now a protected structure and any works that would materially affect its character require planning permission.

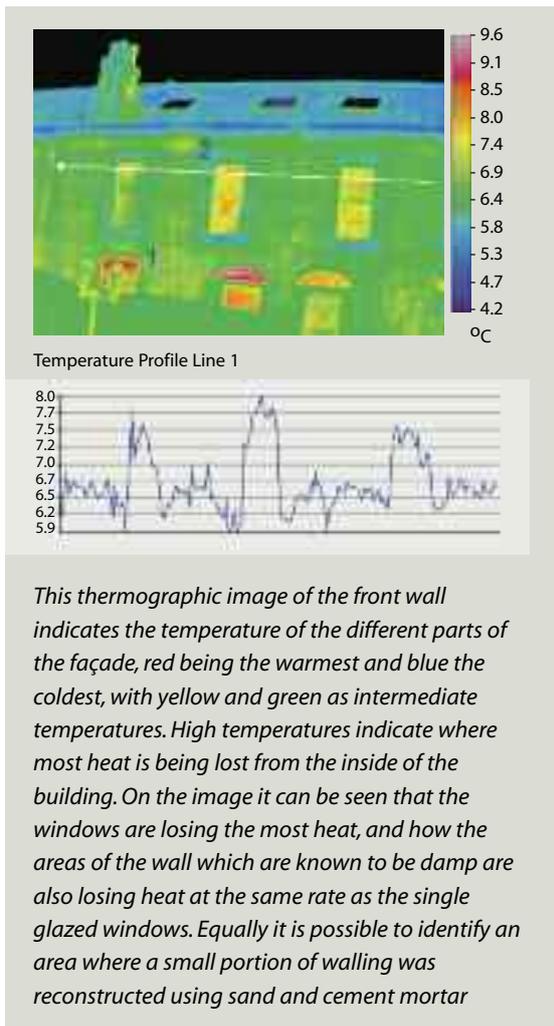
WORKS CARRIED OUT

Recently constructed elements such as the attic storey were built to the requirements of the building regulations. This means that the roof and much of the back wall have higher U-values than the original structural elements. Works to the house included replacement of the basement floor in concrete, with insulation beneath the slab. The roof has a typical modern slated construction, with a high performance insulation board laid between the rafters, laid over foil-backed plasterboard. The flat roofs are covered in asphalt and insulated with a fibreglass quilt. The original brick wall above basement level, which is the main façade, was repointed in sand and cement in the 1960s. This has interfered with the ability of the wall to 'breathe', that is, to allow water to evaporate, and thus the wall is colder than a comparable wall pointed in a lime-based mortar.

In common with many such buildings, the basement walls are thicker and are constructed of granite in a lime mortar. The granite, being dense, is a colder material than the brick and conducts heat more rapidly. New windows are double glazed in a timber frame, while original windows, where existing, are single glazed with working shutters. No draught proofing has been applied to the windows.

SPACE HEATING AND HOT WATER

A gas boiler provides heat to radiators and a hot water cylinder. In addition, an open fire is lit in the main living room and a solid fuel stove is used in the basement family room.



ENERGY ASSESSMENT

Being in a terrace, the house benefits from the lack of exposure of its flanking walls. The configuration of the house, being approximately a cube, means that heat loss through the walls is low and the heat loss through the roof and basement floor is comparatively low given high standards of insulation and a relatively small 'footprint' of the building relative to its overall floor space. The orientation of the house means that it enjoys some solar gain through its front windows and it is sheltered from the prevailing winds by mature trees located about twenty-five metres away. The building has a typical family-based level of activity, with continuous light daytime occupation and more intense morning, evening and night-time usage. Shutters are used to reduce heat loss through the historic single glazing at night-time, while there are lined curtains on some windows.

CONSERVATION ASSESSMENT

This hybrid construction, combining historic and modern fabric, is relatively common, particularly as many older houses have been renovated or extended in recent years. Conservation considerations have meant that the main windows have been retained and that no dry-lining has been applied to the walls of the house while surviving original fabric has been retained throughout.

LIFECYCLE ASSESSMENT

The cumulative effects of the various works that have been undertaken in recent years mean that it is in good condition with a re-slatted roof and new back wall. These elements of the house should not require further works for another 50-70 years. Windows and cast-iron rainwater goods will require on-going maintenance every 5 years.

RECOMMENDATIONS

Some draught proofing could be added to the existing historic sash windows. Gaps between the window frame and the wall should be caulked to minimise leakage. Dampers could be provided to all chimneys to moderate ventilation rates. For architectural conservation reasons, there is little potential for the provision of porches or draught lobbies either internally or externally. The removal of the cement pointing and its replacement with a vapour-permeable, lime-based mortar would improve the thermal performance of the front wall by reducing its moisture content. However, the potential for damage to the brickwork, and the relatively high cost of such work make repointing undesirable from a conservation point of view and financially unviable. When the present gas-fired boiler reaches the end of its life, a new high-efficiency condensing boiler with new heating controls could be provided. The hot water cylinder should be on separate time and temperature control. Pipework should be insulated where accessible. All incandescent light bulbs should be replaced with low energy bulbs.

A detached country house



When compared to buildings in other northern European countries, Irish buildings generally have comparatively small windows in proportion to the walls

DESCRIPTION OF THE BUILDING AND SITE

This is a fine two-storey over basement country house, primarily dating from the early-eighteenth century but with nineteenth-century additions. The building is a protected structure and is in use as a private dwelling. The floor area of the house is approximately 300 m².

The layout of the house is quite compact, having a central entrance hall, with rooms to either side, leading to a stair hall, which originally projected from the rear wall, but was later partly flanked by the nineteenth-century extension to the rear left. The house retained much of its original joinery and plasterwork but was in need of repair. Walls are constructed in rubble stone and rendered externally.

The siting of the house demonstrates a good understanding of the benefits of shelter-belt planting, having a large copse extending to the west with farm buildings and more trees extending to the east. The façade of the house itself faces due south.

A programme of repair works has been ongoing at the house for a number of years, benefitting from grant assistance from the local authority conservation grant scheme, the Heritage Council and the Irish Georgian Society.



This first edition Ordnance Survey map shows a more extensive stand of trees to the northeast, with several clumps of trees ornamenting the front paddock and modifying the impact of the occasional mild southerly gale

WORKS CARRIED OUT

Generally, essential repairs to the external envelope of the building have been carried out on a sequential basis. Typically a dry house is a warmer house and with that in mind, the roofs were re-slatted, parapet gutters re-leaded, chimneys re-rendered and defective rainwater goods repaired or replaced - all with a view to reducing the level of dampness in the house. Ceilings under the attic have been insulated. Original window frames have been repaired and, where sash windows had been replaced with inappropriate twentieth-century ones, these were replaced with sashes to match the original. No draught proofing has been installed as the newly fitted sashes are quite snug, while still admitting sufficient trickle ventilation.

SPACE HEATING AND HOT WATER

An oil-fired aga cooker was fitted in the new south-facing kitchen/dining room. The nineteenth-century wing is heated by an oil-fired central heating system. An electric hot-water immersion cylinder is also used.

ENERGY ASSESSMENT

This house represents the implementation of a series of measures which can significantly improve the energy efficiency of a traditional building. The combination of attic insulation and new or repaired windows together with its south-facing orientation have helped significantly to exploit the thermal mass of the building in retaining solar heat-gain. Virtually all rooms have fireplaces, which have been kept open. The relocation of the main kitchen from the north-facing rear room to a sunny east and south-facing room made a significant improvement to the daily comfort of the occupants.

CONSERVATION ASSESSMENT

Works which have been carried out for the benefit of the structural integrity of the building have also increased the building's thermal performance. No insulation has been added to the walls of the building but, by keeping them dry, the building stays warmer and retains heat better. The omission of draught proofing from the windows means that they admit more ventilation, which helps to dispel high internal moisture levels which could cause or promote the growth of mildew, rots or other fungi.

LIFECYCLE ASSESSMENT

More than 260 years old, the original finishes still survive internally. The newly re-slatted roof has a design life of a hundred years. The new timber sash windows, with normal maintenance, have a life expectancy in excess of 100 years.

RECOMMENDATIONS

The house should be re-rendered with a lime based render, which would further reduce the moisture content of the walls, keeping them warmer. In a rural location with sufficient space for storage of fuel, a wood-pellet boiler may be considered, or a more labour-intensive wood-burning boiler, which could exploit timber harvested on the farm. In the less-architecturally important rooms, provision of small timber burning stoves could be considered; these would do away with the need for central heating pipework, with the potential for damage to the fabric of the building. For those areas served by the central heating system, the different zones and the supply of hot water should be time and temperature controlled from a central programmer. There should also be a boiler interlock and, for a large house, a compensator circuit. The installation of an optimiser control that senses outside temperature should be considered. All hot-water pipework should also be insulated. Temporary sealing through the use of dampers on unused chimneys would reduce infiltration losses. Where appropriate, traditional light bulbs should be replaced with energy-efficient ones.

A pair of rural cottages



Cottages prior to refurbishment

DESCRIPTION OF THE BUILDING AND SITE

These small lodges, which are protected structures, had fallen into disrepair before undergoing refurbishment and enlargement. Small simple buildings such as these are most vulnerable to over-renovation, where their character can be lost.

WORKS CARRIED OUT

Poorly built modern extensions to the cottages were replaced with modern, highly insulated extensions with window openings primarily facing east and west. Sun rooms were added on the south side of the houses, providing pleasant living spaces and contributing to the solar gain of the buildings in their entirety. As the cottages are semi-detached, the new extensions to north and south leave only one exposed original wall in each cottage. The ground floor was excavated and a new, insulated floor laid while the roof was insulated as part of the re-slating works. Historic leaded single-glazed windows have been retained and repaired. As a result of the repairs these windows have a snug fit and have not required draught proofing. Where existing, original shutters were brought back into use. New timber double-glazed windows, some with shutters, have been provided elsewhere. External render was replaced in a lime-based render which matches the original. A French drain was provided around the building to help reduce the moisture content at the base of the external walls.

SPACE HEATING AND HOT WATER

New gas-fired condensing boilers have been provided and serve underfloor heating and radiators. Each house has three heating zones with separate thermostats. All radiators have been fitted with thermostatic radiator valves. Wood-burning stoves have been fitted in the living room fireplaces and these chimneys are therefore still in use.

ENERGY ASSESSMENT

These houses have modern standards of insulation in the floor and roofs. While the walls have not been upgraded, the new extension to the north side of the building has modern insulation standards thereby keeping the coldest part of the buildings warm. The sun rooms to the south will collect heat from the sun and this heat will gradually spread through the house during the day. As the sun rooms are separated from the rest of the house with external-quality double-glazed doors they can be isolated in the evening and during the winter. The radiators in the sun rooms, on a separate circuit to the remainder of the house, can be controlled independently. The shutters keep in the heat at night time.

CONSERVATION ASSESSMENT

The cottages have been upgraded in a manner which achieves a balance between improving energy efficiency whilst retaining the essential character of the historic lodges as well as their building elements and materials.

LIFECYCLE ASSESSMENT

The new roofs, using high quality natural slate and leadwork, should have a design life of 70-100 years subject to regular maintenance of the rainwater goods.

RECOMMENDATIONS

Having upgraded the cottages and introduced a range of energy-efficient measures, the buildings should be kept in good repair and maintained in an appropriate fashion.

A converted stable yard



Before and after images of restored stable yard

DESCRIPTION OF THE BUILDING AND SITE

This is a stone-built stable yard arranged around four sides of a courtyard. The stable yard is a protected structure and, prior to refurbishment, it had fallen into an almost completely ruinous state. The footprint of the building is extensive and the ranges are long and low with a shallow plan from front to back. The building is set low in relatively open landscape but with a copse of trees planted on its west side.

WORKS CARRIED OUT

The complex has been subdivided into a group of ten houses. As part of the restoration of the courtyard, the building was re-roofed, with high levels of insulation provided. New windows were installed in both single and double-glazed arrangements. Where existing windows survived, these were repaired and fitted with single glazing. The design of all the new windows was based on evidence of pre-existing four-pane windows. These new windows are double-glazed casement windows. The solid rubble limestone walls were repointed with a lime mortar in order to ensure high levels of breathability while a new insulated floor slab was laid with an injected DPC being provided at low level to the original walls. New, well-insulated extensions complying with the building regulations were provided to four of the houses. This has internalised part of the north wall of the complex, making that wall warm and dry.

SPACE HEATING AND HOT WATER

Each house is served by an air-to-water heat pump, which provides heat for underfloor heating at ground and first floor levels through the houses, as well as domestic hot water. Every room in each house is thermostatically controlled. Each heating system benefits from a weather compensator, which modifies the output in accordance with the external air temperature.

ENERGY ASSESSMENT

Refurbishment of an existing ruin is sustainable development in that it retains embodied energy by the reuse of a structure which has already had a 200-year life. The new floors and roofs have been insulated to modern standards and many rooms within the complex have double-glazed windows. The heating system is designed for optimum efficiency.

CONSERVATION ASSESSMENT

Having fallen into dereliction over a period of several decades, this building has now been comprehensively restored and refurbished and is being put to a new and sustainable use. The essential character of the stone-walled, slate-roofed structure has been maintained with modifications to its architectural form being kept to a minimum while at the same time ensuring suitable comfort standards.

LIFECYCLE ASSESSMENT

The building complex has been restored to high conservation standards with natural slate roofs, new floor substrates and new floors all of which have an anticipated 100-year life. The windows and cast-iron rain-water goods will require regular maintenance. The air-to-water heat pumps have a life-expectancy of 15 years.

RECOMMENDATIONS

Having upgraded the courtyard buildings and introduced a range of energy-efficient measures, the building should be kept in good repair and maintained in an appropriate fashion. As the use of air-to-water heat pumps is relatively new to Ireland, it would be interesting to monitor the performance of the system over a number of years and calculate the energy savings achieved.

A mixed-use building in a town



Tall, south-facing windows allow the main hall to be flooded with light and maximise solar gain

DESCRIPTION OF THE BUILDING AND SITE

This detached building is two-storeys in height over a basement and has an additional attic storey set behind a parapet. The corner stone was laid in 1703 and the building completed by 1707. However, it is believed to incorporate fabric from a seventeenth-century building that previously occupied the site. The seven-bay brick façade is asymmetrical with a corresponding asymmetrical plan. Accommodation to the west side includes a basement, double-height hall and attic, while the east side has accommodation over the basement, ground, first and attic levels. The staircase is contained in a projecting compartment at the rear of the building. A single-storey extension was built c.1995 on the north side of the hall to the east of the staircase projection.

This building is a protected structure. It comprises a series of large rooms that are used for private functions with ancillary kitchen and WC accommodation. Office accommodation is located in the smaller rooms within the attic storey and first floor of the building. The building is approximately 300 m² in area.

The interiors have changed considerably during the course of the last three hundred years. In particular, dereliction during the middle period of the twentieth century resulted in considerable loss of architectural features. Today the most important surviving feature is the original timber staircase. The ground, first and second floors are of timber joisted construction with floorboards supported by beams or load-bearing walls. The basement floor consists of modern tiles on what is understood to be an uninsulated 1970s concrete slab. The walls of the basement are of calp, a dense limestone, which has been stripped of its internal plaster, while the walls of the upper storeys are of brick, exposed externally and plastered internally.

The existing pitched roof is finished with natural slate. The interior of the roof space was originally built to accommodate habitable space with dormer windows provided in the roof. These rooms are in use as offices today, retaining dormer windows with dry lining to the walls and the underside of the roof. The roof-space contains some fibreglass insulation. The existing windows and doors date from the 1970s and are replicas of the historic sash windows.

WORKS CARRIED OUT

Having undergone a significant restoration in the 1970s, the building has been the subject of periodic maintenance and repairs since that date. Recently, repairs and draught-proofing works have been carried out to the windows and there has been some upgrading of services.

SPACE HEATING, HOT WATER AND ELECTRICITY

The building has recently been fitted with an efficient gas condensing boiler resulting in immediate savings in terms of energy consumption. However, the distribution pipework is old and in need of upgrading. Hot water is provided locally from under-sink electrical units; this can be an efficient solution where water demand is sporadic. Prior to carrying out full-scale replacement of the existing pipes, an assessment of any potential damage to the fabric should be completed and if it is found that this work would result in further damage to the fabric it may be more appropriate to modify the existing pipework without general replacement.

ENERGY ASSESSMENT

This is a free-standing building with relatively thin walls and extensive single-paned glazing. While it benefits from a southerly orientation the building has a high heating requirement. The building enjoys good natural daylight from the south with large window openings and fewer openings on the north elevation. There are fireplaces at basement and main floor level in the north wall, while the staircase is also on the north side. The single-glazed southerly windows are advantageous as they allow for maximum amounts of solar gain. The windows and doors, prior to draught proofing, provided ventilation levels above the required 0.8 - 1 air change per hour. This was especially noticeable in the smaller office spaces at the top of the building, which were difficult to heat, and had a negative impact on comfort levels.

CONSERVATION ASSESSMENT

While the building was substantially renovated in the 1970s, it retains much of its original fabric and spatial character. The recent upgrading works to the building have been achieved with the maximum retention of historic fabric and no noticeable impact on the character of the building.

LIFECYCLE ASSESSMENT

Built in 1703-7, the building is now more than three hundred years old. The brickwork, being mainly original, has discounted its embodied energy over its long lifespan. The slating has been repaired a number of times, but is nearing the end of its useful life.

RECOMMENDATIONS

As the basement floor is modern, there is the potential to replace it with an insulated slab incorporating underfloor heating powered either by natural gas or connected to a source of renewable energy. However, digging up the basement floor would be a costly exercise, which would only make financial and environmental sense if undertaken as part of a larger project to refurbish the basement and enhance the architecture, thereby going some way to mitigate the cost both financially and in relation to embodied energy. Given the location of this building, and the fact that it incorporates fabric of an earlier building, there may be archaeological implications to such works which would impact on the decision-making process.

Windows at attic level have been draught proofed. As the upper level of the building is partially within the roof space, the amount of insulation which can be retrofitted may be limited owing to the construction type of the roof and spatial considerations in the attic. Under these circumstances a combined approach needs to be taken with scope for lining the interior at this level with insulation in tandem with filling the void above the ceiling level with insulation where accessible. This would provide the maximum achievable levels of roof insulation. A range of insulation materials could be considered for use in such circumstances, with possibly more than one type being required for different applications. The building's owners may have a preference for natural products such as wool or hemp over synthetic products.

As with many historic buildings, the potential for applying insulating materials to the interior face of the walls is limited. The basement walls have been stripped of their plaster, and a lime plaster finish could be reinstated which would have a higher surface temperature than the cold exposed stonework. Lime plaster would also absorb and release moisture, modifying humidity and adding considerably to the sense of comfort within the room. Energy-saving works which are carried out to the walls should also concentrate on ensuring the walls are dry by repointing them with lime mortar and re-plastering with breathable lime plaster where necessary.

While some windows have window shutters, others do not. In the case of the latter, consideration could be given to providing new window linings with working shutters. The shutters could be used at night time to help retain heat gained in the building during the day.

There may be some scope for inserting secondary glazing panels inside the windows for the winter months. These would be visually less obtrusive if a relatively plain system (possibly in the form of two sliding panels in a light aluminium frame) were installed. This would allow ventilation as required, and permit access for cleaning purposes.

Prior to draught proofing windows and doors, an assessment of all means of ventilation of each room should be completed to allow for proper consideration and design for maintaining the minimum number of air changes per hour in spaces that are heavily used. Provision should be made to allow additional ventilation to ensure that moisture and humidity levels are controlled.

This building has historical importance which is an over-riding consideration in the context of energy savings. It would be best upgraded as follows:

- > Through maintaining the building and ensuring that the external walls are drier
- > By improving roof insulation
- > By fitting removable secondary glazing
- > By reviewing electrical usage to provide light and small power. Controls for lighting in this building could be examined. Occupancy and daylight detectors could easily be fitted
- > Future development of the complex may provide opportunities for more appropriate fitting of sustainable energy installations and for adding extensions which, by their presence, could somewhat reduce the heating requirement of the existing building. However, the restricted nature of the site and the architectural significance of this building would make the design of an appropriate extension very difficult

Living over the shop



Although this traditionally built building is not a protected structure, it has been refurbished in accordance with best conservation practice

DESCRIPTION OF THE BUILDING

This is a late-nineteenth century building, two-storeys high over a basement with an inhabited dormer attic storey, a first floor having tall windows and a ground floor with a shopfront. It was originally built of brick and stone, with a rendered finish to the rear façade. A new return built in 2000 was constructed using a proprietary metal system which has external insulation as well as insulation between the metal studs. The return extends over half of the original north-facing rear wall. The building now comprises two two-bedroom apartments with office use on the ground and basement floors. The original windows are single-glazed vertically sliding sashes.

WORKS CARRIED OUT

At the time of its redevelopment in 2000, the basement floors were replaced with a concrete slab having an insulated screed containing a piped underfloor heating system. Floors throughout the remainder of the building consist of timber joists with timber floorboards; new ceilings were added between the shop floor and the apartments above, insulated with mineral wool, primarily for fire separation purposes, but which also has advantages in terms of reducing noise transfer. The roof was re-slatted and provided with insulation to building regulation requirements. At attic level, mineral wool insulation was provided over the flat ceilings while insulation board was provided to the coved areas. The original walls of granite rubble and brick were left uninsulated.

The highly insulated extension on the north side was constructed of steel studs with insulation between, and with external insulation finished with a proprietary render to the exterior. New windows are timber framed with double-glazed units. The original windows were repaired but not draught proofed. No shutters were provided. An earlier aluminium shopfront was removed and replaced with a new timber-framed double-glazed shopfront.

SPACE HEATING, HOT WATER AND ELECTRICITY

There are individually controlled, gas-fired, combination boilers to each apartment and the ground floor offices. The common areas are unheated.

ENERGY ASSESSMENT

Having individual heaters for each tenant gives a high degree of control over the use of energy and is an efficient way of delivering heat to each tenant. The building is part of a terrace which reduces the amount of external wall and related heating load, while the highly insulated new extension on the north side reduces heat loss through the north wall by half by 'internalising' the older masonry wall over half its width.

CONSERVATION ASSESSMENT

The importance of this building arises from its contribution to the character of the streetscape. The building maintains its original appearance to the street, except for the modern part of the shopfront.

LIFECYCLE ASSESSMENT

Now approximately 130 years old, the refurbishment works of 2000 should mean that this building will have a further life of fifty to a hundred years before re-slating is required. General maintenance works to windows and cast-iron gutters will be required every five years.

RECOMMENDATIONS

Appropriately designed and accurately detailed shutters should be provided to all the original windows which remain single-glazed.

A Georgian townhouse



A well-maintained Georgian house with its original timber-framed sash windows

DESCRIPTION OF THE BUILDING

In common with most city-centre Georgian houses, this building is now used as offices by a number of different tenants. It is located in the middle of a terrace, faces north, and comprises four storeys over basement, with a typical floor plan having two rooms per floor for the ground and first floor, the equivalent rooms being subdivided to form four rooms on the upper floors. The basement is used as a conference room. A return structure is used as a residence. The plan form of the building is compact, with a relatively small amount of exposed external walling to the front and rear.

WORKS CARRIED OUT

The windows were provided with draught excluders and the shutters were eased and adjusted to allow them to be closed at night for security and insulation purposes. After a short period of usage, some of the draught excluders were removed to reinstate trickle ventilation into the rooms to counteract the effects of excessive heat given off by electrical office equipment.

SPACE HEATING, HOT WATER AND ELECTRICITY

All heating is by electrical heating. Consideration was given during recent refurbishment to the installation of a radiator-based system. However, the impact on the historic fabric of the installation of the required pipework would have been far greater than the impact of wiring for storage heaters. Used judiciously, storage heaters with convector fans can be cost effective in traditional buildings, where they exploit the greater thermal mass of such buildings. Individual control on a floor-by-floor basis means that the rooms are only heated as required. The stairhall is not heated.

ENERGY ASSESSMENT

Windows have been draught proofed and electrical heaters upgraded to high-efficiency commercial storage heaters, which fit under the windows, replacing older storage heaters and inefficient plug-in heaters. As the building is in commercial use, the storage heaters are an effective way of heating the spaces, providing heat efficiently during the day. The shutters are all in working order and used at night time to retain the heat which has built up during the day. This building achieves comfort for a range of different building users, who control heating levels in each separate occupancy. The mid-terrace location means that aggregate heat loss is relatively low.

CONSERVATION ASSESSMENT

Selective structural repairs were carried out to this building, but apart from the conversion of the basement to use as a lecture theatre, there has been little alteration of this building. Much of the original fabric has survived, the building having a resultant high degree of architectural authenticity.

LIFECYCLE ASSESSMENT

Now over 200 years old, this building is in good condition and the recently completed structural repair works will safeguard it for the foreseeable future. The roof has not been re-slatted in recent years and this may need to be undertaken within the next 30 years. General maintenance works to windows, cast-iron gutters, and cast and wrought-iron railings will be required every five years.

RECOMMENDATIONS

The existing insulation in the roof space is minimal and should be upgraded where roof spaces or lofts are accessible. Where ready access to loft spaces is not possible, for example because of the lack of access hatches, insulation provisions should be reviewed as part of any future re-roofing works.

Places of worship

A typical place of worship has decorative finishes both internally and externally; rich with traditional materials and details, they can be difficult to upgrade. In general, the most appropriate energy-efficiency measures for churches and cathedrals are the insulation of the roof and the improvement of the mechanical and electrical services.

The upgrading of roof insulation is generally straightforward where there is an attic in a building; however, places of worship often have exposed undersides to roofs, the upgrading of which requires careful consideration. Where a place of worship has a flat ceiling, it is generally possible to insulate above it. Such insulation is inexpensive to install and has the effect of moderating heat loss so that temperature fluctuations between heating cycles are less extreme; sudden changes in temperature can be damaging to historic building fabric. Given that churches are often only heated at weekends, it could be argued that there is a long payback period on the investment in insulation; this needs to be considered on a case-by-case basis. The episodic and variable way in which such buildings are used also results in particular requirements for its heating and lighting systems.

Caution should be exercised to ensure that any electrical wiring in the roof space is in good condition if it is to be enclosed by insulation. In some cases it may be advisable to have wiring inspected by an electrician on the Register of Electrical Contractors of Ireland (RECI) before proceeding with installing insulation. It is also very important to ensure that any lights recessed into the ceiling have adequate ventilation or fire-covers fitted before laying insulation.

Improvements to the heating system such as replacing a boiler and installing better controls are good actions to take. While it may seem extravagant, it is important to seek to maintain the temperature of the church at a reasonable level, probably over 12°C, throughout the week, so as to avoid condensation and damp-related problems and to make it easier to achieve a comfortable temperature during weekend services.

A nineteenth-century rural church



A nineteenth-century church with spire. The roof has been re-slatted and insulated and the walls re-pointed

DESCRIPTION OF THE BUILDING AND SITE

This church dates from 1870 with various alterations and additions having been made since. In plan, the church comprises a three-bay nave with a tower and a porch attached to the south west corner. A wide chancel arch leads to the two-bay chancel while a robing room adjoins the chancel on the south side. The church has been well maintained over the years.

BUILDING USE

This church is usually used only twice a week for services. During a recent programme of works to improve the weathering of the building it was decided also to undertake works to improve its energy consumption and to increase the thermal comfort of the building's users.

WORKS UNDERTAKEN

The roof was re-slatted with new Bangor Blue slate. While re-slating the roof the opportunity was taken to add a layer of insulation using a very thin layer of reflective material between the slates and the ceiling boards. This resulted in a slightly raised roof which was accommodated with secret valleys at the barge and raised gutters, supported by new stone insets. Walls were repointed in a lime-based mortar to reduce damp and internal lime plaster was repaired where necessary. All lighting was replaced with low energy metal halide lamps; with tungsten halogen lamps confined to the sanctuary area to allow for manipulation of the lighting levels.

Getting a gas supply to the site was not possible. The oil-fired boiler was replaced with a more efficient one and all pipework was replaced, lagged and fitted with modern controls. New radiators were installed along both walls of the nave at regular intervals to deliver quick response heat to all areas in a short period of time in accordance with the requirements of the users.

The result is a church which is draught-free with controlled ventilation and an efficient, quick-response heating system providing comfort levels when required.



A special detail was used to deal with the small additional height that resulted from adding insulation to the roof build-up; stone blocks were added under the reinstated cast-iron gutter



While re-slating, the opportunity was taken to put the original ceiling vents back into working order. The vents are mechanically controlled to allow the users to alter the amount of ventilation as required

An eighteenth-century city church



The church following restoration

This church is intensively used both during the week and at weekends. A programme of works was undertaken a number of years ago to refurbish the building for its current use. The building had suffered from serious damp ingress over time and required works to the roof, rainwater goods and stone façades. As part of these building works, an extension was added to the rear of the building and underfloor heating was provided. Mineral wool insulation was provided over the main ceiling. The existing single-glazed timber framed windows were repaired and refurbished but not draught proofed.

As this building has long periods of continuous use at a time, underfloor heating is an appropriate heating system. The low-temperature heat stored in the floor can help to combat ground damp in older buildings. High spaces such as are found in big churches are difficult to heat satisfactorily using radiators. By heating the floor, heat is provided where it is required; the convection of hot air is reduced, meaning that overall heat losses are reduced. However, as many places of worship have high quality flooring and, in some cases, burials beneath the floor, the installation of underfloor heating will often not be an option. The lifting of a historic floor in a protected structure is of course subject to planning permission. In this case, the existing floor was timber with some tiling at the perimeter but was in a dilapidated state and required replacement.



This new extension to the rear of the church provides necessary office accommodation and comprises two storeys built on top of the ruins of the original vestry



A timber glazed porch was provided inside the main west door, primarily for draught-proofing purposes but also to avoid having to re-hang the external doors, which would otherwise be required to open outwards for emergency egress

Historic buildings and the law

ARCHITECTURAL HERITAGE PROTECTION

Under Part IV of the Planning and Development Act 2000, buildings which form part of the architectural heritage can be protected either by being designated a protected structure or by being located within an architectural conservation area.

Where a building is a protected structure (or has been proposed for protection) or is located within an architectural conservation area, the usual exemptions from requirements for planning permission do not apply. In the case of a protected structure any works, whether internal or external, which would materially affect its character, will require planning permission. Legal protection also extends to the land and other structures associated with a protected structure such as outbuildings that are located within the curtilage of the main building. In an architectural conservation area, any works to the exterior of a building which would affect the character of the area also require planning permission. Owners and occupiers of protected structures have a responsibility to maintain their buildings and not to damage them or allow them to fall into decay through neglect.

A notice was sent to every owner and occupier of a protected structure when the building first became protected. If you are not sure of the status of your building, check the Record of Protected Structures in the Development Plan for the area. If your building is a protected structure, or if it is located in an architectural conservation area, your planning authority will be able to tell you what this means for your particular property.

As an owner or occupier of a protected structure, you are entitled to ask the planning authority to issue a declaration which will guide you in identifying works that would, or would not, require planning permission. Works to upgrade the energy efficiency of a protected structure, if carried out in line with good conservation practice and the guidance contained within this booklet, will generally not require planning permission if they do not materially affect the character of the building. However, some types of work may require planning permission. If you are in any doubt about particular proposed works, you should contact the architectural conservation officer in your local authority for advice.

For general advice on planning issues relating to architectural heritage, a publication entitled *Architectural Heritage Protection Guidelines for Planning Authorities* (2004) published by the Department of the Environment, Heritage and Local Government is available from the Government Publications Sales Office or can be downloaded from www.environ.ie.

TRADITIONAL BUILDINGS AND THE BUILDING REGULATIONS

Generally, an existing building is required to comply with the Building Regulations when it undergoes a material alteration or change of use. Technical Guidance Document (TGD) L is published by the Department of the Environment Heritage and Local Government to provide guidance on meeting the requirements for *Part L: Conservation of Fuel and Energy* of the Building Regulations. The guidance is published in two parts, one for the *Conservation of Fuel and Energy - Dwellings* and a second for the *Conservation of Fuel and Energy - Buildings other than Dwellings*. These documents set out a number of minimum standards for heat loss, thermal bridging, air infiltration and the efficiency of heating and cooling plant.

An existing building which is a protected structure or a proposed protected structure is exempt from the requirements of Part L (Conservation of Fuel and Energy) of the Building Regulations when it is subject to material alteration or a change of use. Buildings protected under the National Monuments Acts, such as recorded monuments, are generally exempt from the requirements of the Building Regulations. A number of categories of buildings are exempt from the requirements of the European Communities (Energy Performance of Buildings) Regulations 2006 which require a Building Energy Rating (BER) to be undertaken for an existing building when let or sold. These categories include buildings protected under the National Monuments Acts, buildings that are protected structures and proposed protected structures under the Planning and Development Acts and buildings used as places of worship or for the religious activities of any religion.

Any works that would affect the character of the building or have a material or visual impact should be carefully considered. In specific cases, relaxation of requirements may be acceptable to the local building control authority, if it can be shown to be necessary in order to preserve the architectural integrity of the particular building.

The Building Control Acts and associated Regulations apply minimum standards to the design and construction of extensions, alterations and change of use of existing buildings; responsibility for complying with the Building Regulations rests primarily with the owners, designers and builders of the buildings or works. The current Building Regulations and Technical Guidance Documents can be found at www.environ.ie.

Useful contacts

The architectural conservation officer in the local authority should be the first person to contact with queries regarding a historic building. Other useful contacts include:

Architectural Heritage Advisory Unit,
Department of the Environment, Heritage and Local Government,
Custom House, Dublin 1

Telephone: 01 888 2000

Web: www.environ.ie

Construction Industry Federation, Register of Heritage Contractors, Construction House, Canal Road, Dublin 6

Telephone: (01) 406 6000

Web: www.heritageregistration.ie

Engineers Ireland, 22 Clyde Road, Ballsbridge, Dublin 4

Telephone: 01 665 1300

Web: www.iei.ie

Heritage Council, Áras na hOidhreachta, Church Lane, Kilkenny, Co. Kilkenny

Telephone: (056) 777 0777

Web: www.heritagecouncil.ie

Irish Architectural Archive, 45 Merrion Square, Dublin 2

Telephone: (01) 663 3040

Web: www.iarc.ie

Irish Georgian Society, 74 Merrion Square, Dublin 2

Telephone: (01) 676 7053

Web: www.igs.ie

Royal Institute of the Architects of Ireland, 8 Merrion Square, Dublin 2

Telephone: (01) 676 1703

Web: www.riai.ie

The Society of Chartered Surveyors, 5 Wilton Place, Dublin 2

Telephone: (01) 676 5500

Web: www.scs.ie

Sustainable Energy Authority of Ireland, Wilton Park House, Wilton Place, Dublin 2

Telephone: (01) 808 2100

Web: www.seai.ie

Further reading

Baker, Paul. *In Situ U-Value Measurements in Traditional Buildings – preliminary results*. Edinburgh: Historic Scotland. (2008)

Baker, Paul. *Thermal Performance of Traditional Windows*. Edinburgh: Historic Scotland (2008)

BRECSU. *Post-Construction Testing – a professional's guide to testing housing for energy efficiency*. General Information Report 64. London: HMSO (2000)

Carrig Conservation et al. *Built to Last: the sustainable reuse of buildings*. Dublin: Dublin City Council (2004)

Changeworks. *Renewable Heritage - a guide to microgeneration in traditional and historic homes*. Edinburgh: Changeworks (2009) downloadable from www.changeworks.org.uk

Changeworks. *Energy Heritage - a guide to improving energy efficiency in traditional and historic homes*. Edinburgh: Changeworks (2008) downloadable from www.changeworks.org.uk

Cook, Martin Godfrey. *Energy Efficiency in Old Houses*. Wiltshire: Crowood Press (2009)

Department of the Environment, Heritage and Local Government. *Architectural Heritage Protection-Guidelines for Planning Authorities*. Dublin: The Stationery Office (2004)

Department of the Environment, Heritage and Local Government. *Technical Guidance Document L Conservation of Fuel and Energy - Dwellings*. Dublin: The Stationery Office (2008)

Department of the Environment, Heritage and Local Government. *Technical Guidance Document L Conservation of Fuel and Energy - Buildings other than Dwellings*. Dublin: The Stationery Office (2008)

Energy Savings Trust. *Energy Efficient Historic Homes - Case Studies*. London: Energy Savings Trust (2005)

English Heritage. *Energy Conservation in Traditional Buildings*. London: English Heritage (2008)

European Union. *Directive on the Energy Performance of Buildings*. (2002, recast 2010)

Historic Scotland. *Conversion of Traditional Buildings - Guide for Practitioners*. Edinburgh: Historic Scotland (2007)

National Standards Authority of Ireland. *The Installation of Solar Heating Systems*. Publication forthcoming (2010)

O'Cofaigh, E, Olley, J A and Lewis, J O. *The Climatic Dwelling: an introduction to climate-responsive residential architecture*. London: Earthscan Publications Ltd (1996)

Office of Public Works et al. *Green Design: sustainable building for Ireland*. Dublin: The Stationery Office (1996)

Sustainable Energy Ireland. *Energy in the Residential Sector*. Dublin (2008)

Wood, Chris, Bordass, Bill and Baker, Paul. *Research into the Thermal Performance of Traditional Windows: Timber Sash Windows*. London: English Heritage (2009)

Glossary

BIOMASS

Biodegradable fraction of products, waste and residues from agriculture (including vegetal and animal substances), forestry and related industries, as well as biodegradable fraction of industrial and municipal waste, used as a fuel or energy source

CAVITY WALL

A type of masonry construction comprising two leaves of masonry separated by a gap, or cavity, to prevent moisture from the outside transferring to the inside

DAMP-PROOF COURSE

An impervious layer built into a wall to prevent moisture penetrating the building

DELIVERED ENERGY

Energy supplied to a building and its systems to satisfy the relevant energy uses, for example space heating, water heating, cooling, ventilation or lighting. Delivered energy does not include renewable energy produced on site

EMBODIED ENERGY

The energy used in the manufacture, processing and transport of a material

MICRO-RENEWABLES

Technologies that produce heat and electricity at a small scale including solar panels, photovoltaic panels, domestic wind turbines, heat pumps and the like

PARGING

The application of lime mortar to the underside of roof slates or tiles

PHOTOVOLTAIC SYSTEMS

Arrays of solar cells containing a semi-conducting material that converts solar radiation into electricity

PUGGING

A material such as ash, sand or shells laid between floor joists or packed within partition walls to provide sound insulation

RENDER

A mixture of a binder (such as lime or cement), an aggregate and water to form a coarse plaster which is applied to the external surfaces of walls

RENEWABLE ENERGY

Energy from renewable non-fossil energy sources, for example solar energy (thermal and photovoltaic), wind, hydropower, biomass, geothermal, wave, tidal, landfill gas, sewage treatment plant gas and biogases

REPOINTING

The replacement of mortar in the face joints of brickwork or stonework following either the erosion of the original mortar or its removal through raking out

SOLAR GAIN

The heat absorbed by a building arising from its exposure to sunshine

THERMAL BRIDGING

This occurs when a portion of the construction of a building is colder than the surrounding construction, leading to condensation and possible mould formation on the cold surface. Also known as 'cold bridging'

THERMAL MASS

The ability of a building to absorb and store heat energy

THERMOGRAPHY

A type of photography that uses infra-red sensitive cameras to produce images which map the amount of heat emitted by an object

uPVC

Unplasticised Polyvinyl Chloride is a type of plastic vinyl used for making window frames, doors, rainwater pipes and some types of roof coverings

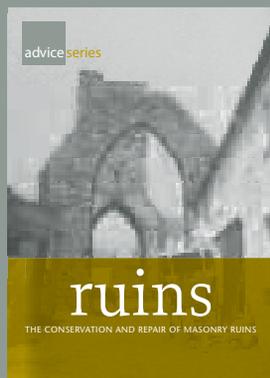
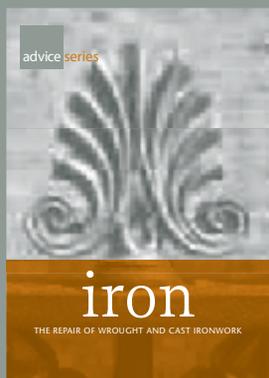
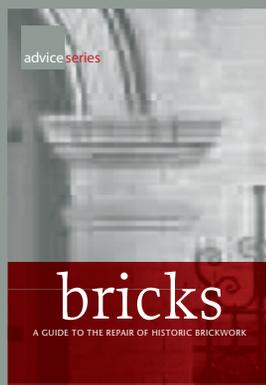
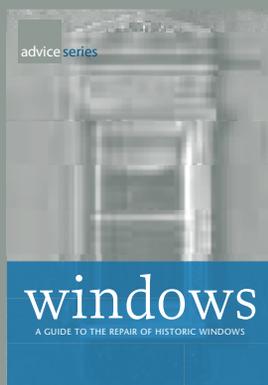
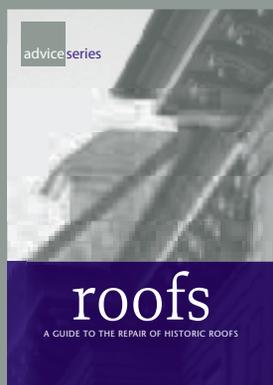
U-VALUE

A measure of the rate of heat transfer through a material expressed in W/m^2K : the faster the rate, the higher the U-value, therefore better insulators have a lower U-value

WHOLE-LIFE COSTING

The total cost of constructing and using a building over its life. The whole-life cost of a building includes the initial capital cost of building it (and all ancillary design and other costs) and the cost of operating and maintaining it over the period of its useful life

The Advice Series is a series of illustrated booklets published by the Architectural Heritage Advisory Unit of the Department of the Environment, Heritage and Local Government. The booklets are designed to guide those responsible for historic buildings on how best to repair and maintain their properties.



Traditionally built buildings perform differently from modern construction in the way they deal with damp and atmospheric moisture, and misguided works aimed at improving their thermal efficiency can have damaging consequences. This guide will help you to make the right decisions on how to increase the comfort and reduce the energy use of your historic building by giving advice on:

- Understanding how a traditionally built building works and how to maximise the levels of comfort for its occupants
- Choosing the most effective and cost-effective options for improving energy efficiency
- Avoiding damage to the building by inappropriate works
- Keeping a historic building in good health



Comhshaol, Oidhreachta agus Rialtas Áitiúil
Environment, Heritage and Local Government

© Government of Ireland 2010
Price €10

ISBN 978-1-4064-2444-7



9 781406 424447

3 PRESERVATION BRIEFS

Improving Energy Efficiency in Historic Buildings

Jo Ellen Hensley and Antonio Aguilar



National Park Service
U.S. Department of the Interior

Technical Preservation Services



The concept of energy conservation in buildings is not new. Throughout history building owners have dealt with changing fuel supplies and the need for efficient use of these fuels. Gone are the days of the cheap and abundant energy of the 1950's. Today with energy resources being depleted and the concern over the effect of greenhouse gases on climate change, owners of historic buildings are seeking ways to make their buildings more energy efficient. These concerns are key components of sustainability — a term that generally refers to the ability to maintain the environmental, social, and economic needs for human existence. The topic of sustainable or “green” building practices is too broad to cover in this brief. Rather, this preservation brief is intended to help property owners, preservation professionals, and stewards of historic buildings make informed decisions when considering energy efficiency improvements to historic buildings.

Sound energy improvement measures must take into consideration not only potential energy savings, but also the protection of the historic property's materials and features. This guidance is provided in accordance with the Secretary of the Interior's Standards for Rehabilitation to ensure that the architectural integrity of the historic property is preserved. Achieving a successful retrofit project must balance the goals of energy efficiency with the least impact to the historic building. Planning must entail a holistic approach that considers the entire building envelope, its systems and components, its site and environment, and a careful evaluation of the effects of the measures undertaken. Treatments common to new construction need to be evaluated carefully before implementing them in historic buildings in order to avoid inappropriate alteration of important architectural features and irreparable damage to historic building materials. This brief targets primarily small-to medium-size historic buildings, both residential and commercial. However, the general decision-making principles outlined here apply to buildings of any size and complexity.

Inherent Energy Efficient Features of Historic Buildings

Before implementing any energy conservation measures, the existing energy-efficient characteristics of a historic building should be assessed. Buildings are more than the sum of their individual components. The design, materials, type of construction, size, shape, site orientation, surrounding landscape, and climate all play a role in how buildings perform. Historic building construction methods and materials often maximized natural sources of heat, light and ventilation to respond to local climatic conditions. The key to a successful rehabilitation project is to understand and identify the existing energy-efficient aspects of the historic building and how they function, as well as to understand and identify its character-defining features to ensure they are preserved. Whether rehabilitated for a new or continuing use, it is important to utilize the historic building's inherent sustainable qualities as they were intended to ensure that they function effectively together with any new treatments added to further improve energy efficiency.

Windows, courtyards, and light wells

Operable windows, interior courtyards, clerestories, skylights, rooftop ventilators, cupolas, and other features that provide natural ventilation and light can reduce energy consumption. Whenever these devices can be used to provide natural ventilation and light, they save energy by reducing the need to use mechanical systems and interior artificial lighting.

Historically, builders dealt with the potential heat loss and gain from windows in a variety of ways depending on the climate. In cold climates where winter heat loss from buildings was the primary consideration before mechanical systems were introduced, windows were limited to those necessary for adequate light and ventilation. In historic buildings where the ratio of glass



Fig. 1. A decorative, stained glass skylight allows natural daylight into the interior.

to wall is less than 20%, the potential heat loss through the windows is likely minimal; consequently, they are more energy efficient than most recent construction. In hot climates, numerous windows provided valuable ventilation, while features such as wide roof overhangs, awnings, interior or exterior shutters, venetian blinds, shades, curtains and drapes significantly reduced heat gain through the windows. Historic windows can play an important role in the efficient operation of a building and should be retained.



Fig. 2. Upper and lower shutters control daylight and provide privacy.

New architectural styles, beginning with the International Style of the 1920's, brought about an increase in the percentage of glazing in the total building envelope. By the 1950's, with the advent of the glass curtain wall, glazing constituted nearly 100% of a building's exterior walls in many buildings. While many early modern buildings continued to use operable windows as a way to provide natural ventilation, greater reliance on mechanical heating and air conditioning systems eventually reduced the function of exterior glazing to providing light only, particularly in commercial, office, and institutional buildings.



Fig. 3. Stone walls with substantial mass have high thermal inertia.

Walls

Thick masonry walls typical of the late-nineteenth and early-twentieth centuries have inherent thermal characteristics that keep the buildings cooler in the summer and warmer in the winter. Walls with substantial mass have the advantage of high thermal inertia, which reduces the rate of heat transfer through the wall. For instance, a wall with high thermal inertia, subjected to solar radiation for an hour, will absorb the heat at its outside surface, but slowly transfer it to the interior over a period as long as six hours. Conversely, a wall having the equivalent thermal resistance (R-value), but a substantially lower thermal inertia, will transfer the heat in perhaps as little as two hours. Heavy masonry walls also reduce the need for summer cooling. High thermal inertia is the reason many older public and commercial buildings without air conditioning still feel cool during the summer. The heat from the midday sun does not penetrate the buildings until late afternoon and evening, when it is less likely to be occupied or when exterior temperatures have fallen. Heavy masonry walls are also effective in moderating internal temperatures in the winter by dampening the overall peaks of heat gain and loss resulting in a flatter and more tolerable daily cycle. In areas that require cooling during the day and heating at night, masonry walls can help spread out excess heat gain from the day to cover some of the needed heating for the evening and night hours.

Roofs

Roof construction and design in historic buildings, particularly vernacular buildings, are strongly

influenced by the conditions of the local climate. Wide overhangs that sometimes extend to create porches minimize the heat gain from the sun in warmer climates, while steep, sloping roofs with minimal or no overhang prevail in colder climates to allow for shedding snow and increasing beneficial solar heat gain through the windows. Materials and color also influence the thermal performance of roofs. Metal and light colored roofs, for example, reflect sunlight and thereby reduce the heat gain from solar radiation.

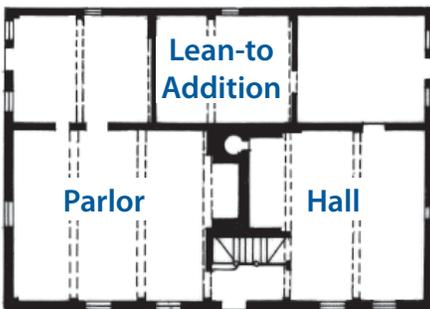


Fig. 4. A typical New England saltbox features a steeply sloping roof to shed snow and a floor plan organized around a central chimney to conserve heat.

Floor Plans

The floor plan of many historic buildings, particularly traditional vernacular ones, was also designed to respond to the local climate. In cold climates, rooms with low ceilings were clustered around central chimneys to share the heat, while small windows with interior shutters reduced drafts and heat loss. In warmer climates, wide central halls with tall ceilings, breezeways, and large porches all maximized air circulation.

Landscape

Site orientation was another factor considered especially in the location of a historic building on its property. In cold climates, buildings were oriented against northern winds while buildings in warm climates were sited to take advantage of prevailing breezes. Evergreen trees planted on the north side of buildings shielded from winter winds; deciduous trees planted to the south provided summer shade and maximum sun in the winter.



Fig. 5. The side porches of this house in Charleston, SC, shade the large windows and provide outdoor living spaces that take advantage of sea breezes.

Energy Audit

Before implementing any measures to improve the thermal performance of a historic building, an energy audit should be undertaken to evaluate the current energy use of the building and identify deficiencies in the building envelope or mechanical systems. In some areas, the local utility company may offer a free simple audit, however a more in-depth audit should be obtained from a professional energy auditor. The goal of the audit is to establish a baseline of building performance data to serve as a reference point when evaluating the effectiveness of future energy improvements. It is important to hire an independent auditor who does not have financial interests in the results, such as a product vendor.

An energy auditor first documents the current energy use patterns in the building to establish an energy use history. This initial step includes obtaining the billing history from the local utility company over a one- or two-year period, as well as documenting the number of building occupants, how the building is used, and the type of fuel consumed. The location of any existing insulation is recorded and the approximate R-value of various components of the building envelope including walls, ceilings, floors, doors, windows and skylights is calculated. The building envelope is inspected to identify areas of air infiltration and air loss. The type and age of mechanical systems and major appliances are also recorded.

Tools such as a blower door test or infrared thermography are useful to identify specific areas of infiltration, lack of insulation and thermal bridging. Mechanical depressurization along with infrared thermography is extremely useful in identifying locations of air leakage and heat loss followed by the use of tracer smoke to isolate specific air leaks. These tests are often challenging to perform on buildings and must be undertaken by experienced professionals to avoid

misleading or inaccurate results. There are professional standards for audits, those of the Building Performance Institute (BPI) being the most widely used.

The energy auditor then produces a detailed report that documents the findings of the audit and includes specific recommendations for upgrades such as air sealing, adding insulation, general repairs, lighting, and improvements to or replacement of mechanical systems or major appliances. Cost estimates are provided for each of the improvements including the cost of implementation, potential operating cost savings, and, importantly, the anticipated payback period. Armed with this information, historic building owners can start to make informed decisions on how to improve the performance of their buildings. Usually the auditor finds a few locations where there is major air leakage; large “holes” that are unique to a particular building and require equipment to find them. These anomalies are often invisible to the people who use the building on a regular basis. It is important to retest the performance of the building following the implementation of any upgrades undertaken as a result of an energy audit to ensure that the upgrades are performing as expected.

Prioritizing Energy Upgrades

When implementing energy upgrades, efforts should be concentrated on improvements that will provide the most payback for the money expended and the least compromise to the historic character of the building. Some upgrades recommended in energy audits may not be introduced into a historic building feasibly without damaging historic fabric or altering the appearance of significant features. Removing historic siding and replacing it with new siding to introduce insulation

into the wall cavity of a frame building or replacing repairable historic windows are examples of treatments that should not be undertaken on historic buildings.

A common misconception is that replacing windows alone will result in major energy savings. This argument, often used to sell replacement windows, is simply not true. Although it varies from building to building, the U.S. Department of Energy (DOE) has documented that air loss attributable to windows in most buildings is only about 10% of the total air loss. Studies have shown that window replacement does not pay for itself in energy savings in a reasonable length of time. Moreover, there are ways to improve the performance of historic windows that do not require their replacement. In addition, historic windows can usually be repaired and are, thus, sustainable, while most new windows cannot be repaired, or even recycled, and may wind up in landfills.

When considering energy upgrades, it is imperative to get a clear picture of what an improvement will cost initially and how long it will take to pay back the cost in energy savings. Therefore, the life cycle cost of the improvement must be considered as well as its impact on historic fabric. Reducing infiltration around existing windows and doors, sealing penetrations in the building envelope, and adding insulation — particularly in the attic where it has little impact on historic fabric — can result in significant improvements at relatively little cost. Updating mechanical systems or changing the way in which they are operated can also be cost-effective interventions. For example, installing a more efficient mechanical system alone may pay for itself in ten years.



Fig. 6. (left) A blower door is used to depressurize a building by exhausting air at a rate that allows pressure gages and tracer smoke to measure the amount and location of air leakage. Photo: Robert Cagnetta, Heritage Restoration, Inc.

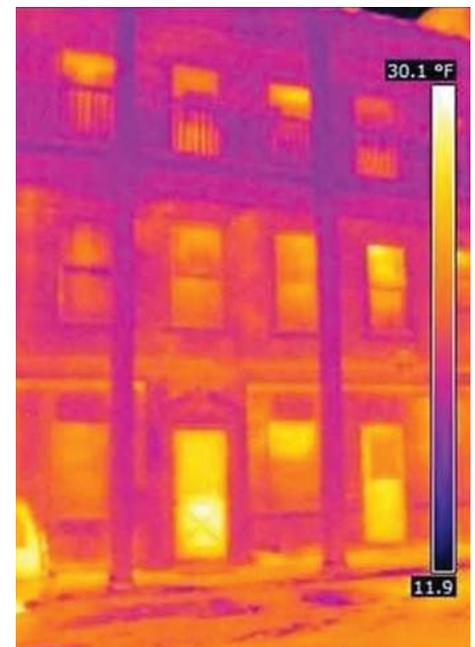


Fig. 7. (center and right) The left thermal image shows the walls of this building before insulating. After insulation was added, the cooler and, thus darker exterior walls evidence how much the heat loss has been reduced. Photos: EYP Architecture & Engineering.

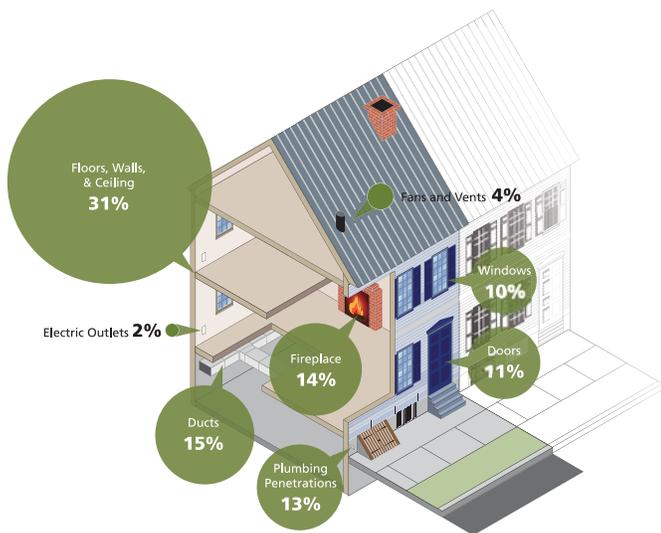


Fig. 8. Where Air Escapes From a House (by percentage) – Image based on data from Energy Savers, U.S. Department of Energy. Illustration: Blank Space LLC.

Actions to Improve Energy Efficiency

Reducing energy demands for heating and cooling may be accomplished in two steps. First, implement operational changes and upgrades to mechanical systems and major appliances — measures that do not require making alterations or adding new materials — to ensure that a building functions as efficiently as possible. After all these measures have been implemented, corrective work or treatments, such as weatherization, that require other alterations to the building may be considered.

Residential Energy Use Intensity by Age

Year Built	KBtu/sq ft/yr
Prior to 1950	74.5
1950 to 1969	66.0
1970 to 1979	59.4
1980 to 1989	51.9
1990 to 1999	48.2
2000 to 2005	44.7

Source: Residential Energy Consumption Survey, 2005

Establishing Realistic Goals

Energy consumption data gathered by the U.S. Energy Information Administration (see chart) shows that residential buildings built before 1950 (the largest percentage of historic building stock) are about 30 to 40 percent less energy efficient than buildings built after 2000. Using this as a baseline, a 30 to 40 percent upgrade of a historic building’s energy performance can be a realistic goal. A 40 percent increase in energy efficiency would of course be a more achievable goal for buildings that have had minimal upgrades since their

original construction, i.e., added insulation, tightening of the exterior envelope, or more efficient mechanical equipment. On the other hand, achieving “net zero” energy goals as it is currently done with some new construction can be a much more difficult challenge to achieve in a historic retrofit. Attempting to reach such a goal with a historic building would most likely result in significant alterations and loss of historic materials. [The data for commercial buildings documents that buildings in 2003 used approximately the same energy as they did before 1920, after reaching their peak in the 1980’s.]

Operational Changes

One of the greatest effects on energy use is user behavior. Once an energy audit has established a baseline for the current energy use in a building, operational changes should be identified to control how and when the building is used to minimize the use of energy-consuming equipment. These changes can range from simple measures such as regular cleaning and maintenance of mechanical equipment to installing sophisticated controls that cycle equipment on and off in specified intervals for maximum performance. The following changes are recommended to reduce heating and cooling costs.

- Install programmable thermostats.
- Close off rooms that are not in use and adjust the temperature in those rooms.
- Do not condition rooms that do not need to be conditioned, thereby reducing the thermal envelope.
- Use insulated shades and curtains to control heat gain and loss through windows.
- Use operable windows, shutters, awnings and vents as originally intended to control temperature and ventilation.
- Take advantage of natural light.
- Install compact fluorescent lights (CFL) and light-emitting diode (LED) lights.
- Install motion sensors and timers for lighting and local ventilation, such as bathroom exhaust fans.
- Reduce “phantom” electricity loads by turning equipment off when not in use.
- Clean and service mechanical equipment regularly.

These measures should be undertaken first to save energy in any existing building and are particularly appropriate for historic buildings because they do not require alterations to historic materials.

Upgrading Equipment and Appliances

In addition to maximizing the energy efficiency of existing building systems, substantial savings can be achieved through upgrading equipment and appliances. One should still weigh the operational savings against the initial cost of the new equipment, particularly if the existing equipment is not near the end of its life.

Calculator aids that take into account the efficiency of both the existing and new equipment are available



Fig. 9. An energy auditor tests the efficiency of a boiler.

online to assist in determining the payback. Advance planning will allow time to find the most efficient unit, as well as to investigate the availability of any state and federal energy credits. As energy prices continue to rise and technology advances, options such as the installation of a solar hot water heater or geothermal ground source or water source heat pumps are becoming more economically feasible. Recommendations for upgrading equipment and appliances include:

- Upgrade the heating system. It is important to install new furnaces that utilize outside combustion air to reduce air drawn into the building through uncontrolled infiltration. [All furnaces and boilers are now measured by their annual fuel utilization efficiency or AFUE.] Heating equipment is now more efficient and gas furnaces that used to have a 60% (AFUE) rating can now operate at as much as 90 to 97% efficiency.
- Upgrade the air conditioning system.
- Replace the water heater. High-efficiency water heaters use far less energy than earlier models, and high-efficiency tankless water heaters heat water on demand and offer even greater savings. Point of use water heat can also reduce costs and water consumption by reducing the time it takes to draw hot water.
- Upgrade appliances. Energy Star appliances, particularly refrigerators, washing machines and dishwashers can all reduce electricity use and additional indoor heating loads.

Upgrading Building Components

In addition to operational and mechanical upgrades, it can be possible to upgrade many building components in a manner that will not jeopardize the historic character of the building and can be accomplished at a reasonable cost. The goal of these upgrades is to improve the thermal performance of the building, resulting in even greater energy savings. Retrofit measures to historic buildings should be limited to those that achieve at least reasonable energy savings, at reasonable costs, with the least impact on the character of the building.

The following list includes the most common measures proposed to improve the thermal performance of an existing building; some measures are highly recommended for historic buildings, but others are less beneficial, and can even be harmful to a historic building.

Requires Minimal Alteration

- Reduce air leakage.
- Add attic insulation.
- Install storm windows.
- Insulate basements and crawlspaces.
- Seal and insulate ducts and pipes.
- Weather strip doors and add storm doors.
- Add awnings and shading devices where appropriate.

Requires More Alteration

- Add interior vestibules.
- Replace windows.
- Add insulation to wood-frame walls.
- Add insulation to masonry walls.
- Install cool roofs and green roofs.

The treatments listed first have less potential to negatively impact the historic fabric of a building. They tend to be less intrusive, are often reversible, and offer the highest potential for energy savings. Undertaking any of the treatments in the second group, however, may pose technical problems and damage to historic building materials and architectural features. Their installation costs may also outweigh the anticipated energy savings and must be evaluated on a case-by-case basis with advice from professionals experienced in historic preservation and building performance.

Requires Minimal Alteration

Reduce air leakage. Reducing air leakage (infiltration and exfiltration) should be the first priority of a preservation retrofit plan. Leakage of air into a building can account for 5 to 40 percent of space-conditioning costs, which can be one of the largest operational costs for buildings.¹ In addition, unwanted air leakage into and out of the building can lead to occupant comfort issues resulting from drafts. Air infiltration can be especially problematic in historic buildings because it is closely linked to increased moisture movement into building systems.

Air flow into and out of buildings is driven by three primary forces: wind pressure, mechanical pressure and the stack effect. Cold outside air that infiltrates the building through big holes, as well as through loose windows, doors, and cracks in the outer shell of the building, causes the heating system to work harder and consume more energy. In a multi-story building, cold air that enters the building at lower levels, including the basement or crawlspace, will travel up through the building and exit out leaky windows, gaps around windows and the attic as a result of temperature and pressure differential. This pattern of air movement

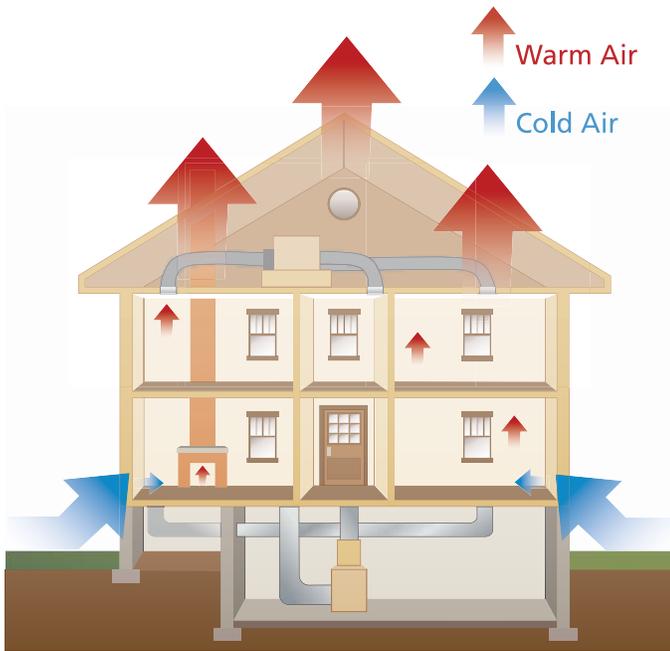


Fig. 10. The pattern of air movement referred to as the "stack effect".
Illustration: Blank Space LLC.

is called the "stack effect." Not only is valuable conditioned air lost, but damaging moisture may also enter the wall cavities and attic spaces. To stop the stack effect, the top and bottom of the exterior walls, inter-floor bypasses, and any existing chases or shafts must be sealed, or "draft proofed." The use of spray foam sealants in basement and attic cracks is a particularly useful technique for reducing air infiltration.

Adding weatherstripping to doors and windows, sealing open cracks and joints at the base of walls and around windows and doors, sealing off recessed lighting fixtures from above, and sealing the intersection of walls and attic, will substantially reduce air leakage. When using exterior caulk to seal the intersection of siding and doors or windows, do not caulk the underside of clapboards or below windows to allow any liquid water to escape. When infiltration and, consequently, exfiltration are reduced, mechanical ventilation may be necessary to meet occupants' requirements for fresh air.

Add attic or roof insulation. Heat loss and gain caused by increased interior/ exterior temperature differentials primarily due to the stack effect and solar radiation are greatest at the top of a building. Therefore, reducing heat transfer through the roof or attic should be one of the highest priorities in reducing energy consumption. Adding insulation in unoccupied, unfinished attics is not only very effective from an energy-savings perspective, but it is also generally simple to install and causes minimal disruption to historic materials. The U.S. Department of Energy (DOE) provides a recommended R-value chart based on climate zones to help determine the optimal amount of insulation that should be installed in a particular project. Local codes may also have specific insulation requirements. Insulating trap or access doors should not be overlooked. Even though they may be

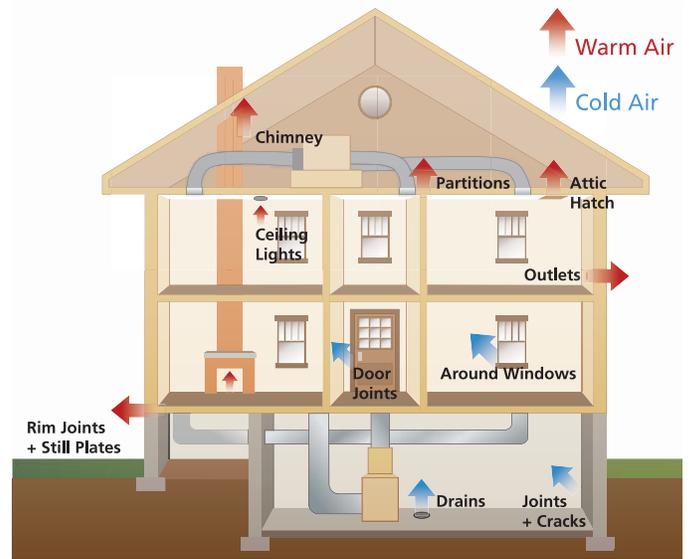


Fig. 11. Air infiltration and exfiltration.
Illustration: Blank Space LLC.

small, attic doors can be responsible for substantial heat loss and should be addressed as part of any attic insulation project.

DOE Climate Zone Map

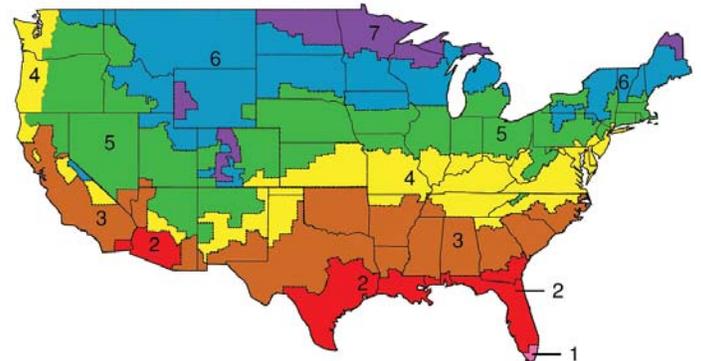


Fig. 12. Recommended energy improvements vary widely based on climate. The information contained in this document is based primarily on the available data for the Northeast and Mid-Atlantic regions.

In unfinished and unheated attics, the insulation material is typically placed between the floor joists using blown-in, batt, or rigid foam insulation. When using fiberglass batts faced with a vapor retarder, the vapor retarder should be face down towards the heated interior. However, the use of a vapor retarder is not necessary in attic applications. If additional batt insulation is being added over existing insulation that is near or above the top of the joists, new un-faced batts should be placed perpendicular to the old ones to cover the top of the joists and reduce thermal bridging through the frame members. In low-pitched roofs, or where installing batt insulation is difficult, a more complete coverage of the attic floor may be achieved by using blown-in insulation. Unfinished attics must be properly ventilated to allow excess heat to escape.

Radiant barriers may be used in attics to reduce thermal radiation across the air space between the roof deck and the attic floor in order to reduce summer heat gain. They are most beneficial in reducing cooling loads in hot climates and consist of a highly reflective sheet or coating, usually aluminum, applied to one or both sides of a flexible material. They are effective only when the foil surface faces an air space, and as long as the surface remains shiny – that is, free from dirt, dust, condensation and oxidation. Radiant barriers should not be installed directly over insulation on the attic floor, as they can act as vapor retarders and trap moisture in the insulation unless they are perforated. Their placement should be ventilated on both sides.

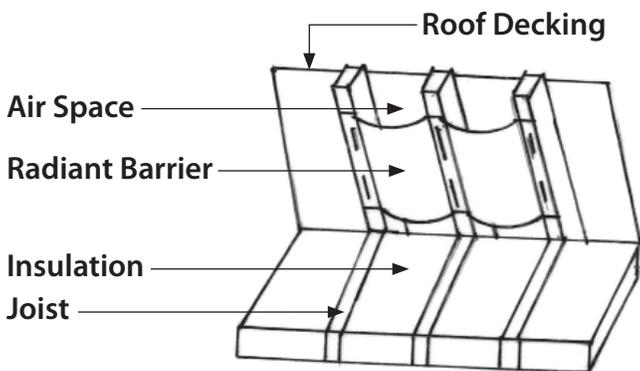


Fig. 13. Sample installation of a radiant barrier.

Insulating the underside of the roof rather than the attic floor increases the volume of the thermal envelope of the building, thus making this treatment inherently less energy efficient. However, when mechanical equipment and/or ductwork are housed in an attic space, placing the insulation under the roof and treating the attic as a conditioned space is strongly recommended. This treatment allows the equipment to operate more efficiently and can prevent moisture-related problems caused by condensation on the mechanical equipment.

When insulation is placed under the roof, all vents in the attic and the intersection between the walls and roof rafters must be sealed. Rigid foam or batt insulation placed between the roof rafters is a common method of insulating the underside of a roof. Open cell spray foam (.5lb/cuft) may sometimes be applied under the roof deck only when there are no gaps in the sheathing which could allow the foam to expand under slates or shingles, preventing the re-use of the roofing material. Also, if roof leaks do occur, they may go undetected until after major damage occurs. Consideration must also be given to the irreversibility of this procedure because the foam enters the pores of the wood. It may be more advisable to install a breathable layer of material that will allow for future removal without leaving a residue.

When total roof replacement is required because of deterioration, installing rigid foam insulation on top of the roof deck before laying the new roofing material

can be simple and effective, particularly on low-pitched or flat roofs. However, the added thickness of the roof caused by installing rigid foam can alter the appearance of projecting eaves, dormers, and other features. If this application would significantly alter the appearance of these features, consider other methods.

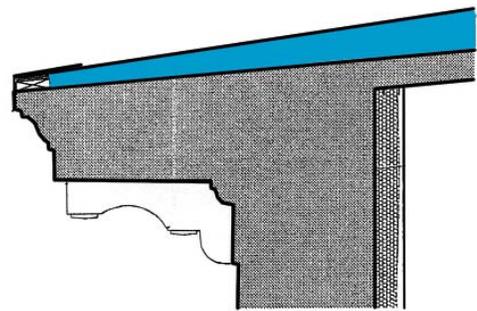


Fig. 14. Sample installation of rigid foam insulation, tapered at the edge to avoid altering the appearance of the roof.

Install storm windows. The addition of metal or wood exterior or interior storm windows may be advisable to increase the thermal performance of the windows in ways that weatherstripping and caulking cannot address. A single-glazed storm window may only increase a single-pane window's thermal resistance to R2, however, that is twice as good as a single-glazed window alone. It will make a noticeable contribution to the comfort level of the building occupant, with the added benefit of protecting the historic window from weathering. Using clear, non-tinted, low-e glass in the storm window can further increase the thermal performance of the window assembly without the loss of historic fabric. Studies have shown that the performance of a traditional wood window with the addition of a storm window can approach that of a double-glazed replacement window.² Some storm windows are available with insulated low-e glass, offering even higher thermal performance without the loss of the historic window. Furthermore, a storm window avoids the problem of irreparable seal failure on insulated glass units (IGUs) used in modern replacement windows. While the lifespan of the IGU depends both on the quality of the seal and other factors, it is unreasonable to expect more than 25 years. Once the seal fails, the sash itself will usually need to be entirely replaced.

By providing an additional insulating air space and adding a barrier to infiltration, storm windows improve comfort and reduce the potential for condensation on the glass. To be effective and compatible, storm windows must be tight fitting; include a sealing gasket around the glass; align with the meeting rail of the primary sash; match the color of the sash; and be caulked around the frame to reduce infiltration without interfering with any weep holes.

Whether a storm window or the historic window itself, the interior window must be the tighter of the two units to avoid condensation between the windows that can

occur in a cold climate that requires indoor heating. Condensation is a particular concern if it collects on the historic window, as can easily happen with a loose-fitting, storm window. While interior storm windows can be as thermally effective as exterior storm windows, appropriate gaskets must be used to ensure that damage-causing condensation does not form on the inside face of the historic window. Opening or removing the interior storm windows during non-heating months also helps to avoid the negative effects of moisture build-up.

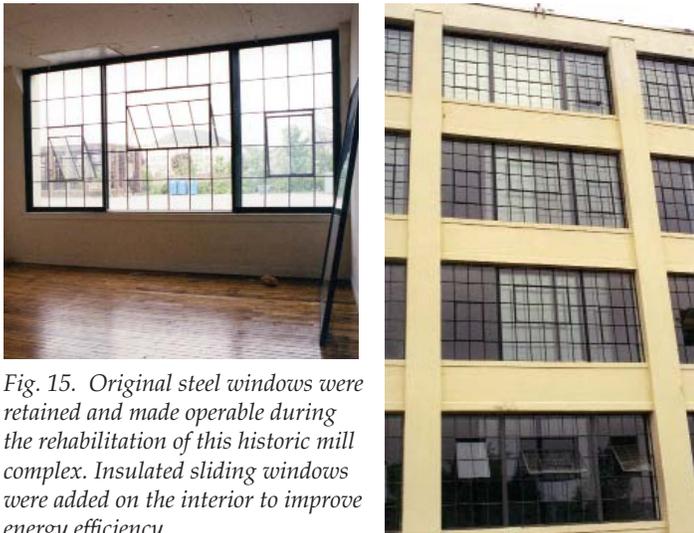


Fig. 15. Original steel windows were retained and made operable during the rehabilitation of this historic mill complex. Insulated sliding windows were added on the interior to improve energy efficiency.

For large, steel industrial windows, the addition of interior, insulated sliding glass windows that align with the primary vertical mullions has proven to be a successful treatment that allows the primary window to remain operable.

Insulate basements and crawlspaces. The first step in addressing the insulation of basements and crawl spaces is to decide if they are to be part of the conditioned space and, therefore, within the thermal envelope of the building. If these areas are kept outside the thermal envelope of the building and treated as unconditioned areas, insulating between the floor joists on the underside of the subfloor is generally recommended. Alternatively, rigid foam insulation installed over the bottom of the floor joists on the basement or crawlspace side may also be used. All gaps between the unconditioned and conditioned areas of the building, including the band joists, should be air sealed to prevent air infiltration into the upper levels of the building.

If the crawlspace contains mechanical equipment, or if high levels of moist air enter the crawlspace through vents during the summer months, it is advisable to include the crawlspace within the thermal boundary of the building. As in attics, water vapor can condense on ducts and other equipment located in unconditioned basements and crawlspaces. In the past, building codes routinely required that crawlspaces be treated as non-

conditioned spaces and be ventilated. However, this has not proven to be a best practice in all cases. Ventilation through crawlspace vents does not keep the space dry during humid summers. All vents should be sealed and access doors weather-stripped. Rigid foam insulation installed on the interior face of the wall is recommended for basement and crawlspace foundation walls, only after all drainage issues have been addressed. Special attention should be given to ensure that all the joints between the insulation boards are sealed.

A moisture barrier on exposed dirt in a crawlspace is strongly recommended to prevent ground moisture from entering the building envelope. Whenever feasible, pouring a concrete slab over a moisture barrier in crawlspaces or basements with exposed dirt floors should be considered.

Seal and insulate ducts and pipes. A surprisingly enormous amount of energy is wasted when heated or cooled air escapes from supply ducts or when hot attic air leaks into air conditioning return ducts. Based on data collected in energy audits, as much as 35 percent of the conditioned air in an average central air conditioning system may escape from the ducts.³ Care must be taken to completely seal all connections in the duct system and adequately insulate the ducts, especially in unconditioned spaces. This loss of energy is another reason to treat attics, basements and crawlspaces as conditioned spaces. Ducts located in unconditioned spaces should be insulated based on the recommendations for the appropriate climate zone. Hot water pipes and water heaters should be insulated in unconditioned spaces to retain heat, and all water pipes insulated to prevent freezing in cold climates.

Weather strip doors and add storm doors. Historic wood doors are often significant features and should always be retained, rather than replaced. While an insulated replacement door may have a higher R-value, doors represent a small area of the total building envelope, and the difference in energy savings after replacement would be insignificant. The doors and frames should, however, have proper maintenance including regular painting, and the addition or renewal of weatherstripping. Storm doors can improve the thermal performance of the historic door in cold climates and may be especially recommended for a door with glazing. The design of the storm door should be compatible with the character of the historic door. A fully glazed storm door with a frame that matches the color of a historic door is often an appropriate choice because it allows for the historic door to remain visible. Storm doors are recommended primarily for residential buildings. They are not appropriate for commercial or industrial buildings. These buildings never had storm doors, because the doors were opened frequently or remained open for long periods. It may also not be appropriate to install a storm door on a highly significant entrance door. In some instances,

the addition of a storm door could add significant heat gain on certain exposures or in hot climates, which could degrade the material or finish of the historic door.

Add awnings and shading devices. Awnings and other shading devices can provide a considerable reduction of heat gain through windows and storefronts. Keeping existing awnings, or replacing them if previously removed, is a relatively easy way to enhance the energy performance of a building. Awnings should only be installed when they are compatible with the building type and character. In building types that did not have awnings historically, interior shades, blinds or shutters should be considered instead.

A wide range of shades, blinds and shutters is available for use in all types of buildings to control heat gain or loss through windows, as well as lighting levels. When properly installed, shades are a simple and cost-effective means of saving energy. Some shade fabrics block only a portion of the light coming in — allowing the use of natural light — while others block all or most of the light. The light-colored or reflective side of the shades should face the window to reduce heat gain. Quilted roller shades feature several layers of fiber batting and sealed edges, and these shades act as both insulation and an air barrier. They control air infiltration more effectively than other soft window treatments. Pleated or cellular shades provide dead air spaces within the cells to add insulation value. These shades, however, do not measurably control air infiltration.

Retractable awnings and interior shades should be kept lowered during the summer to prevent unwanted heat gain, but raised in the winter to take advantage of the heat gain. Interior shades, especially those that have some insulation value, should be lowered at night during the winter months.

Light shelves are architectural devices designed to maximize daylight coming through windows by reflecting it deeper into the building. These horizontal elements are usually mounted on the interior above head height in buildings with high ceilings. Although they can provide energy savings, they are not compatible with most historic buildings. In general, light shelves are most likely to be appropriate in some industrial or modernist-style buildings, or where the historic integrity of interior spaces has been lost and they can be installed without being visible from the exterior.

Requires More Alteration

Add interior vestibules. Vestibules that create a secondary air space or “air lock” are effective in reducing air infiltration when the exterior door is open. Exterior and interior vestibules are common architectural features of many historic buildings and should be retained wherever they exist. Adding an interior vestibule may also be appropriate in some historic buildings. For example, new glazed interior vestibules may be compatible changes to historic commercial and industrial buildings. New exterior vestibules will usually result in too great a change to the character of primary entrances, but may be acceptable in very limited instances, such as at rear entrances. Even in such instances, new vestibules should be compatible with the architectural character of the historic building.

Replace windows. Windows are character-defining features of most historic buildings. As discussed previously, the replacement of a historic window with a modern insulated unit is not usually a cost-effective choice. Historic wood windows have a much longer service life than replacement insulated windows, which cannot be easily repaired. Therefore, the sustainable choice is to repair historic windows and upgrade their thermal performance. However, if the historic windows are deteriorated beyond repair, if repair is impractical because of poor design or material performance, or if repair is economically infeasible, then replacement windows may be installed that match the historic windows in size, design, number of panes, muntin profile, color, reflective qualities of the glass, and the same relationship to the window opening.

Other options should also be considered before undertaking complete window replacement. If only the sash is severely deteriorated and the frame is repairable, then only the sash may need to be replaced. If the limited lifespan of insulated glass is not a concern, the new sash can be made to accommodate double glazing.



Fig. 16. Historic vestibules retain conditioned air in the living spaces.

Where the sashes are sound, but improved thermal performance without the use of a storm window is desired, some windows may be retrofitted with insulated glass. If the existing sash is of sufficient thickness, it may be routed to accept insulated, clear low-e glass without extensive loss of historic material or historic character. When insulated glass is added in a new or retrofitted sash, any weights will have to be modified to accommodate the significant extra weight.

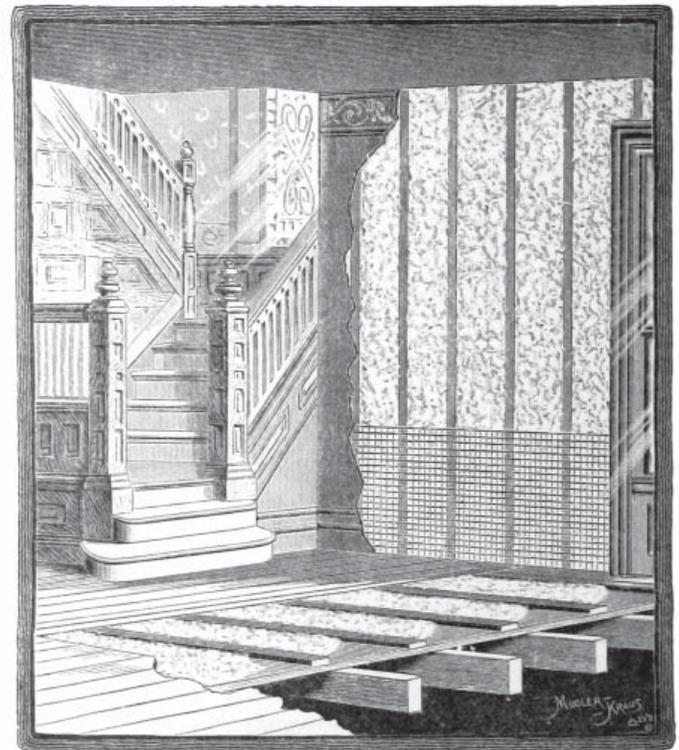
Wall Insulation

Adding wall insulation must be evaluated as part of the overall goal to improve the thermal efficiency of a building and should only be considered after the installation of attic and basement insulation. Can this goal be achieved without the use of wall insulation? Can insulation be added without causing significant loss of historic materials or accelerated deterioration of the wall assembly? Will it be cost effective? These are basic questions that must be answered before a decision is made to insulate the walls and may require professional evaluation.

Add insulation to wood-frame walls. Wood is particularly susceptible to damage from high moisture levels; therefore, addressing existing moisture problems before the addition of insulation is essential. Un-insulated historic wood buildings have a higher rate of air infiltration than modern buildings; while this makes older buildings less efficient thermally, it helps dissipate the unwanted moisture and thus keeps building assemblies dry. Climate, building geometry, the condition of the building materials, construction details, and many other factors make it difficult to assess the impact that adding insulation will have on reducing the air flow and, hence, the drying rate in a particular building. For this reason, predicting the impact of adding insulation to wood-frame walls is difficult.

Insulation Installed in the Wall Cavity: When sheathing is part of the wall assembly, and after any moisture-related problems have been addressed, adding insulation to the interior cavity of a wood-frame wall may be considered. Adding insulation in a wall where there is no sheathing between the siding and studs is more problematic, however, because moisture entering the wall cavity through cracks and joints by wind-driven rain or capillary action will wet the insulation in contact with the back of the siding.

Installing **blown-in insulation**, either dense-packed cellulose or fiberglass, into the wall cavity causes the least amount of damage to historic materials and finishes when there is access to the cavity walls, and it is therefore a common method of insulating wood-frame walls in existing buildings. In most cases, blowing insulation material into the wall cavity requires access through the exterior or interior wall surfaces. When historic plaster, wood paneling, or other interior historic decorative elements are present, accessing the



AN INTERIOR

Showing Mineral Wool in Floor, and Walls behind Wire Lath.

Fig. 17. Illustration of insulation from the 1889 trade catalog "The Uses of Mineral Wool in Architecture, Car Building and Steam Engineering". Collection Centre Canadien d'Architecture/Canadian Centre for Architecture, Montreal, Canada.

cavity from the exterior is recommended by removing individual siding boards at the top of each wall cavity. In this manner the boards can be reinstalled without unsightly drill holes on the exterior. If the plaster is deteriorated and will require repair, then the wall cavity may be accessed from the interior through holes drilled through non-decorative plaster.

Of the materials available, dense-packed cellulose fiber is most commonly used. Its R-value, ability to absorb and diffuse moisture, impediment to air flow, relatively simple installation, and low cost make it a popular choice. Cellulose insulation from most manufacturers is available in at least two grades that are characterized by the type of fire retardant added to the insulation. The fire retardants are usually: (1) a mix of ammonium sulfate and boric acid or (2) boric acid only (termed "borate only"). The recommended type of cellulose insulation for historic buildings is the "borate only" grade, as cellulose treated with sulfates reacts with moisture in the air and forms sulfuric acid which corrodes many metals.

Optimum conditions for installing insulation inside the wall cavity occur in buildings where either the exterior materials or interior finishes have been lost, or where the materials are deteriorated beyond repair and total replacement is necessary. However, wholesale removal of historic materials either on the exterior or interior face of a historic wall to facilitate insulation is

not recommended. Even when the exterior materials, such as wood siding, could potentially be reinstated, this method, no matter how carefully executed, usually results in damage to, and loss of historic materials.



Fig. 18. Dense-packed cellulose insulation is being blown in through holes drilled in the sheathing. Once the operation has been completed, the shingles will be reinstalled. Photo: Edward Minch.

If the wall cavity is open, the opportunity to properly install **batt insulation** is available. A tight fit between the insulation and the adjacent building components is critical to the performance of the insulation. Batt insulation must be cut to the exact length of the cavity. A batt that is too short creates air spaces above and beneath the batt, allowing convection. A batt that is too long will bunch up, creating air pockets. Air pockets and convection currents significantly reduce the thermal performance of insulation. Each wall cavity should be completely filled. Unfaced, friction-fit batt insulation fluffed to fill the entire wall cavity is recommended. Any air gaps between the insulation and the framing or other assembly components must be avoided. Batts should be split around wiring, pipes, ducts and other elements in the wall rather than be pushed or compressed around obstacles.

When adding insulation to the sidewalls, the band joist area between floors in multi-story, platform-framed buildings should be included in the sidewall insulation retrofit. The R-value of the insulation installed in the band joist area should be at least equal to the R-value of

Band Joist

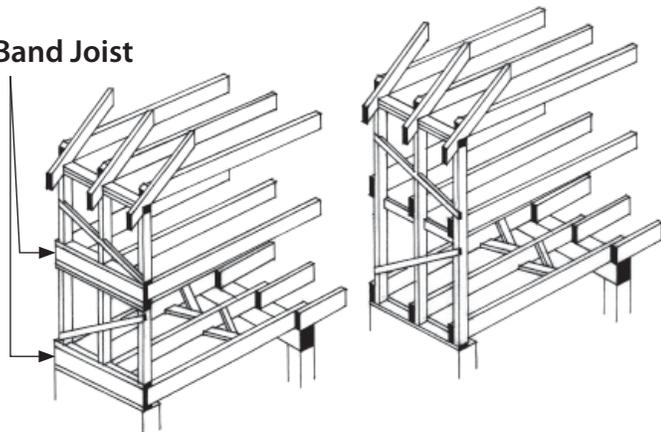


Fig. 19. Platform framing (left) and Balloon framing (right).

the insulation in the adjacent wall cavities. In balloon-framed buildings, the wall cavity is continuous between floors except where fire stops have been inserted.

The use of **spray foam or foamed-in-place insulation** would appear to have great potential for application in historic wood-frame buildings due to their ability to flow into wall cavities and around irregular obstacles. Their high R-value and function as an air barrier make them a tempting choice. However, their use presents several problems. The injected material bonds tightly to historic materials making its removal difficult, especially if it is encased in an existing wall. The pressure caused by the expansion rate of these foams within a wall can also damage historic material, including breaking the plaster keys or cracking existing plaster finishes.

Insulation Installed on Either Side of the Wall: Batt, rigid foam board, and spray foam insulation are commonly added to the interior face of walls in existing buildings by furring-out the walls to accommodate the additional thickness. However, this often requires the destruction or alteration of important architectural features, such as cornices, base boards, and window trim, and the removal or covering of plaster or other historic wall finishes. Insulation installed in this manner is only recommended in buildings where interior spaces and features lack architectural distinction or have lost significance due to previous alterations.



Fig. 20. The walls have been furred out inappropriately around the historic window trim creating an appearance the interior never had historically.

Adding rigid foam insulation to the exterior face of wood-frame buildings, while common practice in new construction, is never an appropriate treatment for historic buildings. Exterior installation of the foam boards requires removal of the existing siding and trim to install one or more layers of polyisocyanurate or polystyrene foam panels. Depending on the amount of insulation added for the particular climate, the wall thickness may be dramatically increased by moving

What about moisture?

The issue of moisture in insulated assemblies is the subject of much debate. While there is no conclusive way to predict all moisture problems, especially in historic buildings, experts seem to agree on a few basic tenants. Exterior materials in insulated buildings become colder in the winter and stay wet longer following a rain event. While the wetness may not pose a problem for robust materials, it may speed the deterioration of some building materials, and lead to more frequent maintenance such as repainting of wood or repointing of masonry. Summer moisture problems are most commonly associated with excessive indoor cooling and the use of interior wall finishes that act as vapor retarders (paint buildup or vinyl wall coverings). Good air-sealing at the ceiling plane usually controls moisture in insulated attics.

Most problems are caused by poor moisture management, poor detailing which does not allow the building to shed water, or inadequate drainage. Therefore, a thorough assessment of the building's ability to keep out unwanted moisture must be done before adding new insulation materials. Refer to Preservation Brief #39: *Holding the Line: Controlling Unwanted Moisture in Historic Buildings* for more information. Because of all the uncertainties associated with insulating walls, brick walls in particular, it may be advisable to hire a professional consultant who specializes in the many factors that affect the behavior of moisture in a building and can apply this expertise to the unique characteristics of a particular structure. Sophisticated tools such as computer modeling are useful to predict the performance of building assemblies, but they require interpretation by a skilled practitioner and the results are only as good as the data entered. It is important to remember, there are no reliable prescriptive measures to prevent moisture problems.⁴

Vapor Retarders (Barriers): Vapor retardants are commonly used in modern construction to manage the diffusion of moisture into wall cavities and attics. For vapor retardants to work properly, however, they must be continuous, which makes their installation difficult in existing buildings, and therefore generally not recommended. Even in new construction, installation of vapor retardants is not always indicated. Formerly, the recommended treatment was to install a vapor retardant toward the heated side of the wall (toward the interior space in cold climates and toward the exterior in hot climates). DOE now recommends that if moisture moves both to the interior and exterior of a building for significant parts of the year, it is better not to use a vapor retarder at all.⁵

the siding as much as 4 inches out from the sheathing. Even if the historic siding and trim could be removed and reapplied without significant damage, the historic relationship of windows to walls, walls to eaves, and eaves to roof would be altered, which would compromise the architectural integrity and appearance of the historic building.

Solid Masonry Walls: As with frame buildings, installing insulation on the interior walls of a historic masonry structure should be avoided when it would involve covering or removing important architectural features and finishes, or when the added thickness would significantly alter the historic character of the interior. The addition of insulation on solid masonry walls in cold climates results in a decreased drying rate, an increased frequency of freeze-thaw cycles, and prolonged periods of warmer and colder temperatures of the masonry. These changes can have a direct effect on the durability of materials.

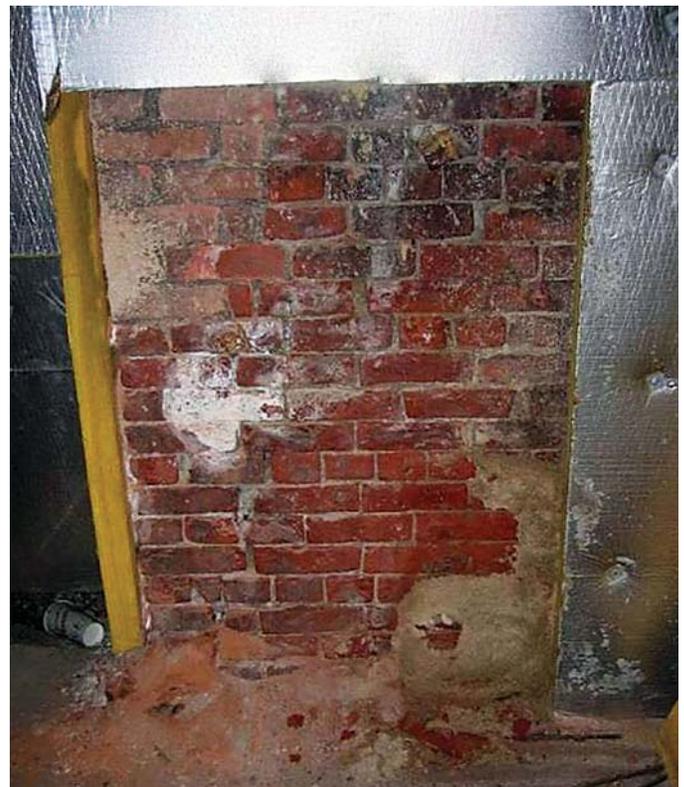


Fig. 21. The interior face of a brick masonry wall shows damage that resulted from the installation of a vapor retardant (foil facing) and thermal insulation. Photo: Simpson Gumpertz & Heger.

Depending on the type of masonry, exterior masonry walls can absorb a significant amount of water when it rains. Masonry walls dry both toward the exterior and the interior. When insulation is added to the interior side of a masonry wall, the insulation material reduces the drying rate of the wall toward the interior, causing the wall to stay wet for longer periods of time. Depending on the local climate, this could result in damage to the historic masonry, damage to interior finishes, and deterioration of wood or steel structural components

imbedded in the wall. Masonry walls of buildings that are heated during the winter benefit from the transfer of heat from the inside to the outside face of the walls. This thermal transfer protects the exterior face of the wall by reducing the possibility of water freezing in the outer layers of the wall, particularly in cold and wet climates. The addition of insulation on the interior of the wall not only prolongs the drying rate of the exterior masonry wall, but keeps it colder as well, thereby increasing the potential for damage due to freeze-thaw cycles.⁶

Extreme swings in temperature may also have negative effects on a historic masonry wall. The addition of insulation materials to a historic masonry wall decreases its ability to transfer heat; thus, walls tend to stay warm or cold for longer periods of time. In addition, walls exposed to prolonged solar radiation during winter months can also be subject to higher swings in surface temperature during the day. Deleterious effects due to stress caused by expansion and contraction of the building assembly components can result.

Buildings with masonry materials of higher porosity, such as those built with low-fired brick, or certain soft stones, are particularly susceptible to freeze-thaw cycles and must be carefully evaluated prior to adding insulation. Inspection of the masonry in areas that are not heated such as parapets, exposed wing walls, or other parts of the building is particularly important. A noticeable difference in the amount of spalling or sanding of the masonry in these areas could predict that the same type of deterioration will occur throughout the building after the walls are insulated. Brick that was fired at lower temperatures was often used on the inside face of the wall or on secondary elevations. Even masonry walls faced with more robust materials such as granite may have brick, rubble, mortar or other less durable materials as backing.

Spray foams are being used for insulation in many masonry buildings. Their ability to be applied over irregular surfaces, provide good air tightness, and continuity at intersections between, walls, ceilings, floors and window perimeters makes them well suited for use in existing buildings. However, the long-term effects of adding either open- or closed-cell foams to insulate historic masonry walls as well as performance of these products have not been adequately documented. Use of foam insulation in buildings with poor quality masonry or uncontrolled rising damp problems should be avoided.

Periodic monitoring of the condition of insulated masonry walls is strongly recommended regardless of the insulation material added.

Install cool roofs and green roofs: Cool roofs and vegetated “green roofs” help to reduce the heat gain from the roof, thereby cooling the building and its environment. Cool roofs include reflective metal roofs,

light-colored or white roofs, and fiberglass shingles that have a coating of reflective crystals. All of these roofing materials reflect the sun’s radiation away from the building, which lessens heat gain, resulting in a reduction of the cooling load. Cool roofs are generally not practical in northern climates where buildings benefit from the added heat gain of a dark-colored roof during colder months. Cool and green roofs are appropriate for use on historic buildings only when they are compatible with their architectural character, such as flat roofs with no visibility. A white-colored roof that is readily visible is not appropriate for historic metal roofs that were traditionally painted a dark color, such as green or iron oxide red. A white reflective roof is most suitable on flat roofed historic buildings. If a historic building has a slate roof, for example, removing the slate to install a metal roof is not a compatible treatment. It is never appropriate to remove a historic roof if the material is in good or repairable condition to install a cool roof. However, if the roof has previously been changed to an asphalt shingle roof, fiberglass shingles with special reflective granules may be an appropriate replacement.



Fig. 22. Installation of both cool and green roofs in an urban environment.

A green roof consists of a thin layer of vegetation planted over a waterproofing system or in trays installed on top of an existing flat or slightly sloped roof. Green roofs are primarily beneficial in urban contexts to reduce the heat island effect in cities and to control storm water run-off. A green roof also reduces the cooling load of the building and helps cool the surrounding urban environment, filters air, collects and filters storm water, and can provide urban amenities, including vegetable gardens, for building occupants. The impact of increased

structural loads, added moisture, and potential for leaks must be considered before installing a green roof. A green roof is compatible on a historic building only if the plantings are not visible above the roofline as seen from below.

Alternative Energy Sources

Although not the focus of this publication, alternative energy sources are dealt with in more detail in *The Secretary of the Interior's Standards for Rehabilitation & Illustrated Guidelines on Sustainability for Rehabilitating Historic Buildings* and other NPS publications.

Devices that utilize solar, geothermal, wind and other sources of energy to help reduce consumption of fossil fuel-generated energy can often be successfully incorporated in historic building retrofits. However, if the alterations or costs required to install these devices do not make their installation economically feasible, buying power generated off site from renewable sources may also be a good alternative. The use of most alternative energy strategies should be pursued only after all other upgrades have been implemented to make the building more energy efficient because their initial installation cost is usually high.

Solar Energy: Man has sought to harness the power of solar energy to heat, cool, and illuminate buildings throughout history. Construction techniques and design strategies that utilize building materials and components to collect, store, and release heat from the sun are described as “passive solar design.” As previously discussed, many historic buildings include passive solar features that should be retained and may be enhanced. Compatible additions to historic buildings also offer opportunities to incorporate passive solar features. Active solar devices, such as solar heat collectors and photovoltaic systems, can be added to historic buildings to decrease reliance on grid-source fossil-fuel powered electricity. Incorporating active solar devices in existing buildings is becoming more common as solar collector technology advances. Adding this technology to historic buildings, however, must be done in a manner that has a minimal impact on historic roofing materials and preserves their character by placing them in locations with limited or no visibility, i.e., on flat roofs at a low angle or on a secondary roof slope.

Solar collectors used to heat water can be relatively simple. More complex solar collectors heat a fluid or air that is then pumped through the system to heat or cool interior spaces. Photovoltaic panels (PV) transform solar radiation into electricity. The greatest potential for the use of PV panels in historic buildings is on buildings with large flat roofs, high parapets, or roof configurations that allow solar panels to be installed without being prominently visible. The feasibility of installing solar devices in small commercial and residential buildings will depend on installation costs, conventional energy rates, and available incentives, all of

which will vary with time and location. The same factors apply to the use of solar collectors for heating water, but smaller installations may meet a building's need and the technology has a considerable track record.



Fig. 23. Solar collectors installed in a compatible manner on low sloping sawtooth monitors. Top Photo: Neil Mishalov, Berkeley, CA.

Geothermal Energy: The use of the earth's heat is another source of readily-accessible clean energy. The most common systems that utilize this form of energy are geothermal heat pumps, also known as geo-exchange, earth-coupled, ground-source, or water-source heat pumps. Introduced in the late 1940s, geothermal heat pumps rely on heat from the constant temperature of the earth, unlike most other heat pumps which use the outside air temperature as the exchange medium. This makes geothermal heat pumps more efficient than conventional heat pumps because they do not require an electric back-up heat source during prolonged periods of cold weather.

There are many reasons that geothermal heat pumps are well suited for use in historic buildings. They can reduce the amount of energy consumption and emissions considerably, compared to the air exchange systems or electric resistance heating of conventional HVAC systems. They require less equipment space, have fewer moving parts, provide better zone space conditioning, and maintain better internal humidity levels. Geothermal heat pumps are also quieter because they do not require external air compressors. Despite higher installation costs, geothermal systems offer long-term operational savings and adaptability that may make them a worthwhile investment in some historic buildings.

Wind Energy: For historic properties in rural areas, where wind power has been utilized historically, installation of a wind mill or turbine may be suitable to the historic setting and cost effective. Before choosing to install wind-powered equipment, the potential benefit and the impact on the historic character of the building, the site and surrounding historic district must be analyzed. In order for the turbines to work effectively, average wind speeds of 10 mph or higher are necessary. This technology may not be practical in more densely-populated areas sheltered from winds or regions where winds are not consistent. In cities with tall buildings, there is potential for installing relatively small rooftop turbines that are not visible from the ground. However, because of the initial cost and size of some turbines, it is generally more practical to purchase wind power from an off-site wind farm through the local utility company.

Summary

With careful planning, the energy efficiency of historic buildings can be optimized without negatively impacting their historic character and integrity. Measuring the energy performance of buildings after improvements are completed must not be overlooked, as it is the only way to verify that the treatments have had the intended effect. Ongoing monitoring of buildings and their components after alterations to historic building assemblies are completed can prevent irreparable damage to historic materials. This, along with regular maintenance, can ensure the long-term preservation of our historic built environment and the sustainable use of our resources.

End Notes

¹ John Krigger and Chris Dorsi, "Air Leakage," in *Residential Energy: Cost Savings and Comfort for Existing Buildings*. Helena, Montana: Saturn Resource Management, 2004, p. 73.

² *Measured Winter Performance of Storm Windows*. A 2002 study done by Lawrence Berkeley National Labs.

³ *Midwest Weatherization Best Practices Field Guide*. Prepared for the U.S. Department of Energy Weatherization Assistance Program, May 2007, p. 157.

⁴ Adapted from comments provided by William B. Rose, Research Architect, University of Illinois, April 2011.

⁵ U.S. Department of Energy, *Insulation Fact Sheet*, DOE/CE-0180, 2008, p.14.

⁶ Bradford S. Carpenter, P.E., LEED AP et al., *The Designer's Dilemma: Modern Performance Expectations and Historic Masonry Walls* (paper presented at the RCI 2010 Symposium on Building Envelope Technology, San Antonio, Texas).

Acknowledgements

Jo Ellen Hensley, Senior Architectural Historian, LEED Green Associate, and Antonio Aguilar, Senior Historical Architect, Technical Preservation Services Branch, National Park Service, revised *Preservation Brief 3: Conserving Energy in Historic Buildings*, written by Baird M. Smith, FAIA and published in 1978. The revised Brief contains expanded and updated information on the subject of energy efficiency in historic buildings. A number of individuals and organizations have contributed their time and expertise in the development of this Brief, beginning with the participants of the "Improving Energy Efficiency in Historic Buildings—A Round Table Symposium," Washington, DC, 2002. Special thanks go to Mike Jackson, FAIA, Illinois Historic Preservation Agency; Edward Minch, Energy Services Group; William B. Rose, Research Architect, University of Illinois; Bradford S. Carpenter, P.E., LEED AP; and Mark Thaler, AIA, for their technical advice. The Advisory Council on Historic Preservation's Sustainability Task Force, the General Services Administration's Center for Historic Buildings, and our colleagues at the National Center for Preservation Technology and Training commented on the manuscript. In addition, the Technical Preservation Services professional staff, in particular Anne Grimmer, Michael J. Auer and John Sandor, provided critical and constructive review of the publication.

This publication has been prepared pursuant to the National Historic Preservation Act of 1966, as amended, which directs the Secretary of the Interior to develop and make available information concerning historic properties. Additional information about the programs of Technical Preservation Services is available on the website at www.nps.gov/tps. Comments about this publication should be addressed to: Charles E. Fisher, Technical Preservation Publications Program Manager, Technical Preservation Services, National Park Service, 1201 Eye Street, NW, 6th Floor, Washington, DC 20005. This publication is not copyrighted and can be reproduced without penalty. Normal procedures for credit to the authors and the National Park Service are appreciated. The photographs used in this publication may not be used to illustrate other publications without permission of the owners. *Cover photograph: Farmhouse with energy efficient historic storm windows.*

Richtlinie

ENERGIEEFFIZIENZ AM BAUDENKMAL





Richtlinie

ENERGIEEFFIZIENZ AM BAUDENKMAL

1. FASSUNG — 17. März 2011

INHALT

ZIELSETZUNG	6
VORBEMERKUNGEN	7
I. GRUNDREGELN	8
II. MASSNAHMEN ÜBERSICHT	9
III. MASSNAHMEN IM DETAIL	10
MASSNAHMEN AN DER BAUWERKSHÜLLE	10
 1. AUSSENWÄNDE	10
1.1 Außenwand Mauerwerk	11
1.1.1 Instandsetzung Mauerwerk	11
1.1.2 Innendämmung Mauerwerk	11
1.1.3 Außendämmung Mauerwerk	12
1.1.4 Außendämmung Mauerwerk erdberührend	13
1.2 Außenwand Holzbau	14
1.2.1 Instandsetzung Holzbau	14
1.2.2 Innendämmung Holzbau	14
1.2.3 Außendämmung Holzbau verkleidet	15
1.2.4 Außendämmung Holzbau unverkleidet	15
1.2.5 Dämmung Fachwerkbau	15
1.3 Außenwand Sichtbeton	16
1.3.1 Innendämmung Sichtbeton	16
1.3.2 Außendämmung Sichtbeton	16
 2. DECKEN, BÖDEN, GEWÖLBE	16
2.1 Oberste Geschoßdecke	17
2.1.1 Dämmung oberste Geschoßdecke	17
2.2 Fußboden	17
2.2.1 Dämmung Fußboden unterkellert	18
2.2.2 Dämmung Fußboden nicht unterkellert	18
2.3 Gewölbe	18
2.3.1 Dämmung über Gewölbe	19
2.3.2 Dämmung unter Gewölbe	19
2.3.3 Dämmung Oberseite Gewölbe	19
2.3.4 Dämmung Unterseite Gewölbe	20
 3. DÄCHER	20
3.1 Steildach	20
3.1.1 Instandsetzung Dach	21
3.1.2 Eingestellte Dämmung	21
3.1.3 Untersparrendämmung	21
3.1.4 Aufsparrendämmung	22
3.1.5 Zwischensparrendämmung mit Überlüftung	22
3.1.6 Zwischensparrendämmung ohne Überlüftung	23
3.1.7 Dachdämmung ohne durchgängiges Unterdach	24
3.2 Flachdach	24
3.2.1 Dämmung Flachdach	25
 4. FENSTER UND TÜREN	25
4.1 Fenster	25
4.1.1 Instandsetzung Fenster	25
4.1.2 Abdichtung Fenster	26
4.1.3 Optimierung Fensterglas	26
4.1.4 Zusätzliche Fensterebene	27
4.1.5 Austausch historischer Fenster	28

4.2	Außentüren / Tore	28
4.2.1	Instandsetzung Tür	28
4.2.2	Abdichtung Tür	29
4.2.3	Optimierung Türglas	29
4.2.4	Aufdoppelung Türblatt	29
4.2.5	Zusätzliche Türebene	29
4.2.6	Austausch historischer Türen	30
MASSNAHMEN AN DER GEBÄUDETECHNIK		30
	5. WÄRMEERZEUGUNG	31
5.1	Holzbrennstoffe	31
5.2	Wärmepumpen	31
5.2.1	Grundwasserwärmepumpen	32
5.2.2	Erdwärmepumpen	32
5.2.3	Luftwärmepumpen	32
5.3	Solarenergie	33
5.3.1	Solarthermie	33
5.3.2	Photovoltaik	34
5.4	Fernwärme	35
5.5	Dämmung Verteilsystem	36
	6. WÄRMEABGABE	36
6.1	Heizkörper / Konvektoren	37
6.1.1	Nutzung vorhandener Systeme	37
6.1.2	Installation neuer Systeme	37
6.2	Kachelofen / Grundofen / Kamin	37
6.2.1	Nutzung vorhandener Öfen	38
6.2.2	Errichtung neuer Öfen	38
6.3	Bauteilheizung	38
6.3.1	Fußbodenheizung / Deckenheizung	38
6.3.2	Wandheizung eingefräst / eingeputzt	39
6.3.3	Sockelleistenheizung	39
6.4	Temperierung	40
6.4.1	Sockeltemperierung	40
6.4.2	Mauerfußtemperierung	40
6.4.3	Wandtemperierung eingefräst / eingeputzt	41
	7. LÜFTUNG | KÜHLUNG	41
7.1	Lüftungs- und Klimaanlage	42
	8. GEBÄUDEAUTOMATION	43
IV. BEWILLIGUNGSVERFAHREN		44
V. RECHTLICHE GRUNDLAGEN		45
VI. NACHWEISVERFAHREN		47
VII. GLOSSAR		50
VIII. QUELLEN		53
IMPRESSUM		56



ZIELSETZUNG

Die Einsparung fossiler Energien und CO₂ Emissionen ist eine der dringendsten Aufgaben Europas und führt derzeit zu zahlreichen ambitionierten Vorhaben. Oft kommt es dabei zu radikalen und zerstörenden Eingriffen in das bauliche Erbe eines Landes. Das gemeinsame Ziel der Denkmalpflege und des Umweltschutzes muss jedoch in einer tatsächlich nachhaltigen Entwicklung liegen. Die Schonung der natürlichen, materiellen und kulturellen Ressourcen schließt demnach einen sorgsamen Umgang mit den nicht »erneuerbaren« Baudenkmalen ein.

Von den zwei Millionen Bestandsbauten in Österreich stehen 1,3 Prozent unter Denkmalschutz. Davon werden etwa 20.000 Baudenkmale ständig genutzt und thermisch konditioniert. Dieser Gebäudeanteil ist nicht ausschlaggebend für die Gesamtenergiebilanz des Landes, Verbesserungen sind jedoch auch hier möglich. Wenn die energetische Optimierung in einem *denkmalverträglichen* Maße erfolgt, kann sie für die zukünftige Nutzung und die gesicherte Erhaltung der Baudenkmale förderlich sein.

Vor diesem Hintergrund beschäftigt sich die Denkmalpflege intensiv mit den Möglichkeiten der thermischen und technischen Gebäudeoptimierung. Für die Baudenkmale gilt es, eine Betrachtungsweise zu etablieren, welche auf die speziellen Eigenschaften und Stärken der historischen Bauweisen eingeht und den Handlungsbedarf nicht einseitig aus Neubaunormen und standardisierten Bewertungsverfahren ableitet. Ziel ist es, den Denkmalbestand vor irreversiblen Fehlern zu bewahren.

VORBEMERKUNGEN

Die vorliegende Richtlinie umfasst die Grundsätze des Bundesdenkmalamts im Hinblick auf die energetische Sanierung von Baudenkmalen. Auf diesem Wege soll es allen Beteiligten ermöglicht werden, hinkünftig schneller zu einvernehmlichen Lösungen zu gelangen. Sie wird in der 1. Fassung vom 17. März 2011 auf der website des Bundesdenkmalamts bereitgestellt (www.bda.at/downloads) und entsprechend den fortschreitenden Erkenntnissen durch Folgefassungen aktualisiert.

Die Richtlinie bildet einen Leitfaden zur Einschätzung jener Maßnahmen, die an einem Baudenkmal im Rahmen der energetischen Sanierung vertretbar oder gegebenenfalls nicht vertretbar sind. Es werden jene Wege beschrieben, die bei der Abwägung zwischen den Möglichkeiten einer energetischen Verbesserung auf der einen Seite sowie der Bewahrung der Substanz, der überlieferten Erscheinung und künstlerischen Wirkung des Baudenkmal auf der anderen Seite zu beschreiten sind. Diese Vorgaben sollten für alle Überlegungen am Beginn eines Projekts und für die konkreten Planungen gelten. Auf jeden Fall gelten sie schließlich für die denkmalpflegerischen Beurteilungen durch das Bundesdenkmalamt. Diese Abwägung bildet den Kern der Bestimmungen der §§ 4 Abs.1 und 5 Abs.1 Denkmalschutzgesetz³⁴ und wird durch die vorliegende Richtlinie hinsichtlich der Fragen der Energieeffizienzmaßnahmen erstmals transparent und nachvollziehbar gemacht. Somit wird diese Richtlinie als Entscheidungsgrundlage für alle jene Baudenkmale heranzuziehen sein, die gemäß §§ 2a oder 3 Denkmalschutzgesetz unter Denkmalschutz stehen und die energetisch verbessert werden sollen. In der Sache kann sie selbstverständlich auch für jene historischen Bauten gewinnbringend angewendet werden, die im Rahmen der Stadt- und Ortsbildpflege, der Welterbegebiete oder der österreichischen Kulturlandschaft ihre Bedeutung haben. Darüber hinaus soll die Richtlinie auch ein Wegweiser sein, um im öffentlichen Förder- und Normierungswesen zu einer sachgerechten Behandlung der Baudenkmale beziehungsweise des historisch wertvollen Bestandes insgesamt zu kommen.

Bei manchen Maßnahmen wäre die nachteilige Veränderung des Baudenkmal so gravierend, dass in diesen Fällen nach der Abwägung in der Regel eine Versagung der Maßnahme vorgezeichnet ist. Die Richtlinie ist jedoch so aufgebaut, dass zahlreiche alternative Maßnahmen zur energetischen Sanierung erkennbar werden. Jene (zahlenmäßig wenigen) Bauten, welche den üblichen Kanon der bewährten historischen Bauwei-

sen verlassen und eine außergewöhnliche materialtechnische sowie bauphysikalische Herausforderung darstellen, bedürfen einer vertieften Behandlung, die im Rahmen einer Richtlinie nicht mehr erfassbar ist.

Die Richtlinie zur Energieeffizienz an Baudenkmalen gliedert sich in einen ersten Überblicksteil mit zwei Checklisten (Grundregeln, Maßnahmen Übersicht), den ausführlichen zweiten Teil zu den einzelnen Maßnahmen an der Bauwerkshülle beziehungsweise den Maßnahmen an der Gebäudetechnik (Maßnahmen im Detail) sowie einen abschließenden dritten Teil mit weiterführenden rechtlichen und technischen Informationen (Bewilligungsverfahren, Rechtliche Grundlagen, Nachweisverfahren, Glossar, Quellen).

Es werden ausschließlich Methoden behandelt, die durch bauliche Veränderungen Auswirkungen auf die Substanz, Struktur und Erscheinung eines Baudenkmal haben können. Neben diesen harten Faktoren spielen Kriterien wie zum Beispiel Lebensdauer, Lage oder Ökologie für die Energiebilanz und Nachhaltigkeit eines Gebäudes eine ebenso wichtige Rolle. Diese so genannten »weichen« und oft schwer messbaren Größen werden in diesem Rahmen nicht ausgeführt, dürfen bei der Beurteilung, ob energetische Sanierungsmaßnahmen effizient und zielführend sein können, jedoch nicht übersehen werden.

Und schließlich darf nicht vergessen werden, dass letztendlich die Nutzung und das Nutzerverhalten in hohem Maße entscheidend für den Energiebedarf eines Gebäudes sind. Aktuell wird ein großer Teil der Energieeinsparung, die eine umfassende energetische Sanierung eines Bauwerks erzielt, durch die Anhebung des Nutzerkomforts wieder getilgt (Rebound-Effekt). Ohne ein entsprechend verändertes Bewusstsein über die Auswirkungen des Lebensstils und eine entsprechende Verhaltensänderung wird der wachsende Energiebedarf weltweit kaum aufzuhalten sein. Durch das persönliche Verhalten lässt sich tatsächlich auf schnellstem und kostengünstigstem Weg Energie einsparen. In verschiedenen Wettbewerben konnte gezeigt werden, dass sich der Verbrauch in öffentlichen Gebäuden zwischen 10% und 40% binnen kürzester Zeit allein durch bewusstes Nutzerverhalten senken ließ.^{42,45} Auch in privaten Haushalten besteht hier ein bedeutendes Potential, das sofort und ohne jegliche Investition wirksam gemacht werden kann.

I. GRUNDREGELN

Für eine erfolgreiche energetische Sanierung gelten folgende denkmalpflegerische Grundregeln:

- 1. ORIGINAL** Oberste Zielsetzung von Denkmalschutz und Denkmalpflege ist die möglichst unveränderte Erhaltung der historisch überlieferten Substanz und Erscheinung. Im Falle notwendiger Veränderungen sind der Vorzustand, die Maßnahmen und der Zustand nach den Eingriffen gemäß denkmalpflegerischen Standards zu dokumentieren.
- 2. ANALYSE** Viele Baudenkmale weisen eine über die Zeit gewachsene, äußerst heterogene Substanz auf. Im Vorfeld einer Planung ist daher die möglichst vollständige Kenntnis des Bestands sowohl in bautechnischer als auch in bauphysikalischer Hinsicht notwendig.
- 3. GESAMTPROJEKT** Projekte sollen sich durch eine ganzheitliche Planung auszeichnen und sich nicht auf Einzelmaßnahmen fokussieren. Das Erreichen einzelner flächenbezogener U-Werte oder theoretischer Heizwärmebedarf-Angaben ist nicht zielführend, sondern es muss eine sinnvolle Optimierung des Gesamtenergiehaushalts eines Objekts angestrebt werden.
- 4. NUTZERVERHALTEN** Die Zielsetzung einer energetischen Sanierung kann nicht auf vorgegebenen Ansätzen wie beim normierten Energieausweis basieren, sondern muss konkret auf die Nutzung und das Nutzerverhalten im Objekt eingehen.
- 5. INDIVIDUELL** Baudenkmale erfordern Einzellösungen anstelle von Standardrezepten. Dies verlangt von den Beteiligten die Bereitschaft zu einem unter Umständen erhöhten Planungsaufwand, einer verbesserten Qualitätssicherung und verstärkter Kommunikation mit oder zwischen Baufachleuten, Bauherrschaft und Denkmalpflege bis zum Abschluss der Maßnahmen.
- 6. INSTANDSETZUNG** Als erster Schritt sind Fehlerquellen am Baudenkmal zu erheben, Reparaturen auszuführen und ursprüngliche Funktionskonzepte zu reaktivieren, um das Potential der historischen Substanz wieder zur Geltung zu bringen. Erst wenn die Möglichkeiten einer Instandsetzung ausgeschöpft sind, wird über eventuelle Ergänzungen oder Auswechslungen entschieden.
- 7. MATERIALKONFORM** Notwendige Ergänzungen im Zuge energetischer Verbesserungen sind in der Materialität möglichst konform mit dem überlieferten Bestand auszuführen.
- 8. FEHLERTOLERANT** Da man sowohl in der Herstellung als auch in der Benutzung erfahrungsgemäß keine idealen Zustände vorfindet, sind fehlertolerante, reparaturfähige bzw. reversible Konstruktionen vorzuziehen.
- 9. RISIKOFREI** Eine langjährige Schadensfreiheit ist zu gewährleisten. Die Beteiligung von BauphysikerInnen mit einschlägiger Erfahrung im Umgang mit der Sanierung von Baudenkmalen ist hierzu oft notwendig. Neuerungen beziehungsweise Versuche sind am Baudenkmal ausschließlich dann vertretbar, wenn sie im Rahmen eines wissenschaftlichen Projekts begleitet werden. Ansonsten gilt für alle Maßnahmen: lieber weniger und sicher – als viel und riskant.
- 10. WEITBLICK** Maßnahmen am Denkmal reihen sich in eine schrittweise Optimierung im Laufe der vergangenen Jahrhunderte ein. Eine Erhaltung erfordert von allen Beteiligten einen über die allgemeine Haftung oder Amortisationszeit hinaus gehenden Weitblick.

II. MASSNAHMEN ÜBERSICHT

Im Rahmen von energetischen Sanierungen können sehr verschiedene Maßnahmen eingesetzt werden. Sie bedeuten jeweils einen unterschiedlich starken Eingriff in das Bauwerk. Die folgende Liste gibt hierzu einen ersten Überblick, beansprucht jedoch keine Vollständigkeit (weitere Erläuterungen siehe angegebene Kapitel).

GRÜN

Denkmalverträgliche Maßnahme

Die Maßnahme bedeutet einen geringen Eingriff in Substanz und Erscheinung des Baudenkmals. Sie ist gut denkmalverträglich. Daraus ergibt sich eine einfache Bewilligungsfähigkeit.

GELB

Bedingt denkmalverträgliche Maßnahme

Die Maßnahme bedeutet einen gewissen nachteiligen Eingriff in Substanz und Erscheinung des Baudenkmals. Sie ist nur bedingt denkmalverträglich und erfordert einen erhöhten Planungsaufwand. Daraus ergibt sich eine eingeschränkte Bewilligungsfähigkeit beziehungsweise eine Bewilligung mit Auflagen.

ROT

Nicht denkmalverträgliche Maßnahme

Die Maßnahme bedeutet einen gravierenden nachteiligen Eingriff in Substanz und Erscheinung des Baudenkmals. Sie ist nicht denkmalverträglich. Daraus ergibt sich eine Versagung der Bewilligung.

Instandsetzung Wand → 1.1.1, 1.2.1

Instandsetzung Fenster und Türen → 4.1.1, 4.2.1

Instandsetzung Dach und eingestellte Dämmung im Dachraum → 3.1.1 – 2

Dämmung oberste Geschoßdecke → 2.1.1

Dämmung über Gewölben abgesetzt → 2.3.1

Dämmung Fußboden unterkellert → 2.2.1

Dämmung Flachdach → 3.2.1

Mauerfußtemperierung → 6.4.2

Optimierung bestehender Heizungsanlage und Heizkörper → 6.1.1, 5.5

Gebäudeautomation → 8.

Heizen mit Fernwärme, Heizen mit Holz (Einzelöfen) → 5.4, 6.2

Heizen mit Grundwasserwärmepumpe, Erdwärmepumpe (Tiefenbohrung) → 5.2.1, 5.2.2

Solarthermie neben dem Baudenkmal → 5.3.1

Abdichtung Fenster und Türen → 4.1.2, 4.2.2

Nachträgliche Beschichtung von Fensterglas → 4.1.3

Sockeltemperierung → 6.4.1

Heizen mit Holz (Zentral) → 5.1

Photovoltaik neben dem Baudenkmal → 5.3.2

Optimierung Fensterglas (beschichtete Einfachgläser) → 4.1.3

Optimierung Türglas → 4.2.3

Aufdoppelung Türblatt → 4.2.4

Zusätzliche Ebene Fenster und Türen → 4.1.4, 4.2.5

Dämmung Fußboden nicht unterkellert → 2.2.2

Dämmung auf Oberseite von Gewölben und unter Gewölben abgehängt → 2.3.2 – 3

Dämmung Dach (Auf-, Unter- und Zwischensparrendämmung mit Überlüftung) → 3.1.3 – 5

Innendämmputz und Innendämmung Wand → 1.1.2, 1.2.2, 1.2.5, 1.3.1

Außendämmung Holzbau verkleidet → 1.2.3

Außendämmung Mauerwerk erdberührend → 1.1.4

Bauteilheizung und Bauteiltemperierung → 6.3.1 – 3, 6.4.3

Heizen mit Erdwärmepumpe (Flächenkollektor), Luftwärmepumpe → 5.2.2, 5.2.3

Solarthermie am Baudenkmal nicht einsehbar → 5.3.1

Lüftungs- und Klimaanlage → 7.1

Einsatz von Isolierglas an Fenstern → 4.1.3

Zwischensparrendämmung ohne Überlüftung → 3.1.6

Photovoltaik am Baudenkmal nicht einsehbar → 5.3.2

Außendämmputz Wand verputzt → 1.1.3

Abbruch (Austausch) historischer Fenster und Türen → 4.1.5, 4.2.6

Dämmung auf Unterseite von Gewölben → 2.3.4

Dachdämmung ohne Unterdach → 3.1.7

Solarthermie und Photovoltaik am Baudenkmal einsehbar → 5.3.1, 5.3.2

Außendämmung Wand → 1.1.3, 1.2.4, 1.2.5, 1.3.2



III. MASSNAHMEN IM DETAIL

Massnahmen an der Bauwerkshülle

Der Heizwärmeverbrauch kann über die Verbesserung der Bauwerkshülle und der Gebäudetechnik verringert werden. Optimierungen sollten vorrangig die Technik, dann erst die Gebäudehülle betreffen. Es sind grundsätzlich immer jene Maßnahmen zu bevorzugen, die den geringst möglichen Eingriff in Substanz, Erscheinung und Wirkung des Baudenkmals bedeuten.

In diesem Abschnitt werden Maßnahmen betrachtet, die an der Bauwerkshülle ansetzen. Zu jedem Bauteil sind jeweils die einzelnen Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und die wichtigsten denkmalpflegerischen Regeln dargestellt. Derartige Eingriffe sind niemals isoliert zu betrachten, sondern immer im Zusammenhang mit dem gesamten Gebäudesystem zu sehen. Konkrete Lösungen sind je nach Situation mit dem Bundesdenkmalamt festzulegen.

Der Großteil der Baudenkmale besteht aus traditionellen bewährten Konstruktionen und den regional typischen Bauweisen. Vereinzelt sind Bauwerke zu behandeln, die sich aufgrund ihres technischen, experimentellen oder puristischen Charakters in diesen Kanon nicht einordnen lassen und für die keine erprobten Methoden vorzuweisen sind. In diesen Fällen ist schrittweise ein individuelles Lösungskonzept zu entwickeln.

Der Zustand der Bausubstanz hat grundsätzlich einen dominierenden Einfluss auf den Energiebedarf eines Gebäudes. Eine thermisch-energetische Optimierung ist von der Problematik Feuchtigkeit und Salztransport nicht zu trennen. Kenntnisse über das Verhalten von Material und Konstruktion sind daher Grundvoraussetzung für Wirksamkeit und Erfolg von Sanierungsmaßnahmen. Wenn man bedenkt, dass sich der Wärmedurchlasswiderstand eines Materials schon bei geringer Zunahme des Feuchtigkeitsgehaltes deutlich verschlechtert, ist es klar, dass die Problemstellung der Feuchtigkeit am Bau vorrangig zu lösen ist. Schon dadurch können die positiven Materialeigenschaften von historischer Bausubstanz wieder zur Geltung gebracht werden. Werden Dämmmaßnahmen ohne Rücksicht auf den Feuchtehaushalt durchgeführt, versagt nicht nur das Dämmvermögen binnen kurzem, sondern ist auch das Tragverhalten von Konstruktionen auf Dauer in Frage gestellt.

Für bestimmte Maßnahmen am Baudenkmal werden Nachweise zur Sicherung der langfristigen Schadensfreiheit verlangt. Diese sind im Kapitel VI. »Nachweisverfahren« näher beschrieben.

1. AUSSENWÄNDE

Die Fassaden bestimmen die äußere Wirkung eines Baudenkmals. Für das Erscheinungsbild ist nicht nur die formale Gestaltung, sondern auch die Beschaffenheit der Oberflächen einer Fassade verantwortlich. Weit über die »Zur-Schau-Stellung« hinaus ist eine Fassade ein sensibles Zeugnis für äußerst vielschichtige Phänomene wie Alter, Stilepoche, historische Ereignisse, Bauphasen, lokales Handwerk, verfügbares Material und vieles anderes mehr.

Maßnahmen zur Senkung des U-Wertes einer Außenwand müssen immer im Zusammenhang mit dem Feuchtehaushalt, Salztransport und Diffusionsverhalten der bestehenden Wand betrachtet werden.



Eine nachträgliche Außendämmung führt zum Verlust all der genannten Eigenschaften und zu Veränderungen an allen Bestandsfenstern. Sie bedeutet somit einen Identitätsverlust der Architektur und ist mit dem Auftrag zur Bewahrung des authentischen Erscheinungsbildes im Sinne des Denkmalschutzes nicht vereinbar. Diese authentische Wirkung kann durch eine oberflächliche Nachbildung mit Dämmprofilen oder Ähnlichem nicht ersetzt werden.

Auch innenseitige Wandoberflächen sind oftmals gewachsene und bauhistorisch bedeutsame Bestandteile des Baudenkmals und können für die Erscheinung eines Innenraums von entscheidender Bedeutung sein. Daher ist immer zu bedenken, dass auch eine nachträglich aufgebrachte Innendämmung eine nachteilige Beeinträchtigung der Raumgestalt und eine Zerstörung von wertvollen Putzoberflächen oder Wandfassungen nach sich ziehen kann.

Die energetische Sanierung von Wandkonstruktionen zählt dementsprechend zu den heikelsten Aufgaben in der Baudenkmalpflege. Lösungen sind sehr spezifisch und nur unter Einschränkungen möglich.

Methodisch ist zwischen Dämmstoffen (Bahnen, Platten etc.), die als zusätzliche Schicht oder im Zuge von Wandverkleidungen aufgebracht werden, und Dämmstoffen, die als Zuschlagmaterial für Putze dienen (Dämmputze) zu unterscheiden. Im Folgenden werden Wandkonstruktionen aus Mauerwerk, Holz und Sichtbeton getrennt betrachtet.

1.1 AUSSENWAND MAUERWERK

Mauerwerkskonstruktionen sind die Kernsubstanz des Baudenkmals. Sie sind Zeugnis des Gestaltungswillens und der Bautechnik einzelner historischer Epochen. Mauerwerk besitzt neben der ästhetischen Bedeutung einen historischen Quellenwert, der durch historische Bauregeln und Materialien determiniert ist.

Verputzte Oberflächen sind integraler Teil des Baudenkmals und grundsätzlich zu erhalten. Der österreichische Denkmalbestand zeichnet sich durch einen großen Reichtum an bauzeitlichen Originalputzen aus. Diesen Bestand gilt es besonders zu schützen.

*U-Wert Beispiele⁵⁰:
(Vollziegel, trocken):*

Wandstärke	U-Wert
30 cm	1,6
60 cm	1,0
90 cm	0,7
120 cm	0,5

gefordert nach OIB²⁶ 0,35

1.1.1 Instandsetzung Mauerwerk



Die Außenwand wird nach den aktuellen Grundsätzen der Denkmalpflege instand gesetzt und damit ihr tatsächliches Dämm- und Speichervermögen optimal ausgenutzt.

1.1.2 Innendämmung Mauerwerk



Innendämmungen erlauben eine thermische Verbesserung ohne Veränderung der historischen Außenerscheinung eines Baudenkmals und ermöglichen ein differenziertes Eingehen auf thermische Erfordernisse. Eine Innendämmung kann im Einzelfall ein geeignetes Mittel zur Verbesserung der thermischen Eigenschaften der Raumschale sein. Speziell im Fall von temporären Nutzungen wird ein schnelles Heizen des Raumes unterstützt und nicht die gesamte Speichermasse der Bauteile erwärmt.

Eine Innendämmung kann nicht als reversible Maßnahme bezeichnet werden.



Durch Innendämmungen verändert sich der Temperaturverlauf in der Wand. Der Taupunkt verlagert sich weiter nach innen. Die Oberflächentemperatur der Wandinnenseite wird erhöht.

Je stärker die Innendämmung, desto größer das Risiko von Bauschäden aufgrund von Durchfeuchtung (z.B. Versagen von Holzbauteilen).

Die gegenseitige Beeinflussung von Innendämmungen und Bauteilheizungen ist zu beachten.

Sie ist unter folgenden Voraussetzungen möglich:

- Durch die Anbringung der Dämmung darf es weder zu einer Beeinträchtigung des historisch-ästhetischen Erscheinungsbildes des Raumes noch zu einer Zerstörung von historisch wertvollen Putzschichten und Wandoberflächen kommen.
- Vor Anbringung der Dämmung ist seitens des Bundesdenkmalamts zu klären, ob der bestehende Putz entfernt, überputzt, beklebt oder gedübelt werden darf.
- Als Entscheidungsgrundlage sind im Einzelfall Voruntersuchungen an Mauerwerk, Putz und Anstrichen erforderlich.
- Die langfristige Schadensfreiheit ist nachzuweisen. Bei Innendämmungen hinter Ausstattungselementen (historischen Tafelungen etc.) und bei Fassungen auf der Wandaußenseite (Sgraffiti, Fresken etc.) ist diese besonders zu beachten (siehe VI. Nachweisverfahren).
- Diffusionsoffene und kapillaraktive Materialien sind diffusionsdichten Dämmungen vorzuziehen.
- Zur Verhinderung der Luftströmung durch die Innendämmung und dem damit verbundenen Risiko der Wasserdampfkondensation ist auf die Luftdichtheit und deren praktische Realisierbarkeit zu achten.
- Die Anschlussbereiche der Decken/Böden an die Außenwand bedürfen einer detaillierten Planung (Wärmebrücken). Eine Durchtrennung historischer Decken- und Bodenkonstruktionen (Balkenköpfe) ist auszuschließen.
- Für Dämmputze sind materialkonforme Zuschlagstoffe zu verwenden (z.B. mineralische Zuschläge für Kalkputze) und die Putzstärke dem ursprünglichen Putzauftrag möglichst anzulehnen.
- Im Falle der Entfernung historischer raumprägender Putzoberflächen ist die neue Putzoberfläche entweder dem ursprünglichen Charakter möglichst anzugleichen, oder gegebenenfalls eine neue Oberflächengestaltung im Einvernehmen mit dem Bundesdenkmalamt zu konzipieren.

1.1.3 Außendämmung Mauerwerk

Die folgenden Vorgaben betreffen Mauerwerksbauten mit Putzfassaden. Sichtmauerwerk aus z.B. Ziegel oder Naturstein ist davon ausgenommen. Aufgrund der gezielten Gestaltungsabsicht ist die Anbringung von Außendämmputzen oder Außendämmungen bei diesen Fassaden grundsätzlich nicht möglich.

Außendämmputz



Die Verwendung eines Außendämmputzes bedeutet immer den Verlust der überlieferten Oberfläche und des überlieferten Erscheinungsbildes eines Baudenkmals. Diese Maßnahme ist mit dem Auftrag zur Bewahrung des authentischen Erscheinungsbildes im Sinne von Denkmalschutz und Denkmalpflege nicht vereinbar.

Ein Außendämmputz ist nur in Ausnahmefällen unter folgenden Voraussetzungen möglich:

- Der Effekt einer Dämmung kann nicht durch alternative Maßnahmen erzielt werden.
- Durch die Anbringung des Dämmputzes darf es weder zu einer nachteiligen Beeinträchtigung des historisch-ästhetischen Erscheinungsbildes der Fassade noch zu einer Zerstörung von historisch wertvollen Putzschichten und Wandoberflächen kommen.
- Seitens des Bundesdenkmalamts ist zu klären, ob und wie der bestehende Putz verändert werden darf (entfernen oder überputzen).

Dämmputze können bei geringen Wandstärken eine Senkung des U-Wertes von bis zu einem Drittel bewirken.

U-Wert Beispiele ⁵⁰:
Vollziegel und 5 cm Dämmputz:

Wandstärke	U-Wert
25 cm	von 1,8 auf 1,1
45 cm	von 1,3 auf 0,9



- Als Entscheidungsgrundlage sind im Einzelfall Voruntersuchungen an Mauerwerk, Putz und Anstrichen erforderlich.
- Für Dämmputze sind materialkonforme Zuschlagstoffe zu verwenden (z.B. mineralische Zuschläge für Kalkputze).
- Die langfristige Schadensfreiheit des darunter liegenden Mauerwerks ist zu gewährleisten (siehe VI. Nachweisverfahren).
- Putzstärke, Materialbeschaffenheit sowie Putzoberfläche sind dem ursprünglichen Putzauftrag möglichst anzunähern. Die Anschlüsse, Formen und Dimensionierungen der architektonischen Elemente der Fassade (Laibungen, Gesimse etc.) müssen dem historischen Architekturkonzept möglichst entsprechen.

Außendämmung



Die nachträgliche Anbringung einer Außendämmung mit Wärmedämmverbundsystemen bedeutet den Verlust der gestalteten Architektur, der Oberfläche und des überlieferten Erscheinungsbildes eines Baudenkmals. Sie ist mit dem Auftrag zur Bewahrung des authentischen Erscheinungsbildes im Sinne von Denkmalschutz und Denkmalpflege nicht vereinbar und daher grundsätzlich nicht möglich.

Ausnahmen davon kann es nur bei Fassadenteilen geben, die ursprünglich nicht als Ansichtsflächen konzipiert waren (z.B. Feuermauern). Dies auch nur dann, wenn der Effekt einer Dämmung nicht durch alternative Maßnahmen erzielt werden kann, die langfristige Schadensfreiheit des darunter liegenden Mauerwerks gewährleistet ist (siehe VI. Nachweisverfahren), die Dämmstärke in den Konstruktionsdetails anderer Bauelemente Berücksichtigung findet (z.B. Fensterposition) und die Rekonstruktion der Putzoberfläche sich dem ursprünglichen Bestand in Struktur und Material möglichst annähert (Dickputzbeschichtung).

In diesen Ausnahmefällen ist ein bauteilspezifisches Konzept als Entscheidungsgrundlage beizubringen. In speziellen Fällen (z.B. Feuermauern) kann auch eine Verkleidung mit anderen Materialien eine Alternative darstellen, wenn dies regional und typologisch begründbar ist.

Eine Außendämmung mit Wärmedämmverbundsystemen kann nicht als reversible Maßnahme bezeichnet werden.

1.1.4 Außendämmung Mauerwerk erdberührend



Die außenseitige Dämmung von erdberührenden Mauerbereichen kann bei Umnutzungen von Kellerräumen von Bedeutung sein und eine mögliche Option zur Verbesserung der Dämmung der Raumschale bilden.

Sie ist unter folgenden Voraussetzungen möglich:

- Bei historischem Stein- und Ziegelmauerwerk darf die Möglichkeit der Trocknung des Mauerwerks nach außen durch eine Dämmung nicht unterbunden werden. Das Aufbringen von Sperrschichten direkt außenseitig auf das Mauerwerk ist aus Reversibilitätsgründen grundsätzlich zu vermeiden (Trennlage/Belüftung einbauen).
- Diffusionsoffene sind diffusionsdichten Dämmsystemen vorzuziehen.
- Die langfristige Schadensfreiheit ist nachzuweisen (siehe VI. Nachweisverfahren).
- Bei gleichzeitiger Ausbildung eines Drainagegrabens ist eine detaillierte Planung auszuarbeiten.
- Gegebenenfalls muss eine archäologische Begleitung der Arbeiten erfolgen.

Diffusionsoffene Dämmsysteme an erdberührenden Mauern lassen sich beispielsweise mit Glasschaumschotter herstellen.

Die Standsicherheit während der Freilegung von Fundamentbereichen ist zu gewährleisten.



1.2 AUSSENWAND HOLZBAU

Auch wenn Holzkonstruktionen von Dauer sein können, sind sie im Vergleich zu Steinbauten vergänglichere Baukonstruktionen (Feuchtigkeit, Brandgefahr). In vielen Regionen haben daher Steinbauten ältere Holzbauten verdrängt oder sind Holzbauten durch Putzaufbauten geschützt worden. Der heute überlieferte Bestand an Holzbauten konzentriert sich besonders auf den alpinen Raum und prägt hier das Erscheinungsbild der Kulturlandschaft. Ihre außergewöhnliche Charakteristik gilt es besonders zu erhalten. Grundsätzlich ist der Veränderungsspielraum holzsichtiger Bauten daher gering.

Holz ist naturgemäß ein guter Dämmstoff, insbesondere wenn die Holzteile trocken gehalten werden. Die Verhinderung von Durchfeuchtung ist generell entscheidend für die Lebensdauer dieser Konstruktionen.

*U-Wert Beispiele ⁵⁰:
(Holzblockbau, Innenverkleidung)*

Wandstärke	U-Wert
10 cm	0,9
15 cm	0,7
20 cm	0,5

gefordert nach OIB ²⁶ 0,35

1.2.1 Instandsetzung Holzbau



Die Außenwand wird nach den aktuellen Grundsätzen der Denkmalpflege instand gesetzt und damit ihr tatsächliches Dämm- und Speichervermögen optimal ausgenutzt.

1.2.2 Innendämmung Holzbau



Innendämmungen erlauben eine thermische Verbesserung ohne Veränderung der historischen Außenseite des Baudenkmals und ermöglichen ein differenziertes Eingehen auf thermische Erfordernisse. Eine Innendämmung bei Wandkonstruktionen aus Holz (Block- oder Ständerbau) ist in der Regel ein geeignetes Mittel zur Verbesserung der thermischen Eigenschaften der Raumschale.

Sie ist unter folgenden Voraussetzungen möglich:

- Durch die Anbringung der Dämmung darf es weder zu einer nachteiligen Beeinträchtigung des historisch-ästhetischen Erscheinungsbildes des Raumes, noch zu einer Zerstörung von historisch wertvollen Putzschichten und Wandverkleidungen kommen.
- Seitens des Bundesdenkmalamts ist zu klären, ob die Oberfläche verändert werden darf.
- Als Entscheidungsgrundlage sind im Einzelfall Voruntersuchungen an Putz, Verkleidung und Anstrichen erforderlich.
- Die langfristige Schadensfreiheit ist nachzuweisen (siehe VI. Nachweisverfahren).
- Diffusionsoffene und kapillaraktive Materialien sind diffusionsdichten Dämmungen vorzuziehen. Zur Verhinderung der Luftströmung durch die Innendämmung und des damit verbundenen Risikos der Wasserdampfkondensation im Bauteil ist auf die Luftdichtheit und deren praktische Realisierbarkeit zu achten.
- Die Anschlussbereiche der Decken/Böden an die Außenwand bedürfen einer detaillierten Planung (Wärmebrücken). Eine Durchtrennung historischer Decken- und Bodenkonstruktionen (Balkenköpfe) ist auszuschließen.
- Die abschließende Oberfläche wird dem Charakter der historischen Wandgestaltung möglichst angeglichen (z.B. Wiederverwendung historischer Vertäfelungen). Im Falle der Entfernung historischer raumprägender Putzoberflächen, ist die neue Putzoberfläche entweder dem ursprünglichen Charakter möglichst anzugleichen oder gegebenenfalls eine neue Oberflächengestaltung dem Bundesdenkmalamt zur Beurteilung vorzulegen.

Im Zuge von Innendämmungen verändert sich der Temperaturverlauf in der Wand. Der Taupunkt verlagert sich weiter nach innen.

Je stärker die Innendämmung, desto größer das Risiko von Bauschäden aufgrund von Durchfeuchtung (z.B. Versagen von Holzbauteilen).

1.2.3 Außendämmung Holzbau verkleidet



Holzbauten besitzen zum Teil abschließende Fassadenverkleidungen in Form von Brettern oder Holzschindeln.

Das Einfügen einer Dämmung zwischen Wandkonstruktion und äußerer Verkleidung ist unter folgenden Voraussetzungen möglich:

- Das Einfügen der Dämmung darf zu keiner nachteiligen Beeinträchtigung des historisch-ästhetischen Erscheinungsbildes der Fassade führen (Dämmstärke, Laibungstiefen etc.).
- Einer Erneuerung der vorhandenen Verschalung bzw. Verschindelung der Außenwand darf denkmalpflegerisch im Hinblick auf ihren historischen Bestand bzw. ihr Altersbild nichts entgegenstehen.
- Seitens des Bundesdenkmalamts ist zu klären, ob auf ältere Fassungen hinter der Verkleidung Rücksicht zu nehmen ist. Als Entscheidungsgrundlage sind im Einzelfall Voruntersuchungen erforderlich.
- Die langfristige Schadensfreiheit ist nachzuweisen (siehe VI. Nachweisverfahren).
- Diffusionsoffene sind diffusionsdichten Dämmungen vorzuziehen. Auf Winddichtigkeit ist zu achten. Die nötige Hinterlüftung der Verkleidung ist zu gewährleisten.
- Die Anschlussbereiche wie Sockel, Fenster, Dach etc. bedürfen einer detaillierten Planung.
- Die Neuausführung der Verkleidung muss in der Bauweise und Oberflächengestaltung der historischen Verkleidung möglichst angeglichen werden.

1.2.4 Außendämmung Holzbau unverkleidet



Aufgrund der signifikanten Außenerscheinung von Holzbauten mit der gezielten Ablesbarkeit der Bauweise und den sichtbaren Konstruktionsdetails ist die Anbringung von Außendämmungen bei unverkleideten Holzbauten grundsätzlich nicht möglich.

1.2.5 Dämmung Fachwerkbau

In Österreich sind historische Fachwerkbauten auf einzelne wenige Regionen und Epochen begrenzt. Sie stellen eine Sonderform im Holzbau dar. Bei der Bauweise handelt es sich um eine Mischkonstruktion aus tragenden Holzbauteilen und Füllmaterialien (Ziegel, Putz, Lehm o.ä.).

Innendämmung



Siehe 1.2.2 Innendämmungen Holzbau unter besonderer Beachtung des vorhandenen Füllmaterials und Gefüges.

Außendämmung



Aufgrund der signifikanten Außenerscheinung von Fachwerksbauten mit der gezielten Ablesbarkeit der Bauweise und den sichtbaren Konstruktionsdetails ist die Anbringung von Außendämmungen bei Fachwerkbauten grundsätzlich nicht möglich.



1.3 AUSSENWAND SICHTBETON

Sichtbetonbauten sind besondere architektonische Zeugnisse des 20. Jahrhunderts. Bei diesen Objekten handelt es sich meist um Funktionsbauten wie Schulen, Kirchen und andere öffentliche Gebäude, welche zeichenhaften Charakter haben. Mittels Sichtbeton wurde entweder ein skulpturaler, kubischer Gesamtausdruck oder eine ablesbare, statisch intendierte Einfachheit geschaffen. Die expressive Kraft und gesuchte architektonische Ehrlichkeit hängen unmittelbar an der unverfälschten Materialsprache, die durch die Einprägung der Schalbretter eine zusätzliche Textur bekommt. Eine Veränderung dieser Oberflächen würde die Vernichtung der Architektursprache bedeuten. Vielfach sind hier Alternativen in der Gebäudetechnik wie auch im Nutzungskonzept zu suchen.

1.3.1 Innendämmung Sichtbeton



Betonkonstruktionen sind besonders schlank dimensionierte, diffusionssperrende und wärmeleitende Bauweisen. Eine Innendämmung ist generell nur dann vertretbar, wenn die Wandinnenseite nicht als Sichtbeton konzipiert, sondern verputzt oder verkleidet ist.

Durch Innendämmungen verändert sich der Temperaturverlauf in der Wand. Der Taupunkt verlagert sich weiter nach innen. Die Oberflächentemperatur der Wandinnenseite wird erhöht.

Ein Innendämmputz kann bei Betonwänden theoretisch eine deutliche Senkung des U-Wertes bedeuten. Der Tauwasseranfall steigt jedoch problematisch.

*U-Wert Beispiele ⁵⁰:
Beton und 3cm Dämmputz*

Wandstärke	U-Wert
15 cm	von 4,2 auf 2,2
25 cm	von 3,6 auf 2,0

Feuchtigkeit im Bauteil kann zur Korrosion der Bewehrung führen.

Sie ist unter folgenden Voraussetzungen möglich:

- Durch die Anbringung der Dämmung darf es weder zu einer nachteiligen Beeinträchtigung des architektonischen Erscheinungsbildes des Raumes noch zu einer Zerstörung von besonderen Wandfassungen kommen.
- Seitens des Bundesdenkmalamts ist zu klären, ob die Wandoberfläche verändert werden darf.
- Als Entscheidungsgrundlage sind im Einzelfall Voruntersuchungen zu Beton, Verputz oder Farbkonzepten erforderlich.
- Die Substanz muss sich in einwandfreiem Zustand befinden (Instandsetzung). Es dürfen keine aktiven Bauschäden verkleidet werden. Bei Betonsanierungen sind entsprechende Fachleute zu beteiligen.
- Die langfristige Schadensfreiheit ist nachzuweisen (siehe VI. Nachweisverfahren).
- Die Anschlussbereiche der Decken/Böden an die Außenwand bedürfen einer detaillierten Planung (Wärmebrücken).
- Die abschließende Oberfläche ist dem Charakter der ursprünglichen Oberfläche möglichst anzugleichen oder gegebenenfalls eine neue Oberflächengestaltung dem Bundesdenkmalamt zur Beurteilung vorzulegen.

1.3.2 Außendämmung Sichtbeton



Aufgrund der gezielten Gestaltungsabsicht ist die Anbringung von Außendämmungen und Außendämmputzen bei Sichtbetonbauten grundsätzlich nicht möglich.

2. DECKEN, BÖDEN, GEWÖLBE

Abhängig von der Geometrie des Bauwerks haben die horizontalen Bauteile einen relativ großen Einfluss auf den Energieverbrauch eines Gebäudes. Bei gedrungene eingeschobigen Anlagen können Maßnahmen an den Decken und Böden die Gesamt-



energiebilanz eines Gebäudes deutlich verbessern. Thermische Veränderungen an diesen Bauteilen sind sehr verbreitet, da sie weniger durch formale Vorgaben eingeschränkt werden. Die bauphysikalischen Aspekte werden dabei oft vernachlässigt. Dies ist jedoch von großem Belang, da im denkmalgeschützten Bestand die Decken in der Regel Holzkonstruktionen sind, welche durch Feuchtigkeit besonders gefährdet werden.

2.1 OBERSTE GESCHOSSDECKE

Die oberste Geschoßdecke bildete üblicherweise die Grenze des thermisch konditionierten Wohnraums zum durchlüfteten Dachraum hin. Im Fall eines Dachbrandes diene die Decke als Schutz vor dem Feuer.

Deckenkonstruktionen sind meist Holzkonstruktionen, welche im Innenraum unterschiedlichste Gestaltungselemente aufweisen können (Holzverzierungen, Stuckarbeiten, Deckenmalereien etc.). Deckengestaltungen früherer Bauphasen sind möglicherweise durch jüngere überlagert.

2.1.1 Dämmung oberste Geschoßdecke



Eine Dämmung der obersten Geschoßdecke zum Dachraum hin ist unter folgenden Voraussetzungen möglich:

- Durch die Ausführung der Dämmung darf es weder zu einer Gefährdung der Deckenkonstruktion noch zu einer Zerstörung wertvoller Deckenuntersichten kommen.
- Seitens des Bundesdenkmalamts ist zu klären, ob die bestehende Decke zusätzlich beansprucht oder verändert werden darf.
- Als Entscheidungsgrundlage sind im Einzelfall statische, materialtechnische oder bauarchäologische Voruntersuchungen erforderlich.
- Ziel muss es sein, den bestehenden Deckenaufbau zu erhalten und die Dämmung darüber auszuführen. Deckenschüttungen sind archäologische Verdachtsbereiche (Fundstücke) und sollten möglichst erhalten werden. Ein Entfernen kann zudem zu Lastverschiebungen führen und Rissbildung zur Folge haben.
- Diffusionsoffene sind diffusionsdichten Dämmungen vorzuziehen. Die Anwendung von Vernetzungsmitteln (etwa bei geneigten Flächen) ist auszuschließen.
- Zur Kontrolle und Wartung sind die Begehbarkeit und Reversibilität zu gewährleisten.
- Die langfristige Schadensfreiheit ist nachzuweisen (siehe VI. Nachweisverfahren).
- Der Anschlussbereich der Decke an die Außenwand und die Ausbildung der Dachtraufe (notwendige Belüftung) bedürfen einer detaillierten Planung. Eine Durchtrennung historischer Deckenkonstruktionen (Balkenköpfe) ist auszuschließen.

Die Auswirkungen auf das Raumklima im Dach sind zu beachten. Temperatursenkung kann in Folge zu einer Erhöhung der Luftfeuchtigkeit führen (Gefahr von Kondensat).

Vernetzungsmittel zur Stabilisierung der Dämmung sind nicht beständig und werden sukzessive in der Bausubstanz abgelagert.

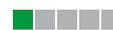
Der erforderliche Schutz gegen Flugschnee und Schlagregen ist zu beachten.

2.2 FUSSBODEN

Der Fußboden eines Gebäudes kann unterkellert oder erdberührend sein. Die Unterkellerung von Baudenkmalen diene einerseits der Schaffung von Lagerraum, andererseits der Entkopplung der Wohnräume gegenüber dem Erdreich. Zahlreiche Baudenkmale sind jedoch nicht unterkellert, sondern der unterste Boden liegt direkt auf dem anstehenden Erdreich auf. Diese Bauweise zeichnet sich in der Regel durch einen diffusionsoffenen Aufbau aus, d.h. es wurden keine Abdichtungen verwendet. Ein Lehmschlag-, Ziegel- oder Steinboden unterstreicht den bodenständigen Charakter des Hauses. Die überlieferten Böden bzw. Bodenaufbauten sind möglichst zu erhalten. Neue Nutzungsansprüche können allerdings Veränderungen im Bodenaufbau notwendig machen.



2.2.1 Dämmung Fußboden unterkellert



Eine Dämmung der untersten Geschoßdecke zum Kellerraum hin ist unter folgenden Voraussetzungen möglich:

- Durch die Ausführung der Dämmung darf es weder zu einer Gefährdung der Bodenkonstruktion noch zu einer Zerstörung von wertvollen Bodenbelägen kommen.
- Seitens des Bundesdenkmalamts ist zu klären, ob der bestehende Boden verändert werden darf. Überlieferte Bodenbeläge sind gegebenenfalls zu erhalten bzw. wiederzuverwenden.
- Als Entscheidungsgrundlage sind im Einzelfall Materialuntersuchungen oder bauarchäologische Voruntersuchungen erforderlich.
- Für den Fall, dass der Bodenaufbau ausgewechselt werden kann, sind Schüttungen als archäologische Verdachtsbereiche (Fundstücke) im Anlassfall zu untersuchen.
- Wird die Dämmung an der Deckenunterseite ausgeführt, ist seitens des Bundesdenkmalamts vorab zu klären, inwieweit sichtbare Deckenuntersichten (z.B. Balkendecken) eine Abhängung zulassen.
- Die vorhandene Raumhöhe im Keller muss den Einbau einer zusätzlichen Schicht ermöglichen.
- Die langfristige Schadensfreiheit ist nachzuweisen (siehe VI. Nachweisverfahren).

Die Auswirkungen auf das Raumklima im Keller sind zu beachten. Temperatursenkung kann in Folge zu einer Erhöhung der Luftfeuchtigkeit führen (Gefahr von Kondensat und Schimmelbildung).

2.2.2 Dämmung Fußboden nicht unterkellert



Eine Dämmung des erdberührenden Fußbodens ist unter folgenden Voraussetzungen möglich:

- Durch die Ausführung der Dämmung darf es zu keiner Zerstörung von wertvollen Bodenbelägen kommen.
- Seitens des Bundesdenkmalamts ist zu klären, ob der bestehende Boden verändert werden darf.
- Als Entscheidungsgrundlage sind im Einzelfall Materialuntersuchungen oder bauarchäologische Voruntersuchungen erforderlich.
- Überlieferte Bodenbeläge werden möglichst wiederverwendet.
- Die diffusionsoffene Bauweise wird möglichst beibehalten. Die wärmedämmende Wirkung darf in diesem Fall nicht zu hoch sein. Die langfristige Schadensfreiheit ist nachzuweisen (siehe VI. Nachweisverfahren).
- Bei einem Systemwechsel müssen die materialtechnischen Parameter und die Belastung durch Bodenfeuchtigkeit beachtet werden. Die Ausführung von Abdichtungen und der Anschluss an die aufgehende Wand sind für das einzelne Objekt zu entwickeln. Die langfristige Schadensfreiheit ist nachzuweisen (siehe VI. Nachweisverfahren).
- Größere Auskofferungen sind aufgrund der Störung archäologischer Schichten bzw. Vorgängerbauten zu vermeiden bzw. erfordern archäologische Untersuchungen.

Bei diffusionsoffenen Bodenaufbauten ist das Bodenmaterial entsprechend auszuwählen (z.B. keine versiegelten Holzböden).

2.3 GEWÖLBE

Gewölbe sind massive Bauteile mit besonderer statischer und meist auch brandschutztechnischer Funktion. Sie befinden sich häufig über dem Keller bzw. Erdgeschoß, können aber auch in Obergeschoßen platziert sein und bilden dort für die Erschließung und Befeuern des Hauses die historische bauliche Grundstruktur. Sie besitzen oft dekorative Oberflächen oder spezielle Details wie Stichkappen, Grate, Konsolen etc.. Einwölbungen sind teilweise erst nachträglich erfolgt. Sie bilden im

Baudenkmal zumeist einen Schwerpunkt des Denkmalcharakters und sind von zerstörerischen Eingriffen frei zu halten.



2.3.1 Dämmung über Gewölbe



Es ist zu prüfen, ob die bauliche Situation die Einführung einer abgesetzten, separaten Dämmebene oberhalb der Gewölbe erlaubt (z.B. Tramebene des Dachgebälks). So bleiben die Gewölbe zugänglich und überprüfbar.

2.3.2 Dämmung unter Gewölbe



Die Dämmung unterhalb von Gewölben (abgehängt) ist unter folgenden Voraussetzungen möglich:

- Die Gewölbekonstruktion ermöglicht eine reversible Abhängung der Dämmebene (z.B. Kappendecke mit Traversen)
- Durch die Ausführung der Dämmung darf es weder zu einer Gefährdung der Gewölbekonstruktion noch zu einer Zerstörung von wertvollen Gewölbefassungen kommen.
- Seitens des Bundesdenkmalamts ist zu klären, ob eine Abhängung ausgeführt werden darf.
- Als Entscheidungsgrundlage sind im Einzelfall statische, materialtechnische oder bauarchäologische Voruntersuchungen erforderlich.
- Diffusionsoffene sind diffusionsdichten Dämmungen vorzuziehen.
- Zur Kontrolle und Wartung sind die Zugänglichkeit und Reversibilität zu gewährleisten.
- Die langfristige Schadensfreiheit ist nachzuweisen (siehe VI. Nachweisverfahren).

2.3.3 Dämmung Oberseite Gewölbe



Die Dämmung von Gewölben auf der Oberseite ist unter folgenden Voraussetzungen möglich:

- Durch die Ausführung der Dämmung darf es zu keiner Gefährdung der Gewölbekonstruktion kommen. Die bauphysikalischen Veränderungen dürfen überdies kein Risiko für wertvolle Gewölbefassungen auf der Unterseite bedeuten.
- Seitens des Bundesdenkmalamts ist zu klären, ob der Aufbau zusätzlich beansprucht oder verändert werden darf.
- Als Entscheidungsgrundlage sind im Einzelfall statische, materialtechnische oder bauarchäologische Voruntersuchungen erforderlich.
- Der bestehende Aufbau muss erhalten bleiben und die Dämmung darüber ausgeführt werden. Gewölbeschüttungen sind archäologische Verdachtsbereiche (Fundstücke) und werden möglichst erhalten. Ein Entfernen der Schüttung kann zudem zur Kräfteverschiebung und Rissbildung führen.
- Diffusionsoffene sind diffusionsdichten Dämmungen vorzuziehen. Die Anwendung von Vernetzungsmitteln ist auszuschließen.
- Zur Kontrolle und Wartung sind die Zugänglichkeit und Reversibilität zu gewährleisten.
- Die langfristige Schadensfreiheit ist nachzuweisen (siehe VI. Nachweisverfahren).
- Die Anpassung der Dämmstärken, Maßnahmen gegen Verrutschen sowie der Anschlussbereich der Gewölbe an die Außenwand bedürfen einer detaillierten Planung.

Vernetzungsmittel zur Stabilisierung der Dämmung sind nicht beständig und werden sukzessive in der Bausubstanz abgelagert.



- In besonderen Fällen ist die Notwendigkeit und Wirksamkeit der Dämmung zu belegen (speziell bei sehr hohen Räumen wie Kirchen).

2.3.4 Dämmung Unterseite Gewölbe



Die Untersichten stellen die Hauptansichten von Gewölben dar. Eine Dämmung von historisch wertvollen Gewölben an den Unterseiten zerstört deren Erscheinungsbild und ist daher grundsätzlich nicht möglich.

3. DÄCHER

Dächer sind integrale Bestandteile eines Baudenkmals und stehen in unmittelbarem typologischen und baugeschichtlichem Zusammenhang mit dem aufgehenden Gebäude. Sie sind Zeugnis der Bauweise, des Gestaltungswillens und der Bautechnik einzelner historischer Epochen. Sie besitzen neben der ästhetischen Bedeutung einen historischen Quellenwert, der durch historische Bauregeln und Materialien determiniert ist. Zu unterscheiden sind flache und geneigte Dächer, wobei nur ein sehr geringer Anteil, zumeist jüngere Baudenkmale, Flachdächer besitzt. Diese sind dann aber oft von besonderer Bedeutung für den Baustil.

3.1 STEILDACH

Die Funktion der Steildächer beschränkte sich zunächst auf die Abdeckung des Bauwerks und – historisch gesehen – auf die Lagerung von Gütern. Späterhin weitete sich die Nutzungsmöglichkeit durch den Einbau von Dachkammern aus. Der Dachraum ist traditionell ein klimatischer Pufferraum, der durchlüftet und frei begehbar war. Dies war eine Voraussetzung für die regelmäßige Kontrolle und Wartung der Dachhaut. Wenn entsprechend für den Unterhalt gesorgt ist, erreichen Dachkonstruktionen vielfach ein Alter von mehreren hundert Jahren. Grundsätzlich gilt es, die Eigenschaften des Daches möglichst unverfälscht zu erhalten und mögliche Schadenspotentiale durch Nachlässigkeiten oder Systemänderungen zu vermeiden. Der denkmalpflegerische Ausgangspunkt liegt daher in der Bewahrung der historischen Konstruktion sowie der überlieferten historischen Dachdeckung, soweit sie noch besteht. Dabei ist zu beachten, dass für den Großteil der Baudenkmale zumeist eine einfache Dachhaut die Ausgangssituation darstellt. Das Deckungsmaterial liegt auf der horizontalen Lattung, die unmittelbar auf den Sparren befestigt ist. Es existiert kein Unterdach und dementsprechend keine Konterlattung für eine Hinterlüftung.

Dachausbauten sind für Baudenkmale formal, funktional und besonders bauphysikalisch äußerst problembehaftet. Die thermische Grenze verlagert sich in diesem Fall an die Dachhaut, welche damit funktional gewissermaßen zur Außenwand wird und eine Vielzahl von zusätzlichen Aufgaben übernehmen muss. Ein Ausbau mit der erforderlichen Dämmstärke und Hinterlüftung bedeutet eine entscheidende Veränderung der Dachgestalt. Die erhöhte Feuchtebelastung und Abdichtung gefährden die Holzkonstruktion massiv. Die erforderliche Belichtung, Erschließung und Einhaltung der Brandschutzklassen machen schließlich gravierende Eingriffe notwendig. Aufgrund der zahlreichen Interventionen sind Dachkonstruktionen nur im Einzelfall ausbaubar

Im Zuge von Dachausbauten wird die Lebensdauer von Holzschindeldeckungen durch die Reduzierung der Belüftung stark verkürzt.



(Wertigkeit der Dachkonstruktion). Die Möglichkeit eines Dachausbaus ist vorab mit dem Bundesdenkmalamt zu klären.

An dieser Stelle soll ausschließlich auf die Art der Dämmung des Daches im Falle eines Dachgeschoßausbaus eingegangen werden, wobei Grundtypen und keine Mischkonstruktionen beschrieben werden. Die Wahl der Dämmmethode ist stets eine Abwägung von ästhetischen und substanzschonenden Vor- oder Nachteilen. Eine eindeutig bevorzugte Lösung gibt es nicht. Die Ausführungsart muss für den Einzelfall abgewogen werden.

3.1.1 Instandsetzung Dach



Die Beibehaltung des durchlüfteten, begeht- und kontrollierbaren Dachraums ohne Dachgeschoßausbau ist für das Baudenkmal grundsätzlich zuträglich. In dieser Situation ist in der Regel die oberste Geschoßdecke als Grenze der thermischen Konditionierung zu dämmen (siehe 2.1 Dämmung oberste Geschoßdecke). Wenn ein Dach durch Wartung und Reparatur grundsätzlich intakt gehalten wird, kann der damit verbundene Witterungs- und Wärmeschutz gewährleistet werden. Durch eindringende Feuchtigkeit aber verliert die Substanz ihr Dämmvermögen.

3.1.2 Eingestellte Dämmung



Der Dachausbau erfolgt in Form von eingestellten Wänden und Decken ohne Eingriffe ins Dach (»Einbau statt Ausbau«). Derartige Dachstuben sind historisch bewährte Systeme.

Vorteil: Die Dachhaut bleibt unberührt. Die Dachkonstruktion bleibt von innen sichtbar und ist damit kontrollierbar. Der Dachraum bleibt als durchlüftete Zone außerhalb der gedämmten Wandkonstruktionen erhalten. Bauphysikalisch kann ein ungestörter Dachaufbau realisiert werden, der frei von Durchdringungen ist.

Nachteil: Die Belichtung erfolgt ausschließlich über Giebelwände oder indirekt über Öffnungen in den Dachraum. Die im Raum liegenden Konstruktionshölzer (Kehlbalken, Kopfbänder etc.) begrenzen die Ausbaumaße.

3.1.3 Untersparrendämmung



Die Dachdeckung und die Dachlattung werden abgenommen. Das neue Unterdach und die Konterlattung kommen oberhalb der Sparren, die Dämmung und die Dampfbremse unterhalb der Sparren zu liegen. Der Sparrenzwischenraum dient ausschließlich der Überlüftung der Wärmedämmung.

Vorteil: Die Konstruktion besitzt eine großzügige Überlüftung und eine geringe Zahl an Durchdringungen.

Nachteil: Die Dachkonstruktion ist zu einem erheblichen Teil nicht mehr sichtbar. Die Aufbauhöhe ist sehr groß und es entstehen sehr tiefe Fenstereinschnitte zur Belichtung (schwierige Detaillösungen). Der nutzbare Dachraum ist reduziert. Kontrolle und Wartung der historischen Konstruktionsteile sind nur schwer zu gewährleisten.



Eine Untersparrendämmung ist unter folgenden Voraussetzungen möglich:

- Durch den Dachausbau darf es zu keiner Zerstörung von primären historischen Konstruktionselementen des Dachstuhls kommen.
- Seitens des Bundesdenkmalamts ist zu klären, ob die bestehende Dachkonstruktion verändert werden darf.
- Als Entscheidungsgrundlage sind im Einzelfall statische, materialtechnische oder bauhistorische Voruntersuchungen erforderlich.
- Detailplanungen zu Konstruktionsstärken, Trauf- und Ortganggestaltung, Gesimsanschlüssen, Brandschutz etc. sind vorzulegen.
- Historische Dachdeckungsmaterialien werden erhalten bzw. wiederverwendet.
- Diffusionsoffene sind diffusionsdichten Dämmungen vorzuziehen. Für die historischen Konstruktionsteile sind möglichst gleichmäßige bauphysikalische Verhältnisse zu gewährleisten.
- Die langfristige Schadensfreiheit ist nachzuweisen (siehe VI. Nachweisverfahren).

3.1.4 Aufsparrendämmung



Die Dachdeckung und die Dachlattung werden abgenommen. Die neue Konterlattung, das diffusionsoffene Unterdach, die Dämmung und die Dampfbremse kommen oberhalb der Sparren zu liegen. Der Sparrenzwischenraum ist dem Innenraum zugehörig.

Vorteil: Die Dachkonstruktion bleibt von innen sichtbar und ist damit kontrollierbar. Bauphysikalisch kann ein ungestörter Aufbau realisiert werden, der frei von Durchdringungen ist. Die Kontrolle und Wartung der historischen Konstruktionsteile ist gegeben.

Nachteil: Das Erscheinungsbild des Baudenkmals nach außen wird stark beeinflusst. Die Dachkonturen verschieben sich deutlich nach außen und die gesamte Proportion des Daches ändert sich.

Brandschutztechnische Erfordernisse sind vorab abzuklären.

Eine Aufsparrendämmung ist unter folgenden Voraussetzungen möglich:

- Durch den Dachausbau darf es weder zu einer nachteiligen Beeinträchtigung des historisch-ästhetischen Erscheinungsbildes des Dachraums und der Außenansicht, noch zu einer Zerstörung von primären historischen Konstruktionselementen des Dachstuhls kommen.
- Seitens des Bundesdenkmalamts ist zu klären, ob die bestehende Dachkonstruktion verändert werden darf.
- Als Entscheidungsgrundlage sind im Einzelfall statische, materialtechnische oder bauhistorische Voruntersuchungen erforderlich.
- Detailplanungen zu Konstruktionsstärken, Trauf- und Ortganggestaltung, Gesimsanschlüssen, Brandschutz etc. sind vorzulegen.
- Historische Dachdeckungsmaterialien werden erhalten bzw. wiederverwendet.
- Diffusionsoffene sind diffusionsdichten Dämmungen vorzuziehen. Für die historischen Konstruktionsteile sind möglichst gleichmäßige bauphysikalische Verhältnisse zu gewährleisten.
- Die langfristige Schadensfreiheit ist nachzuweisen (siehe VI. Nachweisverfahren).

3.1.5 Zwischensparrendämmung mit Überlüftung



Die Dachdeckung und die Dachlattung werden abgenommen. Die neue Konterlattung



und das Unterdach kommen oberhalb der Sparren, die Dämmung mit Überlüftung zwischen den Sparren und die Dampfbremse unterhalb der Sparren zu liegen.

Vorteil: Der gesamte Dachaufbau ist relativ schlank. Die Überlüftung garantiert Diffusionsoffenheit, insbesondere bei historischen Dachstühlen mit einer großen Zahl von konstruktiven Durchdringungen der Dampfbremse.

Nachteil: Das Erscheinungsbild des Baudenkmals nach außen wird beeinträchtigt. Die Dachkonturen verschieben sich um die Stärke des Unterdachs und der Konterlattung. Die Sparrenkonstruktion ist im Inneren nicht mehr sichtbar. Bauphysikalisch entstehen Mischkonstruktionen. Kontrolle und Wartung der historischen Konstruktionsteile sind nur schwer zu gewährleisten.

Eine Zwischensparrendämmung mit Überlüftung ist unter folgenden Voraussetzungen möglich:

- Durch den Dachausbau darf es weder zu einer nachteiligen Beeinträchtigung des historisch-ästhetischen Erscheinungsbildes der Außenansicht, noch zu einer Zerstörung von primären historischen Konstruktionselementen des Dachstuhls kommen.
- Seitens des Bundesdenkmalamts ist zu klären, ob die bestehende Dachkonstruktion verändert werden darf.
- Als Entscheidungsgrundlage sind im Einzelfall statische, materialtechnische oder bauhistorische Voruntersuchungen erforderlich.
- Detailplanungen zu Konstruktionsstärken, Trauf- und Ortganggestaltung, Gesimsanschlüssen, Brandschutz etc. sind vorzulegen.
- Historische Dachdeckungsmaterialien werden erhalten bzw. wiederverwendet.
- Diffusionsoffene sind diffusionsdichten Dämmungen vorzuziehen. Für die historischen Konstruktionsteile sind möglichst gleichmäßige bauphysikalische Verhältnisse zu gewährleisten. Die Überlüftung muss mit Zu- und Abluftöffnungen versehen werden.
- Die langfristige Schadensfreiheit ist nachzuweisen (siehe VI. Nachweisverfahren).

3.1.6 Zwischensparrendämmung ohne Überlüftung



Die Dachdeckung und die Dachlattung werden abgenommen. Die neue Konterlattung und das diffusionsoffene Unterdach kommen oberhalb der Sparren, die Dämmung ohne direkte Überlüftung zwischen den Sparren und die Dampfbremse unterhalb der Sparren zu liegen.

Vorteil: Der Aufbau ist relativ schlank. Der gesamte Sparrenzwischenraum wird für die Dämmung benutzt.

Nachteil: Das Erscheinungsbild des Baudenkmals nach außen wird beeinträchtigt. Die Dachkonturen verschieben sich um die Stärke des Unterdachs und der Konterlattung. Die Dachkonstruktion ist nicht mehr sichtbar. Bauphysikalisch entstehen Mischkonstruktionen und Wärme- bzw. Dampfdiffusionsbrücken. Es besteht keine innere Überlüftung der Dämmebene. Diese muss durch die äußere Hinterlüftung gewährleistet werden. Die dafür notwendige Diffusionsoffenheit des Unterdachs ist langfristig nicht garantiert. So können Holzschutzmittel Auswirkungen auf die Flüssigwasserdurchlässigkeit der Unterdachbahn haben. Dauerfeuchte führt ebenfalls zu einer erhöhten Wasserdurchlässigkeit. Gleichzeitig kann eingedrungenes Wasser nicht mehr durch die Dachbahn austrocknen und führt zu einer Feuchteanreicherung



Das Risiko der Haltbarkeit von diffusionsoffenen Unterbahnen wird auch in der ÖNORM B4119²³ beschrieben.

in der Konstruktion. Die Dampfbremse zwischen Raumlufte und Dämmschicht muss bei diesem Aufbau entsprechend dicht ausgeführt werden, um einen zu hohen Feuchteintrag aus der Raumlufte zu vermeiden. Dies ist jedoch durch Ausführungsmängel und das Arbeiten des Holzes in der Regel nicht möglich. Damit steigt das Risiko der nicht kalkulierbaren »Schleichwege« der Feuchtigkeit. Es kann zur Durchfeuchtung der Konstruktion kommen. Aufgrund von zahlreichen Durchdringungen ist der Regelaufbau oft fehlerhaft und birgt ein zusätzliches Schadenspotential.

Eine Zwischensparrendämmung ohne Überlüftung ist bei historisch wertvollen Konstruktionen (traditionelle Bauweise mit seriellen Durchdringungen) aufgrund der Gefährdung der Holzkonstruktionen am Baudenkmal nicht vertretbar.

In den übrigen Fällen stellt sie unter folgenden Voraussetzungen eine Alternative dar:

- Durch den Dachausbau darf es weder zu einer nachteiligen Beeinträchtigung des historisch-ästhetischen Erscheinungsbildes der Außenansicht noch zu einer Zerstörung von primären historischen Konstruktionselementen des Dachstuhls kommen.
- Seitens des Bundesdenkmalamts ist zu klären, ob die bestehende Dachkonstruktion verändert werden darf.
- Als Entscheidungsgrundlage sind im Einzelfall statische, materialtechnische oder bauhistorische Voruntersuchungen erforderlich.
- Detailplanungen zu Konstruktionsstärken, Trauf- und Ortganggestaltung, Gesimsanschlüssen, Brandschutz etc. sind vorzulegen.
- Historische Dachdeckungsmaterialien werden erhalten bzw. wiederverwendet.
- Diffusionsoffene sind diffusionsdichten Dämmungen vorzuziehen. Für die historischen Konstruktionsteile sind möglichst gleichmäßige bauphysikalische Verhältnisse zu gewährleisten.
- Die langfristige Schadensfreiheit ist nachzuweisen (siehe VI. Nachweisverfahren).

3.1.7 Dachdämmung ohne durchgängiges Unterdach



Die Dachdeckung und die Dachlattung bleiben unverändert. Das Unterdach wird stückweise zwischen den Sparren eingeführt. Die Dämmung kommt zwischen den Sparren und die Dampfbremse unterhalb der Sparren zu liegen.

Vorteil: Es erfolgt ein Ausbau ausschließlich von innen, ohne die Dachhaut zu berühren. Die historische Dachhaut bleibt substanziell und formal erhalten.

Nachteil: Bauphysikalisch ergibt sich eine äußerst riskante Situation. Es kann einerseits nach außen kein durchgängiges Unterdach hergestellt werden, andererseits werden nach innen regelmäßige Wärmebrücken und Durchdringungen des Schichtenaufbaus erzeugt. Es besteht ein hohes Risiko für langfristige Schädigung der Holzkonstruktionen.

Es werden trotz aller Risiken entsprechende Systeme am Markt angeboten.

Eine Dachsparrendämmung ohne Unterdach ist aufgrund der großen Gefährdung der Holzkonstruktionen am Baudenkmal nicht vertretbar.

3.2 FLACHDACH

Mit dem Beginn des 20. Jahrhunderts wurden Flachdachkonstruktionen bautechnisch möglich. Der Bauteil Dach erhielt damit eine vollkommen neue Interpretation und



ist stilbildendes Element dieser Architektur. Die Attika als Schnittpunkt von Dach und Wand stellt einen integralen Bestandteil der Fassade dar und ist nicht beliebig veränderbar.

In Material und Konstruktion wurde je nach Stand der Technik häufig experimentiert und auch stark minimiert. Flachdächer sind im engen Zusammenhang mit der obersten Geschoßdecke zu betrachten.

3.2.1 Dämmung Flachdach



Die Verbesserung der Dämmung von Flachdächern ist unter folgenden Voraussetzungen möglich:

- Durch die Anbringung der Dämmung darf es zu keiner nachteiligen Beeinträchtigung der architektonischen Gestaltungsabsicht kommen (keine Konturverschiebung wie z. B. die Erhöhung der Attika, kein Aufsetzen eines Satteldaches, Beibehalten von Vordächern, Auskragungen etc.).
- Historische Kaltdach- bzw. Warmdachkonstruktionen sind beizubehalten.
- Die langfristige Schadensfreiheit ist nachzuweisen (siehe VI. Nachweisverfahren).
- Die Anschlussbereiche der Dächer/Decken an die Außenwand bedürfen einer detaillierten Planung.
- Flachgeneigte Blechdachkonstruktionen sind konstruktiv beizubehalten.

Eine funktionierende Abdichtung ist Voraussetzung für jegliche Dämmmaßnahme.

4. FENSTER UND TÜREN

Fenster- und Türkonstruktionen sind untrennbarer Bestandteil der Architektur und prägen maßgeblich das Erscheinungsbild des Baudenkmals. Sie sind Zeugnis des Gestaltungswillens und der Handwerkstechnik verschiedener Epochen und besitzen insofern neben der ästhetischen Bedeutung einen historischen Quellenwert, der durch die typischen Konstruktionsregeln und Materialien bestimmt ist. Historische Fenster und Türen sowie ihre Bestandteile (Glas, Beschläge, Fensterläden, Jalousien etc.) sind keine Verschleißteile und grundsätzlich zu erhalten.

4.1 FENSTER

Fenster erfüllen eine Vielzahl von Aufgaben wie Belichtung, Wärmeschutz, Schallschutz, Lüftung, Solareintrag, Sonnenschutz etc. All diese Ansprüche an den Bauteil haben über Jahrhunderte zur Entwicklung charakteristischer Systeme geführt. Wenn entsprechend für den Unterhalt gesorgt ist, erreichen Fenster vielfach ein Alter von über hundert Jahren. Fensterkonstruktionen können durch verschiedene Maßnahmen optimiert werden. Für alle Eingriffe gilt, dass die raumklimatischen Bedingungen zu beachten sind (siehe VI. Nachweisverfahren).

Eine ausschließliche Fokussierung auf den U-Wert ist nicht zielführend. Es müssen alle Funktionen eines Fensters beachtet werden.

4.1.1 Instandsetzung Fenster



Vorrangig ist das Wiedererlangen des ursprünglichen Leistungsvermögens des historischen Fensters durch Reparatur von Rahmen, Fälzen, Schließmechanismen, Farbstrichen sowie Fensterläden etc. nach den aktuellen Grundsätzen der Denkmalpflege anzustreben.

Die Nachhaltigkeit des historischen Fensters wird durch sein Alter unter Beweis gestellt.^{14, 39}



4.1.2 Abdichtung Fenster



Undichtheiten an Fenstern können sowohl innerhalb der Fensterkonstruktion sowie zwischen dem Fenster und der Wandkonstruktion bestehen. Der ordnungsgemäße Wandanschluss ist sicher zu stellen. Bei der zusätzlichen Abdichtung von Fenstern unterscheidet man zwischen Einkleben und Einfräsen von Dichtungen.

Das Abdichten der Fensterkonstruktion ist unter folgenden Voraussetzungen möglich:

- Seitens des Bundesdenkmalamts ist zu klären, ob bzw. wie die Fensterkonstruktion (mittels Klebung oder Fräsung) nachträglich abgedichtet werden darf. Verschraubungen sind auszuschließen.
- Die Auswirkungen der Verringerung des Luftwechsels durch eine Fensterabdichtung sind vor der Durchführung der Maßnahme zu beurteilen (siehe VI. Nachweisverfahren). Hierfür ist es hilfreich, die raumklimatischen Bedingungen über einen längeren Zeitraum zu beobachten.
- Eine Fensterkonstruktion muss von innen nach außen undichter werden. Bei zwei Fensterebenen wird die Dichtung nur am Innenfenster eingebracht.
- Die Positionierung und Montage der Dichtung hängt von den vorgegebenen Profilstärken (Mindesttragquerschnitt) und der Einbausituation (Handhabung von Werkzeug) ab.

Das Abdichten von Fenstern kann durch die Erhöhung der Luftfeuchtigkeit zu Kondensat und Schimmelbildung führen.

4.1.3 Optimierung Fensterglas

Nachträgliche Folien



Eine Verringerung des Wärmeverlustes durch eine nachträgliche Beschichtung des Bestandsglases mittels Folien ist unter folgenden Voraussetzungen möglich:

- Durch das Aufbringen von Folien darf es nicht zu einer nachteiligen Beeinträchtigung des historisch-ästhetischen Erscheinungsbildes des Fensters kommen (Färbung, Transparenz des Glases etc.).
- Folien können nur bei industriell hergestellten Gläsern (Floatglas) zum Einsatz kommen, da diese Maßnahme nicht als reversibel zu bezeichnen ist.

Beschichtete Gläser



Eine Verringerung des Wärmeverlustes durch den Wechsel auf hart beschichtete Einfachgläser kann eine gute und denkmalverträgliche Alternative zu Isolierglas sein.

Der Einsatz von beschichteten Gläsern ist unter folgenden Voraussetzungen möglich:

- Durch den Wechsel des Glases darf es weder zu einer nachteiligen Beeinträchtigung des historisch-ästhetischen Erscheinungsbildes des Fensters (Färbung, Transparenz des Glases etc.) noch zu einem Verlust von historischen mundgeblasenen Verglasungen kommen.
- Seitens des Bundesdenkmalamts ist zu klären, ob das Glas ausgetauscht werden darf.
- Ein ausreichender Querschnitt der Flügelhölzer und die notwendige Stabilität der Rahmenkonstruktion für das neue beschichtete Glas müssen gegeben sein.

Zu erzielende U-Werte bei Doppelfenstern⁸

Außen – Innen	U-Wert
E–E	2,1
E–B	1,6
B–E	1,5–1,7
B–B	1,4

*E (Einfachglas)
B (Beschichtetes Einfachglas)*



Der Einsatz von Isolierverglasungen entspricht in der Regel nicht der denkmalpflegerischen Zielsetzung der historischen bzw. handwerkstechnischen Authentizität. Die Materialität der Isoliergläser und deren erforderliche Rahmenprofile führen zu gravierenden Veränderungen des Erscheinungsbildes von Fensterelementen. Darüber hinaus ist das Verbesserungspotential für die Gesamtenergiebilanz eines Gebäudes in den meisten Fällen gering.

Der Einsatz ist nur in Ausnahmefällen unter folgenden Voraussetzungen möglich:

- Der Wechsel des Glases führt weder zu einer nachteiligen Beeinträchtigung des historisch-ästhetischen Erscheinungsbildes des Fensters und der Fassade noch zu einer Zerstörung von historisch wertvollen Fensterkonstruktionen.
- Seitens des Bundesdenkmalamts ist zu klären, ob das Glas ausgetauscht werden darf.
- Alle alternativen Maßnahmen (Reparatur, Abdichtung, Optimierung Fensterglas, zusätzliche Fensterebene durch Vorfenster oder Doppelfenster) können nicht zur Anwendung gelangen.
- Die Verbesserung im Bereich des Bauteils Fenster besitzt für die spezifische Nutzung des Objektes eine unverzichtbare und ausschlaggebende Relevanz. Hierfür ist im Einzelfall ein entsprechender Nachweis zu führen (Gesamtenergiebilanz).
- In der Konstruktionsweise, in der Dimensionierung (z.B. Querschnitt der Flügelhölzer) und in der Detailausbildung muss eine dem historischen Bestand vergleichbare Lösung umsetzbar sein. Die notwendige Stabilität der Rahmenkonstruktion für ein Isolierglas muss hierbei gewährleistet sein. Für die erforderliche Annäherung an die historischen Fensterkonstruktionen müssen Isolierglástypen mit minimalen Dimensionen (Glasabstände) verwendet werden.
- Bei bestehenden Kasten-, Doppel- oder Verbundfenstern sind Isolierverglasungen im Ausnahmefall nur in der inneren Fensterebene ausführbar, sofern in der Konstruktionsweise, in der Dimensionierung (z.B. Querschnitt der Flügelhölzer) und in der Detailausbildung eine dem historischen Bestand vergleichbare Lösung umsetzbar ist.
- Zur Beurteilung des Erscheinungsbildes sind detailgenaue Werkzeichnungen (Ansichten 1:10, Detailschnitte 1:1) anzufertigen und bei Bedarf durch Musterfenster nachzuweisen.
- Einen Spezialfall bilden Bauten des 20. Jahrhunderts, für welche die Verwendung von Isolierglas charakteristisch ist.

Wenn der U-Wert des Fensters besser wird als jener der umgebenden Wände, kann es vor allem in den Fensterlaibungen zu Kondensatanfall kommen, statt wie bisher an der kalten Fensterscheibe.

4.1.4 Zusätzliche Fensterebene



Im Falle von Einfachfenstern kann der Einbau einer zusätzlichen Fensterebene eine gute und denkmalverträgliche Lösung sein, sofern sich der Fenstertypus für eine Weiterentwicklung mit historischen Modulen eignet (z.B. Vorsetzen von fassadenbündigen Vorfenstern bzw. Winterfenstern, Erweiterung zum Doppelfenster bzw. Kastenfenster nach innen etc.).

Die Anbringung einer zusätzlichen Fensterebene ist unter folgenden Voraussetzungen möglich:

- Seitens des Bundesdenkmalamts ist zu klären, ob bzw. wie der Einbau einer zusätzlichen Fensterebene erfolgen darf.



- Die Position der zusätzlichen Fensterebene (innen oder außen) kann von den architektonischen Vorgaben abgeleitet werden.
- Die Gestaltung des neuen Elements (Konstruktion, Material, Beschläge, Profile, Sprossenteilung, Anstrich etc.) ist gebäudespezifisch zu entwickeln und in detaillierten Werkzeichnungen vorzulegen.

4.1.5 Austausch historischer Fenster



Da Fenster untrennbarer Bestandteil der Architektur und maßgeblich für das Erscheinungsbild und die Authentizität des Baudenkmals verantwortlich sind, entspricht der Abbruch eines historischen Fensters grundsätzlich nicht den denkmalpflegerischen Zielsetzungen. Ein Austausch erfolgt nur bei extremem Verschleiß, nicht reparierbaren Schäden oder bereits zuvor nachteilig veränderten Fenstern.

Der Ersatz des überlieferten Fensters durch einen adäquaten Nachbau ist unter folgenden Voraussetzungen möglich:

- Seitens des Bundesdenkmalamts ist zu klären, ob eine Reparatur des Fensters auszuschließen ist. Als Entscheidungsgrundlage sind im Einzelfall Voruntersuchungen am Bauteil erforderlich.
- Die Gestaltung des neuen Elements ist dem historischen Bestand in Konstruktionsweise, Dimensionierung und Detailausbildung so weit wie möglich anzunähern (Material, Beschläge, Profile, Sprossenteilung, Anstrich etc.) und in detaillierten Werkzeichnungen (Ansichten 1:10, Detailschnitte 1:1) vorzulegen.
- Findet sich am Objekt kein Vorbild mehr, ist die Fensterkonstruktion nach jenem Typus zu planen, der für das historische Erscheinungsbild der Fassade maßgebend ist.
- Bei erstmaliger Verglasungen von Öffnungen, für die es keine typologischen Vorbilder gibt (z.B. Arkaden, Biforien, etc.), ist eine kontextuelle Neuinterpretation zu entwickeln.

4.2 AUSSENTÜREN / TORE

Traditionelle Außentüren begrenzen in der Regel Pufferräume wie Durchfahrten, Flure oder Windfänge. Selten führen sie unmittelbar in Wohnräume. Im Zuge von Umnutzungen ergibt sich heute vielfach die Herausforderung, mit diesen Bauteilen den Übergang vom kalten Außen- zum beheizten Innenraum zu gewährleisten (z.B. Umnutzung Mittelflur zu Rezeption, Durchfahrt zu Wohnraum etc.). Ziel ist es, die überlieferte historische Substanz und das ursprüngliche Erscheinungsbild der Tür zu erhalten und ihre einstige Funktion ablesbar zu belassen.

4.2.1 Instandsetzung Tür



Vorrangig ist das Wiedererlangen des ursprünglichen Potentials durch Reparatur von Rahmen, Fälzen, Schließmechanismen, Farbanstrichen etc. nach den aktuellen Grundsätzen der Denkmalpflege anzustreben.

4.2.2 Abdichtung Tür



Eine Türoptimierung durch nachträgliche Dichtungen ist unter folgenden Voraussetzungen möglich:

- Seitens des Bundesdenkmalamts ist zu klären, ob und in welcher Art die Türkonstruktion (mittels Klebung oder Fräsung) nachträglich abgedichtet werden darf. Verschraubungen sind auszuschließen.
- Die bestehende Konstruktion muss in Dimension und Detail das An- bzw. Einbringen einer Dichtung erlauben.
- Der Einfluss des Luftwechsels auf das Raumklima ist vorab zu beurteilen.

4.2.3 Optimierung Türglas



Eine Türoptimierung durch die Verbesserung etwaiger Verglasungen ist unter folgenden Voraussetzungen möglich:

- Der Wechsel des Glases führt weder zu einer nachteiligen Beeinträchtigung des historisch-ästhetischen Erscheinungsbildes der Tür (Färbung, Transparenz des Glases etc.) noch zu einem Verlust von historisch wertvollen Verglasungen (z.B. mundgeblasenes Glas, Ätzungen etc.).
- Seitens des Bundesdenkmalamts ist zu klären, ob das Glas ausgetauscht werden darf.
- Die bestehende Konstruktion muss in Dimension und Detail eine adäquate Lösung erlauben.

4.2.4 Aufdoppelung Türblatt



Die Aufdoppelung der Innenseite einer historischen Tür ist unter folgenden Voraussetzungen möglich:

- Seitens des Bundesdenkmalamts ist zu klären, ob das bestehende Türblatt verändert werden darf.
- Die Gestaltung des neuen Elements ist dem Bestand in Konstruktionsweise, Dimensionierung und Detailausbildung so weit wie möglich anzunähern (Material, Beschläge, Profile) und in detaillierten Werkzeichnungen (Ansichten 1:10, Detailschnitte 1:1) vorzulegen.
- Die Reversibilität der Maßnahme muss gewährleistet sein.

4.2.5 Zusätzliche Türebene



Eine Türoptimierung durch das Einführen einer zweiten Türebene (Windfang, Schleuse, Kastentür) ist unter folgenden Voraussetzungen möglich:

- Seitens des Bundesdenkmalamts ist zu klären, ob bzw. wie der Einbau einer zusätzlichen Türebene erfolgen darf.
- Die Maßnahmen dürfen das überlieferte Erscheinungsbild der Fassade bzw. des Innenraums nicht nachteilig beeinflussen.
- Die bestehende Einbausituation muss eine adäquate Lösung erlauben.



Der Entfernung einer historischen Tür widerspricht grundsätzlich den Zielen der Denkmalpflege. Ein Austausch durch einen adäquaten Nachbau ist daher nur bei Verlust, extremem Verschleiß, nicht reparierbaren Schäden oder bereits zuvor nachteilig veränderten Toren/Türen denkbar.

Der Austausch von Türen ist unter folgenden Voraussetzungen möglich:

- Seitens des Bundesdenkmalamts ist zu klären, ob eine Reparatur der Tür auszuschließen ist. Als Entscheidungsgrundlage sind im Einzelfall Voruntersuchungen am Bauteil erforderlich.
- Die Gestaltung des neuen Elements ist dem Bestand in Konstruktionsweise, Dimensionierung und Detailausbildung so weit wie möglich anzunähern (Material, Beschläge, Profile, Sprossenteilung, Anstrich etc.) und in detaillierten Werkzeichnungen (Ansichten 1:10, Detailschnitte 1:1) vorzulegen.
- Findet sich am Objekt kein Vorbild mehr, ist die Türkonstruktion nach jenem Typus zu planen, der für das historische Erscheinungsbild der Fassade maßgebend ist, oder eine kontextuelle Neuinterpretation zu entwickeln.

Maßnahmen an der Gebäudetechnik

Der Heizwärmeverbrauch kann über die Verbesserung der Bauwerkshülle und der Gebäudetechnik verringert werden. Optimierungen sollten vorrangig die Technik, dann erst die Gebäudehülle betreffen. Es sind grundsätzlich immer jene Maßnahmen zu bevorzugen, die den geringst möglichen Eingriff in Substanz, Erscheinung und Wirkung des Baudenkmals bedeuten.

In diesem Abschnitt werden jene Maßnahmen betrachtet, die die Gebäudetechnik betreffen. Dabei soll keine umfassende technische Beschreibung von Systemen erfolgen, sondern zu jeder Technologie auf die denkmalrelevanten Möglichkeiten bzw. Einschränkungen hingewiesen werden.

Die Haustechnik bietet ein großes Einsparungspotential beim Energiebedarf eines Gebäudes und ist gerade am Baudenkmal ein wichtiger Ansatzpunkt, da sie bei entsprechender Konzeption geringere bauliche Auswirkungen nach sich zieht.

Haustechnik hat im Allgemeinen eine Lebensdauer von 15 bis 50 Jahren (Geräte 15 Jahre; Leitungen 25 Jahre; Heizkörper, Kamine, etc. 50 Jahre). Historische Gebäude überdauern die zehnfache Zeit und mehr. Die Integration der sich dynamisch entwickelnden Haustechnik in ein historisches Gebäude ist daher eine besondere Herausforderung. Fast alle Maßnahmen bedeuten bauliche Eingriffe, die sich über die Generationen gesehen zu massiven Veränderungen an der Bausubstanz summieren können. Dabei ist die Wahl der zentralen Heizeinheit nachrangig, auch wenn der Wechsel zu einem neuen, effizienten Heizkessel den Energieverbrauch bereits entscheidend verringern kann. Vorrangiger Gesichtspunkt ist die Optimierung der Verteilungssysteme, genauer gesagt, die Minimierung der für sie notwendigen und über Generationen wirksamen Eingriffe in die Bausubstanz. Wichtig ist eine mögliche künftige Variabilität und Reversibilität des gesamten Systems.

Neue Haustechnik-Systeme können für Baudenkmale von Vorteil sein. Voraussetzung ist eine gezielte objektspezifische Planung mit dem Anspruch an eine geringst mögliche Intervention.

Die Auswirkungen von haustechnischen Maßnahmen, die sichtbare wie unsichtbare wertvolle Bausubstanz zerstören können, sind mannigfaltig, z.B.: technische Verbauung von wertvollen Räumen, konzeptlose Leitungsführungen, massive Einbringöffnungen, Durchbrüche, raumklimatische wie bauphysikalische Folgeschäden etc.

5. WÄRMEERZEUGUNG



Die Vergangenheit hat mehrfach gezeigt, dass nicht nur Baumaterialien sondern auch Heizmaterialien wechseln. Baudenkmale waren in ihrer Erbauungszeit überwiegend für Holzheizungen, später auch für Kohle ausgelegt. Heute hat sich die Bandbreite an Energieträgern vergrößert. Neben den konventionellen Quellen, vor allem Heizöl, Gas, aber auch Strom gibt es Alternativen wie Biomasse, Geothermie und Solarthermie. Moderne Heizungen kombinieren meist verschiedene Wärmequellen bzw. Medien und besitzen in der Regel drei Bereitstellungssysteme für Winterbetrieb, Sommerbetrieb und einen Zusatzbetrieb.

In Anbetracht des dementsprechend hohen Platzbedarfs sind die Positionierung und Leitungsführung möglichst frühzeitig abzuklären. Die Anordnung von Technischeinheiten außerhalb des Gebäudes kann eine sinnvolle Maßnahme sein.

*Winterbetrieb = Raumheizung
und Warmwasser
Sommerbetrieb = nur Warmwasser
Zusatzbetrieb = wenn ein
System nicht ausreicht (bei
Jahresübergangszeiten oder bei
Ausfall von Alternativenergien)*

5.1 HOLZBRENNSTOFFE



Holz ist ein traditioneller Brennstoff, der im ländlichen Raum über geringe Distanzen erhältlich ist. Viele historische Bauten verfügen noch über alte Holzheizungsanlagen (siehe 6.2.1 Nutzung vorhandener Öfen).

Bei der Erzeugung der Gebäudewärme mit modernen Stückholz-, Hackschnitzel- oder Pelletsheizungen ist Folgendes zu beachten:

- Die Anlieferung und Manipulation des Heizmaterials erfordert eine entsprechende Bewegungsfreiheit. Dies gilt es bei der Errichtung der Anlage zu beachten (Einfriedungen, Tordurchfahrten etc. prüfen). Die Heizanlage kann auch im größeren Abstand zum Objekt errichtet werden.
- Die Lagerung des Heizmaterials erfordert einen bestimmten Raumbedarf, der oft nur durch Zubauten bewerkstelligt werden kann. Zubauten sind auch notwendig, wenn die maximal erlaubte Luftfeuchtigkeit bei der Lagerung im Denkmal nicht eingehalten werden kann. Anbauten jeglicher Art sind bewilligungspflichtig.
- Zu beachten ist die Erzeugung relativ hoher Temperaturen, die heute in der Regel mit intelligenten Wärmespeichersystemen kombiniert werden. Diese Pufferspeicher mit Fassungsvermögen von bis zu mehreren tausend Litern benötigen sowohl einen ausreichenden Aufstellplatz als auch eine entsprechend große Einbringöffnung für die Installation (Öffnungsmaße prüfen). Bei größeren Puffer-Systemen sind Baustatik und der große Wasserinhalt in Hinblick auf mögliche Schäden bei Rohrbruch zu bedenken.

*Zu beachten sind auch die
brandschutztechnischen Aspekte
für Lagerung und Transport.*

5.2 WÄRMEPUMPEN

Die Nutzung von Wärmepumpen stellt im Denkmalbereich eine gute Alternative zu Sonnenkollektoren (siehe 5.3.1 Solarthermie) dar. Es stehen verschiedene Abnahmetechnologien zur Verfügung. In der Regel können in einfacher Weise optisch nicht in Erscheinung tretende technische Lösungen gefunden werden. Außerdem ermöglichen Wärmepumpen einen Sommer- und Winterbetrieb.



5.2.1 Grundwasserwärmepumpen



Die notwendigen Brunnen können in der Umgebung des Bauwerks positioniert werden. Die Errichtung wird weniger durch denkmalpflegerische als vielmehr durch hydrologische Rahmenbedingungen beschränkt.

Folgendes ist zu beachten:

- In archäologisch relevanten Zonen ist die Abklärung archäologischer Verdachtsflächen notwendig (Vorgängerbauten, Stadtmauern etc.).
- Je nach Einbringtechnologie sind möglicherweise Schädigungen des historischen Bodenmaterials zu erwarten (z.B. historische Hopfplasterung etc.). Die Brunnenpositionen bedürfen daher einer Abklärung seitens des Bundesdenkmalamts.

5.2.2 Erdwärmepumpen

Die Gewinnung von Erdwärme in der Umgebung des Gebäudes hält das Baudenkmal von unmittelbaren Eingriffen oder Veränderungen des Erscheinungsbildes frei. Die Wärme kann mittels Tiefensonden oder Flächenkollektoren dem Erdreich entzogen werden.

Tiefenbohrung



Tiefenbohrungen stellen die geringsten substanziellen Eingriffe dar und besitzen im Vergleich zu Brunnenwasserentnahme und –rückführung auch geringere hydrologische Relevanz.

Folgendes ist zu beachten:

- In archäologisch relevanten Zonen ist die Abklärung archäologischer Verdachtsflächen notwendig (Vorgängerbauten, Stadtmauern etc.).
- Je nach Einbringtechnologie sind möglicherweise Schädigungen des historischen Bodenmaterials zu erwarten (z.B. historische Hopfplasterung etc.). Die Bohrstellen bedürfen daher einer Abklärung seitens des Bundesdenkmalamts.

Flächenkollektoren



Die notwendige Fläche für Erdwärmekollektoren ist abhängig vom Wärmebedarf des Gebäudes. Am Baudenkmal kann diese vergleichsweise groß sein und ist nicht überall verfügbar. Folgendes ist zu beachten:

- In archäologisch relevanten Zonen ist die Abklärung archäologischer Verdachtsflächen notwendig (Vorgängerbauten, Stadtmauern etc.). Die Aushubfläche bedarf daher einer Abklärung seitens des Bundesdenkmalamts.

Die Bedarfsfläche für Flächenkollektoren für das Baudenkmal ist unbedingt frühzeitig abschätzen.

5.2.3 Luftwärmepumpen



Luftwärmepumpen bedingen einen geringen Eingriff in die historische Substanz eines Gebäudes. Sie müssen aber umfassend mit anderen Systemen kombiniert werden, da ihre Effizienz in den kalten Jahreszeiten sehr eingeschränkt ist (hoher Strombedarf).

Die notwendigen Zusatzsysteme können mitunter nachteilige Auswirkungen auf das historische Gebäude besitzen.



Folgendes ist zu beachten:

- Die Aufstellung von Luftwärmepumpen (Außeneinheiten) im Freien ist möglich, wenn das Erscheinungsbild des Denkmals dadurch nicht nachteilig beeinflusst wird.
- Die Aufstellung von Luftwärmepumpen (Außeneinheiten) im offenen Dachraum ist möglich, wenn das Erscheinungsbild der Dachhaut nicht negativ beeinflusst wird (etwa durch notwendige isolierte Abluftkanäle, Lüftungslamellen etc.). Weiters darf die Dachstuhlkonstruktion nicht gefährdet werden (Beschädigung durch Einbau, Abkühlung, Durchfeuchtung). Die Abkühlung des Dachbodens muss bei der Geschoßdeckendämmung beachtet werden. Die langfristige Schadensfreiheit ist gegebenenfalls nachzuweisen (siehe VI. Nachweisverfahren).
- Die Aufstellung von Luftwärmepumpen (Außeneinheiten) in Kellerräumen ist möglich, wenn die raumklimatischen und die bauphysikalischen Bedingungen dies zulassen. Es sind positive sowie negative Entfeuchtungseffekte zu beachten (Auskristallisieren von Mauersalzen, Tauwasserausfall, Kondensationsabfluss etc.). Weiters haben die notwendigen Lüftungsöffnungen Eingriffe in die Bausubstanz zur Folge. Die Abkühlung des Kellers muss bei der Geschoßdeckendämmung beachtet werden. Die langfristige Schadensfreiheit ist gegebenenfalls nachzuweisen (siehe VI. Nachweisverfahren).

Bei Luftwärmepumpen ist die Schallausbreitung zu beachten.

5.3 SOLARENERGIE

Sonnenenergie kann einen gewissen Anteil an der Gebäudeversorgung leisten, wobei Solarthermie- und Photovoltaiksysteme bzw. Kombinationen aus beiden (Kombimodule) zu unterscheiden sind. Die Kollektoren werden nach dem Sonnenstand ausgerichtet, weshalb geneigte Flächen prädestiniert für die Montage und damit die Dachflächen ein bevorzugter Anbringungsort sind.

Das Dach eines Baudenkmals ist ein wichtiges, oft großflächiges, weithin sichtbares Element, das durch seine Form und die Oberflächenqualitäten des Deckungsmaterials einen integrierenden Bestandteil der Substanz und überlieferten Erscheinung des Baudenkmals bildet. In der Gesamtwirkung hat es die Größe und Wertigkeit einer Fassade. Die Erhaltung des überlieferten historischen Erscheinungsbildes ist daher eine zentrale denkmalpflegerische Zielsetzung. Im Ensemble können die einzelnen Dächer zu einer charakteristischen und gestaltprägenden Dachlandschaft zusammentreten. Am Baudenkmal sind daher Sonnenkollektoren nur mit sehr großen Einschränkungen vertretbar und dürfen jedenfalls nicht einsehbar sein. Grundsätzlich kann über Solarmodule nicht als Einzelmaßnahme entschieden werden. Sie müssen Bestandteil eines Gebäudetechnikkonzeptes sein.

Solaranlagen können in unseren Klimazonen den Wärmebedarf eines Baudenkmals nicht abdecken. Sie sind immer mit anderen Quellen kombiniert.

Die Nachahmung von Dachflächen durch Sonnenkollektoren gewährleistet keineswegs das authentische Erscheinungsbild eines historischen Daches.

5.3.1 Solarthermie

Sonnenkollektoren dienen der unmittelbaren Versorgung des Objektes mit Warmwasser und sind objektgebunden. In begründeten Einzelfällen ist die Anbringung von Solarthermiemodulen unter folgenden Einschränkungen möglich:

Solarmodule (Solarthermie und Photovoltaik) über Holzschindeldeckungen bedeuten Verschattung und ein vermindertes Trocknungspotential. Sie führen zur kürzeren Lebensdauer des Daches.



Nebengebäude, Stützmauern, Gartenböschungen etc. (jedoch keine Flächen von historischen Gartenanlagen) können sich im Umfeld von Baudenkmalen im Einzelfall für die Anbringung von Solarthermieelementen eignen, sofern diese Strukturen nicht einen Bestandteil der historischen Denkmalanlage bilden.

Es müssen folgende Voraussetzungen im Sinne des Umgebungsschutzes gegeben sein:

- Es stehen schwer einsehbare Flächen an Nebengebäuden etc. zur Verfügung und die Wirkung des Baudenkmal wird nicht nachteilig beeinflusst.
- Die Flächenanteile der Sonnenkollektoren stehen in einem untergeordneten Verhältnis zum Objekt und zur Umgebung.
- Die Module sind architektonisch und in der Materialwahl möglichst unauffällig.



Am Denkmal selbst ist die Installation von Sonnenkollektoren nur im begründeten Einzelfall unter folgenden Voraussetzungen möglich:

- Es stehen nicht einsehbare Flächen zur Verfügung, an denen Sonnenkollektoren angebracht werden können. Die Wirkung des Baudenkmal etwa vom öffentlichen wie halböffentlichen Raum sowie von Räumen und Standorten, die wesentlich zur historischen Struktur des Baudenkmal gehören, darf nicht nachteilig beeinflusst werden.
- Die Flächenanteile der Sonnenkollektoren stehen in einem untergeordneten Verhältnis zum Objekt und zur Dachfläche (Anlagen eignen sich daher eher für die Warmwasserbereitung weniger für teilsolares Heizen).
- Die Module sind architektonisch und in der Materialwahl möglichst unauffällig auszuführen und werden dachgleich eingepasst. (Neigungswinkel = bestehende Dachneigung).



Auf Flächen am Baudenkmal, die vom öffentlichen wie halböffentlichen Raum sowie von wesentlich zur historischen Struktur des Baudenkmal gehörenden Räumen und Standorten einsehbar sind, ist eine Installation von Sonnenkollektoren grundsätzlich nicht möglich.

5.3.2 Photovoltaik

Solarzellen-Module dienen der Gewinnung von geringen Strommengen, welche in das Gesamtnetz eingespeist werden. Die Module dienen nicht der unmittelbaren Versorgung des jeweiligen Hauses und benötigen damit keine Objektbindung. Eine Notwendigkeit der Anbringung an den Baubestand ist nicht gegeben. Eine effiziente und wirtschaftliche Stromgewinnung bieten größere, am besten gemeinschaftlich genutzte Anlagen. Der dafür notwendige Flächenbedarf ist mit den Gegebenheiten eines Baudenkmal nicht in Einklang zu bringen. Photovoltaikanlagen werden daher für ein Baudenkmal kaum in Betracht kommen. Im Ausnahmefall einer Anbringung gelten folgende Einschränkungen:

Die Einschränkung für Photovoltaik (PV) betrifft alle Technologien: PV-Folie, PV-Dachziegel, PV-Kollektoren etc.



Nebengebäude, Stützmauern, Gartenböschungen etc. (jedoch keine Flächen von historischen Gartenanlagen) können sich im Umfeld von Baudenkmalen im Einzelfall für die Anbringung von Photovoltaikmodulen eignen, sofern diese Strukturen nicht einen Bestandteil der historischen Denkmalanlage bilden.

Es müssen folgende Voraussetzungen im Sinne des Umgebungsschutzes gegeben sein:

- Es stehen wenig einsehbare Flächen an Nebengebäuden etc. zur Verfügung und die Wirkung des Baudenkmal wird nicht nachteilig beeinflusst.
- Die Flächenanteile der Photovoltaikanlagen stehen in einem untergeordneten Verhältnis zum Objekt und zur Umgebung.
- Die Module sind architektonisch und in der Materialwahl möglichst unauffällig.



Am Denkmal selbst ist die Installation von Photovoltaikanlagen nur im begründeten Einzelfall unter folgenden Voraussetzungen in geringem Ausmaß möglich:

- Es stehen nicht einsehbare Flächen zur Verfügung, die im Falle der Anbringung von Solarzellen-Modulen die Wirkung des Baudenkmal etwa vom öffentlichen wie halböffentlichen Raum sowie von wesentlich zur historischen Struktur des Baudenkmal gehörenden Räumen und Standorten nicht nachteilig beeinflussen.
- Die Flächenanteile der Photovoltaikanlagen stehen in einem untergeordneten Verhältnis zum Objekt und zur Dachfläche. Ausnahmen davon, also größere Flächenanteile, kann es nur im Sonderfall bei absolut isoliert liegenden Objekten geben, wenn die PV-Module als »Inselbetrieb« arbeiten (z.B. hochalpine Schutzhütte mit Notversorgung).
- Die Module sind architektonisch und in der Materialwahl möglichst unauffällig auszuführen und werden dachgleich eingepasst (Neigungswinkel = bestehende Dachneigung).



Auf Flächen am Baudenkmal, die etwa vom öffentlichen wie halböffentlichen Raum sowie von wesentlich zur historischen Struktur des Baudenkmal gehörenden Räumen und Standorten einsehbar sind, ist eine Installation von Photovoltaikmodulen grundsätzlich nicht möglich.

Ausnahmen kann es nur im Sonderfall bei absolut isoliert liegenden Objekten in geringst möglichem Umfang geben, wenn die PV-Module als »Inselbetrieb« arbeiten (z.B. hochalpine Schutzhütte mit Notversorgung).

5.4 FERNWÄRME



Fernwärme weist eine gute CO₂-Bilanz auf. Der Anschluß an Fernwärme bedeutet eine geringe eigene Haustechnik zur Wärmeerzeugung und dementsprechend wenige bauliche Eingriffe. Wenn Fernwärme in Reichweite eines Baudenkmal liegt, ist diese Art der Wärmeerzeugung eine gute Alternative, sofern die Art der Wärmeverteilung dem Baudenkmal Rechnung trägt.

Fernwärme liefert Heizenergie ohne Brandlast.

Bei Trocknungsbedarf im Sommer (Sockeltemperierung) muss auf Liefermöglichkeiten von Fernwärme im Sommer geachtet werden.



Die Auswirkungen auf das Raumklima sind zu beachten. Temperatursenkung durch Dämmen von Heizleitungen kann in Folge zu einer Erhöhung der Luftfeuchtigkeit führen.

Die empfundene Temperatur ist circa der Durchschnitt aus Oberflächen- und Raumtemperatur.

1°C niedrigere Raumtemperatur bedeutet etwa 6% weniger Energieverbrauch.

Übermäßiges Beheizen und die damit verbundene geringe Luftfeuchtigkeit kann zu Schundrissen in Ausstattungen führen (Vertäfelungen, Möbel, Deckengemälde etc.)

5.5 DÄMMUNG VERTEILSYSTEM



Das Dämmen des bestehenden Verteilsystems im Gebäude (Heizungsleitungen) kann Verluste und somit den Energieverbrauch merklich reduzieren.

In historischen Gebäuden ist zu beachten, dass ein kontrollierter Wärmeverlust von Rohrleitungen wie eine Heizfläche wirkt (z.B. Stützung des Raumklimas in sonst unbeheizten Kellerräumen).

6. WÄRMEABGABE

Viele Wärmeabgabesysteme gehen heute von einer zentralen Wärmeerzeugung aus. Leitungsverluste aus der Distanz zwischen Herstellung und Abnahme der Wärme sind dabei von sekundärer Bedeutung. Von größerer Wichtigkeit ist die Art und Weise der Wärmeabgabe im Gebäude. Hier hat sich in den letzten Jahren ein merklicher Wandel vollzogen. Neben konventionellen Radiatoren bzw. Konvektoren sind viele Haushalte wieder auf bewährte Strahlungswärmesysteme zurückgegangen.

Die vom Menschen in einem Gebäude empfundene »Temperatur« ist sowohl von der Temperatur der Raumluft bestimmt als auch von der Strahlung, die von den ihn umgebenden, mehr oder weniger warmen Oberflächen ausgeht. Um die selbe empfundene Temperatur zu erreichen, muss die Lufttemperatur um so höher sein, je kälter die umgebenden Oberflächen sind, und sie kann umso niedriger sein, je wärmer die umgebenden Oberflächen sind. Mit einer höheren Oberflächentemperatur kann man daher die Behaglichkeit steigern und die erforderliche Raumlufttemperatur merklich senken.

Ein markantes Merkmal vieler historischer Gebäude sind kalte bzw. kühle Oberflächen und großteils massives, stark speicherndes Mauerwerk, was grundsätzlich eher höhere Lufttemperaturen für eine komfortable Beheizung bedingt. Höhere Lufttemperaturen bedeuten aber weniger relative Luftfeuchte und bei der üblichen Tag-Nachtabenkung eine stärkere und sowohl für die Einbauten als auch für das Bauwerk selbst schädliche Schwankung der relativen Luftfeuchte. Es ist grundsätzlich also anzustreben, die Lufttemperaturen innerhalb des Bauwerks möglichst moderat zu halten und möglichst geringe Schwankungen der Temperaturen (und damit der Feuchte) im Tag-, Nacht- und Wochenendbetrieb zuzulassen.

Demzufolge ist in Summe Heizsystemen mit überwiegender Wärmeabstrahlung (Kachelofen, Infrarotstrahler, Flächenheizung, Bauteiltemperierung etc.) gegenüber konvektiven Systemen (Radiatoren, Konvektoren) der Vorzug zu geben.

Historische Baukonstruktionen besitzen in der Regel auch erhöhte Schadenspotenziale in Form von Salzen, Wärmebrücken und Kondensatbildung. Bei der Wahl des Heizsystems ist auf die Rückwirkung der Heizung auf diese Potenziale zu achten. Solche Überlegungen können z.B. auch zu einer bei Neubauten unüblichen Sommertemperierung bestimmter Bereiche führen.

Bei Baudenkmalen sollte im Falle von zentralen Heizungsanlagen grundsätzlich Heizsystemen mit Niedertemperatur und möglichst gleichmäßiger Wärmeverteilung der Vorzug gegeben werden, sofern die Wärmeabgabefläche in ausreichendem Umfang zur Verfügung gestellt werden kann. Niedertemperatursysteme vermindern Schadenspotentiale, besonders bei empfindlichen Ausstattungen. In raumklimatisch



schwierigen Baudenkmalen ermöglichen sie außerdem eine ständige thermische Konditionierung und damit möglicherweise eine neue Nutzung (Schadensprävention, Temperierung gegen Sommerkondensat). Zur Versorgung dieser Systeme eignen sich im Besonderen alternative Energiequellen.

Bei allen Verteilsystemen für Zentralheizungen in historischen Gebäuden ist zu beachten, wie viel schützenswerte Bausubstanz für diese verändert oder zerstört werden muss.

6.1 HEIZKÖRPER / KONVEKTOREN

Grundsätzlich sind herkömmliche Konvektionssysteme für Neubauten entwickelt worden. Für den Altbau wurden diese Konzepte übernommen, sind heute aber eher im Rückgang begriffen. Gerade in großen oder hohen Räumen traditioneller Bauten bewirken sie eine schlechte Wärmeverteilung. Insbesondere werden Bereiche, die durch Anfall von Kondensat gefährdet sind (Ecken, Laibungen) meist nicht wirksam erreicht. Dessen ungeachtet versorgen sie viele der historischen Bauten mit Raumwärme. Vorhandene Systeme sind aufgrund von Gegebenheiten vielfach nicht leicht veränderbar. Es ist Folgendes zu beachten:

6.1.1 Nutzung vorhandener Systeme



Historische Heizkörper können mitunter von hoher gestalterischer Qualität sein und einen gewissen Zeugniswert besitzen (z.B. Gussheizkörper). Im Einzelfall ist die Erhaltung und Integration in bestehende oder neue Heizungssysteme ein denkmalpflegerisches Ziel.

6.1.2 Installation neuer Systeme



Die Ausstattung von Baudenkmalen ausschließlich mit Einzelheizkörpern oder punktuellen Konvektoren ist problembehaftet, insbesondere in bauphysikalisch-raumklimatisch grenzwertigen Situationen (z.B. Erd- und Untergeschoß). In Kombination mit Bauteilheizungen oder linienförmig außenwandseitig eingesetzten Konvektoren können Einzelheizkörper dessen ungeachtet eine wichtige Ergänzung der notwendigen Wärmeabgabeflächen ermöglichen, oder im Falle gedämmter, trockener Bauteile (z.B. Dachbodenausbau, Holzbau) eine traditionelle Alternative bleiben. Grundsätzlich ist eine Auslegung auf Niedertemperatur anzustreben.

Hohe Betriebstemperaturen bedeuten hohe Verluste und schädliche Auswirkungen auf den Feuchtehaushalt des Bauwerks und der Ausstattungen.

6.2 KACHELOFEN / GRUNDUFEN / KAMIN

Heutiger Wohnkomfort findet mit historischen Einzelöfen kaum mehr das Auslangen, auch wenn vorhandene Grund- oder Kachelöfen weiterhin benützt werden. Sie lassen sich jedoch mit anderen Systemen kombinieren. In einzelnen Fällen kann der Betrieb historischer Öfen auch auf andere Energieträger (etwa Elektroheizeinsätze) umgestellt werden.



6.2.1 Nutzung vorhandener Öfen



Sind in den Bauwerken noch Einzelöfen in Form von Kachel- oder gemauerten Grundöfen erhalten, können diese reaktiviert werden. Dies bedeutet zumeist, dass der Ofen neu gesetzt und der Kamin saniert bzw. erneuert werden muss. Wertvolle historische Öfen erlauben schwerlich eine Zerlegung, bei gemauerten Öfen bedeutet letztlich der Ersatz des Feuerraums eine Kopie des Bestandes. In diesen Fällen kann eine Umrüstung auf elektrischen oder wassererwärmten Betrieb eine substanzschonende, ökonomische Alternative darstellen und es können auf diese Weise Abbrüche vermieden werden.

6.2.2 Errichtung neuer Öfen



Die Errichtung neuer Kachel- oder Grundöfen kann raumweise oder zentral erfolgen. Die Positionierung der jeweils notwendigen Kamine und deren Dachdurchdringungen bedürfen einer Abklärung seitens des Bundesdenkmalamts.

Zentrale Anlagen sind oft wassergeführte Heizkamine oder Kachelöfen, bei denen die Wärme über Wärmespeichersysteme (Pufferspeicher) geführt und im gesamten Haus verteilt wird. Positionierung wie Leitungsführung bedeuten substanzuelle Eingriffe am Baudenkmal und bedürfen einer Abklärung mit dem Bundesdenkmalamt.

6.3 BAUTEILHEIZUNG

Bauteilheizungen können im Grunde in alle Flächen integriert werden. So gibt es neben der Fußbodenheizung mittlerweile häufig die Wand- oder Sockelheizung und seltener die Deckenheizung. Je nach denkmalpflegerischem Befund sind diese jeweils mehr oder weniger geeignet. Zu unterscheiden ist die Auslegung als Temperierung z.B. zur Schadensprävention (siehe 6.4 Temperierung) und die vollwertige Heizung mit höherer Temperatur bzw. größerer erforderlicher Abgabefläche. Anzustreben sind Kombinationen beider Systeme, insbesondere um Synergieeffekte in den Jahresübergangszeiten ausnutzen zu können.

Prinzipiell gibt es Wasserrohrsysteme und elektrische Systeme (z.B. Infrarotmatten, Heizgitter etc.).

6.3.1 Fußbodenheizung / Deckenheizung



Eine Fußbodenheizung ist besonders im erdnahen Bereich gut geeignet, um den Effekt einer Heizung mit einer Schadensprävention zu kombinieren. Der Erfolg liegt hierbei in der Verhinderung von Kondensat. Geschloßheizungen oberhalb von Holzbalkendecken bergen allerdings Schadenspotentiale durch Wasserführung.

Eine Fußboden- bzw. Deckenheizung ist unter folgenden Voraussetzungen möglich:

- Durch eine Bauteilheizung darf die historische Substanz und Charakteristik des Innenraums nicht gefährdet bzw. beeinträchtigt werden. Der Betrieb einer Fußboden- bzw. Deckenheizung muss mit der Aufbringung eines historisch adäquaten Bodenbelags bzw. Deckenputzes kompatibel sein.
- Seitens des Bundesdenkmalamts ist zu klären, ob der bestehende Bodenaufbau bzw. Deckenputz entfernt werden darf.
- Als Entscheidungsgrundlage sind im Einzelfall restauratorische oder bauarchäologische Voruntersuchungen (Bodenschüttungen) erforderlich.



- Bei Anlagen im Bereich von anstehendem Gelände, Erdfeuchte und Mauersalzen, aber auch besonderen Nutzungsansprüchen, ist der Einfluss der Temperierung auf den Feuchte- und Salztransport im Bodenaufbau wie auch im Mauerfuß zu beachten (siehe VI. Nachweisverfahren).

6.3.2 Wandheizung eingefräst / eingeputzt



Wandheizungen werden vor allem mit wasserführenden Konstruktionen ausgeführt. Es gibt aber auch elektrische Systeme (Infrarotmatten oder Heizgitter). Die Installation von Wandheizungen kann besonders bei verputztem Mauerwerken einen starken Substanzverlust nach sich ziehen. Die Ausführung im Detail ist genau zu entwickeln, da es verschiedene Prinzipien gibt. Grundsätzlich unterscheidet man vorgefertigte Systeme (Register) und freie Rohrführung. Die individuelle Rohrführung erlaubt die Reaktion auf besondere Mauerwerksarten (z.B. unebenes Bruchsteinmauerwerk) bzw. Befunde (Malerei).

Eine Wandheizung ist unter folgenden Voraussetzungen möglich:

- Durch die Installation einer Wandheizung darf es weder zu einer nachteiligen Beeinträchtigung des historisch-ästhetischen Erscheinungsbildes des Raumes noch zu einer Zerstörung von historisch wertvollen Putzschichten und Wandoberflächen kommen.
- Seitens des Bundesdenkmalamts ist zu klären, ob der bestehende Putz entfernt werden darf.
- Als Entscheidungsgrundlage sind im Einzelfall Voruntersuchungen an Mauerwerk, Putz und Anstrichen erforderlich.
- Bei Anlagen im Bereich von anstehendem Gelände, Erdfeuchte und Mauersalzen, aber auch besonderen Nutzungsansprüchen, ist der Einfluss der Temperierung auf den Feuchte- und Salztransport zu beachten (siehe VI. Nachweisverfahren).
- Es muss eine zerstörungssarme Leitungsführung entwickelt werden.
- Bei Wandkonstruktionen aus Holz ist ein besonderes Gefährdungspotential durch Betriebsfeuchtigkeit oder Schäden gegeben (Rohrbruch/Rohrleck). Wasserführende Wandheizungen sind hier zu vermeiden.

Die Leitungen werden entweder ins Mauerwerk eingefräst oder nur im Verputz geführt. Die Kontaktfläche zum umgebenden Mauerwerk erfolgt direkt oder über einen Kunststoffmantel.

Infrarotmatten sind diffusionssperrend und nur beschränkt einsetzbar. Außerdem besteht eine hohe Gefahr der Beschädigung und Verstellung durch Möbel.

6.3.3 Sockelleistenheizung



Sockelleistenheizungen sind vorgefertigte additive Systeme und können ohne Substanzverlust vor der Wand montiert werden. Die momentan verfügbaren Systeme sind steife Konstruktionen, die sich im Baudenkmal der vorgegeben Form nur schwer anpassen lassen. Die Leisten wirken gleichermaßen über Wärmestrahlung als auch über Konvektion, wobei der Konvektionsanteil höher ist (Wärmefilm vor der Wand). Sie besitzen eine beschränkte Wärmeabgabefläche und sollten möglichst auf Niedertemperatur, zumindest jedoch auf Mitteltemperatur ausgerichtet sein. In gewissen Klimazonen können die verfügbaren Montageflächen die tatsächlichen Bedarfsspitzen im Winter nicht abdecken. Das birgt die Gefahr, dass die Betriebstemperatur deshalb deutlich erhöht und damit verstärkt Staub verbrannt wird, wobei Schmutzfahnen an den Wänden auftreten können (Wandverfärbung).

Sockelleisten-Systeme eignen sich in vielen Fällen nicht als ausschließliche Heizsysteme (siehe 6.3.3 Sockelleisten-Heizung). Zur Temperierung können sie hingegen gut benutzt werden.

Eine Sockelleistenheizung ist unter folgenden Voraussetzungen möglich:

- Durch die Installation einer Sockelleistenheizung darf es weder zu einer nachteiligen Beeinträchtigung des historisch-ästhetischen Erscheinungsbildes des Raumes noch zu einer Zerstörung von historisch wertvollen Bodenbelägen kommen.



Prinzipiell sind Heiz- und Temperiersysteme von einander unabhängig zu führen und zu steuern. In der Nichthauptlastzeit (Frühling bis Herbst) muss die Temperierung separat aktiviert werden können.

- Bei Anlagen im Bereich von anstehendem Gelände, Erdfeuchte und Mauersalzen, aber auch besonderen Nutzungsansprüchen, ist der Einfluss der Temperierung auf den Feuchte- und Salztransport zu beachten (siehe VI. Nachweisverfahren).
- Es muss eine zerstörungsarme Leitungsführung entwickelt werden.
- Die Deckung des ganzjährigen Wärmebedarfs (Spitzen) ist in einem Heizungskonzept darzustellen. Gegebenenfalls sind Kombinationen mit anderen Systemen erforderlich.

6.4 TEMPERIERUNG

Bauteiltemperierungen sind Stützheizungen z.B. am Mauerfuß, in der Sockelzone bzw. in besonders von Abkühlung betroffenen Bereichen (Ecken, Nischen, Fensterlaibungen, Durchdringungen) und dienen der leichten Erwärmung der Oberfläche zur Stabilisierung des Raumklimas (Verhinderung von Kondensat). Es gibt Wasserrohrsysteme und elektrische Systeme.

6.4.1 Sockeltemperierung



Sockeltemperierungen sind in verschiedenen Bauarten herzustellen (vorgestellt, aufgeputzt oder eingefräst). Zu beachten ist, dass die Wärme tatsächlich in den Wandquerschnitt eindringen kann (Strahlungswärme statt Konvektion).

Eine Sockeltemperierung ist unter folgenden Voraussetzungen möglich:

- Durch die Installation einer Sockeltemperierung darf es weder zu einer nachteiligen Beeinträchtigung des historisch-ästhetischen Erscheinungsbildes des Raumes noch zu einer Zerstörung von historisch wertvollen Wandfassungen oder Bodenbelägen kommen.
- Bei Anlagen im Bereich von anstehendem Gelände, Erdfeuchte und Mauersalzen ist der Einfluss der Temperierung auf den Feuchte- und Salztransport zu beachten (siehe VI. Nachweisverfahren).
- Es muss eine zerstörungsarme Leitungsführung entwickelt werden.
- Eine Sockeltemperierungsanlage hat im Jahresverlauf andere Betriebszeiten als die Hauptlastheizung. Sie muss daher leitungs- wie steuertechnisch getrennt werden. Im Falle eines notwendigen Sommerbetriebes ist dieser separat zu planen und die dafür notwendige Versorgung zu gewährleisten

6.4.2 Mauerfußtemperierung



Alternativ zu einer Positionierung im sichtbaren Sockelbereich (siehe 6.4.1) oder zu eingefrästen/eingeputzten Wandtemperierungen (siehe 6.4.3) kann eine Temperierung im Bodenaufbau mit unmittelbarem Rohrkontakt zur Wand und zum Boden eingebracht werden. Diese Bauweise als Rohrsystem im gegossenen Randstreifen ist interventionsarm, bedarf jedoch einer besonderen Ausführung (Konstruktionshöhe) und bleibt unter Umständen im Bodenbelag sichtbar.

Eine derartige Wandtemperierung ist unter folgenden Voraussetzungen möglich:

- Durch die Installation einer Mauerfußtemperierung darf es weder zu einer nachteiligen Beeinträchtigung des historisch-ästhetischen Erscheinungsbildes des Raumes noch zu einer Zerstörung von historisch wertvollen Bodenbelägen kommen.



- Bei Anlagen im Bereich von anstehendem Gelände, Erdfeuchte und Mauersalzen ist der Einfluss der Temperierung auf den Feuchte- und Salztransport zu beachten (siehe VI. Nachweisverfahren).
- Es muss eine zerstörungsarme Leitungsführung entwickelt werden.
- Eine Sockeltemperierungsanlage hat im Jahresverlauf andere Betriebszeiten als die Hauptlastheizung. Sie muss daher leitungs- wie steuertechnisch getrennt werden. Im Falle eines notwendigen Sommerbetriebes ist dieser separat zu planen und die dafür notwendige Versorgung zu gewährleisten (evtl. Ausnutzung alternativer Energieträger für Sommerbetrieb).

6.4.3 Wandtemperierung eingefräst/eingeputzt



Wandtemperierungen werden vor allem mit wasserführenden Konstruktionen ausgeführt. Es gibt aber auch elektrische Systeme (Infrarotmatten oder Heizgitter) falls eine entsprechende Wärmeerzeugung fehlt. Für eine Wandtemperierung sind nur wenige Laufmeter Leitung notwendig. Diese werden entweder eingefräst oder eingeputzt (siehe 6.3.2 Wandheizung).

Eine Wandtemperierung ist unter folgenden Voraussetzungen möglich:

- Durch die Installation einer Wandtemperierungsanlage darf es weder zu einer Beeinträchtigung des historisch-ästhetischen Erscheinungsbildes des Raumes noch zu einer Zerstörung von historisch wertvollen Putzschichten und Wandoberflächen kommen.
- Seitens des Bundesdenkmalamts ist zu klären, ob der bestehende Putz entfernt oder überschichtet werden darf.
- Als Entscheidungsgrundlage sind im Einzelfall Voruntersuchungen an Mauerwerk, Putz und Anstrichen erforderlich.
- Bei Anlagen im Bereich von anstehendem Gelände, Erdfeuchte und Mauersalzen ist der Einfluss der Temperierung auf den Feuchte- und Salztransport zu beachten (siehe VI. Nachweisverfahren).
- Es muss eine zerstörungsarme Leitungsführung entwickelt werden.
- Eine Wandtemperierungsanlage hat im Jahresverlauf andere Betriebszeiten als die Hauptlastheizung. Sie muss daher leitungs- wie steuertechnisch getrennt werden. Im Falle eines notwendigen Sommerbetriebes ist dieser separat zu planen und die dafür notwendige Versorgung zu gewährleisten.

Infrarotmatten sind diffusionssperrend und nur beschränkt einsetzbar. Außerdem besteht eine hohe Gefahr der Beschädigung und Verstellung durch Möbel.

7. LÜFTUNG / KÜHLUNG

Lüftung und Kühlung stellten in traditionellen Gebäuden keine eigene Aufgabe dar. Sie sind erst im Zuge deutlich veränderter Nutzungsansprüche bzw. absolut dichter und großflächig verglasteter moderner Bauweisen aufgekomen.

Die sommerliche Kühlung ist ein zunehmend relevanter Faktor für den Energieverbrauch im Gebäudesektor. Historische Bauten erfordern aufgrund der massiven Bauweise, der üblichen Dachüberstände, Fensterläden etc. in der Regel keine Kühlung. Anders verhält es sich bei den Bauwerken ab dem 20. Jh., wo kontrollierte Raumlüftungen durchaus eine Alternative darstellen können.

Traditionelle Bauweisen garantierten einen geringen ständigen Luftaustausch, was für allgemeine Nutzungsansprüche genügt. Das Lüften über geöffnete Fenster ist hier



immer noch am effektivsten. Für die im Sommer manchmal auftretenden Kondensationen an Mauerflächen könnten aufwendig verteilte Lüftungssysteme Abhilfe schaffen. Hier haben sich aber einfache Temperierungsanlagen technisch wie wirtschaftlich bestens bewährt (siehe 6.4). Lüftungssysteme sind außerdem nachträglich in einem historischen Bauwerk nur schwer integrierbar. Ihr Einsatz konzentriert sich daher im Besonderen auf Umnutzungen historischer Bausubstanz.

Die Erfahrungen der letzten Jahre zeigen überdies, dass sich Lüftungsanlagen weder energetisch noch finanziell lohnen, also in erster Linie dem Komfort dienen.

7.1 LÜFTUNGS- UND KLIMAAANLAGEN



Die Abhängigkeit eines Raumklimas von einer automatischen Anlage ist im Baudenkmal besonders heikel. Aufgrund verschiedener Ursachen wie unerwünschter Geräuschbelastungen oder Betriebskosten werden die aus gutem Grund konzipierten Anlagen durch die Nutzer unter Umständen ausgeschaltet, so dass das Raumklima kollabiert.

Grundvoraussetzung für den Betrieb derartiger Anlagen ist eine hohe Gebäudedichtheit. Im Baudenkmal führt das zu massiven Eingriffen bei Fenstern und Türen. Die Installation der zumeist sperrigen Einbauten im Baudenkmal ist zudem stark durch die vorgegebene Baugeometrie eingeschränkt.

Anlagen sind unter folgenden Voraussetzungen möglich:

- Das Bauwerk muss sich prinzipiell für eine Lüftungs-/Klimaanlage eignen. Das heißt, es muss eine gewisse Dichtheit bereits gegeben sein, so dass zusätzliche Abdichtungen nur in verhältnismäßig geringem Maße erforderlich sind.
- Die bauphysikalischen Gegebenheiten sind für die Bedingungen vor und nach dem Einbau der Anlagen darzustellen, sowie der Einfluss des Nutzerverhaltens aufzuzeigen (siehe VI. Nachweisverfahren).
- Die historische Substanz und Charakteristik des Innenraums muss eine Installation ermöglichen.
- Es muss eine zerstörungsarme Kanalführung entwickelt werden. Das heißt, dass sich die Dimensionierung möglichst nach bestehenden Kanälen oder Durchbrüchen richtet. Zusätzliche Abbrüche bedürfen einer Klärung seitens des Bundesdenkmalamts.
- Im Falle einer Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung sind der Platzbedarf und der Aufstellungsort der Tauscher-Module zu beachten. Das gilt in noch stärkerem Ausmaß für den Platzbedarf der Verteil-Kanäle solcher Systeme.
- Insbesondere im Falle von Umnutzungen klimatisch spezifischer Räumlichkeiten in Erd- und Untergeschoßen (z.B. historische Keller) wird die Installation von Lüftungssystemen zur Stabilisierung des Raumklimas im Fußbodenaufbau empfohlen. Dies bedingt Auskofferungen, die zu Störungen von archäologischen Schichten führen können (Abklärung seitens des Bundesdenkmalamts und eventuelle Voruntersuchungen erforderlich).

Bei Lüftungsanlagen ist auch deren Lautstärke (dB) zu beachten.

Bestimmte Nutzungen (Hotel, Kaufhaus, Museum, etc.) setzen Klima – bzw. Lüftungsanlagen voraus – eine frühzeitige Berücksichtigung des dafür nötigen Platzbedarfs und Definition der möglichen Verortung ist erforderlich.

Bei speziellen Nutzungen, wie etwa Archivräumen in Untergeschossen, sind Notfallsysteme zur Sicherung des Raumklimas vorzusehen.



Grundsätzlich gewinnt die Automation der Gebäude an Bedeutung. Die sich rasant entwickelnde Gebäudetechnologie wird zunehmend differenzierter und bietet die große Chance, ohne Veränderung der Bauwerkshülle deutliche Energieeinsparungen zu erzielen.

Möglichkeiten mit großem Potential sind hier Gebäudeautomations-Systeme, Haus- und Anlagentechnik, Regelungstechnik und Gebäudeleittechnik.

Die Entwicklung ist hierbei durchaus ambivalent zu sehen. Es kann mit einer neuen Heizungssteuerung (etwa in Kombination mit Einzelraumthermostaten) bei gleich bleibender Low-Tech-Anlage viel gespart werden, wenn sie spezifisch auf Nutzerverhalten, Jahres- und Tagesverlauf etc. abgestimmt ist. Es kann aber auch mit einer Steuerung trotz einer modernen High-Tech-Anlage viel vergeudet werden, wenn sie falsch eingestellt ist, nicht gewartet wird oder den Bediener schlicht überfordert. Grundsätzlich begünstigen historische Bauwerke durch ihre erprobten, jahrhundertalten Bauweisen Low-Tech-Systeme.

Bei High-Tech-Systemen besteht überdies die Gefahr, dass im Falle eines Versagens (Stromausfall, Katastrophe etc.) Gebäudezustände nicht mehr zu kontrollieren und zu steuern sind. Für hochwertige Bauten und Güter ist deshalb immer ein Notfallsystem zu planen. Daneben ist auch die geringe technische Halbwertszeit solcher Systeme (Hardware, Software) mit zu bedenken.

Sensoren, Aktuatoren und Bussysteme o.ä. sind in der Regel sehr kleine Bauteile, die trotzdem einen gewissen Eingriff erforderlich machen. Diese sind möglichst substanzschonend und im Erscheinungsbild unauffällig zu installieren.

IV. BEWILLIGUNGSVERFAHREN

Veränderungen am Denkmal werden gemäß § 5 Absatz 1 Denkmalschutzgesetz (DMSG) ³⁴ in einem denkmalbehördlichen Verfahren behandelt. Dabei handelt es sich um einen vom baubehördlichen Verfahren (bei Magistrat bzw. Gemeinde) getrennten Vorgang. Das Verfahren wird für jedes Objekt einzeln geführt.

MITTEILUNG DES VORHABENS

Das Vorhaben einer energetischen Sanierung, welches Eingriffe oder Einflüsse auf die Bausubstanz beziehungsweise Wirkung und Erscheinung eines Denkmals beinhaltet, ist dem Bundesdenkmalamt mitzuteilen. Zuständig ist das entsprechende Landeskonservatorat, in dessen Bundesland sich das Objekt befindet (www.bda.at/organisation). Maßnahmen, die baupolizeilich nicht einreichpflichtig sind, können durchaus bewilligungspflichtig durch das Bundesdenkmalamt sein (Fenstertausch, Bodenaufbauten etc.). Je früher das Bundesdenkmalamt in den Planungsprozess eingebunden wird, desto schneller können tatsächliche Veränderungsmöglichkeiten ermittelt und der Planungsaufwand reduziert werden.

KLÄRUNG DER ZIELE

Im Zuge einer energetischen Sanierung ist die konkrete Zielsetzung eindeutig zu definieren. Die Definition dient der Trennung eigentlich verschiedener Problemstellungen. Eine nachträgliche Außendämmung ist beispielsweise keine adäquate Maßnahme, um einen schadhafte Putz zu ersetzen.

DENKMALPFLEGERISCHE BEWERTUNG

Mit der Unterschutzstellung eines Bauwerks sind im Grunde das gesamte Gebäude und seine zugehörigen Einbauten zu erhalten (siehe Gesetzlicher Auftrag in Kapitel V). Denkmalschutz ist kein Fassadenschutz, sondern zielt auf die substanzielle Erhaltung aller Bauteile ab (Ausnahme: Teilunterschutzstellung). Jedes Bauwerk hat jedoch seine eigene Geschichte und seinen speziellen Erhaltungszustand, so dass die besonderen Werte mit dem zuständigen Landeskonservatorat besprochen werden sollten, um den Veränderungsspielraum abzuklären. Die vorliegende Richtlinie bildet hierfür den Leitfaden. Im Einzelnen können verschiedene Voruntersuchungen notwendig werden.

ENERGETISCHE BEURTEILUNG

Der Ausgangszustand des Bauwerks und das ursprüngliche Funktionsprinzip sind genau zu ermitteln. Der bisherige Energiebedarf ist möglichst durch Belege zu dokumentieren. Basierend auf den Grundsätzen dieser Richtlinie und den Vorgesprächen mit dem Bundesdenkmalamt ist seitens der PlanerInnen ein Gesamtkonzept von Maßnahmen zu erarbeiten und ihre einzelnen Auswirkungen zu quantifizieren. Im Zweifelsfall sind die bauphysikalischen Auswirkungen der Maßnahmen zu beurteilen und die tatsächliche Risikofreiheit nachzuweisen (siehe VI. Nachweisverfahren).

EINREICHUNG UND BESCHEID

Auf Grundlage der Vorgespräche erfolgt das Ansuchen zusammen mit ausreichenden Plandarstellungen, den erforderlichen Nachweisen sowie einer Baubeschreibung. Das Ziel der nachfolgenden Abwägung seitens des Bundesdenkmalamts ist die Ermittlung derjenigen Maßnahmen, die unter größtmöglicher Beibehaltung der Substanz eine sinnvolle energietechnische Verbesserung bewirken. Über die beantragten Veränderungen ist möglichst rasch, längstens jedoch binnen sechs Monaten mittels Bescheid zu entscheiden (Stattgebung oder Ablehnung). Ein positiver Veränderungsbescheid kann Auflagen oder Bestimmungen zu Detailmaßnahmen enthalten, insbesondere wenn energetische Maßnahmen innerhalb eines Gesamtprojekts im Detail nicht näher dargestellt sind, oder die beantragten Maßnahmen keine nachhaltigen substanzschonenden Detailausführungen erkennen lassen.

FÖRDERUNGEN

Für die Beantragung von Wohnbauförderungsmitteln der Länder in den Programmen der »Thermischen Sanierung« stellt das Bundesdenkmalamt den EigentümerInnen bei Bedarf die Bescheinigung aus, dass mit dem gemeinsam entwickelten Konzept alle Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz ergriffen werden, die aus denkmalpflegerischer Sicht für das Bauwerk vertretbar sind. Zudem können im Einzelfall dem Fortbestand des Denkmals dienende spezifische energetische Verbesserungen und in besonders komplizierten Fällen notwendige Gutachten, die einen tatsächlich denkmalpflegerisch begründeten Mehraufwand bedeuten, vom Bundesdenkmalamt finanziell unterstützt werden.

V. RECHTLICHE GRUNDLAGEN

GESETZLICHER AUFTRAG IM DENKMALSCHUTZGESETZ

Denkmalschutz wird oft als reiner Fassadenschutz missverstanden. Die Denkmalpflege zielt jedoch auf die Erhaltung des Gesamtbauwerks in seiner einmaligen Substanz ab. Dieser Ansatz ist im österreichischen Denkmalschutzgesetz (DMSG)³⁴ vielfach festgeschrieben:

- Bei Objekten, die unter Denkmalschutz stehen, ist die Zerstörung sowie jede Veränderung, die den Bestand (Substanz), die überlieferte (gewachsene) Erscheinung oder künstlerische Wirkung beeinflussen könnte, ohne Bewilligung gemäß § 5 Abs. 1 verboten [siehe § 4. (1) DMSG].
- Durch die Unterschutzstellung eines Denkmals werden auch alle seine Bestandteile und das Zubehör sowie alle übrigen mit dem Denkmal verbundenen, sein überliefertes oder gewachsenes Erscheinungsbild im Inneren oder Äußeren mitprägenden oder den Bestand (die Substanz) berührenden Teile mit einbezogen. Dazu zählt auch die auf einen besonderen spezifischen Verwendungszweck des Denkmals ausgerichtete Ausstattung oder Einrichtung, soweit sie auf Dauer eingebracht wurde [siehe § 1. (9) DMSG].
- Das Bundesdenkmalamt hat alle vom Antragsteller geltend gemachten oder von Amts wegen wahrgenommenen Gründe, die für eine Zerstörung oder Veränderung sprechen, gegenüber jenen Gründen abzuwägen, die für eine unveränderte Erhaltung des Denkmals sprechen [siehe § 5. (1) 5.Satz DMSG].

Entgegen der landläufigen Meinung ist das Alter eines Bauwerks für den Denkmalwert nicht allein maßgebend. Vielmehr präsentieren die unter Schutz gestellten Gebäude besondere Zeugnisse aus der gesamten vielschichtigen Baulandschaft Österreichs und zwar aller Stilepochen.

- Ihre Erhaltung liegt dann im öffentlichen Interesse, wenn es sich bei dem Denkmal aus überregionaler oder vorerst auch nur regionaler (lokaler) Sicht um Kulturgut handelt, dessen Verlust eine Beeinträchtigung des österreichischen Kulturgutbestandes in seiner Gesamtsicht hinsichtlich Qualität sowie ausreichender Vielzahl, Vielfalt und Verteilung bedeuten würde. Wesentlich ist auch, ob und in welchem Umfang durch die Erhaltung des Denkmals eine geschichtliche Dokumentation erreicht werden kann [siehe § 1. (2) DMSG].

AUSNAHMEBESTIMMUNGEN

Um sowohl einem neuen Energiebewusstsein als auch dem öffentlichen Anliegen der Erhaltung der Denkmallandschaft gerecht zu werden, gelten für Baudenkmale im Rahmen der energetischen Sanierung Sonderregelungen. Diese sind in verschiedenen institutionellen Ebenen verankert:

Europäische Union

In der europäischen Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Gebäuderichtlinie)³⁶ ist für Denkmale eine generelle Ausnahmemöglichkeit festgelegt:

- Die Mitgliedstaaten können beschließen, die in Absatz 1 genannten Anforderungen bei den folgenden Gebäudekategorien nicht festzulegen oder anzuwenden: a) Gebäude, die als Teil eines ausgewiesenen Umfelds oder aufgrund ihres besonderen architektonischen oder historischen Werts offiziell geschützt sind, soweit die Einhaltung bestimmter Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz eine unannehmbare Veränderung ihrer Eigenart oder ihrer äußeren Erscheinung bedeuten würde [siehe 2010/31/EU Artikel 4, (2) vom 19. Mai 2010; ersetzt bisherige Richtlinie 2002/91/EG].

Österreichisches Institut für Bautechnik (OIB)

Basierend auf der europäischen Vorgabe hat diese Ausnahmeregelung mittels der OIB Richtlinie 6 »Energieeinsparung und Wärmeschutz«²⁶ Eingang in die Bauordnungen aller neun Bundesländer gefunden:

- Die folgenden Gebäude und Gebäudekategorien sind von den Bestimmungen dieser Richtlinie ausgenommen: a) Baudenkmäler und Gebäude, die als Teil eines ausgewiesenen Umfelds oder aufgrund ihres besonderen architektonischen oder historischen Werts offiziell geschützt sind, wenn die Einhaltung der Anforderungen eine unannehmbare Veränderung ihrer Eigenart oder ihrer äußeren Erscheinung bedeuten würde [siehe OIB Richtlinie 6 / Punkt 9 Ausnahmen].

Bauordnungen

Die Baugesetze der Länder sehen darüber hinaus generelle Ausnahmen vor und sind im Einzelnen zu prüfen.

Vereinbarung Bund – Länder

Die aufgrund Art. 15a B-VG zwischen dem Bund und den Ländern getroffene Vereinbarung über Maßnahmen im Gebäudesektor zum Zweck der Reduktion des Ausstoßes an Treibhausgasen³⁵ (BGBl. II Nr. 251/2009) sieht für historische oder denkmalgeschützte Gebäude in folgenden Artikeln jeweils Ausnahmen vor:

- Mindestanforderungen für die Förderung umfassender energetischer Wohnhaussanierungen [siehe Artikel 6].
- Förderung von Einzelbauteilsanierungen im Wohnbau [siehe Artikel 7].
- Mindestanforderungen für die Sanierung öffentlicher Gebäude der Vertragsparteien [siehe Artikel 13].

Innerhalb dieser Vereinbarung ist darüber hinaus die so genannte »Deltaförderung« für den denkmalgeschützten Bereich relevant:

- Werden im Rahmen umfassender energetischer Sanierungen die Zielwerte des Abs. 2 nicht realisiert, können die Länder ebenso die Möglichkeit der »Deltaförderung« vorsehen, um möglichst weitgehende Sanierungen zu erreichen. Dabei muss jedoch der Ausgangsheizwärmebedarf (HWB) ab dem Jahr 2009 um mindestens 25%, ab dem Jahr 2010 um mindestens 30% verbessert werden [siehe Artikel 6(4)].

Förderungen

Entsprechend der oben genannten Vereinbarung zwischen dem Bund und den Ländern³⁵ (BGBl. II Nr. 251/2009) sehen die Wohnbauförderungsgesetze der einzelnen Bundesländer grundsätzlich Sonderregelungen für die Sanierungsanforderungen im/am Denkmal vor, in der konkreten Umsetzung sind sie wenig detailliert gestaltet und räumen einen gewissen Ermessensspielraum ein. In der Praxis zeigt sich, dass viele DenkmaleigentümerInnen keine Kenntnis davon haben bzw. sie nicht für relevant halten.

Energieausweis

Das Energie-Ausweis-Vorlage-Gesetz (EAVG)³⁷ definiert folgende Ausnahme von der Vorlagepflicht:

- Beim Verkauf und bei der In-Bestand-Gabe von Gebäuden, für die nach den jeweils anwendbaren bundes- oder landesrechtlichen Vorschriften kein Energieausweis erstellt werden muss, besteht die Vorlagepflicht nach § 3 nicht [siehe §4. EAVG].

Die angesprochenen landesrechtlichen Vorschriften formulieren jeweils eigene Ausnahmeregelungen für schützenswerte Gebäude und sind im Einzelnen zu prüfen.

VI. NACHWEISVERFAHREN

Vor Beginn einer Sanierungsmaßnahme müssen im Zuge der Planung die möglichen Folgen des Vorhabens beleuchtet werden, um die Schadensrisiken zu minimieren. In der Praxis werden häufig scheinbar harmlose Maßnahmen getroffen, ohne dass sich die Bauherrschaft der möglichen Folgen bewusst ist. Das Abdichten von Fenstern ist z.B. einer dieser Fälle. Die Auswirkungen auf das Raumklima, die Bausubstanz und schließlich die Lebensbedingungen können hingegen gravierend sein. Die wesentlichen Parameter für die Risikoabschätzung einer Sanierungsmaßnahme sind Einflüsse von außen und von innen sowie konstruktive, bauteilabhängige und nutzerspezifische Einflüsse. Hier geht es vor allem um die richtige Einschätzung des konstruktiven Bestands in Form einer detaillierten Bauaufnahme. Ist die Entscheidung für eine Maßnahme gefallen, sollte die geplante Konstruktion mithilfe eines rechnerischen Nachweises abgesichert werden. Dieser kann in unterschiedlichen Detaillierungsstufen erfolgen, je nachdem wie hoch das Risiko eingeschätzt wird.

Beobachtung

Die grundsätzliche Herangehensweise an eine Sanierungsplanung sollte eine Bauaufnahme in Form einer Gebäudebeobachtung sein. Dabei müssen bereits bestehende Schäden an der Konstruktion erkannt und die Ursachen abgeklärt werden. Es ist sinnvoll, das Raumklima im Gebäude zu kennen und Werte wie die Luftfeuchtigkeit und Temperatur in Abhängigkeit von der Witterung und dem realen Nutzerverhalten zu beobachten und festzuhalten (Thermometer/Hygrometer). Ebenso ist es sinnvoll, den tatsächlichen Energieverbrauch zu erheben und mit Werten der Vorjahre zu vergleichen.

NACHWEIS DER LANGFRISTIGEN SCHADENSFREIHEIT

Aufgrund der großen Auswahl an neuen Materialien, Methoden und Technologien sowie den geänderten Nutzungsansprüchen besteht heute ein hoher Bedarf an bauphysikalischer Abklärung. Zum Zweck der langjährigen gesicherten Erhaltung von Baudenkmalen sind dabei alle geplanten Maßnahmen über die Anwendung der Norm hinaus nach dem aktuellen Stand des Wissens zu hinterfragen (laufende Forschungsprojekte, wissenschaftliche Entwicklungen, Mängelberichte, Erfahrungswerte etc.). Der Wissensstand befindet sich momentan in einem kontinuierlichen Veränderungsprozess. So sind gegebenenfalls Überlegungen anzu-

stellen und Nachweise zu erbringen, die bis dato noch nicht Eingang in die Regeln der Technik oder das baubehördliche Verfahren gefunden haben.

Vereinfachter Nachweis

Ein vereinfachter Nachweis kann bei jenen Konstruktionen vorgenommen werden, die ein geringes Schadensrisiko aufweisen bzw. über einen fehlertoleranten Aufbau verfügen.

Es handelt sich dabei hauptsächlich um Bauteile, die diffusionsoffen sind und nach einem Feuchteintrag schnell austrocknen können. Bei feuchtetoleranten Konstruktionen führen kleine Fehlstellen in der luftdichten Schicht zu keinen unzulässigen Feuchtegehalten. Außenwände dürfen für einen vereinfachten Nachweis keine Schlagregenbelastung aufweisen und müssen frei von aufsteigender Bodenfeuchte sein. Der vereinfachte Nachweis sollte nur dann angewendet werden, wenn bei der geplanten Nutzung des Gebäudes eine durchschnittliche Raumluftfeuchte kleiner 50 % eingehalten wird.

Der vereinfachte Nachweis ist ein eindimensionaler rechnerischer Bauteilnachweis. Er erfolgt in Anlehnung an EN 13788²¹ unter Berücksichtigung der realen Luftdichtheit der Konstruktion.

Die wesentlichen Parameter, die beim vereinfachten Nachweis bedacht werden müssen, sind die Ausführung der luftdichten Schicht, das Verhindern einer Durchströmung der Dämmschicht sowie das Austrocknungsvermögen der Konstruktion.

Detaillierter Nachweis

Ein detaillierter Nachweis muss immer dann erbracht werden, wenn ein vereinfachter Nachweis eine unzureichende Absicherung und ein zu hohes Schadensrisiko darstellt.

Der detaillierte Nachweis ist eine zwei- oder dreidimensionale, stationäre oder dynamische, thermische oder hygrothermische Simulation. Sie erfolgt in Anlehnung an EN 15026²² unter Berücksichtigung der realen Luftdichtheit der Konstruktion. Die Grundlagen der Bauteilsimulation sind auch in den WTA-Merkblättern 6–1 bis 6–3^{29,30,31} beschrieben.

Aktuell ist die am Markt erhältliche Software, um eine genormte hygrothermische Simulation durchführen zu können, sehr

beschränkt und intensiv in Entwicklung (siehe ANNEX 55³³). Wärmebrückenprogramme, die eine rein thermische Simulation darstellen, sind verfügbar.

Zwei- oder dreidimensionale Simulation

Bei dieser Nachweisform handelt es sich um Simulationen, die die thermischen und hygri-schen Vorgänge im Bauteil beschreiben. Je nach Bauteil können zwei- oder dreidimensionale Simulationen durchgeführt werden. Bei flächenhaften Bauteilen ist eine zweidimensionale Simulation ausreichend, bei Details von Bauteilanschlüssen ist eine dreidimensionale Berechnung erforderlich. Bei Bauteilen mit einer raumseitig angeordneten Dämmschicht (Innendämmungen) sollte ebenfalls eine dreidimensionale Simulation erfolgen. Da bei diesen Konstruktionen die Bauteilanschlüsse deutliche Wärmebrücken darstellen, muss auch die Einhaltung der zulässigen Temperaturfaktoren nachgewiesen werden.

Thermische Simulation

Bei Konstruktionen mit geringer hygri-scher Belastung ist eine stationäre thermische Simulation meist ausreichend. Dabei steht die Analyse von Wärmebrücken im Mittelpunkt, um einerseits die Wärmeverluste zu minimieren und das Entstehen eines Feuchteschadens infolge Tauwasserbildung zu vermeiden. Daher sollten grundsätzlich alle Wärmebrücken mit einem Wärmebrückenprogramm überprüft werden.

Hygrothermische Simulation

Bei hygrothermischen Simulationen wird versucht, die Temperatur- und Feuchtteströme in einem Bauteil unter realen, dynamischen Verhältnissen nachzubilden. Dabei ist es wichtig, dass Wasserdampfdiffusion und Flüssigwassertransport in den Bilanzgleichungen berücksichtigt werden. Die Diffusions-eigenschaften der einzelnen Baustoffe müssen in Abhängigkeit vom Wassergehalt in die Berechnung einfließen.

Des Weiteren wird ein Zusammenhang zwischen Wärme- und Feuchtetransport hergestellt, indem eine feuchtigkeitsabhängige Wärmeleitfähigkeit der Baustoffe berücksichtigt wird. Nur so können instationäre Vorgänge, verursacht durch Änderung der Bewitterung, der Nutzung oder der Konstruktion realitätsgetreu nachgebildet werden.

Ein weiterer wesentlicher Punkt bei der hygrothermischen Simulation ist die Berücksichtigung von Luftströmungen. Diese sind bei wenig schadenstoleranten Konstruktionen ein wichtiger Beurteilungsfaktor von Auswirkungen möglicher Leckagen in der luftdichten Schicht.

Für die Luftdichtheit einer Konstruktion können folgende Annahmen getroffen werden: Bei Gebäuden aus massiven verputzten Wänden gilt eine vollflächige Putzschicht als luftdichte Schicht. Bei bestehenden Leichtbaukonstruktionen sollte die Luftdichtheit mit einer Blower-Door-Messung überprüft werden, um eine aussagekräftige Planungsgrundlage zu erhalten.

Der detaillierte Nachweis in Form einer hygrothermischen Simulation kann einen Schadensfall an einer Konstruktion nicht ausschließen. Es wird jedoch das Risiko für einen Schaden vorweg abgeschätzt und es kann durch Analyse verschiedener Randbedingungen die optimale Sanierungsvariante gewählt werden.

Bei starken Feuchte- oder Temperaturschwankungen ist eine gekoppelte hygrothermische Simulation erforderlich. Auf jeden Fall aber sollte diese Simulation bei folgenden Punkten angewendet werden:

- *Deckenanschluss – Balkenkopf:* Bei einer Sanierung einer Holzbalken- bzw. Tramdecke müssen die Auflagerbereiche genau untersucht und auf Feuchteschäden überprüft werden. Es sollte eine hygrothermische Simulation des Deckenanschlusses unter Berücksichtigung der neuen Raumnutzung durchgeführt werden. Im Fall einer thermischen Sanierung mit einer Innendämmung muss eine hygrothermische Simulation des Tramkopfdetails vorgenommen werden. Nur dadurch kann die Funktionstüchtigkeit, speziell die Luftdichtheit der Innendämmschicht, sichergestellt werden. Eine Simulation möglicher Fehlstellen und der dadurch entstehenden Schäden zeigt wie feuchtetolerant eine Konstruktionsvariante ist.
- *Aufsteigende Mauerfeuchte:* Aufsteigende Feuchte kann sehr viele Ursachen haben. Am Beginn eines Planungsprozesses muss daher die Herkunft der Feuchtigkeit im Mauerwerk festgestellt werden. Oft lässt sich aufsteigende Mauerfeuchte durch Leckagen in Regenrinnen und Fallrohren, falsch geneigten Traufenpflastern oder schlecht abgeleitetem Oberflächenwasser erklären. Ist jedoch sichergestellt, dass die Mauerfeuchte aus dem grundwasserführenden

Boden stammt, kann nur eine hygrothermische Simulation Aufschluss über die Folgen einer bestimmten Sanierung liefern. Vorab ist es auch sinnvoll, den Wassergehalt des feuchten Mauerwerks anhand von Materialproben markanter Bauteile zu untersuchen. Mögliche Arten der Probenahme und -untersuchung sind im WTA-Merkblatt 4–11²⁸ zu finden.

- *Innengedämmte Außenwände unter Schlagregenbelastung:* Innengedämmte Außenwände müssen nach außen diffusionsoffen sein, um eine Tauwasserbildung an der kalten Seite der Dämmung zu vermeiden und eine Austrocknung über die Fassade zu ermöglichen. Gleichzeitig muss jedoch auch verhindert werden, dass Feuchtigkeit von außen in die Konstruktion eindringen und Schäden an der Innendämmung hervorrufen kann. Ein massiver Feuchteintrag von außen wird durch Schlagregenereignisse dargestellt, die einem Wassereintrag über kapillare Leitung entsprechen. Vor allem bei Sichtziegelmauerwerk oder stark gegliederten Fassaden, generell bei stark saugenden Materialien, müssen Maßnahmen ergriffen werden, um die Belastung in den zulässigen Bereich zu bringen.
- *Tür- und Fensterlaibungen:* Der Bereich einer Fensterlaibung stellt eine maßgebliche Wärmebrücke dar, die bei einer Änderung der Raumwidmung oder der Konstruktion überprüft werden muss. Es ist dabei darauf zu achten, dass in der raumseitigen Fensterlaibung die Taupunkttemperatur nicht unterschritten wird. Dies ist wiederum von der Lage des Fensters in der Wandöffnung abhängig. Im Altbau vorhandene Kastenfenster weisen einen relativ breiten Fensterstock auf, der einen großen Bereich der Laibungsfläche abdeckt. Das Temperaturgefälle ist damit also relativ flach. Werden Bestandsfenster abgedichtet oder ausgetauscht, müssen die Auswirkungen der Verringerung des Luftwechsels und die Veränderung des Temperaturgefälles vor der Durchführung der Maßnahme beurteilt werden. Hierfür ist es zuträglich, die klimatischen Bedingungen in den entsprechenden Räumen über einen längeren Zeitraum zu erfassen (Feuchtigkeit, Temperatur).
- *Dachdämmung mit Durchdringungen:* Der Nachweis bei Dächern ist in Abhängigkeit von der jeweiligen Konstruktion zu führen. Dabei sind Dächer mit einer Überlüftung der Dämmschicht generell als risikoärmer gegenüber Konstruktionen ohne Überlüftung einzustufen. Weisen Dächer konstruktive Durchdringungen der Dämmschicht (z.B. Stuhlsäulen, Kopfbänder etc.) auf, müssen

diese mittels hygrothermischer Simulation unter Berücksichtigung möglicher Strömungspfade durch die Dämmebene berechnet werden. Alternativ kann bei Dächern mit Durchdringungen ein feuchtetoleranter Konstruktionsaufbau gewählt werden. Bei diesem muss die Dämmschicht diffusionsoffen sein und auf jeden Fall eine Überlüftung aufweisen. Nur so kann sichergestellt werden, dass Leckageluftströme aus der Raumluft in die Dämmschicht an der Außenseite abgeführt werden.

Ermittlung der Gesamtenergiebilanz

Im Falle einer Darstellung der Gesamtenergiebilanz eines Gebäudes ist diese analog zum OIB-Leitfaden »Energietechnisches Verhalten von Gebäuden« Ausgabe 2011²⁷ zu erstellen.

Bei der Ermittlung ist Folgendes zu berücksichtigen:

- Zur Angabe der Gesamtenergiebilanz kann der Primärenergiebedarf oder Endenergiebedarf verwendet werden.
- Es ist von der tatsächlichen Nutzung auszugehen.
- Die Geometrie des Gebäudes ist detailliert zu ermitteln.
- Für den Bestand und die geplanten Maßnahmen ist das tatsächliche thermische Gebäudeverhalten anzusetzen (Materialeigenschaften, Bauteileigenschaften).
- Für die bestehenden und die geplanten gebäudetechnischen Anlagen ist die reale Ausführung und Regelung anzusetzen.
- Bei der Darstellung der Gesamtenergiebilanz ist der Beitrag jeder einzelnen Maßnahme anzugeben.

VII. GLOSSAR

Amortisationszeit

Die Amortisationsdauer, auch pay-off-Dauer, pay-back-Dauer oder Wiedergewinnungsdauer bezeichnet, gibt die Zeit an, in der die Anschaffungsausgaben oder der Kapitaleinsatz einer Investition wiedergewonnen wird.

Bauteiltemperierung

Durch die direkte Versorgung von gefährdeten Verlustflächen an der Gebäudehülle mit Unter- oder Aufputz verlegten Heizrohren kann in den meisten Fällen ein Feuchteschaden am Gebäude oder an Gebäudeteilen zuverlässig behoben und verhindert werden. Die Verlegung der Rohrleitungen erfordert eine individuelle Planung und Beratung am Ort und wird in der Regel ausschließlich objektspezifisch durchgeführt. Ausführungs hinweise im Detail können nicht gegeben werden, da sie individuell geplant werden müssen.

Beschichtetes Glas

(K – Glas, hard coated Glas, LEG Glas, EKO-Glas)

Bereits während der Herstellung des Floatglases wird im Online-Verfahren eine spezielle, dauerhafte, transparente Metalloxyd-Beschichtung auf eine der Oberflächen pyrolytisch eingebracht. Die Beschichtung ist äußerst kratzfest und haltbar und kann monolithisch verwendet werden oder zu Isolierglas weiterverarbeitet werden. Die Beschichtung von Gläsern kann online (sog. Hardcoatings, z.B. Pyrolytische Verfahren) oder offline (sog. Softcoatings, z.B. Hochvakuum-Magnetron-Verfahren) erfolgen. Online-Beschichtungen sind witterungsbeständig und erzielen i.d.R. höhere g-Werte. Offline-Beschichtungen können nur zum Scheibenzwischenraum hin verwendet werden und erzielen i.d.R. niedrigere U-Werte. Gläser mit Online-Beschichtungen können im Gegensatz zu Offline-Beschichtungen auch als Einfachgläser verwendet werden.

Blower-Door-Test

Bei diesem Test wird die Luftdichtheit eines Gebäudes mittels des Differenzdruckverfahrens gemäß ÖNORM EN 13829 geprüft. Dabei wird durch einen in der Gebäudehülle, meist in die Eingangs- oder Fenstertür, eingesetzten Ventilator innerhalb des Gebäudes eine konstante Über- oder Unterdruckserie (zwischen 20 und 90 Pascal) erzeugt und gehalten. Die durch Undichtheiten der Gebäudehülle strömende Luftmenge muss den Ventilator passieren und wird dabei messtechnisch erfasst.

Dampfbremse – Dampfsperre

Eine Dampfbremse besteht aus einem Material, welches das Eindringen von Wasserdampf vom Innenraum aus in das Dämmmaterial reduziert. Damit wird verhindert, dass der Wasserdampf dort kondensiert und Feuchteschäden verursacht. Als Dampfbremse werden spezielle Folien und Papiere, aber auch Holzwerkstoffplatten raumseitig auf die Dämmung aufgebracht. Eine absolut lückenlose Verlegung ist dabei unerlässlich. Gleichzeitig kann eine Dampfbremse auch zur

Herstellung der Luftdichtheit eingesetzt werden. Wenn die Schicht wirklich dampfdicht ist, spricht man von einer Dampfsperre. Beide Begriffe werden stark vermischt.

Diffusionsoffen

Diffusionsoffen wird eine Konstruktion genannt, die Wasserdampf oder Gase entweichen lässt, also das Gegenteil einer Dampfsperre ist. In diffusionsoffenen Konstruktionen entstehen keine schädlichen Tauwassermengen, da ein hohes Ausdunstungspotenzial vorhanden ist und somit eine Sicherheit für die ganze Konstruktion gewährleistet ist. Starker Wasserdampfanfall, z.B. beim Kochen oder beim Duschen, wird jedoch am effektivsten durch Lüften beseitigt. Faustregel: Solange ein Spiegel, der sich im selben Raum wie die Dampfquelle befindet, auch nur leicht beschlagen ist, ist die Luftfeuchtigkeit zu hoch und es muss gelüftet werden.

Energieausweis

Der Energieausweis ist ein Dokument, das ein Gebäude anhand von Standardwerten (Defaultwerten) energetisch bewertet. Ausstellung, Verwendung, Grundsätze und Grundlagen der Energieausweise werden in Österreich durch die jeweiligen Landesgesetze und das Energieausweis-Vorlage-Gesetz (EAVG)³⁷ geregelt. Diese Rechtsnormen sollen die EU Richtlinie 2010/31/EU³⁶ über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden in nationales Recht umsetzen.

Energieeffizienz

Energieeffizienz ist eine von drei Säulen einer nachhaltigen Energiepolitik und bezeichnet den Quotienten aus dem gewünschten Nutzen und dem dafür erforderlichen Energieeinsatz. Energieeffizienz wird erhöht, wenn ein gewünschter Nutzen mit möglichst wenig Energieverbrauch einhergeht, unnützer Verbrauch also vermieden wird.

Energiespeicher

Energiespeicher dienen der Speicherung von Energie zum Zwecke der späteren Nutzung. Wenn die Speicherung einer gewünschten Energieform wegen technischer Probleme, ungenügender Kapazität oder Stillstandsverlusten ungünstig ist, wird in eine andere Energieform umgewandelt, diese gespeichert und erst im Bedarfsfall zurückverwandelt. Bei der Speicherung wie bei der Energieumwandlung treten immer Verluste auf.

Erdwärme

Erdwärme (Geothermie) bezeichnet die unterhalb der festen Oberfläche der Erde gespeicherte Wärmeenergie, die entzogen und genutzt werden kann. Im Erdinneren werden Temperaturen von 4800–7700°C erreicht; die Temperatur nimmt Richtung Oberfläche ab. Die Erde strahlt täglich Energie in den umgebenden Weltraum ab, wobei hiervon ca. 30–50 Prozent aus dem heißen Erdkern selbst und ca. 50–70 Prozent durch den ständigen Zerfall radioaktiver Elemente in Erdmantel und Erdkruste zustande kommen. Es handelt sich um eine natür-

liche Form der Kernenergie. Oberflächlich kommen hierzu noch die Sonneneinstrahlung und der Wärmekontakt mit der Luft. Geothermie kann als eine Form der erneuerbaren Energien für den Menschen nutzbar gemacht werden.

Fernwärme

Fernwärme ist jene Wärme, die von einem zentralen Wärmelieferanten über längere Strecken zum Verbraucher (Wohnung, Gewerbe, Industrie) transportiert wird. Als Wärmelieferant kann ein Heizwerk (nur Wärme liefernde Anlage) oder Heizkraftwerk dienen. Dort fällt bei der thermischen Erzeugung von Energie ein großer Teil an ungenutzter Wärmeenergie an, die sich mit der Kraft-Wärme-Kopplung effizient nutzen lässt. Unter Fernheizung wird die Erschließung ganzer Städte oder ganzer Stadtteile verstanden. Bei der örtlichen Erschließung einzelner Gebäude, Gebäudeteile oder kleiner Wohnsiedlungen mit eigener Wärmezeugung spricht man auch von Nahwärme.

Feuchteverhalten

Das Feuchteverhalten eines Baustoffes beschreibt die Materialeigenschaften in Abhängigkeit zur Feuchtigkeit.

Flächenkollektor

Bei Geothermieanlagen (Erdwärme) werden zur Energiegewinnung entweder Flächenkollektoren oder Tiefensonden verwendet. Bei Flächenkollektoren werden die Erdrohre auf großer Fläche in Schleifen verlegt. Die Verlegung erfolgt in relativ geringer Tiefe, oft nur knapp unterhalb der örtlichen Frostgrenze, und die gewonnene Energie stammt größtenteils aus der gespeicherten Sonneneinstrahlung. Die Größe der benötigten Fläche ist abhängig vom Heizbedarf, sowie von der vorgefundenen Bodenqualität. Schwere, nasse Böden gewährleisten einen guten Wärmeübergang, wohingegen trockene Böden schlechter nutzbar sind und die Fläche hier größer sein muss. Als Faustregel gilt, dass die Kollektorfläche ca. doppelt so groß dimensioniert sein muss wie die zu beheizende Fläche.

Gebäudeautomation oder Gebäudeautomatisierung

Mit dem Begriff Gebäudeautomation ist die Vernetzung der verschiedenen Anlagen eines Gebäudes mit einem zentralen Computer gemeint, der die Steuerung und Überwachung der gesamten Haustechnik von einem einzelnen Arbeitsplatz aus ermöglicht. Ziele sind die Einsparung von Energie- und Betriebskosten, die Erhöhung der Betriebssicherheit von Anlagen und ein effizienteres Gebäudemanagement.

Glasschaumschotter – Glasschaumgranulat

Glasschaumschotter (auch Schaumglasschotter) ist ein mineralischer Dämm- und Leichtbaustoff, der aus recyceltem Altglas hergestellt wird. Als lastabtragende, wärmedämmende (Lambdawert ca. 0,8) Leichtschüttung vereint Schaumglas-

schotter eine Vielzahl von Eigenschaften (kapillarbrechend, druckfest, geruchlos, lastverteilend, frostbeständig, recycelfähig, leicht, unbrennbar).

Heizwärmebedarf

Der Heizwärmebedarf (HWB) ist die Wärmemenge, die dem Gebäude im Laufe eines Jahres zugeführt werden muss, um eine minimale Raumtemperatur einzuhalten. Kurzbezeichnung: Q_h. Die Energie für die Warmwasserbereitung ist darin nicht enthalten. Die Angabe erfolgt in Kilowattstunden pro Jahr (kWh/a).

High Tech Anlage

Bezeichnet das Gegenteil einer Low Tech Anlage

Hinterlüftung

Als Hinterlüftung wird die Belüftungsmöglichkeit an der Außenseite eines Unterdaches bezeichnet (im Gegensatz zur Überlüftung).

Hydrologisch – Hydrologie

Die Hydrologie (altgr. hyd r ›Wasser‹ und lógos ›Lehre‹) ist die Wissenschaft, die sich mit dem Wasser über, auf und unter der Landoberfläche der Erde, seinen Erscheinungsformen, Zirkulation und Verteilung in Raum und Zeit, seinen biologischen, chemischen und physikalischen Eigenschaften, seiner Reaktion mit der Umwelt, einschließlich seiner Beziehung zu Lebewesen befasst.

Hygrothermische Simulation

Gekoppelte Feuchte (hygrisch) – Wärme (thermisch) – Simulation. Es handelt sich dabei um eine Methode zur Vorhersage des Gebäude- bzw. Bauteilverhaltens, bei der die realen Stoff- und Energietransportvorgänge mithilfe einer Computersimulation nachgebildet werden.

Infrarotstrahler

Infrarotstrahler sind Bauteile oder eigenständig funktionierende Geräte, die Infrarotstrahlung erzeugen, welche für Erwärmungs- oder Trocknungszwecke eingesetzt werden. Als Energiequelle für Infrarotstrahler wird brennbares Gas oder elektrischer Strom verwendet. Der Vorteil von Infrarotstrahlung liegt darin, dass nicht wie bei herkömmlichen Heizungen die Luft erwärmt wird, sondern die angestrahlte Oberfläche.

Inselbetrieb

Als Inselbetrieb bezeichnet man die Elektrizitätsversorgung kleiner Einheiten als autarkes Inselnetz. Der Gegensatz dazu ist der Verbundbetrieb.

Kapillaraktiv – kapillarleitend

bezeichnet die Fähigkeit des kapillaren Wassertransports im Baumaterial. Die gegenteilige Eigenschaft nennt man kapillarbrechend.

Kombimodule

Kombimodule sind vorrangig Photovoltaik-Module, die mit Wasser gekühlt werden und dadurch einen besseren Stromertrag erzielen. Der Effekt der Erzeugung von Warmwasser ist nachgeordnet.

Kondensat

Beim Kondensat handelt es sich um Tauwasser. Beim Erreichen der Sättigungsgrenze kann Luft den Wasserdampf nicht mehr binden und es kommt zur Abscheidung von Wassertröpfchen an kühleren Flächen (z.B. Fensterscheibe, Spiegel) bzw. kühleren Bereichen im Bauteil.

Low Tech Anlage

Der Begriff ›Low-Tech‹ bildet den Gegensatz zu High-Tech und bezieht sich auf Technik, die unter den Maßstäben: einfache Funktion, einfache Herstellung, einfache Bedienung, Robustheit und einfache Wartung entwickelt wird.

Luftdichte Schicht

Das ist jene Schicht, die eine Luftströmung durch einen Bauteil und alle Anschlüsse hindurch von innen nach außen ausreichend verhindert (z.B. Dampfbremse, Innenputz). Die luftdichte Ebene ist jedenfalls schon in der Planungsphase zu berücksichtigen. Insbesondere ist auf Feuchtigkeits-, Oxidations- und eventuell UV-Beständigkeit, Reißfestigkeit, Materialverträglichkeit und Lebensdauer des Materials und eine Verträglichkeit mit dem ebenso dauerhaften Verbindungsmittel (z.B. Klebestreifen) zu achten.

Luftwechsel

Unter Luftwechsel versteht man in der Bauphysik den Austausch der Raumluft in geschlossenen Räumen mit Frischluft von außen. Abhängig von der Nutzungsart des Gebäudes ist ein bestimmter Mindestluftwechsel einzuhalten. Sofern keine auffälligen Gerüche in der Wohnung vorliegen, äußert sich ein ungenügender Luftwechsel häufig durch zu hohe Luftfeuchtigkeit. *Unregelmäßiger Luftwechsel:* Der Luftwechsel kann auf unregelmäßige Weise erfolgen, indem die Gebäudehülle absichtlich oder unabsichtlich undicht ist. Typischerweise sind dies die Fugen von Fenstern und Türen, bei Leichtbauweise auch Fugen in den Wänden und Decken. In dieser Form ist die Luftwechselrate stark vom Wetter, insbesondere vom Wind abhängig. *Geregelter Luftwechsel:* Ist die Gebäudehülle nahezu luftdicht, wie es eine moderne Bauweise vorsieht, dann kann ein unregelmäßiger Luftwechsel nicht mehr stattfinden. Der Luftwechsel ist durch das so genannte Stoßlüften, d.h. alle Fenster für wenige Minuten komplett öffnen, zu bewerkstelligen oder es wird eine mechanische Lüftungsanlage eingebaut.

Nachhaltigkeit

Das Konzept der Nachhaltigkeit beschreibt die Nutzung eines regenerierbaren Systems in einer Weise, dass dieses System in seinen wesentlichen Eigenschaften erhalten bleibt und sein Bestand auf natürliche Weise regeneriert werden kann. Im allgemeinen Verständnis setzt sich der Begriff der Nachhaltigkeit aus drei Komponenten zusammen, die auch als Drei-Säulen-Modell der Nachhaltigkeit bezeichnet werden: *Die ökologische Nachhaltigkeit* umschreibt die Zieldimension,

Natur und Umwelt für die nachfolgenden Generationen zu erhalten. *Die ökonomische Nachhaltigkeit* fordert, dass die Wirtschaftsweise so angelegt ist, dass sie dauerhaft eine tragfähige Grundlage für Erwerb und Wohlstand bietet. Von besonderer Bedeutung ist hier der Schutz wirtschaftlicher Ressourcen vor Ausbeutung. *Die soziale Nachhaltigkeit* versteht die Entwicklung der Gesellschaft als einen Weg, der Partizipation für alle Mitglieder einer Gemeinschaft ermöglicht.

Nutzerverhalten

Das Nutzerverhalten spiegelt eine wesentliche Randbedingung für eine hygrothermische Simulation wider. Es beeinflusst das Raumklima, speziell die Lufttemperatur, die Luftfeuchte, die Oberflächentemperatur der Hüllflächen, die Heizungsart und –intensität sowie die Lüftungsgewohnheiten. Während die Anordnung bestimmter Raumwidmungen in der Planungsphase relativ einfach erscheint, ist die Abschätzung des späteren Nutzerverhaltens in den meisten Fällen nur sehr schwer möglich. In der EN ISO 13788 sind für Wohngebäude sogenannte Luftfeuchteklassen definiert, um eine Einteilung der Raumklimata nach der Feuchteproduktion zu erlangen.

Photovoltaik

Photovoltaik nutzt als erneuerbare Energie die Sonnenenergie und stellt somit einen Teilbereich der Solartechnik dar. Photovoltaik bezeichnet einen Prozess, bei dem Sonnenenergie direkt in elektrische Energie mittels Solarzellen umgewandelt wird. Die Solarzellen sind meist aus Silizium und setzen unter Zufuhr von Licht und Wärme positive und negative Ladungsträger frei. Diese Ladungsträger wandern in entgegengesetzte Richtungen und erzeugen somit Gleichstrom. Dieser freigesetzte Strom kann direkt Motoren antreiben oder Akkus aufladen. Für die Einspeisung ins öffentliche Stromnetz muss der Gleichstrom durch einen Wechselrichter in Wechselspannung umgewandelt werden.

Pufferspeicher

Ein Pufferspeicher speichert die nötige Heizwärme während der Abschaltzeit der Wärmepumpe.

Raumklima

Das Raumklima ist der Sachverhalt, der beschrieben wird durch die Messwerte derjenigen Größen im Inneren eines Raumes, die einen Einfluss auf das Wohlbefinden von Menschen dort haben können. Das Raumklima gilt als ein wesentlicher Bestandteil der Wohnqualität und Behaglichkeit.

Rebound-Effekt

In der Energieökonomie wird vom »Rebound-Effekt« gesprochen, wenn Einsparungen bei Produkten, die durch effizientere Technologie ermöglicht werden, durch eine größere Nutzerbasis und/oder das Konsumverhalten zum Teil oder ganz wettgemacht werden.

Sanierung, energetische

Energetische Sanierung bezeichnet in der Regel die Ertüchtigung eines Gebäudes zur Minimierung des Heizenergiebedarfs.

Schlagregen

Es handelt sich dabei um Regen, der durch Wind aus seiner lotrechten Fallrichtung gebracht wird und auf eine Gebäudefassade auftrifft. Viele Baustoffe saugen das Wasser durch Kapillarwirkung auf, wodurch es zu Feuchteschäden kommen kann. Vor allem bei innen gedämmten Konstruktionen stellt Schlagregen ein hohes Schadensrisiko dar. Es werden Schlagregenklassen unterschieden.

Solareintrag – Sonneneintragskennwert

Dies ist der rechnerisch ermittelte Wert des Sonnenenergieeintrags in Gebäuden über transparenten Bauteilen.

Solarmodul

Ein Solarmodul oder Photovoltaikmodul wandelt das Licht der Sonne direkt in elektrische Energie um. Als wichtigste Bestandteile enthält es mehrere Solarzellen. Die Gesamtheit aller Module für eine Photovoltaikanlage nennt man Solargenerator.

Solarthermie

Neben Photovoltaik ist Solarthermie eine weitere Möglichkeit, Sonnenenergie nutzbar zu machen. Während Photovoltaik Strom mittels Zellen meist aus Silizium gewinnt, geht es bei der Solarthermie um die Wärmegewinnung aus den elektromagnetischen Wellen der Sonne. Dies geschieht mittels Sonnenkollektoren, wobei das Sonnenlicht auf einen schwarzen Absorber fällt, der sich durch Absorption von Solarstrahlung aufheizt. Mit einem Kühlmedium (meist Wasser), das die Absorberplatte in Kanälen durchströmt, wird die Wärme vom Kollektor ab- und der Nutzung zugeführt. Solarthermie wird im privaten Bereich besonders für die Gebäudeheizung und – klimatisierung genutzt. In solarthermischen Kraftwerken kann die Sonnenstrahlung jedoch ebenfalls durch Spiegelsysteme auf einem Absorber gebündelt werden – die Wärme kann dann ebenfalls zur Stromproduktion aufbereitet werden.

Stationär / instationär (dynamisch)

Stationär bezeichnet die Annahme von gleich bleibenden Bedingungen. Instationär oder auch dynamisch berücksichtigt hingegen den Wechsel von Bedingungen.

Taupunkt - Tauwasser

Als Taupunkt oder Taupunkttemperatur bezeichnet man die Temperatur, bei der sich auf einem Gegenstand (bei vorhandener Feuchte) ein Gleichgewichtszustand an kondensierendem und verdunstendem Wasser einstellt, mit anderen Worten die Kondensatbildung gerade einsetzt. Es kommt zur Tauwasserbildung.

Temperaturverlauf

Der Temperaturverlauf durch ein Bauteil ist von der jeweiligen Wärmeleitfähigkeit eines jeden Baustoffs abhängig.

Temperaturfaktor

Der Temperaturfaktor stellt das Verhältnis der Differenzen von Oberflächen- und Außentemperatur zu Innen- und Außentemperatur dar. Er wird durch die wärmetechnischen Eigenschaften der Konstruktion und die Wärmeübergangswiderstände bestimmt. Die Grenzwerte für Wohnungen sind in der ÖNORM B 8110-2²⁴ definiert.

Thermisch konditionierte Räume

sind Räume, die durch Heizung oder Kühlung auf eine bestimmte Temperatur gebracht werden, um nutzbar zu sein (z.B. werden Wohnräume auf ca. 20°C geheizt).

Tiefensonden

Als alternative Technik zu Flächenkollektoren werden bei Geothermieanlagen (Erdwärme) Tiefensonden verwendet. Hierzu wird die Wärme aus den tieferen Erdschichten gezogen. Es werden Bohrungen mit mehr als 50 m Tiefe eingebracht, und in diesen Bohrungen verlaufen die Rohre mit dem Übertragungsmedium (bis zu 400 m, je nach lokalen Gegebenheiten und Leistungsanforderung). Mit modernem Bohrggerät kann eine Tiefe von bis zu 380 m erreicht werden. Diese Methode hat den Vorteil des geringen Flächenverbrauchs. Dagegen stehen allerdings die relativ hohen Bohrkosten und die Technik ist aus Gewässerschutzgründen nicht überall erlaubt.

Unterdach

Das Unterdach stellt eine zweite wasserabführende Schicht unter dem Hauptdach dar.

U-Wert – Wärmedurchgangskoeffizient

Der U-Wert (früher k-Wert) gibt an, welche Wärmemenge durch 1m² Außenfläche eines Bauteils in einer Stunde bei einer konstanten Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Außenraum von 1°C oder Kelvin (K) strömt. Die Einheit ist Watt pro Quadratmeter und Kelvin (W/m²K). Je kleiner dieser Wert ist, umso besser ist die Wärmedämmung des Bauteils und umso weniger Wärme geht verloren.

Überlüftung

Als Überlüftung wird die direkte Belüftung an der Außenseite der Dämmung bezeichnet (im Gegensatz zur Hinterlüftung).

Vernetzungsmittel

Vernetzungsmittel sind Stoffe, die Molekülketten vernetzen. Schwach vernetzte Kunststoffe sind Elastomere, sie werden eingesetzt, wo Elastizität gewünscht ist. Stark vernetzte Kunststoffe verlieren ihre Elastizität. Sie werden als Duroplaste bezeichnet.

Verteilerleitungen

Verteilerleitungen sind Rohrleitungen, die für den Transport von Wärme vom Heizsystem zu den einzelnen Räumen eingesetzt werden. Bei mangelnder Dämmung außerhalb der konditionierten Räume geht hier kostbare Energie verloren.

Wärmebrücke

Unter Wärmebrücken versteht man Bauteilbereiche, in denen der Wärmestrom nicht mithilfe einer eindimensionalen Berechnung aus einem Schichtenaufbau ermittelt werden kann. Geennzeichnet sind Wärmebrücken durch erhöhte Wärmeflussdichten, d.h. Änderung des Wärmestroms, niedrige Wandinnentemperaturen und erhöhte Wandaußentemperaturen.

Wärmedurchlasswiderstand

Der Wärmedurchlasswiderstand R einer Bauteilschicht ergibt sich aus der Wärmeleitfähigkeit und der Dicke der Bauteilschicht. Je größer der Wert für den Wärmedurchlasswiderstand eines Bauteils ist, umso besser ist seine wärmedämmende Eigenschaft. Er wird in m²K/W angegeben und bei der Berechnung des U - Werts benötigt.

Wärmeleitfähigkeit

Die Wärmeleitfähigkeit λ (Lambda-Wert) gibt jene Wärmemenge Q an, die durch eine Fläche von 1 m² bei einer Temperaturdifferenz von 1K und einer Schichtstärke von 1m in 1s hindurchfließt. Je kleiner die Wärmeleitfähigkeit eines Stoffes ist, desto besser sind seine wärmedämmenden Eigenschaften.

Wärmerückgewinnung

Dies beschreibt den Vorgang, bei welchem die aus der Abkühlung der Luft und der Kondensation des Wasserdampfes gewonnene Wärme wieder in die Zuluft zurückgeführt wird. Dabei können Wärmetauscher oder Wärmepumpen eingesetzt werden.

Winddichte Schicht

Die Winddichtigkeitsschicht soll das Einströmen von Außenluft in einen Bauteil verhindern (z.B. Dach- oder Wandbahn, Außenputz). Die winddichte Schicht ist bereits in der Planungsphase zu berücksichtigen. Es gelten die gleichen grundlegenden Anforderungen wie für die luftdichte Schicht.

Wohnraumlüftung

Kontrollierte Wohnraumlüftung ist ein Lüfterneuerungssystem das verbrauchte Luft absaugt und Frischluft hinzuführt, ohne dabei Fenster öffnen zu müssen. Die zugeführte Luftmenge ist dem erforderlichen Frischluftbedarf der Bewohner angepasst.

VIII. QUELLEN

LITERATUR

- 1 Baumann, Ernst, *Denkmalpflege und Energiesparen – Konfliktsituation oder Ideallösung?*, Ein Forschungsprojekt im Auftrag der Denkmalpflege des Fürstentums Liechtenstein, Hochbauamt des Fürstentums Liechtenstein, Denkmalpflege und Archäologie, Triesen 2006
- 2 Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege, *Energetische Modernisierung und Denkmalpflege*, Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Inneren, München 2009
- 3 Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Haus der Zukunft, Energie Tirol, *Leitfaden, Neue Energietechnik für Häuser mit Geschichte*, 2005, <http://www.nachhaltigwirtschaften.at/publikationen>
- 4 Eidgenössische Kommission für Denkmalpflege, Bundesamt für Energie, Energie und Baudenkmal – *Empfehlungen für die energetische Verbesserung von Baudenkmalen*, Bern, 16. Juli 2009
- 5 ISG Magazin, Internationales Städteforum Graz, Forum der historischen Städte und Gemeinden, 2/2010, *Energieoptimierung in Denkmalpflege und Tourismus*
- 6 Kaiser, Roswitha, *Stehen Denkmalschutzauflagen im Widerspruch zur Energieeffizienz?*, in: *Denkmalpflege in Westfalen-Lippe* 15 (2009) Nr. 2, Ardey – Verlag, Münster 2009, S.68–70
- 7 Liebich, Hanna A., *Kulturelles Erbe oder unzeitgemäße Energieschleuder?* in: *Denkmal Heute*, Denkmalpflege in Österreich, 1/2009, Österreichische Gesellschaft der Denkmalfreunde
- 8 Müller, Rüdiger, *Kurzbericht zum Förderprojekt des Bundes, Forschungsarbeit, Erhaltung der Kastenfenster durch gezielte Verbesserungsmaßnahmen*, B15-800194-12, Rosenheim 1996; (weitere Gutachten zu Fensterwerten beim BDA, nicht publiziert)
- 9 Nationale Informationsstelle für Kulturgütererhaltung, NIKE – Bulletin, 24. Jahrgang Nr. 4/2009, *Kulturgut – Erhaltung und Ökologie*
- 10 Riccabona, Christof und Bednar, Thomas, *Baukonstruktionslehre 4, Bauphysik*, Manz, Wien 2010
- 11 Schneider, Ulrich; Bednar, Thomas; Sima, Johannes; Liebich, Hanna A., *Baudenkmal im Spannungsfeld von Energieeffizienz und Risikovermeidung*, in: Fouad, Nabil A., Bauphysik Kalender 2010, Energetische Sanierung von Gebäuden, S. 341–368
- 12 Schriftenreihe des Deutschen Komitees für Denkmalschutz, Band 67, *Energieeinsparung bei Baudenkmalen*, Bonn 2002
- 13 Schweizer Heimatschutz, *Solaranlagen, Baudenkmal und Ortsbildschutz*, Positionspapier, Zentralvorstand des Schweizer Heimatschutzes, 29. November 2008
- 14 Stadt Wien, Magistratsabteilung 19 – Architektur und Stadtgestaltung, *Wiener Kastenfenster, Fenstererneuerung*, Wien 2010
- 15 Vereinigung der Landesdenkmalpfleger in der Bundesrepublik Deutschland, Arbeitsgruppe Bautechnik, Arbeitsblatt Nr. 25, *Stellungnahme zur Energieeinsparverordnung (EnEV) und zum Energiepass*, 2005
- 16 Vereinigung der Landesdenkmalpfleger in der Bundesrepublik Deutschland, Arbeitsgruppe Bautechnik, Arbeitsblatt Nr. 27, *Die novellierte Energieeinsparverordnung (EnEV 2007)*, 2008
- 17 Vereinigung der Landesdenkmalpfleger in der Bundesrepublik Deutschland, Arbeitsgruppe Bauforschung, Arbeitsblatt Nr. 36, *Kurzinformation zur novellierten Energieeinsparverordnung (EnEV 2009) für die Denkmalschutzbehörden*, 2010
- 18 Vereinigung der Landesdenkmalpfleger in der Bundesrepublik Deutschland, Arbeitsgruppe Bautechnik, Arbeitsblatt Nr. 37, *Solaranlagen und Denkmalschutz*, 2010
- 19 Weller, Bernhard; Fisch, Norbert, *Energieeffiziente Sanierung von Baudenkmalen und Nichtwohngebäuden*, Technische Universität Dresden, Fakultät Bauingenieurwesen, Institut für Baukonstruktion, Institut und Autoren, Dresden 2007
- 20 Weller, Bernhard; Jakubetz, Sven, *Denkmal und Energie 2008*, Technische Universität Dresden, Fakultät Bauingenieurwesen, Institut für Baukonstruktion, Dresden 2008
- 21 EN ISO 13788: 2001-11: *Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen – Raumseitige Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte und Tauwasserbildung im Bauteilinneren – Berechnungsverfahren*
- 22 EN 15026: 2007-07: *Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen – Bewertung der Feuchteübertragung durch numerische Simulation*
- 23 ÖNORM B 4119: 2010-12-15: *Planung und Ausführung von Unterdächern und Unterspannungen*
- 24 ÖNORM B 8110 Teil 2: 2003-07-01: *Wärmeschutz im Hochbau – Wasserdampfdiffusion und Kondensationsschutz*
- 25 Österreichisches Institut für Bautechnik (OIB), Richtlinie 3: *Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz*, Ausgabe: April 2007; <http://www.oib.or.at>
- 26 Österreichisches Institut für Bautechnik (OIB), Richtlinie 6: *Energieeinsparung und Wärmeschutz*, Ausgabe: April 2007 (Neufassung angekündigt für Frühjahr 2011); <http://www.oib.or.at>
- 27 Österreichisches Institut für Bautechnik (OIB), Leitfaden: *Energetisches Verhalten von Gebäuden*, Ausgabe 2011 (angekündigt für Frühjahr 2011, ersetzt Version vom 26. April 2007)
- 28 Wissenschaftlich technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege (WTA), WTA-Merkblatt 4-11-02/D: *Messung der Feuchte von mineralischen Baustoffen*; <http://www.wta.de/de/wta-merkblaetter>
- 29 Wissenschaftlich technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege (WTA), WTA-Merkblatt 6-1-01/D: *Leitfaden für hygrothermische Simulationsberechnungen*; <http://www.wta.de/de/wta-merkblaetter>
- 30 Wissenschaftlich technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege (WTA), WTA-Merkblatt 6-2-01/D: *Simulation wärme- und feuchtetechnischer Prozesse*; <http://www.wta.de/de/wta-merkblaetter>
- 31 Wissenschaftlich technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege (WTA), WTA-Merkblatt 6-3-05/D: *Rechnerische Prognose des Schimmelpilzwachstumsrisikos*; <http://www.wta.de/de/wta-merkblaetter>
- 32 Wissenschaftlich technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege (WTA), Merkblatt 6-4-09/D, *Innendämmung nach WTA I, Planungsleitfaden*; <http://www.wta.de/de/wta-merkblaetter>

NORMEN UND RICHTLINIEN

INTERNETQUELLEN

- 33** ANNEX 55 – Reliability of Energy Efficient Building Retrofitting – Probability Assessment of Performance & Cost; <http://www.ecbcs.org/annexes/annex55.htm>
- 34** Denkmalschutzgesetz, Kurztitel Bundesgesetz: Änderung des Denkmalschutzgesetzes – DMSG (NR: GP XX RV 1769 AB 1899 S. 176. BR: 5969 AB 6070 S. 657.) Kundmachungorgan BGBl. I Nr. 170/1999; homepage des Bundesdenkmalamts: <http://bda.at/downloads>
- 35** Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich, Jahrgang 2009 Ausgegeben am 30. Juli 2009 Teil II, 251. (BGBl. II Nr. 251/2009) Vereinbarung gemäß Art. 15a. B-VG zwischen dem Bund und den Ländern über *Maßnahmen im Gebäudesektor zum Zweck der Reduktion des Ausstoßes an Treibhausgasen*, RIS (Rechtsinformationssystem des Bundeskanzleramts): <http://www.ris.bka.gv.at>
- 36** Richtlinie 2010/31/EU des europäischen Parlaments und Rates vom 19. Mai 2010 über die *Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden* (Neufassung), <http://eur-lex.europa.eu>
- 37** Bundesgesetz über die Pflicht zur Vorlage eines Energieausweises beim Verkauf und bei der In-Bestand-Gabe von Gebäuden und Nutzungsobjekten (*Energieausweis-Vorlage-Gesetz – EAVG*) (NR: GP XXII RV 1182 AB 1531 S. 153.) [CELEX-Nr.: 32002L0091] StF: BGBl. I Nr. 137/2006, RIS (Rechtsinformationssystem des Bundeskanzleramts): <http://www.ris.bka.gv.at>
- 38** *Baudenkmäler fördern und klimafit machen*, Appell 2010, http://www.denkmalschutz.de/fileadmin/media/Bilder/presse/KFW_Appell_Stand_26.11.2010.pdf
- 39** Bundesdenkmalamt, <http://bda.at/downloads> – Kursunterlagen Mauerbach, *Unterlagen zur Fenstertagung am 6. Oktober 2009*, Kartause Mauerbach
- 40** Déclaration d'ICOMOS France, *Concilier performance énergétique et qualité patrimoniale*, Paris, juillet 2008, http://www.international.icomos.org/centre_documentation/declaration-icomos-france0708.pdf
- 41** *Denkmalschutz ist Klimaschutz*, Positionspapier 2011, http://www.staedteforum.at/Gertraud/Aktuell/Pdf/Positionspapier_2011_Denkmalschutz_ist_Klimaschutz.pdf
- 42** *Energy Trophy*, 2010, http://www.verwaltung.steiermark.at/.../Energiesparwettbewerb_Information.pdf
- 43** Grunewald, John; Will, Thomas, *Energetische Sanierung von Baudenkmalen, Pilotstudie zur Beurteilung von Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz an denkmalgeschützten Wohnbauten in Sachsen*, Technische Universität Dresden, Fakultät Architektur, Institut für Bauklimatik, Institut für Baugeschichte, Architekturtheorie und Denkmalpflege, Dresden 2010, http://tudresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_architektur/ibk/forschung/forschung_projekte_2010/smi-pilotstudie_denkmal-energie/SMI-Pilotstudie_Denkmal-Energie.pdf
- 44** *Haus der Zukunft*, Forschungs- und Technologieprogramm des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie, Projektliste, <http://www.hausderzukunft.at>
- 45** Information des Bundesministeriums für Wirtschaft Familie und Jugend: <http://www.bmwfj.gv.at/Tourismus/energieeinsparungen/Seiten/default.aspx>
- 46** Klimabündnis-Wettbewerb, *Energiesparen für ein cooles Klima*, Schwaz 2005, <http://www.bmlfuw.gv.at/article/articleview/33564/1/12644/>
- 47** *Klima Fonds*, <http://www.klimafonds.gv.at>
- 48** MASEA Datenbank, *Materialdatensammlung für die energetische Altbausanierung*, <http://www.irb.fraunhofer.de>
- 49** Technische Universität Dresden, Fakultät Architektur, Institut für Bauklimatik, John Grunewald, *Grundlagen der Bauphysik, Kapillaraktive Systeme*, http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_architektur/ibk/lehre/lehre_architekten/arch_lehre_grundstudium_downloads_ss_2009/2009_SS_V10_Arch_KapillaraktiveSysteme.pdf
- 50** U-Wert Rechner, <http://www.u-wert.net> (Zur überschlägigen Einschätzung und zum Vergleich von Wandkonstruktionen geeignet. Die Auswahl der Materialien und der Materialeigenschaften sind hier sehr eingeschränkt. Es können zudem nur einfache statische Querschnitte betrachtet werden, keine Bauteilanschlüsse oder dreidimensionalen Verläufe etc.)
- 51** Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege, *Energetische Ertüchtigung von Baudenkmalern*, Beratungsrichtlinie A 01, Stand 31.3.2010
- 52** Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege, *Solaranlagen (Solarthermik und Photovoltaik in denkmalgeschützten Bereichen)*, Beratungsrichtlinie A 02, Stand 25.2.2010
- 53** Kotterer, Michael; Großes Schmidt, Henning; Boody, Frederick P.; Kippes, Wolfgang: *Klima in Museen und historischen Gebäuden – Die Temperierung. Climate in museums and historical buildings – Tempering*, Wissenschaftliche Reihe Schönbrunn Band 9, Wien 2004 (siehe auch Langfassung CD)
- 54** Landesamt für Denkmalpflege Hessen, *Solar- und Photovoltaikanlagen auf denkmalgeschützten Gebäuden*: http://www.denkmalpflege-hessen.de/LFDH4_Solar/index.html
- 55** Sächsisches Staatsministerium des Innern, Abteilung 5 – Stadtentwicklung, Bau- und Wohnungswesen, Referat 51 – Denkmalpflege und Denkmalschutz, *Energetische Sanierung von Baudenkmalen – Handlungsanleitung für Behörden, Denkmaleigentümer, Architekten und Ingenieure*, Februar 2011

ERGÄNZUNGEN (2. AUFLAGE)

In Anbetracht der Aktualität und Brisanz des Themas *Energiebedarf im Gebäudesektor* haben das Bundesdenkmalamt (BDA) und die Abteilung *Denkmalschutz* im Bundesministerium für Unterricht, Kunst und Kultur (BMUKK) die Erarbeitung von Standards zur Energieeffizienz am Baudenkmal beschlossen. Im Laufe des Jahres 2010 wurde die vorliegende Richtlinie durch die Arbeitsgruppe »Standards in der Baudenkmalpflege« im BDA erstellt. Die Inhalte sind in Zusammenarbeit mit den MitarbeiterInnen in den Landeskonservatoraten und Fachabteilungen des BDA, dem Forschungsbereich Bauphysik und Schallschutz an der Technischen Universität (TU) Wien sowie zahlreichen externen Fachleuten entwickelt worden.

Koordination

Hanna A. *Liebich*, Dipl.-Ing., Abteilung für Architektur und Bautechnik, BDA

AutorInnen

Christian *Brugger*, Dr., Landeskonservatorat Steiermark, BDA

Bernd *Euler-Rolle*, Dr., Abteilung für Konservierung und Restaurierung, BDA

Walter *Hauser*, Dipl.-Ing., Landeskonservatorat Tirol, BDA

Beatrix *Hoche-Donaubauer*, Dipl.-Ing., Abteilung für Architektur und Bautechnik, BDA

Astrid *Huber*, Mag., Informations- und Weiterbildungszentrum Baudenkmalpflege – Kartause Mauerbach, BDA

Hanna A. *Liebich*, Dipl.-Ing., Abteilung für Architektur und Bautechnik, BDA

Johannes *Sima*, Dipl.-Ing. Dr., Abteilung für Architektur und Bautechnik, BDA

Mitautoren

Thomas *Bednar*, ao. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr., TU Wien, Institut für Hochbau und Technologie, Forschungsbereich für Bauphysik und Schallschutz

Paul *Wegerer*, Dipl.-Ing., TU Wien, Institut für Hochbau und Technologie, Forschungsbereich für Bauphysik und Schallschutz

Beratung

Thomas *Bidner*, Mag. Dr., IBB Ingenieurbüro Bidner, Tulfes

Friedrich *Breitfuß*, Dipl.-Ing., Diözese Gurk, Bauabteilung, Klagenfurt

Herbert *Brunner*, Dipl.-Ing., Architekturbüro Brunner & Sallmann, Hall i.T.

Peter *Bucher*, Ing., Bucher Dachplatten Manufaktur, Fieberbrunn

Sabine *Erber*, Dipl.-Ing., Energieinstitut Vorarlberg, Dornbirn

Gianluca *Frediani*, Dipl.-Ing. Dr., Architekturbüro frediani+gasser architettura, Klagenfurt-Ferrara

Barbara *Frediani-Gasser*, Dipl.-Ing., Architekturbüro frediani+gasser architettura, Klagenfurt-Ferrara

Harald *Fuchs*, Denkmaleigentümer, Gastwirtschaft Traube, Pfunds

Michael *Fürhapter*, Dipl.-SozPäd., Aufbauwerk der Jugend – Schloß Lengberg, Nikolsdorf

Gebhard *Ganglberger*, Restaurator, Umhausen

Franz *Gschwantner*, Mag., Architekturbüro Franz Gschwantner, Krems

Thomas *Hackhofer*, Mag. FH Ing., Amt der Tiroler Landesregierung, Abteilung Hochbau, Innsbruck

Clemens *Hecht*, Dipl.-Ing. Dr., Technische Versuchs- und Forschungsanstalt GmbH, Wien

Maria *Hoffmann*, Dipl.-Ing., Architekturbüro Walch, Reutte

Friedrich *Idam*, Dipl.-Ing. Dr., Höhere technische Bundeslehranstalt Hallstatt, Abteilung für Holz-Restauriertechnik, Hallstatt

Emanuel *Mairinger*, Dipl.-HTL-Ing., bauXund forschung und beratung gmbH, Wien

Bertram *Posch*, Stadtamt Hall in Tirol, Stadtbauamt – Altstadtressort, Hall i.T.

Max *Schönherr*, Dipl.-Ing., Architekturbüro Max Schönherr, Innsbruck

Dieter *Schwanninger*, Dipl.-Ing., ds – Ziviltechnikerbüro für Klimatechnik, Innsbruck

Karl *Stecher*, Dipl.-Ing., Bau Management Oswald GmbH, Nauders

Thomas *Will*, Prof. Dipl.-Ing. M.Arch., TU Dresden, Institut für Baugeschichte,

Architekturtheorie und Denkmalpflege, Lehrstuhl für Denkmalpflege und Entwerfen

Marion *Wohlleben*, Dr., Universität Bern, Institut für Kunstgeschichte,

Abteilung Architekturgeschichte und Denkmalpflege

Markus *Zechner*, Dipl.-Ing., Zechner Denkmal Consulting GmbH, Graz

IMPRESSUM

1. Fassung vom 17. März 2011

2. Auflage Juni 2011

Herausgeber: Bundesdenkmalamt Hofburg, Säulenstiege, 1010 Wien, Email: kontakt@bda.at

Redaktion: Abteilung für Architektur und Bautechnik

Titelfoto: Bundesdenkmalamt

Layout: Labsal Kommunikationsdesign, Innsbruck

Druck: Druckerei Piacek Ges.m.b.H, Wien

Alle Rechte vorbehalten © 2011 Bundesdenkmalamt

Bezug: Die Richtlinie ist als PDF auf der Website des Bundesdenkmalamts unter www.bda.at/downloads/Richtlinien erhältlich. Gedruckte Versionen können unter kontakt@bda.at bestellt werden (Betreff: EE-Richtlinie).

www.bda.at/downloads/Richtlinien





Bern, 16. Juli 2009

Energie und Baudenkmal

Empfehlungen für die energetische Verbesserung von Baudenkmalern

1. Einleitung

Energieverbrauch reduzieren – Restbedarf mit erneuerbaren Energien decken: Dies ist das Leitmotiv für die Energiepolitik von Bund und Kantonen im Gebäudebereich zum Schutz des Klimas. Die Anstrengungen und Ziele für einen verstärkten Klimaschutz werden von einer breiten Bevölkerung mitgetragen.

Der sorgsame Umgang mit Baudenkmalern ist seit Generationen ein Anliegen der Gesellschaft. Diese sind als nicht ersetzbare materielle Zeugnisse unserer Vergangenheit in ihrer historischen Substanz und in ihrer Erscheinung möglichst unverändert zu erhalten.

Beide Anliegen haben ihre Berechtigung, beruhen auf derselben Grundhaltung und verfolgen dasselbe Ziel: Sie unterstützen eine nachhaltige Entwicklung. Die letztlich nicht ersetzbaren natürlichen und kulturellen Ressourcen sind zu erhalten und es ist sorgsam mit ihnen umzugehen. Dies betrifft sowohl den Umgang mit den natürlichen Lebensgrundlagen, wie Produktion oder Einsparung von Energie, als auch den Umgang mit kulturellen Werten, wie Erhaltung und Pflege der Zeugnisse vergangener Kulturepochen. So gilt es im Rahmen eines Restaurierungsvorhabens die Interessen der energetischen Gebäudemodernisierung, des Denkmalschutzes und der Gebäudenutzung durch die Fachinstanzen gemeinsam mit den Eigentümerschaften sorgfältig gegeneinander abzuwägen und Lösungen zu finden.

Beide Themenbereiche sind in Verfassung und Gesetz auf Stufe Bund, Kanton und Gemeinde festgeschrieben; auf diesen rechtlichen Grundlagen basieren die vorliegenden Empfehlungen. Es können sich dort Konflikte ergeben, wo sich die beiden Bereiche widersprechen.

Die Empfehlungen klären keine Detailfragen – diese können regional angegangen werden, beispielsweise durch die Erarbeitung gemeinsamer Vollzugshilfen. Die von Fachleuten der Energie und der Denkmalpflege gemeinsam erarbeiteten Empfehlungen zeigen jedoch Möglichkeiten und Wege auf, wie die beiden wichtigen öffentlichen Interessen im Einzelfall gegeneinander abzuwägen und einer konstruktiven Lösung zuzuführen sind.

2. Adressaten, Gegenstand und Geltungsbereich

2.1 Zielgruppen

Die vorliegenden Empfehlungen richten sich in erster Linie an Fachleute aus Planung, Architektur, Bauphysik und Energieberatung sowie an die für Denkmalpflege, Energiefragen und Baubewilligungsverfahren zuständigen Behörden von Bund, Kantonen und Gemeinden. Auch für Eigentümerschaften sowie für Fach- und Interessenverbände können die Empfehlungen wichtige Hinweise geben.

2.2 Einsparung und Produktion von Energie an Gebäuden und in ihrer Umgebung

Der sparsame und effiziente Einsatz von Energie, eine höhere Energieeffizienz und vor allem die Senkung der energiegebundenen CO₂-Emissionen sind prioritäre Ziele der Energiepolitik von Bund und Kantonen. Auslöser für diese Anstrengungen sind die Klimaveränderung, die hohe Abhängigkeit der Schweiz von ausländischen Energie-Importen und die steigenden Energiekosten. Im Hinblick auf die Vision einer 2000-Watt-Gesellschaft ist durch geeignete Massnahmen der Gesamtenergieverbrauch des Baubestands längerfristig auf einen Drittel des heutigen Wertes zu senken.

Mit dem Einsatz von Heizsystemen, welche die Abwärme nutzen, oder mit Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien, wie thermischen Sonnenkollektoren und Photovoltaikanlagen, soll der verbleibende Energiebedarf eines Gebäudes abgedeckt werden. Solche Anlagen sind primär in oder auf Gebäuden und sekundär in der Umgebung von Gebäuden zu platzieren.

In gut gedämmten Gebäuden sind der Anteil des Stromverbrauchs und der Energiebedarf für das Warmwasser zusammen etwa gleich hoch wie der Heizwärmeverbrauch, weshalb auch sie in die Betrachtungen zum Gesamtenergiebedarf einzubeziehen sind.

Aus diesen Gründen sind bei jeder anstehenden Gebäudeerneuerung Massnahmen an der Gebäudehülle, in der Haustechnik und der Einsatz erneuerbarer Energien zu prüfen. Als Ziel ist eine wesentliche Verbesserung der Energieeffizienz des Gebäudes anzustreben.

2.3 Schutz und Pflege von Baudenkmalern

Baudenkmal sind ortsgebundene Objekte, die einen geschichtlichen Zeugniswert haben. Denkmäler können Zeugnisse jeder Art menschlichen Wirkens sein: historische Ereignisse, künstlerische Leistungen, soziale Entwicklungen, technische Errungenschaften. Das Alter eines Objekts ist für seinen Denkmalwert nicht relevant.

Die Existenz eines Baudenkmal wird zunächst durch seine überlieferte Substanz bestimmt; diese macht seine Authentizität aus. Deshalb ist das Denkmal in seiner Substanz zu erhalten, und zwar im Innern wie im Äusseren. Für seine Wahrnehmung ist das Erscheinungsbild in seiner Gesamtheit massgebend.

Das Baudenkmal kann sowohl ein Einzelobjekt als auch Teil eines Objekts oder ein Ensemble bis hin zu einem Ortsbild oder einer Kulturlandschaft sein.

Baudenkmal und Umgebung bilden eine räumliche Einheit und stehen miteinander in Wechselwirkung: Die Umgebung ist daher stets Teil des Baudenkmal und trägt zu seinem Wert bei.

2.4 Geltungsbereich

Diese Empfehlungen gelten für jene Einzelbauten und deren Umgebung, die

- in den Inventaren des Bundes, der Kantone oder der Gemeinden sinngemäss als von „nationaler“ oder „regionaler“ Bedeutung eingetragen sind,
- in Zonenplänen oder anderen planerischen Grundlagen oder
- durch eine formelle Unterschutzstellung im Grundbuch als „geschützt“ bezeichnet sind.

Die Bezeichnungen und die rechtlichen Wirkungen können je nach Kanton variieren.

Bezogen auf das äussere Erscheinungsbild sind auch die Bauten in Ortsbildern oder Teilen von Ortsbildern, die im Inventar der schützenswerten Ortsbilder der Schweiz (ISOS) als von „nationaler“ Bedeutung bezeichnet sind, eingeschlossen.

Bei Bauten von „lokaler“ Bedeutung ist der Spielraum für energetische Eingriffe grösser; die in den vorliegenden Empfehlungen angestellten Überlegungen und Vorschläge können auch bei dieser Gruppe von Bauten sinnvoll sein. Bei einem weit überwiegenden Teil des Baubestandes können die Anliegen der Energieeffizienz in den Vordergrund gestellt werden.

3. Vorgehen

3.1 Energetische Erneuerung von Baudenkmalern

- *Festlegen der Zielsetzung*

Als erstes legt die Bauherrschaft – allenfalls zusammen mit den Architekten – fest, welchen energetischen Standard das Gebäude nach der Erneuerung erreichen soll. Diesbezüglich sind die kantonalen Energievorschriften einzuhalten.

- *Abklären der Schutzwürdigkeit eines Gebäudes*

Ist das von einer Baumassnahme betroffene Gebäude ein schutzwürdiges Baudenkmal im Sinn der vorstehenden Definition? Auskunft erteilt die zuständige kantonale oder kommunale Fachstelle für Denkmalpflege (siehe Link unten).

Definition der historisch wichtigen Teile

Die für das Baudenkmal in Materialität oder Erscheinung bestimmenden Elemente werden von der Fachstelle für Denkmalpflege bezeichnet.

Wichtige Elemente am Äusseren können namentlich sein:

- Fassaden unter Einschluss von Sockelpartien,
- Dächer, Lukarnen, Kamine,
- Fenster und Türen aller Epochen mit allen zugehörigen Bestandteilen.

Im Innern kommen in Frage:

- Baustruktur (Wände, Böden, Decken),
 - Raumdisposition,
 - Raumausstattung
- mit allen zugehörigen Bestandteilen.

Ein wichtiges Element des Baudenkmals ist seine Umgebung.

Weitere Elemente wie archäologische Bestände können hinzukommen.

Energetische Beurteilung

Die energetischen Kennziffern des bestehenden Baus sind in umfassendem Sinn durch Systemnachweis gemäss SIA-Norm 380/1, Energieanalyse oder Gebäudeenergieausweis zu bestimmen.

Für die einzelnen energierelevanten Bauteile werden die möglichen Verbesserungsmassnahmen festgestellt. Die Wirkung dieser Massnahmen ist zu quantifizieren und zu einer Gesamtschau zu verbinden.

Die Möglichkeiten für den Einsatz erneuerbarer Energien sind abzuklären.

Bei Haustechnikanlagen ist eine Betriebsoptimierung durchzuführen.

Bei allen Massnahmen sind die bauphysikalischen Auswirkungen zu beurteilen; dabei ist dem Trägheitsverhalten und dem Feuchtigkeitshaushalt grosse Beachtung zu schenken.

- *Gesamtbeurteilung und Abwägung*

Die Fachstellen für Denkmalpflege und für Energieberatung helfen gleichermassen aktiv mit, Lösungen für energetische Erneuerungen am Baudenkmal aufzuzeigen. Dabei ist auf finanzielle Verhältnismässigkeit zu achten.

Die möglichen energetischen Verbesserungen sind den dazu notwendigen Eingriffen in das Baudenkmal gegenüberzustellen, die Gewinne und Verluste sind sorgfältig gegeneinander abzuwägen.

Das Ziel der Abwägungen ist eine wesentliche Verbesserung der Energieeffizienz des Gebäudes (beispielsweise MINERGIE®-Standard) unter Berücksichtigung der Anforderungen der Denkmalpflege an das historische Gebäude und seine Umgebung. Gelingt es nicht, sowohl die gesetzlichen Anforderungen der Denkmalpflege als auch die gesetzlichen energetischen Anforderungen

einzuhalten, ist dies im Rahmen der Baueingabe darzulegen und bei der Bewilligungsbehörde ein Antrag auf Ausnahmegewilligung zu stellen.

3.2 Bemerkungen zu einzelnen Punkten

- Bei grösseren Gebäudekomplexen, die derselben Eigentümerschaft gehören, oder bei ganzheitlichen Planungsgemeinschaften ist eine energetische Gesamtbilanz zu erstellen. Dabei können bei Baudenkmalern nicht erreichbare Verbesserungen durch entsprechend striktere Massnahmen an den übrigen Bauten ganz oder teilweise kompensiert werden.
- Wirkungen und Auswirkungen von Wärmeschutzmassnahmen sind gesamtheitlich zu beurteilen.
- Der Einbezug des Standorts des Gebäudes (beispielsweise frei stehend oder zusammengebaut, Hauptexposition) sowie seine Innendisposition (beispielsweise Raumhöhen, Raumeinteilung) sind für die Gesamtbeurteilung wesentlich.
- Aussendämmungen an Baudenkmalern sind dort möglich, wo die äussere Erscheinung bloss geringfügig verändert wird (beispielsweise hinter bestehenden Verschalungen, hinterlüfteten Aussenhüllen oder an Brandmauern).
- Innendämmungen sind in ihren Auswirkungen auf die historischen Räume zu überprüfen. Dabei sind auch die bauphysikalischen Konsequenzen zu beachten. So bringt beispielsweise in vielen Fällen bereits eine Dämmung von wenigen Zentimetern erhebliche Verbesserungen bezüglich rationeller Energieverwendung und Behaglichkeit. Um Bauschäden zu verhindern, ist der Feuchtigkeitshaushalt im Raum und in der Wandkonstruktion abzuklären.
- Bestehende historische Fenster können durch geeignete Nachrüstung (beispielsweise durch Abdichtung, neue Verglasung, Aufdoppelung, zusätzliche Vorfenster) energetisch wesentlich verbessert werden. Es ist zu beachten, dass gerade in historischen Gebäuden allzu dichte Fenster zu Schimmelbildung führen können. Bei einem allfälligen Einbau neuer Fenster ist deshalb auch ein Lüftungskonzept (zum Beispiel nach SIA 180) zu erstellen.
- Der Einbau einer kontrollierten Lüftung ist aufgrund ihrer Auswirkung auf Luftqualität und Feuchtigkeitshaushalt sowie der Möglichkeit von Wärmerückgewinnung in die Überlegungen einzubeziehen. In der Regel ist eine solche Lüftung in Baudenkmalern nicht einfach einzubauen, da für die Installationen unter Umständen stark in die Bausubstanz eingzugreifen ist.
- Eine wesentliche Verbesserung der Wärmedämmwerte von Kellerdecke und Estrichboden/Dach ist in der Regel durch einfach zu treffende Massnahmen möglich und sinnvoll.
- Technische Anlagen können, sofern eine Installation innerhalb des Gebäudes nicht möglich ist, in Nebenbauten platziert werden.
- Neben der Gebäudehülle sind auch allfällige Vorzüge des bisherigen Heizungssystems des Objekts in die Überlegungen einzubeziehen.

3.3 Produktion von Energie

- Bei der Produktion von Energie ausserhalb von beziehungsweise an Gebäuden ist die Umgebung in die Überlegungen einzubeziehen.
- Die Gewinnung von Energie am Baudenkmal mit thermischen Sonnenkollektoren oder mit Photovoltaikanlagen auf Dächern und an Fassaden von Baudenkmalern hat in der Regel grosse Auswirkungen auf deren Erscheinungsbild. Es ist deshalb frühzeitig mit der Denkmalpflege abzuklären, ob und wie die Anlagen angebracht werden können.
- Photovoltaikanlagen sind weniger standortgebunden als Sonnenkollektoren. Unter Umständen können in der Umgebung Standorte für Solaranlagen gefunden werden, welche die Wirkung des Baudenkmals nicht oder nur unwesentlich beeinträchtigen (beispielsweise an kleineren Nebenbauten, Stützmauern oder Böschungen). Anlagen an solchen Standorten können mit gestalterischen Massnahmen zusätzlich integriert werden. Weiter können Nebenbauten technische Anlagen aufnehmen, wenn eine Installation innerhalb des Baudenkmals nicht möglich ist. Vorbehalten sind die raumplanerischen Bestimmungen für das Bauen ausserhalb der Bauzone.
- Stets ist die Gesamtwirkung von Baudenkmal und Umgebung zu beachten.

3.4. Beratung und Unterstützung

Die kantonalen und kommunalen Fachstellen für Energie und Denkmalpflege geben Auskunft zu Fragen in ihrem Fachbereich. Sie informieren auch über die Möglichkeiten einer finanziellen Unterstützung in ihrem Bereich.

Das Ziel besteht darin, während der Planungs- und Ausführungsphase eine einvernehmliche Lösung zwischen der Bauherrschaft und den beiden Fachstellen zu erarbeiten. Voraussetzung dafür ist eine frühzeitige Kontaktaufnahme. Die Fachstellen sind gemeinsam zuständig für das Abwägen divergierender Interessen. Falls sich auf dieser Stufe kein Konsens erzielen lässt, entscheidet die Bewilligungsbehörde im Rahmen des Verfahrens.

- Fachstellen für Denkmalpflege: www.nike-kultur.ch)
- Energiefachstellen und Energieberatungsstellen: www.bfe.admin.ch/energiefachstellen

Der Arbeitsgruppe unter der Leitung von Prof. Dr. Bernhard Furrer (EKD) gehörten an: Ernst Baumann (EKD), Thomas Jud (BFE), Michael Kaufmann (BFE), Stefan Wiederkehr (BFE), Urs Wolfer (BFE), Dr. Bernard Zumthor (EKD) sowie Dr. Nina Mekacher, Beatrice Stadelmann und Vanessa Achermann für das Sekretariat der EKD.

Technische Restriktionen bei der energetischen Modernisierung von Bestandsgebäuden

Prof. Dr.-Ing. Patrick Jochum (Beuth HS)

Dipl.-Ing. (FH) Peter Mellwig (IFEU)

Dipl.-Ing (FH) Funda Bülbül, M.A. (Beuth HS)

Dr. Martin Pehnt (IFEU)

Dr. Lars Brischke (IFEU)

Mathias Jarling, B.A. (Beuth HS)

Mario Kelavic, B.A. (Beuth HS)

Endbericht

31. August 2012

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit



BEUTH HOCHSCHULE
FÜR TECHNIK
BERLIN
University of Applied Sciences





Einleitung

In dieser Studie werden die baulichen Restriktionen bei der Dämmung von Bestandsgebäuden erfasst und hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf den Heizwärmebedarf im deutschen Gebäudebestand analysiert. Ziel der Untersuchung ist die Beantwortung der Frage, inwieweit Dämmrestriktionen eine maßgebliche Rolle bei der Gebäudesanierung der kommenden Jahre und Jahrzehnte spielen werden.

Es werden Dämmrestriktionen umfassend in Art, Anzahl und energetischer Auswirkung in Abhängigkeit des Dämmzustandes, also des Grades bereits erfolgter Sanierungsschritte, gebäudescharf für den deutschen Gebäudebestand bestimmt und analysiert. Die durch eigene Umfrageergebnisse und durch Dritte aufgearbeiteten Daten münden in ein Gebäudebestandsmodell, welches in der Lage ist, Langfristszenarien zur Wärmebedarfsentwicklung aufzustellen. Im Ergebnis lassen sich die Wärmemengen bestimmen, die aufgrund technisch-konstruktiver Hürden nicht einsparbar, d.h. nicht „wegdämmbar“ sind. Im Anhang sind exemplarisch Dämmrestriktionen in einer realen [Panoramaaufnahme](#) eines Berliner Straßenzuges dargestellt.

Dämmrestriktionen anschaulich gemacht im [Panorama](#) auf der letzten Seite des Berichts

Der vorliegende Bericht beschreibt die Ergebnisse zu folgenden zentralen Themen:

- Theoretische Aufarbeitung des Themas
- Datensammlung zu den in der Praxis vorkommenden Dämmrestriktionen
- Entwicklung eines geeigneten Verfahrens zur Bestimmung des durch Dämmrestriktionen verursachten „nicht wegdammbaren“ Wärmesockels in den Wärmeszenarien
- Modellentwicklung zur Bestimmung des Wärmebedarfs nach DIN 4108-6 und Anwendung auf den Gebäudebestand, der durch Gebäudetypen, Altersklassen und Gebäudeanzahlen beschrieben wird
- Ermittlung der durch Dämmrestriktionen verursachten Wärmeverluste in Relation zum bestmöglichen Sanierungszustand
- Parameterstudien für Wärmeszenarien



Zusammenfassung

In dieser Studie wurden 63 technisch und wirtschaftlich motivierte Dämmrestriktionen untersucht. In einer Umfrage unter Energieberatern und anderen Baubeteiligten wurden diese nach der Häufigkeit ihres Auftretens in der Praxis bewertet. Von den Teilnehmern wurden weitere 11 Dämmrestriktionen eingebracht, die sowohl technische als auch nicht-technische und wirtschaftliche Ursachen haben. Durch eine Gewichtung der Ergebnisse mit den betroffenen Bauteilflächen und dem Grad der jeweiligen „Undämmbarkeit“ wurden die folgenden Dämmrestriktionen als besonders relevant für den Heizwärmebedarf ermittelt:

- Außenwände: Sichtmauerwerk
- Denkmalschutz: Außenwand/Außendämmung
- Außenwände Innendämmung: Gefahr von Feuchtigkeitsschäden
- Außenwände Innendämmung: Stuck / Ornamente
- Oberste Geschossdecke: nicht zugänglich
- Kellerdecken: Durchgangshöhe nicht ausreichend
- Wände/Böden gegen Erdreich: Raumhöhe nicht ausreichend
- Außenwände: Architektur / Erscheinungsbild
- Denkmalschutz: Außenwand Innendämmung
- Außenwände: Stuck / Ornamente / Faschen
- Kellerdecken: Installationen unter der Decke

Zusätzlich wurden die folgenden Dämmrestriktionen untersucht:

- Fenster in nicht zu dämmenden Außenwänden
- Gebäude mit konventioneller Dämmung im nächsten Sanierungszyklus

In Abbildung 1 sind die Wärmeverluste durch Dämmrestriktionen an den einzelnen Bauteilen gegenübergestellt. Unter „Außenwand“ sind alle Dämmrestriktionen zusammengefasst, die sich auf die Außenwand beziehen, außer jenen, die auf den Denkmalschutz zurückgehen.

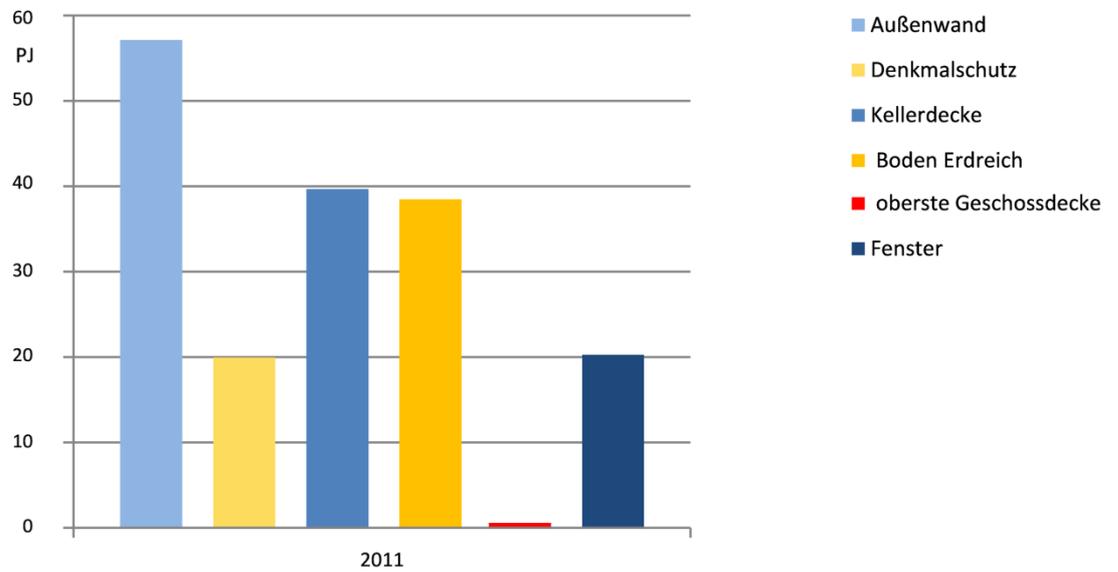


Abbildung 1: Wärmeverluste durch Dämmrestriktionen an einzelnen Bauteilen im Vergleich

In der Summe entspricht dies einem aufgrund von Dämmrestriktionen nicht reduzierbarem Heizwärmebedarf von 175 PJ.

In Abbildung 2 sind die Dämmrestriktionen im zeitlichen Verlauf dargestellt. Da Dämmrestriktionen bei energetischen Sanierungen auftreten, steigt ihr Anteil mit fortschreitender Sanierungstätigkeit. In dieser Abbildung werden die heutigen Raten für Sanierung, Neubau und Abriss in die Zukunft fortgeschrieben. In weiteren drei Szenarien werden ambitionierte Sanierungsraten und/oder höhere technische Anforderungen an die Sanierungen simuliert.

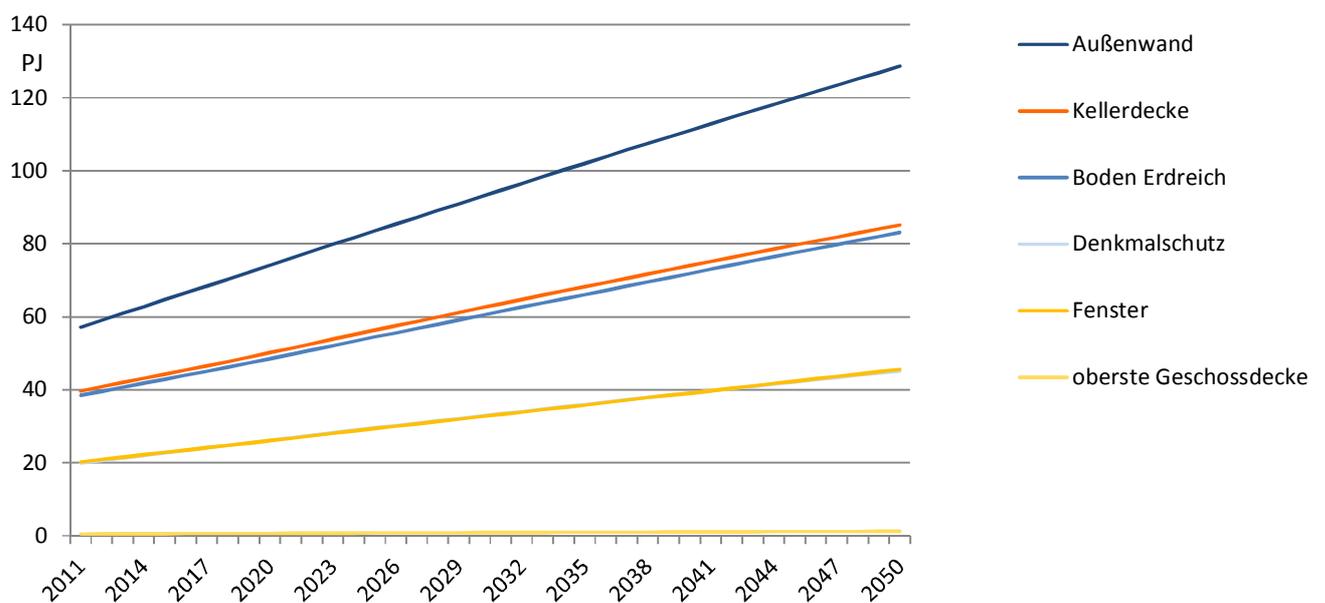


Abbildung 2: Zukünftige Auswirkungen aller betrachteten Dämmrestriktionen



Die gesamten Wärmeverluste aller Dämmrestriktionen haben danach einen Anteil von ca. 5 % am Heizwärmebedarf des deutschen Gebäudebestands im Jahr 2011.

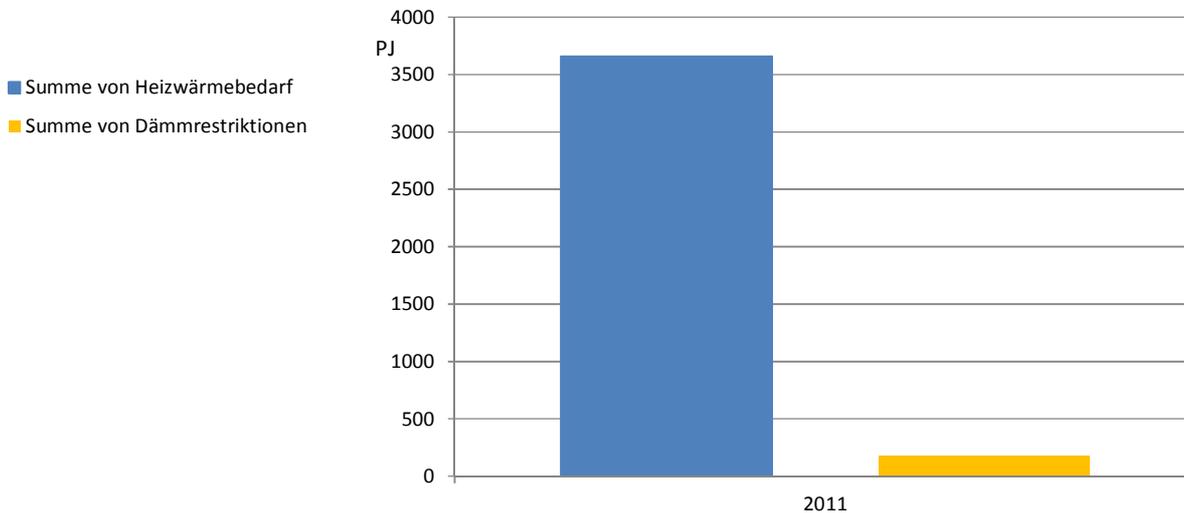


Abbildung 3: Wärmeverluste durch Dämmrestriktionen im Vergleich zum (berechneten) Heizwärmebedarf in 2011

Die zeitliche Entwicklung des Einflusses der Dämmrestriktionen ist stark an die Entwicklung des Gebäudebestands geknüpft. Daher werden die folgenden vier Szenarien entwickelt:

- Szenario 1 (Basisszenario):
konventionelle Sanierung 1 %, zukunftsweisende Sanierung 0,05 %; dieses Szenario beschreibt eine Fortführung der aktuellen Sanierungsraten
- Szenario 2:
Verdopplung der Raten von Szenario 1 (2 % konventionell, 0,1 % ambitioniert)
- Szenario 3:
keine konventionelle Sanierung mehr, nur noch zukunftsweisende Sanierungen mit einer Rate von 1,05 %; dieses Szenario beschreibt eine deutliche Verschärfung der Sanierungsanforderungen bei gleichbleibender Sanierungsrate
- Szenario 4:
Verdopplung der Raten von Szenario 3 (0 % konventionell, 2,1 % ambitioniert); dieses Szenario beschreibt eine deutliche Verschärfung der Sanierungsanforderungen bei einer Verdoppelung der Sanierungsrate; dieses Szenario entspricht den Vorgaben der Leitstudie des BMU für eine ambitionierte Entwicklung des Gebäudebestands



Als konventionelle Sanierung werden hier energetische Sanierungen bezeichnet, die den Standard der Energieeinsparverordnung (EnEV 2009) erfüllen. Ambitioniert sind in diesem Sinn besonders zukunftsweisende Sanierungen, zum Beispiel Passivhaus im Altbau oder KfW-Effizienzhaus 55.

In Abbildung 4 sind die Entwicklungen des Heizwärmebedarfs und der Wärmeverluste an Dämmrestriktionen für alle vier Szenarien gegenübergestellt. Bei den ambitionierteren Szenarien sinkt der Heizwärmebedarf entsprechend rascher. Der Anteil der Dämmrestriktionen steigt sowohl in absoluten Zahlen als auch in Relation zum Heizwärmebedarf.

Im Jahr 2050 haben die gesamten Wärmeverluste aller Dämmrestriktionen einen Anteil von 16 - 23 % am Heizwärmebedarf des deutschen Gebäudebestands.

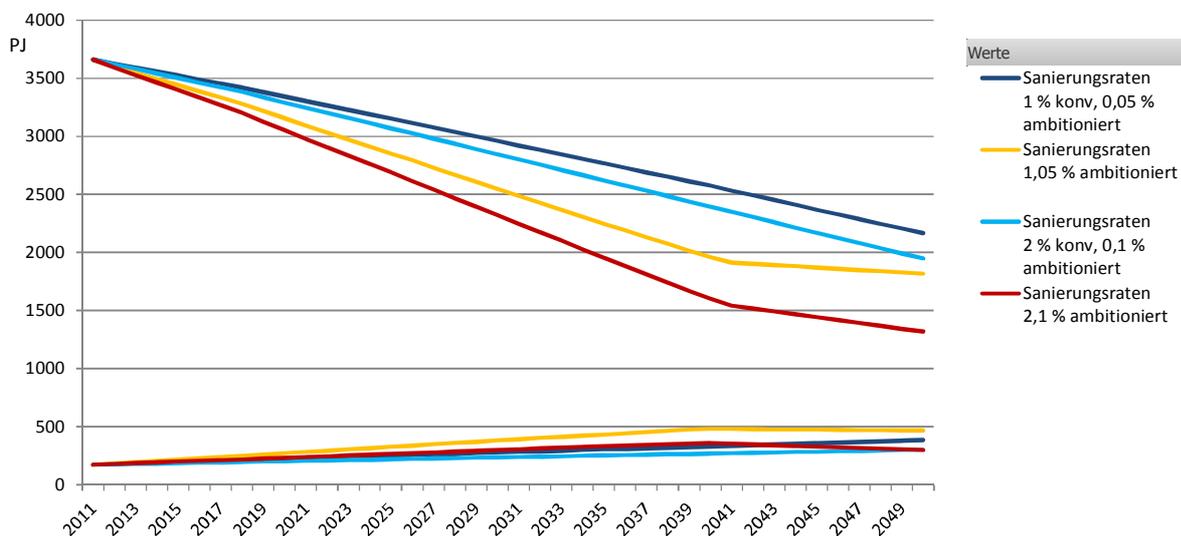


Abbildung 4: Verläufe der Heizwärmebedarfswerte und der Wirkung der Dämmrestriktionen für die vier untersuchten Szenarien.

Um das gesamte Einsparpotenzial durch Dämmmaßnahmen und den Einfluss von Dämmrestriktionen auf dieses Einsparpotenzial zu quantifizieren, wird ein fünftes Szenario dargestellt. In diesem wird der Heizwärmebedarf für den Fall dargestellt, dass der gesamte Gebäudebestand auf ein ambitioniertes Niveau (Passivhaus oder Effizienzhaus 55) durchsaniiert wird. Wenn alle Gebäude hochwertig gedämmt sind, zeigt sich ein Sockel-Heizwärmebedarf. Dieser kann nur durch Veränderungen der Anzahl und Größe der Gebäude noch weiter gesenkt werden, nicht aber durch weitere Dämmmaßnahmen. Dieser Sockel-Heizwärmebedarf liegt bei rund 42 % des heutigen Bedarfs. Das heißt, dass das Einsparpotenzial durch Dämmmaßnahmen insgesamt bei ca. 58 % liegt. Rund ein Drittel des verbleibenden Sockel-Heizwärmebedarfs sind Wärmeverluste, die durch Dämmrestriktionen entstehen.



Abbildung 5 zeigt die zum Verständnis der Thematik wichtige Einteilung des Heizwärmebedarfs für den Zeitraum 2011 bis 2050. Der Heizwärmebedarf setzt sich bis zur Vollsanierung aus den drei Anteilen „dämmbar“, „nicht weiter dämmbar“ sowie „aufgrund von Dämmrestriktionen nur teildämmbar“ zusammen. Nach der Vollsanierung entfällt der „dämmbare“ Anteil.

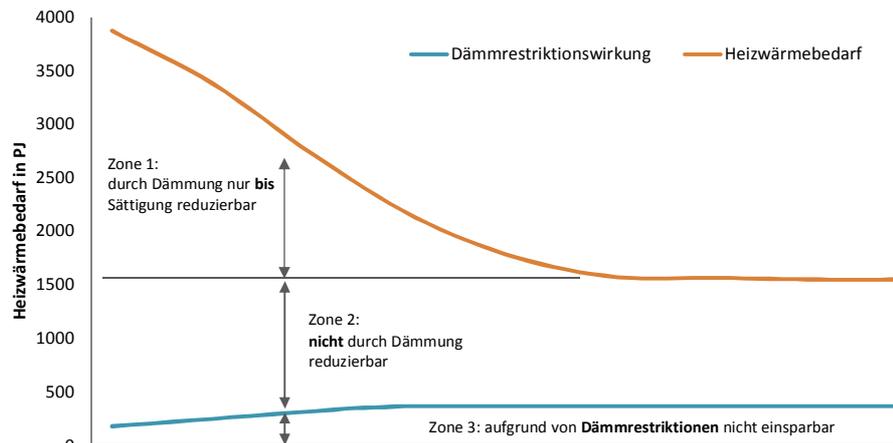


Abbildung 5: Einteilung des Heizwärmebedarfs in die drei Zonen „dämmbar“ (Zone 1), aufgrund der „Durchsanierung“ nicht weiter dämmbar (Zone 2) und aufgrund von „Dämmrestriktionen“ technisch/ästhetisch/ökonomisch nicht zu dämmen (Zone 3).

Zusammenfassend kann festgehalten werden:

- Dämmrestriktionen sind in vielerlei Form vorhanden, verursachen heute einen Beitrag zum Heizwärmebedarf von ca. 5 % und werden durch fortlaufende Sanierungstätigkeiten immer bedeutsamer. Bei einer ambitionierten Sanierungsrate (2 %/a) werden sie im Jahr 2050 für rund ein Viertel (23 %) des dann noch verbleibenden Heizwärmebedarfs verantwortlich sein.
- Die mithilfe des entwickelten bedarfsbasierten Gebäudemodells bestimmten Heizwärmebedarfsszenarien liegen in einer vergleichbaren Größenordnung wie der Verlauf des Endenergieverbrauchs der BMU Leitstudie. Dennoch gibt es Differenzen, deren Aufklärung sinnvoll erscheint. Ebenso sind die aus beiden Studien ableitbaren Einflüsse auf die Beiträge der erneuerbaren Wärme unterschiedlich, so dass weitere Untersuchungen zu dem Thema angeraten erscheinen.
- Das entwickelte Modell ermöglicht die Vorhersage des benötigten Anteils an erneuerbarer Wärme (als Energiemenge) als Funktion der Gebäudesanierungsrate.
- Auch im bestmöglich angenommenen Sanierungsszenario zeigt sich, dass der heutige Heizwärmebedarf um nicht mehr als 58 % reduzierbar ist.





Inhalt

Einleitung.....	3
Zusammenfassung.....	4
Inhalt	10
1 Projektbeschreibung.....	13
1.1 Problemstellung.....	13
1.2 Ziel.....	16
2 Hintergrund.....	17
2.1 Fachliche Einführung.....	17
2.2 Grundsätzliches zum Gebäudeeffizienzpotenzial.....	21
2.3 Betrachtungshorizont der Analyse.....	22
3 Nomenklatur der Dämmrestriktionen	26
3.1 Allgemeines	26
3.2 Unterscheidung verschiedener Dämmrestriktionen.....	27
3.3 Berechnung von Dämmrestriktionen.....	30
4 Gebäudesanierung in der Praxis.....	34
4.1 Theorie und Baupraxis	34
4.2 Eigene empirische Analyse	40
4.2.1 Durchführung der Umfrage	41
4.2.2 Auswertung der Umfrageergebnisse.....	44
4.2.3 Kommentare der Umfrageteilnehmer – weiche Restriktionen	53
5 Gebäudebestand in Deutschland	57
5.1 Wohngebäude	58
5.1.1 Gebäudetypologie-Baualtersklassen.....	58
5.1.2 Gebäudeanzahl / Wohngebäude	59
5.2 Nichtwohngebäude.....	62
6 Bestimmung der Wärmeverluste durch Dämmrestriktionen.....	70
6.1 Bauphysikalischer Hintergrund des Gebäudebestandsmodells	70
6.2 Definition des konventionellen und des zukunftsweisenden Bauherren	73
6.3 Kurzer Modelleinblick	75



7	Einfluss der einzelnen Dämmrestriktionen auf die nicht wegdämmbare Wärmemenge	78
7.1	Dämmrestriktionen bei Außenwänden	82
7.1.1	Beschreibung der Dämmrestriktionen.....	82
7.1.2	Zahlenmäßige Erfassung der Dämmrestriktion „Außenwand“ (ohne Denkmalschutz). 91	
7.1.3	Heutige Auswirkung auf den Gebäudebestand.....	100
7.1.4	Zukünftige Auswirkungen auf den Gebäudebestand	100
7.2	Dämmrestriktionen bei denkmalgeschützten Außenwänden	101
7.2.1	Beschreibung der DR.....	101
7.2.2	Zahlenmäßige Erfassung der Dämmrestriktion.....	103
7.2.3	Heutige Auswirkung auf den Gebäudebestand.....	107
7.2.4	Zukünftige Auswirkungen auf den Gebäudebestand	107
7.3	Dämmrestriktion oberste Geschosdecke	109
7.3.1	Technischer Hintergrund.....	109
7.3.2	Quantifizierung	110
7.3.3	Heutige Auswirkung auf den Gebäudebestand.....	111
7.3.4	Zukünftige Auswirkungen auf den Gebäudebestand	111
7.4	Dämmrestriktion Kellerdecke	113
7.4.1	Technischer Hintergrund.....	113
7.4.2	Unterdämmrestriktionen	113
7.4.3	Quantifizierung	114
7.4.4	Heutige Auswirkung auf den Gebäudebestand.....	116
7.4.5	Zukünftige Auswirkungen auf den Gebäudebestand	116
7.5	Dämmrestriktion Bauteile gegen Erdreich.....	118
7.5.1	Technischer Hintergrund.....	118
7.5.2	Quantifizierung	119
7.5.3	Heutige Auswirkung auf den Gebäudebestand.....	120
7.5.4	Zukünftige Auswirkungen auf den Gebäudebestand	120
7.6	Dämmrestriktion Fenster.....	121
7.6.1	Technischer Hintergrund.....	121
7.6.2	Quantifizierung	122
7.6.3	Heutige Auswirkung auf den Gebäudebestand.....	123
7.6.4	Zukünftige Auswirkungen auf den Gebäudebestand	123
7.7	Sanierung konventionell gedämmter Gebäude	124
7.8	Direkte Gegenüberstellung aller Dämmrestriktionen	126



8	Szenarien: Bedeutung der Restriktionen im Zusammenhang mit dem Gesamtwärmebedarf und der Entwicklung der erneuerbaren Energien	127
8.1	Szenarien für die Entwicklung des Heizwärmebedarfs und der entsprechenden Restriktionsanteile.....	127
8.2	Zusammenhänge zwischen den Entwicklungen der erneuerbaren Energien, des Wärmebedarfs und der Dämmrestriktionen	135
8.3	Zusammenfassung der Szenarienanalysen.....	141
9	Anhang	142
9.1	Variablen und Indizes.....	142
9.2	Abbildungsverzeichnis.....	143
9.3	Tabellenverzeichnis.....	147
9.4	Definition der Dämmrestriktionen.....	148
9.5	Online Umfragekatalog	153
9.6	Bauweisen /Charakterisierung der verschiedenen Bau-Epochen	160
9.7	Quellenverzeichnis.....	165
9.8	Panorama – Dämmrestriktionen	167



1 Projektbeschreibung

In dieser Studie werden die baulichen Restriktionen bei der Dämmung von Bestandsgebäuden erfasst und hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf den Heizwärmebedarf des deutschen Gebäudebestandes analysiert.

Nach der Identifikation von Dämmrestriktionen wird ein Gebäudebestandsgebäudemodell entwickelt, welches unter anderem die Wärmemenge bestimmen kann, die aufgrund dieser technisch-konstruktiven Hürden nicht einsparbar, das heißt nicht „wegdämmbar“ ist.

Das Projekt wird gemeinsam von der Beuth Hochschule für Technik Berlin und dem IFEU bearbeitet und ist als Vorstudie zur grundsätzlichen Feststellung der Bedeutung von Dämmrestriktionen im Kontext der Anstrengungen zur Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudesektor konzipiert. Die Projektkoordination erfolgt durch die Beuth Hochschule für Technik Berlin.

1.1 Problemstellung

Die Bundesregierung hat sich zum Ziel gesetzt, den Wärme- und Kälteenergiebedarf des deutschen Gebäudebestandes bis zum Jahr 2020 mindestens zu 14 % über erneuerbare Energien zu decken. Die Zunahme des Einsatzes erneuerbarer Wärme wird durch diverse politische Werkzeuge, wie zum Beispiel das Erneuerbare Energien Wärmegesetz (EEWärmeG), das Marktanreizprogramm für erneuerbare Energien (MAP) oder diverse Anstrengungen in den Bereichen Forschung und Entwicklung sowie Kommunikation und Beratung, massiv und erfolgreich unterstützt.

Festzuhalten ist jedoch, dass die bestehenden Förderinstrumente aber auch der bisherige Fokus der Instrumentenanalyse in erster Linie auf die Erhöhung der absoluten Beiträge der **erneuerbaren Wärme** abzielen. Beispiele für solche absoluten Werte sind die installierte Solarkollektorfläche oder die Anzahl der Pelletheizkessel. Diese Vorgehensweise ist hinsichtlich des Fördergedankens der erneuerbaren Wärme konsequent und richtig, hinsichtlich der Umsetzung des 14 %-Zieles jedoch nicht ganz auskömmlich.

Zum einen ist es von großem Interesse, die durch erneuerbare Wärme induzierte tatsächliche **Reduktion des (fossilen) Endenergieverbrauchs** statt der Anzahl der installierten Einheiten zu analysieren. Zum anderen liegt es auf der Hand, dass ein prozentualer Anteil erneuerbarer Wärme ebenso stark vom Gesamtwärmebedarf abhängt wie von der erneuerbaren Wärme, was folgende einfache Gleichung direkt sichtbar macht:

Unter der Begrifflichkeit „**erneuerbare Wärme**“ sei abkürzend die Wärmeerzeugung auf Basis erneuerbarer Energien gemeint.

Auf Basis der Stückzahlen oder Leistungen installierter Einheiten (Kollektoren, Kessel etc.) lassen sich nur grob die tatsächlichen Energiemengen abschätzen. Aspekte wie Anlagenqualität, Regelungstechnik oder der Nutzereinfluss haben signifikante Einflüsse.



Leitstudie des BMU, Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global (DLR, Fraunhofer IWES, IfnE, Nitsch, 2011)

$$\text{Anteil der erneuerbaren Wärme in \%} = \frac{\text{erzeugte erneuerbare Wärme}}{\text{Gesamtwärmebedarf}}$$

Es leuchtet ein, dass bei der Bestimmung des prozentualen Anteils der erneuerbaren Wärme die Entwicklung des Gesamtwärmebedarfs ebenso bedeutend ist, wie die Entwicklung der erneuerbaren Energien selbst.

Vorhandene Szenarien zur (prozentualen) Entwicklung der erneuerbaren Wärme unterstellen bestimmte Annahmen für die Abnahme des Wärmebedarfs des Gebäudebestandes. So zum Beispiel in der [Leitstudie 2011](#) des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit zum Ausbau der erneuerbaren Energien, die bis 2050 von einer Vollsanierung aller Gebäude bei einer Halbierung des Wärmebedarfs ausgeht.

Sollte sich der Gesamtwärmebedarf jedoch nicht auf die erwarteten Werte reduzieren, so wäre es in direkter Folge für den Anteil der Erneuerbaren ungleich schwerer, den Zielwert von 14 % zu erreichen.

Es ist also im Sinne der Zielerreichung auf Seiten der Erneuerbaren elementar wichtig, eventuelle Fehlentwicklungen (wie z.B. Stagnation der Effizienzbemühungen bei der Gebäudedämmung) bei der Instrumentenentwicklung zu kennen beziehungsweise diese gegebenenfalls korrigierend beeinflussen zu können.

Die bislang allgemein bekannten und schon vielfältig analysierten Hemmnisse bei der Gebäudedämmung liegen in der Wirtschaftlichkeit oder auch in der Motivation und Aufklärung der Gebäudeeigentümer. Ein weiterer und wenig diskutierter Aspekt liegt dagegen in den technischen Grenzen der „Dämmbarkeit“ von Gebäuden. Spielen diese heute noch eine untergeordnete Rolle (da es noch viele einfach zu dämmende Flächen oder Gebäude gibt), so ist davon auszugehen, dass diese mit zunehmender „Durchdämmung“ des Altbaubestandes an Bedeutung gewinnen werden, da die noch dämmbaren und restriktionsfreien Flächen naturgemäß abnehmen werden.

Grundsätzlich ist zwar hinreichend bekannt, dass teilweise erhebliche bauphysikalische, baukonstruktive oder gestalterische Hürden bei der Altbaudämmung existieren. Unklar ist jedoch, inwieweit diese eine Rolle bei der Entwicklung des gesamten Wärmebedarfs spielen.





Die wärmetechnische Ertüchtigung der opaken Anteile der Gebäudehülle wird über das Anbringen von Dämmstoffen erreicht. Es lässt sich mühelos eine Reihe technischer Restriktionen aufstellen, die eine solche Dämmung behindern. Solche Dämmhemmnisse, im Folgenden zumeist „Dämmrestriktionen“ genannt, könnten zum Beispiel sein:

- zu geringe Dachüberstände für Wärmedämmverbundsysteme
- Einengung von Balkonen durch Wärmedämmverbundsysteme
- erhaltenswerte Fassaden
- zu geringe Kellerhöhen für Kellerdeckendämmung
- Feuchtigkeit an Balkenköpfen bei Innendämmung

Die qualitativen und insbesondere die quantitativen Auswirkungen der Restriktionen sind bislang völlig unklar. Eindeutig ist lediglich, dass eine Dämmung in diesen Fällen entweder weniger wirksam ist oder erst gar nicht ausgeführt werden kann.



1.2 Ziel

Ziel der Studie ist es, Dämmrestriktionen zu identifizieren und die durch sie verursachten Wärmeverluste zu bestimmen. Die Ermittlung bauphysikalischer und baupraktischer Restriktionen und deren Auftretenshäufigkeiten stehen dabei im Mittelpunkt der Untersuchungen. Anzahl und Auswirkungen der nicht dämmbaren Bauteile hängen dabei sehr stark von den Faktoren Gebäudetyp, Gebäudealter und Sanierungsstand ab, so dass ein diese Faktoren berücksichtigendes Modell zur Abbildung des heutigen und zukünftigen Gebäudebestandes erstellt wird.

Durch die Bestimmung der summarischen Auswirkungen aller Dämmrestriktionen soll deren Einfluss auf den Gesamtwärmebedarf offenbart werden. Die Identifikation von

- den Arten der Dämmrestriktionen,
- den betroffenen Flächen hinsichtlich Größe und Wärmeschutz und
- den betroffenen Gebäudetypen

ermöglicht die Bestimmung der heutigen Auswirkungen von Dämmrestriktionen auf den heutigen Gebäudebestand.

Tatsächlich sind aber insbesondere für die notwendigen politischen Weichenstellungen zumindest die mittel-, im Gebäudesektor eher sogar noch die langfristig wirkenden Effekte von größerer Bedeutung. Die oben genannten zu bestimmenden drei Aspekte sind daher noch um die Zeitabhängigkeit zu ergänzen. Berücksichtigt werden hierzu

- der jeweils aktuelle Dämmzustand der einzelnen Gebäudetypen (saniert/unsaniert, ...) und
- der durch Abriss-, Sanierungs- und Neubauraten definierte und sich fortlaufend verändernde Gebäudebestand.

Im Rahmen eines Best-Case-Szenarios wird so der zukünftige deutschlandweite Heizwärmebedarf unter dem Einfluss der zunehmend stärker wirkenden Dämmrestriktionen ermittelt. Dies erfolgt unter der hypothetischen Annahme optimaler ökonomischer und gesellschaftlicher Randbedingungen.



2 Hintergrund

2.1 Fachliche Einführung

Zur Analyse der Auswirkung einer Dämmrestriktion müssen drei zentrale Fragen betrachtet werden:

- Wie gut lässt sich das betroffene Bauteil im Vergleich zu einem „normalen“ Bauteil dämmen?
- Wie groß ist das betroffene Bauteil?
- Wie häufig kommt es im Gebäudebestand vor?



Die vorliegende Studie berührt daher im Wesentlichen zwei Aspekte, die miteinander verknüpft werden (Abbildung 2-1):

Zum einen müssen die aus der Baupraxis bekannten Problemfälle nicht dämmbarer Bauteile näher beleuchtet (Innendämmung, Schimmel, Wärmebrücken etc.) und zusammengestellt („Wie gut dämmbar?“) sowie hinsichtlich ihrer durch sie resultierenden Wärmeverluste („Wie groß?“) beschrieben werden.

Zum anderen müssen durch die systematische Erfassung des Gebäudebestandes und der Annahme wie häufig einzelne Dämmrestriktionen an einzelnen Gebäudetypen auftreten, die Anzahl der betroffenen Flächen abgeschätzt werden („Wie häufig?“).

Die Verknüpfung obiger Informationen lässt dann eine Abschätzung der Wirkung einzelner Dämmrestriktionen zu.

1. Gebäudebestand		2. Auftretenswahrscheinlichkeit für...		3. Auswirkung auf den Wärmebedarf des Bestandes	
	Anzahl			Betroffene Fläche	Verlustwärmestrom
Gebäudetyp A	...	Dämmrestriktion 1	... ..	...	...
		Dämmrestriktion 2	... ..	...	...

Gebäudetyp B		Dämmrestriktion 1	... ..	...	...
		Dämmrestriktion 2	... ..	...	...

Abbildung 2-1: Einflussgrößen und theoretisches Vorgehen



Sind alle Gebäudetypen, deren Anzahl sowie die jeweiligen Dämmrestriktionen bekannt, so lässt sich der gesamte Verlustwärmestrom an diesen, von Dämmrestriktionen betroffenen Bauteilen ermitteln.

Denkt man an den Aufbau von Energieszenarien, so ist jedoch die Ermittlung des zeitabhängigen Gesamtverlustwärmestroms interessanter. Erwartungsgemäß wird nämlich auch bei den theoretisch größten anzunehmenden Dämmanstrengungen der Heizenergiebedarf in den kommenden Jahrzehnten nicht gegen Null tendieren, sondern asymptotisch gegen einen Wert laufen, der maßgeblich von den verbleibenden unzureichend oder gar nicht gedämmten Bauteilen, also den von Dämmrestriktionen betroffenen Flächen, bestimmt wird (Abbildung 2-2).

Dieser Umstand führt zu einer erheblichen Verkomplizierung des Sachverhaltes, da hierdurch die zeitliche Abhängigkeit einer Dämmrestriktion begründet wird. So lange ein Gebäude nicht oder nur wenig gedämmt wird, hat eine eventuelle Dämmrestriktion keinerlei wärmetechnische Bedeutung. Mit zunehmenden Sanierungsmaßnahmen, die im Laufe eines Gebäudelebens durchgeführt werden, steigt jedoch deren wärmetechnische Bedeutung.

Anschaulich gesagt, handelt es sich hierbei um die aus technischen, geometrischen und bauphysikalischen Gründen „nicht wegämbare Wärmemenge“.

Obleich diese selbstverständlich als solche auch heute im Bestand identifizierbar ist, wächst deren Rolle als Dämmhemmnis erst über die Zeit. Immer mehr dieser Flächen werden im Rahmen energetischer Sanierungen „angefasst“ und können trotz guten Willens nur mäßig oder gar nicht gedämmt werden. Somit formiert sich ein Sockel nicht reduzierbarer (außer über Abriss und Neubau) **Wärmeverluste**, der den asymptotischen Grenzwert für den Gesamtwärmebedarf darstellt. Der Kurvenverlauf der gesamten Transmissionswärmeverluste setzt sich demnach aus dem Transmissionswärmebedarf noch dämmbarer Flächen und den Transmissionswärmeverlusten nicht weiter dämmbarer Flächen zusammen.

Genauer: der **Transmissions-Wärmeverlust**, also der auf reiner Wärmeleitung basierende Wärmeverlust in Abgrenzung zu den auch noch wirksamen und auf Wärmekonvektion basierenden Lüftungswärmeverlusten.

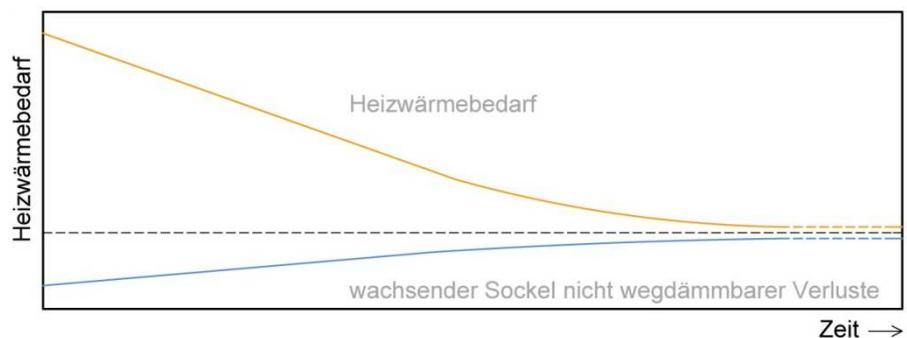


Abbildung 2-2: Qualitativer Kurvenverlauf des Heizwärmebedarfs und der durch Dämmrestriktionen verursachten Transmissionswärmeverluste nicht weiter dämmbarer Flächen



Die detailgetreue Umsetzung des beschriebenen Verfahrens würde die kleinteilige Kenntnis aller betroffenen Flächen, das heißt Größe, Schichtaufbau und Stoffwerte von vielen Millionen Quadratmetern voraussetzen. Dies kann naturgemäß im Rahmen dieser Vorstudie nicht geleistet werden. Daher wird hier mit vergleichsweise groben Annahmen und Schätzungen, die sich, sofern vorhanden, auf andere durchgeführte Arbeiten stützen, gearbeitet. Insbesondere müssen Annahmen zur Auftretenshäufigkeit einzelner Dämmrestriktionen für einzelne Gebäudetypen getroffen werden.

Die Gebäudetypen selbst sind in Anzahl, Baualter und Größen relativ gut erfasst. So ist vor allem der stark dominierende Wohngebäudebestand in vielen Studien gut beschrieben. Mehrere Studien widmen sich der Erfassung der statistischen Grundlagen zum Wohngebäudebestand. Diesbezügliche Daten sind beim Bundesamt für Statistik oder in aufbereiteter Form in diversen Studien erhältlich und umfassen zumindest erste Grobinformationen wie Anzahl, Baujahr und zeittypische Konstruktionsdetails. Anders sieht es jedoch im Bereich der Nichtwohngebäude aus, wo sich die vorhandene Datengrundlage alleine schon zu Anzahlen und Baujahren der Gebäude, erst recht aber zu deren Sanierungsstand, als weitaus schlechter darstellt. Allerdings repräsentieren die Wohngebäude aufgrund ihrer zahlenmäßigen Überlegenheit (rund 18 Mio.) gegenüber den Nichtwohngebäuden (rund 1 Mio.) einen erheblichen Teil des heizenergiespezifischen Wärmemarktes (IWU, 2011). Die im Nichtwohnbereich bestehenden Informationslücken lassen sich im Rahmen der hier benötigten Genauigkeit aber ebenfalls durch Abschätzungen schließen.

Die meisten der vorliegenden Studien bleiben eine Antwort auf die bauphysikalischen und baupraktischen Hintergründe und Restriktionen bei baulichen Effizienzsteigerungsmaßnahmen schuldig. Die bauphysikalischen und baupraktischen Probleme an sich sind dagegen grundsätzlich bekannt und der einschlägigen Fachliteratur zu entnehmen.

Was aber bisher fehlt, ist die Kombination der Gebäudebestandsanalyse mit den baupraktischen Aspekten. So sind zwar die Qualitäten und Einflüsse baupraktischer Dämmrestriktionen als solche für einzelne Gebäude ermittelbar, unbekannt ist aber wie häufig eine individuelle Dämmrestriktion im gesamten Gebäudebestand auftritt und wie sie sich auf die Gesamtentwicklung des bundesweiten Raumwärmebedarfs auswirkt. Es muss festgestellt werden, dass die technisch machbare Obergrenze der „Dämmbarkeit“ an sich ein neues Bewertungskriterium darstellt.

Lediglich wenige, sehr neue Untersuchungen widmen sich diesem Thema. Exemplarisch sei eine [Untersuchung](#) genannt, die sich genau dem Sachverhalt für den Bereich der denkmalgeschützten Gebäude widmet.

„Energetische und akustische Sanierung von Wohngebäuden vom Altbau zum akustisch optimierten Passivhaus“

(Hochschule für Technik Stuttgart, Pietruschka et al., 2011)



Die Erklärung hierfür ist der Umstand, dass die hier beschriebenen Inhalte in der Vergangenheit im Hinblick auf die Setzung der politischen Rahmenbedingungen keine besondere Bedeutung innehatten. Das vorhandene Modernisierungspotenzial im Gebäudebestand war (und ist vermutlich) noch groß genug, um den Szenarien Genüge zu tun. Je mehr Gebäude allerdings gedämmt sind und je anspruchsvoller die erhofften Effizienzbemühungen werden, umso wichtiger werden die baukonstruktiven und bauphysikalischen Fragen.

Grundsätzlich liegen insgesamt zwar einige Informationen in der Literatur vor, die sich bei genauerer Betrachtung jedoch auch als nicht ganz vollständig erweisen. Dies war Anlass genug, die Informationsdichte mit Hilfe einer unter Energieberatern und Architekten durchgeführten Umfrage weiter zu steigern.

Neben den oben beschriebenen Sachverhalten wird die Langfristanalyse des energetischen Zustandes des gesamten Gebäudebestandes von einer weiteren Unsicherheit geprägt. Es ist unbestritten, dass eine zunehmende Anzahl von Gebäuden gedämmt wird. Hierzu lassen sich, basierend auf historischen Werten, Annahmen zur Sanierungsrate und zur Sanierungstiefe (siehe auch Kapitel 4) treffen. Diese beziehen sich jedoch im Allgemeinen auf bislang ungedämmte Gebäude.

Im Kontext zunehmender thermischer Anforderungen an die Gebäudehüllen kann davon ausgegangen werden, dass später erfolgende Sanierungen effizienter sind (praktisch: es kommen größere Dämmstärken oder bessere Fenster zum Einsatz) als heutige oder gar bei schon in der Vergangenheit erfolgten Sanierungen.

So galt in den späten Siebzigern eine Dämmstärke von 2 cm als innovativ, wohingegen heute kaum noch unter 10 cm gedämmt wird. Dennoch wird dieses Gebäude von seinen mittlerweile älteren Eigentümern „gefühl“ als gedämmt eingestuft. Die Erfahrung zeigt, dass bereits gedämmte Gebäude nur ungern oder nur sehr stark verzögert einer nochmaligen Sanierung unterzogen werden. Der Zeitpunkt der Sanierung und der vielleicht schon realisierte Dämmstandard haben damit einen erheblichen Einfluss bei der Szenarienbildung.

Bekannte Extrapolationen des Wärmemarktes gehen hierauf nur am Rande ein. Auch teilgedämmte (Beispiel: „Sanierte Fassade mit erhaltenswerten Doppelkassenfenstern“) oder auch nur teildämmbare (Beispiel: „Gründerzeitbau mit denkmalgeschützter Fassade“) tragen zur allgemeinen Unschärfe über die zu erwartende Entwicklung im Wärmesektor bei.



Mit der Verwendung einer mittleren bundesweiten Sanierungsrate, die zum Erreichen eines bestimmten Wärmebedarfszieles notwendig ist, verharrt man leider in dieser Unschärfe.



Wichtig ist dagegen zu wissen:

- wie viele Gebäude können überhaupt wie intensiv gedämmt werden?
- welche Gebäude sind bereits gedämmt und werden vermutlich so schnell nicht wieder gedämmt?
- welche Gebäudetypen müssen welche Sanierungsraten erfüllen, um im Ergebnis einen beabsichtigten Verlauf des Gesamtwärmebedarfs zu erzielen.

Diese drei Fragestellungen sind bisher nicht beantwortbar, da der Verknüpfung des vorhandenen Wissens in den einzelnen Teilgebieten bisher nur wenig Aufmerksamkeit geschenkt wurde.

Die vorliegende Studie versucht alle oben genannten Umstände durch geeignete Annahmen näher zu beleuchten.

2.2 Grundsätzliches zum Gebäudeeffizienzpotenzial

Wie andere Studien auch, so geht auch die [Leitstudie des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit](#) davon aus, dass Bestandsgebäude zukünftig mit einer höheren Modernisierungsrate von rund 2-3 % pro Jahr (heute ca. 1 % pro Jahr) saniert werden. Dabei wird von einer pauschalen Reduktion des Wärmeverbrauchs von 30-50 % bei den sanierten Gebäuden ausgegangen.

So lange es noch „genügend“ ungedämmte Gebäude gibt, die mit vertretbarem Aufwand gedämmt werden können, erscheint dieser Ansatz durchaus legitim. In dieser Phase werden in erster Linie die kostengünstig zu dämmenden Gebäude adressiert. Einsparpotenziale von bis zu 50 % sind erzielbar, da es sich hierbei um besonders schlecht gedämmte Gebäude handelt. Sollten diese Gebäude während des Zeitraums bis 2050 nochmals modernisiert werden, so läge das realisierbare Einsparpotenzial natürlich weit unter diesem Wert.

Der Beschluss der Bundesregierung den Primärenergiebedarf mit dem Sanierungsfahrplan bis 2050 um 80 % zu senken, impliziert, dass dem Gebäudesektor eine hohe Bedeutung beim Klimaschutz zufallen muss. Dies zeigt Abbildung 2-3 mit den jeweiligen Größenordnungen der Endenergieverbraucher und dem großen Anteil der Raumwärme. Angesichts der realen (niedrigen) Abriss- und Neubauraten werden in 2050 noch sehr viele der heutigen Gebäude genutzt werden, so dass obiges Ziel die massive energetische Ertüchtigung des heutigen Gebäudebestandes zugrunde legt.

Leitstudie des BMU, Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global (DLR, Fraunhofer IWES, IfnE, Nitsch, 2011)

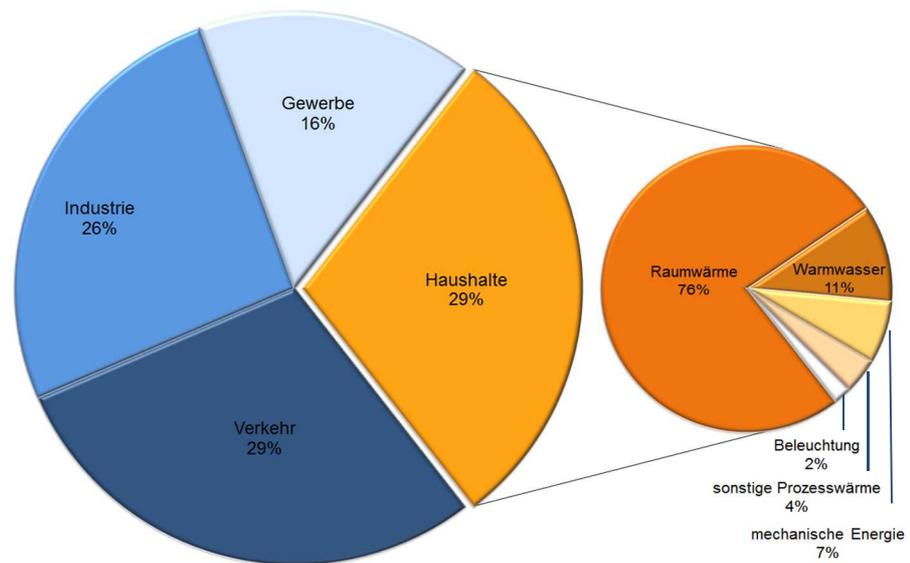


Abbildung 2-3: Endenergieverbrauch in Haushalten, Quelle: (Energiedaten BMWI, 2010)

Das deutsche Gebäudeportfolio beinhaltet dabei eine Vielzahl von Gebäuden, bei denen eine Verbrauchsreduktion nur mit stark erhöhtem technischem Aufwand möglich und insbesondere nicht in der genannten Höhe umsetzbar ist. Man denke alleine an denkmalgeschützte Gebäude, die in einzelnen Städten durchaus bis zu 10 % des Bestandes ausmachen, oder an Gebäude, die bereits auf ein veraltetes energetisches Niveau saniert wurden.

Der erreichbare „Dämmzustand“ der Gebäude, bei denen absehbar ist, dass ihr Energiebedarf nicht um 80 % absenkbar sein wird, ist damit von elementarer Bedeutung, da die noch dämmbaren Gebäude zur Erreichung der politischen Ziele die weniger gut dämmbaren ausgleichen müssen.

Genau genommen kann die theoretisch maximal erzielbare Energieeinsparung, die sich unter der Annahme optimaler ökonomischer Randbedingungen einstellen würde, nur mittels einer detaillierten und insbesondere vom Gebäudetyp abhängigen Betrachtung ermittelt werden.

2.3 Betrachtungshorizont der Analyse

Zum Verständnis von Energieszenarien, von Prognosen zum Energiebedarf oder von Annahmen zur energetischen Modernisierung ist es unabdingbar, die zu Grunde liegenden Randbedingungen und Begrifflichkeiten zu erläutern.

Diese Studie beschäftigt sich ausschließlich mit berechneten Werten, also den Energiebedarfswerten, im Gegensatz zu der auch denkbaren Variante, der Verwendung tatsächlich gemessener Werte, also der Energieverbrauchswerte. Ersteres hat den Vorteil der möglichen Verallgemeinerung - die bekannten Rechenmethoden erlauben die Analyse



jedes Gebäudes. Letztere haben den Vorteil des erhöhten Realitätsbezuges gemessener Werte gegenüber den errechneten Werten, setzen aber die Kenntnis dieser Messwerte voraus.

Stand der Technik ist die Verwendung der (errechneten) Bedarfswerte, wie auch im vorliegenden Projekt geschehen. An dieser Stelle sei aber darauf hingewiesen, dass das entwickelte Gebäudebestandsmodell grundsätzlich auch in der Lage wäre, die genaueren Verbrauchswerte zu verwenden und auch diese in die Zukunft zu extrapolieren. Dies ist aber nicht Gegenstand dieser Studie.

Der Heizwärmebedarf eines Gebäudes resultiert aus der Jahressumme von vier Wärmeströmen:

- Transmissionsverluste:
Wärmeströme aufgrund von Wärmeleitung durch die Gebäudehülle
- Lüftungswärmeverluste:
Wärmeströme aufgrund von Luftaustausch mit der Umgebung
- Solare Gewinne:
Strahlungsgewinne durch Solarstrahlung durch transparente Flächen
- Innere Gewinne:
Gutschriften aufgrund von Körperwärme der Nutzer sowie aufgrund der Nutzung elektrischer Energie, die in Wärme umgewandelt wird.

Naturgemäß beziehen sich die Dämmrestriktionen ausschließlich auf die Beeinflussung der Transmissionswärmeverluste. Alle anderen Energieströme bleiben hiervon unberührt und werden nicht näher betrachtet.

Eine weitere notwendige Abgrenzung bezieht sich auf den Energiebegriff. In der gängigen Nomenklatur werden unter anderem die Begriffe

- Heizwärmebedarf,
- Endenergie oder
- Primärenergie

unterschieden.

Im Rahmen dieses Projektes wird mit dem **Heizwärmebedarf** als Zielgröße gerechnet. Dieser umfasst den Transmissionswärmeverlust über die Gebäudehülle, den Lüftungswärmeverlust sowie die solaren und internen Gewinne (siehe Abbildung 2-4). Der Heizwärmebedarf entspricht demnach der Wärmemenge, die von den Heizkörpern abgegeben wird. Es wird bewusst nicht mit weitergehenden Energiegrößen wie Endenergiebedarf oder Primärenergiebedarf gerechnet. Diese berücksichtigen neben den Eigenschaften der Gebäudehülle auch die Anlagentechnik und die Vorketten der Energiegewinnung anhand von pauschalen Faktoren, welche somit einen hohen Einfluss auf das Gesamtergebnis bekämen und die Ergebnisse dieser Studie überlagern würden.

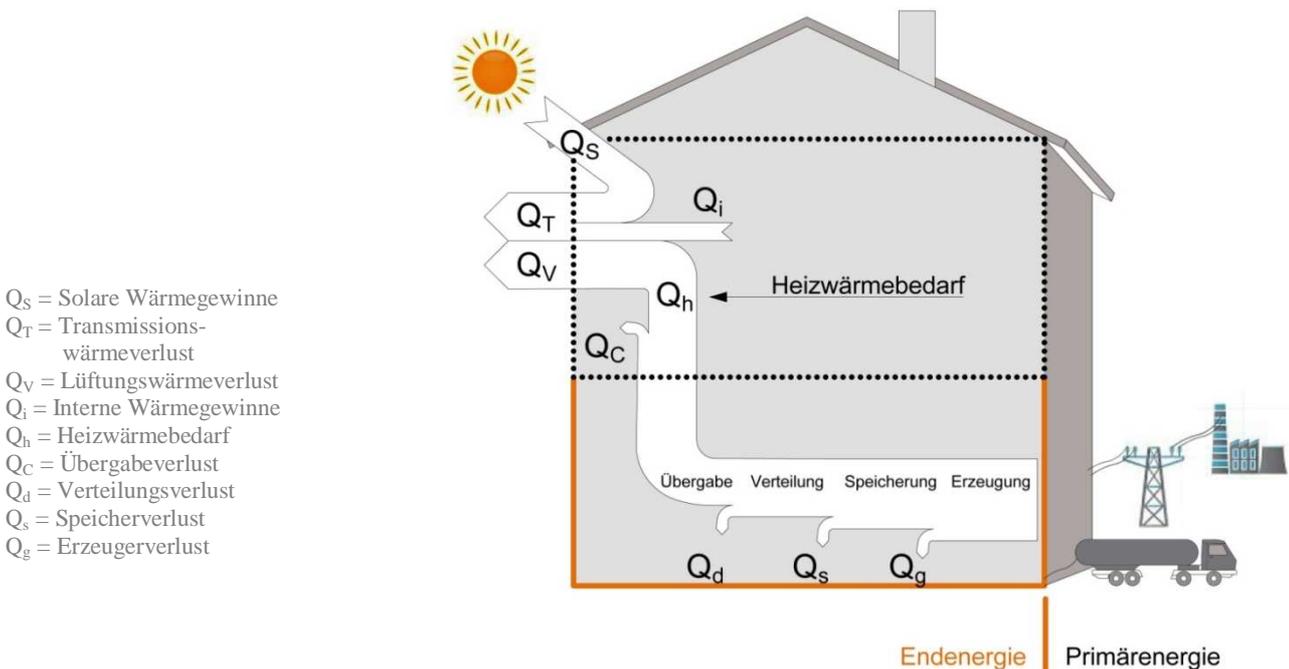


Abbildung 2-4: Herleitung der Begriffe Heizwärmebedarf, Endenergie und Primärenergie, Quelle: (EULEB, 2007)

Grundsätzlich bezieht sich die Analyse in erster Linie auf technische Dämmrestriktionen, also auf Bauteile, die zum Beispiel aus konstruktiven, bauphysikalischen oder geometrischen Gründen nicht hinreichend gedämmt werden können (zur Abgrenzung der Ursachen von Dämmrestriktionen siehe auch Kapitel 3).

Zusätzlich werden auch ordnungsrechtlich und ästhetisch bedingte Dämmrestriktionen betrachtet, obwohl sie dem nicht-technischen Bereich zuzuordnen sind. Sie werden ähnlich wie die technischen Dämmrestriktionen anhand von Daten des Gebäudebestands quantifiziert.

Die verhaltensbedingten Dämmrestriktionen jedoch, wie persönliche Trägheit oder Desinteresse der Bauherren, werden in dieser Studie nicht betrachtet. Hierin liegt jedoch keine quantitative Aussage zum Einfluss dieser nicht-technischen Restriktionen, da diese sehr wohl von großer Bedeutung sein könnten.

Es besteht die Gefahr, dass die Begriffe Dämmrestriktion und **Wärmebrücke** vermischt werden. Beide sind wärmetechnische Schwachstellen in der Gebäudehülle. Während Wärmebrücken jedoch häufig an den Anschlussstellen zwischen zwei Bauteilen auftreten (zum Beispiel am Übergang von der Außenwand an die Fenster), sind von Dämmrestriktionen vor allem die Bauteilflächen selbst betroffen (zum Beispiel die Außenwände).

Wärmebrücken sind also linien- oder punktförmig, Dämmrestriktionen beziehen sich auf Flächen.

Wärmebrücken

siehe Planungs- und Ausführungsbeispiele in DIN V 4108, Beiblatt 2



Wärmebrücken haben konstruktive oder geometrische Ursachen. Anders als Dämmrestriktionen treten sie in jedem Gebäude auf und werden standardmäßig in der wärmetechnischen Berechnung von Gebäuden berücksichtigt. Als Wärmebrücken wird eine verhältnismäßig eng abgegrenzte Anzahl von Anschlussdetails bezeichnet. Über den Einfluss von Wärmebrücken auf die Energiebilanz von Gebäuden gibt es bereits eine große Anzahl von Veröffentlichungen. Das ist jedoch ausdrücklich nicht Gegenstand dieser Studie.



3 Nomenklatur der Dämmrestriktionen

3.1 Allgemeines



Eine Außenwanddämmung würde das Fenster abdecken.

Der Begriff „Dämmrestriktion“ wird in der vorhandenen Literatur zwar gelegentlich verwendet, allerdings gibt es bisher noch keine Definition im engeren Sinn. Gleichbedeutend sind die Begrifflichkeiten „Dämmrestriktion“, „Dämmhemmnis“ oder anschaulicher ausgedrückt „Undämmbarkeit“. Sie bezeichnen den Umstand, dass die nachträgliche Dämmung eines Bauteils aus baukonstruktiven oder bauphysikalischen Gründen technisch nicht möglich ist oder zumindest angesichts eines erheblich baukonstruktiven - und damit in der Regel ökonomischen - Aufwandes nicht sinnvoll möglich ist.

Als Dämmrestriktion wird der Umstand bezeichnet, dass ganze Gebäude oder einzelne Bauteile entweder nicht ausreichend im Sinne der zum jeweiligen Dämmzeitpunkt vorliegenden gesetzlichen Rahmenbedingungen zur Energieeinsparung, derzeit also im Sinne der Energieeinsparverordnung 2009 (EnEV 2009), oder aber sogar überhaupt nicht gedämmt werden können.

Zwar enthält die Energieeinsparverordnung (EnEV) eine Regelung zum Umgang mit Dämmrestriktionen - ohne jedoch den Begriff der Dämmrestriktion zu verwenden – in den §§ 24 und 25, bezieht sich dabei aber ausschließlich auf Aspekte des Denkmalschutzes und einer eventuell nicht gegebenen Wirtschaftlichkeit.

So werden in § 24 EnEV Abweichungen von der Verordnung für Baudenkmäler und besonders erhaltenswerte Bausubstanz zugelassen und § 25 EnEV beschreibt die Befreiungen von den Anforderungen für den Fall, dass sie zu einem unangemessenen Aufwand oder einer unbilligen Härte führen. Wie weiter unten zu sehen ist, treten in der Praxis eine Reihe weiterer Dämmrestriktionstypen auf als in der EnEV berücksichtigt.

Dämmrestriktionen treten ausschließlich auf, wenn Bestandsgebäude nachträglich gedämmt werden sollen, um deren energetische Eigenschaften zu verbessern. Bei zu errichtenden Gebäuden treten keine technischen Dämmrestriktionen auf. Hier wird davon ausgegangen, dass die Konstruktionen so gewählt werden, dass alle Mindestanforderungen der geltenden Rechtsgrundlagen erfüllt werden können.

An dieser Stelle sei auf die Unterscheidung zwischen den so genannten technischen und den nicht-technischen Dämmrestriktionen hingewiesen. Im Fokus dieser Untersuchung stehen eindeutig die technischen Restriktionen, wie sie sich durch die Möglichkeiten der Baupraxis ergeben.

§ 25 EnEV:

„Eine unbillige Härte liegt insbesondere vor, wenn die erforderlichen Aufwendungen innerhalb der üblichen Nutzungsdauer, bei Anforderungen an bestehende Gebäude innerhalb angemessener Frist durch die eintretenden Einsparungen nicht erwirtschaftet werden können.“



Zu den nicht-technische Restriktionen zählen Faktoren wie

- das Alter der Bauherren (Investitionen in Dämmung sollten sich innerhalb der Lebenserwartung des Investors amortisieren),
- der Energiesparwille des potentiellen Investors (Energie sparen zu wollen ist in der Regel Ausdruck einer ökonomischen Motivation. Wenn zum Beispiel Gebäudeeigentümer nicht selbst Nutzer des Gebäudes sind, entfällt diese Motivation häufig) und
- die allgemeine Veränderungsbereitschaft („die Wand ist aber mit Efeu bewachsen“ oder „die alten Fenster sind doch schön“ oder „das macht mir zu viel Schmutz und Lärm“ sind gängige Argumente gegen Dämmmaßnahmen).



3.2 Unterscheidung verschiedener Dämmrestriktionen

Grundsätzlich lassen sich Dämmrestriktionen den in Tabelle 3-1 dargestellten unterschiedlichen Bereichen zuordnen. Die Aufzählung erhebt jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Die Ursachen sind auch nicht scharf voneinander abzugrenzen, sondern es sind im Gegenteil sämtliche Mischformen denkbar.

A. Technische Dämmrestriktionen	B. Nicht-technische Dämmrestriktionen
konstruktiv	Ordnungsrecht
bauphysikalisch	ökonomisches Desinteresse
geometrisch	unzureichende Veränderungsbereitschaft

Tabelle 3-1: Typisierung der Dämmrestriktionen

A. Technische Dämmrestriktionen

Konstruktiv bedingte Dämmrestriktionen

Dies betrifft Bauteile, die für eine nachträgliche Bearbeitung nicht mehr zugänglich sind.

Beispiel: Wenn Gebäude nur zum Teil unterkellert sind, liegen eine oder mehrere Kelleraußenwände unter der Bodenplatte des Erdgeschosses. Diese Kellerwände können nicht nachträglich von außen gedämmt werden (Perimeterdämmung), weil dazu das Erdreich unterhalb des Gebäudes aufgedrückt werden müsste.

Bauphysikalisch bedingte Dämmrestriktionen

Konstruktionen, bei denen die Gefahr besteht, dass durch eine Dämmschicht die bauphysikalischen Eigenschaften negativ beeinflusst werden.



Beispiele: Wenn eine Innendämmung der Außenwand durchgeführt wird, sinkt die Temperatur des Mauerwerks stark ab. Sobald Raumluftfeuchtigkeit mit diesem kalten Mauerwerk in Berührung kommt, kondensiert sie zu flüssigem Wasser. In Gebäuden mit Holzbalkendecken besteht dann die Gefahr, dass die Balkenköpfe, die im Außenmauerwerk verankert sind, einer hohen Feuchtigkeit ausgesetzt werden. Dies kann erhebliche Bauschäden verursachen.

Wenn Fachwerkhäuser mit einer Innendämmung versehen werden sollen, besteht die Gefahr, dass Schlagregen und/oder Raumluftfeuchte in die Konstruktion eindringen und sich dort aufkonzentrieren. Dadurch können erhebliche Schäden entstehen.

Geometrisch bedingte Dämmrestriktionen

Dies betrifft Bauteile, die aufgrund der Gebäudegeometrie nicht nachträglich gedämmt werden können.

Beispiele: Fenster und Türen, die unmittelbar an der Innenecke eines Gebäudes liegen, würden zum Teil verdeckt werden, wenn die Außenwand gedämmt wird. Ferner können offene Loggien durch eine dicke Dämmschicht stark eingeengt werden.

B. Nicht-technische Dämmrestriktionen

Ordnungsrechtlich bedingte Dämmrestriktionen

Sie entstehen, wenn andere rechtliche Vorgaben vorrangig gegenüber den Zielen der Energieeinsparverordnung sind.

Beispiele: Denkmalschutz Gebäude können nach § 24 EnEV von den Anforderungen zur Dämmung ausgenommen werden. Fluchtbalkone müssen gewisse Mindestbreiten aufweisen, die durch eine Dämmschicht unterschritten werden würde.

Ästhetisch bedingte Dämmrestriktionen

Dies betrifft Gebäude, deren Erscheinungsbild durch eine Dämmung besonders negativ beeinflusst werden würde.

Beispiele: Traditionelle oder stadtbildprägende Bauweisen wie Sichtmauerwerk in Norddeutschland oder Stuckfassaden an Gründerzeitgebäuden, die nicht denkmalgeschützt sind.

Verhaltensbedingte Dämmrestriktionen

Diese entstehen, wenn die Beteiligten an einem Gebäude oder Bauvorhaben durch ihr Verhalten eine Dämmung im Sinne der Energieeinsparverordnung verhindern.

Beispiele: Bauherren, die ihr Gebäude in Eigenarbeit umbauen, haben unter Umständen keine Kenntnis von den Anforderungen der Energieeinsparverordnung. Ferner können ältere Bauherren der Meinung sein, dass sie den langfristigen Nutzen einer energetischen Sanierung nicht mehr erleben werden.



Eine vordergründig besonders häufige Dämmrestriktion stellt die Unwirtschaftlichkeit von Dämmmaßnahmen dar. Bei näherer Betrachtung wird allerdings deutlich, dass das Kostenargument zumeist eine Folge der oben beschriebenen Dämmhemmnisse widerspiegelt. Die Unwirtschaftlichkeit von Dämmmaßnahmen ist demnach nicht eine zusätzliche Ursache für Dämmrestriktionen, sondern sie ist sehr häufig die Folge der oben aufgezählten Punkte. Durch Restriktionen wird die Ausführung einer Dämmung erschwert, die Investitionskosten steigen und die Wirtschaftlichkeit nimmt ab. Viele Dämmrestriktionen würden nicht auftreten, wenn unbegrenzte finanzielle Mittel zur Verfügung stünden.

Im Extremfall könnte der Altbau abgerissen und durch einen von Dämmrestriktionen befreiten Neubau ersetzt werden. In der hier vorgestellten Studie wird daher ein maximal ambitionierter, aber dennoch „vernünftiger“ Bauherr definiert. Bauliche Maßnahmen, die dieser fiktive Bauherr nicht durchführen würde, definieren die Dämmrestriktionen.

Die Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit bei der Definition von Dämmrestriktionen bewegt sich damit zwischen den folgenden zwei Extrempunkten:

Einerseits würden sehr viele technische Dämmrestriktionen nicht auftreten, wenn die Wirtschaftlichkeit außer Acht gelassen wird. Anders ausgedrückt: mit unendlichen finanziellen Mitteln könnte grundsätzlich alles gedämmt werden.

Andererseits könnte angenommen werden, dass es für Dämmmaßnahmen ein wirtschaftliches Optimum gibt, das sich nur aus (möglichst geringen) Investitionskosten und (möglichst hohen) Brennstoffkosteneinsparungen ergibt. Wenn dieses Optimum erreicht werden soll, sind alle Dämmmaßnahmen zu vermeiden, deren Kosten/Nutzen-Verhältnis schlechter ist. Diese Maßnahmen müssten dann den Dämmrestriktionen zugerechnet werden.

Beide Extreme geben aber natürlich nicht die Realität auf den Baustellen wieder. Bei einer realen Sanierung wird mit einer „Mischkalkulation“ gerechnet, bei der die wirtschaftlicheren Maßnahmen die weniger wirtschaftlichen ausgleichen. Viele Dämmmaßnahmen werden nicht ausschließlich aus energetischen Gründen durchgeführt. Sie sind häufig zusätzlich motiviert durch zum Beispiel den Werterhalt des Gebäudes, Komfortsteigerung oder Vermietbarkeit. Diese Faktoren lassen sich in einer Wirtschaftlichkeitsberechnung jedoch kaum quantifizieren. Es muss sich also nicht jede einzelne Bauteildämmung bei der energetischen Sanierung eines Gebäudes durch ihre Brennstoffeinsparung wirtschaftlich rentieren. Eine exakte Abgrenzung, ab welcher Kostenhöhe die vorschriftsmäßige Dämmung eines Bauteils unwirtschaftlich ist, ist daher nicht sinnvoll.



3.3 Berechnung von Dämmrestriktionen

An Dämmrestriktionen geht mehr Wärme verloren, als an regulär gedämmten Bauteilen. Wie hoch der Wärmeverlust ist, der durch die Dämmrestriktion verursacht wird, wird nach der allgemeinen Formel für den Wärmedurchgang berechnet.

$$\Phi = U \cdot A \cdot \Delta\theta$$

Folgende Größen gehen in die Berechnung ein:

Φ :	Wärmeleistung in W
A :	wärmeübertragende Fläche in m ²
$\Delta\theta$:	Temperaturdifferenz zu beiden Seiten der Fläche in K
U :	Wärmedurchgangskoeffizient in W/m ² K



Die wärmeübertragende Fläche A hängt von der Art der Dämmrestriktion ab. Sie kann beliebig klein sein oder auch die gesamte Gebäudehülle betreffen.

Die Temperaturdifferenz $\Delta\theta$ hängt von den Außen- und Raumtemperaturen ab. Die Raumtemperatur wird mit 19°C angesetzt (gemäß DIN 4108-6: Randbedingungen für das Monatsbilanzverfahren). Die Außentemperaturen werden monatsweise nach dem deutschen Referenzklima angesetzt (DIN 4108-6: Referenzwerte der Strahlungsintensitäten und der Außentemperaturen für das Referenzklima Deutschland).

Wärmedurchgangskoeffizient
(auch U-Wert) ist ein Maß für den Wärmestromdurchgang durch ein Material. Er gibt an, welche Wärmeleistung bei einem Temperaturunterschied von 1 K durch eine Fläche von 1 m² fließt. Je kleiner der U-Wert einer Konstruktion ist, desto besser wärmedämmend ist sie.

Der Wärmedurchgangskoeffizient U ist ein sich aus Schichtdicken und Stoffwerten des betroffenen Bauteils ergebender Kennwert. Will man allerdings den durch Dämmrestriktionen induzierten Wärmeverlust bestimmen, so bietet es sich an, die Differenz zwischen dem angestrebten Wärmedurchgangskoeffizient (Zielwert) und dem tatsächlich an der Dämmrestriktion minimal erreichbaren zu verwenden.



$$\Delta U_{DR} = U_{DR} - U_{Ziel}$$

- ΔU_{DR}** : Differenz der Wärmedurchgangskoeffizienten zwischen wunschgemäßer Dämmung und begrenzter Dämmung an einer Dämmrestriktion in W/m^2K
- U_{DR}** : Minimal möglicher Wärmedurchgangskoeffizient an einer Dämmrestriktion in W/m^2K
- U_{Ziel}** : im Rahmen einer Sanierung angestrebter Wunsch-Wärmedurchgangskoeffizient, einer Fläche in W/m^2K (in der Regel entsprechend den rechtlichen Vorgaben)

Damit modifiziert sich obige Gleichung zur Bestimmung des „nicht wegdammbaren“ Wärmeverlustes an einer Dämmrestriktion zu

$$\Delta \Phi_{DR} = \Delta U_{DR} \cdot A \cdot \Delta \theta = (U_{DR} - U_{Ziel}) \cdot A_{DR} \cdot \Delta \theta$$

Folgende Größen gehen in die Berechnung ein:

- $\Delta \Phi_{DR}$** : nicht wegdammbare Wärmeleistung der Dämmrestriktion in W
- ΔU_{DR}** : Differenz der Wärmedurchgangskoeffizienten zwischen wunschgemäßer Dämmung und begrenzte Dämmung an einer Dämmrestriktion in W/m^2K
- A** : wärmeübertragende Fläche in m^2
- $\Delta \theta$** : Temperaturdifferenz zu beiden Seiten der Fläche in K
- U_{DR}** : Minimal möglicher Wärmedurchgangskoeffizient an einer Dämmrestriktion in W/m^2K
- U_{Ziel}** : im Rahmen einer Sanierung angestrebter Wunsch-Wärmedurchgangskoeffizient, einer Fläche in W/m^2K (in der Regel entsprechend den rechtlichen Vorgaben)

Mit dem beschriebenen Vorgehen kann die Wärmemenge berechnet werden, die durch eine Dämmrestriktion an einem Gebäude verloren geht. Weitere Details sind in Kapitel 6 dargestellt.

Um den Einfluss der Dämmrestriktionen auf den Heizwärmebedarf im gesamten deutschen Gebäudebestand zu berechnen, sind die folgenden Einflussgrößen zu erfassen:



A. Bestimmung der Differenz der Wärmedurchgangskoeffizienten ΔU_{DR} (detaillierte Darstellung in Kapitel 6)

- Wie groß ist der typische Wärmedurchgangskoeffizient von Bauteilen im ungedämmten Zustand?
- Welche Anforderungen sind im Falle einer Dämmung des Bauteils zu erfüllen?
- Auf welche Art werden Bauteile üblicherweise gedämmt?
- Welche Arten von Dämmrestriktionen treten auf?
- Welche Dämmstärken können bei den einzelnen Dämmrestriktionen realisiert werden?

B. Bestimmung der wärmeübertragenden Flächen A (detaillierte Darstellung in Kapitel 5)

- Welche Gebäudetypen gibt es in Deutschland?
- Welche Dämmrestriktionen treten in welchem Maß bei den Gebäudetypen auf?
- In welcher Anzahl kommen die betroffenen Gebäudetypen vor?
- Wie groß sind die gebäudetypischen Bauteilflächen?
- Wie groß sind die typischen Flächen der einzelnen Dämmrestriktionen?

Der oben erwähnte Zielwert für den Wärmedurchgangskoeffizient einer zu sanierenden Fläche bedarf der weiteren Erläuterung. Im Rahmen vieler Energiesparbemühungen beschreiben die gesetzlichen Mindestvorgaben den angestrebten Sanierungsgrad. So sind in der derzeit geltenden Energieeinsparverordnung (EnEV 2009) die einzuhaltenden Anforderungen bei der Änderung von Gebäuden (§ 9 EnEV) durch zwei Anforderungen, von denen wahlweise nur eine zu erfüllen ist, beschrieben. Entweder darf das geänderte Gebäude die Neubauanforderungen an Primärenergiebedarf und Transmissionswärmekoeffizient um höchstens 40 Prozent überschreiten oder die geänderten Bauteile müssen die maximalen Wärmedurchgangskoeffizienten, die in Anlage 3 Tabelle 1 EnEV aufgelistet sind, einhalten.

Im Rahmen dieser Untersuchung dienen die in der EnEV angegebenen Werte als Referenz für konventionelle Sanierungen (Tabelle 3-2). Das bedeutet, dass Sanierungen, bei denen die Anforderungen der EnEV nicht eingehalten werden können, als Dämmrestriktionen gewertet werden. Es kann davon ausgegangen werden, dass künftige Verordnungen hier verschärfte Zielgrößen beinhalten werden. Dies hätte zur Folge, dass die Dämmrestriktionen höher zu bewerten wären, da die Referenzgröße damit verändert werden würde. Im Rechenmodell wird unterschieden nach konventionellen und zukunftsweisenden Sanierungen. Als Referenz für die zukunftsweisenden Sanierungen werden Wärmedurchgangskoeffizienten



angesetzt wie sie ein maximal ambitionierter und energiebewusster Bauherr verwirklichen würde (Details in Kapitel 6.2).

Bauteil	Wohngebäude und Zonen von Nichtwohngebäuden mit Innentemperaturen > 19°C	Zonen von Nichtwohngebäuden mit Innentemperaturen von 12 bis < 19°C
Außenwände	0,24 W/(m ² ·K)	0,35 W/(m ² ·K)
Außen liegende Fenster, Fenstertüren	1,30 W/(m ² ·K)	1,90 W/(m ² ·K)
Dachflächenfenster	1,40 W/(m ² ·K)	1,90 W/(m ² ·K)
Decken, Dächer und Dachschrägen	0,24 W/(m ² ·K)	0,35 W/(m ² ·K)
Flachdächer	0,20 W/(m ² ·K)	0,35 W/(m ² ·K)
Decken und Wände gegen unbeheizte Räume oder Erdreich	0,30 W/(m ² ·K)	keine Anforderung
Fußbodenaufbauten	0,50 W/(m ² ·K)	keine Anforderung
Decken nach unten an Außenluft	0,24 W/(m ² ·K)	0,35 W/(m ² ·K)

Tabelle 3-2: Auszug aus Anlage 3, Tabelle 1 Energieeinsparverordnung: Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen



4 Gebäudesanierung in der Praxis

4.1 Theorie und Baupraxis

Die zeitliche Entwicklung der regulativen Energieeffizienzbemühungen für Wohn-Neubauten zeigt Abbildung 4-1. Als Konsequenz der Ölkrise der 70er Jahre wurden die ersten Wärmeschutzverordnungen (und die Heizungsanlagenverordnungen) eingeführt, die dann 2002 von der Energieeinsparverordnung abgelöst wurden. Diese Regelwerke geben und geben maximal zulässige Verbrauchswerte vor. Durch die Umsetzung in der Baupraxis sind die Energiebedarfswerte kontinuierlich gesunken.

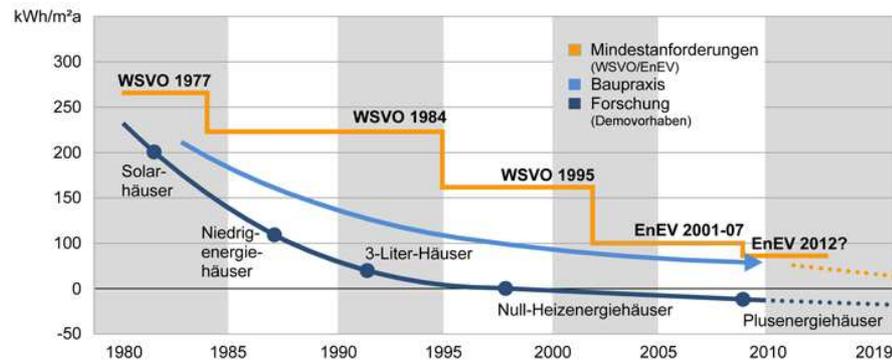


Abbildung 4-1: Anforderungsniveaus im zeitlichen Verlauf, Quelle: (Fraunhofer Institut für Bauphysik, 2009)

Auch wenn obige Grafik in beeindruckender Art und Weise den Fortschritt der Energieeffizienz für Neubauten zeigt, so beinhaltet eine Übertragung der hier gemachten Erfahrungen auf Altbauten gewisse Risiken. Die Grafik suggeriert mögliche Verbrauchsreduktionen ausgehend von einem Niveau in Höhe von ca. 280-350 kWh/m²a (angenommen für Altbauten vor 1977) auf ein Niveau von rund 50-100 kWh/m²a, also um den Faktor 3 bis 7.

In günstigen Fällen ist eine solche Reduktion sicherlich möglich, oftmals werden diese Erfolge jedoch von verschiedenen nicht-monetären Faktoren begrenzt, was die Analyse der tatsächlich möglichen Sanierungstiefen anhand einer den Gebäudebestand pauschalisierenden Kurve erschwert. Diese können z.B. sein:



- Bereits in früheren Jahren erfolgte Teilsanierungen lassen die Ausgangsbasis (hier im Beispiel: 280-350 kWh/m²a) bei gleichbleibendem Zielwert (hier im Beispiel: 50-100 kWh/m²a) sinken, so dass sich der erreichbare Reduktionsfaktor reduziert.
- Insbesondere die bereits von der Wärmeschutzverordnung 1977 erfassten Altbauten, die bereits, wenngleich aus heutiger Sicht nur minimal, „gedämmt“ wurden, weisen eine gewisse Trägheit bzgl. erneuter Sanierungen auf („es ist ja schon gedämmt“), so dass deren Potenzial nur schwer gehoben werden kann.
- Im Gegensatz zu Neubauten, die keinerlei Dämmrestriktionen unterliegen, weisen Altbauten oft eine Vielzahl an Dämmhemmnissen auf, was den tatsächlich erreichbaren Zielwert anhebt.

Eine ganz andere Art der Grobschätzung macht trotz ihrer zu Grunde liegenden Vereinfachungen die besondere Herausforderung der Effizienzanstrengungen deutlich: Die [Leitstudie des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit](#) geht von einem jährlichen Wärmebedarf (Endenergie) von 4391 PJ, davon ca. 2500 PJ für die Raumwärme, aus. Bezieht man diese Wärmemenge auf die beheizte Fläche von ca. 4 Mrd. m², so erhält man einen mittleren flächenspezifischen Raumwärmebedarf von rund 180 kWh/m²a. Das im Energiekonzept der Bundesregierung formulierte Ziel, den [Raumwärmebedarf](#) bis 2050 um 80 % zu senken, würde den mittleren Wärmebedarf in Folge auf rund 35 kWh/m²a senken! Dieser Wert wird heute nur bei sehr ambitionierten Sanierungen erreicht, die der anspruchsvollsten Förderstufe der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) entsprechen (Effizienzhaus 55).

Vergegenwärtigt man sich nun den Umstand, dass die mittlere Reduktionshöhe von 80 % nur von einer Teilmenge aller Gebäude (ohne die bereits sanierten und vermutlich ohne die, die bei ihrer Errichtung schon einer Wärmeschutzverordnung oder einer EnEV unterlagen), die zudem noch mit Dämmrestriktionen belastet ist, erfüllt werden kann, so wird die besondere Herausforderung deutlich. Die Feststellung des Einflusses der Dämmrestriktionen erscheint daher dringlicher denn je.

Selbst ohne die Berücksichtigung etwaiger Dämmrestriktionen kommt auch die Leitstudie schon zu dem Schluss, dass die 80%ige Reduktion mit den heutigen technischen Mitteln nicht machbar erscheint.

In diesem Kontext ist es von besonderem Interesse, die bereits realisierten Sanierungen hinsichtlich der betroffenen Gebäudetypen in Anzahl und Effizienz zu kennen. Dies aus dreierlei Gründen:

PJ: Petajoule 1 PJ = 10¹⁵ J
1 PJ \approx 278 GWh

Die Angaben zum mittleren [Raumwärmebedarf](#) schwanken je nach Quelle. Die Leitstudie spricht von derzeit 154 kWh/m²a in Wohn- und von 102 kWh/m²a in Nichtwohngebäuden.





Volkswirtschaftliche
Bewertung der EnEV 2009,
(Prognos, Böhmer et al., 2011)

Langfristszenarien und Stra-
tegien für den Ausbau der
erneuerbaren Energien in
Deutschland bei Berücksichti-
gung der Entwicklung in
Europa und global, BMU

Evaluierung der CO₂ -
Minderungsmaßnahmen im
Gebäudebereich
(Forschungszentrum Jülich,
Kleemann u. Hansen, 2005)

- zur Ermittlung der noch für eine Sanierung zur Verfügung stehenden Gebäudeanzahl/-typen
- zur Ermittlung des bereits erfolgten und damit vermutlich marktrepräsentativen Sanierungsgrades
- und zur Abschätzung des Einflusses der Dämmrestriktionen, da diese vom Gebäudetyp und vom Sanierungsgrad abhängen.

Eine abschließende oder gar amtliche Analyse zur Historie bereits durchgeführter Sanierungen, zur jährlich energetisch sanierten Wohnfläche oder gar zu den jeweiligen Sanierungstiefen liegt nicht vor. Zu diesem Schluss kommt eine Reihe von Studien (z.B. [Volkswirtschaftliche Bewertung der EnEV 2009](#) oder [Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global](#)). Gerade die letztgenannte Studie verweist auf Erfahrungswerte der Bedarfsreduktion bei der energetischen Sanierung von gemittelt lediglich nur 25 kWh/m²a.

Empirische Ansätze, Marktanalysen sowie die daraus abgeleiteten Gebäudemodelle führen auf Sanierungsraten von ca. 0,9 – 1,3 %/a. Bekannt ist, dass die Sanierungsrate in Abhängigkeit des Gebäudetypus (beispielsweise EFH, MFH) und naturgemäß in Abhängigkeit des Gebäudealters variiert.

Der oftmals verwendete Begriff der Sanierungsrate, so auch im Energiekonzept der Bundesregierung vom 28.9.2010 oder in der Leitstudie 2010 des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit zum Ausbau der Erneuerbaren Energien, bedarf genau genommen, insbesondere im Kontext eventueller Dämmrestriktionen einer genaueren Determination. Diese wurde bereits 2005 von [Kleemann](#) durch die Einführung des Begriffs der Sanierungseffizienz vorgeschlagen.

Die Sanierungseffizienz gibt für eine Gebäudemenge das Verhältnis der tatsächlich durch Effizienzmaßnahmen erzielten Energieeinsparung zur regulativ vorgeschriebenen oder zur maximal möglichen Energieeinsparung an. Durch den Bezug auf eine bestimmte Gebäudemenge (z. B. einer Siedlung, eines Quartiers oder einer Kommune oder eines Staates) lässt sich ein „Sanierungsmittelwert“, nämlich die Sanierungseffizienz, über alle mehr oder minder ambitionierten Teil- und Vollsanierungen bilden.

Will man das noch ausschöpfbare Einsparpotenzial im Gebäudebestand ermitteln, erscheint die Verwendung der Sanierungseffizienz (als Wert für eine „Durchsanierungsquote“) zweckmäßig.

Tabelle 4-1 gibt eine Übersicht zu den Ergebnissen der einschlägig bekannten Arbeiten zu diesem Thema. Die Sanierungsraten schwanken dabei um 1 %/a, bei den Sanierungseffizienzen sind Werte zwischen ca. 30 und 50 % anzutreffen. Kurzum: sie sind weit ab von der auch in der Leitstudie vorzufindenden Vollsanierung auf Passivhausniveau in 2050.



Es ist eindeutig, dass es gerade im Kontext der Analyse der Dämmrestriktionen unerlässlich ist, zwischen der so genannten Vollsanierung und der Teilsanierung zu unterscheiden. In der Regel wirken sich Dämmrestriktionen bei Teilsanierungen weniger hemmend aus, als bei einer Vollsanierung, da bei Teilsanierungen tendenziell eher die vergleichsweise mühelos durchführbaren Einzelmaßnahmen umgesetzt werden. Aufwändiger zu sanierende und tendenziell eher von Dämmrestriktionen betroffene Flächen werden erst bei einer anstehenden Vollsanierung in Angriff genommen.

Quelle	Gebäude	Sanierungsrate	Sanierungseffizienz
Prognos, Böhmer et al., 2011	Mehrfamilien- Häuser	1,3 %/a	
	Einfamilien- Häuser	0,9 %/a	
	alle Gebäude	1,1 %/a	35 %
IWU/BEI, 2010	alle Wohn- gebäude	0,25-2,2 %/a (abhängig von Gebäudealter und Bauteil)	25-30 %
CO ₂ - Online. 2011	Wohngebäude vor 1978 errichtet	ca. 1 %/a	maximal 52 % (theoretischer Wert bei Vollsanierung mit Heizungsmodernisierung und Solarthermie), tatsächlicher Wert ist nicht ermittelbar
NABU – Sanierungs- fahrplan, 2011	alle Gebäude	1 %/a (Referenz- szenario)	Derzeit: 35 % oder anders ausgedrückt nach einer Sanierung liegt der Energiebedarf im Mittel bei 130 % eines Neubaus. Zukünftig: bis 2050 auf 50 % ansteigend (alle Angaben aus Referenzszenario)
BMI/BMU, 2010	alle Gebäude	1 %/a	

Tabelle 4-1: Übersicht über Angaben zu den am Markt umgesetzten Sanierungsraten und -effizienzen

Nachfolgendes soll im Vorgriff auf Kapitel 5, welches sich den Gebäudetypen widmet, die Abhängigkeit der Sanierungsrate und der Sanierungseffizienz vom Baujahr des Gebäudes verdeutlichen.

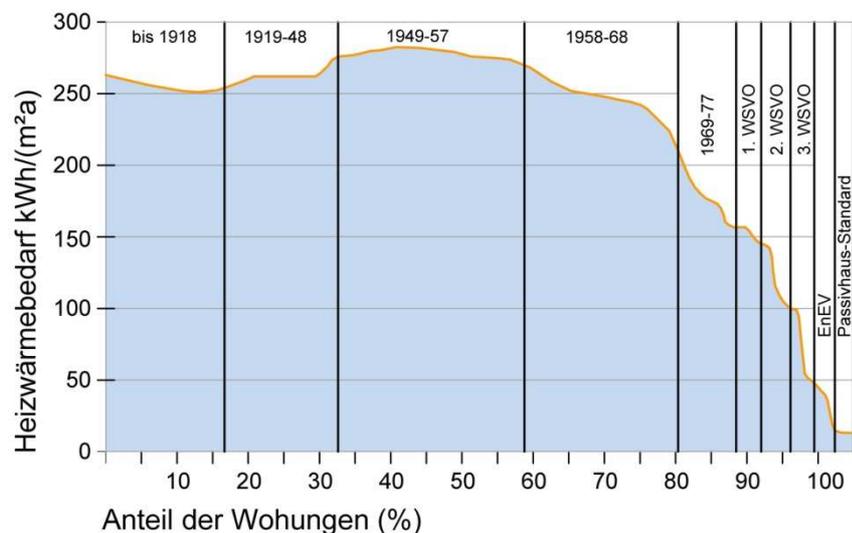
Die meisten Gebäude wurden vor der ersten Wärmeschutzverordnung errichtet und haben demnach, sofern sie nicht zwischenzeitlich energetisch saniert wurden, immer noch den baualterstypischen Wärmebedarf, der um ein Vielfaches über dem von Gebäuden der letzten Dekade liegt. Die Höhe des Wärmebedarfs lässt zwar Tendenzen bezüglich der Einsparpotenziale

Je nach Quelle schwanken diese Zahlen etwas. Das BMVBS geht davon aus, dass rund 75 % der 40 Millionen Wohneinheiten vor der 1. WSchV errichtet wurden, andere Studien wie z.B. (BMVBS u. BBSR Hrg., 2011) gehen von 90 % aus. IWU/BEI, 2010 geht von ungefähr 72 % aus.



erkennen, liefert jedoch noch keine belastbare Aussage zur möglichen Sanierungstiefe. Die detaillierte Betrachtung der Bauweisen innerhalb der einzelnen Baualtersklassen zeigt, dass insbesondere die Gebäude, die bis Ende der 60er Jahre errichtet wurden, hierzu gehören die Vorkriegs- (bis 1918), die Kriegs- (1918-1949) und Nachkriegszeit (1949-1968), erhebliche Sanierungspotenziale aufweisen. Deren Heizwärmebedarfswerte liegen bei rund 250 kWh/m²a (Abbildung 4-2).

Allerdings ist festzustellen, dass die Gebäude der Vorkriegszeit in der Regel zumindest erhaltenswerte Bauteile aufweisen, oder sogar unter Denkmalschutz stehen, was ihre energetische Ertüchtigung erheblich erschwert oder nur mit vergleichsweise geringer Sanierungseffizienz möglich macht.



"Energetische und akustische Sanierung von Wohngebäuden - vom Altbau zum akustisch optimierten Passivhaus" (Hochschule für Technik Stuttgart, Pietruschka et al., 2011)

Abbildung 4-2: Heizwärmebedarf für die einzelnen Baualtersklassen. Deutlich wird der 15 %ige Anteil an Wohnungen der Vorkriegszeit, deren äußere Ansicht größtenteils erhaltenswert sein dürfte und daher kaum gedämmt werden kann, Quelle: (Hochschule für Technik Stuttgart, Pietruschka et al., 2011)

Gerade bei den denkmalgeschützten Gebäuden sind Aussagen zur Sanierungseffizienz nicht so ohne weiteres möglich. Die beiden sich grundsätzlich einander gegenüber stehenden Positionen Erhalt von Kubatur und Optik, gegebenenfalls sogar auch Haptik, der Denkmalschutzbestrebungen auf der einen Seite und dem Bemühen um die Energieeffizienz auf der anderen Seite lassen sich kaum vereinbaren. De facto werden aber auch die denkmalgeschützten Gebäude um eine, wohlgerne behutsame energetische Ertüchtigung kaum umhin kommen, will man die langfristige und zeitgemäße Nutzung dieser Gebäude ermöglichen. In einer umfangreichen Studie des Innenministeriums des Freistaats Sachsen wurden vorbildliche Kompromisswege erarbeitet, die beiden Seiten möglichst gerecht zu werden versuchen. Aus dieser Studie stammt auch die folgende Abbildung, die die notwendige feingliedrige Betrachtungsweise deutlich machen soll. Die in ihr enthaltene verbale Kategorisierung in genehmigungsfähig/nicht genehmigungsfähig zeigt den schwer statistisch zu

Studie des Innenministeriums des Freistaats Sachsen, „Energetische Sanierung von Baudenkmalen“ (Sächsisches Staatsministerium des Innern, Eichhorn et al., 2011)



erfassenden Einzelfallcharakter der Baudenkmäler. Die Bestimmung tatsächlich belastbarer Zahlen zu den erreichbaren Sanierungstiefen an Denkmälern ist damit massiv erschwert.

Anzumerken ist an dieser Stelle noch, dass sicherlich auch oft genug, der Denkmalschutz als willkommene Möglichkeit gesehen wird, ansonsten anstehende Dämmmaßnahmen gemäß §24 EnEV nicht durchführen zu müssen. Auch diese Fälle beeinflussen die tatsächliche Sanierungstiefe in nicht genau bestimmbarer Höhe.

Gebäudetypologie	Energieeffizienzmaßnahmen					
	Dach		Fassade			
	Zwischen- und Untersparrendämmung	Aufsparrendämmung	WDVS	Dämmputz	Innendämmung	wärmedämmende Fenster und
(A) Wohnstallhäuser auf dem Land (18./19. Jh.)						
Massivwand mit schlichter Putzfassade mit Werksteingewänden	■	■	■	■	■	■
Massivwand mit gegliederter Putzfassade (Simse, Lisenen, Bossierungen, Nutungen, Stuck, Bemalungen)	■	■	■	■	■	■
Massivwand mit Klinkerfassade	■	■	■	■	■	■
Sichtfachwerkwand	■	■	■	■	■	■
Fachwerkwand mit Verschalung	■	■	☒	☒	■	■
(B) Freistehende Mietshäuser (1850-1900)						
Massivwand mit schlichter Putzfassade mit Werksteingewänden	■	■	■	■	■	■
Massivwand mit gegliederter Putzfassade (Simse, Lisenen, Bossierungen, Nutungen, Stuck, Bemalungen)	■	■	■	■	■	■
Massivwand mit Klinkerfassade	■	■	■	■	■	■
Werksteinfassade	■	■	■	■	■	■
Sichtfachwerkwand	■	■	■	■	■	■
(C) Mehrgeschossige Reihenwohnhäuser in Blockrandbebauung (19. Jh. - 1920)						
Massivwand mit schlichter Putzfassade ohne Besonderheiten	■	■	■	■	■	■
Massivwand mit schlichter Putzfassade mit Werksteingewänden	■	■	■	■	■	■
Massivwand mit gegliederter Putzfassade (Simse, Lisenen, Bossierungen, Nutungen, Stuck, Bemalungen)	■	■	■	■	■	■
Massivwand mit Klinkerfassade	■	■	■	■	■	■
Werksteinfassade	■	■	■	■	■	■
(D) Siedlungsbauten (1920-1950)						
Massivwand mit schlichter Putzfassade ohne Besonderheiten	■	■	■	■	■	■
Massivwand mit gegliederter Putzfassade (Simse, Lisenen, Bossierungen, Nutungen, Stuck, Bemalungen)	■	■	■	■	■	■
Massivwand mit Klinkerfassade	■	■	■	■	■	■
Werksteinfassade	■	■	■	■	■	■

EnEV § 24 Ausnahmen
 (1) Soweit bei Baudenkmälern oder sonstiger besonders erhaltenswerter Bausubstanz die Erfüllung der Anforderungen dieser Verordnung die Substanz oder das Erscheinungsbild beeinträchtigen oder andere Maßnahmen zu einem unverhältnismäßig hohen Aufwand führen, kann von den Anforderungen dieser Verordnung abgewichen werden.

- nicht genehmigungsfähig
- bedingt genehmigungsfähig
- genehmigungsfähig
- ☒ keine Genehmigungsrelevanz

Tabelle 4-2: Tabellarische Darstellung der bauteil- und bauweisenscharfen genehmigungsfähigen Möglichkeiten von Energieeffizienzmaßnahmen bei Denkmälern, Quelle: (Sächsisches Staatsministerium des Innern, Eichhorn et al., 2011)

Die in Kapitel 6 erfolgte Modellierung des Gebäudebestandes berücksichtigt obige Ergebnisse anderer Studien. Über entsprechende Eingabemöglichkeiten können sie als Randbedingungen vorgegeben werden, um deren Einfluss im Rahmen von Sensitivitätsanalysen zu ermitteln.



Die hier erfolgte Betrachtungsweise muss sich aber aufgabengemäß von eher global anzusetzenden Sanierungskennzahlen lösen, da hier primär einzelne Flächen mitsamt ihren technischen Grenzen der Dämmbarkeit untersucht werden. In dem hier entwickelten Modell ergibt sich die Sanierungseffizienz als mittlere Dämmbarkeit aller Flächen aller Gebäudetypen gewichtet mit deren jeweiliger Anzahl. Dies stellt einen weitaus komplexeren Ansatz als die bislang übliche Herangehensweise dar, sollte im Ergebnis – zumindest bei kurzfristiger Betrachtung – zu ähnlichen Ergebnissen kommen. In der Langfristanalyse jedoch machen sich die zunehmend mehr ins Gewicht fallenden Dämmrestriktionen auch in abweichenden Szenarien bei der Extrapolation des Wärmebedarfs des Gebäudebestandes zunehmend bemerkbar.

An dieser Stelle sei nochmals auf den Vorstudiencharakter dieser Arbeit hingewiesen. Der flächengenaue und gebäudescharfe Ansatz birgt selbstverständlich vergleichsweise hohe Risiken ungenauer Annahmen, so dass bei der Interpretation der Ergebnisse eine gewisse Streuung um den realen Verlauf berücksichtigt werden sollte. Wollte man diese vermeiden, so müsste an dieser Stelle sicherlich weitaus mehr Detailwissen ermittelt werden und in das Modell einfließen.

4.2 Eigene empirische Analyse

In den bekannten Veröffentlichungen zur energetischen Gebäudesanierung werden Dämmrestriktionen nur am Rande berücksichtigt – daher wurde eine eigene Umfrage durchgeführt. Diese Umfrage hat das Ziel, einerseits die in der Baupraxis vorliegende Bedeutung der Dämmrestriktionen und auch die Meinung der Akteure zu eruieren und andererseits eine Basis für eine quantitative Erfassung der Situation vor Ort für das Rechenmodell zu schaffen. Hierzu gehören sowohl die vorliegenden Typen an (bedeutenden) Dämmrestriktionen als auch deren Auftretenshäufigkeiten.

Bei den Beteiligten am Bau werden Dämmrestriktionen sehr unterschiedlich wahrgenommen und behandelt. Entscheidende Instanz vor Ort sind häufig Energieberater und/oder Planer. Sie beraten die Bauherren aufgrund ihrer Erfahrung, wie mit Dämmrestriktionen verfahren werden soll. Auch haben Energieberater häufig Kontakt zu vielen Bestandssanierungen, weil ihre Verweildauer bei den Bauvorhaben oft kürzer ist, als die der anderen Gewerke und Planer.

Die Umfrage wendet sich grundsätzlich an alle Baubeteiligten. Durch die Auswahl der Kommunikationskanäle werden jedoch aus obigen Gründen eindeutig Energieberater sowie Architekten und Planer bevorzugt angesprochen.



4.2.1 Durchführung der Umfrage

Um möglichst viele Teilnehmer zu erreichen und eine große Bandbreite an Information abfragen zu können, wurden drei Wege der Ansprache umgesetzt:

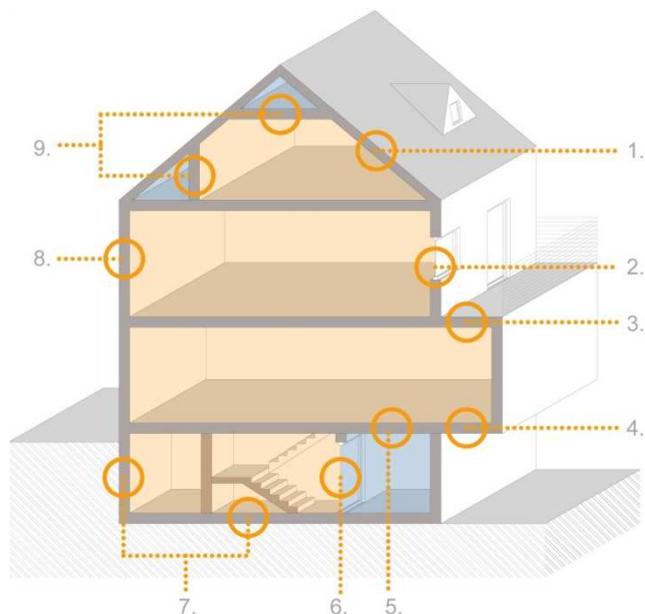
- Online-Umfrage mit geschlossenen Fragen und freien Kommentaren
- Offene Frage in der Fachpresse
- Direktansprache von Energieberatern

A. Online-Umfrage

Kern der Online-Umfrage waren Multiple-Choice-Fragen. Die Teilnehmer sollten eine Auswahl von 63 Dämmrestriktionen danach bewerten, wie häufig sie in ihrer Praxis vorkommen. Die 63 Dämmrestriktionen waren im Vorfeld in Zusammenarbeit mit einer kleinen Gruppe von Energieberatern aus mehreren Bundesländern zusammengetragen worden.

In Analogie zur Wärmebedarfsberechnung in DIN 4108-6 werden die abgefragten Dämmrestriktionen nach den Bauteilen der thermischen Hülle, an denen sie auftreten, sortiert:

- Außenwände
- Fenster
- Steildächer und Gauben
- Flachdächer / Terrassen
- Oberste Geschossdecke / Abseiten
- Innenwände
- Decken über unbeheizten Räumen
- Wände und Böden gegen Erdreich
- Decken nach unten gegen Außenluft



1. Steildächer und Gauben
2. Fenster
3. Flachdächer / Terrassen
4. Decken nach unten gegen Außenluft
5. Decken über unbeheizten Räumen
6. Innenwände
7. Wände und Böden gegen Erdreich
8. Außenwände
9. Oberste Geschossdecke / Abseiten

Abbildung 4-3: Mögliche Wärmeübertragende Flächen eines Gebäudes



In Abbildung 4-4 ist beispielhaft ein Auszug aus der [Online-Umfrage](#) dargestellt. Die Teilnehmer konnten für jede aufgeführte Dämmrestriktion nur je eine Wertung abgeben.

Innenwände

***Wie oft erleben Sie in Ihrer Praxis, dass die Innenwände zu unbeheizten Bereichen aus den genannten Gründen nicht vorschriftsmäßig oder gar nicht gedämmt werden können?**

	sehr oft	häufig	selten	nie	weiß nicht
Durchgangsbreite / Raumgröße eingeengt	<input type="radio"/>				
Installationen an der Wand (z.B. im KG)	<input type="radio"/>				
nicht zugänglich	<input type="radio"/>				
Aufwand / Kosten zu hoch (bitte im Kommentar kurz beschreiben)	<input type="radio"/>				

Die vollständige [Online-Umfrage](#) findet sich im Anhang.

Abbildung 4-4: Online-Umfrage unter Energieberatern und Planern (Auszug)

Die Teilnehmer hatten die Möglichkeit, für jedes Bauteil (Außenwand, Dach, etc.) zwei weitere Dämmrestriktionen zusätzlich zu den vorgegebenen als Freitext eingeben und sie nach demselben Schema zu bewerten. Dadurch sollten weitere Dämmrestriktionen gefunden werden.

Außerdem konnten die Teilnehmer für jedes Bauteil einen freien Kommentar als Freitext eingeben. Dies gab ihnen die Möglichkeit, ihre Angaben zu konkretisieren oder Mitteilungen zu den Bauteilen zu schreiben.

Damit Teilnehmer, die mit der Dämmung einzelner Bauteile noch keine Erfahrung hatten, nicht die Ergebnisse verfälschten, wurde eine Bauteilauswahl vorgeschaltet. Hier konnten die Teilnehmer angeben, wie viel Erfahrungen sie mit der energetischen Sanierung der einzelnen Bauteile haben. Wenn ein Teilnehmer angab, mit einem Bauteil noch keine Erfahrung zu haben, wurden ihm die Fragen zu diesem Bauteil nicht gezeigt.

Bevor die Teilnehmer zu den fachlichen Fragen gelangten, sollten sie allgemeine Fragen beantworten, die bei der Auswertung eine Zuordnung der Antworten ermöglichen. Dies waren Fragen nach der Funktion, mit der sie in der energetischen Gebäudesanierung tätig sind, nach der Anzahl der bereits begleiteten Sanierungsvorhaben, nach der bisherigen Dauer der Berufsausübung und nach der Postleitzahl.

Die Online-Umfrage wurde mit einer Pressemitteilung beworben. Darin wurde das Projekt vorgestellt, die Problemstellung anhand von Beispielen erläutert sowie der Zugang zum Onlinefragebogen beschrieben. Dieser wurde an ausgewählte Fachzeitschriften, Verbände und Online-Dienste versandt:



- Fachzeitschrift "Gebäude-Energieberater"
- BINE Informationsdienst
- Deutsches Ingenieurblatt
- BauPlaner-Special
- EnBauSa - Energetisch Bauen und Sanieren
- Zentrum für Umweltbewusstes Bauen e.V. (ZUB Kassel)
- Bauen im Bestand 24
- Deutsches Energieberater Netzwerk (DEN e.V.)
- Gebäudeenergieberater Ingenieure Handwerker Bundesverband e.V.
- Berliner Energieberater Netzwerk (B-EN)
- www.Energieberater-Suche.de

Die Online-Umfrage fand vom 06.09.2011 bis zum 10.10.2011 statt.

B. Offene Frage

In derselben Pressemitteilung, mit der die Online-Umfrage beworben wurde, wurde auch eine Kontakt-Emailadresse angegeben. Es wurde ausdrücklich um freie Zuschriften gebeten. Ziele der offenen Befragung waren die Findung weiterer Dämmrestriktionen sowie die Sammlung allgemeiner Aussagen zum Thema.

C. Direktansprache von Energieberatern

Zur Auswahl der direkt angesprochenen Teilnehmer wurde eine Stichprobe aus den Energieberatern gebildet, die in der Liste des [Bundesamtes für Wirtschaft und Ausführungkontrolle](#) aufgeführt sind. Eine Eintragung in diese Liste stellt Mindestanforderungen an Ausbildung, Erfahrung und Unabhängigkeit der Energieberater. Nur eingetragene Energieberater sind berechtigt, die geförderte Vor-Ort-Energiesparberatung durchzuführen. Diese Anforderungen an die Qualität der Berater stellen eine Vorauswahl dar, die im Sinne des Forschungsvorhabens ist.

Am 23.08.2011 waren 4.277 Berater in der Liste des BAFA aufgeführt. Die Größe der Stichprobe wurde auf ca. 600 Berater festgelegt. Eine größere Stichprobengruppe hätte zu einem noch höheren logistischen Aufwand geführt, wobei gleichzeitig keine weitere Steigerung der Genauigkeit erwartet wurde.

Die Auswahl der Stichprobe erfolgte nach Postleitzahlregionen proportional zu der [Anzahl der Wohngebäude](#) in dieser Region.

Die große Menge an Fragen ließ befürchten, dass sich nur wenige Teilnehmer finden lassen würden. Daher erfolgte die Kontaktaufnahme mehrstufig, um am Ende auch repräsentative Aussagen zu erhalten.

Bundesamt für Wirtschaft und Ausführungkontrolle, Beraterliste im Programm Energiesparberatung

Anzahl der Wohngebäude, (Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2010)



Die Teilnehmer wurden erst direkt angeschrieben (Postbrief) und somit über die Studie informiert und in das Thema eingeführt – verbunden mit der Bitte, sich an der Online-Umfrage im Internet zu beteiligen. Wenige Tage nach der postalischen Benachrichtigung wurde eine (elektronische) Erinnerungs-E-Mail an die Berater verschickt, die gleichzeitig einen Telefonanruf ankündigte.

Einige Tage nach der E-Mail-Benachrichtigung wurden die Berater persönlich angerufen. Ziel des Anrufes ist, den Berater zu einem sofortigen - gegebenenfalls gemeinsamen - Ausfüllen der Online-Umfrage zu motivieren oder die Fragen mündlich abzufragen.

4.2.2 Auswertung der Umfrageergebnisse

Es wird unterschieden zwischen der Auswertung der geschlossenen Fragen, den schriftlichen Kommentaren und den Email-Zuschriften (Abbildung 4-5).

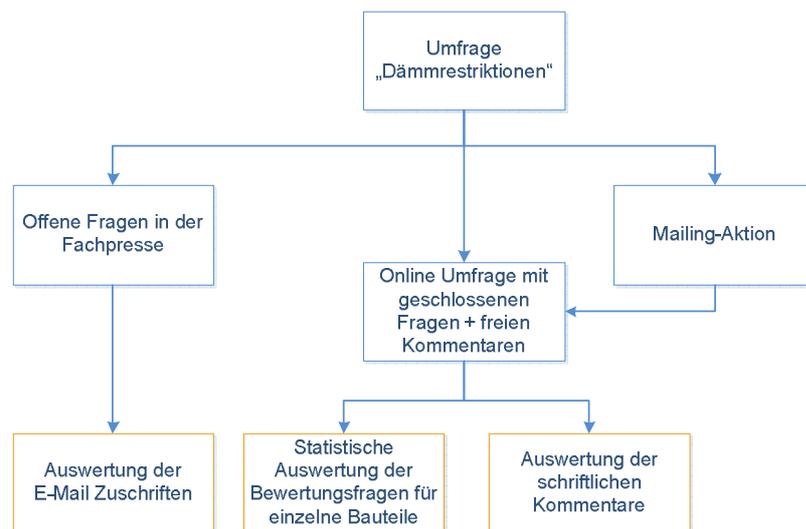


Abbildung 4-5: Vorgehensweise bei der Auswertung der Umfrage

Auswertung der geschlossenen Befragung

Insgesamt haben 495 Personen an der Online-Umfrage teilgenommen. Davon haben 364 Teilnehmer den Fragebogen vollständig ausgefüllt. 132 Teilnehmer haben die Beantwortung vorzeitig abgebrochen.

Auf die Frage: „In welcher Funktion haben Sie mit der energetischen Sanierung von Gebäuden zu tun?“ gaben 309 Teilnehmer an „Energieberater“ zu sein. Bei dieser Frage waren mehrere Antworten zugelassen. 79 Teilnehmer gaben „Energieberater“ als einzige Antwort. 230 Teilnehmer gaben neben Energieberater noch weitere Funktionen an. Es ist durchaus üblich, dass Energieberatungsleistungen in einem Kontext mit anderen Leistungen ausgeführt werden. Die Verteilung der Energieberater in den anderen Berufsgruppen ist in Abbildung 4-6 dargestellt.

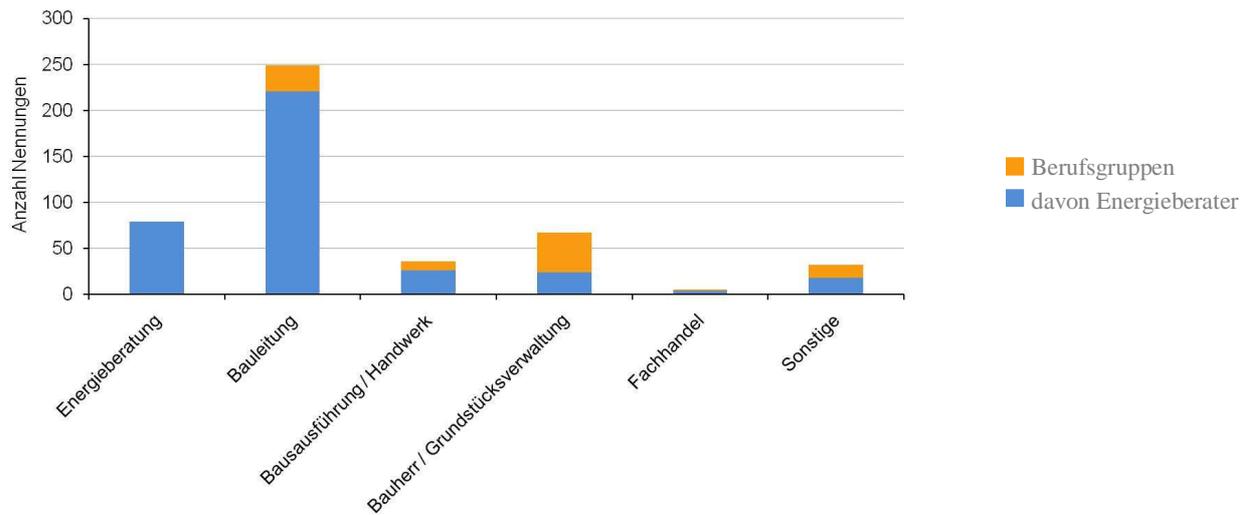


Abbildung 4-6: Berufsguppen der Umfrageteilnehmer und jeweiliger Anteil von Energieberatern

Die Teilnehmer befassen sich im Durchschnitt seit dem Jahr 2002 mit der energetischen Sanierung von Gebäuden und haben im Mittel jeweils ca. 78 energetische Sanierungen begleitet. Jedoch ist die Streuung hier sehr hoch. Die Abbildung 4-7 zeigt seit wann die Umfrageteilnehmer sich mit energetischen Sanierungen beschäftigen.

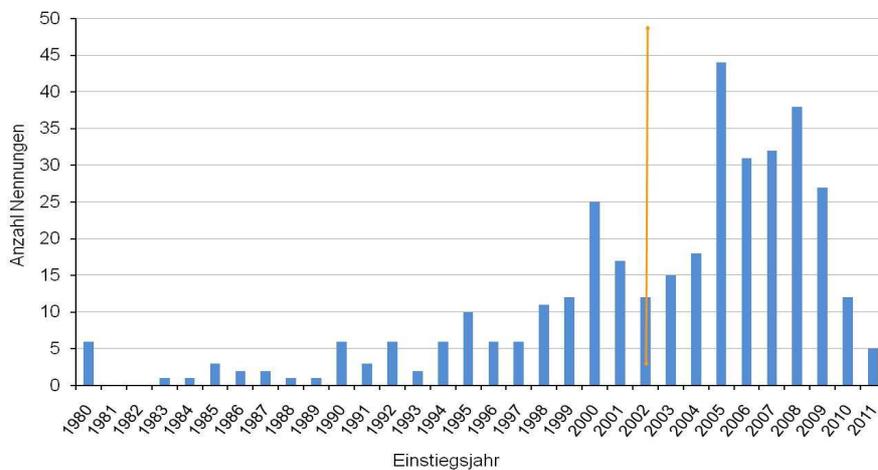


Abbildung 4-7: Erfahrung mit energetischer Gebäudesanierung bei den Umfrageteilnehmern sowie Durchschnitt aller Teilnehmer (orange)

Die regionale Verteilung der Umfrageteilnehmer in Deutschland ist in Abbildung 4-8 dargestellt. Es wird deutlich, dass die meisten Teilnehmer aus den südlichen und westlichen Bundesländern kommen.



Abbildung 4-8: Regionale Verteilung der Umfrageteilnehmer

Abbildung 4-9 zeigt die Bewertungen der Teilnehmer zusammengefasst nach Bauteilen (Fragestellung: „Wie oft erleben Sie in Ihrer Praxis, dass das Bauteil nicht vorschriftsmäßig oder gar nicht gedämmt werden kann?“).

Es wird deutlich, dass Fenster insgesamt weniger von Dämmrestriktionen betroffen sind (stärkere Betonung der blauen Balken). Wände und Böden, die an Erdreich grenzen, sind insgesamt stärker von Dämmrestriktionen betroffen (Betonung der orangefarbenen Balken).

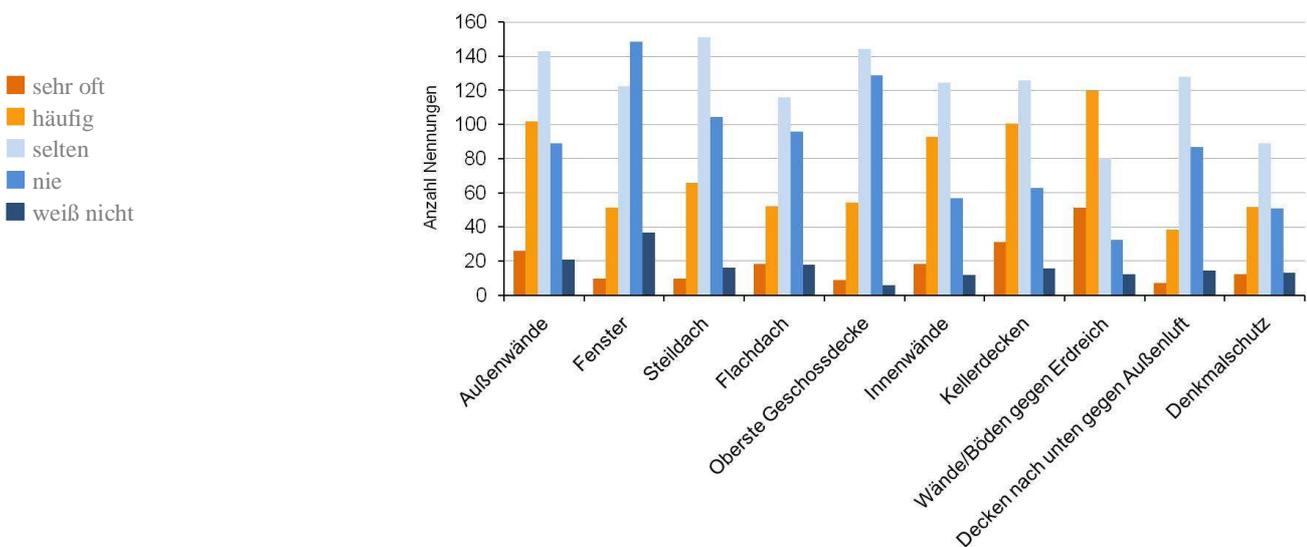


Abbildung 4-9: Bewertungen aller Teilnehmer aufgeteilt nach Bauteilen, an denen Dämmrestriktionen auftreten



In Abbildung 4-10 sind die arithmetischen Mittelwerte der Bewertungen für alle 63 Dämmrestriktionen aufgeführt.

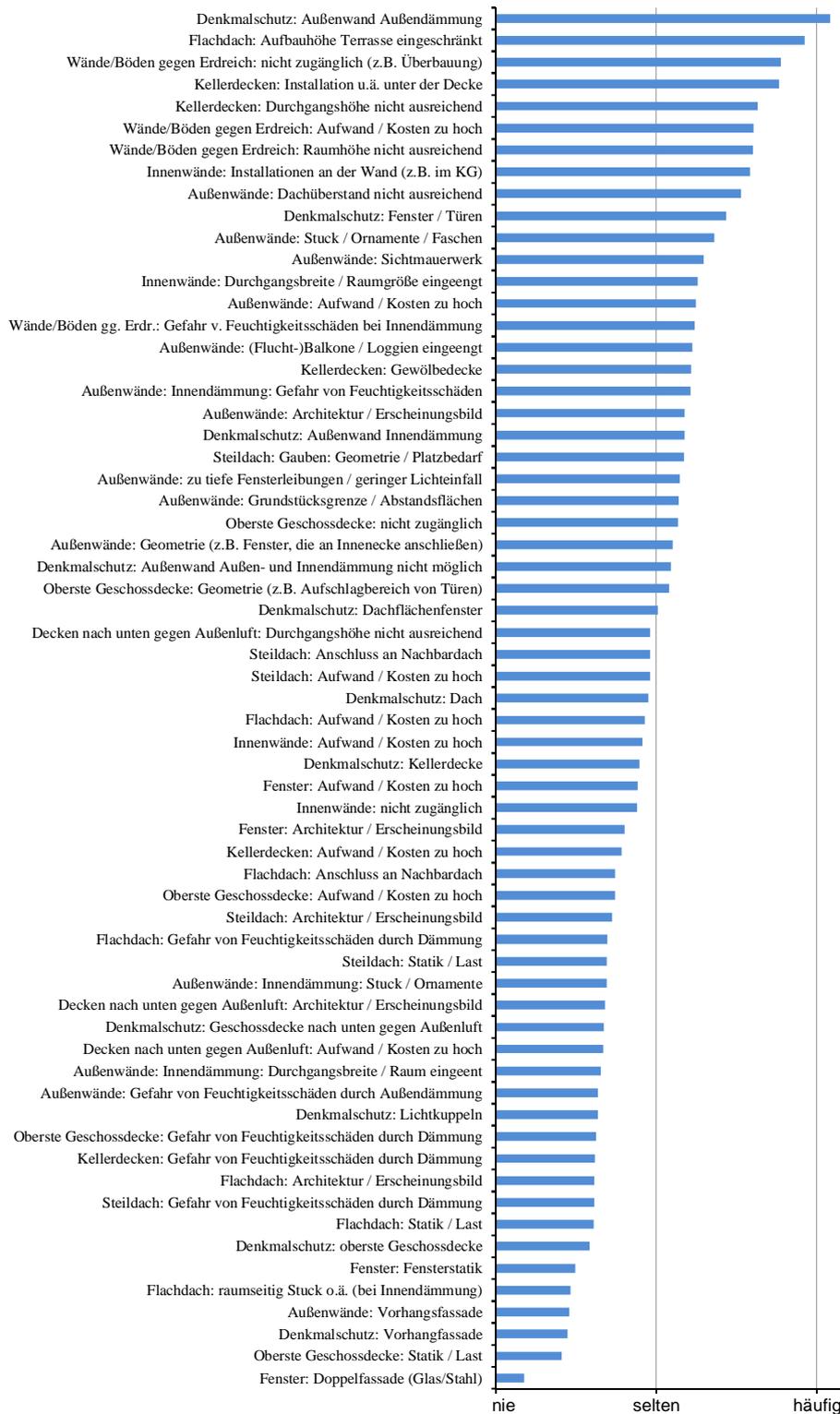


Abbildung 4-10: Bewertung der 63 abgefragten Dämmrestriktionen, ungewichtet (arithmetisches Mittel)



Die fünf höchstbewerteten Dämmrestriktionen sind der besseren Übersicht halber in folgender Tabelle 4-3 nochmals aufgelistet:

Höchstbewertete Dämmrestriktionen
Denkmalschutz: Außenwand Außendämmung
Flachdach: Aufbauhöhe Terrasse eingeschränkt
Wände/Böden gegen Erdreich: nicht zugänglich (z.B. Überbauung)
Kellerdecken: Installationen u. a. unter der Decke
Kellerdecken: Durchgangshöhe nicht ausreichend

Tabelle 4-3: Höchstbewertete Dämmrestriktionen

Für eine erste Bewertung der Wärmemenge, die an den Dämmrestriktionen verloren geht, werden die arithmetischen Mittelwerte der Antworten für die 63 Dämmrestriktionen mit weiteren Faktoren gewichtet (Abbildung 4-11):

Deutsche Gebäudetypologie des Instituts für Wohnen und Umwelt, Darmstadt (s. Kap. 5), (IWU, Diefenbach u. Loga, 2011)

- mittlere Fläche der betroffenen Bauteile:
Berechnung mit typischen Bauteilflächen aus der „Deutschen Gebäudetypologie“ und Anzahl der Gebäudetypen
- Häufigkeit der Dämmrestriktion:
Schätzung wie hoch der Anteil der Gebäude innerhalb des betroffenen Gebäudetyps mit einer bestimmten Dämmrestriktion ist
- Dämmbarkeit:
Gewichtung der Dämmrestriktionen hinsichtlich ihrer Einhaltung der Energieeinsparverordnung (EnEV). Dazu Verwendung von Schulnoten (1: auf EnEV-Niveau dämmbar; 6: überhaupt keine Dämmung möglich)

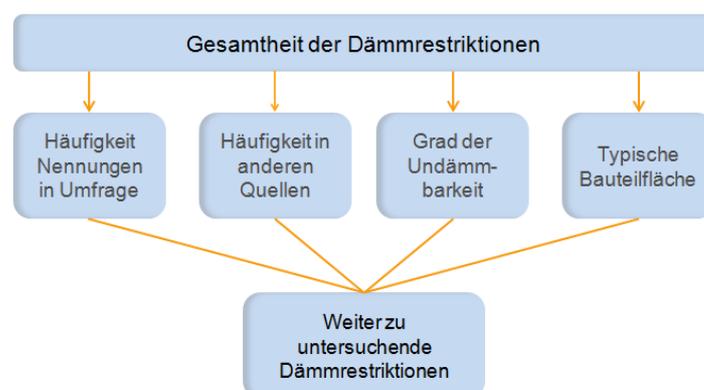


Abbildung 4-11: Kriterien zur Bestimmung der dominanten Dämmrestriktionen



In einer ersten Auswahl werden von den 63 Dämmrestriktionen die 29, deren Anteil am Wärmeverlust als gering eingestuft wurde, verworfen. Die verbleibenden 34 Dämmrestriktionen werden in einer **Pareto-Analyse** einer zweiten Auswahl unterzogen (Abbildung 4-13). Es wird deutlich, dass nur 13 Dämmrestriktionen ca. 80 Prozent des gesamten Wärmeverlusts aller Dämmrestriktionen verursachen.

Das **Paretoprinzip** besagt, dass ca. 80 Prozent der Auswirkungen eines Phänomens häufig nur auf eine kleine Anzahl von Ursachen (ca. 20 Prozent) zurückzuführen sind.

Tabelle 4-4 zeigt die zwar im Detail für einzelne Energieberater als bedeutsam empfundenen, gesamtenergetisch jedoch weniger relevanten Dämmrestriktionen. Im Weiteren werden diese daher nicht berücksichtigt.

Nr.	Schwach bewertete Dämmrestriktionen
1	Oberste Geschossdecke: Geometrie (z.B. Aufschlagbereich von Türen)
2	Kellerdecken: Aufwand / Kosten zu hoch
3	Steildach: Statik / Last
4	Steildach: Gauben: Geometrie / Platzbedarf
5	Steildach: Gefahr von Feuchtigkeitsschäden durch Dämmung
6	Außenwände: Gefahr von Feuchtigkeitsschäden
7	Kellerdecken: Gefahr von Feuchtigkeitsschäden durch Dämmung
8	Innenwände: Installationen an der Wand (z.B. im KG)
9	Innenwände: nicht zugänglich
10	Denkmalschutz: Geschossdecke nach unten gegen Außenluft
11	Denkmalschutz: oberste Geschossdecke
12	Oberste Geschossdecke: Statik / Last
13	Flachdach: Architektur / Erscheinungsbild
14	Innenwände: Durchgangsbreite / Raumgröße eingeengt
15	Fenster: Doppelfassade (Glas/Stahl)
16	Außenwände: Innendämmung: Durchgangsbreite / Raum eingeengt
17	Außenwände: Aufwand / Kosten zu hoch
18	Decken nach unten gegen Außenluft: Durchgangshöhe / Geometrie
19	Innenwände: Aufwand / Kosten zu hoch
20	Fenster: Fensterstatik
21	Decken nach unten gegen Außenluft: Architektur / Erscheinungsbild
22	Decken nach unten gegen Außenluft: Aufwand / Kosten zu hoch
23	Denkmalschutz: Dachflächenfenster
24	Wände/Böden geg. Erdr.: Gefahr v. Feuchteschäden bei Innendämmung
25	Denkmalschutz: Kellerdecke
26	Steildach: Aufwand / Kosten zu hoch
27	Denkmalschutz: Lichtkuppeln
28	Außenwände: Geometrie (z.B. Fenster, die an Innenecke anschließen)
29	Flachdach Statik / Last

Tabelle 4-4: Schwach bewertete Dämmrestriktionen nach der Gewichtung

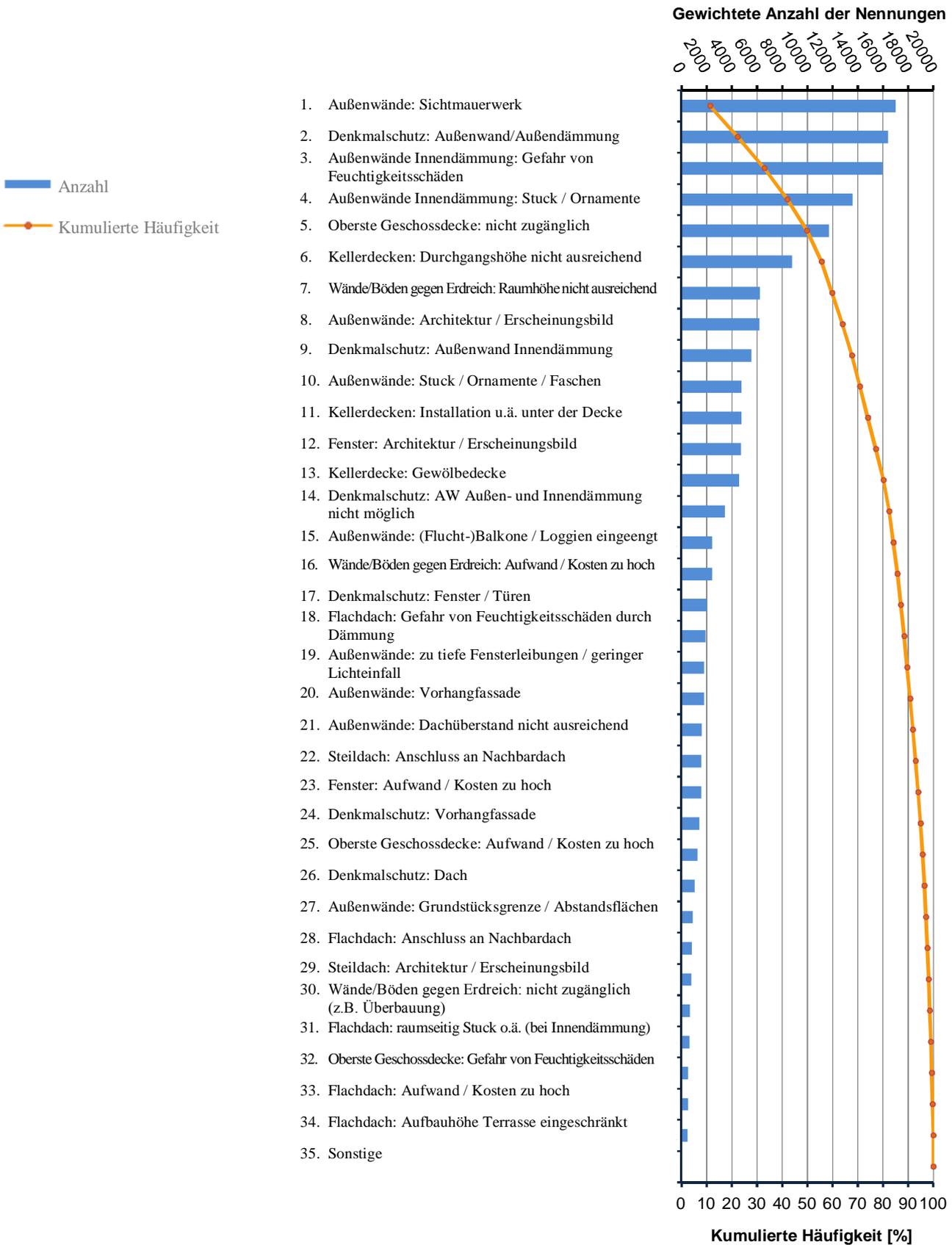


Abbildung 4-12: Dämmrestriktionen gewichtet nach der vermuteten Relevanz



Nach der Pareto-Bewertung fallen wiederum 21 potentielle Dämmrestriktionen (Tabelle 4-5) aus dem Raster der Untersuchung, so dass sich die weiteren Arbeiten insbesondere im Rahmen der Gebäudebestandsmodellierung auf die verbleibenden 13 Restriktionen (Abbildung 4-13) beziehen.

Nr.	Nicht weiter betrachtete Dämmrestriktionen
1	Denkmalschutz: AW Außen- und Innendämmung nicht möglich
2	Außenwände: (Flucht-)Balkone / Loggien eingeengt
3	Wände/Böden gegen Erdreich: Aufwand / Kosten zu hoch
4	Denkmalschutz: Fenster / Türen
5	Flachdach: Gefahr von Feuchtigkeitsschäden durch Dämmung
6	Außenwände: zu tiefe Fensterleibungen / geringer Lichteinfall
7	Außenwände: Vorhangfassade
8	Außenwände: Dachüberstand nicht ausreichend
9	Steildach: Anschluss an Nachbardach
10	Fenster: Aufwand / Kosten zu hoch
11	Denkmalschutz: Vorhangfassade
12	Oberste Geschossdecke: Aufwand / Kosten zu hoch
13	Denkmalschutz: Dach
14	Außenwände: Grundstücksgrenze / Abstandsflächen
15	Flachdach: Anschluss an Nachbardach
16	Steildach: Architektur / Erscheinungsbild
17	Wände/Böden gegen Erdreich: nicht zugänglich (z.B. Überbauung)
18	Flachdach: raumseitig Stuck o.ä. (bei Innendämmung)
19	Oberste Geschossdecke: Gefahr von Feuchtigkeitsschäden
20	Flachdach: Aufwand / Kosten zu hoch
21	Flachdach: Aufbauhöhe Terrasse eingeschränkt

Tabelle 4-5: Real im Einzelfall bedeutsame, aber im Vergleich zu anderen Dämmrestriktionen minder relevante Hemmnisse

Die Dämmrestriktionen, die eine hohe Relevanz ergeben haben, werden nach der Häufigkeit der Nennungen von Umfrageteilnehmern in Abbildung 4-13 genauer dargestellt:

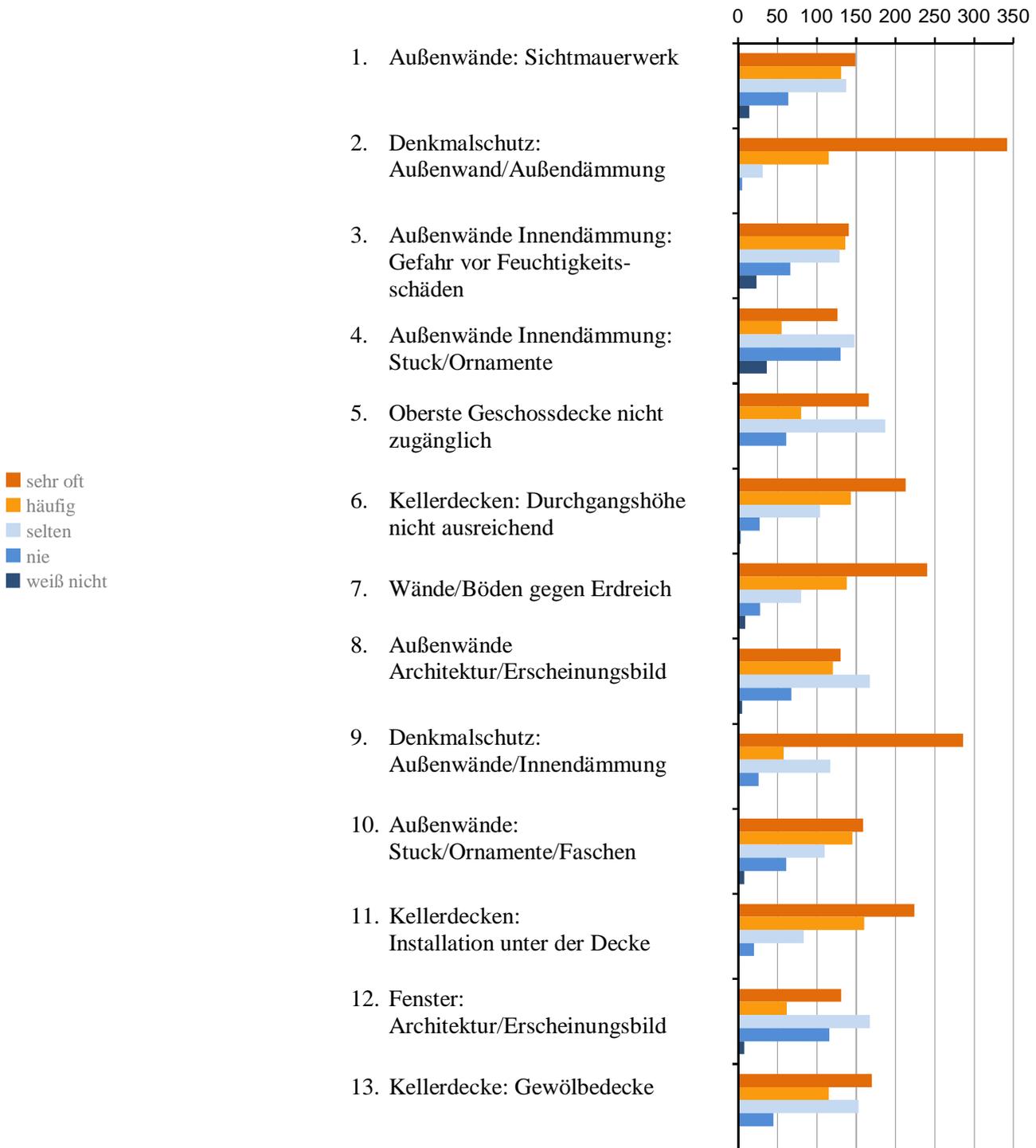


Abbildung 4-13: Darstellung der wichtigsten Dämmrestriktionen und Häufigkeit der Nennungen

4.2.3 Kommentare der Umfrageteilnehmer – weiche Restriktionen

Anhand der Vielzahl der übermittelten mündlichen und schriftlichen Kommentare konnten neben den bauteilbezogenen technischen Dämmrestriktionen, also den Restriktionen im eigentlichen Sinne der hier zu behandelnden Fragestellung, auch andere Dämmrestriktionen, die als überwiegend „weiche Dämmrestriktionen“ oder „Grenzgebiete der Technik“ bezeichnet werden können, aufgeführt werden. Sie stellen ebenso wie die zuvor vorgestellten „harten Restriktionen“ Hemmschwellen bei der Entscheidung für oder gegen eine energetische Sanierung dar und sind es von daher wert, hier zumindest genannt zu werden – auch wenn sie das Thema der Studie nur am Rande betreffen.

Die Kommentare wurden je nach ihrem Tenor in Gruppen zusammengefasst. In Abbildung 4-14 sind die genannten Themen nach der Häufigkeit ihrer Nennungen aufgelistet.

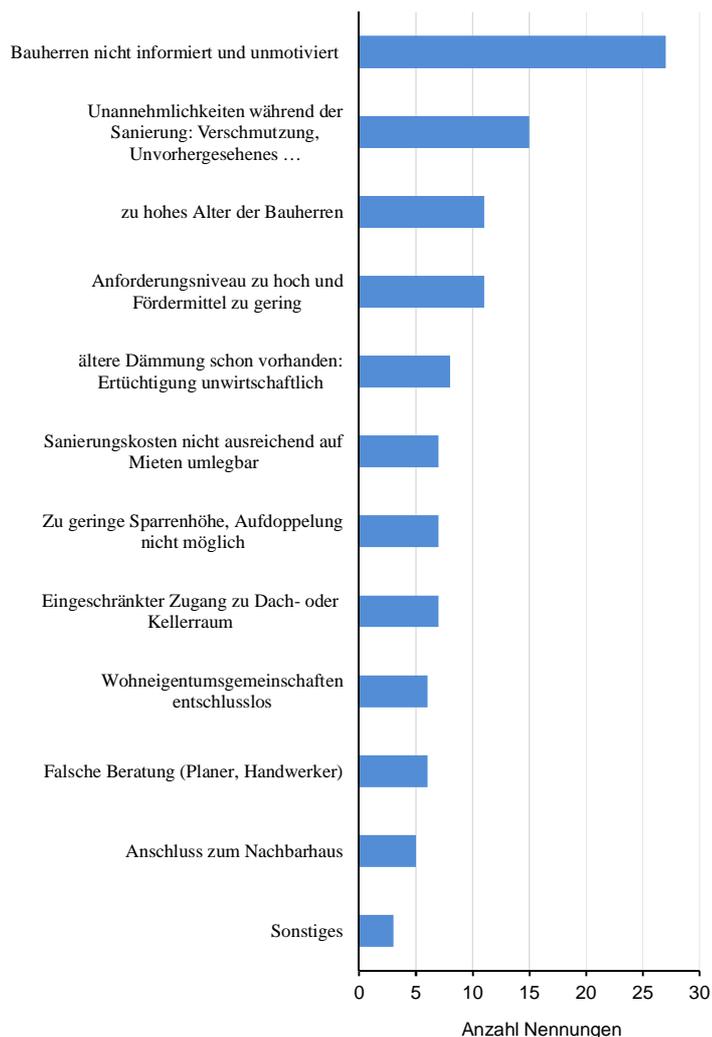


Abbildung 4-14: Dämmrestriktionen aus schriftlichen Kommentaren



Nachfolgend werden die Kommentare mehr oder minder unbewertet gelistet. Im Anschluss daran werden weniger häufig genannte (bis maximal 5 Einzelnennungen) oder Einzelmeinungen aufgeführt. Diese sind statistisch kaum verwertbar, lassen aber einen Einblick in die Denkstrukturen und persönlichen Befindlichkeiten der Entscheider zu.

- I. Das meist genannte Hindernis sind der ungenügende Informationsstand sowie eine ablehnende Haltung der Bauherren in Bezug auf energetische Sanierungen allgemein.
- II. Häufig wird die Furcht der Bauherren vor Unannehmlichkeiten und Schmutz während der Bauphase genannt. Ein Teilnehmer bezeichnete dies als „Hausfrauen-Veto“.
- III. Ein häufig wahrgenommenes Hemmnis ist die Altersstruktur der Bauherren. Gerade Senioren scheuen vor dem Aufwand, den eine Sanierung verursacht, zurück. Auch kommt für sie eine langfristige Finanzierung häufig nicht in Betracht. Zuletzt sind die langen Amortisationszeiten von Sanierungsmaßnahmen nur ein geringer Anreiz für viele ältere Gebäudeeigentümer.
- IV. Sanierungswillige Bauherren sind enttäuscht von hohen Fördervoraussetzungen der Kreditanstalt für Wiederaufbau und von den zu geringen Förderanreizen.
- V. Vorhandene (Teil-)Dämmungen suggerieren ein für weitere Dämmmaßnahmen demotivierendes Zufriedenheitsgefühl, auch wenn diese Dämmung schon Jahrzehnte alt ist. Das Potenzial weiterer Dämmmaßnahmen wird als gering eingestuft.
- VI. Vermieter/Mieter-Dilemma: Kosten für Dämmmaßnahmen erscheinen den Vermietern nicht ausreichend auf die Mieter umlegbar. Es werden wirtschaftliche Nachteile befürchtet.
- VII. Die Dämmung von Steildächern kann von außen oder innen durchgeführt werden. Bei bereits ausgebauten und bewohnten Dachgeschossen erfordert die nachträgliche Wärmedämmung des Daches von innen in der Regel während der Sanierungszeit den Auszug der Bewohner. Die Untersparrendämmung führt zu einer geringeren Raumhöhe und schränkt somit die Nutz- und Vermietbarkeit des vorhandenen Wohnraumes ein. Eine Dämmung von außen erfordert eine Neueindeckung des Daches und verursacht erhebliche Kosten
- VIII. Eine Dämmrestriktion stellt auch die fehlende Zugänglichkeit von Dach- oder Kellerräumen für Sanierungsmaßnahmen dar. Das



Freiräumen der Räumlichkeiten führt zu einem zusätzlichen Kostenaufwand.

- IX. Die in Wohnungseigentümergeinschaften vorgeschlagenen Sanierungsvorhaben scheitern oftmals an der notwendigen Mehrheitsfindung.

Unter den selten oder vereinzelt genannten Kommentaren finden sich die folgenden Aussagen:

Falsche Materialien

Sanierungen werden ohne Planung, mit ungenügenden oder mit nicht zugelassenen Materialien durchgeführt, da kein fachkundiges Ingenieurbüro eingeschaltet ist.

Vollzugsdefizit und Unkenntnis der Behörden

Bauämter und Behörden sind nicht ausreichend über die Gesetzeslage informiert z. B. bei Befreiungen nach §25 EnEV 2009. Dies führt zum Vertrauensabbau bei Anlaufstellen der Bauämter und Behörden.

Anforderungshöhe

Forderungen der EnEV und der KfW werden als deutlich überzogen empfunden. Verschärfungen in der EnEV 2012 werden mit Unmut erwartet.

Nebenkosten

Nebenkosten werden bei der Anbringung von Wärmedämmungen in der Planung oft vernachlässigt, was zu Missmut der Bauherren führt. Hierzu zählen z.B. Geländer anpassen, Perimeterbereich abgraben, Terrassen einschließlich der Fundamente entfernen und erneuern, Dachrinnen und unterirdische Entwässerungen anpassen, Antennen neu befestigen, Belüftungen von Öltanks verlegen, Lichtschächte oder Gitter ändern beziehungsweise erneuern, Sprechanlage und Klingel ändern, Lampen ab und anbauen, elektrische Anschlüsse verlängern oder verlegen usw.

Weitere genannte Dämmhemmnisse werden hier nur stichwortartig aufgeführt:



- Außenwanddämmung nicht möglich, da Garage direkt am Haus
- Hohlschichtwände, deren Luftschicht nach außen offen ist
- fehlende Kontrolle mindert Investitionsbereitschaft
- Brandschutz wird durch Dämmung gemindert
- Gefahr von Algenbewuchs nach Dämmung
- Briefkastenanlage in Tür verhindert Dämmung
- Natursteinmauerwerk soll erhalten werden
- Garagenzufahrt zu schmal nach Dämmung seitlicher Außenwand
- Wandmalerei an Fassade (barocke Ornamente, Lüftl-Malerei)
- Anfälligkeit für Vandalismus
- jahrelang gepflegte Laubengänge, die abgebaut werden müssten
- Lichtschächte zu den Kellerfenstern würden überdeckt werden
- Vorhangfassaden aus Betonfertigteilen
- Außentreppen werden schmaler
- Eigentümer wartet auf angekündigte Innovationen
- Brandwandanschluss unklar
- Ansatz der ganzheitlichen energetischen Betrachtung fehlt (Aufwand zur Produktion der Dämmung)
- Zerstörung der Mehlschwalbennester, die an neuer Fassade nicht halten, alternative Kunstnester und Kotbretter benötigen extra lange Nägel, die Wärmebrücken bilden.
- begrünte Fassaden soll erhalten bleiben
- störender Baumbewuchs nah an der Fassade
- Spatzen und Spechte picken Löcher in frisch gedämmte Fassaden. Diese Löcher werden (in Süddeutschland) gerne von Papageien (Halsbandsittiche) vergrößert, die daraufhin hier ihre Bruthöhlen bauen.



Die Kommentare zeigen, wie vielfältig die Hemmnisse bei der energetischen Sanierung von Bestandsgebäuden sind und dass sie verschiedenste technische und nicht-technische Gründe haben oder aus einem Mangel an Information herrühren.



5 Gebäudebestand in Deutschland

Bei der Berechnung des durch Dämmrestriktionen verursachten Wärmeverlustes ist die Größe der wärmeübertragenden Flächen, genauer der von der Dämmrestriktion betroffene Anteil dieser Flächen, gemeinsam mit der zuvor in Kapitel 4 behandelten Dämmqualität von entscheidender Bedeutung.

Wie schon in Kapitel 3 erläutert, stellt nachfolgende Gleichung den Dreh- und Angelpunkt der Analysen dar.

$$\Phi = U \cdot A \cdot \Delta\theta$$

Φ :	Wärmeleistung in W
U :	Wärmedurchgangskoeffizient in W/m ² K
A :	wärmeübertragende Fläche in m ²
$\Delta\theta$:	Temperaturdifferenz zu beiden Seiten der Fläche in K

Dieses Kapitel widmet sich nun den Grundlagen zur Bestimmung der relevanten wärmeübertragenden Flächen des gesamten Gebäudebestandes. Die eigentliche Kernfrage heißt dabei:

- Wie groß sind die von Dämmrestriktionen betroffenen Flächen aller Gebäude in Deutschland?

Selbstverständlich muss bei der Beantwortung dieser Frage gemäß den nachfolgenden Kriterien unterschieden werden:

- Welche Gebäudetypen und wie viele Vertreter dieser Typen gibt es jeweils?
- Wie groß sind deren (gebäudetypischen) Bauteilflächen?
- Welche Dämmrestriktionen treten in welchem Maß bei den Gebäudetypen auf?
- Welcher Anteil der Bauteilfläche ist von den einzelnen Dämmrestriktionen betroffen?

Nachfolgend werden die Gebäudetypen und deren Anzahl ermittelt. Die eigentlichen Flächenbestimmungen und insbesondere deren Zuordnung zu den einzelnen in Kapitel 3 festgestellten Dämmrestriktionen erfolgt dann im Rahmen der Wärmeleistungsbestimmung in Kapitel 6.

Bei der Erfassung der einzelnen Gebäudetypen, ihrer typischen Bauteilflächen sowie ihrer Anzahl wird auf vorhandene Gebäudetypologien für Wohn- und Nichtwohngebäude zurückgegriffen. In diesen Gebäudetypologien wird der Gebäudebestand eines Landes oder einer Region in Gebäudetypen nach bestimmten Kriterien eingeteilt.



Deutsche Gebäudetypologie,
(IWU, 2003) und (IWU, 2005)

IKARUS Projekt
(Forschungszentrum Jülich,
Markewitz und Stein, 2003)

Deutsche Gebäudetypologie,
(IWU, Loga et al., 2011)
„Beispielhafte Maßnahmen
zur Verbesserung der
Energieeffizienz von typischen
Wohngebäuden“
Publikation im Rahmen des
EU-Projektes TABULA

„Basisdaten für die Hoch-
rechnung mit der deutschen
Gebäudetypologie“, (IWU,
Diefenbach u. Loga, 2011)

5.1 Wohngebäude

Die wohl verbreitetste Typologie für die energetische Betrachtung von Wohngebäuden wurde vom [Institut Wohnen und Umwelt \(IWU\)](#) erstellt. Die Gebäude werden klassifiziert nach Baualter und Größe. Der Wohngebäudebestand in Deutschland wird in 44 repräsentative Gebäudetypen eingeteilt. Es sind natürlich auch andere Einteilungen denkbar. Im [IKARUS Projekt](#) zum Beispiel wurden 53 Wohngebäudetypen unterschieden.

Aus dem Baualter werden die üblichen Konstruktionsweisen, Baustoffe und wärmetechnischen Standards einzelner Epochen abgeleitet. Für jeden Gebäudetyp werden typische Konstruktionsmerkmale und deren Wärmedurchgangskoeffizienten dargestellt und aus der typischen Größe der Gebäudetypen werden die Kompaktheit des Baukörpers sowie die Bauteilflächen der Gebäudehülle ermittelt.

In der Fortschreibung der [Deutschen Gebäudetypologie](#) wurden zusätzliche Daten erhoben. Aus diesem Mengengerüst konnten Heizwärme-, Endenergie- und Primärenergiebedarf zum Zeitpunkt der Fertigstellung der Gebäudetypen berechnet werden. Außerdem wurden typische Maßnahmen zur energetischen Verbesserung der Gebäude ermittelt und die resultierende Energieeinsparung berechnet. Bei den Maßnahmen zur energetischen Verbesserung wurden stets zwei Varianten betrachtet: eine konventionelle und eine zukunftsweisende Sanierung.

Gemäß dieser weiterentwickelten Typologie hat zum Beispiel ein typisches Einfamilienhaus der Baualtersklasse 1919–1948 im Urzustand einen Heizwärmebedarf von 234 kWh/m²a. Wenn es konventionell saniert wird, sinkt der Heizwärmebedarf auf 87 kWh/m²a und bei einer zukunftsweisenden Sanierung verbleiben 45 kWh/m²a.

Aufbauend auf dem System der Typologien wird ein Mengengerüst zur Abbildung des gesamten deutschen Gebäudebestands entwickelt.

5.1.1 Gebäudetypologie-Baualtersklassen

Die nachfolgend verwendete [Deutsche Gebäudetypologie](#) sortiert die Gebäudetypen in 16 Kategorien, die sich wiederum in 10 Basistypen und 6 Sonderfälle untergliedern.

Das Institut Wohnen und Umwelt hat in der Fortschreibung der [Gebäudetypologie](#) die Wohnungszahl, die Wohnflächen und die Gebäudezahl für die einzelnen Gebäudetypen angegeben (Abbildung 5-1 und Abbildung 5-2). Die Zahlen basieren auf der Bautätigkeitsstatistik und der Studie „Datenbasis Gebäudebestand“, die auf eine Umfrage in ca. 7.000 Wohngebäuden zurückgeht. Über die Genauigkeit der Zahlen macht IWU folgenden Angaben:



„Dabei ist zu beachten, dass die Berechnung der Werte für die einzelnen Gebäudetypen mit statistischen Fehlern behaftet ist. Diese Fehler sind (prozentual auf den jeweiligen Ausgangswert bezogen) in ihrer Tendenz umso größer, je niedriger der Anteil der Gebäudezahl des jeweiligen Typs an der Gesamtzahl der deutschen Wohngebäude ist.

Beispielsweise sind die angegebenen Kennwerte in der gesamten Kategorie GMH [große Mehrfamilienhäuser] mit großen Unsicherheiten behaftet. Aus diesem Grund können die Tabellenwerte nicht für vertiefte wohnungswirtschaftliche Analysen verwendet werden. Vielmehr dienen die Daten ausschließlich dem Zweck, eine begründete Abschätzung für die Gewichtung der einzelnen Gebäudetypen zu liefern, die im Rahmen einer typologiebasierten Hochrechnung energierelevanter Größen (z.B. Heizwärmebedarf, Endenergiebedarf, CO₂-Emissionen) auf den gesamten deutschen Wohngebäudebestand oder auf – gemessen an der Gebäudezahl – große Teilmengen des Bestandes verwendet werden kann.“ (IWU, Diefenbach u. Loga, 2011)

5.1.2 Gebäudeanzahl / Wohngebäude

Nach der qualitativen Erfassung des Bestandes soll die quantitative Einschätzung des Bestandes für den jeweiligen Gebäudetyp und der Baualterklasse erfolgen. Aus dem vorhandenen Datenbestand der IWU Gebäudetypologie sind diese jeweils einzeln und in der Summe ausgewiesen (siehe Abbildung 5-1).



Basis-Typen:
EFH= Einfamilienhaus
RH= Reihenhaushaus
MFH= Mehrfamilienhaus
GMH=großes
 Mehrfamilienhaus
HH = Hochhaus

Sonderfälle:
F= Fertighaus
NBL = Neue Bundesländer
 industrieller Wohnungsbau

1. Wärmeschutzverordnung
 (1978-1983)

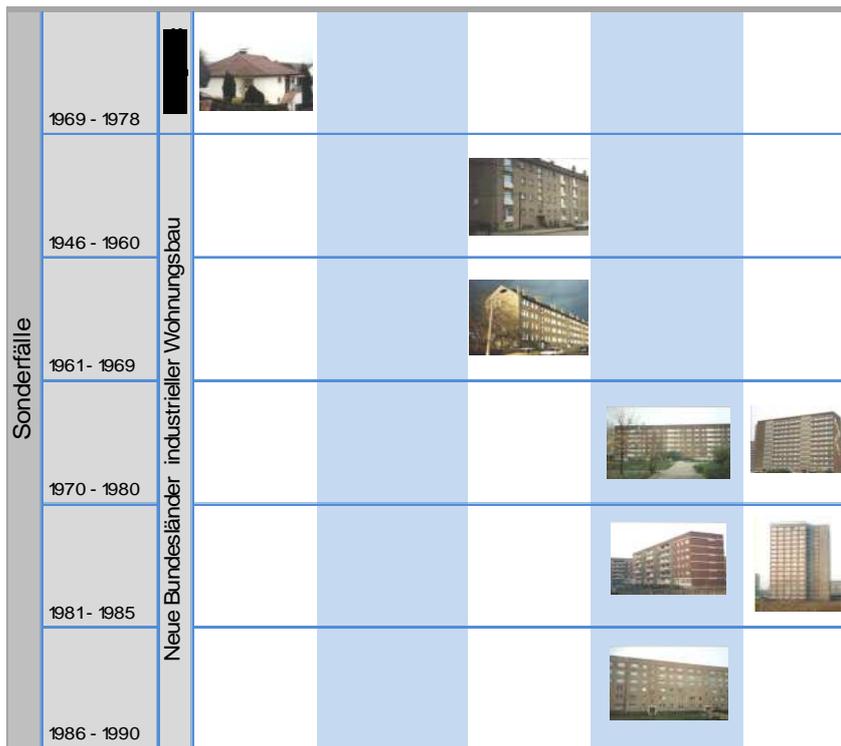
2. Wärmeschutzverordnung
 (1984-1993)

3. Wärmeschutzverordnung
 (1994-2001)

seit 2002
 Energieeinsparverordnung
 (EnEV), aktuelle Fassung 2009

Baualter- klassen	Basis-Typen Anzahl Wohngebäude				
	EFH	RH	MFH	GMH	HH
A bis 1859					
Anzahl WG [TSD.]	370		50		
B 1860 - 1918					
Anzahl WG [TSD.]	1040	350	380	10	
C 1919 - 1948					
Anzahl WG [TSD.]	1280	800	460	10	
D 1949 - 1957					
Anzahl WG [TSD.]	920	480	390	30	
E 1958 - 1968					
Anzahl WG [TSD.]	1580	670	550	60	
F 1969 - 1978					
Anzahl WG [TSD.]	1470	650	320	80	
G 1979 - 1983					
Anzahl WG [TSD.]	750	380	160		
H 1984 - 1994					
Anzahl WG [TSD.]	1040	540	210		
I 1995 - 2001					
Anzahl WG [TSD.]	1080	500	200		
J 2002 - 2009					
Anzahl WG [TSD.]	790	300	70		

Abbildung 5-1: Sortierung der Baualterklassen sowie Häufigkeit von Gebäudetypen unterschiedlichen Baualters, Quelle: (IWU, Loga et al., 2011)



Sonderfälle:

Fertighäuser aus vorgefertigten Elementen, die für den Außenwand-Bereich einen besseren Wärmeschutz aufweisen als die Basis-Typen.

Typen des industriellen Baus oder auch Geschosswohnungsbau der DDR sind nur grob klassifiziert nach Periode und Größe.

Abbildung 5-2: Sortierung der Baualtersklassen sowie Häufigkeit von Gebäudetypen unterschiedlichen Baualters, Quelle: (IWU, Loga et al., 2011)

Stellt man die Angaben über die Anzahl der Wohneinheiten des Instituts Wohnen und Umwelt denen des statistischen Bundesamts gegenüber (Abbildung 5-3), so wird trotz der (Ausnahme-)Abweichung von 35 % bei älteren Gebäuden (bis 1918) eine gute Übereinstimmung sichtbar. Bei Gebäudebaujahren zwischen 1949 und 2001 liegt die Abweichung stets unter 4 %. Auch bei den seit 2001 errichteten Gebäuden ist die relative Abweichung mit 23 % vergleichsweise hoch, jedoch sind hier aufgrund der geringen Gesamtanzahl nur ca. 400.000 Gebäuden betroffen.

Wohneinheiten insgesamt	39.550.000
bis 1918	5.673.000
1919 bis 1948	5.389.000
1949 bis 1978	18.301.000
1979 bis 1990	5.237.000
1991 bis 1995	1.630.000
1996 bis 2000	2.023.000
2001 bis 2004	1.061.000
2005 und später	237.000

Tabelle 5-1: Wohneinheiten in Gebäuden mit Wohnraum nach dem Baujahr, Quelle (Statistisches Bundesamt, 2010)



■ IWU
■ stat. Bundesamt

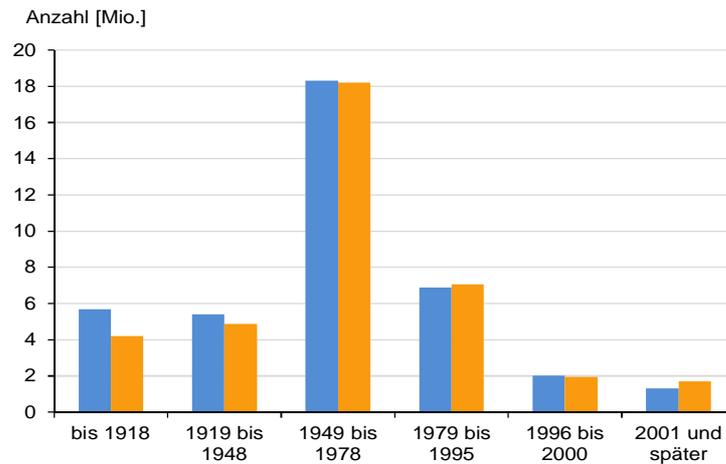


Abbildung 5-3: Anzahl der Wohneinheiten nach Baualter im Vergleich der beiden Quellen IWU und statistisches Bundesamt (IWU, Loga et al., 2011)

5.2 Nichtwohngebäude

Die Erfassung des Nichtwohngebäudebestandes stellt eine weitaus größere Hürde dar, als die Erfassung des Wohngebäudebestandes. Das Wissen über die Struktur des Nichtwohngebäudebestands ist geprägt von einer Reihe statistischer Defizite, die zu beseitigen erst in jüngster Zeit versucht wird.

So wurde im Spätsommer 2011 ein Vorschlag für den Aufbau einer [Gebäudetypologie für Nichtwohngebäude](#) durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) gemacht. Aufbauend auf diesem Vorschlag wird vermutlich versucht, belastbare Zahlen für den Nichtwohngebäudebestand aufzustellen (Anfrage des BMVBS im Januar 2012 bei der Beuth Hochschule). Über den weiteren Verlauf dieser Absichtserklärung ist derzeit bei den Autoren nichts bekannt.

Es zeigt sich jedoch, dass sowohl im oben genannten ersten Aufschlag, als auch in den aktuellen Vorstellungen zu dessen Umsetzung der Arbeitsaufwand zur Beschaffung der Daten erheblich unterschätzt wurde und wird. Dies ist mit Sicherheit keine Aufgabe, die im Rahmen eines kleineren, vielleicht nur wenige Monate dauernden Projektes gelöst werden kann. Hierzu sind die Gebäudetypen und –nutzungsarten zu vielseitig und daher schwer zu erfassen. Zudem muss dem Bedürfnis nach Geheimhaltung der firmeneigenen Immobilienstrukturen Rechnung getragen werden, was die Typologieentwicklung weiter erschwert.

Die grundlegenden Ansatzpunkte werden in der Publikation des BMVBS in den folgenden Fragen ausgedrückt:

- Wie sehen die Bestände im Hinblick auf Gebäudetypen, Anzahl, Fläche und Volumina aus?
- Wie können diese hinsichtlich Nutzung, Kategorie, Baualtersklasse, Kubatur, Größe, Baukonstruktion, städtebaulicher Typologie und urbanem Umfeld differenziert werden?



- Welche Flächen/Mengen können ausgewählten Gruppen/Typen zugeordnet werden und was sind die jeweils vorherrschenden Technologien in der Technischen Gebäudeausrüstung?
- In welcher Gliederungstiefe können Energiekennwerte einzelnen Gruppen zugeordnet werden?
- Wie können Typenvertreter synthetisch/modellhaft visualisiert werden?

Im Ergebnis der Studie des BMVBS werden zwei Aspekte behandelt. Für ausgewählte Gebäudetypen werden neben einer grafischen Darstellung auch Daten zur Gebäudegeometrie, Baukonstruktion sowie zur Haustechnik aufbereitet. Der zweite Aspekt ist eine mengenmäßige Erfassung des beheizten Nichtwohngebäudebestandes, wobei durch unterschiedliche Schätzverfahren eine Annäherung an die Anzahl der tatsächlich vorhandenen Nichtwohngebäude (NWG) versucht wird.

Das Annäherungsverfahren besteht dabei aus drei unterschiedlichen Methoden: geografischen Informationssystemen (ATKIS/ALKIS), städtebaulichen Richtwerten und amtlichen Statistiken. Das Mengengerüst für eine Nichtwohngebäudetypologie ist jedoch sehr lückenhaft.

In einer groben Schätzung wurde bereits 1999 eine Einteilung und **Quantifizierung der Nichtwohngebäude** vorgenommen. Dabei wurden die folgenden Nutzungsarten und Baualtersklassen unterschieden:

Nutzungs- klasse	AK2	AK3	AK4/5	AK6	AK7	AK8	Anteile
	bis 1870	bis 1918	bis 1948	bis 1965	bis 1978	bis 1990	
Büro-, Verwalt.geb.	20,5	51,2	30,8	43,8	36,0	35,4	12%
Anstalts- gebäude	25,6	63,9	38,3	54,6	25,6	11,3	4%
Hotels, Gaststätten	4,4	11,0	6,6	9,4	7,2	6,3	2%
Handels-, Lagergeb.	61,1	152,8	91,7	130,6	99,9	87,3	29%
Fabrik-, Werkstattgeb.	53,8	134,6	80,8	115,1	88,0	76,8	26%
landwirt. Betriebsgeb.	52,5	131,1	78,7	111,8	53,2	44,8	15%
sonstige NWG	65,5	163,7	98,1	137,3	85,9	36,3	12%
Summe NWG	283,4	708,4	424,8	602,6	395,9	298,3	100%
Gesamt- nutzfläche	491,9	1042,2	769,6	1281,9	1079,1	716,3	5381

AK ist eine Abkürzung für Altersklassen.

(Kohler et al., 1999)
Stoffströme und Kosten in den
Bereichen Bauen und Wohnen

Tabelle 5-2: Nutzfläche des Gebäudebestands, Deutschland, 1991 in Mio. m², Quelle: (Kohler et al., 1999)



Bestandszahlen von Nichtwohngebäuden können auch indirekt aus geeigneten in Statistiken ausgewiesenen Daten errechnet werden. Geeignete Daten sind beispielsweise die Angaben zum Anlagevermögen, die auch für Gebäude erfasst werden. In amtlichen Statistiken werden im Rahmen der „Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen“ unter anderem Daten zum „Anlagevermögen nach Vermögensarten“ vorgehalten. Auf der Grundlage des Brutto-Anlagevermögens haben Dirlich et al. ein Mengengerüst für Nichtwohngebäude konzipiert. Dabei wurde unterschieden nach allgemeinen baulichen Anlagen und beheizten Gebäuden. Bei der Betrachtung von Dämmrestriktionen sind natürlich nur die letzteren von Interesse.

Typologie und Bestand beheizter Nichtwohngebäude in Deutschland
BMVBS online Publikation, Nr. 16/2011 (BMVBS, Dirlich et al., 2011)

Stoffströme und Kosten in den Bereichen Bauen und Wohnen (Kohler et al., 1999)

Nichtwohngebäudeart	Rauminhalt [Mio. m ³]	Nutz / Wohnfläche [Mio. m ²]	Gebäudeanzahl [Mio. Geb.]
Anstaltsgebäude	445	97	0,044
Büro- und Verwaltungsgebäude	1.351	276	0,189
Landwirtschaftliche Betriebsgebäude	1.840	338	0,665
Nichtlandwirtschaftliche Betriebsgebäude	8.599	1.332	1,349
– Fabrik- und Werkstattgebäude	2.816	417	0,355
– Handels- und Lagergebäude	4.879	714	0,634
– Hotels und Gaststätten	173	40	0,049
Sonstige Nichtwohngebäude	939	170	0,233
Nichtwohngebäude insgesamt	13.174	2.213	2,480

Tabelle 5-3: Auf Basis des Brutto-Anlagevermögens kalkulierte Bestandsdaten für den Nichtwohnbaubestand (BMVBS, Dirlich et al., 2011)

Nichtwohngebäudeart	Rauminhalt [Mio. m ³]	Nutz-/Wohnfläche [Mio. m ²]	Gebäudeanzahl [Mio. Geb.]
Anstaltsgebäude	445	Keine Angaben, da zur Beheizungsstruktur in m ² NWFl keine Daten vorhanden sind!	0,044
Büro- und Verwaltungsgebäude	1.351		0,189
Landwirtschaftliche Betriebsgebäude	319		0,068
Nichtlandwirtschaftliche Betriebsgebäude	6.962		0,760
– Fabrik- und Werkstattgebäude	2.548		0,284
– Handels- und Lagergebäude	3.866		0,358
– Hotels und Gaststätten	173		0,049
Sonstige Nichtwohngebäude	874		0,197
Nichtwohngebäude insgesamt	9.951		1,258

Tabelle 5-4: Auf Basis des Brutto-Anlagevermögens kalkulierte Bestandsdaten für den beheizten (EnEV-relevanten) Nichtwohnbaubestand (BMVBS, Dirlich et al., 2011)



Für eine vereinfachte Typologisierung des Nichtwohngebäudebestands werden die Gebäudeanzahl, die Nutzfläche und der Rauminhalt für die Nutzungskategorien aus Tabelle 5-3 übernommen. Jedoch ist hier keine Untergliederung nach Gebäudealter vorhanden. Für die Gliederungstiefe nach Gebäudealter werden die Nutzflächen aus Tabelle 5-2 übernommen und ihr prozentualer Anteil an der jeweiligen Nutzungskategorie ermittelt. Die ermittelten Prozentsätze werden in die Gliederung von Tabelle 5-3 übernommen. So können – stark vereinfacht - die Anzahl, die Nutzfläche und der Rauminhalt für die einzelnen Nutzungskategorien berechnet werden.

Die Werte aus Tabelle 5-4 werden übernommen, da sie sich auf beheizte Gebäude beziehen. Da hier keine Angaben für die Nutzflächen vorhanden sind, werden die Werte mit den Nutzflächen aus Tabelle 5-3 linear interpoliert. Bruttorauminhalt und Nutzfläche je beheiztem Gebäude werden anteilig ermittelt.

Die Wärmedurchgangskoeffizienten der einzelnen Hüllflächenbauteile werden in der BMVBS-Online-Publikation insbesondere nach den Baualtersklassen (BAK) unterschieden. Dabei wird davon ausgegangen, dass Unterschiede in der Art der Konstruktion einen geringeren Einfluss haben als die vorherrschenden Bauepflogenheiten und Wärmeschutzvorschriften zum Zeitpunkt der Errichtung.

Typ	U-Werte in W/m ² K			
	Außenwand	Fenster	oberer Abluss	unterer Abschluss
BAK A	2,00	4,50	1,00	1,20
BAK B	1,60	4,50	1,00	1,20
BAK C	1,50	4,50	1,00	1,20
BAK D	1,50	4,50	1,00	1,20
BAK E	1,20	2,90	0,45	0,85
BAK F	0,85	1,90	0,30	0,40

Tabelle 5-5: Wärmedurchgangskoeffizienten der Hüllflächenbauteile von Nichtwohngebäuden nach Baualtersklasse, Quelle (BMVBS, Dirlich et al., 2011)

Die Flächenmaße der einzelnen Hüllflächenbauteile werden aus dem Verhältnis von Hüllfläche zu Volumen (A/V-Verhältnis) hergeleitet. Dazu werden für jeden Nutzungstyp zwei **Referenzgebäude** mit ähnlichem A/V-Verhältnis und bekannten geometrischen Daten ermittelt. Für diese Referenzobjekte werden die Verhältnisse der einzelnen Hüllflächenbauteile zu ihrem Bruttorauminhalt berechnet. Diese Verhältniszahlen werden für beide Referenzgebäude gemittelt. Mit den Mittelwerten dieser Verhältniszahlen werden die Bauteilflächen für die Typologiegebäude aus deren Bruttorauminhalt ermittelt.

Um eine Angleichung an die Wohngebäudetypologie zu erreichen, wurden alle Nutzungskategorien nach Kohler um die Baualtersklassen I

Objektdaten: Kosten abgerechneter Bauwerke, Energieeffizientes Bauen, (BKI, 2011)



(1993 - 2000) und J (ab 2000) für Nichtwohngebäude erweitert. Für beide zusätzliche Baualtersklassen wurden jeweils zwei Beispielgebäuden mit bekannten Kubaturdaten aus der Literatur (BKI Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern, Neubau) recherchiert. Die Bauteilflächen der Beispielgebäude wurden gemittelt und an den vorgegebenen Bruttorauminhalt eines Durchschnittsgebäudes der jeweiligen Nutzungsart angepasst. Die gemittelten Bauteilflächen der Beispielgebäude dienen dabei als Ausgangsbasis. Für die einzelnen Nutzungskategorien wurden folgende, stellvertretende Beispielgebäude herangezogen:

- Büro und Verwaltungsgebäude:
 - Bürogebäude Baujahr 2004 \triangleq BAK J
 - Verwaltungsgebäude Baujahr 2000 \triangleq BAK I
- Anstaltsgebäude:
 - Pflegeheim für seelisch Behinderte, Baujahr 2003 \triangleq BAK J
 - Pflegeheim für geistig Behinderte, Baujahr 2003 \triangleq BAK J
- Hotels und Gaststätten:
 - Restaurant Baujahr 2002 \triangleq BAK J
- Handels- und Lagergebäude:
 - Geschäftshaus Baujahr 2003 \triangleq BAK J
 - Lagerhalle Baujahr 2004 \triangleq BAK J
- Fabrik- und Werkstattgebäude:
 - Produktionsgebäude Baujahr 2004 \triangleq BAK J
 - Fertigungshalle Baujahr 2004 \triangleq BAK J
- Landwirtschaftliche Betriebsgebäude:
 - Stallgebäude Baujahr 2002 \triangleq BAK J

Zur Ermittlung des Heizwärmebedarfes der Nichtwohn-Baualtersklassen I und J wurden die oben hergeleiteten Mustergebäude nach DIN V 4108-6 berechnet. Hierbei wurden die oben ermittelten Bauteilflächen verwendet. Die Wärmedurchgangskoeffizienten wurden für die Baualtersklasse J aus der EnEV 2002 und für Baualtersklasse I aus der Wärmeschutzverordnung 1994 entnommen.

Durch die beschriebene Verschneidung der angegebenen Quellen wird eine vereinfachte Nichtwohngebäude-Typologie erstellt, aus der die folgenden Inhalte abgelesen werden können:

- Gebäudetypen
 - Büro- und Verwaltungsgebäude
 - Anstaltsgebäude
 - Hotels, Gaststätten
 - Handels-, Lagergebäude
 - Fabrik-, Werkstattgebäude
 - Landwirtschaftliche Betriebsgebäude
 - sonstige Nichtwohngebäude



- Baualtersklasse (BAK)
 - bis 1870 (B)
 - 1871 – 1918 (BB)
 - 1919 – 1948 (C)
 - 1949 – 1965 (DE)
 - 1966 – 1978 (F)
 - 1979 – 1990 (GH)
 - 1993 – 2000 (I)
 - 2001 – 2011 (J)
- Gebäudeanzahl
- Bauteilfläche
 - Außenwand
 - Fenster
 - oberer Gebäudeabschluss
 - unterer Gebäudeabschluss
- Wärmedurchgangskoeffizient
 - Außenwand
 - Fenster
 - oberer Gebäudeabschluss
 - unterer Gebäudeabschluss

Die Baualtersklassen der Nichtwohngebäude weichen von denen der Wohngebäude ab. Durch Zusammenfassung einzelner Klassen soll dennoch eine weitgehende Übereinstimmung hergestellt werden (Tabelle 5-6).

Dies vereinfachte Typologie der Nichtwohngebäude darf nur als grobe Annäherung verstanden werden, da Daten sehr unterschiedlicher Herkunft miteinander verschnitten werden. Die lineare Extrapolation bei der Umrechnung von Daten stellt eine weitere starke Vereinfachung dar.

Die zugrundeliegende Typologie nach Kohler umfasst nur Gebäude bis zum Baujahr 1990. Für Baujahre nach 1990 werden die jährlichen Zuwachsraten als Differenz der Baufertigstellungen abzüglich der Abgänge herangezogen. Die Anzahl der jährlich fertiggestellten und abgerissenen Nichtwohngebäude liegt für die Zeiträume 1993 – 2005 beim [Statistischen Bundesamt](#) vor. Jedoch sind diese Zahlen nicht nach den verschiedenen Typen von Nichtwohngebäuden differenziert. Aus diesem Grund wird die Gesamtanzahl im Verhältnis der Gebäudeanzahl der Baujahre bis 1990 auf die einzelnen Nutzungstypen verteilt.

Für Baujahre ab 2001 liegt die Anzahl der Nichtwohngebäude beim Statistischen Bundesamt vor – wiederum unterteilt in die oben gezeigten Gebäudetypen.

Immobilienwirtschaft in
Deutschland 2006, Entwick-
lungen und Ergebnisse
(Statistisches Bundesamt, 2007)



Code / Baualters- klassen nach der IWU Wohngebäudetypologie	Code / Baualters- klassen entwickelt nach (BMVBS, Dirlich et al., 2011), (Kohler et al., 1999) und BKI Objektdaten für Nichtwohngebäudetypologie
A ... 1859	B ... 1870
B 1860 - 1918	BB 1871 - 1918
C 1919 - 1948	C 1919 - 1948
D 1949 - 1957	DE 1949 - 1965
E 1958 - 1968	-
F 1969 - 1978	F 1969 - 1978
G 1979 - 1983	-
H 1984 - 1994	GH 1979 - 1990
I 1995 - 2001	I 1993 - 2000
J 2002 - 2009	J 2001 - 2011

Tabelle 5-6: Gegenüberstellung der Baualtersklassen von Wohn- und Nichtwohngebäuden

Trotz der genannten Unsicherheiten, werden die ermittelten Daten als Grundlage für die weitere Berechnung verwendet, da eine umfassendere Zusammenstellung in bisherigen Studien nicht vorliegt beziehungsweise eigene Erhebung im Rahmen dieses Projekts nicht möglich ist.

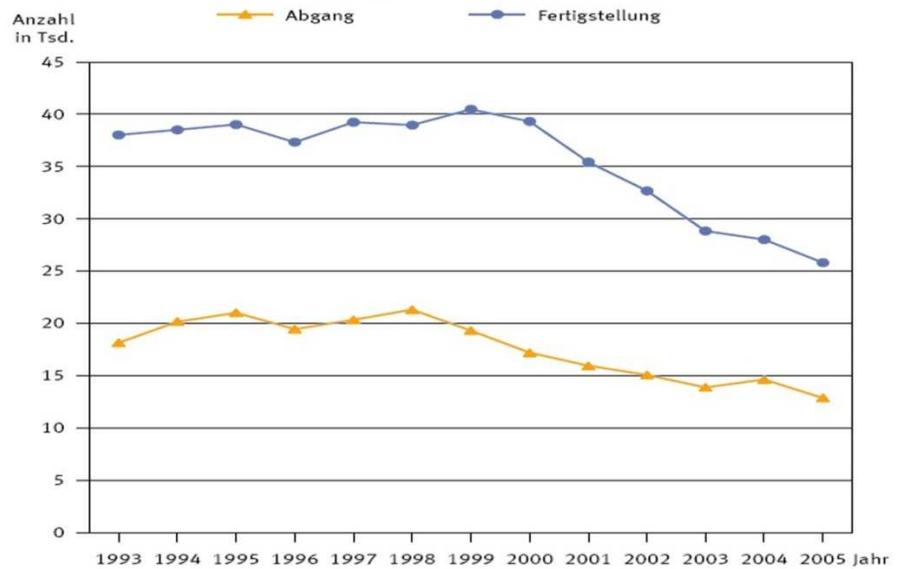


Abbildung 5-4: Fertigstellung und Abgang von Nichtwohngebäuden, Quelle: (Statistisches Bundesamt, 2007)



Tabelle 5-7 zeigt anhand ausgewählter Studien und Statistiken die Diversität der bisher zur Verfügung stehenden Daten. Da die Einteilung der Nichtwohngebäude in Nutzungsarten oft nach unterschiedlichen Kriterien erfolgt, sind die vorliegenden Daten häufig nicht miteinander vergleichbar.

Gebäude-nutzungs- typ für Nichtwohn- gebäude	Gebäude- anzahl [Mio.Geb.]	Nutzfläche [Mio. m ²] nach BAK	End- energie- bedarf [kWh/m ²]	Bauteil- flächen [m ²]	U-Wert [W/m ² K]
Bildungs- gebäude			BMVBS, Dirlich, 2011	BMVBS, Dirlich, 2011	BMVBS, Dirlich, 2011
Büro-, und Verwalt.- gebäude	Kohler, 1999	Kohler, 1999	BMVBS, Dirlich, 2011	BMVBS, Dirlich, 2011	BMVBS, Dirlich, 2011
Anstalts- gebäude	Kohler, 1999	Kohler, 1999			BMVBS, Dirlich, 2011
Hotels, Gaststätten	Kohler, 1999	Kohler, 1999			BMVBS, Dirlich, 2011
Handels-, Lager- gebäude	Kohler, 1999	Kohler, 1999			BMVBS, Dirlich, 2011
Fabrik-, Werkstatt- gebäude	Kohler, 1999	Kohler, 1999			BMVBS, Dirlich, 2011
Landwirt- schaftliche Betriebs- gebäude	Kohler, 1999	Kohler, 1999			BMVBS, Dirlich, 2011
Sonstige Nichtwohn- gebäude	Kohler, 1999	Kohler, 1999			BMVBS, Dirlich, 2011
Heilbe- handlungs- gebäude					BMVBS, Dirlich, 2011
Sporthallen	StaBu		BMVBS, Dirlich, 2011	BMVBS, Dirlich, 2011	BMVBS, Dirlich, 2011
Schwimm- hallen					BMVBS, Dirlich, 2011
Kultur- gebäude	StaBu				BMVBS, Dirlich, 2011
Beherber- gungs- gebäude	StaBu				BMVBS, Dirlich, 2011

Tabelle 5-7: Vergleich verschiedener Studien zum Nichtwohngebäudebestand und ihrer spezifischen Aussagen zu einzelnen Gebäudenutzungsarten



6 Bestimmung der Wärmeverluste durch Dämmrestriktionen

6.1 Bauphysikalischer Hintergrund des Gebäudebestandsmodells

Zur Berechnung der Wärmeverluste, die bundesweit an Dämmrestriktionen auftreten, wurde ein computerbasiertes Modell des Gebäudebestands in Deutschland aufgebaut. In dem Modell wird unterschieden nach 44 Wohn- und 56 Nichtwohngebäudetypen. Mit dem Gebäudemodell kann auf Basis der in Kapitel 4 und 5 beschriebenen Daten der Heizwärmebedarf als die Bezugsgröße, zu der die Wärmeverluste durch Dämmrestriktionen ins Verhältnis gesetzt werden, berechnet werden. Dieser kann nach einzelnen Gebäudetypen und Baualtersklassen aufgelöst werden, so dass sowohl Teilsummen für mehrere Gebäudetypen dargestellt werden können als auch die Gesamtsumme.

Ferner berechnet das Gebäudemodell die Wärmemenge, die durch Dämmrestriktionen verlorenght. Auch diese kann jeweils nach Gebäudetypen, Baualtersklassen oder einzelnen Restriktion aufgelöst werden.

Die Dämmrestriktionen werden berechnet wie in Kapitel 3.3 beschrieben. Dabei wird vorausgesetzt, dass bei der Sanierung eines Bauteils stets ein bestimmter Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) anvisiert wird. Wenn durch eine Dämmrestriktion dieser Wärmedurchgangskoeffizient nicht erreicht werden kann, so verbleibt eine U-Wert-Differenz. Mit dieser U-Wert-Differenz wird die Heizwärmebedarfs-Differenz berechnet, die durch die Dämmrestriktion verlorenght. Diese Berechnung basiert auf dem der DIN 4108 Teil 6 Monatsbilanzverfahren.

Die Formel für die Berechnung des Wärmeverlusts an einer Dämmrestriktion während eines bestimmten Monats in Anlehnung an DIN 4108 Teil 6 ist im Folgenden dargestellt.



$$\Delta Q_{DR,M,TYPi} = 0,024 \cdot ((U_{DR} - U_{San}) \cdot A_{DR}) \cdot (\theta_{iM} - \theta_{eM}) \cdot t_M \cdot n_{DR} \cdot n_{TYP}$$

Dabei ist:

$\Delta Q_{DR,M,TYPi}$ Heizwärmebedarfs-Differenz, die an einer bestimmten Dämmrestriktion bei einer bestimmten Sanierungsvorgabe in einem bestimmten Monat als Verlust auftritt

0,024 Umrechnungsfaktor von Wd in kWh

$U_{DR} - U_{San}$ Differenz zwischen dem Wärmedurchgangskoeffizienten, der bei einer bestimmten Dämmrestriktion erreicht werden kann, und dem eigentlich angestrebten Wärmedurchgangskoeffizienten (ohne Dämmrestriktion)

A_{DR} Fläche der Dämmrestriktion

$\theta_{iM} - \theta_{eM}$ Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Außentemperatur in einem bestimmten Monat.

t_M Anzahl der Tage des betreffenden Monats

n_{DR} Häufigkeit einer bestimmten Dämmrestriktion des betroffenen Gebäudetyps

n_{TYP} Anzahl der Gebäude eines bestimmten Typs

Der Wärmedurchgangskoeffizient der Dämmrestriktion U_{DR} wird berechnet aus dem Wärmedurchgangskoeffizienten der vorhandenen Konstruktion U_{Ur} sowie der bestmöglichen Dämmschicht, die im Falle einer bestimmten Dämmrestriktion noch aufgebracht werden kann. Die Eigenschaften dieser Dämmschicht werden quantifiziert durch ihre Dicke s_{DR} und ihre Wärmeleitfähigkeit λ_{San} , wie in der folgenden Formel gezeigt.

$$U_{DR} = \frac{1}{\frac{1}{U_{Ur}} + \frac{s_{DR}}{\lambda_{San}}}$$

Der Wärmedurchgangskoeffizient U_{San} , der bei einer Sanierung ohne Dämmrestriktion erzielt werden würde, wird für konventionelle Sanierungen aus den Mindestanforderungen der Energieeinsparverordnung entnommen, für zukunftsweisende Sanierungen wird er in Abhängigkeit von Gebäudetyp und Baualter aus der [Gebäudetypologie](#) entnommen.



Die Raumtemperatur θ_{iM} wird ganzjährig mit 19 °C angesetzt (gemäß DIN 4108-6, Tabelle D.3 - Randbedingungen für das Monatsbilanzverfahren). Die Außentemperaturen θ_{eM} werden monatsweise nach dem deutschen Referenzklima angesetzt (DIN V 4108-6, Tabelle D.5 – Referenzwerte der Strahlungsintensitäten und der Außentemperaturen für das Referenzklima Deutschland).

Die Häufigkeit n_{DR} , mit der eine bestimmte Dämmrestriktion bei einem bestimmten Gebäudetyp auftritt, wird als prozentualer Anteil an der Gesamtanzahl der Gebäude dieses Typs angegeben.

Die Anzahl der Gebäude eines bestimmten Typs n_{TYP} wird aus Tabellen entnommen, wie in Kapitel 5 beschrieben.

Der jährliche Wärmeverlust an einer bestimmten Dämmrestriktion ergibt sich aus der Summe der einzelnen monatlichen Verluste:

$$\Delta Q_{DR,San} = \sum_{M=1}^{12} \Delta Q_{DR,San,M}$$

Um den maximal zu erwartenden Wärmeverlust durch Dämmrestriktionen zu bestimmen, wird der oben beschriebene Rechengang für alle diejenigen Dämmrestriktionen durchgeführt, die in Kapitel 4.2 als besonders schwerwiegend ermittelt wurden.

Ein Beispiel zur Veranschaulichung:

In der Eingabeebene des Gebäudemodells werden die Angaben, die eine Dämmrestriktion charakterisieren, für jeden Gebäudetyp eingetragen. In Abbildung 6-1 ist ein Element der Eingabeebene gezeigt, mit dem die Daten für eine Dämmrestriktion und einen Gebäudetyp erfasst werden können.

Gebäude- typologie	Fußboden gegen Erdreich		Wände/Böden gegen Erdreich Raumhöhe nicht ausreichend			
	Anteil Gebäude mit dieser DR	A_{DR}	konv. Sanierung		zukunftsweisende Sanierung	
			max. Dämmstärk $e_{s_{DR,San1}}$	λ_{San1}	max. Dämmstärk $e_{s_{DR,San2}}$	λ_{San2}
	%	m ²	m	W/(mK)	m	W/(mK)
EFH_A	5	85,5	0	0,04	0,01	0,007

Abbildung 6-1: Auszug aus der Eingabeebene des Gebäudemodells zur Berechnung des Wärmeverlusts an Dämmrestriktionen

In diesem Beispiel wird für den Gebäudetyp EFH_A (Einfamilienhaus, Baualtersklasse bis 1859) die Dämmung des Bauteils „Fußboden gegen Erdreich“ analysiert. Hier findet sich die Dämmrestriktion „Raumhöhe nach Dämmung nicht ausreichend“.



In diesem Beispiel wird davon ausgegangen, dass 5 % der Gebäudetyppvertreter diese Restriktion aufweisen (die verbleibenden 95 % haben ausreichende Raumhöhe oder haben einen unbeheizten Keller).

Das Bauteil hat bei diesem Gebäudetyp im Mittel eine Fläche von 85,5 m².

In diesem Beispiel wird davon ausgegangen, dass die Kellersohle bei einer konventionellen Sanierung überhaupt nicht nachträglich gedämmt werden würde. Die maximale Dämmstärke wäre daher gleich Null. Bei einer zukunftsweisenden Sanierung dagegen wird in diesem Beispiel eine Vakuumdämmung eingesetzt (Wärmeleitfähigkeit von 0,007 W/mK) mit einer Stärke von 1 cm.

Bei der konventionellen Sanierung würde somit keine Verbesserung des Wärmedurchgangskoeffizienten erreicht werden. Er beträgt vor und nach der Sanierung 2,9 W/m²K. Der Anforderungswert für Kellersohlen beträgt gemäß Energieeinsparverordnung 0,3 W/m²K. Die U-Wert-Differenz beträgt also $2,9 \text{ W/m}^2\text{K} - 0,3 \text{ W/m}^2\text{K} = 2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Bei einer zukunftsweisenden Sanierung wird in diesem Beispiel zwar eine hochwertige Dämmung eingesetzt, aber das Anforderungsniveau ist gegenüber der konventionellen Sanierung höher. Der Wärmedurchgangskoeffizient der gedämmten Kellersohle beträgt 0,56 W/m²K – der Anforderungswert für zukunftsweisende Kellersohlen ist jedoch auf 0,27 W/m²K festgelegt. Die U-Wert-Differenz beträgt nun $0,56 \text{ W/m}^2\text{K} - 0,27 \text{ W/m}^2\text{K} = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Aus der U-Wert-Differenz, der Bauteilfläche, der Gebäudeanzahl und der Sanierungstiefe kann somit der Heizwärmebedarf berechnet werden, der bei Einfamilienhäusern der Baualtersklasse A aufgrund von Restriktionen bei der Dämmung der Kellersohle verursacht wird.

Die Aufsummierung aller nicht verhinderbaren Wärmeflüsse über alle Gebäudetypen und alle Restriktionen hinweg führt dann zu den gewünschten und nachfolgend dargestellten Gesamtergebnissen.

Alleine die Betrachtung dieses einen Beispiels macht deutlich, wie viele von Unsicherheiten belastete Eingangsgrößen notwendig sind, um zu dem gewünschten Ergebnis zu gelangen. Trotz der anzunehmenden Streubreite der Ergebnisse wird im Folgenden davon ausgegangen, dass das Verfahren dennoch in der Lage ist, verwertbare Grobausagen zu generieren.

6.2 Definition des konventionellen und des zukunftsweisenden Bauherren

In Kapitel 3.3 wurde dargestellt, dass die Höhe der Wärmeverluste an Dämmrestriktionen, genauer die Bedeutung der Dämmrestriktionen, vom energetischen Zustand eines Gebäudes abhängt. Dies ist leicht vorstellbar:



Vergegenwärtigt man sich ein nahezu ungedämmtes Gebäude ist deren Bedeutung gleich Null. Mit zunehmender Dämmung fallen bislang unwirksame Dämmrestriktionen zunehmend negativ ins Gewicht.

Um nun Dämmrestriktionen quantitativ zu erfassen, müssen Dämmstandards für die Gebäude festgelegt werden. Erwartungsgemäß werden die Gebäude diese im Zuge verschiedener Sanierungsmaßnahmen über die Jahre oder Jahrzehnte hinweg durchlaufen.

Eine hervorragende bauteil- und gebäudetypscharfe Definition von zwei klassischen Sanierungsstandards liefert die schon mehrfach zitierte „Gebäudetypologie“ des Instituts Wohnen und Umwelt. Die hier definierten Sanierungsarten, „konventionell“ und „zukunftsweisend“ werden nachfolgend übernommen. Diese sind grundsätzlich wie folgt definiert:

Deutsche Gebäudetypologie,
(IWU, Loga et al., 2011)
Beispielhafte Maßnahmen
zur Verbesserung der
Energieeffizienz von typischen
Wohngebäuden
Publikation im Rahmen des
EU-Projektes TABULA

- Konventionelle Sanierung

Dämmstärken und Dämmstoffe entsprechen der gängigen baupraktischen Umsetzung, wenn die Mindestanforderungen der Energieeinsparverordnung (EnEV 2009) eingehalten werden.

Bauherren nehmen gewisse Mehrkosten für die Beseitigung von Dämmrestriktionen in Kauf. Dämmrestriktionen, deren Beseitigung einen hohen Aufwand erfordern würde, werden hingenommen, das heißt es wird nicht gedämmt.

- Zukunftsweisende Sanierung

Die Wahl der Dämmstärken und Dämmstoffe orientiert sich an heutigen technisch und baupraktisch realisierbaren Standards. Damit werden in der Regel die Bauteilanforderungen an Passivhäuser erfüllt. Diese ambitionierten Bauherren nehmen höhere Kosten für die Beseitigung von Dämmrestriktionen in Kauf. Der erreichte Standard entspricht damit ungefähr einem KfW-Effizienzhaus 40 oder 55.

Die in der Gebäudetypologie ermittelten Wärmedurchgangskoeffizienten der einzelnen Hüllflächenbauteile für die zwei Sanierungsarten werden hier übernommen und stellen die energetische Ausgangsbasis für die Analyse der Dämmrestriktionen dar. Dieser Basis werden die Restriktionen aufgeprägt um deren Auswirkungen zu ermitteln.

Tabelle 6-1 zeigt exemplarisch an einem Einfamilienhaus aus den frühen 60er Jahren die verschiedenen, vom Institut Wohnen und Umwelt angenommenen Dämmzustände für die Bauteile Dach, Außenwand, Fenster und Fußboden. Diese Werte berücksichtigen noch keinerlei Auswirkungen etwaiger Dämmrestriktionen.



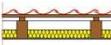
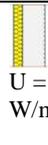
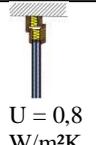
	Unsanier		konventionell saniert		zukunftsweisend saniert	
Dach	 U = 0,8 W/m ² K	Steildach mit 5 cm Dämmung	 U = 0,41 W/m ² K	Zwischensparrendämmung 12cm	 U = 0,14 W/m ² K	Zwischensparrendämmung 12 cm plus zusätzl. Lage 18 cm
Außenwand	 U = 1,2 W/m ² K	Mauwerk ungedämmt	 U = 0,23 W/m ² K	Wärmedämmverbundsystem 12 cm	 U = 0,13 W/m ² K	Wärmedämmverbundsystem 24 cm
Fenster	 U = 3,5 W/m ² K	Zweischeibenisierglas, Holzrahmen	 U = 1,3 W/m ² K	ZweischeibenWärmeschutz	 U = 0,8 W/m ² K	Dreischeibenwärmeschutz plus gedämmte Rahmen
Fußboden	 U = 1,1 W/m ² K	Betondecke, 1 cm Dämmung	 U = 0,31 W/m ² K	8 cm auf/unter Decke	 U = 0,23 W/m ² K	12 cm auf/unter Decke

Tabelle 6-1: Typische Konstruktionen eines Einfamilienhaustyps für konventionelle und zukunftsweisende Sanierung, Inhalte aus (IWU, Loga et al., 2011), eigene Darstellung



Deutsche Gebäudetypologie, (IWU, Loga et al., 2011) „Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden“ Publikation im Rahmen des EU-Projektes TABULA

Im Rahmen der TABULA-Studie hat das Institut Wohnen und Umwelt auch typische spezifische Heizwärmebedarfswerte für die einzelnen Gebäudetypen und ihre jeweiligen Sanierungszustände ermittelt. Diese werden unterschieden für Gebäude im Ist-Zustands sowie für konventionell und zukunftsweisend sanierte Gebäude. Diese Bedarfsangaben bilden die Grundlage für die Berechnung des Heizwärmebedarfs, wie er ohne Berücksichtigung von Dämmrestriktionen anzusetzen wäre. Auf diesen Heizwärmebedarf als Referenzgröße werden die Ergebnisse der Dämmrestriktionsberechnungen bezogen.

6.3 Kurzer Modelleinblick

An dieser Stelle soll mittels einiger weniger optischer Eindrücke der Modellaufbau und die -komplexität angedeutet werden. Wie in obigen Kapiteln beschrieben, wurden die thermischen Hüllen für jedes Gebäude in Deutschland hinsichtlich der Größe ihrer Einzelflächen, des jetzigen und der denkbaren zukünftigen Dämmzustände sowie ihre jeweiligen Anzahlen bestimmt.

Für jeden der 100 abgebildeten Gebäudetypen wurde ein ihn beschreibender Datensatz (analog zu den in Abbildung 6-2 und Abbildung 6-3 dargestellten Auszügen) angelegt. Diese Datensätze stellen die Basis zur Bestimmung der aufgrund von Undämmbarkeiten unvermeidbaren Energieverluste dar. Die in Kapitel 4 ermittelten Dämmrestriktionen werden hierzu den nunmehr bekannten Flächen zugeordnet und deren Einzelauswirkungen aufsummiert.



Bestimmung der Wärmeverluste durch Dämmrestriktionen

Gebäudetyp	beheizte Wohnfläche	beheiztes Gebäudevolumen	"Gebäudenutzfläche" A _N nach EnEV	A/V	Bauteilflächen											
					Dach	oberste Geschossdecke	Wand gegen außen	Wand gegen Erdreich	Innenwand gegen unbeheizten Keller	Fußboden gegen unbeheizten Keller	Fußboden gegen Erdreich	Decke nach unten gegen Außenluft	Fenster	Hautür	Hüllfläche	
					m ²	m ²	m ²	m ² /m ³	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²
EFH_A	199	767,6	245,6	0,547	134,2	0	169,8	0	0	0	85,5			28,8	2	420,2
EFH_B	128,9	595	190,4	0,638	83,1	0	194	0	0	0	45,6			22,3	2	379,8
EFH_C	275	1052,5	336,8	0,616	214	0	235,3	0	0	0	144,9			52,4	2	648,5
EFH_D	101	380	121,6	0,904	125,4	0	117,8	0	0	0	62	17,9		18,4	2	343,5
EFH_E	242	934,2	298,9	0,65	180,9	0	183,3	0	51	145	0			45,2	2	607,4
EFH_F	157,5	606	193,9	0,906	183,1	0	177,6	0	0	78,3	74			34,2	2	549,2
EFH_G	196	647	207	0,576	100,8	0	159,4	0	0	83,4	0			27	2	372,6
EFH_H	136,6	514	164,5	0,859	123,2	0	211,3	0	0	75,3	0			29,7	2	441,5
EFH_I	110,8	427,3	136,7	0,845	115,5	0	126,6	0	0	84,3	0			32,5	2	360,9
EFH_J	133,2	478,9	153,3	0,804	85,9	0	188,9	0	0	79,8	0			28,3	2	384,9
RH_B	87,2	390	124,8	0,55	60	60	74,5	0	0	60	0			18,1	2	214,6
RH_C	102,5	423,2	135,4	0,445	0	50,4	64,1	0	0	50,4	0			21,5	2	188,3
RH_D	136	468,6	150	0,738	0	81,2	134,7	0	0	81,2	0			46,7	2	345,7
RH_E	106,7	374,2	119,7	0,396	0	46,2	40,4	0	0	46,2	0			13,5	2	148,3
RH_F	96,6	335	107,2	0,599	0	60,9	53,7	0	0	60,9	0			23,4	2	200,8
RH_G	98,4	409,4	131	0,603	97,6	0	54,1	0	0	73	0			20,3	2	247

Gebäudetyp	beheizte Wohnfläche	beheiztes Gebäudevolumen	"Gebäudenutzfläche" A _N nach EnEV	A/V	U-Werte (Ur-Zustand)											Hüllflächenbezogener Transmissionswärmeverlust
					Dach	oberste Geschossdecke	Wand gegen außen	Wand gegen Erdreich	Innenwand gegen unbeheizten Keller	Fußboden gegen unbeheizten Keller	Fußboden gegen Erdreich	Decke nach unten gegen Außenluft	Fenster	Hautür		
					W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(m ² K)	m ²	W/(m ² K)	W/(m ² K)	
EFH_A	199	767,6	245,6	0,547	2,6	1	2	2	2	2,9	2,9			3,5	3	2,23
EFH_B	128,9	595	190,4	0,638	1,3	1	1,7	1,7	1,7	1,2	1,2			3,5	3	1,62
EFH_C	275	1052,5	336,8	0,616	1,4	0,8	1,7	1,7	1,7	1	1			3,5	3	1,62
EFH_D	101	380	121,6	0,904	1,4	0,8	1,4	1,4	1,4	1,01	1,01			3,5	3	1,44
EFH_E	242	934,2	298,9	0,65	0,8	0,6	1,2	1,2	1,2	1,6	1,6			3,5	3	1,32
EFH_F	157,5	606	193,9	0,906	0,5	0,6	1	1	1	1	1			3,5	3	0,97
EFH_G	196	647	207	0,576	0,5	0,5	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8			4,3	3	1,02
EFH_H	136,6	514	164,5	0,859	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6			3,5	3	0,77
EFH_I	110,8	427,3	136,7	0,845	0,35	0,3	0,3	0,3	0,3	0,45	0,45			1,9	2	0,57
EFH_J	133,2	478,9	153,3	0,804	0,25	0,24	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3			1,4	2	0,46
RH_B	87,2	390	124,8	0,55	1,3	1	1,7	1,7	1,7	1,2	1,2			2,7	3	1,4
RH_C	102,5	423,2	135,4	0,445	1,4	0,8	1,7	1,7	1,7	1	1			3,5	3	1,47
RH_D	136	468,6	150	0,738	1,4	0,8	1,2	1,2	1,2	2,1	2,1			3,5	3	1,55
RH_E	106,7	374,2	119,7	0,396	0,8	0,6	1,2	1,2	1,2	1,6	1,6			3,5	3	1,28
RH_F	96,6	335	107,2	0,599	0,5	0,6	1	1	1	1	1			3,5	3	1,16
RH_G	98,4	409,4	131	0,603	0,5	0,5	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8			3,5	3	0,95

Gebäudetyp	U-Werte (zukunftsweisende Sanierung)										
	Dach	oberste Geschossdecke	Wand gegen außen	Wand gegen Erdreich	Innenwand gegen unbeheizten Keller	Fußboden gegen unbeheizten Keller	Fußboden gegen Erdreich	Decke nach unten gegen Außenluft	Fenster	Hautür	
	W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(m ² K)	m ²	W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(m ² K)
EFH_A	0,14	0	0,14	0,16		0,27	0,27		0,8	0,8	
EFH_B	0,14	0	0,13	0,16		0,22	0,22		0,8	0,8	
EFH_C	0,14	0	0,13	0,16		0,21	0,21		0,8	0,8	
EFH_D	0,14	0	0,13	0,15		0,21	0,21		0,8	0,8	
EFH_E	0,14	0	0,13	0,15	0,21	0,23	0,23		0,8	0,8	
EFH_F	0	0,09	0,13	0,15		0,21	0,21		0,8	0,8	
EFH_G	0,14	0	0,12	0,14		0,2	0,2		0,8	0,8	
EFH_H	0,14	0	0,11	0,13		0,19	0,19		0,8	0,8	
EFH_I	0,14	0	0,11	0,11		0,19	0,19		0,8	0,8	
EFH_J	0,14	0	0,11	0,11		0,19	0,19		0,8	0,8	
RH_B	0	0,1	0,13	0,16		0,22	0,22		0,8	0,8	
RH_C	0	0,1	0,13	0,16		0,21	0,21		0,8	0,8	
RH_D	0	0,1	0,13	0,15		0,24	0,24		0,8	0,8	
RH_E	0	0,09	0,13	0,15		0,23	0,23		0,8	0,8	
RH_F	0	0,09	0,13	0,15		0,21	0,21		0,8	0,8	
RH_G	0,14	0	0,12	0,14		0,2	0,2		0,8	0,8	

Abbildung 6-2: Auszüge aus dem Gebäudebestandsmodell zur Beschreibung der Einzelflächen (oben), der Dämmqualitäten im Istzustand (Mitte) sowie der thermischen Qualitäten im maximal dämmbaren (maximal ambitionierter heutiger Bauherr) Zustand der thermischen Hüllen verschiedener Wohngebäude (Einfamilien- und Reihenhäuser) unterschiedliche Baujahre



Gebäudetyp	beheizte Wohnfläche	beheiztes Gebäudevolumen	"Gebäude nutzfläche" A _{th} nach EnEV	A/V	Bauteilflächen											
					Dach	oberste Geschossdecke	Wand gegen außen	Wand gegen Erdreich	Innenwand gegen unbeheizten Keller	Fußboden gegen unbeheizten Keller	Fußboden gegen Erdreich	Decke an den Außenluft	Fenster	Haustür	Hüllfläche	
					m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²
Büro-, Verwaltungsgebäude_A	1460,3	7148,1			696,2		323,1	140,1				640,5	0,0	638,3	22,9	
Büro-, Verwaltungsgebäude_B	1460,3	7148,1			696,2		323,1	140,1				640,5	0,0	638,3	22,9	
Büro-, Verwaltungsgebäude_C	1460,3	7148,1			696,2		323,1	140,1				640,5	0,0	638,3	22,9	
Anstaltsgebäude_A	2204,5	10113,6			1184,3		1086,2	183,1				1016,4	0,0	826,3	25,3	
Anstaltsgebäude_B	2204,5	10113,6			1184,3		1086,2	183,1				1016,4	0,0	826,3	25,3	
Anstaltsgebäude_F	2204,5	10113,6			1184,3		1086,2	183,1				1016,4	0,0	826,3	25,3	
Hotels, Gaststätten_A	816,3	3530,6			665,2		437,1	0,0				426,5	0,0	272,2	7,4	
Hotels, Gaststätten_B	816,3	3530,6			665,2		437,1	0,0				426,5	0,0	272,2	7,4	
Hotels, Gaststätten_C	816,3	3530,6			665,2		437,1	0,0				426,5	0,0	272,2	7,4	
Handels-, Lagergebäude_A	1126,2	10798,9			1414,7		955,7	0,0				1384,4	0,0	186,8	30,2	
Handels-, Lagergebäude_B	1126,2	10798,9			1414,7		955,7	0,0				1384,4	0,0	186,8	30,2	

Gebäudetyp	U-Werte (Ur-Zustand)											Hüllfläche bezogen Transmissionswärmeverlust
	Dach	oberste Geschossdecke	Wand gegen außen	Wand gegen Erdreich	Innenwand gegen unbeheizten Keller	Fußboden gegen unbeheizten Keller	Fußboden gegen Erdreich	Decke an den Außenluft	Fenster	Haustür		
	W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(m ² K)	m ²	W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(m ² K)	
Büro-, Verwaltungsgebäude_A	1	1	2	1,2	1,2	1,2	1,2		4,5			
Büro-, Verwaltungsgebäude_B	1	1	1,6	1,2	1,2	1,2	1,2		4,5			
Büro-, Verwaltungsgebäude_C	1	1	1,5	1,2	1,2	1,2	1,2		4,5			
Anstaltsgebäude_A	1	1	2	1,2	1,2	1,2	1,2		4,5			
Anstaltsgebäude_B	1	1	1,6	1,2	1,2	1,2	1,2		4,5			
Anstaltsgebäude_F	0,3	0,3	0,85	0,4	0,4	0,4	0,4		1,9			
Hotels, Gaststätten_A	1	1	2	1,2	1,2	1,2	1,2		4,5			
Hotels, Gaststätten_B	1	1	1,6	1,2	1,2	1,2	1,2		4,5			
Hotels, Gaststätten_C	1	1	1,5	1,2	1,2	1,2	1,2		4,5			
Handels-, Lagergebäude_A	1	1	2	1,2	1,2	1,2	1,2		4,5			
Handels-, Lagergebäude_B	1	1	1,6	1,2	1,2	1,2	1,2		4,5			

Gebäudetyp	U-Werte (zukunftsweisende Sanierung)										
	Dach	oberste Geschossdecke	Wand gegen außen	Wand gegen Erdreich	Innenwand gegen unbeheizten Keller	Fußboden gegen unbeheizten Keller	Fußboden gegen Erdreich	Decke an den Außenluft	Fenster	Haustür	
	W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(m ² K)	m ²	W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(m ² K)
Büro-, Verwaltungsgebäude_A	0,14		0,14	0,158			0,245	0,245		0,8	0,8
Büro-, Verwaltungsgebäude_B	0,14		0,1325	0,157			0,22	0,22		0,8	0,8
Büro-, Verwaltungsgebäude_C	0,14		0,13	0,155			0,21	0,21		0,8	0,8
Anstaltsgebäude_A	0,14		0,14	0,158			0,245	0,245		0,8	0,8
Anstaltsgebäude_B	0,14		0,1325	0,157			0,22	0,22		0,8	0,8
Anstaltsgebäude_F	0,14		0,13	0,147			0,21	0,21		0,8	0,8
Hotels, Gaststätten_A	0,14		0,14	0,158			0,245	0,245		0,8	0,8
Hotels, Gaststätten_B	0,14		0,1325	0,157			0,22	0,22		0,8	0,8
Hotels, Gaststätten_C	0,14		0,13	0,155			0,21	0,21		0,8	0,8
Handels-, Lagergebäude_A	0,14		0,14	0,158			0,245	0,245		0,8	0,8
Handels-, Lagergebäude_B	0,14		0,1325	0,157			0,22	0,22		0,8	0,8

Abbildung 6-3: Auszüge aus dem Gebäudebestandsmodell zur Beschreibung der Einzelflächen (oben), der Dämmqualitäten im Istzustand (Mitte) sowie der thermischen Qualitäten im maximal dämmbaren (maximal ambitionierter heutiger Bauherr) Zustand der thermischen Hüllen verschiedener Nichtwohngebäude unterschiedliche Baujahre



7 Einfluss der einzelnen Dämmrestriktionen auf die nicht wegdämmbare Wärmemenge

In diesem Kapitel werden die Auswirkungen einzelner Dämmrestriktionen oder Gruppen von Dämmrestriktionen hinsichtlich der durch sie verloren gegangenen Wärmemengen, also den nicht wegdämmbaren Wärmemengen dargestellt. Zum besseren Verständnis dienen die nachfolgenden einleitenden drei Aspekte:

1. Technischer Hintergrund und Datengenerierung

Nach den allgemeinen theoretischen, empirischen und modellhaften Analysen der Dämmrestriktionen in den vorherigen Kapiteln erfolgt nun eine quantitative Erfassung der Dämmrestriktionen.

Naturgemäß sind alle diesbezüglichen Angaben mit Unsicherheiten, teilweise sogar von erheblichem Ausmaß, versehen. Gründe hierfür sind die Vielseitigkeit der Gebäude, Baustile, Baustoffe und weitere individuelle Randbedingungen. In der nachfolgenden Analyse wurde versucht, diese durch eine möglichst feingliedrige Betrachtung der einzelnen Bauarten und Gebäudetypen zu minimieren. Hierzu mussten mehrere hundert Einzelwerte, die jeder für sich eine gemittelte Beschreibung einer Dämmrestriktion an einem bestimmten Bauteil eines Gebäudes eines bestimmten Baujahres beschreiben, festgelegt werden, um die Realität möglichst genau approximieren zu können.

Der Übersicht halber werden die zuvor bestimmten 13 wesentlichen Dämmrestriktionen nachfolgend zu 6 „Bauteilgruppen“ zusammengefasst. Diese sind:

- Außenwände
- Denkmalschutz
- Oberste Geschossdecke
- Kellerdecken
- Bauteile gegen Erdreich
- Fenster

Flachdächer und Steildächer sind in dieser Auflistung nicht enthalten. Sie werden von den Umfrageteilnehmern zwar durchaus als häufig auftretende Dämmrestriktionen genannt (zum Beispiel Terrassendächer), fallen aber bei der Gewichtung mit der betroffenen Bauteilfläche hinter die anderen Dämmrestriktionen zurück.

Die innerhalb dieser „Bauteilgruppen“ subsummierten Dämmrestriktionen werden in den einzelnen Kapiteln erläutert und mit Einzelwerten versehen. Als erste Veranschaulichung dient nachfolgende Tabelle, die eine erste Grobeinteilung vornimmt.



Bauteil(-gruppe)	Dämmrestriktionen
1. Außenwand	Sichtmauerwerk/Stuck/Ornamente/Faschen Architektur/Erscheinungsbild Feuchtegefahr bei Innendämmung Verminderte Dämmstärke bei Kerndämmung
2. Denkmalschutz	Außenwand Außendämmung Außenwand Innendämmung
3. Oberste Geschossdecke	Nicht zugänglich Gefahr von Feuchtebildung
4. Kellerdecke	Durchgangshöhe unzureichend Installationen unter der Decke
5. Bauteile gegen Erdreich	Durchgangshöhe nicht ausreichend
6. Fenster	Gefahr von Feuchtebildung an anderen Bauteilen

Tabelle 7-1: Kategorisierung der Bauteile und zugehörige Dämmrestriktionstypen

Die genannten sechs Bauteilgruppen werden in den nächsten Abschnitten nach folgender Methodik näher untersucht:

- Beschreibung der Dämmrestriktionen
- Untergliederung der Dämmrestriktion in Unterdämmrestriktionen
- Quantifizierung der Dämmrestriktion („Wie oft kommt sie vor?“)
- Herleitung der Flächen und Dämmstärken („Ist die gesamte Bauteilfläche betroffen?“)

Zur Festlegung der Daten wurden verwendet:

- eigene Annahmen zum energetischen Zustand von Bauteilen und zu den Durchschnittswerten der Wärmedurchgangskoeffizienten
- Baustoffkennwerte
- Ergebnisse der Umfrage
- eigene Gebäudeauszählungen
- Daten vorhandener Studien sowie
- Simulationsergebnisse eigener Berechnungen



2. Variable Sanierungseffizienz in Abhängigkeit bereits erfolgter Sanierungen

Neben den oben genannten eher technisch motivierten Aspekten spielt naturgemäß ebenso die Wirtschaftlichkeit einzelner Maßnahmen – selbst bei einer maximal motivierten Bauherrenschaft – eine nicht unerhebliche Rolle. Dabei hängt die Wirtschaftlichkeit energetischer Sanierungsmaßnahmen stark von der energetischen Qualität im Ist-Zustand ab. Je schlechter ein Gebäude im Ist-Zustand gedämmt ist, desto größer ist das Einsparpotenzial.

Da die Sanierungskosten zu großen Teilen unabhängig vom Ist-Zustand sind (zum Beispiel Kosten für Fassadengerüste, Putzarbeiten und ähnliches), ist die Sanierung von schlecht gedämmten Gebäuden in der Regel wirtschaftlich vorteilhafter als die von besser gedämmten Gebäuden. Bei unsanierten Gebäuden, die vor der ersten Wärmeschutzverordnung (1978) errichtet wurden, ist bei den aktuellen Energiepreisen eine energetische Sanierung häufig wirtschaftlich vorteilhaft darstellbar. Bei ihnen wird mit einer Komplettsanierung auf das Neubau-Niveau der Energieeinsparverordnung (EnEV) 2009 eine Verbesserung des spezifischen Transmissionswärmeverlusts (H_T') um etwa 70 % erreicht.

Gebäude, die nach der zweiten Wärmeschutzverordnung (1984) errichtet wurden, kommen heute regulär in den ersten Sanierungszyklus. Aufgrund ihres besseren energetischen Ist-Zustands, ist bei ihnen bereits mit längeren Amortisationszeiten zu rechnen. Der H_T' -Wert wird bei einer Sanierung auf das Neubau-Niveau der EnEV 2009 noch um etwa 50 % vermindert. Gebäude, die nach der EnEV von 2002 errichtet wurden, werden regulär noch vor 2050 in den ersten Sanierungszyklus kommen. Das Einsparpotenzial dieser Gebäude ist jedoch wesentlich geringer als das älterer Bestandsgebäude. Der H_T' -Wert wird bei einer Sanierung auf das Neubau-Niveau der EnEV 2009 nur um etwa 33 % vermindert. Die Kosten für eine zusätzliche Dämmung können nicht über die eingesparten Energiekosten refinanziert werden.

Selbst wenn angenommen wird, dass die Energiepreise in dieser Zeit sehr viel steiler ansteigen werden als die Preise für die Sanierungsmaßnahmen, bleibt die Wirtschaftlichkeit solcher künftiger Dämmmaßnahmen sehr fraglich.

Es wäre an dieser Stelle demnach unter Umständen auch statthaft, den Fokus nicht nur auf die Betrachtung bauteilbezogener Dämmrestriktionen (wie in den Kapiteln 7.1-7.6) zu begrenzen, sondern auch eine so genannten „Gebäude-Dämmrestriktion“, die das Ausgangsniveau der Dämmung berücksichtigt, einzuführen. Diesem Umstand wurde hier nachfolgend dergestalt Rechnung getragen, dass bauteilbezogene Restriktionen jüngerer Bauten stärker berücksichtigt werden als die älterer Bauten.



3. Allgemeine Berechnungsgrundlagen für den Ist-Zustand (2011) und die ebenso in Kap. 7 dargestellten Hochrechnungen bis zum Jahr 2050

In diesem Kapitel werden die Wärmeverluste durch die einzelnen Dämmrestriktionen für das Jahr 2011 dargestellt. Um den Einfluss der Dämmrestriktionen auf die künftige Entwicklung im Gebäudesektor untersuchen zu können, werden die Ergebnisse in Kapitel 8 in die Zukunft projiziert. Dazu werden den Ergebnissen Sanierungs-, Abriss- und Neubauraten aufgeprägt.

Dabei wird berücksichtigt, dass der Gebäudebestand im Anfangsjahr 2011 bereits zu einem Teil energetisch saniert wurde. Die Sanierungsraten können in dem Gebäudemodell getrennt nach den einzelnen Gebäudetypen und nach konventioneller beziehungsweise zukunftsweisender Sanierung angegeben werden. Für das Basisszenario wird für alle Gebäudetypen eine Sanierungsrate von 1,0 % (konventionell) und 0,05 % (zukunftsweisend) angesetzt.

Ebenso wird die übliche Nutzungsdauer von Bauteilen beziehungsweise die Länge der Sanierungszyklen nach Gebäudetypen getrennt angegeben. Im Basisszenario beträgt die Länge des Sanierungszyklus grundsätzlich 45 Jahre.

Es wird berücksichtigt, dass jüngere Gebäudetypen gegebenenfalls noch nicht den ersten Sanierungszyklus erreicht haben. Der Beginn des ersten Sanierungszyklus wird für jeden Gebäudetyp gesondert eingegeben. Er errechnet sich aus dem mittleren Baualter eines Gebäudetyps und der Länge des Sanierungszyklus.

Es wird ebenso berücksichtigt, dass ältere Gebäudetypen bereits in den zweiten Sanierungszyklus kommen. Wenn ein Gebäudetyp vollständig konventionell durchsaniert ist, wird angenommen, dass alle weiteren Sanierungen zukunftsweisend ausgeführt werden. Die Sanierungsrate für den zweiten Sanierungszyklus kann unabhängig von den anderen Sanierungsraten eingegeben werden. Hier kann also eine gegebenenfalls gesteigerte Sanierungstätigkeit in der Zukunft simuliert werden.



7.1 Dämmrestriktionen bei Außenwänden

7.1.1 Beschreibung der Dämmrestriktionen

Wenn Außenwände von Bestandsgebäuden bearbeitet werden, zum Beispiel mit Verkleidungen oder Dämmschichten versehen oder neu verputzt werden, so sind die Anforderungen der Energieeinsparverordnung (EnEV) einzuhalten. Diese schreiben für geänderte Außenwände einen maximalen Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) von $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ vor.

Werden Dämmschichten auf der Innenseite aufgebracht, so beträgt der Anforderungswert $0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$. Bei zweischaligen Außenwänden mit einer Luftschicht gelten die Anforderungen als erfüllt, wenn die Luftschicht mit schüttbaren Dämmstoffen ausgefüllt wird.

In der gängigen Baupraxis werden die Anforderungen bei Sanierungen in der Regel durch Aufbringen eines Wärmedämmverbundsystems (WDVS) auf der Außenseite erfüllt. Je nach Wahl des Dämmmaterials sind regelmäßig Dämmschichten von 10 bis 16 cm Stärke erforderlich.

In der Praxis ist es aus vielerlei Gründen jedoch nicht immer möglich, die Anforderungen der EnEV einzuhalten. Die Ursachen dieser Restriktionen hängen stark mit der Konstruktion der vorhandenen Außenwand zusammen.

Grundsätzlich lassen sich diese Bauarten aber ganz gut nach ihrer außenseitigen Oberfläche gruppieren, was auch nachfolgend durchgeführt wurde. Es sind dies:

- Sichtmauerwerk
- Putzfassaden
- Sonstige (Vorhangfassaden, Elementfassaden)

Diese Baustile lassen sich zudem nach der Lage eventuell schon vorhandener und zukünftig nachträglich aufbringbaren Dämmschichten unterscheiden.

Einen Eindruck der Vielfalt der Außenwandaufbauten im historischen Rückblick gibt folgende Tabelle.



Sichtmauerwerk	
Baukonstruktion	Zeitraum
einschalig, Vollziegel	vor 1918
Hohlmauerwerk: Die Luftschichten haben dabei keine Be- und Entlüftungsöffnungen	ab 1859 - 1952
zweischalig Vollziegel	vor 1918
zweischalig, nicht hinterlüftet mit Bindersteinen	ab 1859 - 1952
zweischalig, hinterlüftet mit Bindersteinen	ab 1910 - 1952
zweischalig, hinterlüftet mit Drahtankern	ab 1952 bis heute
zweischalig, hinterlüftet mit Drahtankern und Kerndämmung	ab 1952 bis heute
Einschaliges Mauerwerk	
Baukonstruktion	Zeitraum
Porenbeton Steine	ab 1940
Hohlblockstein aus Naturbimsbeton, Hüttenbimsbeton, Schlackbeton, Ziegelsplittbeton	ab 1943
Lochziegel sind erstmalig in DIN 105 von 1952 aufgeführt.	ab 1952
Vollsteine aus Leichtbeton	ab 1952
Porosierte Lochziegel sind ab etwa 1970 auf dem Markt angeboten worden	ab 1970
Einführung der Dünnbettlagerfuge und Verwendung von plangeschliffenen Ziegeln	ab 1985

Tabelle 7-2: Mauerwerksarten und deren Errichtungszeiträume, Quelle: (Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel im Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V., 2005)

1. Sichtmauerwerk

Als Sichtmauerwerk wird ein gewollt unverputztes Mauerwerk bezeichnet. Für seine Herstellung können verschiedene Arten von Mauersteinen verwendet werden, zum Beispiel Kalksandsteine, Natursteine oder keramische Vormauerziegel (Klinker). Sichtmauerwerkskonstruktion werden traditionell vor allem in Norddeutschland hergestellt, weil sie einen besonders hohen Schutz gegen Schlagregenbeanspruchung bieten. Hier sind sie meist prägend für das Bild von Städten und Ortschaften.



Zweischalige Wände bestehen aus zwei Mauerwerksschalen, die mit Bindersteinen oder Drahtankern miteinander verbunden sind.

mit Luftschicht und Wärmedämmung (Außenschale ist hinterlüftet)

mit Kerndämmung (ohne Luftschicht mit dichter Außenschale)

mit Luftschicht (für einen besseren Wärmeschutz gegenüber einschaligen Wänden – Außenschale nicht hinterlüftet)

Einschalige Wände bestehen aus einer einzigen Mauerwerksschale.

Zweischalig

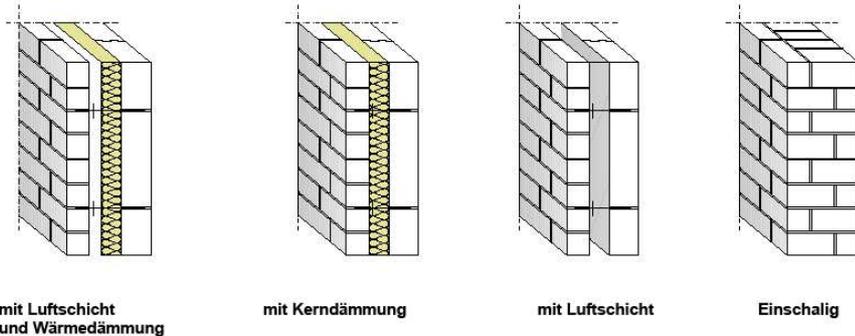


Abbildung 7-1: Möglichkeiten des Wandaufbaus bei ein- und zweischaliger Sichtmauerwerkkonstruktion

1.1 Sichtmauerwerk mit nachträglichem Wärmedämmverbundsystem

1.1.1 Einschaliges Sichtmauerwerk

Für die Gestaltung der Fassade gibt es in der Folge drei Möglichkeiten:

- Verputzen der Dämmschicht wie bei einem „normalen“ Wärmedämmverbundsystem,
- Verkleiden der Dämmung mit so genannten Ziegelriemchen (also dünnen keramischen Platten mit Ziegeloptik) oder
- Aufmauern einer neuen Verblenderschale vor der Dämmschicht.



Beim Verputzen der Dämmschicht wird die Ansicht des Gebäudes grundlegend geändert: von Sichtmauerwerk zu Putzfassade. Diese Konstruktion ist bauphysikalisch vergleichbar mit anderen Wärmedämmverbundsystemen und entsprechend wenig problematisch. Bei ortsbildprägenden Gebäuden ist eine solche Änderung jedoch nicht erwünscht.

Bei der Verkleidung der Dämmschicht mit Ziegelriemchen wird die Sichtmauerwerksansicht imitiert. Je nach Qualität der Sanierung kann sich dies in das Ortsbild einfügen oder auch sehr störend wirken. Bauphysikalisch ist diese Art der Ausführung wenig fehlertolerant. Auch bei richtiger handwerklicher Verarbeitung kann trotz einer Hydrophobierung regelmäßiger Schlagregen durch poröse Riemen oder durch die Fugen in die Konstruktion eindringen. In der dünnen Riemen-schicht treten zudem hohe Temperaturschwankungen auf, wodurch Risse an den Fugen entstehen können, die u. U. keinen ausreichenden Widerstand gegen Schlagregen mehr bieten.

Zudem behindert die hohe Sperrwirkung der Riemen-schicht den Feuchtetransport und damit die Austrocknung der Dämmschicht, so dass die



Feuchtigkeit sich im Bauteil aufkonzentriert und Bauschäden verursachen kann. Weitere detaillierte Details hierzu siehe auch (Himburg, 2008).

Als dritte Möglichkeit die Dämmung zu verkleiden, kann eine neue Verblenderschale vor der Dämmschicht aufgemauert werden. Diese Vorsatzschale besteht aus Vormauerziegeln und ist in der Regel 11,5 cm stark. Die Sichtmauerwerksoptik kann mit dieser Schale wieder neu hergestellt werden. Um eindringende Feuchtigkeit abzuleiten, wird ein hinterlüfteter Luftspalt zwischen Dämmung und Vorsatzschale vorgesehen. Somit ist die Konstruktion bauphysikalisch sicher gegen Schlagregen und eindiffundierte Feuchtigkeit. Jedoch müssen die statischen Lasten der Vorsatzschale abgefangen werden. Hierfür ist in der Regel ein zusätzliches Fundament erforderlich. Weiterhin ist problematisch, dass die Außenwände durch die Maßnahme erheblich dicker werden. Dies führt zu tieferen Fensterleibungen – also geringerem Lichteinfall – und zu Problemen an Bauteilanschlüssen (z.B. Dachüberstand). Da der Abstand zwischen vorhandener Außenwand und Vorsatzschale bei der Verwendung von Drahtankern nach DIN 1053-1 auf max. 150 mm begrenzt ist und der Lüftungsquerschnitt mindestens 40 mm betragen muss, wird üblicherweise die Dämmstoffdicke 100 mm gewählt. Bei Verwendung von zugelassenen Ankern kann der Schalenabstand entsprechend der jeweiligen bauaufsichtlichen Zulassung bis auf 200 mm erhöht werden, wodurch größere Dämmstärken ermöglicht werden. In jedem Fall ist die Dämmstoffdicke bei dieser Konstruktion begrenzt. In der Praxis wird diese Art der Sanierung aufgrund der hohen Kosten jedoch nur selten umgesetzt.

Keramische Bekleidungen auf Wärmedämmverbundsystemen und massiven Untergründen (Himburg, 2008)

1.1.2 Zweischaliges Sichtmauerwerk mit Kerndämmung

Neben den einschaligen Konstruktionen sind auch zweischalige Aufbauten für die Außenwand stark verbreitet. Zweischaliges Mauerwerk besteht aus einer inneren und einer äußeren Schale, zwischen denen ein Hohlraum angeordnet ist. Der Zweck dieser Ausführung bestand bereits bei Gebäuden aus dem 19. Jahrhundert darin, den Wärmedurchgang durch die Wand zu minimieren. Wenn Wärmedämmung zum Einsatz kam, so kann diese aus Platten, Matten, Granulaten, Schüttungen oder Ortschäumen bestehen und muss dauerhaft hydrophobierend, also wasserabweisend, sein.

1.1.3 Zweischaliges Sichtmauerwerk mit Luftschicht

Zweischaliges Mauerwerk wurde bis ca. 1952 mit einer Luftschicht zwischen den Schalen ausgeführt. Die Luftschicht zwischen den Mauerwerksschalen hat in der Regel eine Dicke von 6 bis 10 cm. Als Verbindung zwischen den Mauerwerksschalen dienen meist so genannte Bindersteine, also Mauersteine, die den Luftspalt überbrücken. An Fensterleibungen, Stürzen, Gebäudeecken, Heizkörpernischen und im Bereich von Decken ist die Luftschicht häufig unterbrochen, was die Dämmwirkung der Luftschicht stark mindern kann.



1.2 Sichtmauerwerk mit nachträglicher Innendämmung

(gilt analog auch für Putzfassaden)

Die nachträgliche Dämmung von Außenwänden von der Innenseite ist bauphysikalisch wesentlich anspruchsvoller als eine Dämmung von außen. Durch die Innendämmung wird die vorhandene Außenwand quasi außerhalb der thermischen Hülle gestellt. Dadurch treten nach einer Innendämmung in der Außenwand deutlich geringere Temperaturen auf. In ungestörten Bereichen der Wand (also ohne Berücksichtigung von Wärmebrücken) führt dies zu einem veränderten Austrocknungsverhalten. Eingedrungene Feuchtigkeit – zum Beispiel Schlagregen – wird durch die geringere Temperatur langsamer abtrocknen. Unterschreitet die Temperatur in der Außenwand die Frostgrenze, so besteht die Gefahr von Rissbildung. Eingedrungene Schlagregenfeuchte kann durch die raumseitige Dämmschicht außerdem weniger oder gar nicht nach innen abtrocknen. Bei einigen Innendämmungskonstruktionen kann dies zu erhöhten Feuchtigkeitsmengen an der Grenzschicht zwischen Außenwand und Dämmschicht führen.

Raumseitig ist der Feuchtigkeitstransport innerhalb der Dämmschicht zu beachten. Es besteht die Gefahr, dass Feuchtigkeit aus der Raumluft dampfförmig in die Dämmschicht eindringt, dort abkühlt und kondensiert. Wenn dieses flüssige Wasser nicht ausreichend wieder austrocknen kann, wird es sich in der Dämmschicht aufkonzentrieren und kann zu erheblichen Bauschäden führen. Dieser Gefahr durch eindiffundierte Raumluftfeuchte wird heute mit verschiedenen Strategien begegnet. Bei sauberer handwerklicher Ausführungen funktionieren diese Konstruktionen zufriedenstellend. Jedoch haben die gängigen Systeme nur eine geringe Fehlertoleranz gegenüber Ausführungsmängeln und das Risiko von Feuchteschäden steigt mit zunehmender Dämmstärke.

Weiterhin besteht ein erhöhtes Risiko im Bereich von Wärmebrücken, an denen die Innendämmschicht durchbrochen wird. Dies ist der Fall an Fensterleibungen, -stürzen und -brüstungen, an einbindenden Decken und Innenwänden. Hier besteht die Gefahr, dass besonders niedrige Oberflächentemperaturen auf der Raumseite auftreten, bei denen Raumluftfeuchte kondensiert und zu Feuchtigkeitsschäden und Schimmelwachstum führen kann. Durch eine Innendämmung werden die Wärmebrückeneinflüsse grundsätzlich verstärkt. In der gängigen Baupraxis werden diese Wärmebrücken mit dünneren Dämmstreifen abgemildert.

Besonders anspruchsvoll ist die Innendämmung von Gebäuden mit Holzbalkendecken. Die Balkenköpfe sind in den Außenwänden aufgelagert und durchstoßen entsprechend die Ebene der Innendämmung. Mit vertretbarem Aufwand kann kaum verhindert werden, dass Raumluftfeuchte durch die – sehr diffusionsoffene – Konstruktion der Holzbalkendecke in den Bereich der Balkenaufleger eindringt und dort kondensiert. In mehreren Studien wurde an den Balkenköpfen eine unzulässig hohe Materialfeuchte gemessen.



Bei einer nachträglichen Dämmung der Außenwände von der Innenseite stellt die Energieeinsparverordnung (EnEV) geringere Anforderungen als bei einer Dämmung von außen ($0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$ statt $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$). Für Fachwerkhäuser gilt ein noch weiter abgeschwächter Anforderungswert in der EnEV ($0,84 \text{ W/m}^2\text{K}$), weil bei ihnen zum einen die Gefahr von eindringendem Schlagregen besonders hoch ist. Zum anderen sind die Holzkonstruktionen von Fachwerkhäusern besonders empfindlich gegen erhöhte Materialfeuchte.

In einigen Studien werden für Innendämmungen noch weiter reduzierte Dämmschichten empfohlen, um Schäden zuverlässig zu vermeiden:

- „...Die Forderung nach einem begrenzten, zusätzlichen Wärmedurchlasswiderstand von maximal $1,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ bei einer notwendigen diffusionsoffenen Innendämmung in Verbindung mit Sichtfassaden für den ungestörten Bereich gelten erst recht für die Bereiche eingebundener Holzbalkenköpfe auch unter Einbeziehung heizrohrgestützter Wärmeenergieeinträge.“ (Stopp, 2003)
- „In etwa 90 % der Gesamtfläche Deutschlands führt eine Innendämmung bei den jeweils wärmetechnisch schlechtesten Wandkonstruktionen dazu, dass die Temperatur hinter der Innendämmung selbst bei einer Dämmschichtdicke von 10 cm ($R_{\text{Dämmung}} = 2,5 \text{ m}^2\text{K/W}$) immer über 5°C bleibt. Nur in den kältesten Klimaregionen Deutschlands wird diese Temperatur schon ab 5 cm Dämmung erreicht. Es erscheint sinnvoll, den Grenzwert für die relative Feuchte hinter der Dämmung für einfache Betrachtungen auf 95% (Gefriergrenze bei -5°C) festzulegen, wie dies im WTA-Merkblatt 6-4 geschehen ist. Dieser Wert stellt gleichzeitig den Übergang vom hygroskopischen Sorptionsfeuchtebereich zum überhygroskopischen Kapillarwasserbereich dar.“ (Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel im Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V., 2005)
- Innendämmungen reduzieren den Wärmedurchgang durch die Gebäudehülle nicht im gleichen Maß, wie das bei Außendämmungen der Fall ist, da die Verluste über Wärmebrücken überproportional zunehmen. Dämmschichtdicken über 6 cm ($R > 1,5 \text{ m}^2\text{K/W}$) sind deshalb nur selten energetisch sinnvoll. Außerdem erhöhen sie das Feuchteschadensrisiko (Innendämmung aus bauphysikalischer Sicht, Dr.-Ing. Martin Krus, Prof. Dr.-Ing. Klaus Sedlbauer, Dr.-Ing. Hartwig Künzel, Fraunhofer-Institut für Bauphysik).

Hygothermische Untersuchung der Balkenköpfe von Einschubdecken bei innen-gedämmten Außenwänden unter Einbeziehung der Heizungstechnik (Stopp, 2003)

(Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel im Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V., 2005)

Bemessung von Innendämmungen, Fraunhofer IBP, 2010



1.3 Sichtmauerwerk mit nachträglicher Kerndämmung (gilt analog auch für Putzfassaden)

Bei einem Teil der Gebäude, die vor 1930 errichtet wurden, wurden die Außenwände aus zwei Mauerwerksschalen mit einer dazwischen liegenden Luftschicht ausgeführt. Bei solchen zweischaligen Außenwänden mit einer Luftschicht gelten die Anforderungen der Energieeinsparverordnung (EnEV) als erfüllt, wenn die Luftschicht vollständig mit Dämmstoffen ausgefüllt wird. Die Luftschicht zwischen den Mauerwerksschalen hat in der Regel eine Dicke von 6 bis 10 cm. Als Verbindung zwischen den Mauerwerksschalen dienen meist so genannte Bindersteine, also Mauersteine, die den Luftspalt überbrücken. An Fensterleibungen, Stürzen, Gebäudeecken, Heizkörpernischen und im Bereich von Decken ist die Wand häufig „durchgemauert“, die Luftschicht also unterbrochen. Bei einer nachträglichen Kerndämmung gelangt kein Dämmstoff an diese „durchgemauerten“ Stellen. Durch die beschränkte Dämmstoffdicke und die ungedämmten Bereiche kann mit einer nachträglichen Kerndämmung in der Regel nur ein Wärmedurchgangskoeffizient von $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ erreicht werden.

2. Putzfassaden

Für die energetische Sanierung von Putzfassaden ist die Verwendung von Wärmedämmverbundsystemen gängige Praxis. In der Regel kann die Anforderung der Energieeinsparverordnung mit dieser Maßnahme eingehalten und sogar beträchtlich unterschritten werden.



Dämmrestriktionen treten für diese Konstruktion vor allem dann auf, wenn die Ansicht von Gebäuden nicht verändert werden soll. Dies betrifft zum einen Gebäude, die unter Denkmalschutz stehen. Zum anderen sind Gebäude betroffen, die ortsbildprägend sind oder auf deren Fassaden sich Ornamente befinden. Unter dem Begriff Ornamente sind Stuck, Friese und Malereien zusammengefasst. Die Art, die Häufigkeit, der Anteil an der Gebäudeoberfläche und der Grad der Dämmbarkeit dieser Ornamente werden nach Gebäudetyp und –baualter unterschieden. So sind Stuckfassaden typisch für die Gründerzeit. Häufig ist bei diesen Gebäuden jedoch nicht die gesamte Fassade verziert, sondern nur die Straßenansicht, so dass die anderen Außenwände durchaus zeitgemäß gedämmt werden können. Bei Gebäuden, die in den Jahren 1919 bis 1948 gebaut wurden, sind häufig Ornamente in Form von Sichtmauerwerkfeldern oder Friesen zu finden. Bei diesen Gebäuden sind meist alle Außenwände verziert, so dass eine nachträgliche Dämmung insgesamt erschwert wird.

Wenn diese Wandkonstruktion innen oder kerngedämmt gedämmt werden soll, so gilt das oben unter „1.2 Innendämmung von Sichtmauerwerk“ beziehungsweise unter „1.3 Sichtmauerwerk mit nachträglicher Kerndämmung“ bereits Gesagte analog.

Gebäude, die unter Denkmalschutz stehen, werden an dieser Stelle nicht betrachtet. Sie werden in Kapitel 7.2 behandelt.



3. Sonstige Fassaden

Unter dem Begriff der sonstigen Fassade werden im Folgenden mehrere Systeme zusammengefasst:

- vorgehängte hinterlüftete Fassade
- Elementfassade
- Pfosten-Riegel-Fassade

Allen genannten Systemen ist gemein, dass sie etwa ab 1960 verstärkt verbaut wurden. Im Sektor der Nichtwohngebäude ist ihr Anteil deutlich höher als bei Wohngebäuden. Im Wohngebäudesektor werden sie vor allem im Geschosswohnungsbau beziehungsweise in Hochhaussiedlungen eingesetzt. Die Großtafelbauweise wäre ebenfalls bei den sonstigen Fassadensystemen zu nennen. In Bezug auf eine nachträgliche Dämmung mit einem Wärmedämmverbundsystem, ist sie jedoch eher wie eine Lochfassade in Mauerwerksbauweise zu betrachten.

Die drei genannten Fassadensysteme sind jeweils für das nachträgliche Aufbringen eines Wärmedämmverbundsystems nicht geeignet.

3.1 Vorgehängte hinterlüftete Fassaden

Diese bestehen aus der tragenden Wand, einer vorgehängten Schale, die den Witterungsschutz gewährleistet, und der Unterkonstruktion, die die Schale trägt. Die Unterkonstruktion aus Stahl oder Aluminium ist so ausgebildet, dass die äußere Schale von Außenluft hinterströmt wird. Je nach Baualter sind auf der Außenseite der tragenden Wand Dämmschichten vorhanden. Ihre Dicke beträgt baualtersspezifisch häufig 4 bis 8 cm. Auf einer vorgehängten hinterlüfteten Fassade kann ein Wärmedämmverbundsystem nicht aufgebracht werden. Zum einen müssten dazu die zusätzlichen Lasten der Dämmschicht in die Unterkonstruktion eingeleitet werden, zum anderen wäre die Dämmschicht unwirksam, da sie von Außenluft hinterströmt werden würde. Vorgehängte hinterlüftete Fassaden können dadurch energetisch ertüchtigt werden, dass die äußere Schale demontiert wird und auf der tragenden Wand eine Dämmschicht aufgebracht wird. Um die äußere Schale nach der Maßnahme wieder zu befestigen, ist in der Regel eine neue Unterkonstruktion erforderlich, die die größere Dicke der Dämmschicht berücksichtigt.



Vorgehängte hinterlüftete Fassaden sind häufig sehr beständig. So sind zum Beispiel repräsentative Fassaden, die aus hochwertigen Natursteinen bestehen, so ausgelegt, dass sie während des Lebenszyklus eines Gebäudes nicht ausgetauscht werden müssen. Der Aufwand für eine nachträgliche Dämmung kann also häufig nicht mit einer ohnehin notwendigen Instandhaltung verbunden werden. Vorhangfassaden werden aber - auch abseits der energetischen Sanierung – saniert, wenn sie verwittert sind (zum Beispiel Holzschalen) oder wenn sie aus Asbestzement bestehen.



3.2 Elementfassaden

Diese bestehen aus werkseitig vorgefertigten, mindestens geschosshohen Einzelementen. Sie haben keine statischen Funktionen, sondern werden mit Befestigungskonsolen am Gebäude verankert. Ähnlich wie bei den vorgehängten hinterlüfteten Fassaden wäre auch hier beim Aufbringen eines Wärmedämmverbundsystems zu prüfen, ob die zusätzlichen statischen Lasten von den Konsolen aufgenommen werden können. Da Elementfassaden in der Regel jedoch keine verputzte Oberfläche aufweisen, werden Wärmedämmverbundsysteme – die ja regelmäßig zum Verputzen der Oberflächen nach der Sanierung führen – für die Ertüchtigung von Elementfassaden nicht eingesetzt. Gebäude mit Elementfassaden werden energetisch ertüchtigt, indem die gesamte Fassade ausgetauscht wird. Dies ist nur in Ausnahmefällen im Rahmen einer ohnehin durchzuführenden Instandhaltung erforderlich. Dadurch ist eine solche Sanierung kaum wirtschaftlich darstellbar.

3.3 Pfosten-Riegel-Fassaden



Pfosten-Riegel-Fassaden werden aus tragenden Profilen, die wahlweise mit Fenstern oder mit opaken Elementen ausgefacht werden, aufgebaut. Sie sind konstruktiv nicht für eine nachträgliche Dämmung mit einem Wärmedämmverbundsystem geeignet. Pfosten-Riegel-Fassaden werden energetisch ertüchtigt, indem nur die Gefache ausgetauscht werden. Wenn die tragenden Profile jedoch schlecht gedämmt sind, kann nur die gesamte Konstruktion ausgetauscht werden.

Sowohl Elementfassade als auch Pfosten-Riegel-Fassaden sind konstruktiv für eine nachträgliche Innendämmung nicht geeignet. Für eine energetische Ertüchtigung müssen die Fassadenelemente ausgetauscht werden.

Die beschriebenen Fallunterscheidungen zeigt Tabelle 7-3.

Wand-konstruktionen im Bestand	Sichtmauerwerk			Putzfassaden		Sonstige	
	einschalig	zweischalig mit Dämmkern	zweischalig mit Luftschicht	Architektur, Geometrie	Ornamente, Stuck	Vorhang-fassade	Element-fassade
Wärmedämm-verbundsystem (WDVS)	nur möglich bei: 1. Änderung zu Putzsichtigkeit 2. Verwendung von Riemchen 3. Neuer-blendung	nur möglich bei: 1. ausreichender stat. Belastbarkeit der Vorsatz-schale 2. Neuer-blendung	nur möglich bei Neuerblendung (Erhaltung der Hinterlüftung)	nur eingeschränkt möglich bei "stadtbildprägenden" Gebäuden		nur möglich durch Neuaufbau der Außenschale	
Innen-dämmung	Dämmung regelmäßig begrenzt auf 0,35 W/m ² K (0,84 W/m ² K für Fachwerk) gem. EnEV; bei Holzbalkendecken ggf. bauphysikalisch nur schwächere Dämmung möglich					i.d.R. nicht mit der vorhandenen Konstruktion vereinbar	
nachträgliche Kerndämmung	konstruktiv nicht möglich, da kein Luftspalt vorhanden		Dämmdicke = Luftspalt; Risiko von vermindertem Feuchtettransport	nur möglich, wenn zweischalig, Dämmdicke = Luftspalt; Risiko von vermindertem Feuchtettransport		konstruktiv nicht möglich, da kein Luftspalt vorhanden	

Tabelle 7-3: Übersicht über die Konstruktionsarten von Außenwänden und ihre spezifischen Dämmrestriktionen

7.1.2 Zahlenmäßige Erfassung der Dämmrestriktion „Außenwand“ (ohne Denkmalschutz)

Aus dem zuvor Gesagten wird deutlich, dass der zahlenmäßigen Bestimmung der außenseitigen Wandoberflächen besonderes Augenmerk zukommen sollte. Angaben über die bundesweite Verteilung von Sichtmauerwerks- und Putzfassaden sowie den beschriebenen sonstigen Fassaden in vorhandenen Studien existieren jedoch nicht.

1. Auswertung von Luftbildern

Mittels einer aufwändigen stichprobenartigen Auszählung von ausgewählten Luftaufnahmen konnten Anhaltswerte über die Verteilung der Fassadengestaltung generiert werden. Ziel war es, ein halbes Promille des Gebäudebestands repräsentativ auszuwerten. Von den ca. 20 Mio. Gebäuden in Deutschland sollten also rund 10.000 Gebäude ausgewertet werden.

Damit konnte der prozentuale Anteil an Sichtmauerwerk und erhaltenen Fassaden in Deutschland bestimmt werden. Die Zählung soll außerdem die Verteilung verschiedener Fassadenausbildungen in Deutschland widerspiegeln. Sie bezieht sich auf Wohngebäude und Nichtwohngebäude. Dafür wurden die auf Luftbildern sichtbaren Gebäude von allen Bundesländern ausgezählt. Ein Beispiel eines solchen (stark verkleinerten) Bildes zeigt Abbildung 7-2.



Abbildung 7-2: Luftaufnahme eines innerstädtischen Bereichs. Anhand solcher Aufnahmen wurde der prozentuale Anteil erhaltenen Fassaden ausgezählt.

Vorgehensweise bei der Auszählung:

Aus der Gesamtzahl der Gebäude in Deutschland, der Gebäudezahl in den einzelnen Bundesländern und der Zielvorgabe, ein halbes Promille des Bestands zu erfassen, wurde ein Verteilungsschlüssel aufgestellt. Mit Hilfe des Schlüssels wurde die Anzahl der zu zählenden Gebäude je Bundesland festgelegt. Ferner wurde unterschieden nach den Kategorien Innenstadt, Stadtrand und ländliche Region. Entsprechende Luftaufnahmen wurden ausgewählt

Es wurden alle erkennbaren Fassaden gezählt und in Wohn- und Nichtwohngebäude unterschieden. Weiterhin konnte festgestellt werden, wie



viele Fassaden aus Sichtmauerwerk bestehen beziehungsweise aus anderen Gründen als erhaltenswert erscheinen. Als erhaltenswert wurden insbesondere Stuckfassaden und Fachwerkgebäude erfasst. Bei Nichtwohngebäuden wurden auch die oft schwierig zu ertüchtigenden Vorhang- und Doppelfassaden in die Rubrik „erhaltenswert“ eingestuft.

Auf diese Weise wurden die Fassaden von rund 13.600 Gebäuden ausgezählt – hiervon rund 12.300 Fassaden von Wohngebäuden und rund 1.300 Fassaden von Nichtwohngebäuden (NWG-Fassadenanteil 10 %). Die Zahlen repräsentieren damit annähernd das Verhältnis der 1,2 Mio. Nichtwohngebäude bei rund 18,8 Mio. Wohngebäude (NWG-Anteil 7 %). Betrachtet man nun für die beiden Gebäudesektoren die Aufsplittung in die Bereiche Sichtmauerwerk, erhaltenswerte Fassade und sonstige Fassade, so ergeben sich die in nachfolgender Abbildung gezeigten Werte.

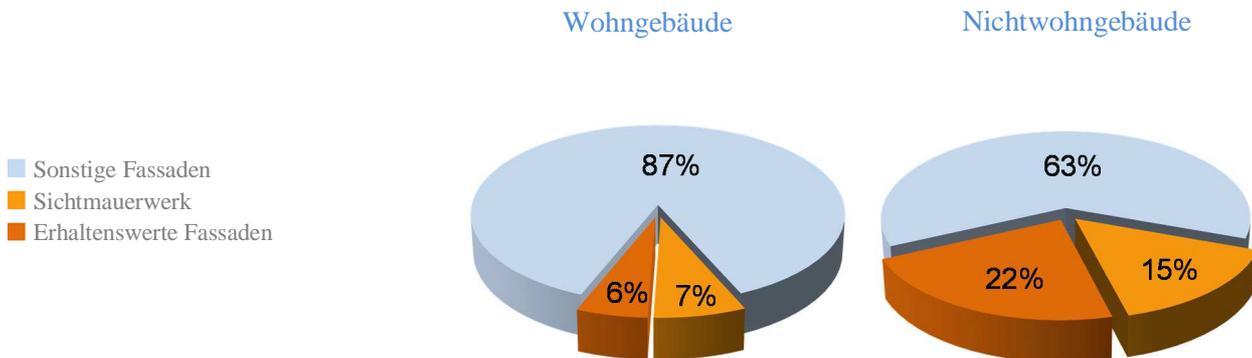


Abbildung 7-3: Prozentuale Anteile für Sichtmauerwerk und erhaltenswerte Fassaden für den Bereich der Wohn- (links) und Nichtwohngebäude (rechts)

In Tabelle 7-4: sind die detektierten Fassadentypen für Wohngebäude (analog für Nichtwohngebäude in Tabelle 7-5) für die einzelnen Bundesländer aufgelistet. Bei den betrachteten Fassaden konnten 7 % Sichtmauerwerksfassaden bei Wohngebäuden und 15 % bei Nichtwohngebäuden bestimmt werden. Bei den erhaltenswerten Fassaden lagen die Werte bei 6 % (Wohngebäude) und 22 % (Nichtwohngebäude).

Von den insgesamt erfassten Gebäuden (Wohn- und Nichtwohngebäude zusammen) sind 7,98 % als Sichtmauerwerk ausgeführt und 7,12 % der Gebäude weisen erhaltenswerte Fassaden auf. Zu erkennen ist ein Nord-Süd-Gefälle bei den Sichtmauerwerksfassaden. Die Bundesländer: Niedersachsen, Schleswig-Holstein und Nordrhein-Westfalen weisen die meisten Sichtmauerwerksfassaden auf. In Bayern gibt es die meisten erhaltenswerten Fassaden.

Weitere Quantifizierungen über Außenwände mit Stuck, Ornamente, Faschen oder Außenwände, die alternativ durch eine Innenwand gedämmt wurden, existieren nicht



Bundesländer	Wohngebäude- anzahl	Anzahl der sichtbaren Fassaden	Sichtmauer- werk Fassade	Erhaltens- werte Fassade
Thüringen	517.833	329	3	28
Sachsen-Anhalt	567.771	449	20	40
Sachsen	786.447	954	71	39
Mecklenburg- Vorpommern	371.420	226	13	18
Brandenburg	616.838	346	21	40
Berlin	315.205	178	6	15
Saarland	299.259	111	8	25
Bayern	2.917.505	2361	55	211
Baden- Württemberg	2.319.984	1552	53	91
Rheinland-Pfalz	1.128.173	1027	32	29
Hessen	1.321.779	761	15	9
Nordrhein- Westfalen	3.669.899	2016	155	74
Bremen	134.125	113	0	0
Niedersachsen	2.080.750	1194	248	34
Hamburg	238.266	199	63	5
Schleswig- Holstein	744.003	528	124	26
Gesamtsumme	18.029.257	12.344	887	684

Tabelle 7-4: Datentabelle Luftbilderauswertung – Wohngebäude



Bundesländer	Anzahl der sichtbaren Fassaden	Sichtmauerwerk Fassade	Erhaltenswerte Fassade
Thüringen	50	4	13
Sachsen-Anhalt	48	11	8
Sachsen	56	5	15
Mecklenburg-Vorpommern	24	7	2
Brandenburg	21	4	6
Berlin	1	0	1
Saarland	23	6	10
Bayern	177	12	70
Baden-Württemberg	142	18	42
Rheinland-Pfalz	104	12	18
Hessen	148	10	22
Nordrhein-Westfalen	277	50	44
Bremen	4	0	1
Niedersachsen	164	40	25
Hamburg	44	9	10
Schleswig-Holstein	23	14	1
Gesamtsumme	1.306	202	288

Tabelle 7-5: Datentabelle Luftbilderauswertung - Nichtwohngebäude

2. Gebäudebestand nach IWU

In der Datenbasis Gebäudebestand vom Institut Wohnen und Umwelt (IWU) werden die häufigsten Konstruktionstypen der Außenwände wie folgt aufgelistet.



	Altbau bis 1978	BJ 1979 - 2004	Neubau ab 2005
Einschaliges Mauerwerk	63,8% +/- 1,5%	56,0% +/- 2,1%	57,5% +/- 4,2%
Zweischaliges Mauerwerk	28,7% +/- 1,5%	32,8% +/- 2,0%	27,8% +/- 3,8%
Fachwerk	4,4% +/- 0,5%	0,4% +/- 0,1%	0,6% +/- 0,6%
Holz- Fertigteile, sonstiger Holzbau	1,5% +/- 0,2%	7,5% +/- 0,7%	13,0% +/- 3,1%
Betonfertigteile, Großtafelbau, Plattenbau	1,5% +/- 0,3%	3,1% +/- 0,8%	0,8% +/- 0,4%
Sonstiges	0,1% +/- 0,0%	0,2% +/- 0,1%	0,2% +/- 0,2%

Tabelle 7-6: Wandtypen im Wohngebäudebestand nach Baualtersklasse, Quelle: (IWU, Loga et al., 2011)

	Alle EFZH	Alle MFH	EFZH Altbau	MFH Altbau
Einschaliges Mauerwerk	60,7% +/- 1,5%	64,0% +/- 2,2%	63,0% +/- 1,6%	67,0% +/- 2,6%
Zweischaliges Mauerwerk	30,7% +/- 1,6%	25,7% +/- 2,2%	29,8% +/- 1,6%	24,5% +/- 2,6%
Fachwerk	3,3% +/- 0,4%	2,1% +/- 0,6%	4,8% +/- 0,5%	2,6% +/- 0,7%
Holz- Fertigteile, sonstiger Holzbau	4,4% +/- 0,4%	0,5% +/- 0,2%	1,9% +/- 0,3%	0,2% +/- 0,2%
Betonfertigteile, Großtafelbau, Plattenbau	0,7% +/- 0,2%	7,7% +/- 1,6%	0,4% +/- 0,1%	5,7% +/- 1,2%
Sonstiges	0,1% +/- 0,1%	0,0% +/- 0,0%	0,1% +/- 0,1%	0,0% +/- 0,0%

Tabelle 7-7: Wandtypen im Wohngebäudebestand nach Gebäudetypen, Quelle: (IWU, Loga et al., 2011)



3. Eigene Umfrage

In der Umfrage, die im Rahmen dieses Projekts durchgeführt wurde (Kapitel 4.2), wurde von den Teilnehmern die folgende Bewertung zu den Restriktionen bei der Dämmung von Außenwänden abgegeben. Als die größten Probleme wurden folgende Aspekte genannt: Stuck/Ornamente/Faschen, Dachüberstand nicht ausreichend und Sichtmauerwerk. Einen hohen Stellenwert hat aber auch das Erscheinungsbild der Architektur und das Verhältnis Aufwand zu Kosten.

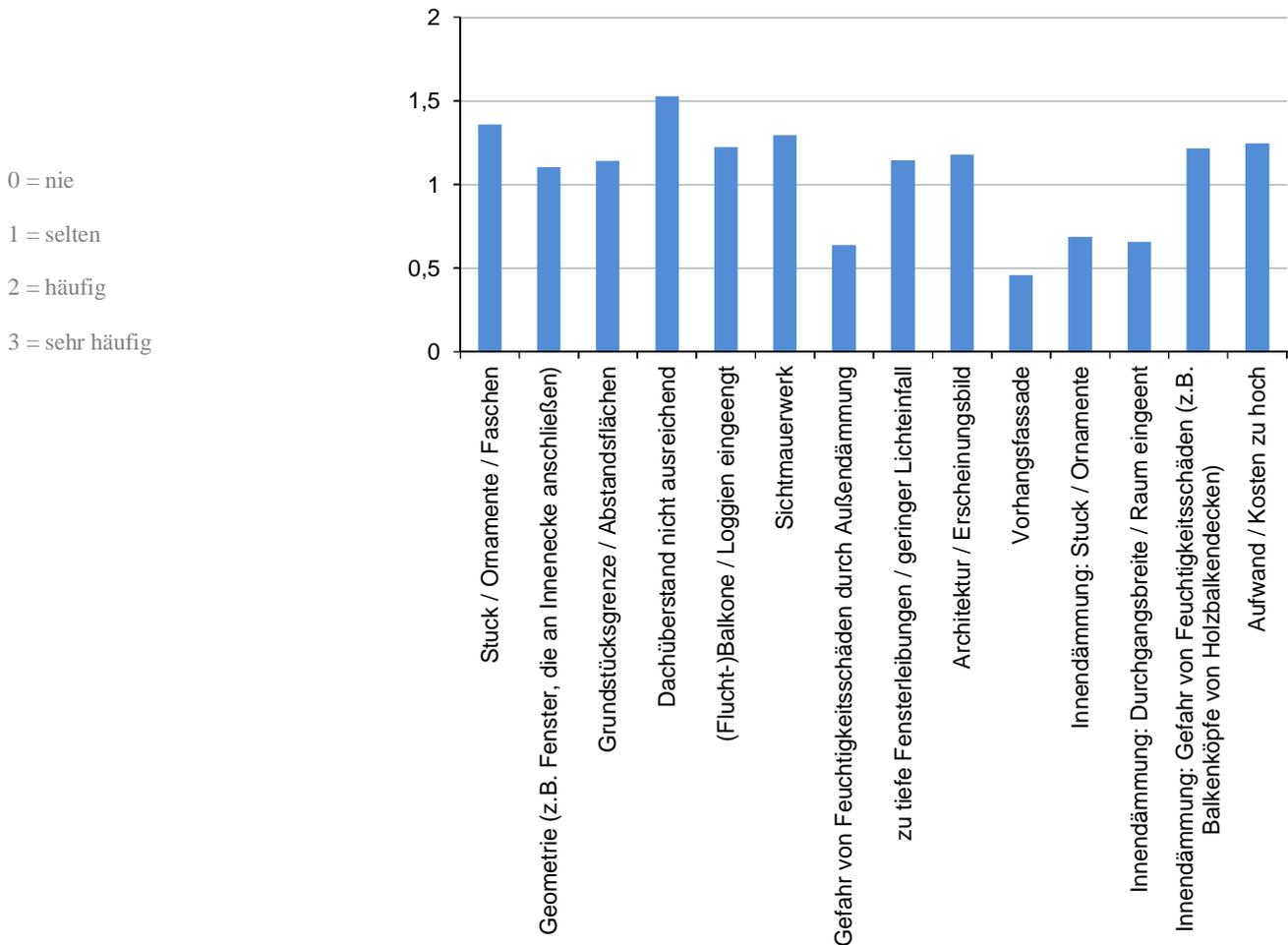


Abbildung 7-4: Nennungen der in Kapitel 4.2 beschriebenen Umfrage

Nach der Gewichtung der Umfrageergebnisse nach Größe der betroffenen Flächen und „Schwere der Undämmbarkeit“ sind Sichtmauerwerksfassaden die Dämmrestriktion mit der höchsten Relevanz (Abbildung 4-12).

Im Gesamtergebnis wurden für die Restriktionen der Bauteilgruppe „Außenwand“ (ohne Denkmalschutz) folgende Zahlen generiert und in das Modell eingegeben:



4. Verwendetes Zahlenmaterial

4.1 Wärmedämmverbundsystem

Einschaliges Sichtmauerwerk

Einschaliges Mauerwerk ist begrenzt auf die Baujahre vor 1918 jedoch ohne Fachwerkgebäude. Es wird davon ausgegangen, dass bei den 7 % der Wohngebäude und 15 % der Nichtwohngebäude mit Sichtmauerwerksfassaden folgende Sanierungen in den genannten Anteilen durchgeführt werden:

- 2 % dämmen trotz des Sichtmauerwerks mit einem Wärmedämmverbundsystem und verzichten auf Mauerwerksansicht
- 67 % führen eine Innendämmung durch
- 10 % dämmen mit einem Wärmedämmverbundsystem und verkleiden dieses mit Ziegelriemchen
- 21 % dämmen gar nicht.

Zweischaliges Sichtmauerwerk mit Hinterlüftung

Zweischaliges Mauerwerk ist begrenzt auf die Baujahre nach 1918. Es wird davon ausgegangen, dass bei den 7 % der Wohngebäude und 15 % der Nichtwohngebäude mit Sichtmauerwerksfassaden folgende Sanierungen in den genannten Anteilen durchgeführt werden:

- 67 % führen eine Innendämmung durch
- 33 % dämmen gar nicht

Zweischaliges Sichtmauerwerk mit ruhender Luftschicht

Zweischaliges Mauerwerk mit ruhender Luftschicht ist begrenzt auf die Baujahre bis 1952. Es wird davon ausgegangen, dass bei den 7 % der Wohngebäude und 15 % der Nichtwohngebäude mit Sichtmauerwerksfassaden folgende Sanierungen in den genannten Anteilen durchgeführt werden:

- 70 % sanieren mit schüttbaren Dämmstoffen
- 4 % führen eine Innendämmung durch
- 26 % dämmen gar nicht

Putzfassaden

Bei Gebäuden der Baujahre bis 1918 ist nur die halbe Fassadenfläche mit Ornamenten verziert. Es wird davon ausgegangen, dass 75 % der Wohngebäude dieser Baujahre Stuck- oder Ornamentfassaden haben. Es werden folgende Sanierungen in den genannten Anteilen durchgeführt:

- 10 % dämmen mit einem Wärmedämmverbundsystem und bilden die Ornamente nach
- 60 % führen eine Innendämmung durch
- 30 % dämmen überhaupt nicht



Bei Gebäuden der Baujahre von 1919 bis 1948 ist die gesamte Fassadenfläche betroffen. Es wird davon ausgegangen, dass 30 % der Wohngebäude dieser Baujahre Ornamentfassaden haben. Es werden folgende Sanierungen in den genannten Anteilen durchgeführt:

- 50 % überdämmen die Ornamente
- 30 % führen eine Innendämmung durch
- 20 % dämmen überhaupt nicht

Bei Gebäuden der Baujahre von 1949 bis 1957 ist die gesamte Fassadenfläche betroffen. Es wird davon ausgegangen, dass 10 % der Wohngebäude dieser Baujahre Ornamentfassaden haben. Es werden folgende Sanierungen in den genannten Anteilen durchgeführt:

- 50 % überdämmen die Ornamente
- 30 % führen eine Innendämmung durch
- 20 % dämmen überhaupt nicht

Bei Nichtwohngebäuden der Baujahre bis 1918 ist nur die halbe Fassadenfläche mit Ornamenten verziert. Es wird davon ausgegangen, dass 75 % dieser Gebäude Stuck- oder Ornamentfassaden haben. Es werden folgende Sanierungen in den genannten Anteilen durchgeführt:

- 10% dämmen mit einem Wärmedämmverbundsystem und bilden die Ornamente nach
- 40 % führen eine Innendämmung durch
- 50 % dämmen überhaupt nicht

Bei Nichtwohngebäuden der Baujahre von 1919 bis 1948 ist die gesamte Fassadenfläche betroffen. Es wird davon ausgegangen, dass 22 % dieser Gebäude Ornamentfassaden haben. Es werden folgende Sanierungen in den genannten Anteilen durchgeführt:

- 50 % überdämmen die Ornamente
- 30 % führen eine Innendämmung durch
- 20 % dämmen überhaupt nicht

Bei Nichtwohngebäuden der Baujahre von 1949 bis 1965 ist die gesamte Fassadenfläche betroffen. Es wird davon ausgegangen, dass 15 % dieser Gebäude Ornamentfassaden haben. Es werden folgende Sanierungen in den genannten Anteilen durchgeführt:

- 67 % überdämmen die Ornamente
- 20 % führen eine Innendämmung durch
- 13 % dämmen überhaupt nicht

Sonstige Fassaden

Vorgehängte hinterlüftete Fassaden, Pfosten-Riegel-Fassaden und Elementfassaden treten vor allem bei großen Wohngebäuden der Baujahre von 1969 bis 1994 und bei Nichtwohngebäuden ab 1979 auf. Es ist gesamte die Fassadenfläche betroffen. Es wird davon ausgegangen, dass 15 % dieser



Gebäude mit den genannten Fassadensystemen ausgestattet sind. Es werden folgende Sanierungen in den genannten Anteilen durchgeführt:

- 67 % ertüchtigen die Fassade oder tauschen sie aus, jedoch nur im Zusammenhang mit zukunftsweisenden Sanierungen
- 34 % dämmen überhaupt nicht

4.2 Innendämmung

Lochfassaden

Bei der Betrachtung der nachträglichen Innendämmung werden verschiedene Fassadentypen unter dem Begriff Lochfassade zusammengefasst. Dies sind insbesondere die Mauerwerksbauten und die Großtafelbauweise.

Für Fachwerkhäuser wird angenommen, dass sie zu 80 % mit Innendämmungen versehen werden. Die Anteile der Innendämmsysteme bei den übrigen Gebäudetypen ergibt sich als Summe der oben getroffenen Annahmen. Sie betragen je nach Gebäudetyp 3 bis 35 %.

Bei Innendämmungen werden in der Regel höhere Wärmedurchgangskoeffizienten erzielt (schlechter dämmende) als bei Dämmungen auf der Außenseite. Dies wird als Dämmrestriktion gewertet, obwohl die EnEV für diese Art Dämmung eigens eine Ausnahmeregelung vorsieht.

4.3 Kerndämmung

Zweischaliges Mauerwerk

Zweischaliges Mauerwerk mit ruhender Luftschicht ist begrenzt auf die Baujahre bis 1952. Es wird davon ausgegangen, dass von den 28,7 % der Wohn- und Nichtwohngebäude mit zweischaligem Mauerwerk mit ruhender Luftschicht bei 25 % eine Kerndämmung mit schüttbaren Dämmstoffen durchgeführt wird. Da der vorhandene Querschnitt des Luftspalts begrenzt ist, können mit dieser Maßnahme nicht die Anforderungen an eine konventionelle Sanierung eingehalten werden. Dies wird als Dämmrestriktion gewertet, obwohl die EnEV für diese Art Dämmung eigens eine Ausnahmeregelung vorsieht.



7.1.3 Heutige Auswirkung auf den Gebäudebestand

Abbildung 7-5 zeigt das Ergebnis der zuvor bestimmten Zahlenwerte. Es macht eindeutig die Dominanz des Bereichs verzierte, erhaltenswerte Putzfassade gegenüber den anderen Wandaufbauten deutlich. Die verbleibenden 56 % (ca. 32 PJ) verteilen sich mehr oder weniger gleichmäßig auf die Bereiche Sichtmauerwerk, Innendämmung, Kerndämmung und Vorhangfassade, wobei das 2-schalige Sichtmauerwerk noch leicht hervorsticht. Fasst man die drei Anteile, die sich auf Sichtmauerwerk beziehen, zu einer Zahl zusammen, so ergeben sie einen Anteil von 40 % an den gesamten Außenwand-Restriktionen. Setzt man die Werte in Bezug auf den derzeitigen bundesdeutschen Wärmebedarf von rund 3.700 PJ, so liegen die Auswirkungen aller Bauformen bei dieser Dämmrestriktion bei derzeit ca. 1,5 %.

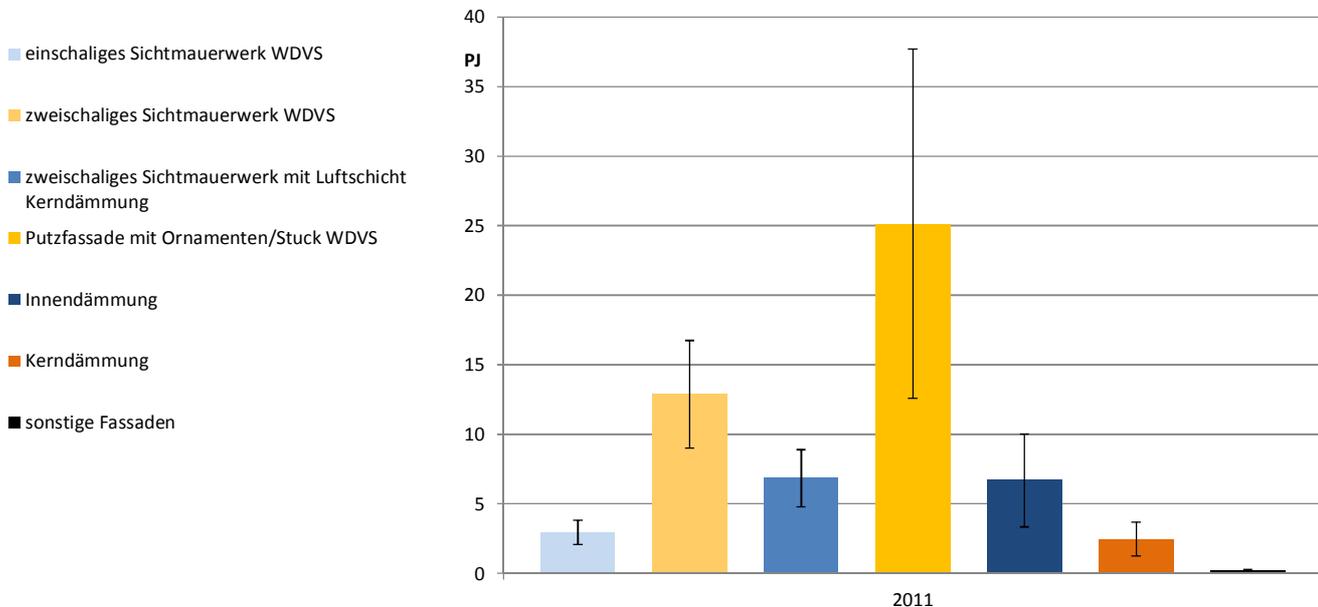


Abbildung 7-5: Auswirkungen der Dämmrestriktion „Außenwand (ohne Denkmalschutz)“ auf den Heizwärmebedarf

7.1.4 Zukünftige Auswirkungen auf den Gebäudebestand

Nachfolgende Abbildung zeigt im Vorgriff auf die im Kapitel 8 beschriebenen Szenarien den Verlauf der Hochrechnung dieser Dämmrestriktion für die nächsten 40 Jahre. Grundlage hierfür ist neben der beschriebenen Ausgangssituation für das Jahr 2011 eine Sanierungsrate von 1 % für die konventionelle und von 0,05 % für die ambitionierte Sanierung (jeweils im Sinne der in Kap. 6.2 enthaltenen Definitionen) zugrunde gelegt. Ferner werden die heute umgesetzten Abriss- (0,5 %/a) und Neubauraten (1,1 %/a) für die kommenden Jahrzehnte angenommen. Weitere Randbedingungen der „Simulationen“ werden detaillierter in Kapitel 8 beschrieben. Im Ergebnis verdoppelt sich der Einfluss dieser Dämmrestriktion.

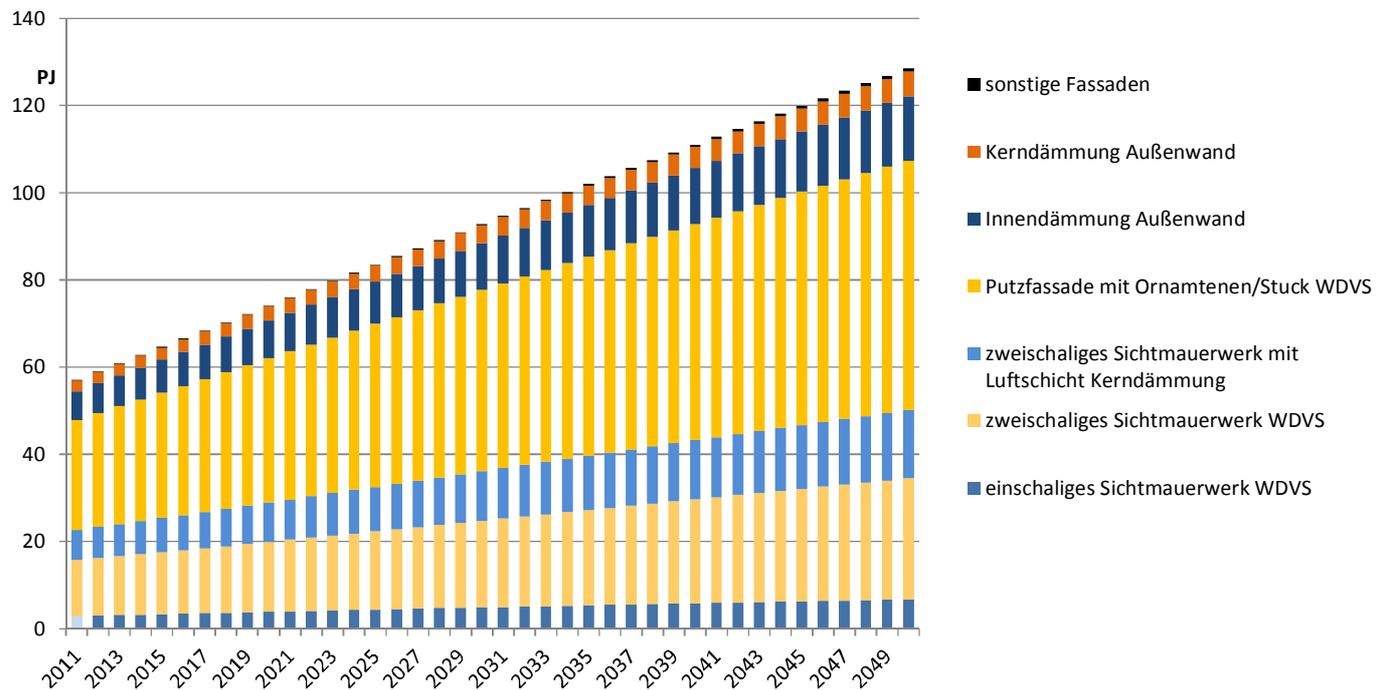


Abbildung 7-6: Zukünftige Auswirkungen der Dämmrestriktion „Außenwand (ohne Denkmalschutz)“ auf den Heizwärmebedarf. Ausgangsbasis ist die gegebene Situation in 2011. Diese wurde mit den Sanierungsraten 1 % für konventionelle beziehungsweise 0,05 % für ambitionierte Sanierung sowie 0,5 % für die Abriss- und 1,1 % für die Neubaurate fortgeschrieben.

7.2 Dämmrestriktionen bei denkmalgeschützten Außenwänden

7.2.1 Beschreibung der DR

Ist eine Ertüchtigung der Außenwände bei denkmalgeschützten Gebäuden vorgesehen, besteht zusätzlich zu den zuvor beschriebenen Einschränkungen der Anspruch, den Denkmalbestand, das heißt zumeist das äußere Erscheinungsbild, originalgetreu zu erhalten.

Für einen hohen Anteil der denkmalgeschützten Gebäude bedeutet das, dass eine nachträgliche Dämmung der Außenhülle nicht oder nur eingeschränkt möglich ist. An dieser Stelle würde der Begriff „denkmalpflegerische Restriktionen“ passen. Die Dämmung denkmalgeschützter Gebäude erfordert die Erarbeitung individueller Lösungen auf Basis eingehender technischer und denkmalpflegerischer Analysen. Dabei sind die Ergebnisse oft nur bedingt auf andere Fälle übertragbar, weil die spezifische Konstellation fast bei jedem Kulturdenkmal eine andere ist.





In der Umfrage unter Energieberatern (siehe Kapitel 4.2) war die (nicht mögliche) Außenwanddämmung von denkmalgeschützten Gebäuden die Dämmrestriktion mit den meisten Nennungen. Auch eine Innendämmung von denkmalgeschützten Außenwänden stellt unter den Umfrageteilnehmern eine wichtige Dämmrestriktion dar.

Es ist jedoch nicht möglich festzulegen, dass sämtliche Gebäude, die unter Denkmalschutz stehen, nicht gedämmt werden können. Es ist vielmehr zu unterscheiden nach

- Gebäuden, die trotz Denkmalschutz vollwertig gedämmt werden können. Dies betrifft zum Beispiel einige Baudenkmale aus den 1950er und 1960er Jahren.
- Gebäuden, deren Außenwände ersatzweise von innen gedämmt werden können. Dies ist grundsätzlich unabhängig vom Baualter der Gebäude. Es ist jedoch häufig aus Gründen der Bauphysik (wie in Kapitel 7.1.1 beschrieben), der Kosten, des Platzbedarfs oder wegen erhaltenswerter Gestaltung der Räume nicht möglich, innen eine vollwertige Dämmschicht einzubringen.
- Gebäuden, die trotz Denkmalschutzes in geringerem Maße von außen gedämmt werden können. Dies betrifft zum Beispiel Fassaden ohne Ornamente, auf die dünne Dämmschichten aufgebracht werden können (zum Beispiel Dämmputz).
- Gebäuden, von denen einzelne Bauteile trotz Denkmalschutz vollwertig gedämmt werden können. Häufig sind nur die Straßenfassaden von Gebäuden mit Ornamenten versehen. Die übrigen Außenwände können dann regulär gedämmt werden.
- Gebäude, deren Außenwände aus Gründen des Denkmalschutzes weder von außen noch von innen gedämmt werden können.

Die vier letztgenannten Fälle stellen Dämmrestriktionen dar und gehen in die Berechnung mit dem computerbasierten Gebäudemodell ein.

Dämmlage	Dämmrestriktionen
von außen	Dünnere zulässige Dämmschicht (oft bei Baujahren 1930-1950) oder keine Dämmung wegen z.B. Stuck/Ornamenten (z.B. Gründerzeitbau)
von innen	Bauphysikalische Grenzen zum Feuchteschutz (z.B. Fachwerkbauten oder Holzbalkendecken)
weder von außen noch von innen	Stucke/Ornamente von innen und von außen

Tabelle 7-8: Dämmrestriktionen an Außenwänden von Baudenkmalen



7.2.2 Zahlenmäßige Erfassung der Dämmrestriktion

Um die betroffenen Bauteilflächen quantifizieren zu können, muss der Bestand der denkmalgeschützten und beheizten Gebäude in Deutschland dargestellt werden.

1. Datenbasis Gebäudebestand

Laut [Datenbasis Gebäudebestand](#) beträgt der Anteil der Gebäude, die ganz oder teilweise unter Denkmalschutz stehen, 3,5 % +/- 0,5 % der deutschen Wohngebäude. Wird die Anzahl nur auf den Altbau mit Baujahr bis 1978 bezogen, so sind es 5,0 % +/- 0,8 %. Zudem wurden rund 94 % der denkmalgeschützten Gebäude vor 1978 errichtet – 63 % sind älter als 1948.

Laut [Datenbasis Gebäudebestand](#) beträgt der Anteil der denkmalgeschützten Gebäude, bei denen die Außenwand nachträglich gedämmt wurde, 16,3 % +/- 4,0 %. Danach wird bei denkmalgeschützten Gebäuden überwiegend Innendämmung eingesetzt (in 53 % +/- 8 % der nachträglich gedämmten Gebäude). In 37 % +/- 7 % der Fälle wurden denkmalgeschützte Gebäude von außen gedämmt. Bei rund 10 % wurden Dämmungen im Zwischenraum beziehungsweise im Bauteil selbst eingebaut.

[Datenbasis Gebäudebestand](#),
(IWU u. Bremer Energie
Institut, Diefenbach et al.,
2010)



Außenwand	
alle denkmalgeschützten Gebäude	15,5 % +/- 3,6 %
alle denkmalgeschützten Altbauten	16,3 % +/- 4,0 %
zum Vergleich: alle Altbauten	21,1 % +/- 1,0 %

Tabelle 7-9: Nachträgliche Wärmedämmung denkmalgeschützter Gebäude, Quelle: (IWU u. Bremer Energie Institut, Diefenbach et al., 2010)

2. Eigene Recherche bei den Landesdenkmalämtern

In einer eigenen Recherche bei den Landesdenkmalämtern wurden Mengenangaben zum Bestand von Baudenkmalern und dem darin enthaltenen Anteil beheizter Gebäude erhoben. Aufgrund der großen Anzahl und Diversität von Baudenkmalern liegen den Landesdenkmalämtern keine genauen Zahlen vor. Die erhobenen Daten dürfen daher nur als Größenordnung gewertet werden. Die Unterscheidungskriterien nach verschiedenen Denkmalarten variieren bei den Landesdenkmalämtern. Dadurch wird die Erfassung der Anzahl von tatsächlich beheizten Baudenkmalern erschwert. Die Ergebnisse der Recherche sind in den nachfolgenden Bildern dargestellt. Es ist zu erkennen, dass auch bei einigen Landesdenkmalämtern nicht alle Daten vollständig vorliegen.

Zum Vergleich sind statistische Daten des [European Heritage Network](#) dargestellt. Jedoch weist auch diese unterschiedliche Zuordnungen zu

(The European Heritage
Network, 2008)Germany –
statistical Data Changes in the
Number of protected Sites



bestimmten Unterkategorien wie Wohngebäude oder beheizte Gebäude in den jeweiligen Bundesländern auf.

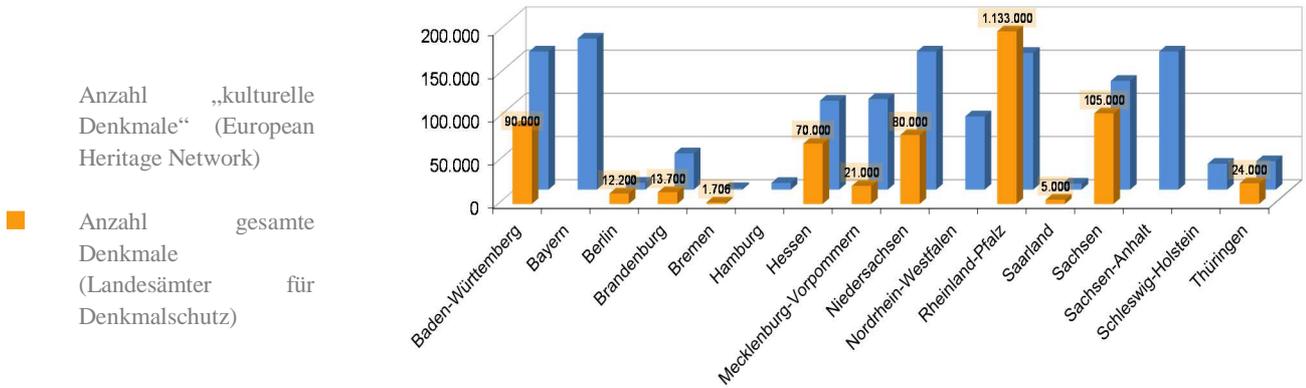


Abbildung 7-7: Anzahl von Denkmälern in Deutschland - Vergleich der Daten der Landesämter und des European Heritage Networks

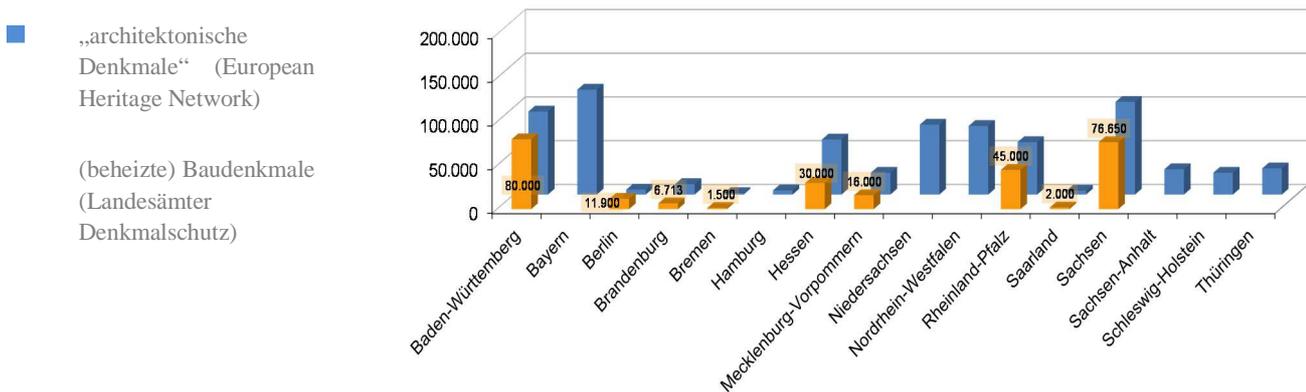


Abbildung 7-8: Anzahl denkmalgeschützter Gebäude in Deutschland - Vergleich der Daten der Landesämter und des European Heritage Networks

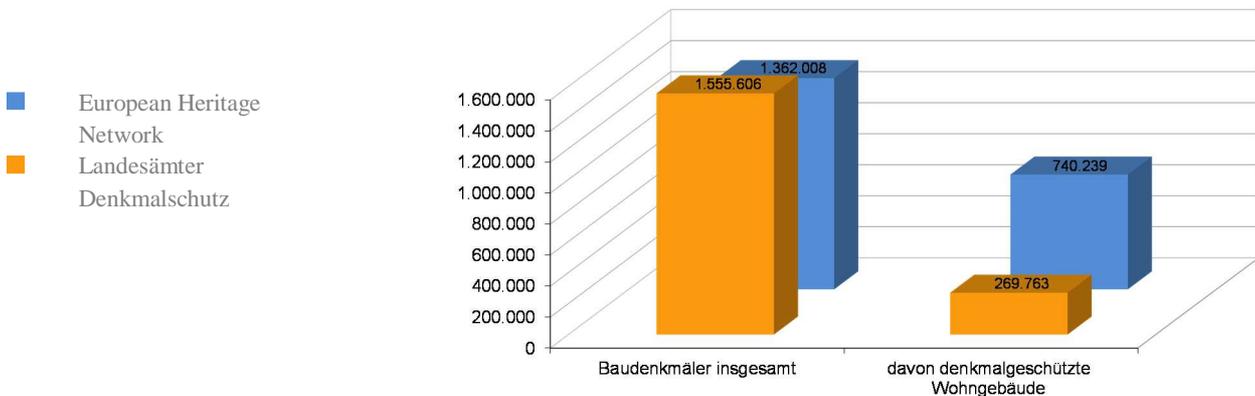


Abbildung 7-9: Gesamtanzahl von Denkmälern und denkmalgeschützten Gebäuden in Deutschland - Vergleich der Daten der Landesämter und des European Heritage Networks



Eine eindeutige Aussage über die Gesamtanzahl von beheizten Baudenkmalen in Deutschland kann nicht gemacht werden. Je nach Herkunft der Daten wird ein Anteil von Baudenkmalen in Höhe von ca. 2 bis 4 % berechnet.

3. Eigene Umfrage

Die Teilnehmer der Umfrage (Kapitel 4.2) haben die Außenwände von denkmalgeschützten Gebäuden als häufig auftretende Dämmrestriktion eingestuft (Abbildung 7-10). Auch Fenster von Baudenkmalen sind als häufige Restriktionen bewertet worden. Nach der Gewichtung der Einzelrestriktionen nach „Schwere“ und Bauteilfläche, hat sich die Relevanz der Außenwände von Baudenkmalen bestätigt, wogegen die Fenster als weniger relevant eingestuft wurden. Dieses Ergebnis findet seine Entsprechung in Aussagen von Landesdenkmalämtern, wonach die energetische Ertüchtigung von Fenstern technisch gut handhabbar ist.

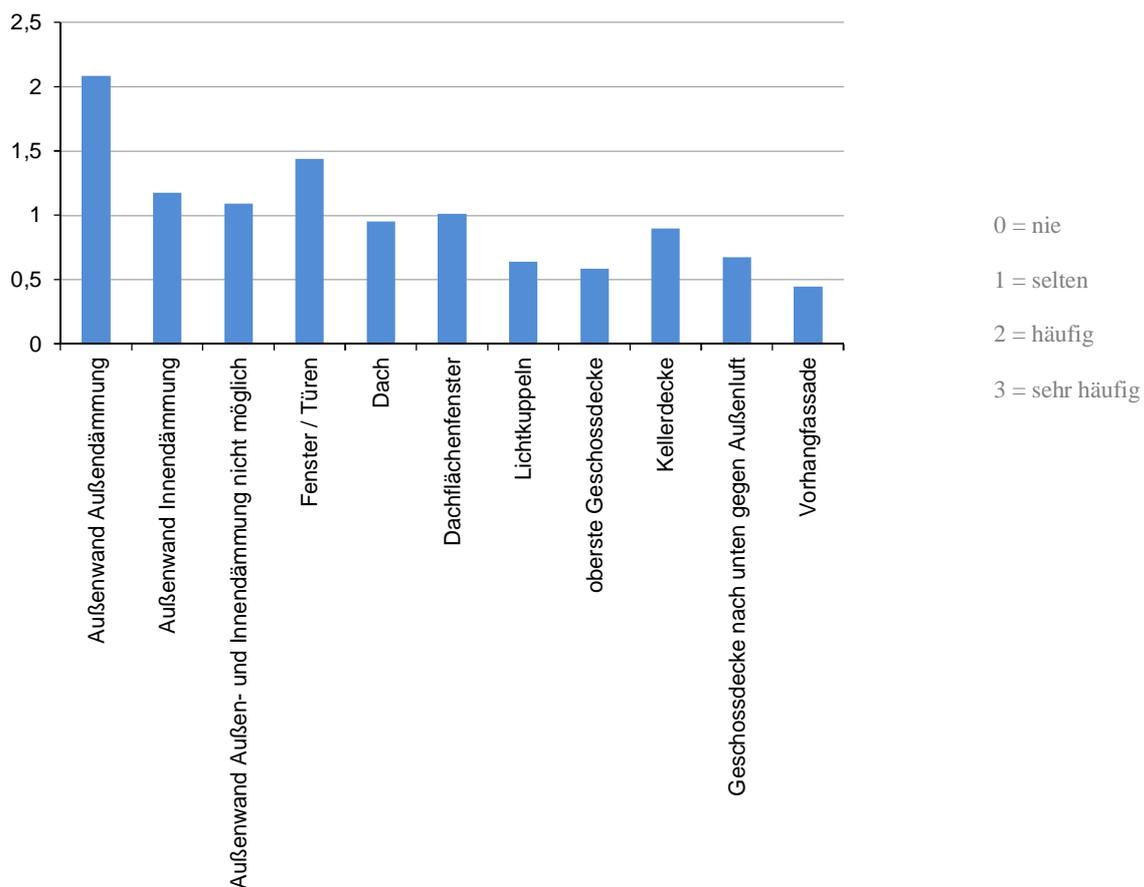


Abbildung 7-10: Ergebnisse der durchgeführten Umfrage für Baudenkmale



4. Verwendetes Zahlenmaterial

Baudenkmale mit Ornamenten an nur einer Außenwand



Diese Dämmrestriktion betrifft insbesondere Gebäude aus der Gründerzeit (Baualtersklasse bis 1918). Hier sind vor allem Stuckfassaden auf der Straßenseite vorhanden, die nicht von außen gedämmt werden können. Es wird davon ausgegangen, dass die übrigen Außenwände mit einer zeitgemäßen Dämmschicht versehen werden können. Es wird davon ausgegangen, dass 15 % der Wohn- und Nichtwohngebäude dieser Baualtersklasse betroffen sind. Für die Baujahre 1919 bis 1957 wird angenommen, dass 0,5 % der Gebäude über eine solche Ornamentfassade verfügen.

Baudenkmale, die allseitig mit einer dünnen Dämmung saniert werden können

Diese Dämmrestriktion betrifft insbesondere Gebäude aus den Baualtersklassen von 1919 bis 1957 – zu einem geringeren Anteil werden auch Gebäude mit Baujahren bis 1968 berücksichtigt. Als Sanierungsmaßnahme wird exemplarisch eine 3 bis 4 cm starke Dämmputzschicht angesetzt. Die Baujahre 1919 bis 1948 werden als Schwerpunkt für diese Art Dämmrestriktion angesehen. Von dieser Baualtersklasse werden 5 % der Gebäude berücksichtigt. Baujahre von 1949 bis 1957 werden noch mit 4 % angesetzt – bis 1968 nur noch mit 1 % der Gebäude.

Baudenkmale mit Einschränkungen für Innendämmung

Diese Dämmrestriktion betrifft insbesondere Gebäude mit Holzbalkendecken, also typischerweise die Baujahre bis 1957. Für die Baujahre bis 1918 wird diese Dämmrestriktion bei 5 % der Gebäude angesetzt, für Baujahre von 1919 bis 1957 mit 0,5 %. Für die bauphysikalisch besonders anspruchsvollen Fachwerkhäuser wird ein Anteil von 67 % angenommen, der dieser Dämmrestriktion unterliegt. Zum einen stehen überproportional viele Fachwerkhäuser unter Denkmalschutz, zum anderen ist bei geschützten Fachwerkhäusern eine Dämmung von außen in der Regel ausgeschlossen und zum Dritten sind Innendämmungen bei Fachwerkhäusern stets besonders anspruchsvoll. Für alle genannten Baualtersklassen wird eine verminderte Dämmung von 4 cm angesetzt, so dass der Wärmedurchlasswiderstand der Dämmschicht den Wert $1,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ nicht überschreitet, wie in einigen Studien gefordert (Stopp, 2003).

Baudenkmale, die nicht gedämmt werden können

Diese Restriktion betrifft Gebäude, die sowohl von außen wie auch von innen erhalten werden sollen – also zum Beispiel Stuck oder Ornamente auf der Fassade haben und Stuckansichten auf der Innenseite. Eine nachträgliche Dämmung ist somit nicht möglich. Der Anteil der Gebäude mit dieser Dämmrestriktion wird für die Baujahre bis 1918 auf 2 % geschätzt, für die Baujahre 1919 bis 1948 auf 1 %, und 1949 bis 1957 auf 0,5 %. Für Fachwerkhäuser wird ein Anteil von 20 % angesetzt.

Hygothermische Untersuchung der Balkenköpfe von Einschubdecken bei innenge-dämmten Außenwänden unter Einbeziehung der Heizungstechnik (Stopp, 2003)

Die Summe der Gebäude, die von den vier genannten Dämmrestriktionen betroffen sind, macht einen Anteil am gesamten Gebäudebestand von 4,7 % aus.

7.2.3 Heutige Auswirkung auf den Gebäudebestand

Abbildung 7-11 zeigt das Ergebnis der zuvor bestimmten Zahlenwerte. Alle Ergebnisse scheinen verblüffend niedrig zu liegen. Im direkten Vergleich mit den Folgen der Restriktionen an nicht denkmalgeschützten Außenwänden (Kapitel 7.1), die rund 65 PJ betragen, liegen die hier in der Summe feststellbaren nicht dämmbaren Wärmemengen bei nur 17 PJ. Hierbei muss jedoch die nennenswert geringere Anzahl an denkmalgeschützten Gebäuden bedacht werden, was die Aussage wieder sehr relativiert.

Setzt man die Werte in Bezug auf den derzeitigen bundesdeutschen Wärmebedarf von rund 3.700 PJ, so liegen die Auswirkungen aller Bauformen bei dieser Dämmrestriktion bei weniger als 1 %.

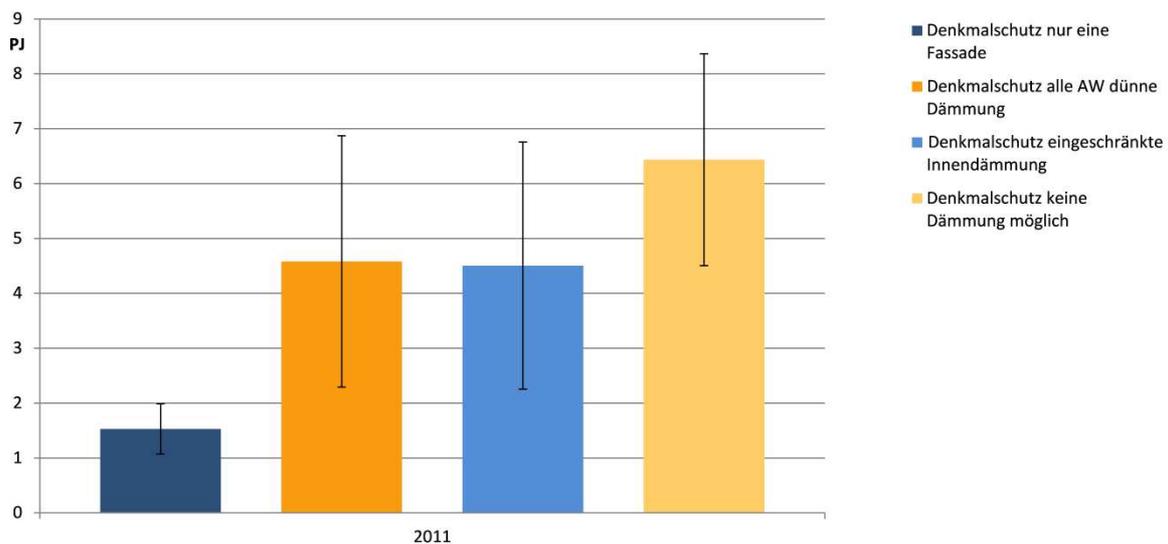


Abbildung 7-11: Auswirkungen der Dämmrestriktion „Außenwand (mit Denkmalschutz)“ auf die nicht dämmbare Wärmemenge im Jahre 2011. Diese beträgt in der Summe rund 17 PJ, was einem Anteil am deutschen Gesamttraumwärmebedarf von weniger als 1 % entspricht.

7.2.4 Zukünftige Auswirkungen auf den Gebäudebestand

Nachfolgende Abbildung zeigt im Vorgriff auf die eigentlich erst im Kapitel 8 beschriebenen Szenarien den Verlauf der Hochrechnung dieser Dämmrestriktion für die nächsten 40 Jahre. Grundlage hierfür ist neben der zuvor beschriebenen Ausgangssituation für das Jahr 2011 eine Sanierungsrate von 1 % für die konventionelle und von 0,05 % für die ambitionierte Sanierung (jeweils im Sinne der in Kap. 6.2 enthaltenen



Definitionen). Ferner werden die heute umgesetzten Abriss- (0,5 %/a) und Neubauraten (1,1 %/a) auch für die kommenden Jahrzehnte angenommen. Weitere Randbedingungen der „Simulationen“ werden detaillierter in Kapitel 8 beschrieben. Im Ergebnis verdoppelt sich der Einfluss dieser Dämmrestriktion.

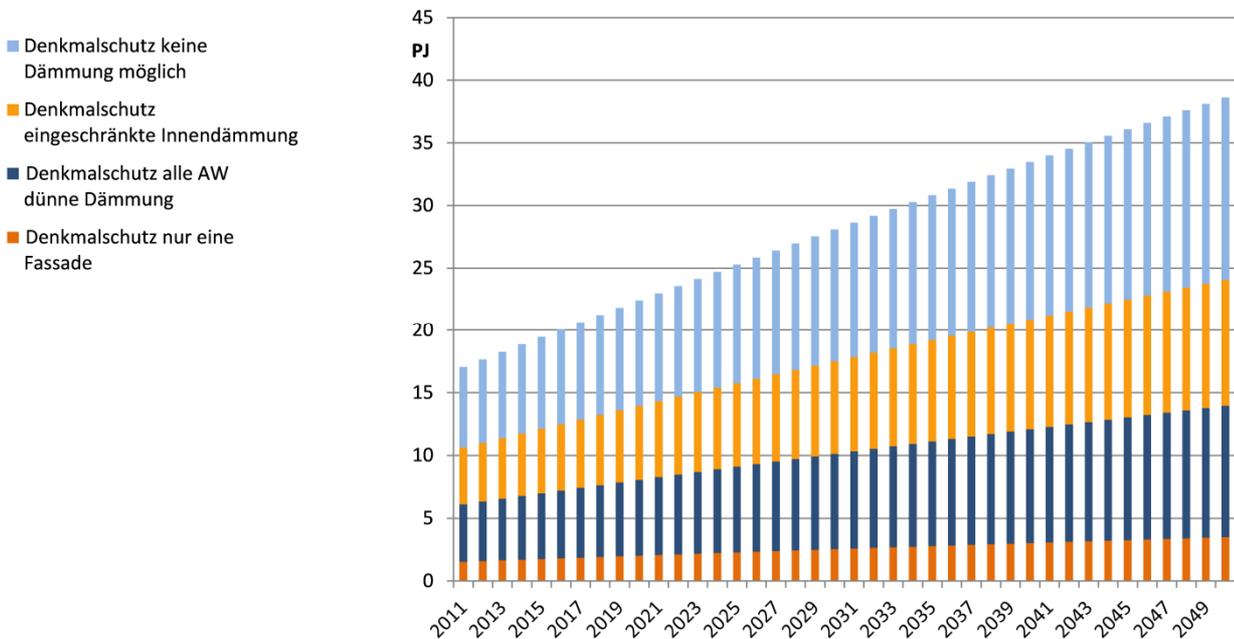


Abbildung 7-12: Zukünftige Auswirkungen der Dämmrestriktion „Denkmalschutz“ auf die nicht dämmbare Wärmemenge. Ausgangsbasis ist die gegebene Situation in 2011. Diese wurde mit den Sanierungsraten 1 % für konventionelle beziehungsweise 0,05 % für ambitionierte Sanierung sowie 0,5 % für die Abriss- und 1,1 % für die Neubaurate fortgeschrieben.



7.3 Dämmrestriktion oberste Geschossdecke

7.3.1 Technischer Hintergrund

Bei Gebäuden mit unbeheiztem Dachraum bildet die oberste Geschossdecke den oberen Abschluss der thermischen Hülle. Mit der Energieeinsparverordnung (EnEV) 2009 wurde die unbedingte Nachrüstverpflichtung eingeführt, bisher nicht gedämmte zugängliche oberste Geschossdecken nachträglich zu dämmen. In der Auslegung XV-2 (BBSR - Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, 2009) zur Energieeinsparverordnung wird festgelegt, dass massive Decken, die nach 1969 errichtet wurden, und Holzbalkendecken aller Baualter als ausreichend gedämmt eingestuft werden und somit nicht von der Nachrüstverpflichtung betroffen sind. Diese Befreiung von der Nachrüstverpflichtung wird allerdings nicht als „technische“ Dämmrestriktion eingestuft.

Folgende technische Dämmrestriktionen können bei der nachträglichen Dämmung von obersten Geschossdecken auftreten:

- **Konstruktive Dämmrestriktionen im Aufschlagbereich von Dachbodentüren:** Im Aufschlagbereich von Türen im Dachgeschoss würde eine nachträgliche Dämmung, die von oben auf den Boden aufgebracht wird, dazu führen, dass die Tür nicht mehr geöffnet werden kann. In der Umfrage wurde dieses Dämmhemmnis von den Teilnehmern bestätigt. Jedoch sind davon regelmäßig nur sehr kleine Flächen betroffen. Daher wird diese Dämmrestriktion nicht näher untersucht.
- **Von den Teilnehmern der Umfrage wurde die Zugänglichkeit des Dachbodens als das größte Hemmnis bei der Dämmung der obersten Geschossdecke eingestuft.** Der Zugang zum Dachgeschoss ist häufig eingeschränkt durch eingelagerten Hausrat oder ähnliches. Oft bestehen auch keine Zugangsmöglichkeiten zu dieser Gebäudeebene, weil keine Öffnungen bestehen oder im Nachhinein angelegte Mieterabteilungen den Zugang versperren. Bei umfangreichen Sanierungsmaßnahmen kann aber in der Regel ein Zugang zur obersten Geschossdecke hergestellt werden.
- **Gefahr von Feuchtigkeitsschäden durch die nachträgliche Dämmung:** Holzbalkendecken werden grundsätzlich von Luft durchströmt. Wenn diese Strömung durch eine Dämmschicht eingeschränkt wird, so besteht die Gefahr, dass die Luftfeuchtigkeit innerhalb der Holzbalkendecke kondensiert und zu Schäden führt. Dem kann grundsätzlich durch den Einbau von Dampfbremsen entgegen gewirkt werden. Abhängig von der vorhandenen Konstruktion ist der Aufwand für einen bauphysikalisch sicheren Schichtenaufbau unter Umständen

Laut EnEV 2009 müssen alle Hausbesitzer ab 2011 nach einem Eigentümerwechsel entweder das Dach komplett sanieren oder die oberste Geschossdecke mit einer Dämmung versehen. Nach der Umbaumaßnahme muss dabei ein Wärmedämmwert (U-Wert) von $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ erreicht werden. Wie Dämmleistung der jeweiligen Dämmstoffe kann an der Wärmeleitfähigkeitsgruppe (WLG) erkannt werden. Je geringer der Wert, umso besser ist die Wärmedämmung. Die Sanierungsmaßnahme der obersten Geschossdecke wird seit März 2011 von der KfW mit Fördermitteln unterstützt.





so hoch, dass die Investition wirtschaftlich unvorteilhaft wäre. Diese Dämmrestriktion wurde von den Umfrageteilnehmern als selten anzutreffend eingestuft.

Wie beschrieben, kann die oberste Geschossdecke je nach Nutzung zum unbeheizten oder beheizten Dachraum unterschiedlich gedämmt werden. Zu berücksichtigende Restriktionen sind:

7.3.2 Quantifizierung

Die oberste Geschossdecke wird eher als seltene Dämmrestriktion von den Teilnehmern der Umfrage eingeschätzt. Als größtes Problem wird die Geometrie und die Unzugänglichkeit angesehen. Die Statik und die Gefahr von Feuchteschäden fallen bei den Teilnehmern weniger ins Gewicht. Nach der Gewichtung der Umfrageergebnisse ist die Unzugänglichkeit der Dachgeschosse weiterhin eine relevante Restriktion, die geometrischen Restriktionen verlieren hingegen an Relevanz.

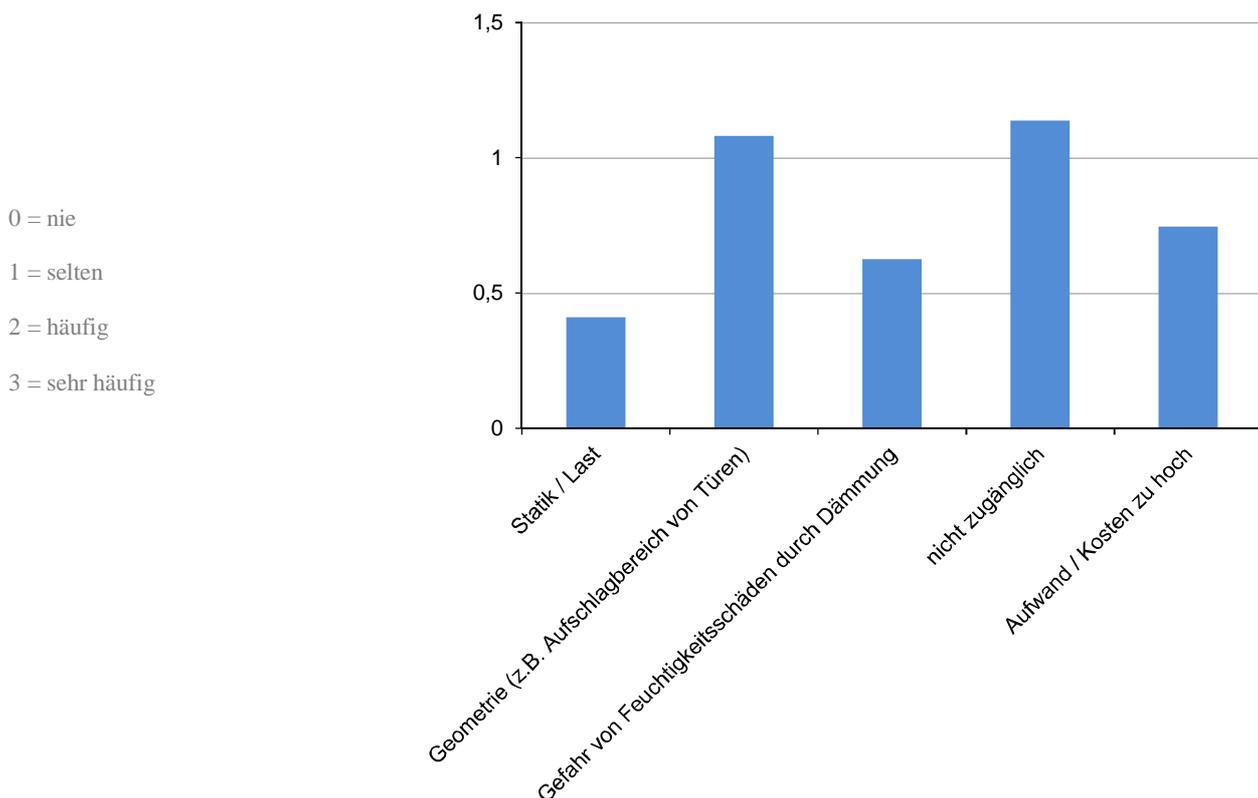


Abbildung 7-13: Teilnehmereinschätzungen auftretender Dämmrestriktionen bei der Dämmung der obersten Geschossdecke

Die folgende Tabelle zeigt den Beheizungszustand der Dachgeschosse in Altbauten bis zum Baujahr 1978. Fast die Hälfte der Dachgeschosse ist unbeheizt.



Dachgeschoss im Altbau bis Baujahr 1978	
unbeheizt	48,5 %
voll beheizt	33,6 %
teilweise beheizt	17,9

Tabelle 7-10: Nutzung der Dachgeschosse, Quelle: (IWU u. Bremer Energie Institut, Diefenbach et al., 2010)

Unzugänglichkeit der Dachböden

Die Dämmung der obersten Geschossdecke betrifft nur Gebäude mit unbeheizten Dachgeschossen. Es wird angenommen, dass von 48,5 % unbeheizten Dachgeschossen und 17,9 % teilbeheizten etwa 0,1 % nicht zugänglich sind bei konventionellen Sanierungen.

Gefahr von Feuchtigkeitsschäden durch Dämmung

Die Gefahr von Feuchtigkeitsschäden durch eine nachträgliche Dämmung der obersten Geschossdecke ist beschränkt auf Holzbalkendecken. Daher werden an dieser Stelle nur die Baujahre bis 1957 betrachtet. Oberste Geschossdecken sind zwar auch in späteren Baualtersklassen durchaus als Holzbalkendecken ausgeführt. Jedoch sinkt deren Anteil, während der Anteil beheizter Dachgeschosse und anderer Dachformen zunimmt. Es wird angenommen, dass in den Baualtersklassen bis 1948 von 48,5 % unbeheizten Dachgeschossen und 17,9 % teilbeheizten etwa 1 % wegen zu befürchtender Feuchtigkeitsschäden nicht gedämmt werden können bei konventionellen Sanierungen. In der Baualtersklasse von 1949 bis 1957 seien nur 0,5 % betroffen.

7.3.3 Heutige Auswirkung auf den Gebäudebestand

Abbildung 7-14 zeigt das Ergebnis der zuvor bestimmten Zahlenwerte. Die Ergebnisse liegen vergleichsweise tief, sie erreichen in der Summe nicht einmal 1 PJ. Setzt man die Werte in Bezug auf den derzeitigen bundesdeutschen Wärmebedarf von rund 3.700 PJ, so liegen die Auswirkungen aller Bauformen bei dieser Dämmrestriktion bei weit weniger als 1 Promille.

7.3.4 Zukünftige Auswirkungen auf den Gebäudebestand

Nachfolgende Abbildung zeigt im Vorgriff auf die eigentlich erst im Kapitel 8 beschriebenen Szenarien den Verlauf der Hochrechnung dieser Dämmrestriktion für die nächsten 40 Jahre. Grundlage hierfür ist neben der zuvor beschriebenen Ausgangssituation für das Jahr 2011 eine Sanierungsrate von 1 % für die konventionelle und von 0,05 % für die



ambitionierte Sanierung (jeweils im Sinne der in Kap. 6.2 enthaltenen Definitionen). Ferner werden die heute umgesetzten Abriss- (0,5 %/a) und Neubauraten (1,1 %/a) auch für die kommenden Jahrzehnte angenommen. Weitere Randbedingungen der „Simulationen“ werden detaillierter in Kapitel 8 beschrieben.

Im Ergebnis verdoppelt sich zwar der Einfluss dieser Dämmrestriktion – alles in allem verbleibt dieser aber im vernachlässigbaren Bereich.

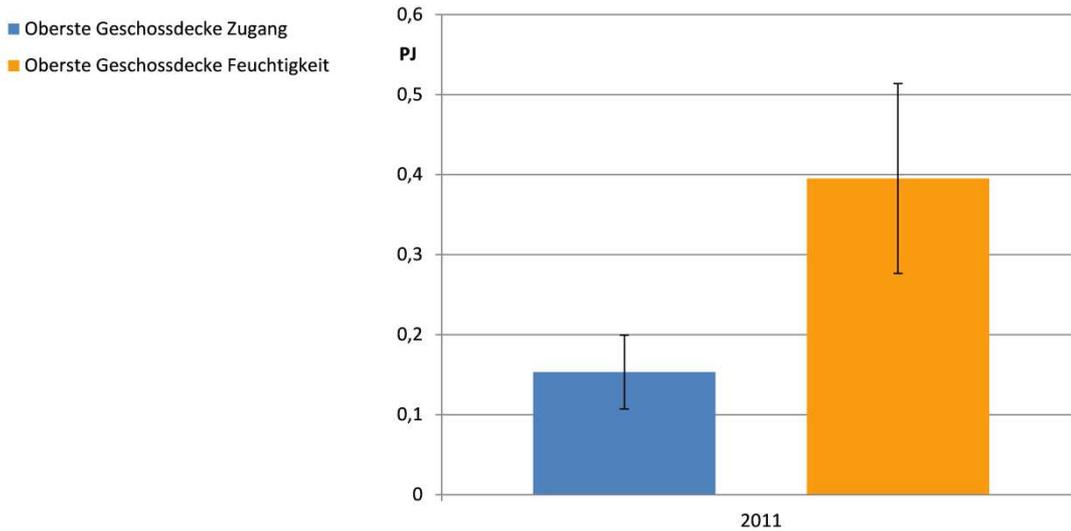


Abbildung 7-14: Auswirkungen der Dämmrestriktion „oberste Geschossdecke“ auf die nicht dämmbare Wärmemenge im Jahre 2011. Diese beträgt in der Summe weniger als 1 PJ, was einem Anteil am deutschen Gesamttraumwärmebedarf von ca. weniger als 1 Promille entspricht.

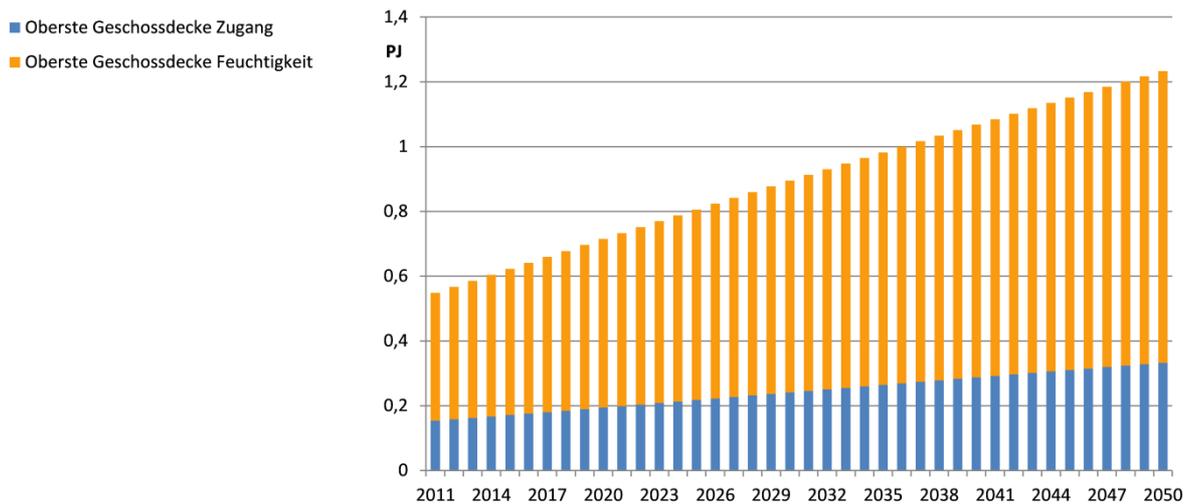


Abbildung 7-15: Zukünftige Auswirkungen der Dämmrestriktion „oberste Geschossdecke“ auf die nicht dämmbare Wärmemenge. Ausgangsbasis ist die gegebene Situation in 2011. Diese wurde mit den Sanierungsraten 1% für konventionelle beziehungsweise 0,05% für ambitionierte Sanierung sowie 0,5% für die Abriss- und 1,1% für die Neubaurate fortgeschrieben.



7.4 Dämmrestriktion Kellerdecke

7.4.1 Technischer Hintergrund

Die Kellerdecke als Teil der thermischen Hülle ist eine horizontale Trennung vom beheizten Wohnraum zum unbeheizten Kellergeschoss. Die Kellerdecke übernimmt verschiedene Funktionen. Sie muss den Brand-, Wärme-, und Schallschutz gewährleisten und verteilt den Druck des Gebäudes in die tragenden Kellerwände. Die bautechnische Ausführung der Kellerdecke variiert in ihrer Materialität sowie ihrer Konstruktionsweise. Den unterschiedlichen Ausführungsarten liegen die jeweiligen Bauepochen zugrunde. Eine Art der Ausführung einer Kellerdecke ist die Preußische Kappendecke. Diese Art der Deckenkonstruktion besteht aus sich wiederholenden Gewölben. Das Widerlager wird von zwei parallel liegenden Doppel T-Trägern aus Stahl gebildet. Die dazwischen liegende "Kappe" wird ausgemauert beziehungsweise aus Beton hergestellt. Die Preußischen Kappendecken wurden zwischen 1870 und 1940, selten bis 1960 in den Häusern verbaut. Sie wurden eingesetzt bei Gebäuden mit einer hohen statischen Belastung (Fabrikbauten, Werkshallen) und in feuchter Umgebung.

Eine weitere Möglichkeit eine Kellerdecke auszuführen, ist die Holzbalkendecke, die bis zum Baujahr 1930 häufig, selten noch bis 1950 eingesetzt wurde. Die Holzbalken wurden u.a. aus einem Stroh-Lehm Gemisch ausgefacht. Jedoch wurde diese Art der Kellerdeckenausführung aus feuchtetechnischen Gründen immer seltener angewandt.

In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts kamen die Ortbetondecken vermehrt zum Einsatz und wurden später nur noch eingebaut. Sie ist eine ebene Platte aus Stahlbeton und ist die einfachste Form einer Deckenkonstruktion. Weitere Deckenarten, die sich daraus entwickelten und am Ende des 20. Jahrhunderts, Anfang des 21. Jahrhunderts Anwendung fanden, sind Fertigteildecken als Filigrandecken, Stahlbeton-Rippendecken, Stahlsteinplatten und Balkendecken aus Stahlbeton.

Die Kellerdecken wurden meistens nicht gegen den unbeheizten Keller gedämmt.

7.4.2 Unterdämmrestriktionen

Die Kellerdecke wird in der Sanierung von der Unterseite gedämmt

Beim nachträglichen Dämmen gegen den unbeheizten Keller treten zwei Problembereiche auf.

- Da der vorhandene Keller häufig geringe Raumhöhen aufweist, werden die erforderlichen Dämmstoffdicken von 8 bis 12 cm oftmals nicht eingebaut. Die eingebauten Dämmstoffdicken richten sich häufig nach der Raumhöhe im Keller und der verbleibenden Höhe von Fenster- und Türstützen.



- Des Weiteren erschweren Installationsleitungen (z.B. Sanitär-, Heizungs-, Elektroinstallation) das nachträgliche Dämmen der Kellerdecke an der Deckenunterseite. Deckenleuchten müssen gegebenenfalls neu befestigt und deren Anschlüsse verlängert werden. So ergeben sich für die Dämmrestriktion Kellerdecke, folgende Unterdämmrestriktionen:

7.4.3 Quantifizierung

1. Gebäudebestand

Das Institut Wohnen und Umwelt beziffert die Anteile der Kellertypen im Altbau bis zum Baujahr 1978 wie folgt:

Kellergeschoss im Altbau bis zum Baujahr 1978	
unbeheizter Keller	61,9 %
teilweise beheizter Keller	22,2 %
nicht unterkellert	12,6 %
vollständig beheizter Keller	3,3 %

Tabelle 7-11: Nutzung der Kellergeschosse, Quelle: (IWU u. Bremer Energie Institut, Diefenbach et al., 2010)

Zudem ist hier zu finden, dass rund 20 % der unbeheizten Keller eine Deckenhöhe aufweisen bei der große Personen gerade noch stehen können, in weiteren 5 % der unbeheizten Keller können sich diese nur geduckt aufhalten.

2. Klimaschutzkonzept der Stadt Detmold

Im Klimaschutzkonzept Teil 2 der Stadt Detmold (Nordrhein-Westfalen) werden Kellerdecken im Bestand untersucht. Hier kommt man zu folgenden Aussagen zu den ursprünglichen (im noch nicht sanierten Zustand) Dämmstärken:

- vor 1950 keine Dämmung
- 1950-1965 wurde meist eine Dämmschicht von 1 bis 3 cm eingesetzt.
- 1965-1985 verwendete man Dämmstärken von 2 bis 6 cm
- seit etwa 1985 werden Stärken von 5 bis 8 cm verwendet
- in Niedrigenergiehäusern sind Unterestrichdämmungen um 12 cm stark, bei Passivhäusern ca. 20-25 cm stark gedämmt.

Auch zur konstruktiven Ausgestaltung wurden Schätzwerte (für Detmold) ermittelt:



- 80 % der Gebäude haben Stahlbetondecken,
- 13 % Stahlträgerdecken,
- 4 % Holzbalkendecken
- 3 % Porenbetondecken

Davon sind

- 66 % ohne jegliche Wärmedämmung,
- 11 % sind mit 1 - 4 cm Dämmstärke gedämmt,
- 11 % sind mit 5 - 8 cm Dämmstärke gedämmt,
- 9 % sind mit 9 - 12 cm Dämmstärke gedämmt,
- 2 % sind mit 13 - 14 cm Dämmstärke gedämmt,
- 1 % ist mit mehr als 14 cm Dämmstärke gedämmt.

3. Datenquelle: Eigene Umfrage

In der Umfrage wurden für die nachträgliche Dämmung der Kellerdecke zu niedrige Durchgangshöhen und Installationen an der Unterseite der Kellerdecke als die häufigsten Restriktionen angegeben.

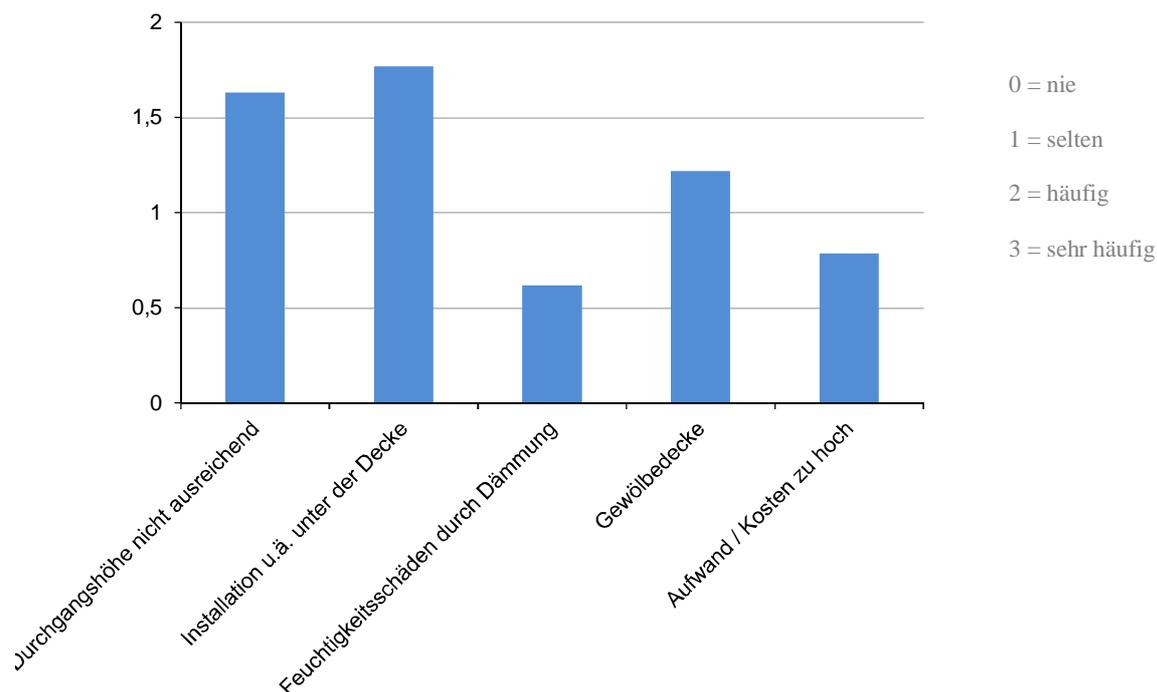


Abbildung 7-16: Teilnehmereinschätzungen auftretender Dämmrestriktionen an Kellerdecken

Keine Dämmung wegen Durchgangshöhe

Zu niedrige Durchgangshöhen im Kellergeschoss sind beschränkt auf Gebäude der Baujahre vor 1978. Es wird davon ausgegangen, dass jüngere Gebäude grundsätzlich eine ausreichende Höhe im Kellergeschoss aufweisen. Es sind nur Gebäude mit unbeheizten Kellern betroffen. Der



Anteil der unbeheizten Keller in diesen Baualterklassen beträgt 61,9 %, der der teilbeheizten Keller beträgt 22,2 %. Teilbeheizte Keller gehen nur mit dem halben Flächenanteil in die Berechnung ein. Gebäude mit beheizten Kellern werden in Kapitel 7.5 behandelt. Von den betroffenen Gebäuden haben 19,3 % eine niedrige Kellerdurchgangshöhe und 4,8 % eine sehr niedrige Höhe. Es wird angenommen, dass 33 % dieser betroffenen Kellerdecken gar nicht nachträglich gedämmt werden.

Geringere Dämmung wegen Durchgangshöhe

Hier sind die gleichen Baualter betroffen wie oben beschrieben. Es gelten die gleichen Auswahlkriterien. Es wird jedoch angenommen, dass weitere 33 % der betroffenen Gebäude mit einer verminderten Kellerdeckendämmung nachgerüstet werden. Es wird eine Dämmschicht mit einem Wärmedurchgangswiderstand von 1,0 m²K/W angenommen.

Keine Dämmung wegen Installationen

Diese Dämmrestriktion betrifft nur unbeheizte und teilbeheizte Keller. Es gibt keine Beschränkung auf bestimmte Baualterklassen. Für Einfamilienhäuser wird angenommen, dass das Aufkommen an Rohrleitungen und weiteren Installationen an der Kellerdecke so gering ist, dass eine nachträgliche Dämmung grundsätzlich möglich ist. Für größere Wohngebäude wird angenommen, dass ein Viertel der Fläche der Kellerdecke wegen der vorhandenen Installationen nicht gedämmt werden kann.

7.4.4 Heutige Auswirkung auf den Gebäudebestand

Abbildung 7-17 zeigt das Ergebnis der zuvor bestimmten Zahlenwerte. Die Ergebnisse liegen in vergleichbarer Größenordnung zu den Ergebnissen an Außenwänden (Kap. 7.1). und betragen in der Summe rund 40 PJ. Der Löwenanteil wird dabei von den ungedämmten Decken verursacht. Setzt man die Werte in Bezug auf den derzeitigen bundesdeutschen Wärmebedarf von rund 3.700 PJ, so liegen die Auswirkungen aller Bauformen bei dieser Dämmrestriktion in der Größenordnung von 1 %.

7.4.5 Zukünftige Auswirkungen auf den Gebäudebestand

Nachfolgende Abbildung zeigt im Vorgriff auf die eigentlich erst im Kapitel 8 beschriebenen Szenarien den Verlauf der Hochrechnung dieser Dämmrestriktion für die nächsten 40 Jahre. Grundlage hierfür ist neben der zuvor beschriebenen Ausgangssituation für das Jahr 2011 eine Sanierungsrate von 1 % für die konventionelle und von 0,05 % für die ambitionierte Sanierung (jeweils im Sinne der in Kap. 6.2 enthaltenen Definitionen). Ferner werden die heute umgesetzten Abriss- (0,5 %/a) und Neubauraten (1,1 %/a) auch für die kommenden Jahrzehnte angenommen. Weitere Randbedingungen der „Simulationen“ werden detaillierter in



Kapitel 8 beschrieben. Im Ergebnis verdoppelt sich der Einfluss dieser Dämmrestriktion.

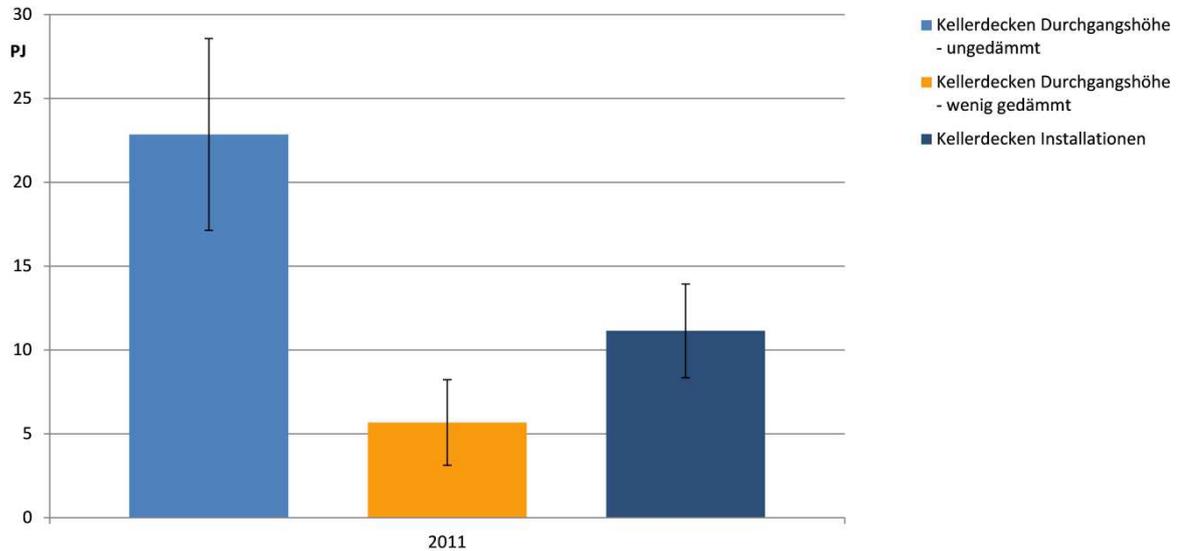


Abbildung 7-17: Auswirkungen der Dämmrestriktion „Kellerdecke“ auf die nicht dämmbare Wärmemenge im Jahre 2011. Diese beträgt in der Summe ca. 40 PJ, was einem Anteil am deutschen Gesamttraumwärmebedarf von ca. 1 % entspricht.

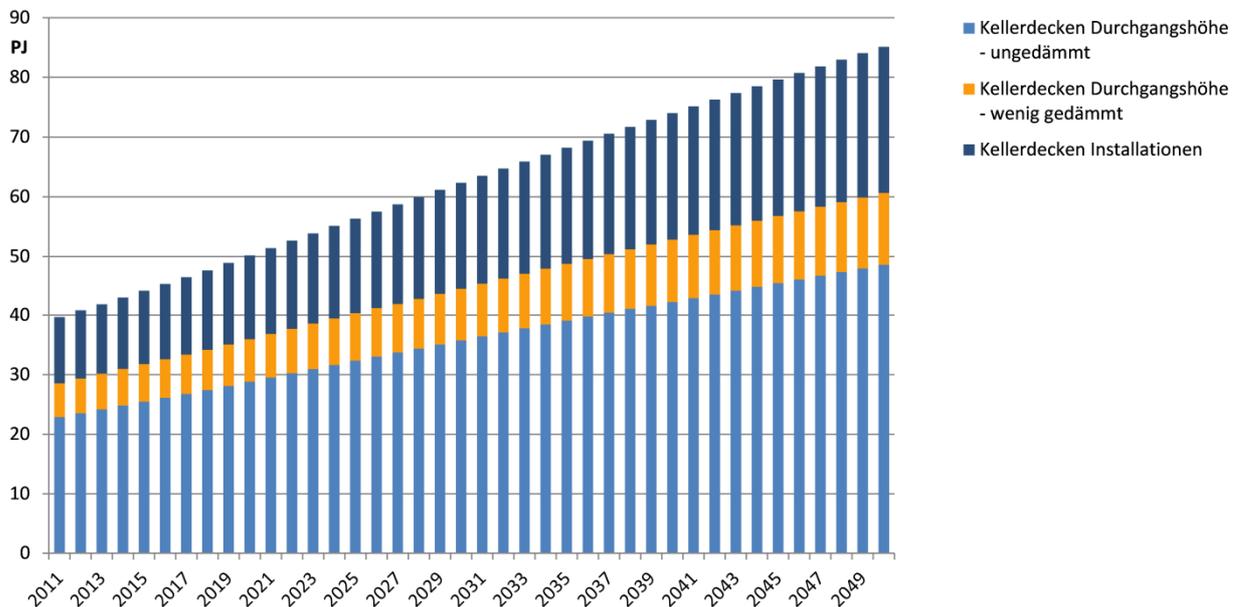


Abbildung 7-18: Zukünftige Auswirkungen der Dämmrestriktion „Kellerdecke“ auf die nicht dämmbare Wärmemenge. Ausgangsbasis ist die gegebene Situation in 2011. Diese wurde mit den Sanierungsraten 1 % für konventionelle beziehungsweise 0,05 % für ambitionierte Sanierung sowie 0,5 % für die Abriss- und 1,1 % für die Neubaurate fortgeschrieben.



7.5 Dämmrestriktion Bauteile gegen Erdreich

7.5.1 Technischer Hintergrund

Keller, die als beheizter Wohnraum genutzt werden, sind bei Gebäuden, die vor 1978 errichtet wurden, wenig verbreitet. Es finden nachträgliche Umnutzungen ehemals unbeheizter zu beheizten Kellern statt. Die Dämmung der erdreichberührten Bauteile kann bei der Errichtung eines Gebäudes von der Außen- oder von der Innenseite aus erfolgen. Bei der außenseitigen Dämmung kommt eine so genannte Perimeterdämmung zum Einsatz.

Eine nachträgliche Dämmung von Kellerwänden von der Außenseite ist gängige Baupraxis. Dazu werden die Kellerwände aufgedrückt und die entsprechenden Dämm- und Abdichtungsschichten eingebaut. Diese Art der Dämmung wird behindert durch Überbauungen, wie zum Beispiel Anbauten, Garagen, Freitreppen und andere mehr. Auch eine nachträgliche Innendämmung der Kellerwände ist verbreitet. Hier sind die bauphysikalischen Anforderungen - wie anderen Innendämmungen auch - zu beachten. Durch das angrenzende Erdreich sinken die Außentemperaturen während der Heizperiode weniger stark. Dadurch werden die Feuchtigkeitsgefahren vermindert. Jedoch bleiben sie während der Sommermonate auch kühler, wodurch eine Austrocknung erschwert wird.

Bei einer nachträglichen Dämmung der Kellersohle bestehen – je nach Fundamentausbildung des Gebäudes – verschiedene Möglichkeiten. Zum einen kann der vorhandene Fußboden entfernt, das bisherige Höhenniveau abgesenkt und eine neue Sohle mit Dämmschicht aufgebaut werden. Diese Art der nachträglichen Dämmung ist besonders aufwändig. Eine wirtschaftliche Amortisation durch die eingesparten Energiekosten ist kaum zu erwarten.

Eine andere Möglichkeit besteht darin, auf der vorhandenen Sohle eine zusätzliche Dämmschicht aufzubringen. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Höhe des gesamten Kellers verringert wird. Insbesondere wird die Durchgangshöhe der Türen vermindert, so dass deren Stürze in der Regel zu versetzen sind. Der Anschluss an Treppen und gegebenenfalls vorhandene unbeheizte Kellerräume wird durch das angehobene Niveau erschwert.



Dämmung gegen Erdreich, hier im Neubau

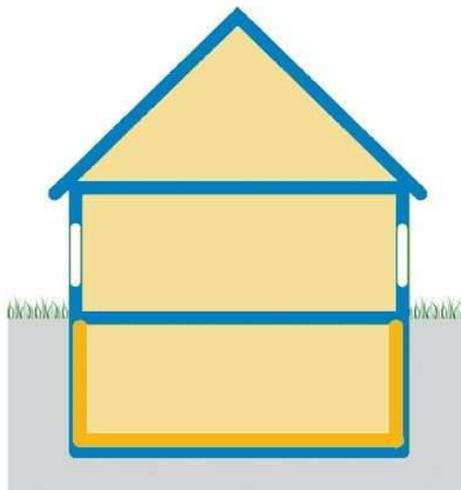


Abbildung 7-19: Keller beheizt; Dämmung der Bodenplatte und Außenwände

7.5.2 Quantifizierung

In der Umfrage wurden Wände und Böden, die an das Erdreich grenzen, als besonders häufige Dämmrestriktion genannt. Die Gefahr von Feuchtigkeitsschäden durch Innendämmungen wird dabei als geringstes Hemmnis eingeschätzt.

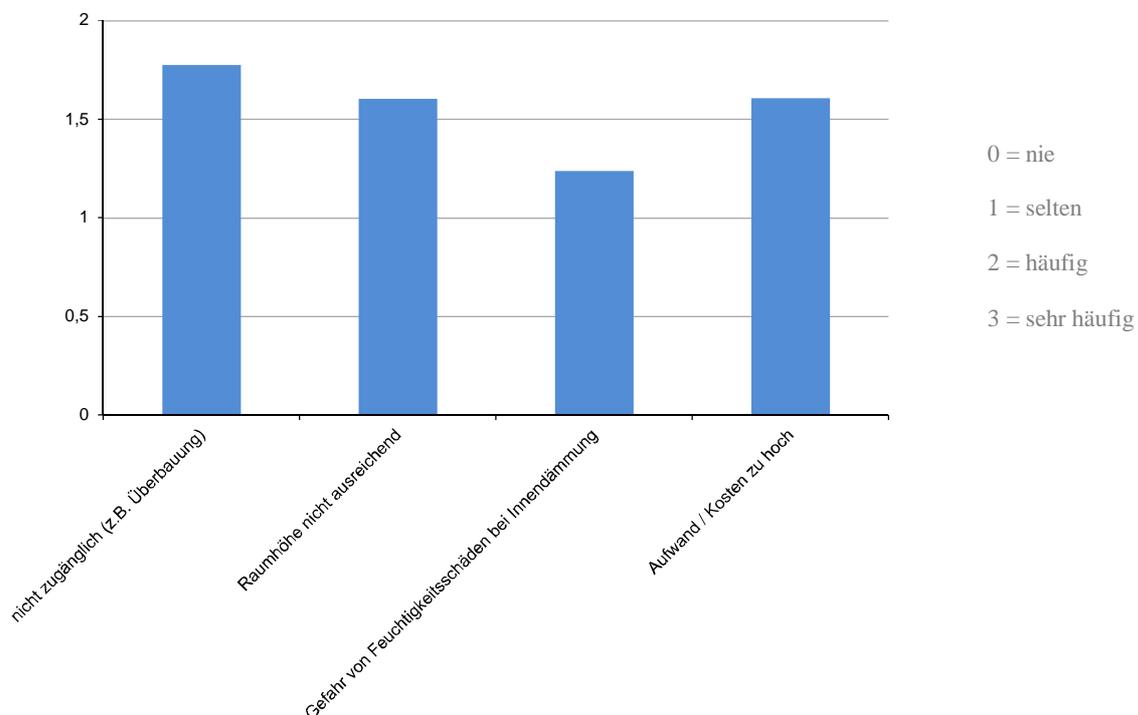


Abbildung 7-20: Umfrageergebnisse für Dämmrestriktionen bei erdreichberührten Bauteilen

Es sind alle Baualtersklassen von dieser Dämmrestriktion betroffen. Es wird angenommen, dass von 3,3 % der Keller, die voll beheizt werden, und 22,2 % der Keller, die zum Teil beheizt werden, 50 % nicht nachträglich gedämmt werden.



7.5.3 Heutige Auswirkung auf den Gebäudebestand

Abbildung 7-5 zeigt das Ergebnis der zuvor bestimmten Zahlenwerte. Die Ergebnisse liegen wieder in vergleichbarer Größenordnung zu den Ergebnissen an Außenwänden (Kap. 7.1). und betragen in der Summe rund 40 PJ.

Setzt man die Werte in Bezug auf den derzeitigen bundesdeutschen Wärmebedarf von rund 3.700 PJ, so liegen die Auswirkungen aller Bauformen bei dieser Dämmrestriktion in der Größenordnung von 1 %..

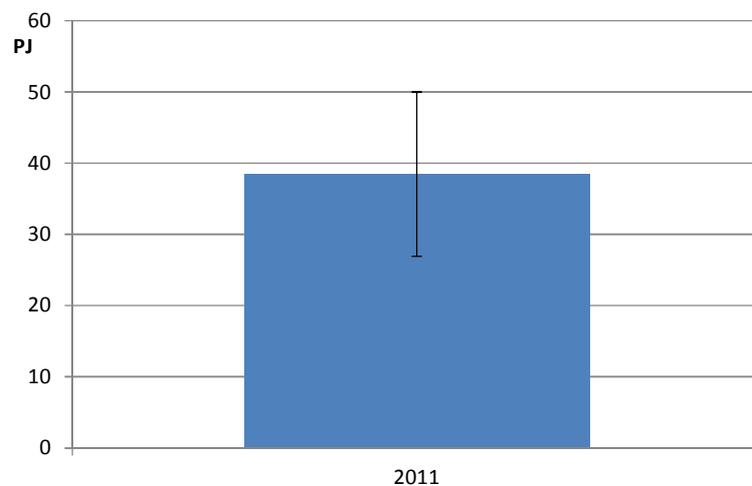


Abbildung 7-21: Auswirkungen der Dämmrestriktion „erdreichberührte Bauteile“ auf die nicht dämmbare Wärmemenge im Jahre 2011. Diese beträgt ca. 40 PJ, was einem Anteil am deutschen Gesamttraumwärmebedarf von ca. 1 % entspricht.

7.5.4 Zukünftige Auswirkungen auf den Gebäudebestand

Nachfolgende Abbildung zeigt im Vorgriff auf die eigentlich erst im Kapitel 8 beschriebenen Szenarien den Verlauf der Hochrechnung dieser Dämmrestriktion für die nächsten 40 Jahre. Grundlage hierfür ist neben der zuvor beschriebenen Ausgangssituation für das Jahr 2011 eine Sanierungsrate von 1 % für die konventionelle und von 0,05 % für die ambitionierte Sanierung (jeweils im Sinne der in Kap. 6.2 enthaltenen Definitionen). Ferner werden die heute umgesetzten Abriss- (0,5 %/a) und Neubauraten (1,1 %/a) auch für die kommenden Jahrzehnte angenommen. Weitere Randbedingungen der „Simulationen“ werden detaillierter in Kapitel 8 beschrieben. Im Ergebnis verdoppelt sich der Einfluss dieser Dämmrestriktion.

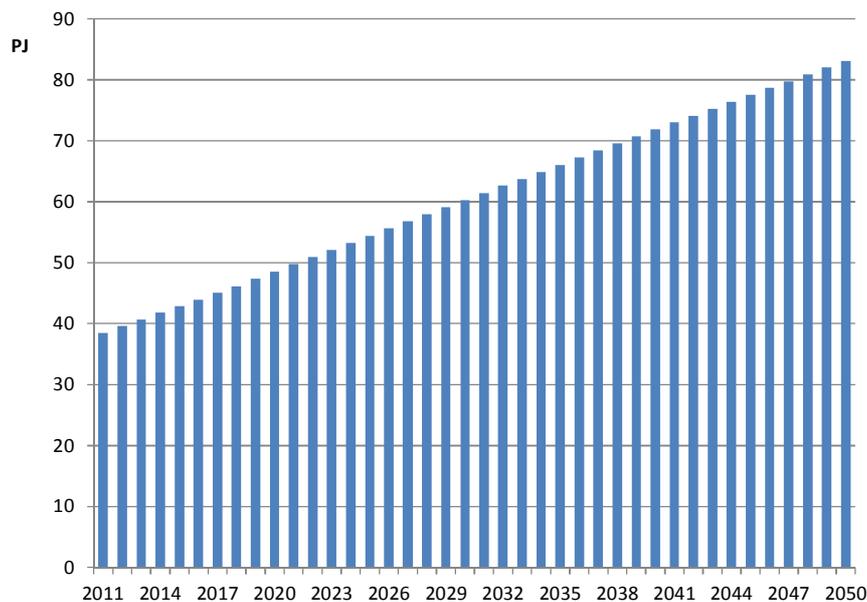


Abbildung 7-22: Zukünftige Auswirkungen der Dämmrestriktion „Bauteile gegen Erdreich“ auf die nicht dämmbare Wärmemenge. Ausgangsbasis ist die gegebene Situation in 2011. Diese wurde mit den Sanierungsraten 1% für konventionelle beziehungsweise 0,05% für ambitionierte Sanierung sowie 0,5% für die Abriss- und 1,1% für die Neubauratefortgeschrieben.

7.6 Dämmrestriktion Fenster

7.6.1 Technischer Hintergrund

Außenfenster stellen in der Regel keine Dämmrestriktionen dar. In der Umfrage gab die Mehrheit der Teilnehmer an, selten oder nie Probleme bei der energetischen Ertüchtigung von Fenstern zu haben.

Bei energetischen Sanierungen werden Fenster in der Regel ausgetauscht. Die Mindestanforderungen der Energieeinsparverordnung (EnEV) können mit gängigen Fenstern mit Zweischeibenverglasung eingehalten werden. Eine andere – inzwischen häufig praktizierte - Variante ist die Runderneuerung von alten Fenstern. Dabei werden neue Gläser in die vorhandenen Rahmen eingesetzt. Zusätzlich werden die Rahmen mit Dichtungen versehen. Gerade bei den weit verbreiteten Kastenfenstern werden auf diese Weise zeitgemäße thermische Eigenschaften erreicht.

Bei Gebäuden mit erhaltenswerten Außenansichten oder in Baudenkmalen sind solche und ähnliche Fenstersanierungen seit geraumer Zeit gängige Praxis.

Fensterflächen werden jedoch in der Folge von Dämmrestriktionen an anderen Bauteilen selbst zu Dämmrestriktionen. Wenn insbesondere die Außenwände aus Gründen wie in den Kapiteln 7.1 und 7.2 beschrieben, nicht gedämmt werden können, können die Fenster ebenfalls nicht auf den

„Erhaltung der Kastenfenster durch gezielte Verbesserungsmaßnahmen“ Fraunhofer IRB, 1996



„Energetische Sanierungen von Baudenkmalen“ Technische Universität Dresden 2003, S.92



heutigen Standard gehoben werden. Grundsätzlich sollen Fenster einen höheren Wärmedurchgangskoeffizienten haben als die übrigen Hüllflächenbauteile. Dadurch wird gewährleistet, dass Raumlufftfeuchte bei niedrigen Außentemperaturen zuerst an den Fenstern kondensiert. Hier kann die Feuchtigkeit unter regulären Umständen keine Schäden verursachen. Wenn Fenster besser dämmen als die anderen Hüllflächenbauteile, so kondensiert die Feuchtigkeit regelmäßig an den Wärmebrücken wie Raumecken oder Fensterleibungen. Dort kann sie entsprechende Schäden verursachen. Die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) verlangt im Rahmen ihrer Förderprogramme zum „ENERGIEEFFIZIENTEN SANIEREN“ eine ausdrückliche Erklärung eines Sachverständigen, dass die Auswirkungen auf die thermische Bauphysik berücksichtigt wurden und somit Folgeschäden durch die Ertüchtigung nur eines Bauteils ausgeschlossen sind.

Die energetische Sanierung von Fenstern ist häufig wirtschaftlich sehr unvorteilhaft. Zum einen sind Fenster komplexe Bauteile, deren Herstellung und fachgerechte Montage mit hohem Aufwand und entsprechenden Kosten für den Bauherren verbunden sind. Zum anderen ist das Verbesserungspotenzial von Fenstern meist geringer als bei anderen Bauteilen (zum Beispiel: Außenwand unsaniert $U = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$, Außenwand saniert $U = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$, Faktor 5,4; Fenster alt $U = 2,7 \text{ W/m}^2\text{K}$, Fenster neu $U = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$, Faktor 2,1). Zuletzt haben Fenster meist einen geringen Anteil an der Gesamtfläche eines Gebäudes. Das absolute Energieeinsparpotenzial wird dadurch weiter geschmälert. Diese Faktoren führen dazu, dass die Amortisationszeiten von Fenstersanierungen häufig weit länger sind, als jene anderer Bauteile.

7.6.2 Quantifizierung

In der Umfrage wurden Fenster als sehr seltene Dämmrestriktion bewertet.

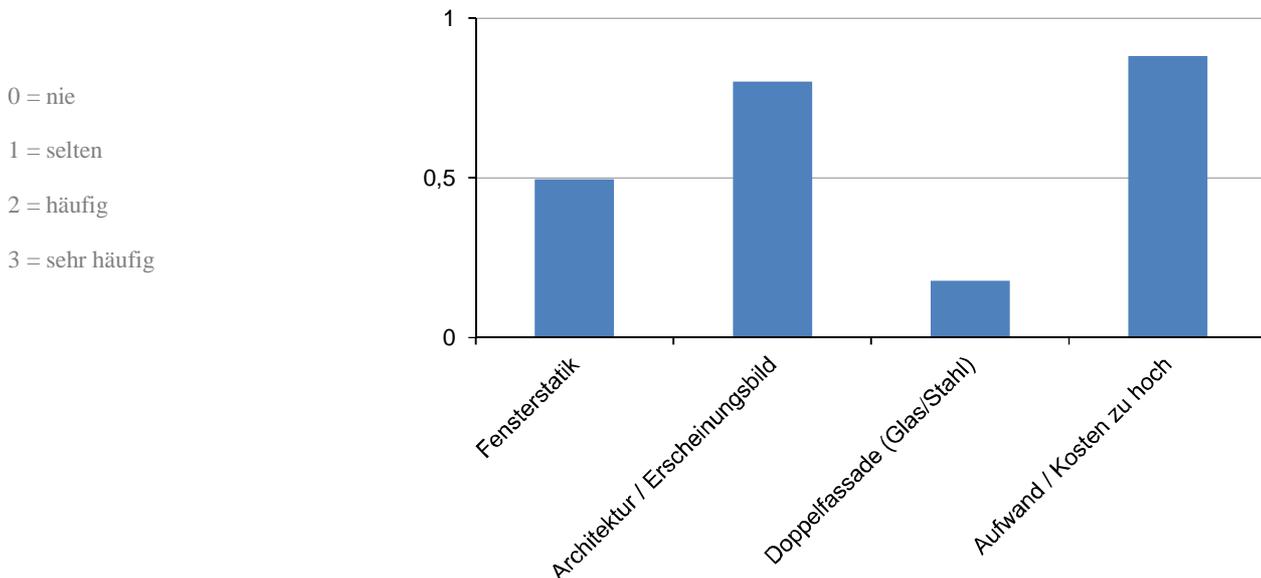


Abbildung 7-23: Umfrageergebnisse für Restriktionen bei der Fenstererneuerung



Um die oben beschriebene Restriktion, nach der Fenster energetisch nicht besser sein sollen als Außenwände, zu quantifizieren, wird die Anzahl der nicht zu dämmenden Außenwände aus Kapitel 7.1 und 7.2 herangezogen. Die dort ermittelten Anteile werden aufsummiert und ergeben den Anteil der betroffenen Fenster. Von dieser Restriktion sind vor allem Fenster der Baualtersklassen bis 1978 betroffen. Bei der Berechnung wird nicht davon ausgegangen, dass die Fenster gar nicht ausgetauscht werden können, sondern dass sie gegen solche mit einem schlechteren Wärmedurchgangskoeffizienten ($1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ statt $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$) ausgetauscht werden.

7.6.3 Heutige Auswirkung auf den Gebäudebestand

Abbildung 7-24 zeigt das Ergebnis der zuvor bestimmten Zahlenwerte. Die Größenordnung des Ergebnisses liegt mit ca. 20 PJ im Mittelfeld der bisherigen Restriktionen. Setzt man die Werte in Bezug auf den derzeitigen bundesdeutschen Wärmebedarf von rund 3.700 PJ, so liegen die Auswirkungen aller Bauformen bei dieser Dämmrestriktion in der Größenordnung von 1 %.

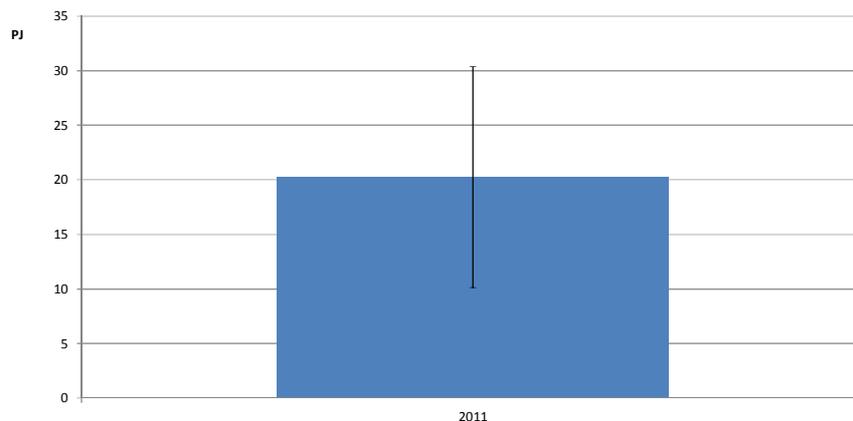


Abbildung 7-24: Auswirkungen der Dämmrestriktion „Fenster“ auf die nicht dämmbare Wärmemenge im Jahre 2011. Diese beträgt ca. 20 PJ, was einem Anteil am deutschen Gesamttraumwärmebedarf von ca. 0,5 % entspricht.

7.6.4 Zukünftige Auswirkungen auf den Gebäudebestand

Nachfolgende Abbildung zeigt analog zu den zuvor bereits vorgestellten Entwicklungen den Verlauf der Dämmrestriktion „Fenster“. Weitere Randbedingungen der „Simulationen“ werden detaillierter in Kapitel 8 beschrieben. Im Ergebnis vergrößert sich der Einfluss dieser Dämmrestriktion um rund 225 %.

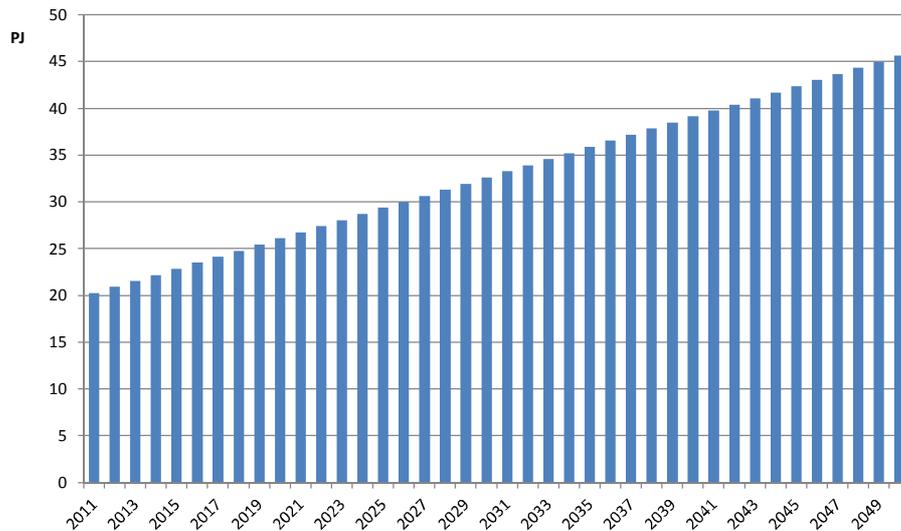


Abbildung 7-25: Zukünftige Auswirkungen der Dämmrestriktion „Fenster“ auf die nicht dämmbare Wärmemenge. Ausgangsbasis ist die gegebene Situation in 2011. Diese wurde mit den Sanierungsraten 1% für konventionelle beziehungsweise 0,05% für ambitionierte Sanierung sowie 0,5% für die Abriss- und 1,1% für die Neubaurate fortgeschrieben.

7.7 Sanierung konventionell gedämmter Gebäude

Neben einzelnen, bauteilbezogenen Dämmrestriktionen, wie in Kapitel 7.1 bis 7.6 beschrieben, zeichnen sich systematische, gebäudebezogene Dämmrestriktionen ab. Diese leiten sich aus einem Anforderungsniveau ab, das zu gering ist, um die künftigen Anforderungen des Energiekonzepts zu erfüllen, und gleichzeitig zu hoch, als dass eine weitere energetische Verbesserung im nächsten Sanierungszyklus wirtschaftlich sein kann.

Die Wirtschaftlichkeit von energetischen Sanierungsmaßnahmen hängt stark von der energetischen Qualität im Ist-Zustand ab. Je schlechter ein Gebäude im Ist-Zustand gedämmt ist, desto größer ist das Einsparpotenzial. Da die Sanierungskosten zu großen Teilen unabhängig vom Ist-Zustand sind (zum Beispiel Kosten für Fassadengerüste, Putzarbeiten und ähnliches), ist die Sanierung von schlecht gedämmten Gebäuden in der Regel wirtschaftlich vorteilhafter als die von besser gedämmten Gebäuden. Bei unsanierten Gebäuden, die vor der ersten Wärmeschutzverordnung (1977) errichtet wurden, ist bei den aktuellen Energiepreisen eine energetische Sanierung häufig wirtschaftlich vorteilhaft darstellbar.

Bei ihnen wird mit einer Komplettsanierung auf das Neubau-Niveau der Energieeinsparverordnung (EnEV) 2009 eine Verbesserung des spezifischen Transmissionswärmeverlusts (H_T) um etwa 70% erreicht. Gebäude, die nach der zweiten Wärmeschutzverordnung (1984) errichtet wurden, kommen



heute regulär in den ersten Sanierungszyklus. Aufgrund ihres besseren energetischen Ist-Zustands, ist bei ihnen bereits mit längeren Amortisationszeiten zu rechnen.

Der H_T' -Wert wird bei einer Sanierung auf das Neubau-Niveau der EnEV 2009 noch um etwa 50 % vermindert. Gebäude, die nach der EnEV von 2002 errichtet wurden, werden regulär noch vor 2050 in den ersten Sanierungszyklus kommen. Das Einsparpotenzial dieser Gebäude ist jedoch wesentlich geringer als das älterer Bestandsgebäude. Der H_T' -Wert wird bei einer Sanierung auf das Neubau-Niveau der EnEV 2009 nur um etwa 33 % vermindert. Die Kosten für eine zusätzliche Dämmung können nicht über die eingesparten Energiekosten refinanziert werden. Selbst wenn angenommen wird, dass die Energiepreise bis zu dieser Zeit deutlich stärker ansteigen werden als die Preise für die Sanierungsmaßnahmen, bleibt die Wirtschaftlichkeit solcher künftiger Dämmmaßnahmen sehr fraglich.

Zu geringe Anforderungen an Gebäude, die heute errichtet oder saniert werden, führen dazu, dass diese Gebäude in der Zukunft in ihrem energetischen Niveau "eingeschlossen" sein werden (Lock-In-Situation).



7.8 Direkte Gegenüberstellung aller Dämmrestriktionen

Die folgende Abbildung zeigt die Hochrechnungen der Einzelrestriktionen im direkten Vergleich. Sichtbar werden die stark voneinander abweichenden Einflüsse. Erwartungsgemäß weisen Außenwände den größten Einfluss auf. Auf der anderen Seite spielen die denkmalgeschützten Gebäude sowie die obersten Geschossdecken offensichtlich eine eher untergeordnete Rolle bzgl. der Wirkung ihrer Dämmrestriktionen. Die Grafik zeigt zusätzlich noch den marginalen und erst in ca. 30 Jahre sichtbaren Einfluss der bereits nach EnEV 2002 sanierten Gebäude. Unter der Annahme, dass 50 % dieser Gebäude im nächsten Sanierungszyklus nicht zusätzlich gedämmt werden, tragen diese langfristig auch einen Beitrag (hier in Höhe von ca. 3 PJ) zu den nicht wegdämmbaren Wärmemengen bei. Jedoch ist hier nur der Beginn des ersten Sanierungszyklus abgebildet. Der Anteil dieser Restriktion wird jenseits von 2050 noch weiter zunehmen.

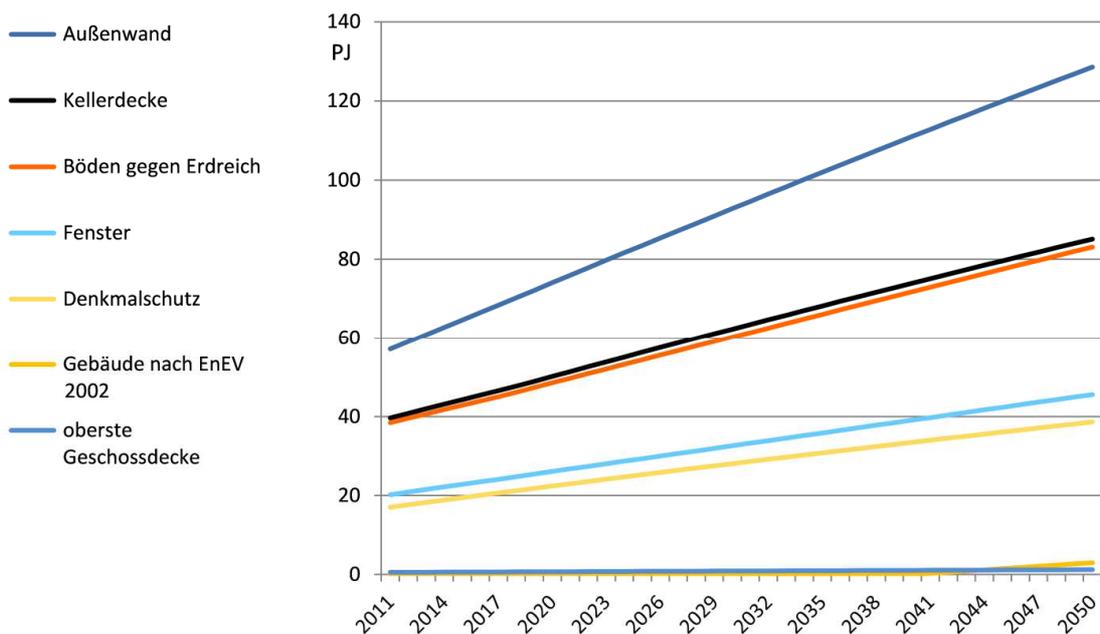


Abbildung 7-26: Zukünftige Auswirkungen aller betrachteten Dämmrestriktionen
Ausgangsbasis ist die gegebene Situation in 2011. Diese wurde mit einer Sanierungsrate von 1 % für konventionelle beziehungsweise 0,05 % für ambitionierte Sanierung sowie 0,5 % für die Abriss- und 1,1 % für die Neubaurate berechnet.



8 Szenarien: Bedeutung der Restriktionen im Zusammenhang mit dem Gesamtwärmebedarf und der Entwicklung der erneuerbaren Energien

8.1 Szenarien für die Entwicklung des Heizwärmebedarfs und der entsprechenden Restriktionsanteile

Eine besonders interessante Fragestellung im Zusammenhang mit Dämmrestriktionen zielt auf deren Größenordnung im Vergleich zum Heizwärmebedarf. Wie schon in Kapitel 7 angeführt wurde, geht das hier entwickelte Modell von einem Heizwärmebedarf von 3.660 PJ/a in 2011 aus. Die Summe der Dämmrestriktionen verursachen in 2011 eine nicht „wegdämmbare“ Wärmemenge von 175 PJ, was einem prozentualen Anteil von ca. 5 % entspricht – und damit weitgehend vernachlässigbar erscheint. Wie ändert sich aber der prozentuale Anteil mit zunehmender Durchsanierung des Gebäudebestandes, das heißt in den künftigen Dekaden? Hierzu sind vorab die Modernisierungs-, Sanierungs-, Abriss- und Neubauarten näher zu beleuchten. Diese Werte haben entscheidenden Einfluss auf die Szenarien, dies sowohl auf die entsprechenden Verläufe des Heizwärmebedarfs als auch auf die Verläufe der Dämmrestriktionswirkung.

Um den Einfluss der Dämmrestriktionen auf die künftige Entwicklung im Gebäudesektor untersuchen zu können, werden die Ergebnisse in die Zukunft projiziert. Dabei wird berücksichtigt, dass der Gebäudebestand im Anfangsjahr 2011 bereits zu einem Teil energetisch saniert wurde.

Die Sanierungsraten können in dem Gebäudemodell getrennt nach den einzelnen Gebäudetypen und nach konventioneller und zukunftsweisender Sanierung angegeben werden. Für diese ersten Grundsatzanalysen werden sie jedoch für alle Gebäudetypen einheitlich auf eine Sanierungsrate von 1,0 % (konventionell) und 0,05 % (zukunftsweisend) angesetzt.

Zur Erinnerung (vgl. auch Kapitel 6):

„Konventionelle“ Sanierung meint eine Sanierung entsprechend dem EnEV-2009-Niveau, demnach einen Primärenergiebedarf in Höhe von rund 140 % eines Neubaus. „Zukunftsweisende“ oder „ambitionierte“ Sanierung meint dagegen eine Sanierung mit Passivhauskomponenten auf Effizienzhaus-55-Niveau, was einem Primärenergiebedarf in Höhe von 55 % eines Neubaus entspricht.

Ebenso wird die übliche Nutzungsdauer von Bauteilen beziehungsweise die Länge der Sanierungszyklen nach Gebäudetypen getrennt angegeben. Im Basisszenario beträgt die Länge des Sanierungszyklus grundsätzlich 45 Jahre.



Es wird berücksichtigt, dass jüngere Gebäudetypen gegebenenfalls noch nicht den ersten Sanierungszyklus erreicht haben. Der Beginn des ersten Sanierungszyklus wird für jeden Gebäudetyp gesondert eingegeben. Er errechnet sich aus dem mittleren Baualter eines Gebäudetyps und der Länge des Sanierungszyklus.

Es wird ebenso berücksichtigt, dass ältere Gebäudetypen bereits in den zweiten Sanierungszyklus kommen. Wenn ein Gebäudetyp vollständig konventionell durchsaniiert ist, wird angenommen, dass alle weiteren Sanierungen zukunftsweisend ausgeführt werden. Die Sanierungsrate für den zweiten Sanierungszyklus kann unabhängig von den anderen Sanierungsraten eingegeben werden. Hier kann also eine gegebenenfalls gesteigerte Sanierungstätigkeit in der Zukunft simuliert werden.

Für die Abrissrate wird ein Wert von 0,5 % und für die Neubaurate ein Wert von 1,1 % angesetzt.

Folgende Szenarien wurden untersucht:

- Szenario 1 (Basisszenario):
konventionelle Sanierung 1 %, zukunftsweisende Sanierung 0,05 %; dieses Szenario beschreibt eine Fortführung der aktuellen Sanierungsraten
- Szenario 2:
Verdopplung der Raten von Szenario 1 (2 % konventionell, 0,1 % ambitioniert)
- Szenario 3:
keine konventionelle Sanierung mehr, nur noch zukunftsweisende Sanierungen mit einer Rate von 1,05 %; dieses Szenario beschreibt eine deutliche Verschärfung der Sanierungsanforderungen bei gleichbleibender Sanierungsrate
- Szenario 4:
Verdopplung der Raten von Szenario 3 (0 % konventionell, 2,1 % ambitioniert); dieses Szenario beschreibt eine deutliche Verschärfung der Sanierungsanforderungen bei einer Verdoppelung der Sanierungsrate; dieses Szenario entspricht den Vorgaben der Leitstudie des BMU für eine ambitionierte Entwicklung des Gebäudebestands

Als Ergebnis erhält man Verläufe, wie in Abbildung 8-1 dargestellt. Für das Jahr 2011 erkennt man die bereits bekannten Werte von 3.660 PJ für den Heizwärmebedarf und 175 PJ für die Belastungen durch die Dämmrestriktionen. Hiervon ausgehend sinken die Bedarfswerte von Jahr zu Jahr. Immer mehr Gebäude werden saniert, zudem werden alte abgerissen und neue hinzu gebaut. Auf der anderen Seite steigt erwartungsgemäß die Wirkung der Dämmrestriktionen, da diese ja erst im Zuge der durchgeführten Sanierungen wirksam werden. Deren Auswirkungen bleiben



in den dargestellten Szenarien unterhalb eines Wertes von ca. 500 PJ bei Gesamtheizwärmebedarfswerten, die oberhalb von ca. 1.300 PJ liegen.

Zu berücksichtigen ist noch, dass wie in den Kapiteln zuvor beschrieben, lediglich die offensichtlich einflussreichsten Dämmhemmnisse rechnerisch im Detail erfasst werden. Gemäß der auf Basis der durchgeführten Umfrage erstellten Paretoanalyse entspricht deren Wirkung aller Wahrscheinlichkeit nach rund 80 % der Wirkung aller Dämmrestriktionen. Zur rechnerischen pauschalen Integration auch dieser minder einflussreichen und vor allem im Detail kaum zu erfassenden Restriktionen wurden diese durch einen pauschalen Aufschlag in Höhe von 25 % berücksichtigt.

Besonders deutlich werden in Abbildung 8-1 noch einmal die unterschiedlichen Auswirkungen von Sanierungsrate und Sanierungstiefe. So führt eine Sanierungsrate von 1 % ambitionierter Sanierungen zu einer geringeren Einsparung als eine Sanierungsrate von 2 % bei konventionellen Sanierungen. Erst wenn eine zunehmende Anzahl von Gebäuden mit der konventionelle Sanierung durchsaniiert ist und diese Teilmenge in den nächsten Sanierungszyklus (dann mit zukunftsweisender Sanierungstiefe) kommt, nähern sich die beiden Kurven (im Bild die obere hellblaue und die obere orangefarbene) wieder einander an. Dies bedeutet, dass Breitenanierung mittelfristig effizienter ist als Tiefensanierung.

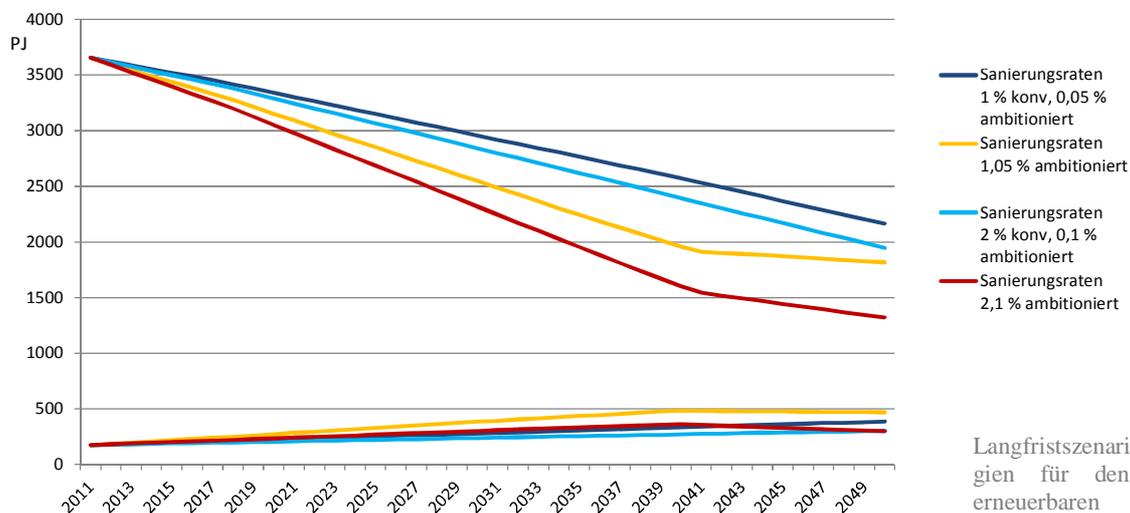


Abbildung 8-1: Verläufe der Heizwärmebedarfswerte und der Wirkung der Dämmrestriktionen für die vier untersuchten Szenarien.

Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global
Schlussbericht

Bevor nun weitere Interpretationen der Ergebnisse angestellt werden, bietet sich der Blick auf andere Berechnungsmethoden und Ergebnisse anderer Studien an. Daher wurde zur Überprüfung der Datenqualität in der vorliegenden Studie ein direkter Vergleich mit den Energiemengen der in der Leitstudie 2011 des Bundesumweltministeriums aufgeführten Ergebnisse vorgenommen (Letztgenannte entsprechen der Abbildung 4.16 in Kapitel 4.3.2).



Anwendungsbilanzen für die Endenergiesektoren in Deutschland im Jahr 2008“. Berlin, Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. Februar 2011

Der in der Leitstudie genannte Ausgangswert für den Energieverbrauch in Höhe von 2.805 PJ (2008) beruht wiederum auf einer Ausarbeitung der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. Dieser wurde in der Leitstudie unter der Annahme ambitionierter Sanierungen unter Verwendung von Technologien in Passivhausqualität fortgeschrieben. Für die Sanierungsrate wurden dabei 2 % per annum vorausgesetzt.

Vergleicht man nun in Abbildung 8-2 die Steigung der Kurven der Leitstudie mit denen der vorliegenden Studie, so wird trotz der gänzlich unterschiedlichen Datenherkunft eine insgesamt zufriedenstellende Ähnlichkeit sichtbar.

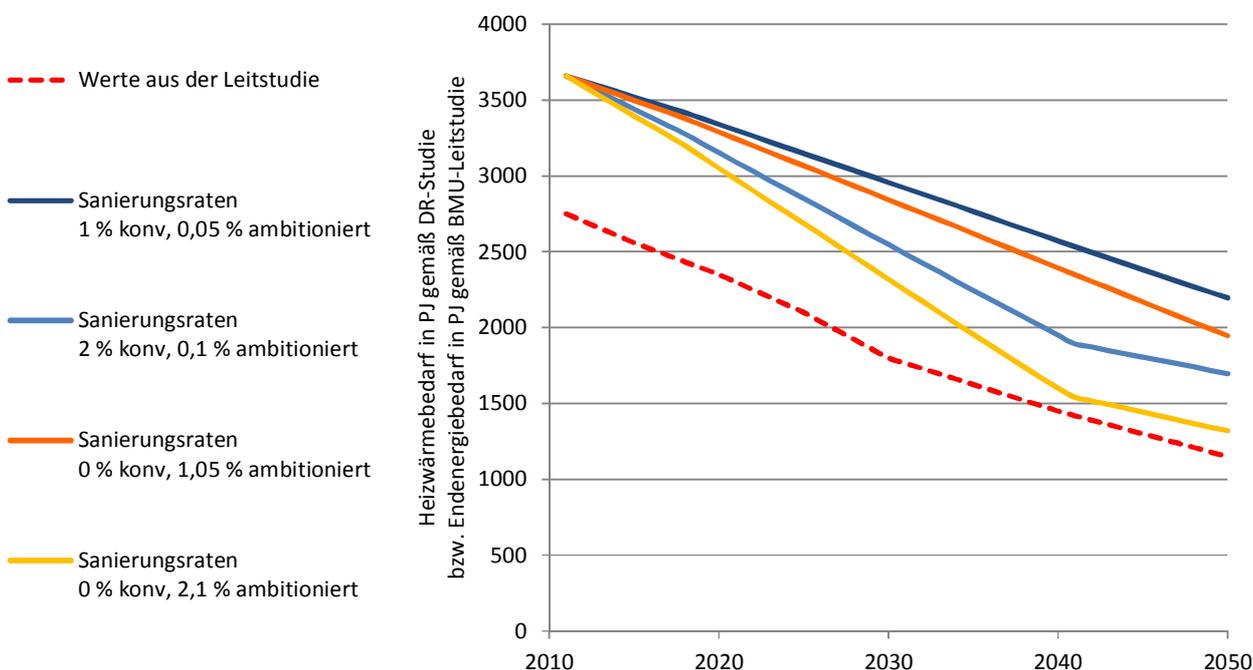


Abbildung 8-2: Verläufe der Heizwärmebedarfswerte für die vier untersuchten Szenarien.

Völlig unterschiedlich sind jedoch die beiden Ausgangsniveaus, welche in der Leitstudie bei 2.805 PJ (2008) für den Endenergieverbrauch und in der vorliegenden Dämmrestriktionsstudie bei 3.660 PJ (2011) für den Heizwärmebedarf liegen. Diese Differenzen werfen offensichtlich tiefere Fragen auf.

Eine endgültige Antwort auf die Frage, wo denn nun die Wahrheit liegt, muss dieser Bericht angesichts der Komplexität des Themas und dem Umstand, dass dies nicht die eigentliche Zielsetzung der Untersuchung ist, schuldig bleiben. Mögliche Erklärungsansätze für die unterschiedlichen Ausgangsbasen sind jedoch:



- **Differenzen in Verbrauchs- und Bedarfszahlen**
Die Leitstudie basiert auf Verbrauchsdaten, das heißt auf bundesweiten Endenergieströmen, die auf den Gebäudesektor herunter gebrochen wurden. Die Dämmrestriktionsstudie beruht dagegen auf errechneten Bedarfswerten, welche mit einem normierten Rechenverfahren (DIN V 4108-6) ermittelt wurden. Diese Bedarfswerte basieren zudem auf vielen Hundert Annahmen zu einzelnen Zahlenwerten (Gebäudeanzahlen, Bauteilflächen, U-Werte, etc.).
- **Verbrauchsstellenzuweisung**
Die Schwierigkeiten, verlässliche Daten für den Gebäudesektor zu erhalten, hatten naturgemäß auch schon die Autoren der der Leitstudie zugrunde liegenden Datenquelle. Hier wurde ein 2-stufiges Verfahren gewählt: Erst wurden die Energieströme in einer top-down-Herangehensweise auf die Gebäude herunter skaliert, das heißt der prozentuale Anteil des Endenergieverbrauchs eines jeden Energieträgers wurde den verschiedenen Verbrauchsstellen (Raum-, Warmwasser-, Prozesswärme sowie Strom und Verkehr) in den Gebäudesegmenten Einfamilienhaus, Zweifamilienhaus und Mehrfamilienhaus zugeordnet. Anschließend wurden diese Daten durch die Auswertung von vorliegenden Detaildaten zu 1.134 Gebäuden kalibriert. Hingegen flossen für die Analyse der Nichtwohngebäude auch Aspekte wie die Anzahl der Beschäftigten ein, auf deren Basis dann der Raumwärmebedarf ermittelt wurde. Die Dämmrestriktions-Modellierung ist dagegen eine reine Bottom-up-Berechnung, da sie von den einzelnen Gebäudetypen ausgeht und diese zu einem Gesamtergebnis aufaddiert.

Die Herangehensweise der Leitstudie kann an dieser Stelle nur grob skizziert werden. Obige kurze Diskussion soll nur deutlich machen, dass die Zahlen der Leitstudie naturgemäß nicht mit den Zahlen der Dämmrestriktionsstudie übereinstimmen können.

Festzuhalten bleibt:

- Die Auswirkungen von Dämmrestriktionen müssen mit bedarfsorientierten Methoden (in Anlehnung an DIN 4108-6) berechnet werden; der durch einzelne Dämmrestriktionen induzierte Verbrauch lässt sich nicht innerhalb des Gesamtverbrauchs separieren und kann daher nicht gemessen werden.
- Beide Studien kommen zu einer (ganz grob) vergleichbaren Größenordnung, was aufgrund der vielen unterschiedlichen Ausgangsdaten und grundsätzlich verschiedenen Methodiken letztendlich für die Qualität der Arbeiten spricht. Vermutlich liegt die Wahrheit in einer vergleichbaren Größenordnung.



- Die Dämmrestriktionsszenarien machen die Sättigungspunkte der konventionellen Sanierung sehr schön sichtbar. Ab dem Zeitpunkt, an dem der Bestand erstmalig (2040) durchsaniiert ist, können mit weiteren, ambitionierteren Sanierungen nur noch geringere Einsparungen erzielt werden.
- Um an dieser Stelle genauere Aussagen treffen zu können, müsste sich vermutlich eine weitere Studie der Problematik der unterschiedlichen Ergebnisse von verbrauchs- und bedarfsbasierten Verfahren widmen.

Auch in den folgenden Diagrammen werden zur Orientierung – auch wenn der Vergleich Heizwärmebedarf und Endenergieverbrauch genaugenommen nicht zulässig ist – auch weiterhin die Werte des Wärmeszenarios der Leitstudie mit eingeblendet.

Abbildung 8-3 macht den Einfluss der Dämmrestriktionen für das ambitionierteste Szenario (2 % zukunftsweisende Sanierung), wie es auch in der Leitstudie unterstellt wird, sichtbar. Bei Vernachlässigung der Dämmhemmnisse würde in 2050 ein Endwert von ca. 1.300 PJ erreicht werden. Berücksichtigt man allerdings die vermuteten Dämmrestriktionen, so lassen sich lediglich ca. 1.750 PJ erzielen. Systembedingt ist diese Differenzierung für den Kurvenverlauf der Leitstudie nicht möglich.

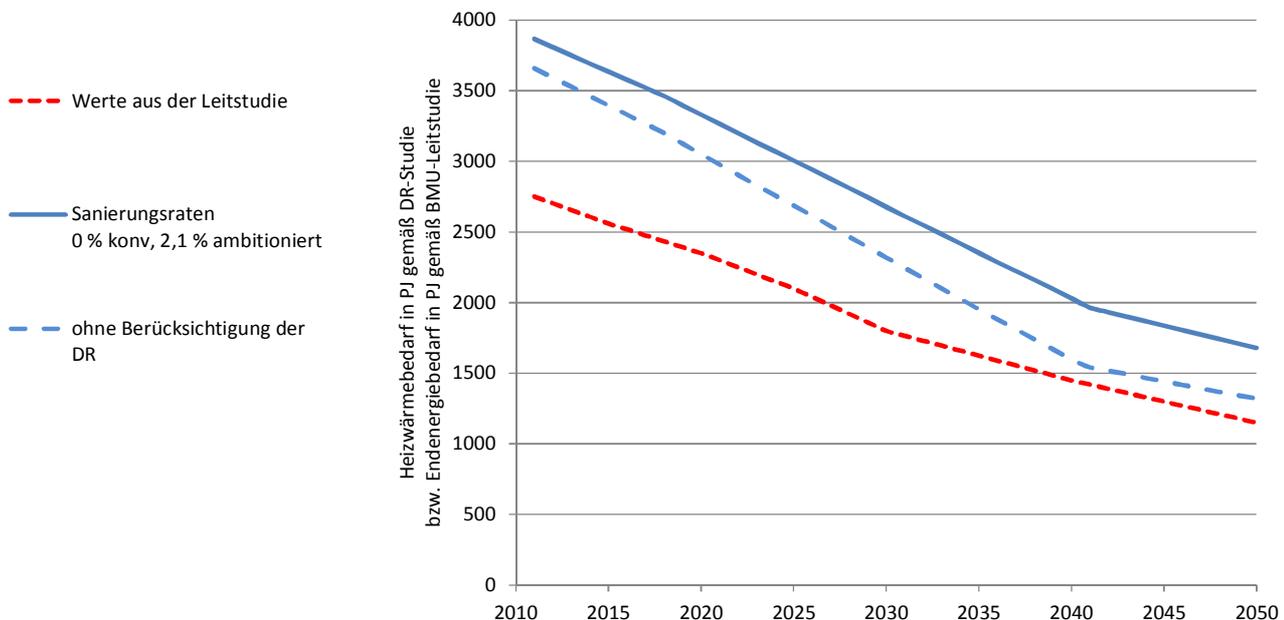


Abbildung 8-3: Auswirkungen der Dämmrestriktionen auf den tatsächlichen Heizwärmebedarf sowie Endenergieverlauf gemäß Leitstudie.

Es wurde oben schon deutlich, dass Dämmrestriktionen auf absehbare Zeit zwar an Bedeutung gewinnen, jedoch in keinem Szenario der beiden Methodiken in die Größenordnung des anvisierten Heizwärmebedarfs

beziehungsweise Endenergieverbrauchs kommen. Der maximale prozentuale Anteil der aufgrund von Dämmrestriktionen nicht wegdämmbaren Wärmemenge liegt hier bei ca. 22 Prozent.

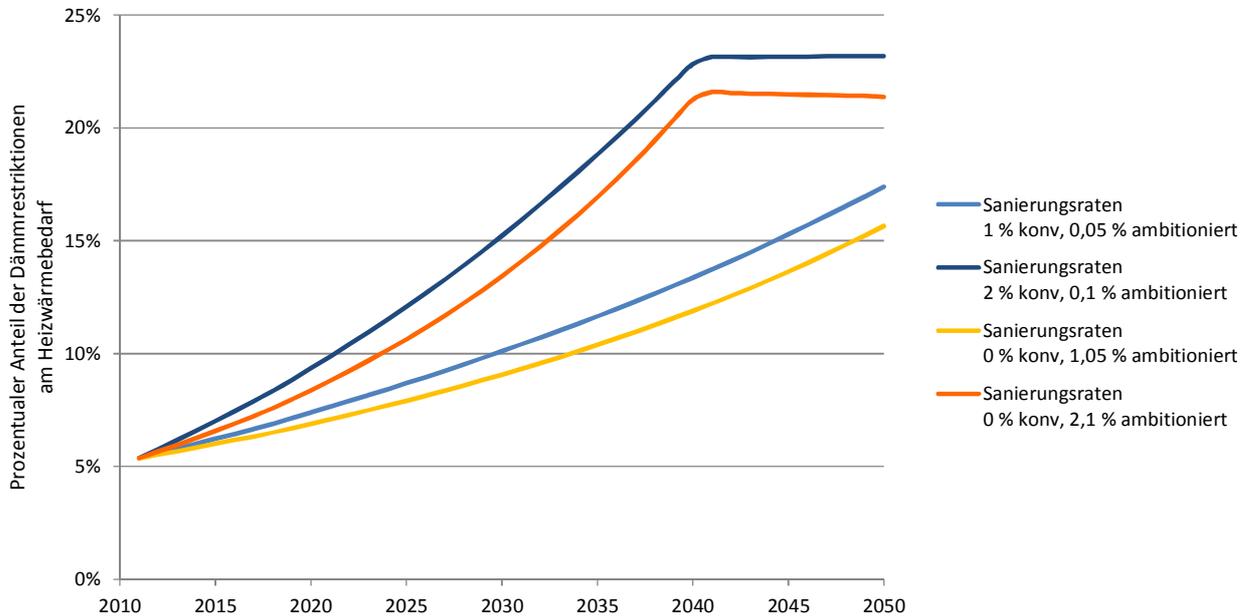


Abbildung 8-4: Prozentualer Anteil der aufgrund von Dämmrestriktionen nicht dämmbaren Wärmemengen im Verhältnis zum Heizwärmebedarf der vier untersuchten Szenarien

Es bleibt an dieser Stelle also festzuhalten, dass Dämmrestriktionen auch heute schon den bundesweiten Heizwärmebedarf um ca. 5 % anheben. Dieser Beitrag wächst je nach angenommenem Szenario auf 16 – 23 % des jeweils noch vorhandenen Heizwärmebedarfs.

Ferner ist festzuhalten, dass es in den vier untersuchten Szenarien noch ausreichend Dämmpotenzial gibt, um den Bedarf an nicht von Dämmrestriktionen betroffenen Bauteilen weiter zu senken. Bei dieser Schlussfolgerung darf die teilweise dünne und wenig belastbare Ausgangsdatenbasis nicht außer Acht gelassen werden. Jedoch gibt der Faktor 4-5, der zwischen den verbleibenden Energiemengen und den durch Dämmrestriktionen erzeugten Wärmemengen liegt, eine erhebliche Sicherheit für diese grundsätzliche Aussage. Selbst wenn der Heizwärmebedarf (oder der Endenergieverbrauch) aufgrund von fehlerhaften Annahmen nur halb so groß wäre – was durch die ähnlichen Ergebnisse der beiden Methodiken sehr unwahrscheinlich ist – und gleichzeitig die Auswirkungen der Dämmrestriktionen doppelt so hoch wären, so läge immer noch der Heizwärmebedarf über den Auswirkungen der Dämmrestriktionen.

Trotz dieser grundsätzlich erst einmal beruhigenden Aussage, erlauben die Ergebnisse dennoch einen weiteren interessanten Einblick in die komplexen Zusammenhänge. Allen vorgestellten Szenarien ist gemeinsam, dass die komplette Durchsanierung des Bestandes in den dargestellten Zeitverläufen



nicht erreicht wird. Bei einer Sanierungsrate von 2 % werden zur allgemeinen Durchsanierung 50 Jahre benötigt. Lagen die Sanierungsraten hier so hoch, dass alle dämmbaren Bestandgebäude innerhalb des Betrachtungszeitraumes zukunftsweisend saniert würden, so liegt es auf der Hand, dass ein Sättigungswert für den Heizwärmebedarf erreicht würde. Mehr dämmen geht dann ab einem bestimmten Zeitpunkt nicht. Dieses demonstriert Abbildung 8-5 in der die Sanierungsrate auf den außergewöhnlich hohen Wert von 4 % gesetzt wurde, um das Erreichen der Sättigung (ca. im Jahr 2040) zeigen zu können. Sichtbar wird der minimal erreichbare Wert von rund 1.550 PJ bei einer Dämmrestriktionswirkung von ca. 440 PJ. Im mit Passivhauskomponenten vollsanierten Gebäudebestand kann der Heizwärmebedarf nicht unter 1.550 PJ kommen, was einer Reduktion von 58 % in Relation zum heutigen Heizwärmebedarf entspricht.

Bisher bekannt gewordene Szenarien, die zugegebenermaßen mit marktgerechten niedrigeren Sanierungsraten rechnen, weisen diesen Sättigungswert nicht aus. In der Sättigung beträgt der prozentuale Anteil der Dämmrestriktionen am Heizwärmebedarf 28 % - somit eine zunehmend zu berücksichtigende Größenordnung.

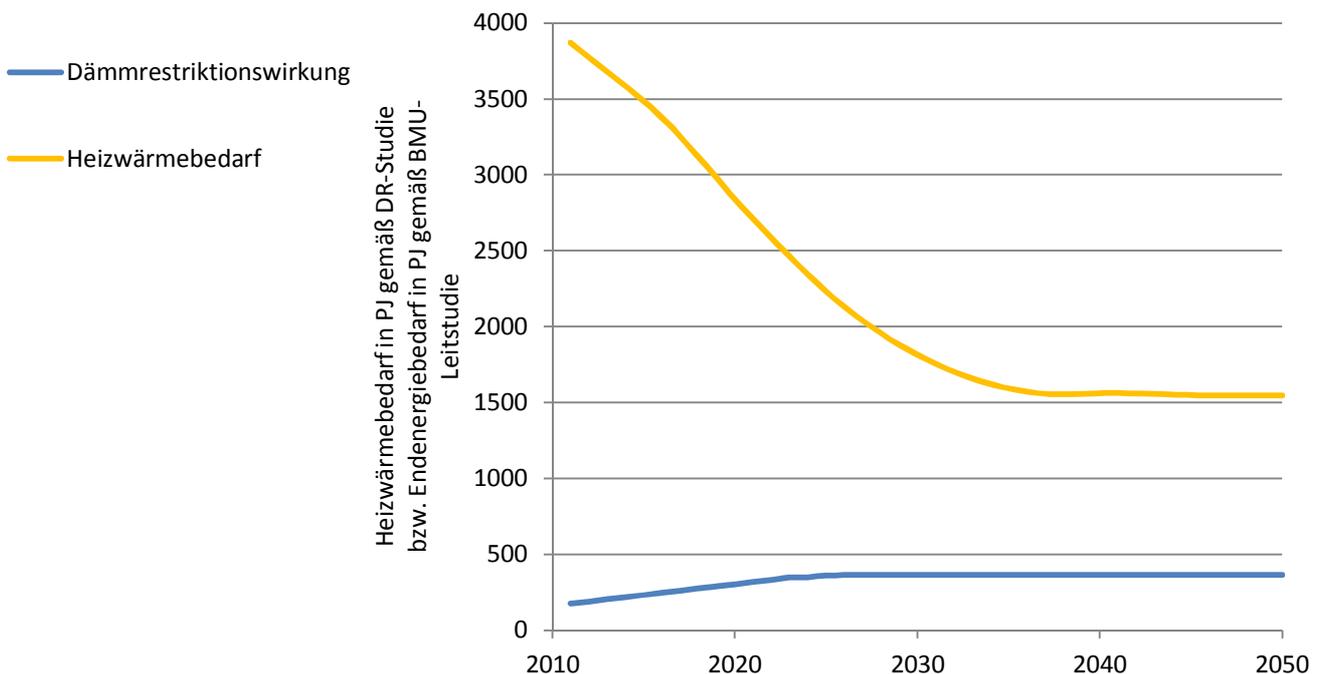


Abbildung 8-5: Darstellung der zu erwartenden Sättigungswerte für den Heizwärmebedarf und die Auswirkungen der Dämmrestriktionen bei einer Sanierungsrate von 4%. Zusätzlich wurden Abriss- und Neubauraten zur Veranschaulichung auf Null gesetzt.

Abbildung 8-6 zeigt nochmals die grundsätzlichen Zusammenhänge mit der Darstellung der drei Zonen „dämmbar“, „Durchsanierung“ und „Dämmrestriktionen“. Solange sich der Gebäudebestand noch in Zone 1 („dämmbar“) befindet, stellen Dämmrestriktionen zumindest im bundesdeutschen Mittel keine tatsächliche Hürde bei der Minderung des

Wärmebedarfs dar. Dies ändert sich, sobald der Sättigungswert erreicht ist und die bereits gedämmten Bauteile der thermischen Hülle kein weiteres Potenzial aufweisen. Die von Dämmrestriktionen betroffenen Flächen hätten grundsätzlich noch weiteres Einsparpotenzial, jedoch lässt sich dieses aus den genannten Gründen nicht weiter erschließen.

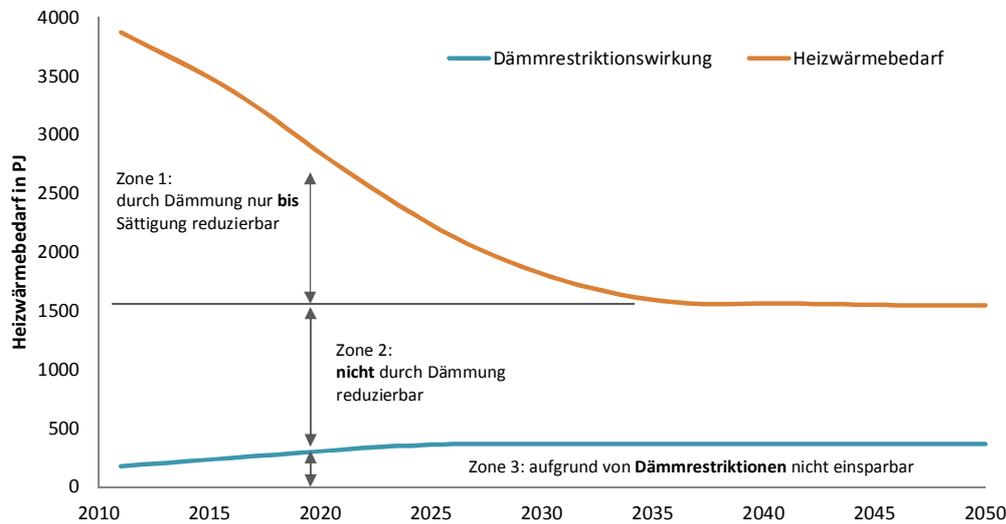


Abbildung 8-6: Einteilung des Heizwärmebedarfs in die drei Zonen „dämmbar“ (Zone 1), aufgrund der „Durchsanierung“ nicht weiter dämmbar (Zone 2) und aufgrund von „Dämmrestriktionen“ technisch/ästhetisch/ökonomisch nicht vertretbar zu dämmen (Zone 3).

8.2 Zusammenhänge zwischen den Entwicklungen der erneuerbaren Energien, des Wärmebedarfs und der Dämmrestriktionen

Derzeit liegt der Beitrag der erneuerbaren Energien im Wärmesektor bei 10,4 % (Leitstudie 2011) des gesamten Endenergieverbrauchs. Seit den Beschlüssen von Meseberg besteht das Ziel, den Endenergieverbrauch für Wärme bis 2020 zu 14 % durch erneuerbare Energien decken zu lassen. Weitere konkrete Zielvorgaben, die sich direkt auf die erneuerbare Wärme beziehen, sind nicht bekannt.

Als weitere politische Vorgabe besteht jedoch die Absichtserklärung, den Primärenergiebedarf zur Wärmeerzeugung in Gebäuden bis 2050 auf nahezu Null (Energiekonzept der BReg, 2010) zu senken. Dies kann durch erhöhte Modernisierungsanstrengungen an der thermischen Hülle der Gebäude oder durch die Deckung des Wärmebedarfs durch erneuerbare Wärme ermöglicht werden. In der Lesart des Eckpunktepapiers zur Energieeffizienz aus dem Jahre 2011 wird dieses politische Ziel dahingehend interpretiert, dass eine Reduktion des Primärenergiebedarfs für Wärme in Gebäuden um 80 % angestrebt wird.



Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass mit diesen Aussagen bis 2050 eine Zunahme des Anteils an erneuerbarer Wärme im Gebäudesektor von heute 10,4 % auf 80-100 % des gesamten, jeweils (noch) vorhandenen Wärmebedarfs anvisiert wird. Würde dieser linear ansteigen, so ergäben sich die in Abbildung 8-7 gezeigten Werte.

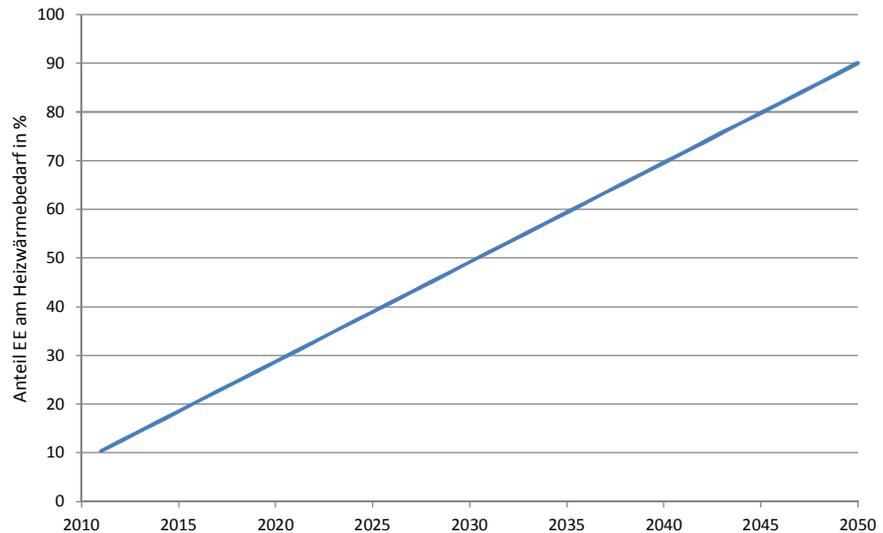


Abbildung 8-7: Möglicher linearer Verlauf des angestrebten prozentualen Anteils der aus erneuerbaren Energien erzeugten Wärme am Gesamtwärmebedarf für Raumwärme. Anfangspunkt: Stand 2011, Endpunkt: mit 90 % angenommen.

Stellt man nun die Szenarien für den Heizwärmebedarf und für den Endenergieverbrauch in direkter Relation zu den oben dargestellten Prozentsätzen der erneuerbaren Energien, so erhält man eine Aussage zu den durch erneuerbare Energiequellen bereitzustellenden Energiemengen (Abbildung 8-8). Diese liegen heute bei rund 200 PJ (nur Raumwärme!) und müssen in den folgenden Dekaden, je nach Szenario, bis auf 1.000-2.000 PJ steigen.

Bei der näheren Betrachtung von Abbildung 8-8 gibt die qualitative Übereinstimmung der Kurvenverläufe der Leitstudie, die ja von einer 2%igen ambitionierten Sanierung ausgeht, und des besten Dämmrestriktionsszenarios, welches ebenso mit 2 % (genauer 2,1 %) ambitionierter Sanierung rechnet, zumindest eine grobe Sicherheit bzgl. der Zuverlässigkeit der Aussagen. Nicht vergessen darf man an dieser Stelle allerdings, dass es sich hierbei, wenngleich um ähnliche, im Detail aber doch um differierende Aussagen handelt. Alle Dämmrestriktionsszenarios bilden Heizwärmebedarfsdaten ab, wohingegen die Leitstudie Endenergieverbrauchswerte repräsentiert. Die prinzipielle Richtung geben beide energietechnische Größen damit an. Im Detail ergeben sich die angesprochenen Differenzen

Endenergie = Heizwärme *
Wirkungsgrad des Heizsystems
multipliziert mit dem zum
Einsatz kommenden handel-
baren Energieträgeranteil
(Brennstoffe, Strom)

- durch die Nutzungsgrade der Energiewandler (insb. so lange es noch fossil betriebene Kessel gibt)
- und durch die Differenzen zwischen den normierten Rechengrößen der Bedarfsermittlung gegenüber den (nur schwer) messbaren Verbrauchswerten.

Das erstellte Berechnungswerkzeug ist in den Grundzügen bereits so angelegt, dass es nach entsprechender Erweiterung auch hierzu Antworten geben könnte. Eine detaillierte Bearbeitung dieser äußerst komplexen Fragestellung hätte aber den Rahmen dieser Vorstudie bei weitem gesprengt.

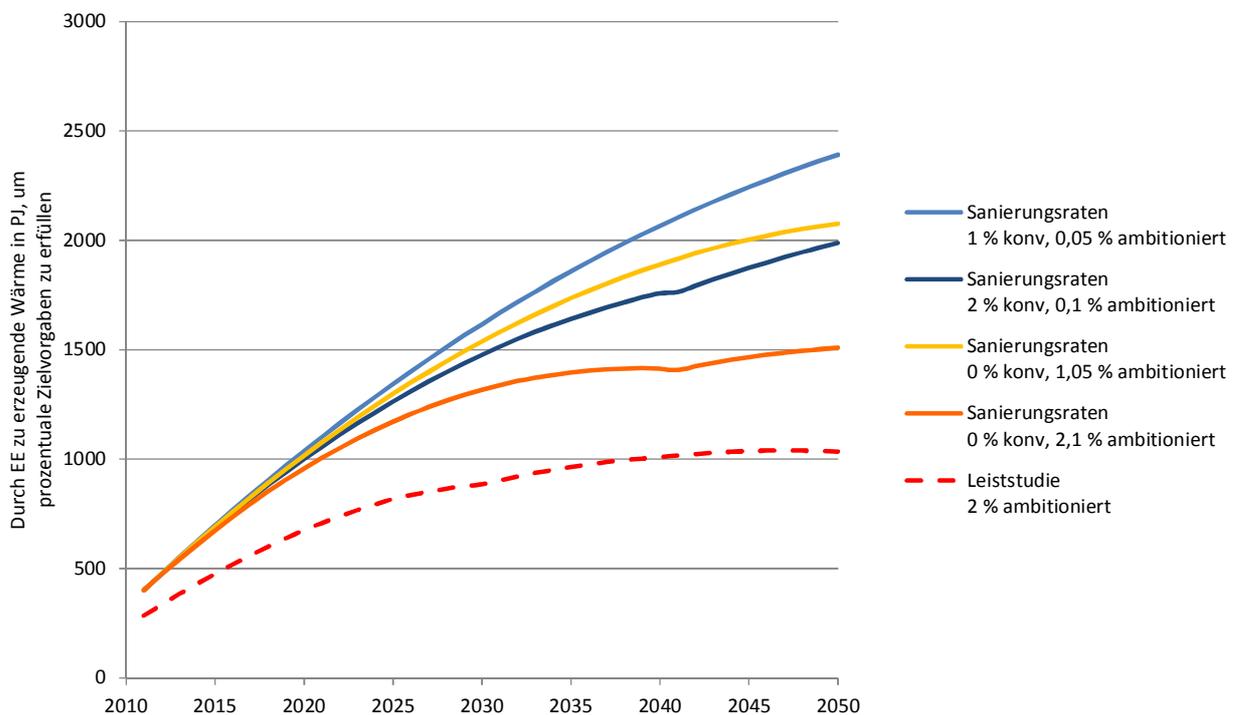


Abbildung 8-8: Verlauf der durch erneuerbare Energien bereitzustellenden Wärmemengen in PJ, um eine gleichmäßige (lineare) Steigerung des Anteils der Erneuerbaren am Gesamttraumwärmebedarf zu realisieren.

Geht man der Gestehung obiger Kurven etwas näher auf den Grund, so lassen sich die aus ihnen resultierenden jährlichen Zuwachsraten (jeweils basierend auf dem im Jahr zuvor bereits erzielten EE-Beitrag) darstellen, wie in Abbildung 8-9 gezeigt. Die zentrale Aussage dieser Abbildung ist der immens hohe Anfangsbeitrag der Zuwachsraten in Höhe von mehr als 18 % (!). In allen Szenarien flacht dieser Wert dann auf Werte um 0-2 % ab.

Betrachtet man die Mittelwerte der notwendigen Zuwachsraten, so liegen diese für alle 5 Kurven bei 5-6 % pro Jahr. Die in der Leitstudie dokumentierte Zuwachsraten von 3,7 % pro Jahr für die Jahre 2009-2030 beziehungsweise von 2,7 % pro Jahr für den gesamten betrachteten Zeitraum von 2009-2050 erscheinen demnach gemäß der vorliegenden Studie als nicht ganz auskömmlich – liegen aber zumindest in einer vergleichbaren Größenordnung. Auch hier könnte sich in weiteren Studien der genauere



Blick auf die Differenzen in den Kurvenverläufen des Endenergieverbrauchs und des Heizwärmebedarfs zur Konkretisierung weiterer Aussagen rentieren.

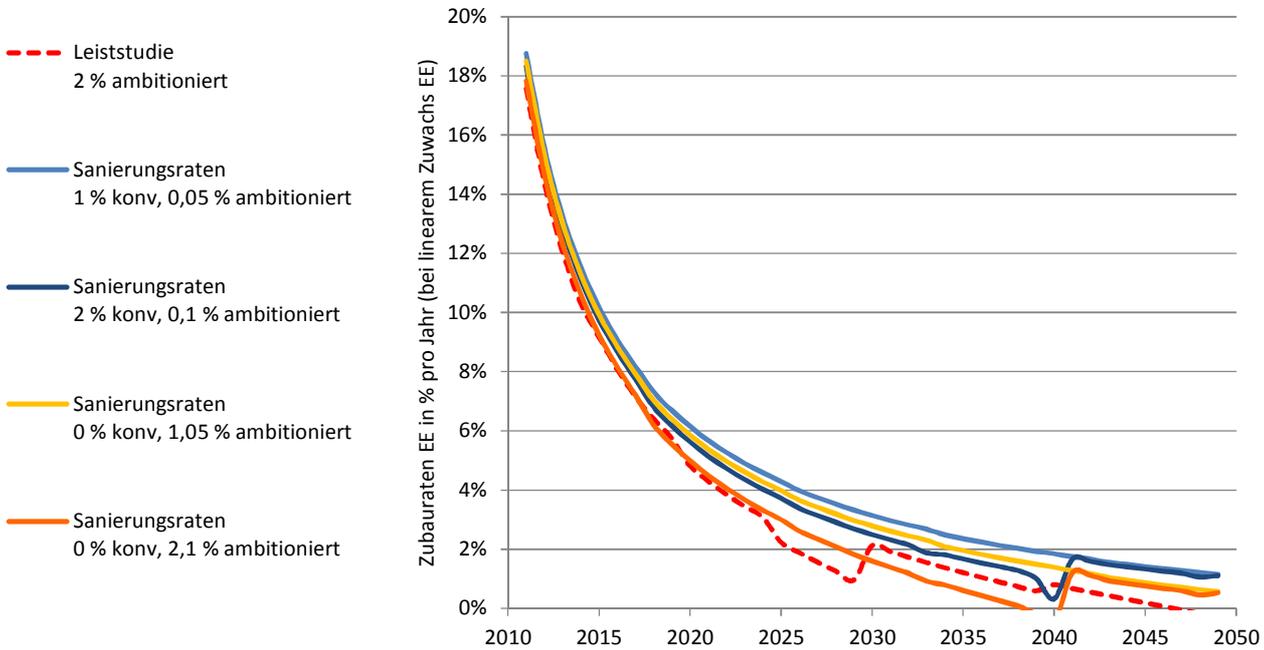


Abbildung 8-9: Benötigte jährliche Zuwachsraten an durch erneuerbare Energien bereitgestellte Wärmemengen, um einen linearen Verlauf des Gesamtbeitrags der Erneuerbaren zu erzielen.

Die Zuwachsraten der ersten 10 Jahre, die in der Größenordnung von 5 - 18 % liegen, erscheinen äußerst ambitioniert. Es stellt sich daher die Frage, ob der oben gewählte Ansatz einer linearen EE-Steigerung (Abbildung 8-7) tatsächlich sinnvoll gewählt wurde.

Ganz bewusst wurde an dieser Stelle ein niedriger Wert als der Wert der offiziellen Zielvorgaben gewählt, um die äußerst sensible Wirkung dieser Messlatte zeigen zu können.

Nachfolgend wurde darum der Versuch durchgeführt, die lineare Zunahme der erneuerbaren Wärme durch einen progressiven Verlauf zu ersetzen. Dies verzögert zwangsläufig den Beitrag der Erneuerbaren, mindert aber eklatant die benötigten Zuwachsraten.

Es wurden daher folgende (vergleichsweise beliebige) Fixpunkte definiert: **12 % (!)** bis 2020, danach gleichbleibender Zubau bis 2030, anschließend gleichmäßiger Zubau auf 40 % bis 2040, anschließend 60 % bis 2045, bis dann schließlich in 2050 90 % erreicht sind (Abbildung 8-10).

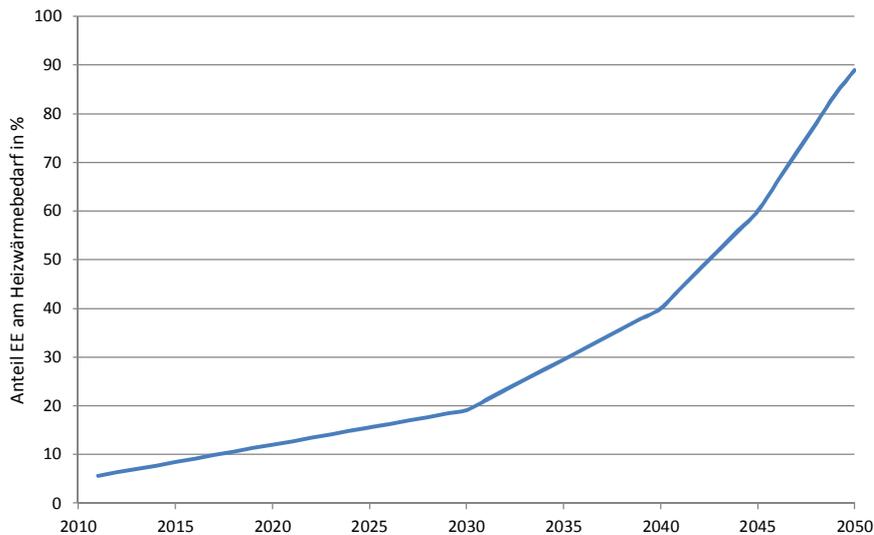


Abbildung 8-10: Möglicher progressiver Verlauf des prozentualen Anteils der erneuerbaren Wärme mit den Fixpunkten: 2011 (10,4 %), 2020 (12 % !), 2040 (40 %), 2045 (60 %) sowie dem Endpunkt in 2050 mit 90 %.

Nunmehr ergeben sich vergleichmäßigte Zubauraten gemäß Abbildung 8-11, die nun stets unter 11-12 % und zumeist in der Größenordnung von 2 - 8 % liegen. Die sichtbaren Sprünge resultieren aus den Knickstellen im obigen Kurvenverlauf bei hier postulierten, sich sprunghaft ändernden Anforderungen der Jahre 2030, 2040 und 2045 und werden sich in der Realität natürlich wegglatzen.

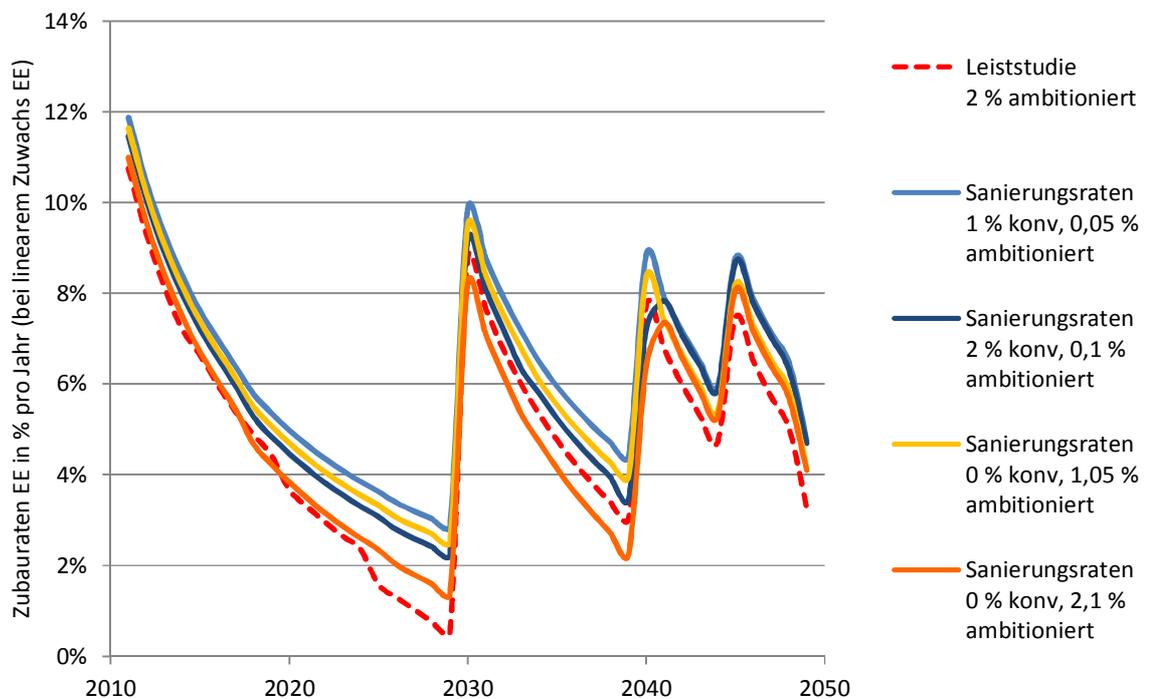


Abbildung 8-11: Benötigte jährliche Zuwachsraten an durch erneuerbare Energien bereitgestellte Wärmemengen, um den zuvor erläuterten progressiven Verlauf des Gesamtbeitrags der Erneuerbaren zu erzielen.



Zum Abschluss zeigt folgende Abbildung den oben dargestellten Zuwachs in absoluten Zahlen (in PJ). Dieser weist je nach Szenario und Jahr erhebliche Schwankungen auf, die zwischen 0 und 150 PJ liegen.

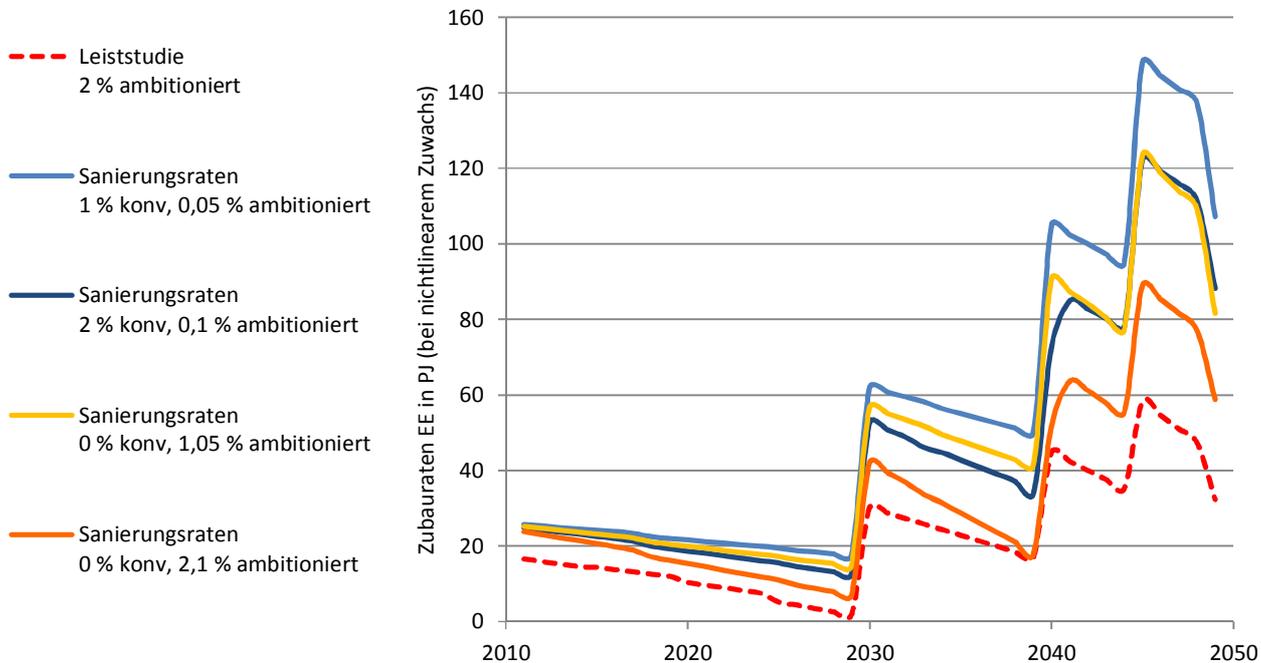


Abbildung 8-12: Prozentualer Anteil der aufgrund von Dämmrestriktionen nicht dämmbaren Wärmemengen im Verhältnis zum Heizwärmebedarf der 4 untersuchten Szenarien und im Verhältnis zum in der BMU-Leitstudie 2011 prognostizierten Endenergiebedarf für Raumwärme.

Es erscheint an dieser Stelle opportun, in einer gesonderten Untersuchung einen marktverträglichen und auf allgemeine Zustimmung stößenden Verlauf dieser Kurven zu entwickeln zu lassen. Im Rahmen dieser Studie kann eine diesbezügliche Antwort nicht gefunden werden, auch wenn das entsprechende Berechnungs- und Analyseinstrumentarium hiermit weitestgehend vorliegt. Andere Faktoren wie Marktkapazitäten, Kosten, allgemeine Umsetzungsmöglichkeiten, persönliche Strukturen der potentiellen Investoren und viele weitere Faktoren müssten sicherlich hier mit ins Kalkül gezogen werden.



8.3 Zusammenfassung der Szenarienanalysen

Es ist festzuhalten:

- Der Anteil der Wärmeverluste durch Dämmrestriktionen am Heizwärmebedarf des deutschen Gebäudebestands beträgt heute ca. 5 %.
- Dämmrestriktionen treten erst bei Sanierungen zu Tage. Wenn die heutigen Sanierungsraten als konstant angenommen werden, wächst der Anteil der Wärmeverluste durch Dämmrestriktionen im Jahr 2050 auf ca. 17 % an.
- Wenn die heute angestrebte Verdoppelung der Sanierungsraten umgesetzt wird, so wächst der Anteil der Wärmeverluste durch Dämmrestriktionen im Jahr 2050 auf ca. 22 % an.
- Wenn der gesamte Gebäudebestand mit Passivhauskomponenten durchsaniiert wäre, so würde der Anteil der Wärmeverluste durch Dämmrestriktionen im Jahr 2050 auf ca. 28 % ansteigen.
- Das Einsparpotenzial, das im Gebäudesektor durch Dämmmaßnahmen gehoben werden kann, beträgt insgesamt ca. 58 %. Um die angestrebte Verminderung des Primärenergiebedarfs um 80 % erreichen zu können, müssen also andere Maßnahmen – wie erneuerbare Energien – das geringe Einsparpotenzial der Dämmmaßnahmen kompensieren.
- Gebäude, die nach heutigen Anforderungen errichtet oder saniert werden, werden in ihrem nächsten Sanierungszyklus voraussichtlich starke wirtschaftliche Dämmrestriktionen darstellen (Lock-In-Situation). Dem kann mit einer Anhebung der Anforderungen auf ein zukunftsweisendes Niveau entgegengewirkt werden. Mit einem Zurückfallen hinter einen hochambitionierten Wärmeschutz, wie es zum Beispiel mit der EnEV-easy angedacht wurde, werden Potenziale verschenkt, die zur Erreichung der Klimaschutzziele dringend ausgeschöpft werden müssen.
- Es sind viele nicht-technische Dämmrestriktionen vorhanden, die vor allem im Verhalten der Akteure liegen (siehe Umfrage). Diese können durch gezielte Information und Förderung adressiert werden.



9 Anhang

9.1 Variablen und Indizes

In Tabelle 9-1 und Tabelle 9-2 sind Formelzeichen und Indizes nach der DIN 4108 aufgeführt:

Symbole	Bezeichnung	Einheit
A	Fläche	m ²
d, S	Schichtdicke	m
H	spezifischer Wärmeverlust	kWh, Wd
n	Anzahl	-
Q	Wärmemenge	kWh
R	Wärmedurchgangswiderstand	m ² K/W
U	Wärmedurchgangskoeffizient	W/(m ² K)
Δ	Differenz	-
Φ	Wärmeleistung	W
λ	Wärmeleitfähigkeit	W/(mK)
θ	Temperatur	°C

Tabelle 9-1: Formelzeichen

Indizes	Bezeichnung
San1	konventionelle Sanierung
San2	zukunftsweisende Sanierung
DR	Dämmrestriktionen
UR	Zustand bei Errichtung eines Gebäudes
M	Monat
j	Index für Dämmrestriktionen
TYPi	Index für Gebäudetypen
ni	Anzahl der Gebäudetypen
si	Oberfläche raumseitig
se	Oberfläche außenseitig
Ziel	bezogen auf einen erwünschten Zustand (nach Sanierung)

Tabelle 9-2: Indizes



9.2 Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 2-1:	EINFLUSSGRÖßEN UND THEORETISCHES VORGEHEN	17
ABBILDUNG 2-2:	QUALITATIVER KURVENVERLAUF DES HEIZWÄRMEBEDARFS UND DER DURCH DÄMMRESTRIKTIONEN VERURSACHTEN TRANSMISSIONSWÄRMEVERLUSTE NICHT WEITER DÄMMBARER FLÄCHEN	18
ABBILDUNG 2-3:	ENDENERGIEVERBRAUCH IN HAUSHALTEN, QUELLE: (ENERGIEDATEN BMWI, 2010)	22
ABBILDUNG 2-4:	HERLEITUNG DER BEGRIFFE HEIZWÄRMEBEDARF, ENDENERGIE UND PRIMÄRENERGIE, QUELLE: (EULEB - EUROPEAN HIGH QUALITY LOW ENERGY BUILDINGS, 2011)	24
ABBILDUNG 4-1:	ANFORDERUNGSNIVEAUS IM ZEITLICHEN VERLAUF, QUELLE: (FRAUNHOFER INSTITUT FÜR BAUPHYSIK, 2009)	34
ABBILDUNG 4-2:	HEIZWÄRMEBEDARF FÜR DIE EINZELNEN BAUALTERSKLASSEN. DEUTLICH WIRD DER 15 %IGE ANTEIL AN WOHNUNGEN DER VORKRIEGSZEIT, DEREN ÄUßERE ANSICHT GRÖßTENTEILS ERHALTENSWERT SEIN DÜRFTE UND DAHER KAUM GEDÄMMT WERDEN KANN, QUELLE: (HOCHSCHULE FÜR TECHNIK STUTTGART, PIETRUSCHKA ET AL., 2011)	38
ABBILDUNG 4-3:	MÖGLICHE WÄRMEÜBERTRAGENDE FLÄCHEN EINES GEBÄUDES	41
ABBILDUNG 4-4:	ONLINE-UMFRAGE UNTER ENERGIEBERATERN UND PLANERN (AUSZUG).....	42
ABBILDUNG 4-5:	VORGEHENSWEISE BEI DER AUSWERTUNG DER UMFRAGE	44
ABBILDUNG 4-6:	BERUFSGRUPPEN DER UMFRAGETEILNEHMER UND JEWELIGER ANTEIL VON ENERGIEBERATERN.....	45
ABBILDUNG 4-7:	ERFAHRUNG MIT ENERGETISCHER GEBÄUDEANIERUNG BEI DEN UMFRAGE-TEILNEHMERN SOWIE DURCHSCHNITT ALLER TEILNEHMER (ORANGE)	45
ABBILDUNG 4-8:	REGIONALE VERTEILUNG DER UMFRAGETEILNEHMER	46
ABBILDUNG 4-9:	BEWERTUNGEN ALLER TEILNEHMER AUFGETEILT NACH BAUTEILEN, AN DENEN DÄMMRESTRIKTIONEN AUFTRETEN 46	
ABBILDUNG 4-10:	BEWERTUNG DER 63 ABGEFRAGTEN DÄMMRESTRIKTIONEN, UNGEWICHTET (ARITHMETISCHES MITTEL)	47
ABBILDUNG 4-11:	KRITERIEN ZUR BESTIMMUNG DER DOMINANTEN DÄMMRESTRIKTIONEN	48
ABBILDUNG 4-12:	DÄMMRESTRIKTIONEN GEWICHTET NACH DER VERMUTETEN RELEVANZ	50
ABBILDUNG 4-13:	DARSTELLUNG DER WICHTIGSTEN DÄMMRESTRIKTIONEN UND HÄUFIGKEITEN DER NENNUNGEN.....	52
ABBILDUNG 4-14:	DÄMMRESTRIKTIONEN AUS SCHRIFTLICHEN KOMMENTAREN.....	53
ABBILDUNG 5-1:	SORTIERUNG DER BAUALTERSKLASSEN SOWIE HÄUFIGKEIT VON GEBÄUDE TypEN UNTERSCHIEDLICHEN BAUALTERS, QUELLE: (IWU, LOGA ET AL., 2011)	60
ABBILDUNG 5-2:	SORTIERUNG DER BAUALTERSKLASSEN SOWIE HÄUFIGKEIT VON GEBÄUDE TypEN UNTERSCHIEDLICHEN BAUALTERS, QUELLE: (IWU, LOGA ET AL., 2011)	61
ABBILDUNG 5-3:	ANZAHL DER WOHNEINHEITEN NACH BAUALTER IM VERGLEICH DER BEIDEN QUELLEN IWU UND STATISTISCHES BUNDESAMT (IWU, LOGA ET AL., 2011)	62
ABBILDUNG 5-4:	FERTIGSTELLUNG UND ABGANG VON NICHTWOHN GEBÄUDEN, QUELLE: (STATISTISCHES BUNDESAMT, 2007)	68
ABBILDUNG 6-1:	AUSZUG AUS DER EINGABEEBENE DES GEBÄUDEMODELLS ZUR BERECHNUNG DES WÄRMEVERLUSTS AN DÄMMRESTRIKTIONEN	72
ABBILDUNG 6-2:	TYPISCHE KONSTRUKTIONEN EINES EINFAMILIENHAUSTYPS FÜR KONVENTIONELLE UND ZUKUNFTSWEISENDE SANIERUNG, INHALTE AUS (IWU, LOGA ET AL., 2011), EIGENE DARSTELLUNG	75
ABBILDUNG 6-3:	AUSZÜGE AUS DEM GEBÄUDEBESTANDSMODELL ZUR BESCHREIBUNG DER EINZELFLÄCHEN (OBEN), DER DÄMMQUALITÄTEN IM ISTZUSTAND (MITTE) SOWIE DER THERMISCHEN QUALITÄTEN IM MAXIMAL DÄMMBAREN (MAXIMAL AMBITIONIERTER HEUTIGER BAUHERR) ZUSTAND DER THERMISCHEN HÜLLEN VERSCHIEDENER WOHN GEBÄUDE (EINFAMILIEN- UND REIHENHÄUSER) UNTERSCHIEDLICHE BAUJAHRE.....	76
ABBILDUNG 6-4:	AUSZÜGE AUS DEM GEBÄUDEBESTANDSMODELL ZUR BESCHREIBUNG DER EINZELFLÄCHEN (OBEN), DER DÄMMQUALITÄTEN IM ISTZUSTAND (MITTE) SOWIE DER THERMISCHEN QUALITÄTEN IM MAXIMAL DÄMMBAREN (MAXIMAL AMBITIONIERTER HEUTIGER BAUHERR) ZUSTAND DER THERMISCHEN HÜLLEN VERSCHIEDENER NICHTWOHN GEBÄUDEUNTERSCHIEDLICHE BAUJAHRE	77
ABBILDUNG 7-1:	MÖGLICHKEITEN DES WANDAUFBAUS BEI EIN- UND ZWEISCHALIGER SICHTMAUERWERKKONSTRUKTION	84
ABBILDUNG 7-2:	LUFTAUFNAHME DER INNENSTADT VON SAARBRÜCKEN. ANHAND SOLCHER AUFNAHMEN WURDE DER PROZENTUALE ANTEIL ERHALTENSWERTER FASSADEN AUSGEZÄHLT.....	91



ABBILDUNG 7-3:	PROZENTUALE ANTEILE FÜR SICHTMAUERWERK UND ERHALTENSWERTE FASSADEN FÜR DEN BEREICH DER WOHN- (LINKS) UND NICHTWOHN- (RECHTS)	92
ABBILDUNG 7-4:	NENNUNGEN DER IN KAPITEL 4.2 BESCHRIEBENEN UMFRAGE	96
ABBILDUNG 7-5:	AUSWIRKUNGEN DER DÄMMRESTRIKTION „AUßENWAND (OHNE DENKMALSCHUTZ)“ AUF DEN HEIZWÄRMEBEDARF	100
ABBILDUNG 7-6:	ZUKÜNFTIGE AUSWIRKUNGEN DER DÄMMRESTRIKTION „AUßENWAND (OHNE DENKMALSCHUTZ)“ AUF DEN HEIZWÄRMEBEDARF. AUSGANGSBASIS IST DIE GEGEBENE SITUATION IN 2011. DIESE WURDE MIT DEN SANIERUNGSRATEN 1 % FÜR KONVENTIONELLE BEZIEHUNGSWEISE 0,05 % FÜR AMBITIONIERTE SANIERUNG SOWIE 0,5 % FÜR DIE ABRIS- UND 1,1 % FÜR DIE NEUBAURATE. IM JAHRE 2011. IN DEN KOMMENDEN 40 JAHREN WÜRD SICH DAMIT DER AUSGANGSWERT VON KNAPP 60 PJ AUF CA. 130 PJ ERHÖHEN.	101
ABBILDUNG 7-7:	VERGLEICH DER ANZAHL VON DENKMALEN IN DEUTSCHLAND (NÄHERUNGSDATEN, EIGENE ERHEBUNG UND VERGLEICH VON THE EUROPEAN HERITAGE NETWORK - STATISTICAL DATA)	104
ABBILDUNG 7-8:	VERGLEICH DER ANZAHL VON DENKMALGESCHÜTZTEN GEBÄUDEN IN DEUTSCHLAND (NÄHERUNGSDATEN, EIGENE ERHEBUNG UND VERGLEICH VON THE EUROPEAN HERITAGE NETWORK - STATISTICAL DATA)	104
ABBILDUNG 7-9:	VERGLEICH DER GESAMTANZAHL VON DENKMALEN UND DENKMALGESCHÜTZTEN GEBÄUDEN IN DEUTSCHLAND (NÄHERUNGSDATEN, EIGENE ERHEBUNG UND VERGLEICH VON THE EUROPEAN HERITAGE NETWORK - STATISTICAL DATA)	104
ABBILDUNG 7-10:	ERGEBNISSE DER DURCHFÜHRTEN UMFRAGE FÜR BAUDENKMALE	105
ABBILDUNG 7-11:	AUSWIRKUNGEN DER DÄMMRESTRIKTION „AUßENWAND (MIT DENKMALSCHUTZ)“ AUF DIE NICHT DÄMMBARE WÄRMEMENGE IM JAHRE 2011. DIESE BETRÄGT IN DER SUMME RUND 17 PJ, WAS EINEM ANTEIL AM DEUTSCHEN GESAMTRAUMWÄRMEBEDARF VON WENIGER ALS 1 % ENTSpricht.	107
ABBILDUNG 7-12:	ZUKÜNFTIGE AUSWIRKUNGEN DER DÄMMRESTRIKTION „DENKMALSCHUTZ“ AUF DIE NICHT DÄMMBARE WÄRMEMENGE. AUSGANGSBASIS IST DIE GEGEBENE SITUATION IN 2011. DIESE WURDE MIT DEN SANIERUNGSRATEN 1 % FÜR KONVENTIONELLE BEZIEHUNGSWEISE 0,05 % FÜR AMBITIONIERTE SANIERUNG SOWIE 0,5 % FÜR DIE ABRIS- UND 1,1 % FÜR DIE NEUBAURATE. IM JAHRE 2011. IN DEN KOMMENDEN 40 JAHREN WÜRD SICH DAMIT DER AUSGANGSWERT VON CA. 17 PJ AUF KNAPP 40 PJ ERHÖHEN.	108
ABBILDUNG 7-13:	TEILNEHMEREINSCHÄTZUNGEN AUFTRETENDER DÄMMRESTRIKTIONEN BEI DER DÄMMUNG DER OBERSTEN GESCHOSSDECKE	110
ABBILDUNG 7-14:	NUTZUNG DER DACHGESCHOSSE, QUELLE: (IWU U. BREMER ENERGIE INSTITUT, DIEFENBACH ET AL., 2010)	111
ABBILDUNG 7-15:	AUSWIRKUNGEN DER DÄMMRESTRIKTION „OBERSTE GESCHOSSDECKE“ AUF DIE NICHT DÄMMBARE WÄRMEMENGE IM JAHRE 2011. DIESE BETRÄGT IN DER SUMME WENIGER ALS 1 PJ, WAS EINEM ANTEIL AM DEUTSCHEN GESAMTRAUMWÄRMEBEDARF VON CA. WENIGER ALS 1 PROMILLE ENTSpricht.	112
ABBILDUNG 7-16:	ZUKÜNFTIGE AUSWIRKUNGEN DER DÄMMRESTRIKTION „OBERSTE GESCHOSSDECKE“ AUF DIE NICHT DÄMMBARE WÄRMEMENGE. AUSGANGSBASIS IST DIE GEGEBENE SITUATION IN 2011. DIESE WURDE MIT DEN SANIERUNGSRATEN 1 % FÜR KONVENTIONELLE BEZIEHUNGSWEISE 0,05 % FÜR AMBITIONIERTE SANIERUNG SOWIE 0,5 % FÜR DIE ABRIS- UND 1,1 % FÜR DIE NEUBAURATE. IM JAHRE 2011. IN DEN KOMMENDEN 40 JAHREN WÜRD SICH DAMIT DER AUSGANGSWERT VON WENIGER ALS 1 PJ AUF CA. 1,2 PJ ERHÖHEN.	112
ABBILDUNG 7-17:	NUTZUNG DER KELLERGESCHOSSE, QUELLE: (IWU U. BREMER ENERGIE INSTITUT, DIEFENBACH ET AL., 2010)	114
ABBILDUNG 7-18:	TEILNEHMEREINSCHÄTZUNGEN AUFTRETENDER DÄMMRESTRIKTIONEN SPEZIELL BEI DER KELLERDECKEN	115
ABBILDUNG 7-19:	AUSWIRKUNGEN DER DÄMMRESTRIKTION „KELLERDECKE“ AUF DIE NICHT DÄMMBARE WÄRMEMENGE IM JAHRE 2011. DIESE BETRÄGT IN DER SUMME CA. 40 PJ, WAS EINEM ANTEIL AM DEUTSCHEN GESAMTRAUMWÄRMEBEDARF VON CA. 1 % ENTSpricht.	117
ABBILDUNG 7-20:	ZUKÜNFTIGE AUSWIRKUNGEN DER DÄMMRESTRIKTION „KELLERDECKE“ AUF DIE NICHT DÄMMBARE WÄRMEMENGE. AUSGANGSBASIS IST DIE GEGEBENE SITUATION IN 2011. DIESE WURDE MIT DEN SANIERUNGSRATEN 1 % FÜR KONVENTIONELLE BEZIEHUNGSWEISE 0,05 % FÜR AMBITIONIERTE SANIERUNG SOWIE 0,5 % FÜR DIE ABRIS- UND 1,1 % FÜR DIE NEUBAURATE. IM JAHRE 2011. IN DEN KOMMENDEN 40 JAHREN WÜRD SICH DAMIT DER AUSGANGSWERT VON KNAPP 40 PJ AUF CA. 80 PJ ERHÖHEN.	117



ABBILDUNG 7-21:	KELLER BEHEIZT; DÄMMUNG DER BODENPLATTE UND AUßENWÄNDE	119
ABBILDUNG 7-22:	UMFRAGEERGEBNISSE FÜR DÄMMRESTRIKTIONEN BEI ERDREICHBERÜHRTEN BAUTEILEN	119
ABBILDUNG 7-23:	AUSWIRKUNGEN DER DÄMMRESTRIKTION „ERDREICHBERÜHRTE BAUTEILE“ AUF DIE NICHT DÄMMBARE WÄRMEMENGE IM JAHRE 2011. DIESE BETRÄGT CA. 40 PJ, WAS EINEM ANTEIL AM DEUTSCHEN GESAMTRAUMWÄRMEBEDARF VON CA. 1 % ENTSpricht.	120
ABBILDUNG 7-24:	ZUKÜNFTIGE AUSWIRKUNGEN DER DÄMMRESTRIKTION „BAUTEILE GEGEN ERDREICH“ AUF DIE NICHT DÄMMBARE WÄRMEMENGE. AUSGANGSBASIS IST DIE GEGEBENE SITUATION IN 2011. DIESE WURDE MIT DEN SANIERUNGSRATEN 1 % FÜR KONVENTIONELLE BEZIEHUNGSWEISE 0,05 % FÜR AMBITIONIERTE SANIERUNG SOWIE 0,5 % FÜR DIE ABRIS- UND 1,1 % FÜR DIE NEUBAURATE. IM JAHRE 2011. IN DEN KOMMENDEN 40 JAHREN WÜRDE SICH DAMIT DER AUSGANGSWERT VON KNAPP 38 PJ AUF CA. 82 PJ ERHÖHEN.	121
ABBILDUNG 7-25:	UMFRAGEERGEBNISSE FÜR RESTRIKTIONEN BEI DER FENSTERERNEUERUNG.....	122
ABBILDUNG 7-26:	AUSWIRKUNGEN DER DÄMMRESTRIKTION „FENSTER“ AUF DIE NICHT DÄMMBARE WÄRMEMENGE IM JAHRE 2011. DIESE BETRÄGT CA. 20 PJ, WAS EINEM ANTEIL AM DEUTSCHEN GESAMTRAUMWÄRMEBEDARF VON CA. 0,5 % ENTSpricht.....	123
ABBILDUNG 7-27:	ZUKÜNFTIGE AUSWIRKUNGEN DER DÄMMRESTRIKTION „FENSTER“ AUF DIE NICHT DÄMMBARE WÄRMEMENGE. AUSGANGSBASIS IST DIE GEGEBENE SITUATION IN 2011. DIESE WURDE MIT DEN SANIERUNGSRATEN 1 % FÜR KONVENTIONELLE BEZIEHUNGSWEISE 0,05 % FÜR AMBITIONIERTE SANIERUNG SOWIE 0,5 % FÜR DIE ABRIS- UND 1,1 % FÜR DIE NEUBAURATE. IM JAHRE 2011. IN DEN KOMMENDEN 40 JAHREN WÜRDE SICH DAMIT DER AUSGANGSWERT VON KNAPP 60 PJ AUF CA. 130 PJ ERHÖHEN.	124
ABBILDUNG 7-28:	ZUKÜNFTIGE AUSWIRKUNGEN ALLER BETRACHTETEN DÄMMRESTRIKTIONEN AUSGANGSBASIS IST DIE GEGEBENE SITUATION IN 2011. DIESE WURDE MIT EINER SANIERUNGSRATE VON 1 % FÜR KONVENTIONELLE BEZIEHUNGSWEISE 0,05 % FÜR AMBITIONIERTE SANIERUNG SOWIE 0,5 % FÜR DIE ABRIS- UND 1,1 % FÜR DIE NEUBAURATEBERECHNET.....	126
ABBILDUNG 8-1:	VERLÄUFE DER HEIZWÄRMEBEDARFSWERTE UND DER WIRKUNG DER DÄMMRESTRIKTIONEN FÜR DIE VIER UNTERSUCHTEN SZENARIEN.	129
ABBILDUNG 8-2:	VERLÄUFE DER HEIZWÄRMEBEDARFSWERTE FÜR DIE VIER UNTERSUCHTEN SZENARIEN.....	130
ABBILDUNG 8-3:	AUSWIRKUNGEN DER DÄMMRESTRIKTIONEN AUF DEN TATSÄCHLICHEN HEIZWÄRMEBEDARF SOWIE ENDENERGIEVERLAUF GEMÄß LEITSTUDIE.	132
ABBILDUNG 8-4:	PROZENTUALER ANTEIL DER AUFGRUND VON DÄMMRESTRIKTIONEN NICHT DÄMMBAREN WÄRMEMENGEN IM VERHÄLTNIß ZUM HEIZWÄRMEBEDARF DER 4 UNTERSUCHTEN SZENARIEN UND IM VERHÄLTNIß ZUM IN DER BMU-LEITSTUDIE 2011 PROGNOSTIZIEREN ENDENERGIEBEDARF FÜR RAUMWÄRME.....	133
ABBILDUNG 8-5:	DARSTELLUNG DER ZU ERWARTENDEN SÄTTIGUNGSWERTE FÜR DEN HEIZWÄRMEBEDARF UND DIE AUSWIRKUNGEN DER DÄMMRESTRIKTIONEN BEI EINER SANIERUNGSRATE VON HIER ANGENOMMENEN 4 %. ZUSÄTZLICH WURDEN ABRIS- UND NEUBAURATEN ZUR VERANSCHAULICHUNG AUF NULL GESETZT.....	134
ABBILDUNG 8-6:	EINTEILUNG DES HEIZWÄRMEBEDARFS IN DIE DREI ZONEN „DÄMMBAR“ (ZONE 1), AUFGRUND DER „DURCHSANIERUNG“ NICHT WEITER DÄMMBAR (ZONE 2) UND AUFGRUND VON „DÄMMRESTRIKTIONEN“ TECHNISCH/ÄSTHETISCH/ÖKONOMISCH NICHT VERTRETBAR ZU DÄMMEN (ZONE 3).	135
ABBILDUNG 8-7:	MÖGLICHER LINEARER VERLAUF DES ANGESTREBTEN PROZENTUALEN ANTEILS DER AUS ERNEUERBAREN ENERGIEN ERZEUGTEN WÄRME AM GESAMTWÄRMEBEDARF FÜR RAUMWÄRME. ANFANGSPUNKT: STAND 2011, ENDPUNKT: MIT 90 % ANGENOMMEN.	136
ABBILDUNG 8-8:	VERLAUF DER DURCH ERNEUERBARE ENERGIEN BEREITZUSTELLENDEN WÄRMEMENGEN IN PJ, UM EINE GLEICHMÄßIGE (LINEARE) STEIGERUNG DES ANTEILS DER ERNEUERBAREN AM GESAMTRAUMWÄRMEBEDARF ZU REALISIEREN.	137
ABBILDUNG 8-9:	BENÖTIGTE JÄHRLICHE ZUWACHSRATEN AN DURCH ERNEUERBARE ENERGIEN BEREITGESTELLTE WÄRMEMENGEN, UM EINEN LINEAREN VERLAUF DES GESAMTBEITRAGS DER ERNEUERBAREN ZU ERZIELEN.	138
ABBILDUNG 8-10:	MÖGLICHER PROGRESSIVER VERLAUF DES PROZENTUALEN ANTEILS DER ERNEUERBAREN WÄRME MIT DEN FIXPUNKTEN: 2011 (10,4 %), 2020 (12 % !), 2040 (40 %), 2045 (60 %) SOWIE DEM ENDPUNKT IN 2050 MIT 90 %.....	139



ABBILDUNG 8-11:	BENÖTIGTE JÄHRLICHE ZUWACHSRATEN AN DURCH ERNEUERBARE ENERGIEN BEREITGESTELLTE WÄRMEMENGEN, UM DEN ZUVOR ERLÄUTERTEN PROGRESSIVEN VERLAUF DES GESAMTBEITRAGS DER ERNEUERBAREN ZU ERZIELEN.	139
ABBILDUNG 8-12:	PROZENTUALER ANTEIL DER AUFGRUND VON DÄMMRESTRIKTIONEN NICHT DÄMMBAREN WÄRMEMENGEN IM VERHÄLTNIS ZUM HEIZWÄRMEBEDARF DER 4 UNTERSUCHTEN SZENARIEN UND IM VERHÄLTNIS ZUM IN DER BMU-LEITSTUDIE 2011 PROGNOSTIZIEREN ENDENERGIEBEDARF FÜR RAUMWÄRME.....	140
ABBILDUNG 9-1:	ONLINE UMFRAGEKATALOG; ERSTE MASKE - BAUTEILE	153
ABBILDUNG 9-2:	ONLINE UMFRAGEKATALOG; MASKE - AUßENWÄNDE.....	154
ABBILDUNG 9-3:	ONLINE UMFRAGEKATALOG; MASKE – STEILDÄCHER UND GAUBEN.....	155
ABBILDUNG 9-4:	ONLINE UMFRAGEKATALOG; MASKE – AUßENFENSTER UND -TÜREN	155
ABBILDUNG 9-5:	ONLINE UMFRAGEKATALOG; MASKE – FLACHDÄCHER / TERRASSEN	156
ABBILDUNG 9-6:	ONLINE UMFRAGEKATALOG; MASKE – OBERSTE GESCHOSSDECKE / ABSEITEN	156
ABBILDUNG 9-7:	ONLINE UMFRAGEKATALOG; MASKE – INNENWÄNDE	157
ABBILDUNG 9-8:	ONLINE UMFRAGEKATALOG; MASKE – DECKEN ÜBER UNBEHEIZTEN RÄUMEN	157
ABBILDUNG 9-9:	ONLINE UMFRAGEKATALOG; MASKE – DECKEN NACH UNTEN GEGEN AUßENLUFT.....	158
ABBILDUNG 9-10:	ONLINE UMFRAGEKATALOG; MASKE – DENKMALSCHUTZ	158
ABBILDUNG 9-11:	ONLINE UMFRAGEKATALOG; MASKE – WEITER DÄMMHEMMNISSE	159



9.3 Tabellenverzeichnis

TABELLE 3-1:	TYPISIERUNG DER DÄMMRESTRIKTIONEN	27
TABELLE 3-2:	AUSZUG AUS ANLAGE 3, TABELLE 1 ENERGIEEINSPARVERORDNUNG: HÖCHSTWERTE DER WÄRMEDURCHGANGSKOEFFIZIENTEN BEI ERSTMALIGEM EINBAU, ERSATZ UND ERNEUERUNG VON BAUTEILEN...	33
TABELLE 4-1:	ÜBERSICHT ÜBER ANGABEN ZU DEN AM MARKT UMGESETZTEN SANIERUNGSRATEN UND -EFFIZIENZEN.....	37
TABELLE 4-2:	TABELLARISCHE DARSTELLUNG DER BAUTEIL- UND BAUWEISENSCHARFEN GENEHMIGUNGSFÄHIGEN MÖGLICHKEITEN VON ENERGIEEFFIZIENZMAßNAHMEN BEI DENKMALEN,	39
TABELLE 4-3:	HÖCHSTBEWERTETE DÄMMRESTRIKTIONEN	48
TABELLE 4-4:	SCHWACH BEWERTETE DÄMMRESTRIKTIONEN NACH DER GEWICHTUNG	49
TABELLE 4-5:	REAL IM EINZELFALL BEDEUTSAME, ABER IM VERGLEICH ZU ANDEREN DÄMMRESTRIKTIONEN MINDER RELEVANTE HEMMNISSE	51
TABELLE 5-1:	WOHNEINHEITEN IN GEBÄUDEN MIT WOHNRAUM NACH DEM BAUJAHR61	
TABELLE 5-2:	NUTZFLÄCHE DES GEBÄUDEBESTANDS, DEUTSCHLAND, 1991 IN MIO. M ² , QUELLE: (KÖHLER ET AL., 1999).....	63
TABELLE 5-3:	AUF BASIS DES BRUTTO-ANLAGEVERMÖGENS KALKULIERTE BESTANDSDATEN FÜR DEN NICHTWOHNBAUBESTAND (BMVBS, DIRLICH ET AL., 2011)	64
TABELLE 5-4:	AUF BASIS DES BRUTTO-ANLAGEVERMÖGENS KALKULIERTE BESTANDSDATEN FÜR DEN BEHEIZTEN (ENEV-RELEVANTEN) NICHTWOHNBAUBESTAND (BMVBS, DIRLICH ET AL., 2011).....	64
TABELLE 5-5:	WÄRMEDURCHGANGSKOEFFIZIENTEN DER HÜLLFLÄCHENBAUTEILE VON NICHTWOHN-GEBÄUDEN NACH BAUALTERSKLASSE, QUELLE (BMVBS, DIRLICH ET AL., 2011)	65
TABELLE 5-6:	GEGENÜBERSTELLUNG DER BAUALTERSKLASSEN VON WOHN- UND NICHTWOHN- GEBÄUDEN	68
TABELLE 5-7:	VERGLEICH VERSCHIEDENER STUDIEN ZUM NICHTWOHN- GEBÄUDEBESTAND UND IHRER SPEZIFISCHEN AUSSAGEN ZU EINZELNEN GEBÄUDENUTZUNGSARTEN	69
TABELLE 6-1:	TYPISCHE KONSTRUKTIONEN EINES EINFAMILIENHAUSTYPS FÜR KONVENTIONELLE UND ZUKUNFTSWEISENDE SANIERUNG, INHALTE AUS (IWU, LOGA ET AL., 2011), EIGENE DARSTELLUNG.....	75
TABELLE 7-1:	KATEGORISIERUNG DER BAUTEILE UND ZUGEHÖRIGE DÄMMRESTRIKTIONSTYPEN	79
TABELLE 7-2:	MAUERWERKSARTEN UND DEREN ERRICHTUNGSZEITRÄUME, QUELLE: (ARBEITSGEMEINSCHAFT MAUERZIEGEL IM BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN ZIEGELINDUSTRIE E. V., 2005)	83
TABELLE 7-3:	ÜBERSICHT ÜBER DIE KONSTRUKTIONSARTEN VON AUßENWÄNDEN UND SPEZIFISCHEN DÄMMRESTRIKTIONEN ...	90
TABELLE 7-4:	DATENTABELLE LUFTBILDERAUSWERTUNG – WOHNGEBÄUDE	93
TABELLE 7-5:	DATENTABELLE LUFTBILDERAUSWERTUNG - NICHTWOHN- GEBÄUDE	94
TABELLE 7-6:	WANDTYPEN IM WOHNGEBÄUDEBESTAND NACH BAUALTERSKLASSE, QUELLE: (IWU, LOGA ET AL., 2011).....	95
TABELLE 7-7:	WANDTYPEN IM WOHNGEBÄUDEBESTAND NACH GEBÄUDE- TYPEN, QUELLE: (IWU, LOGA ET AL., 2011).....	95
TABELLE 7-8:	DÄMMRESTRIKTIONEN AN AUßENWÄNDEN VON BAUDENKMALEN	102
TABELLE 7-9:	NACHTRÄGLICHE WÄRMEDÄMMUNG DENK- MALGESCHÜTZTER GEBÄUDE	103
TABELLE 7-10:	NUTZUNG DER DACHGESchosSE, QUELLE: (IWU U. BREMER ENERGIE INSTITUT, DIEFENBACH ET AL., 2010) .	111
TABELLE 7-11:	NUTZUNG DER KELLERGESchosSE, QUELLE: (IWU U. BREMER ENERGIE INSTITUT, DIEFENBACH ET AL., 2010)	114
TABELLE 9-1:	FORMELZEICHEN	142
TABELLE 9-2:	INDIZES	142
TABELLE 9-3:	ÜBERSICHT ÜBER VORGEGEBENE DÄMMRESTRIKTIONEN IN DER UMFRAGE	148
TABELLE 9-4:	ÜBERSICHT ÜBER VORGEGEBENE DÄMMRESTRIKTIONEN IN DER UMFRAGE (FORTSETZUNG).....	149
TABELLE 9-5:	ÜBERSICHT ÜBER VORGEGEBENE DÄMMRESTRIKTIONEN IN DER UMFRAGE (FORTSETZUNG)	150
TABELLE 9-6:	ÜBERSICHT ÜBER VORGEGEBENE DÄMMRESTRIKTIONEN IN DER UMFRAGE (FORTSETZUNG)	151
TABELLE 9-7:	ÜBERSICHT ÜBER VORGEGEBENE DÄMMRESTRIKTIONEN IN DER UMFRAGE (FORTSETZUNG).....	152
TABELLE 9-8:	GEBÄUDE- TYPEN UND CHARAKTERISIERUNG, QUELLE: (IWU, LOGA ET AL., 2011)	161
TABELLE 9-9:	GEBÄUDE- TYPEN UND CHARAKTERISIERUNG(FORTSETZUNG), QUELLE: (IWU, LOGA ET AL., 2011).....	162
TABELLE 9-10:	GEBÄUDE- TYPEN UND CHARAKTERISIERUNG (FORTSETZUNG), QUELLE: (IWU, LOGA ET AL., 2011)	163
TABELLE 9-11:	GEBÄUDE- TYPEN UND CHARAKTERISIERUNG (FORTSETZUNG), QUELLE: (IWU, LOGA ET AL., 2011)	164



9.4 Definition der Dämmrestriktionen

In den Tabelle 9-3 bis Tabelle 9-7 sind alle abgefragten 63 Dämmrestriktionen der Umfrage erläutert.

Dämmrestriktionen aus der Umfrage	Erläuterung
Außenwände Stuck/Ornamente/Faschen	alle Arten von Ornamentik an der Außenwand, die eine außenseitige Dämmung verhindern z.B. Gesimse, Bossen, Faschen, Reliefs, Lüftlmalerei
Außenwände Geometrie (z.B. Fenster, die an Innenecke anschließen)	alle geometrischen Anordnungen, die eine außenseitige Dämmung der Außenwand verhindern z.B. Fenster oder Türen, die an Innenecken der Fassade anschließen
Außenwände Grundstücksgrenze/Abstandsflächen	Fälle, in denen eine außenseitige Dämmung der Außenwände nicht möglich ist, weil sie die Nachbargrundstücke oder öffentliches Straßenland überbauen würde z.B. Brandwände, Überbauung von Bürgersteigen
Außenwände Dachüberstand nicht ausreichend	Fälle, in denen eine außenseitige Dämmung der Außenwand nicht durchgeführt wird, weil der Dachüberstand an Trauf- oder Giebelseite nicht ausreicht z.B. Schlagregenschutz, Ästhetik
Außenwände (Flucht-) Balkone/Loggien eingengt	Fälle, in denen eine außenseitige Dämmung der Außenwand im Bereich von Balkonen oder Loggien nicht durchgeführt wird, weil diese durch die Dämmschicht zu stark eingengt werden würden
Außenwände Sichtmauerwerk	alle Arten von Sichtmauerwerk, die eine außenseitige Dämmung verhindern z.B. Klinkerfassaden, Feldsteinsockel
Außenwände Gefahr von Feuchtigkeitsschäden durch Außendämmung	Fälle, in denen eine außenseitige Dämmung der Außenwand nicht durchgeführt wird, weil Feuchteschäden befürchtet werden z.B. aufsteigende Feuchte, Schlagregen
Außenwände zu tiefe Fensterleibungen/geringer Lichteinfall	Fälle, in denen eine außenseitige Dämmung der Außenwand nicht durchgeführt wird, weil die Fensterleibungen durch die Dämmschicht zu tief werden z.B. verringerter Lichteinfall, Ästhetik
Außenwände Architektur/Erscheinungsbild	Fälle, in denen eine außenseitige Dämmung der Außenwand nicht durchgeführt wird, weil das Erscheinungsbild des Gebäudes dadurch beeinträchtigt wird z.B. Proportionen des Gebäudes, Ästhetik, Stadtbild, nicht Denkmalschutz
Außenwände Vorhangfassade	Fälle, in denen eine außenseitige Dämmung der Außenwand nicht durchgeführt wird, weil eine Vorhangfassade vorhanden ist z.B. Verschieferung, Holzschalung, Fassadenelemente aus Glas, Faserzement, Metall
Außenwände Innendämmung: Stuck/Ornamente	Fälle, in denen eine innenseitige Dämmung der Außenwand nicht durchgeführt wird, weil Stuck oder Ornamente vorhanden sind z.B. Deckenstuck, Fresken
Außenwände Innendämmung: Durchgangsbreite/Raum eingengt	Fälle, in denen eine innenseitige Dämmung der Außenwand nicht durchgeführt wird, weil dadurch der Innenraum zu sehr eingengt wird z.B. Flure, Kammern
Außenwände Innendämmung: Gefahr von Feuchtigkeitsschäden (z.B. Balkenköpfe von Holzbalkendecken)	Fälle, in denen eine innenseitige Dämmung der Außenwand nicht durchgeführt wird, weil die Gefahr von Feuchtigkeitsschäden besteht z.B. Balkenköpfe von Holzbalkendecken, Bauteilanschlüsse an Fenstern, Decken, Innenwänden

Tabelle 9-3: Übersicht über vorgegebene Dämmrestriktionen in der Umfrage



Dämmrestriktionen aus der Umfrage	Erläuterung
Außenwände Aufwand/Kosten zu hoch	Fälle, in denen eine Dämmung der Außenwand nicht durchgeführt wird, weil die Kosten zu hoch sind oder eine Amortisation durch die Brennstoffkosteneinsparung innerhalb der normalen Nutzungsdauer nicht zu erwarten ist Teilnehmer, die diese Antwort gewählt haben, wurden gebeten, sie im Kommentar zu spezifizieren
Fenster Fensterstatik	Fälle, in denen eine Ertüchtigung der Fenster aus statischen Gründen nicht durchgeführt wird z.B. Fensterrahmen erfüllt statische Funktionen, Fensterrahmen nicht für schwerere Verglasung geeignet
Fenster Architektur/Erscheinungsbild	Fälle, in denen eine Ertüchtigung der Fenster nicht durchgeführt wird, weil das Erscheinungsbild des Gebäudes dadurch beeinträchtigt wird z.B. Proportionen der Fenster, Ästhetik, Stadtbild, nicht Denkmalschutz
Fenster Doppelfassade (Glas/Stahl)	Glasdoppelfassaden
Fenster Aufwand/Kosten zu hoch	Fälle, in denen eine Ertüchtigung der Fenster nicht durchgeführt wird, weil die Kosten zu hoch sind oder eine Amortisation durch die Brennstoffkosteneinsparung innerhalb der normalen Nutzungsdauer nicht zu erwarten ist Teilnehmer, die diese Antwort gewählt haben, wurden gebeten, sie im Kommentar zu spezifizieren
Steildach Anschluss an Nachbardach	Fälle, in denen eine Dämmung der Dachfläche nicht durchgeführt wird, weil der Anschluss an das Nachbardach es verhindert z.B. Reihenhäuser, aneinandergereihte Bebauung
Steildach Statik/Last	Fälle, in denen eine Dämmung der Dachfläche aus statischen Gründen nicht durchgeführt wird z.B. Lasten der Dämmung zu hoch
Steildach Gefahr von Feuchtigkeitsschäden durch Dämmung	Fälle, in denen eine Dämmung der Dachfläche nicht durchgeführt wird, weil die Gefahr von Feuchtigkeitsschäden besteht z.B. fehlende Dampfbremse kann nicht nachgerüstet werden, fehlende Unterspannbahn kann nicht nachgerüstet werden
Steildach Architektur/Erscheinungsbild	Fälle, in denen eine Dämmung der Dachfläche nicht durchgeführt wird, weil das Erscheinungsbild des Gebäudes dadurch beeinträchtigt wird z.B. Proportionen, Ästhetik, Stadtbild, nicht Denkmalschutz
Steildach Gauben: Geometrie/Platzbedarf	Fälle, in denen eine Dämmung von Gauben aus Platz Gründen nicht durchgeführt wird schlanke Gaubenwangen, raumseitige Einengung
Steildach Aufwand/Kosten zu hoch	Fälle, in denen eine Dämmung der Dachflächen nicht durchgeführt wird, weil die Kosten zu hoch sind oder eine Amortisation durch die Brennstoffkosteneinsparung innerhalb der normalen Nutzungsdauer nicht zu erwarten ist Teilnehmer, die diese Antwort gewählt haben, wurden gebeten, sie im Kommentar zu spezifizieren
Flachdach Anschluss an Nachbardach	Fälle, in denen eine Dämmung der Dachfläche nicht durchgeführt wird, weil der Anschluss an das Nachbardach es verhindert z.B. Reihenhäuser, aneinandergereihte Bebauung
Flachdach Statik/Last	Fälle, in denen eine Dämmung der Dachfläche aus statischen Gründen nicht durchgeführt wird z.B. Lasten der Dämmung zu hoch

Tabelle 9-4: Übersicht über vorgegebene Dämmrestriktionen in der Umfrage (Fortsetzung)



Dämmrestriktionen aus der Umfrage	Erläuterung
Flachdach Gefahr von Feuchtigkeitsschäden durch Dämmung	Fälle, in denen eine Dämmung der Dachfläche nicht durchgeführt wird, weil die Gefahr von Feuchtigkeitsschäden besteht z.B. fehlende Dampfbremse kann nicht nachgerüstet werden, Belüftungsebene muss erhalten werden
Flachdach Architektur/Erscheinungsbild	Fälle, in denen eine Dämmung der Dachfläche nicht durchgeführt wird, weil das Erscheinungsbild des Gebäudes dadurch beeinträchtigt wird z.B. Proportionen, Ästhetik, Stadtbild, nicht Denkmalschutz
Flachdach Aufbauhöhe Terrasse eingeschränkt	Fälle, in denen eine Dämmung von Terrassen nicht durchgeführt wird, weil die Höhe gegenüber dem Innenraum begrenzt ist z.B. Terrassentür Austrittshöhe, Terrassentür Entwässerung
Flachdach raumseitig Stuck o.ä. (bei Innendämmung)	Fälle, in denen eine innenseitige Dämmung von Flachdächern nicht durchgeführt wird, weil Verzierungen an der Decke sind z.B. Deckenstuck
Flachdach Aufwand/Kosten zu hoch	Fälle, in denen eine Dämmung der Dachflächen nicht durchgeführt wird, weil die Kosten zu hoch sind oder eine Amortisation durch die Brennstoffkosteneinsparung innerhalb der normalen Nutzungsdauer nicht zu erwarten ist Teilnehmer, die diese Antwort gewählt haben, wurden gebeten, sie im Kommentar zu spezifizieren
Oberste Geschossdecke Statik/Last	Fälle, in denen eine Dämmung der obersten Geschossdecke aus statischen Gründen nicht durchgeführt wird z.B. Lasten der Dämmung zu hoch
Oberste Geschossdecke Geometrie (z.B. Aufschlagbereich von Türen)	Fälle, in denen eine Dämmung der obersten Geschossdecke wegen Türen im Dachraum nicht durchgeführt wird
Oberste Geschossdecke Gefahr von Feuchtigkeitsschäden durch Dämmung	Fälle, in denen eine Dämmung der obersten Geschossdecke nicht durchgeführt wird, weil die Gefahr von Feuchtigkeitsschäden besteht z.B. fehlende Dampfbremse kann nicht nachgerüstet werden, Belüftungsebene muss erhalten werden
Oberste Geschossdecke nicht zugänglich	Fälle, in denen eine Dämmung der obersten Geschossdecke nicht durchgeführt wird, weil sie nicht zugänglich ist z.B. Verwendung als Lagerraum, abgeschlossene Verschlüsse
Oberste Geschossdecke Aufwand/Kosten zu hoch	Fälle, in denen eine Dämmung der obersten Geschossdecke nicht durchgeführt wird, weil die Kosten zu hoch sind oder eine Amortisation durch die Brennstoffkosteneinsparung innerhalb der normalen Nutzungsdauer nicht zu erwarten ist Teilnehmer, die diese Antwort gewählt haben, wurden gebeten, sie im Kommentar zu spezifizieren
Innenwände Durchgangsbreite/Raumgröße eingeengt	Fälle, in denen eine innenseitige Dämmung von Innenwänden gegen unbeheizte Räume nicht durchgeführt wird, weil dadurch der Innenraum zu sehr eingeengt wird z.B. Flure, Kammern
Innenwände Installationen an der Wand (z.B. im KG)	Fälle, in denen eine Dämmung von Innenwänden gegen unbeheizte Räume nicht durchgeführt wird, weil haustechnische Installationen den Zugang behindern z.B. Heizungs-, Elektrotechnik
Innenwände nicht zugänglich	Fälle, in denen eine Dämmung von Innenwänden gegen unbeheizte Räume nicht durchgeführt wird, weil sie nicht zugänglich sind z.B. Verwendung des Kellers als Lagerraum, abgeschlossene Verschlüsse

Tabelle 9-5: Übersicht über vorgegebene Dämmrestriktionen in der Umfrage (Fortsetzung)



Dämmrestriktionen aus der Umfrage	Erläuterung
Innenwände Aufwand / Kosten zu hoch	Fälle, in denen eine Dämmung der Innenwände nicht durchgeführt wird, weil die Kosten zu hoch sind oder eine Amortisation durch die Brennstoffkosteneinsparung innerhalb der normalen Nutzungsdauer nicht zu erwarten ist Teilnehmer, die diese Antwort gewählt haben, wurden gebeten, sie im Kommentar zu spezifizieren
Kellerdecken Durchgangshöhe nicht ausreichend	Fälle, in denen eine Dämmung der Kellerdecke von unbeheizten Kellern nicht durchgeführt wird, weil die Durchgangshöhe nicht ausreicht
Kellerdecken Installation u.ä. unter der Decke	Fälle, in denen eine Dämmung der Kellerdecke von unbeheizten Kellern nicht durchgeführt wird, weil haustechnische Installationen den Zugang behindern z.B. Heizungs-, Elektrotechnik
Kellerdecken Gefahr von Feuchtigkeitsschäden durch Dämmung	Fälle, in denen eine Dämmung der Kellerdecke von unbeheizten Kellern nicht durchgeführt wird, weil die Gefahr von Feuchtigkeitsschäden besteht z.B. vorhandene Feuchtigkeitsschäden, hohe Feuchtigkeit im Keller
Kellerdecken Gewölbedecke	Fälle, in denen Gewölbedecke nicht gedämmt werden z.B. Schwierigkeiten bei der Dämmstoffwahl, erhaltenswerte Decken, eingeschränkte Durchgangshöhe
Kellerdecken Aufwand / Kosten zu hoch	Fälle, in denen eine Dämmung der Kellerdecke nicht durchgeführt wird, weil die Kosten zu hoch sind oder eine Amortisation durch die Brennstoffkosteneinsparung innerhalb der normalen Nutzungsdauer nicht zu erwarten ist Teilnehmer, die diese Antwort gewählt haben, wurden gebeten, sie im Kommentar zu spezifizieren
Wände/Böden gegen Erdreich nicht zugänglich (z.B. Überbauung)	Fälle, in denen eine außenseitige Dämmung von Wänden gegen Erdreich nicht durchgeführt wird, weil diese überbaut sind z.B. Teilunterkellerung, Garagen, Anbauten
Wände/Böden gegen Erdreich Raumhöhe nicht ausreichend	Fälle, in denen eine außenseitige Dämmung von Wänden gegen Erdreich von unbeheizten Kellern nicht durchgeführt wird, weil die Durchgangshöhe nicht ausreicht
Wände/Böden gegen Erdreich Gefahr von Feuchtigkeitsschäden bei Innendämmung	Fälle, in denen eine innenseitige Dämmung der Wände gegen Erdreich von beheizten Kellern nicht durchgeführt wird, weil die Gefahr von Feuchtigkeitsschäden besteht z.B. vorhandene Feuchtigkeitsschäden, hohe Feuchtigkeit im Keller
Wände/Böden gegen Erdreich Aufwand / Kosten zu hoch	Fälle, in denen eine Dämmung der Wände und Böden gegen Erdreich nicht durchgeführt wird, weil die Kosten zu hoch sind oder eine Amortisation durch die Brennstoffkosteneinsparung innerhalb der normalen Nutzungsdauer nicht zu erwarten ist Teilnehmer, die diese Antwort gewählt haben, wurden gebeten, sie im Kommentar zu spezifizieren

Tabelle 9-6: Übersicht über vorgegebene Dämmrestriktionen in der Umfrage (Fortsetzung)



Dämmrestriktionen aus der Umfrage	Erläuterung
Decken nach unten gegen Außenluft Durchgangshöhe nicht ausreichend / Geometrie	Fälle, in denen eine Dämmung von Decken nach unten gegen Außenluft nicht durchgeführt wird, weil die Durchgangshöhe nicht ausreicht z.B. Durchfahrten, Erker
Decken nach unten gegen Außenluft Architektur / Erscheinungsbild	Fälle, in denen eine Dämmung von Decken nach unten gegen Außenluft nicht durchgeführt wird, weil das Erscheinungsbild des Gebäudes dadurch beeinträchtigt wird z.B. Proportionen, Ästhetik, Stadtbild, nicht Denkmalschutz
Decken nach unten gegen Außenluft Aufwand / Kosten zu hoch	Fälle, in denen eine Dämmung der Decken nach unten gegen Außenluft nicht durchgeführt wird, weil die Kosten zu hoch sind oder eine Amortisation durch die Brennstoffkosteneinsparung innerhalb der normalen Nutzungsdauer nicht zu erwarten ist Teilnehmer, die diese Antwort gewählt haben, wurden gebeten, sie im Kommentar zu spezifizieren
Denkmalschutz Außenwand Außendämmung	denkmalgeschützte Gebäude, die nicht von außen gedämmt werden dürfen
Denkmalschutz Außenwand Innendämmung	denkmalgeschützte Gebäude, die nicht von innen gedämmt werden dürfen
Denkmalschutz Außenwand Außen- und Innendämmung nicht möglich	Denkmalgeschützte Gebäude, die außen und innen nicht gedämmt werden dürfen
Denkmalschutz Fenster / Türen	denkmalgeschützte Gebäude, deren Fenster nicht ausgetauscht werden dürfen
Denkmalschutz Dach	denkmalgeschützte Gebäude, die nicht gedämmt werden dürfen
Denkmalschutz Dachflächenfenster	denkmalgeschützte Gebäude, deren Fenster nicht ausgetauscht werden dürfen
Denkmalschutz Lichtkuppeln	denkmalgeschützte Gebäude, deren Fenster nicht ausgetauscht werden dürfen
Denkmalschutz oberste Geschossdecke	denkmalgeschützte Gebäude, die nicht gedämmt werden dürfen
Denkmalschutz Kellerdecke	denkmalgeschützte Gebäude, die nicht gedämmt werden dürfen
Denkmalschutz Geschossdecke nach unten gegen Außenluft	denkmalgeschützte Gebäude, die nicht gedämmt werden dürfen
Denkmalschutz Vorhangfassade	denkmalgeschützte Gebäude, die nicht verändert werden dürfen

Tabelle 9-7: Übersicht über vorgegebene Dämmrestriktionen in der Umfrage (Fortsetzung)

9.5 Online Umfragekatalog

Auswahl Bauteile

Haben Sie schon bei der energetischen Sanierung der folgenden Bauteile mitgewirkt?

Zu Bauteilen, an deren energetischer Sanierung Sie noch nicht beteiligt waren, werden Sie nicht befragt. Von diesen Bauteilen sehen Sie auf den nächsten Seiten dann nur die Überschriften.

	schon oft	gelegentlich	noch nie
Außenwände	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fenster / Türen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Steildächer / Gauben	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Flachdächer / Terrassen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
oberste Geschossdecken / Abseiten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Innenwände zu unbeheizten Räumen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Decken gegen unbeheizte Räume / Kellerdecken	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wände / Bodenplatten gegen Erdreich	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Decken nach unten gegen Außenluft	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

***Haben Sie schon bei der energetischen Sanierung von denkmalgeschützten Gebäuden mitgewirkt?**

	schon oft	gelegentlich	noch nie
Mitwirkung bei der energetischen Sanierung von denkmalgeschützten Gebäuden	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Abbildung 9-1: Online Umfragekatalog; erste Maske - Bauteile



Außenwände

***Wie oft erleben Sie in Ihrer Praxis, dass die Außenwände aus den genannten Gründen nicht vorschriftsmäßig oder gar nicht gedämmt werden können?**

	sehr oft	häufig	selten	nie	weiß nicht
Stuck / Ornamente / Faschen	<input type="radio"/>				
Geometrie (z.B. Fenster, die an Innenecke anschließen)	<input type="radio"/>				
Grundstücksgrenze / Abstandsflächen	<input type="radio"/>				
Dachüberstand nicht ausreichend	<input type="radio"/>				
(Flucht-)Balkone / Loggien eingeengt	<input type="radio"/>				
Sichtmauerwerk	<input type="radio"/>				
Gefahr von Feuchtigkeitsschäden durch Außendämmung	<input type="radio"/>				
zu tiefe Fensterleibungen / geringer Lichteinfall	<input type="radio"/>				
Architektur / Erscheinungsbild	<input type="radio"/>				
Vorhangsfassade	<input type="radio"/>				
Innendämmung: Stuck / Ornamente	<input type="radio"/>				
Innendämmung: Durchgangsbreite / Raum eingeengt	<input type="radio"/>				
Innendämmung: Gefahr von Feuchtigkeitsschäden (z.B. Balkenköpfe von Holzbalkendecken)	<input type="radio"/>				
Aufwand / Kosten zu hoch (bitte im Kommentar kurz beschreiben)	<input type="radio"/>				

Abbildung 9-2: Online Umfragekatalog; Maske - Außenwände

Steildächer und Gauben

***Wie oft erleben Sie in Ihrer Praxis, dass Steildächer und Gauben aus den genannten Gründen nicht vorschriftsmäßig oder gar nicht gedämmt werden können?**

	sehr oft	häufig	selten	nie	weiß nicht
Anschluss an Nachbardach	<input type="radio"/>				
Statik / Last	<input type="radio"/>				
Gefahr von Feuchtigkeitsschäden durch Dämmung	<input type="radio"/>				
Architektur / Erscheinungsbild	<input type="radio"/>				
Gauben: Geometrie / Platzbedarf	<input type="radio"/>				
Aufwand / Kosten zu hoch (bitte im Kommentar kurz beschreiben)	<input type="radio"/>				

Abbildung 9-3: Online Umfragekatalog; Maske – Steildächer und Gauben

Außenfenster und -türen

***Wie oft erleben Sie in Ihrer Praxis, dass beim Austausch von Fenstern und Türen die geforderten U-Werte aus den genannten Gründen nicht eingehalten werden können?**

	sehr oft	häufig	selten	nie	weiß nicht
Fensterstatik	<input type="radio"/>				
Architektur / Erscheinungsbild	<input type="radio"/>				
Doppelfassade (Glas/Stahl)	<input type="radio"/>				
Aufwand / Kosten zu hoch (bitte im Kommentar kurz beschreiben)	<input type="radio"/>				

Abbildung 9-4: Online Umfragekatalog; Maske – Außenfenster und -türen



Flachdächer / Terrassen

***Wie oft erleben Sie in Ihrer Praxis, dass Flachdächer und Terrassen aus den genannten Gründen nicht vorschriftsmäßig oder gar nicht gedämmt werden können?**

	sehr oft	häufig	selten	nie	weiß nicht
Anschluss an Nachbardach	<input type="radio"/>				
Statik / Last	<input type="radio"/>				
Gefahr von Feuchtigkeitsschäden durch Dämmung	<input type="radio"/>				
Architektur / Erscheinungsbild	<input type="radio"/>				
Aufbauhöhe Terrasse eingeschränkt	<input type="radio"/>				
raumseitig Stuck o.ä. (bei Innendämmung)	<input type="radio"/>				
Aufwand / Kosten zu hoch (bitte im Kommentar kurz beschreiben)	<input type="radio"/>				

Abbildung 9-5: Online Umfragekatalog; Maske – Flachdächer / Terrassen

Oberste Geschossdecke / Abseiten

***Wie oft erleben Sie in Ihrer Praxis, dass oberste Geschossdecken und Abseiten aus den genannten Gründen nicht vorschriftsmäßig oder gar nicht gedämmt werden können?**

	sehr oft	häufig	selten	nie	weiß nicht
Statik / Last	<input type="radio"/>				
Geometrie (z.B. Aufschlagbereich von Türen)	<input type="radio"/>				
Gefahr von Feuchtigkeitsschäden durch Dämmung	<input type="radio"/>				
nicht zugänglich	<input type="radio"/>				
Aufwand / Kosten zu hoch (bitte im Kommentar kurz beschreiben)	<input type="radio"/>				

Abbildung 9-6: Online Umfragekatalog; Maske – Oberste geschossdecke / Abseiten



Innenwände

***Wie oft erleben Sie in Ihrer Praxis, dass die Innenwände zu unbeheizten Bereichen aus den genannten Gründen nicht vorschriftsmäßig oder gar nicht gedämmt werden können?**

	sehr oft	häufig	selten	nie	weiß nicht
Durchgangsbreite / Raumgröße eingeengt	<input type="radio"/>				
Installationen an der Wand (z.B. im KG)	<input type="radio"/>				
nicht zugänglich	<input type="radio"/>				
Aufwand / Kosten zu hoch (bitte im Kommentar kurz beschreiben)	<input type="radio"/>				

Abbildung 9-7: Online Umfragekatalog; Maske – Innenwände

Decken über unbeheizten Räumen

***Wie oft erleben Sie in Ihrer Praxis, dass Decken über unbeheizten Bereichen aus den genannten Gründen nicht vorschriftsmäßig oder gar nicht gedämmt werden können?**

	sehr oft	häufig	selten	nie	weiß nicht
Durchgangshöhe nicht ausreichend	<input type="radio"/>				
Installation u.ä. unter der Decke	<input type="radio"/>				
Gefahr von Feuchtigkeitsschäden durch Dämmung	<input type="radio"/>				
Gewölbedecken	<input type="radio"/>				
Aufwand / Kosten zu hoch (bitte im Kommentar kurz beschreiben)	<input type="radio"/>				

Abbildung 9-8: Online Umfragekatalog; Maske – Decken über unbeheizten Räumen



Decken nach unten gegen Außenluft

***Wie oft erleben Sie in Ihrer Praxis, dass Decken nach unten gegen Außenluft aus den genannten Gründen nicht vorschriftsmäßig oder gar nicht gedämmt werden können?**

	sehr oft	häufig	selten	nie	weiß nicht
Durchgangshöhe nicht ausreichend / Geometrie	<input type="radio"/>				
Architektur / Erscheinungsbild	<input type="radio"/>				
Aufwand / Kosten zu hoch (bitte im Kommentar kurz beschreiben)	<input type="radio"/>				

Abbildung 9-9: Online Umfragekatalog; Maske – Decken nach unten gegen Außenluft

Denkmalschutz

***Wie oft erleben Sie in Ihrer Praxis, dass die genannten Bauteile aus Gründen des Denkmalschutzes nicht vorschriftsmäßig oder gar nicht gedämmt werden können?**

	sehr oft	häufig	selten	nie	weiß nicht
Außenwand Außendämmung	<input type="radio"/>				
Außenwand Innendämmung	<input type="radio"/>				
Außenwand Außen- und Innendämmung nicht möglich	<input type="radio"/>				
Fenster / Türen	<input type="radio"/>				
Dach	<input type="radio"/>				
Dachflächenfenster	<input type="radio"/>				
Lichtkuppeln	<input type="radio"/>				
oberste Geschossdecke	<input type="radio"/>				
Kellerdecke	<input type="radio"/>				
Geschossdecke nach unten gegen Außenluft	<input type="radio"/>				
Vorhangfassade	<input type="radio"/>				

Abbildung 9-10: Online Umfragekatalog; Maske – Denkmalschutz



***Möchten Sie weitere Dämm-Hemmnisse für denkmalgeschützte Gebäude eingeben?**

Ja Nein

Weitere Bauteile, die in denkmalgeschützten Gebäuden nicht nach EnEV gedämmt werden können

***Wie oft kommt dies in Ihrer Praxis vor?**

	sehr oft	häufig	selten	nie	weiß nicht
	<input type="radio"/>				

***Möchten Sie weitere Dämm-Hemmnisse für denkmalgeschützte Gebäude eingeben?**

Ja Nein

Weitere Bauteile, die in denkmalgeschützten Gebäuden nicht nach EnEV gedämmt werden können

***Wie oft kommt dies in Ihrer Praxis vor?**

	sehr oft	häufig	selten	nie	weiß nicht
	<input type="radio"/>				

Platz für Ihren Kommentar

Abbildung 9-11: Online Umfragekatalog; Maske – Weiter Dämmhemmnisse

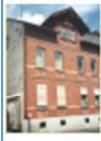


9.6 Bauweisen /Charakterisierung der verschiedenen Bau-Epochen

Die unterschiedlichen Bautypen in den jeweiligen Epochen geben Anhaltspunkte zu Bauteilflächen, verbauten Materialien, Geometrie und Volumina, Konstruktionsweisen und Informationen zu Bauvorschriften, die einerseits eine Klassifizierung der Bestandsgebäude und andererseits energetische Ertüchtigungspotenzial aufzeigen. Wie vorher schon beschrieben, besteht mit der deutschen Gebäudetypologie des Instituts für Wohnen und Umwelt eine umfassende und unter Fachleuten allgemein anerkannte Klassifizierung des deutschen Gebäudebestandes. Auch ist hierin die Charakterisierung der Gebäudetypen in Epochen untergliedert beschrieben, welche als Grundlage herangezogen wird.

In den Tabelle 9-8 bis Tabelle 9-11 sind die häufig anzutreffenden Ausprägungen der Geometrie und Baukonstruktion aufgeführt und erlauben damit eine Charakterisierung durch typische Bauweisen. Weiterhin sind die wirksamen energierelevanten Verordnungen für unterschiedliche Zeiträume mit dargestellt.



Code / Baualtersklassen	Beispielgebäude	Typische Bauweise: häufiges Erscheinungsbild / energierelevante Merkmale (Baukörper / Konstruktionen)
EFH_A ... 1859		typisch 1- oder 2-geschossig, mit Satteldach; Dachgeschoss oftmals ausgebaut; Holzbalkendecken; häufig Fachwerk mit Lehmausfachung oder Ausmauerung, typisch als Sichtfachwerk; ansonsten Mauerwerk aus Feldsteinen oder Vollziegel; meist nicht unterkellert, aber auch Gewölbekeller oder Kriechkeller (Holzbalkendecke); teilweise unter Denkmalschutz
EFH_B 1860-1918		typisch 1- oder 2-geschossig, mit Satteldach; Dachgeschoss oftmals ausgebaut; Holzbalkendecken; häufig Mauerwerk aus Vollziegeln oder regionalen Natursteinen, teilweise zweischalig; bisweilen erhaltenswerte bzw. denkmalgeschützte Fassade; Kellerdecke als Kappengewölbe oder Kappendecke, im ländlichen Raum auch als Holzbalkendecke
EFH_C 1919-1948		typisch 1- oder 2-geschossig, mit Sattel- oder Walmdach; Dachgeschoss ausgebaut; Holzbalkendecken; ein- oder zweischaliges Mauerwerk aus Vollziegeln oder regionalen Natursteinen, in Norddeutschland Klinkerschale; Kellerdecke massiv (Ortbetondecke, scheidrechte Kappendecke, o.ä.)
EFH_D 1949-1957		typisch 1- oder 2-geschossig, mit Satteldach, Dachgeschoss oftmals ausgebaut; Sparrenzwischenraum bisweilen ausgemauert, Holzbalken- oder Massivdecken; ein- oder zweischaliges Mauerwerk aus Vollziegeln, Trümmer-Hohlblocksteinen o.ä., in Norddeutschland Klinkerschale; Kellerdecke massiv (Stahlbeton o.ä.)
EFH_E 1958-1968		typisch 1- oder 2-geschossig, mit Satteldach, Dachgeschoss beheizt; bisweilen auch 1-geschossig mit Flachdach; Betondecken; Mauerwerk aus Hohlblocksteinen, Gitterziegeln, Holzspansteinen o.ä., verputzt; in Norddeutschland meist zweischalig unverputzt
EFH_F 1969-1978		typisch 1- bis 2-geschossig mit Sattel- oder Flachdach; Betondecken; Mauerwerk aus verputzten Gitterziegeln, Kalksandlochsteinen o.ä., bisweilen Tafelbauweise mit Leichtbau- oder Beton-Sandwich-Elementen ("Fertighaus"); in Norddeutschland meist Klinker-Vorsatzschale
EFH_G 1979-1983		typisch 1- bis 2-geschossig mit Satteldach; Betondecken; Mauerwerk aus verputzten Gitterziegeln, Kalksandlochsteinen, Porenbeton o.ä., teilweise mit dünner Außendämmung; bisweilen Tafelbauweise mit Leichtbau- oder Beton-Sandwich-Elementen ("Fertighaus"); in Norddeutschland meist Klinker-Vorsatzschale
EFH_H 1984-1994		typisch 1- bis 2-geschossig mit Satteldach; Betondecken; Mauerwerk aus porierten Ziegeln, Kalksandsteinen, Porenbeton o.ä., teilweise mit Außendämmung, verputzt; bisweilen Tafelbauweise mit Leichtbau- oder Beton-Sandwich-Elementen ("Fertighaus"); in Norddeutschland meist Klinker-Vorsatzschale
EFH_I 1995-2001		typisch 1- bis 2-geschossig mit Satteldach; Betondecken; Mauerwerk monolithisch (porierte Ziegel, Porenbeton, o.ä. mit Leichtmörtel) oder massiv (z.B. Kalksandstein) mit Wärmedämmverbundsystem; in Norddeutschland meist Klinker-Vorsatzschale; bisweilen Holz-Leichtbau
EFH_J 2002-2009		typisch 1- bis 2-geschossig mit Satteldach; Betondecken; Mauerwerk monolithisch (porierte Ziegel, Porenbeton, o.ä. mit Leichtmörtel) oder massiv (z.B. Kalksandstein) mit Wärmedämmverbundsystem; in Norddeutschland meist Klinker-Vorsatzschale; bisweilen Holz-Leichtbau

Vorindustrielle Phase

Gründerzeit

Industrialisierung,
nationale Standardisierung und Normung → Mauerwerksnorm DIN 1053

Nachkriegszeit,
Wiederaufbau, einfache Bauweise

Wärmeschutz-Norm,
DIN 4108-Wärmeschutz im Hochbau

Neue industrielle Bauweise
(Sandwich Konstruktion)

1. Wärmeschutzverordnung (1977) als Folge der Ölkrise
In der DDR → Rationalisierungsstufe II

2. Wärmeschutzverordnung
(WSchV 84, 1984)
In der DDR → Rationalisierungsstufe III

3. Wärmeschutzverordnung
(WSchV 95, 1995)

Energiesparverordnung EnEV 2002 und 2009
Förderung für KfW-Effizienzhäuser 60 und 40 und später KfW-Effizienzhäuser 70, 55 und 40

Tabelle 9-8: Gebäudetypen und Charakterisierung, Quelle: (IWU, Loga et al., 2011)



Code / Baualtersklassen	Beispielgebäude	Typische Bauweise: häufiges Erscheinungsbild / energierelevante Merkmale (Baukörper / Konstruktionen)
RH_B 1860-1918		typisch 2-geschossig, mit Satteldach; Dachgeschoss oftmals ausgebaut; Holzbalkendecken; häufig Mauerwerk aus Vollziegeln oder regionalen Natursteinen, auch zweischalig; bisweilen erhaltenswerte bzw. denkmalgeschützte Fassade; Kellerdecke massiv (Kappengewölbe, Kappendecke o.ä.)
RH_C 1919-1948		typisch 2-geschossig, mit Sattel- oder Walmdach; Dachgeschoss ausgebaut; Holzbalken- oder Massivdecken; ein- oder zweischaliges Mauerwerk aus Vollziegeln oder regionalen Natursteinen, in Norddeutschland Klinkerschale; Kellerdecke massiv (Ortbetondecke, schiefechte Kappendecke, o.ä.)
RH_D 1949-1957		typisch 2-geschossig, mit Satteldach, Dachgeschoss oftmals ausgebaut; Massiv- oder Holzbalkendecken; ein- oder zweischaliges Mauerwerk aus Vollziegeln, Trümmer-Hohlblocksteinen o.ä., in Norddeutschland Klinkerschale; Kellerdecke massiv (Stahlbetondecke o.ä.)
RH_E 1958-1968		typisch 2-geschossig, mit Sattel- oder Pultdach, Dachgeschoss beheizt; Betondecken; Mauerwerk aus Hohlblocksteinen, Gitterziegeln, Holzspansteinen o.ä., verputzt; in Norddeutschland meist zweischalig unverputzt
RH_F 1969-1978		typisch 2-geschossig mit Sattel- oder Pultdach; Betondecken; Mauerwerk aus verputzten Gitterziegeln, Kalksandlochsteinen o.ä., bisweilen Tafelbauweise mit Leichtbau- oder Beton-Sandwich-Elementen; in Norddeutschland meist Klinker-Vorsatzschale
RH_G 1979-1983		typisch 2-geschossig mit Sattel- oder Pultdach; Betondecken; Mauerwerk aus verputzten Gitterziegeln, Kalksandlochsteinen, Porenbeton o.ä., teilweise mit dünner Außendämmung; bisweilen Tafelbauweise mit Leichtbau- oder Beton-Sandwich-Elementen; verputzt, in Norddeutschland meist Klinker-Vorsatzschale
RH_H 1984-1994		typisch 2- bis 3-geschossig mit Satteldach; Betondecken; Mauerwerk aus porierten Ziegeln, Kalksandsteinen, Porenbeton o.ä., teilweise mit Außendämmung; bisweilen Tafelbauweise mit Leichtbau- oder Beton-Sandwich-Elementen; verputzt, in Norddeutschland meist Klinker-Vorsatzschale
RH_I 1995-2001		typisch 2- bis 3-geschossig mit Satteldach; Betondecken; Mauerwerk monolithisch (porierte Ziegel, Porenbeton, o.ä. mit Leichtmörtel) oder massiv (z.B. Kalksandstein) mit Wärmedämmverbundsystem; bisweilen Tafelbauweise mit Leichtbau- oder Beton-Sandwich-Elementen; in Norddeutschland meist Klinker-Vorsatzschale
RH_J 2002-2009		typisch 2- bis 3-geschossig mit Satteldach; Betondecken; Mauerwerk monolithisch (porierte Ziegel, Porenbeton, o.ä. mit Leichtmörtel) oder massiv (z.B. Kalksandstein) mit Wärmedämmverbundsystem; bisweilen Tafelbauweise mit Leichtbau- oder Beton-Sandwich-Elementen; in Norddeutschland meist Klinker-Vorsatzschale

Gründerzeit

Industrialisierung,
nationale Standardisierung und
Normung → Mauerwerksnorm
DIN 1053

Nachkriegszeit,
Wiederaufbau, einfache
Bauweise

Wärmeschutz-Norm,
DIN 4108-Wärmeschutz im
Hochbau

Neue industrielle Bauweise
(Sandwich Konstruktion)

1. Wärmeschutzverordnung (1977) als Folge der Ölkrise
In der DDR →
Rationalisierungsstufe II

2. Wärmeschutzverordnung
(WSchV 84, 1984)
In der DDR →
Rationalisierungsstufe III

3. Wärmeschutzverordnung
(WSchV 95, 1995)

Energiesparverordnung EnEV
2002 und 2009
Förderung für KfW-
Effizienzhäuser 60 und 40 und
später KfW-Effizienzhäuser
70,55 und 40

Tabelle 9-9: Gebäudetypen und Charakterisierung(Fortsetzung), Quelle: (IWU, Loga et al., 2011)



Code / Baualtersklassen	Beispielgebäude	Typische Bauweise: häufiges Erscheinungsbild / energierelevante Merkmale (Baukörper / Konstruktionen)
MFH_A ... 1859		typisch 2- bis 3-geschossig, mit Satteldach; Dachgeschoss häufig ausgebaut; Holzbalkendecken; häufig Fachwerk mit Lehmausfachung oder Ausmauerung, typisch als Sichtfachwerk; ansonsten Mauerwerk aus Feldsteinen oder Vollziegel; bisweilen denkmalgeschützt; meist nicht unterkellert, aber auch Gewölbekeller oder Kriechkeller (Holzbalkendecke)
MFH_B 1860-1918		Gründerzeit-Gebäude, meist 3- bis 4-geschossig, mit Satteldach; mit oder ohne ausgebautem Dachgeschoss; Holzbalkendecken; häufig Mauerwerk aus Vollziegeln oder regionalen Natursteinen, teilweise eisenschalig; bisweilen erhaltenswerte bzw. denkmalgeschützte Fassade; Kellerdecke massiv (Kappengewölbe, Kappendecke, o.ä.)
MFH_C 1919-1948		typisch 3- bis 4-geschossig, mit Sattel- oder Flachdach (Kaldach); Dachgeschoss selten ausgebaut (Trockenboden); Holzbalkendecken oder massive Decken; ein- oder zweischaliges Mauerwerk aus Vollziegeln oder regionalen Natursteinen, in Norddeutschland Klinkerschale; Kellerdecke massiv (Stahlbetondecke, Ortbetondecke o.ä.)
MFH_D 1949-1957		typisch 3- bis 4-geschossig, mit Sattel- oder Flachdach (Kaldach), Dachgeschoss selten ausgebaut (Trockenboden); ein- oder zweischaliges Mauerwerk aus Trümmer-Hohlblocksteinen, Vollziegeln o.ä., in Norddeutschland Klinkerschale; Geschossdecken und Kellerdecke massiv (Stahlbetondecken), starke Wärmebrücken an auskragenden Balkonen
MFH_E 1958-1968		typisch 3- bis 5-geschossig, mit Sattel- oder Flachdach, Dachgeschoss bisweilen beheizt; Mauerwerk aus Hohlblocksteinen, Gitterziegeln, Holzspansteinen o.ä., verputzt; in Norddeutschland meist zweischalig unverputzt; Stahlbetondecken, starke Wärmebrücken an auskragenden Balkonen
MFH_F 1969-1978		typisch 3- bis 5-geschossig; Flachdach; Mauerwerk aus verputzten Gitterziegeln, Kalksandlochsteinen o.ä.; in Norddeutschland meist Klinker-Vorsatzschale; bisweilen eisernen Tafel-Bauweise mit Beton-Sandwich-Elementen; Stahlbetondecken, starke Wärmebrücken an Balkon-/Loggien-Anschlüssen
MFH_G 1979-1983		typisch 3- bis 5-geschossig; Sattel-, Pult- oder Flachdach; Mauerwerk aus verputzten Gitterziegeln, Kalksandlochsteinen, Porenbeton o.ä., teilweise mit dünner Außendämmung, verputzt; in Norddeutschland meist Klinker-Vorsatzschale; bisweilen eisernen Tafel-Bauweise mit Beton-Sandwich-Elementen; Stahlbetondecken, Wärmebrücken an Balkon-/Loggien-Anschlüssen
MFH_H 1984-1994		typisch 3- bis 5-geschossig; Sattel-, Pult- oder Flachdach; Betondecken; Mauerwerk aus porosierten Ziegeln, Kalksandsteinen, Porenbeton o.ä., teilweise mit Außendämmung, verputzt; in Norddeutschland meist Klinker-Vorsatzschale; bisweilen eisernen Tafel-Bauweise mit Beton-Sandwich-Elementen
MFH_I 1995-2001		typisch 3- bis 5-geschossig; Sattel-, Pult- oder Flachdach; Betondecken; Mauerwerk monolithisch (porosierte Ziegel, Porenbeton, o.ä. mit Leichtmörtel) oder massiv (z.B. Kalksandstein) mit Wärmedämmverbundsystem; in Norddeutschland meist Klinker-Vorsatzschale; bisweilen eisernen Tafel-Bauweise mit Beton-Sandwich-Elementen
MFH_J 2002-2009		typisch 3- bis 5-geschossig; Sattel-, Pult- oder Flachdach; Betondecken; Mauerwerk monolithisch (porosierte Ziegel, Porenbeton, o.ä. mit Leichtmörtel) oder massiv (z.B. Kalksandstein) mit Wärmedämmverbundsystem; in Norddeutschland meist Klinker-Vorsatzschale

Vorindustrielle Phase

Gründerzeit

Industrialisierung,
nationale Standardisierung und
Normung → Mauerwerksnorm
DIN 1053Nachkriegszeit,
Wiederaufbau, einfache
BauweiseWärmeschutz-Norm,
DIN 4108-Wärmeschutz im
HochbauNeue industrielle Bauweise
(Sandwich Konstruktion)1. Wärmeschutzverordnung (1977) als Folge der Ölkrise
In der DDR →
Rationalisierungsstufe II2. Wärmeschutzverordnung
(WSchV 84, 1984)
In der DDR →
Rationalisierungsstufe III3. Wärmeschutzverordnung
(WSchV 95, 1995)Energiesparverordnung EnEV
2002 und 2009
Förderung für KfW-
Effizienzhäuser 60 und 40 und
später KfW-Effizienzhäuser
70,55 und 40

Tabelle 9-10: Gebäudetypen und Charakterisierung (Fortsetzung), Quelle: (IWU, Loga et al., 2011)



Code / Baualtersklassen	Beispielgebäude	Typische Bauweise: häufiges Erscheinungsbild / energierelevante Merkmale (Baukörper / Konstruktionen)
GMH_B 1860-1918		Gründerzeit-Gebäude, meist 4- bis 5-geschossig, mit Satteldach; mit oder ohne ausgebautem Dachgeschoss; Holzbalkendecken; häufig Mauerwerk aus Vollziegeln oder regionalen Natursteinen, teilweise zweischalig; bisweilen erhaltenswerte bzw. denkmalgeschützte Fassade; Kellerdecke als Kappengewölbe oder Kappendecke
GMH_C 1919-1948		typisch 5- bis 6-geschossig, mit Sattel- oder Flachdach (Kaltdach), Dachgeschoss selten ausgebaut (Trockenboden); Holzbalkendecken oder massive Decken; ein- oder zweischaliges Mauerwerk aus Vollziegeln oder regionalen Natursteinen, in Norddeutschland Klinkerschale; Kellerdecke massiv (Stahlsteindecke, Ortbetondecke o.ä.)
GMH_D 1949-1957		typisch 5- bis 8-geschossig, mit Sattel- oder Flachdach (Kaltdach), Dachgeschoss selten ausgebaut (Trockenboden); ein- oder zweischaliges Mauerwerk aus Trümmer-Hohlblocksteinen, Vollziegeln o.ä., in Norddeutschland Klinkerschale; Geschossdecken und Kellerdecke massiv (Stahlbetondecken)
GMH_E 1958-1968		typisch 5- bis 8-geschossig, mit Sattel- oder Flachdach, Dachgeschoss teilweise beheizt; Betondecken; Mauerwerk aus Hohlblocksteinen, Gitterziegeln o.ä., verputzt; in Norddeutschland meist zweischalig unverputzt; Loggien / Balkone durchgehend betoniert
GMH_F 1969-1978		mehr als 8 Geschosse; Flachdach; Tafelbauweise mit Beton-Sandwich-Elementen oder Mauerwerk aus verputzten Gitterziegeln, Kalksandlochsteinen o.ä., in Norddeutschland meist Klinker-Vorsatzschale; Betondecken, Loggien durchgehend betoniert
HH_E 1958-1968		mehr als 8 Geschosse; Flachdach; Stahl- oder Stahlbeton-Skelettbauweise, Betonelemente oder Mauerwerk
HH_F 1969-1978		typisch 5- bis 8-geschossig; Flachdach; Großtafelbauweise mit Beton-Sandwich-Elementen; Betondecken, Loggien durchgehend betoniert
EFH_FF 1969-1978		Sondertyp Fertighaus: meist 1- bis 2-geschossig mit Satteldach; Großtafeln in Leichtbau- oder Beton-Sandwich-Bauweise, in Norddeutschland meist mit Klinker-Vorsatzschale oder Riemchen; Beton- oder Holzbalkendecken, Kellerdecke massiv
NBL_MFH_D 1949-1957		typisch 3- bis 5-geschossig, mit Sattel- oder Flachdach (Kaltdach), Dachgeschoss nicht ausgebaut (Trockenboden); Mauerwerk teilweise auch Fertigteilmauerwerk mit Leichtbetonblockelementen, Geschossdecken und Kellerdecke massiv (Stahlbetondecken)
NBL_MFH_E 1958-1968		typisch 3- bis 5-geschossig; einschichtige Leichtbetonblockelemente (z.B. Blockbauweise 8 kN), teilweise auch einschalige Großtafeln; mit Sattel- oder Flachdach, Dachgeschoss nicht ausgebaut (Trockenboden); Betondecken
NBL_GMH_F 1969-1978		typisch 5-/6-geschossig; Großtafelbauweise (z.B. Typ P2, WBS 70), einschalig (Leichtbeton), zweischalig (Innen- oder Außendämmung) oder dreischalig; Flachdach (Kaltdach); Betondecken
NBL_GMH_G 1979-1983		typisch 5-/6-geschossig; Großtafelbauweise (z.B. Typ P2, WBS 70), einschalig (Leichtbeton), zweischalig (Innen- oder Außendämmung) oder dreischalig; Flachdach (Kaltdach); Betondecken
NBL_GMH_H 1984-1990		typisch 5-/6-geschossig; Großtafelbauweise (z.B. WBS 70), einschalig (Leichtbeton), zweischalig (Innen- oder Außendämmung) oder dreischalig; Flachdach (Kaltdach); Betondecken
NBL_HH_F 1969-1978		typisch 10/11-geschossig; Großtafelbauweise (z.B. WBS 70), einschalig (Leichtbeton), zweischalig (Innen- oder Außendämmung) oder dreischalig; Flachdach (Kaltdach); Betondecken
NBL_HH_G 1979-1983		mehr als 10 Geschosse; Großtafelbauweise (z.B. WBS 70), dreischalig, aber auch ein- (Gasbeton) oder zweischalig (Innen- oder Außendämmung); Flachdach (Kaltdach); Betondecken

← Neue Bundesländer (NBL): Zur Vereinfachung wurden für die Baualtersklassen der in der DDR errichteten Gebäude die selben Zeitabschnitte gewählt wie im Fall der alten Bundesländer. In der Realität fanden die Änderungen jedoch nicht synchron statt.

Tabelle 9-11: Gebäudetypen und Charakterisierung (Fortsetzung), Quelle: (IWU, Loga et al., 2011)



9.7 Quellenverzeichnis

Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel im Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V. 2005. *Wärmeleitfähigkeit von Ziegelmauerwerk im historischen Wandel.* Bonn : s.n., 2005.

Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel im Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V. 2005. 2005. AMz-Bericht 8/2005.

BBSR - Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung. 2009. *Auslegung XV-2 zu § 10 Absatz 3 und 4 EnEV 2009.* s.l. : BBR, 2009.

BKI Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern, Freund et al. 2004. Stuttgart : Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern GmbH, 2004. Objektdaten N4, N6-N8.

BKI. 2011. *Deutscher Architektenkammern, Stuttgart.* s.l. : Objektdaten Energieeffizientes Bauen, 2011.

—, **2011.** *OBJEKTDATEN Energieeffizientes Bauen E4.* s.l. : Baukostenindex, Füßler, Pilz, 2011.

BMVBS u. BBSR Hrg. 2011. *Struktur der Investitionstätigkeit in den Wohnungs- und Nichtwohnungsbeständen.* Berlin : s.n., 2011. Endbericht für das BBSR – Forschungsvorhaben, Auftragnehmer: Heinze GmbH.

BMVBS, Dirlich et al. 2011. *Typologie und Bestand beheizter Nichtwohngebäude in Deutschland.* Berlin : s.n., 2011. Wissenschaftliche Begleitung: BBSR und BBR Bearbeitung: Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung und Ingenieurbüro Petereit.

DLR, Fraunhofer IWES, IfnE, Nitsch. 2011. *"Leitstudie 2011" Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global.* Stuttgart, Kassel, Teltow : s.n., 2011.

EULEB. 2007. *EUROPEAN HIGH QUALITY LOW ENERGY BUILDINGS.* www.EULEB.info : Project-No.: EIE-2003-172 EULEB, 2007.

Forschungszentrum Jülich, Kleemann u. Hansen. 2005. *Evaluierung der CO₂-Minderungsmaßnahmen im Gebäudebereich.* Jülich : s.n., 2005. Im Auftrag: BBR.

Forschungszentrum Jülich, Markewitz und Stein. 2003. *Das IKARUS-Projekt: Energetische Perspektiven für Deutschland.* Jülich : s.n., 2003. Abschlussbericht des Projektes IKARUS, Schriften des FZ Jülich, Reihe Umwelt, Band 39.

Hochschule für Technik Stuttgart, Pietruschka et al. 2011. *"Energetische und akustische Sanierung von Wohngebäuden - vom Altbau zum akustisch optimierten Passivhaus".* Institut für angewandte Forschung Zentrum für akustische und thermische Bauphysik. Stuttgart : s.n., 2011. Programm "Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung" (BWPLUS).

IWU. 2005. *Deutsche Gebäudetypologie.* Darmstadt : s.n., 2005. Systematik und Datensätze.



- **2003.** *Deutsche Gebäudetypologie.* Darmstadt : s.n., 2003. Systematik und Datensätze.
- IWU u. Bremer Energie Institut, Diefenbach et al. 2010.** *Datenbasis Gebäudebestand.* Darmstadt : s.n., 2010. Datenerhebung zur energetischen Qualität und zu den Modernisierungstrends im deutschen Wohngebäudebestand.
- **2010.** *Zusammenfassung zum Forschungsprojekt „Datenbasis Gebäudebestand - Datenerhebung zur energetischen Qualität und zu den Modernisierungstrends im deutschen Wohngebäudebestand“.* Darmstadt : s.n., 2010.
- IWU, Diefenbach u. Loga. 2011.** *Basisdaten für Hochrechnungen mit der Deutschen Gebäudetypologie des IWU.* Darmstadt : s.n., 2011. Neufassung.
- IWU, Institut Wohnen und Umwelt GmbH. 2011.** *Basisdaten für Hochrechnungen mit der Deutschen Gebäudetypologie.* Darmstadt : s.n., 2011.
- IWU, Loga et al. 2011.** *Deutsche Gebäudetypologie.* Darmstadt : s.n., 2011. Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden.
- Kohler et al. 1999.** *Stoffströme und Kosten in den Bereichen Bauen und Wohnen.* [Hrsg.] Enquete-Kommission "Schutz des Menschen und der Umwelt" des 13. Deutschen Bundestages und Konzept Nachhaltigkeit. Karlsruhe : Springer, 1999.
- Niedrig Energie Institut, Michael.** *Auszug aus Klimaschutzkonzept der Stadt Detmold - Teil 2 -.*
- Prognos, Böhmeret et al. 2011.** *Volkswirtschaftliche Bewertung der EnEV 2009.* Basel, Berlin : s.n., 2011.
- Sächsisches Staatsministerium des Innern, Eichhorn et al. 2011.** *Energetische Sanierung von Baudenkmalen.* Dresden : s.n., 2011. Handlungsanleitung für Behörden, Denkmaleigentümer, Architekten und Ingenieure.
- Statistische Ämter des Bundes und der Länder. 2010.** *Regionaldatenbank Deutschland.* [Online] 2010. [Zitat vom: 04. 08 2011.] <https://www.regionalstatistik.de>.
- Statistisches Bundesamt . 2010.** *Bauen und Wohnen, Bestand an Wohnungen.* www.destatis.de; Januar 2011. Wiesbaden : s.n., 2010.
- Statistisches Bundesamt. 2007.** *Immobilienwirtschaft in Deutschland 2006, Entwicklungen und Ergebnisse.* Wiesbaden : Statistisches Bundesamt, 2007.
- Stopp, Prof. Dr.-Ing. habil. H. 2003.** *Hygothermische Untersuchung der Balkenköpfe von Einschubdecken bei innengedämmten Außenwänden unter Einbeziehung der Heizungstechnik.* FH Lausitz, Cottbus : BBR, 2003.
- The European Heritage Network. 2008.** *Report 8.1: Statistical Data Changes in the Number of protected Sites.* http://www.european-heritage.coe.int/sdx/herein/national_heritage/voir.xsp?id=8.1_DE_en : s.n., 2008.



Typische Baukonstruktionen von 1860-1960, Ahnert und Krause. 2009. *Typische Baukonstruktionen, Ahnert und Krause.* Typische Baukonstruktionen von 1860-1960. Berlin : Huss-Medien GmbH, 2009.

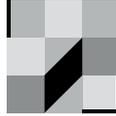
Im Bezug auf die DIN 4154.

9.8 Panorama – Dämmrestriktionen

(zu finden auf der letzten Seite im Faltblatt)



Bundesministerium
für Verkehr, Bau
und Stadtentwicklung



Bundesamt
für Bauwesen und
Raumordnung

BBSR-Online-Publikation, Nr. 01/2009

Wärmeschutz für Sonderfälle

Abschlussbericht

Impressum

Herausgeber

Bundesministerium für Verkehr,
Bau und Stadtentwicklung (BMVBS)
Invalidenstraße 44
10115 Berlin

Bundesinstitut für Bau-, Stadt-
und Raumforschung (BBSR)
im Bundesamt für Bauwesen
und Raumordnung (BBR)
Deichmanns Aue 31–37
53179 Bonn

Bearbeitung

Technische Universität München (Auftragnehmer)
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Gerd Hauser (Leitung)
Michaela Hoppe
Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, Bonn
Andrea Vilz

Vervielfältigung

Alle Rechte vorbehalten

Zitierhinweise

BMVBS / BBSR (Hrsg.): Wärmeschutz für Sonderfälle, BBSR-Online-Publikation 01/2009.
urn:nbn:de:0093-ON01209NR224

Die vom Auftragnehmer vertretene Auffassung ist
nicht unbedingt mit der der Herausgeber identisch.

ISSN 1868-0097
urn:nbn:de:0093-ON01209NR224

© BMVBS / BBSR, Januar 2009

Ein Projekt des Forschungsprogramms „Zukunft Bau“ des Bundesministeriums für
Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und des Bundesinstituts für Bau-, Stadt-
und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR).

Wärmeschutz für Sonderfälle	1
Zusammenfassung	3
Summary	5
1 Aufgabenstellung	7
2 Anforderungen	9
3 Untersuchung der Sonderfälle	13
3.1 Gebäude mit besonderer Außengestaltung – Sichtbeton-, Sichtmauerwerk- und Stuckfassaden	15
3.2 Fachwerkbauten mit außen sichtbarem Fachwerk	33
3.3 Bauphysikalische Schwachstellen in der Außenwand - auskragende Deckenplatten	47
3.4 Begeh- und befahrbare Flachdachkonstruktionen	59
3.5 Erdgeschossfußböden	65
3.6 Versetzte Reihenhäuser	69
4 Empfehlungen an den Ordnungsgeber	83
Literatur	87
Normen	89
Abbildungsnachweis	91

Zusammenfassung

Bestandsgebäude, die baulich verändert werden, müssen bestimmte Anforderungen hinsichtlich ihrer Energieeffizienz aufweisen, die in der Energieeinsparverordnung [EnEV 2007] definiert werden. Diese Anforderungen beziehen sich wahlweise auf die Gesamtenergieeffizienz des ganzen Gebäudes oder die Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) einzelner Bauteile.

Die Anforderungen der Energieeinsparverordnung unterstehen zum einen dem Wirtschaftlichkeitsgebot – die einzelnen Sanierungsmaßnahmen müssen sich durch die erreichbare Energiekosteneinsparung innerhalb der restlichen Nutzungsdauer des Gebäudes amortisieren – zum anderen dürfen sie den Erhalt der Bausubstanz nicht beeinträchtigen. Bei Baudenkmälern sollte überdies auch das Erscheinungsbild des Gebäudes erhalten bleiben.

Aus diesen Gründen sind, auf Basis einer so genannten „Härtefallklausel“, Ausnahmen und Befreiungen von den Anforderungen der Energieeinsparverordnung möglich. Durch die Inanspruchnahme dieser Möglichkeiten bleibt jedoch das im Einzelfall vorhandene Energieeinsparpotential teilweise unausgeschöpft.

Um hier Abhilfe zu schaffen, wurden im Folgenden einzelne Situationen herausgegriffen und untersucht, die derartige Sonderfälle darstellen und in der Regel zur Beantragung einer Befreiung bzw. Ausnahme führen. Hierbei handelt es sich um:

- Gebäude mit besonderer Außengestaltung wie Sichtbeton-, Sichtmauerwerk- und Stuckfassaden,
- Fachwerkbauten mit außen sichtbarem Fachwerk,
- Bauphysikalische Schwachstellen in der Außenwand wie auskragende Deckenplatten (Balkon bzw. Vordach),
- Begeh- und befahrbare Flachdachkonstruktionen,
- Erdgeschossfußböden, die mangels Unterkellerung nicht von unten saniert werden können und
- Versetzte Reihenhäuser, bei denen eine Außendämmung in ausreichender Stärke die Grundstücksgrenze überschreiten würde.

In einzelnen Blättern wird für diese Sonderfälle die zugrunde liegende Problematik dargestellt, sowie Lösungsmöglichkeiten hinsichtlich einer sowohl wirtschaftlichen als auch Substanz und Erscheinungsbild erhaltenden energetischen Sanierung aufgezeigt.

Gebäude mit besonderer Außengestaltung - Sichtbeton-, Sichtmauerwerk- und Stuckfassaden

Die kulturelle Notwendigkeit, das Erscheinungsbild von Gebäuden mit besonderer Fassadengestaltung - beispielsweise eines Gründerzeitbaus mit stuckgeschmückter Fassade - zu erhalten, schränkt die Möglichkeiten für die energetische Ertüchtigung der Außenwände stark ein. Damit einher geht auch eine Beschränkung des Energieeinsparpotentials für diese Sonderfälle.

Durch Aufbringen eines Wärmedämmputzes von außen lässt sich nur eine bescheidene Verbesserung des U-Wertes erreichen. Ein Innendämmsystem hingegen reduziert das nutzbare Raumvolumen. Dadurch bedingt sich eine Begrenzung der Konstruktionsstärke auf ein bestimmtes Maximum, die wiederum das Energieeinsparpotential der Maßnahme limitiert. Darüber hinaus wird durch eine Innendämmung der Taupunkt ins Bauteilinnere verschoben. Bei unsorgfältiger Planung und Ausführung kann es zu Tauwasserproblemen kommen. Problematisch stellen sich auch die Wärmebrücken an den einbindenden Bauteilen (Innenwände, Decken) dar.

Eine Aufstellung der, unter Beachtung aller feuchtetechnischen Anforderungen, erreichbaren U-Werte, dient der Abstimmung der konstruktiven Möglichkeiten auf die Bestandskonstruktion. Anhand eines Projektbeispiels werden die Auswirkungen auf die Gesamtenergieeffizienz eines Gebäudes verdeutlicht, sowie planerische Spielräume bezüglich der Kombination verschiedener Maßnahmen aufgezeigt.

Fachwerkbauten mit außen sichtbarem Fachwerk

Bei Fachwerkbauten handelt es sich um bauphysikalisch sehr sensible Konstruktionen, deren Instandsetzung eine äußerst sorgfältige Planung hinsichtlich des Wärme- und Feuchteschutzes erfordert. Dies gilt insbesondere für Gebäude mit außen sichtbarem Fachwerk, bei denen das ursprüngliche Erscheinungsbild erhalten werden soll und daher eine energetische Ertüchtigung der Außenwände nur von innen möglich.

Die mit der Anbringung einer Innendämmungen verbundene Gefahr von Tauwasserbildung innerhalb des Bauteils muss bei der Wahl geeigneter Baustoffe und Konstruktionen berücksichtigt werden. Darüber hinaus muss sichergestellt werden, dass in Form von Schlagregen von außen eindringende Feuchtigkeit wieder abgegeben werden kann.

Aufgrund der beschriebenen Feuchteproblematik sind den energetischen Sanierungsmöglichkeiten Grenzen gesetzt. Mit bauphysikalisch geeigneten Konstruktionen lassen sich teilweise nur relativ schlechte U-Werte erreichen. Eine Übersicht geeigneter Sanierungsansätze, damit erreichbarer U-Werte, sowie deren Einfluss auf

die Gesamtenergieeffizienz des Gebäudes, sind im jeweiligen Kapitel zu finden. Weiterführende Informationen bieten die Merkblätter zur Fachwerkinstandsetzung der Wissenschaftlich-Technischen Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V. (WTA).

Bauphysikalische Schwachstellen in der Außenwand - auskragende Deckenplatten (Balkon bzw. Vordach)

Bis in die 1980er Jahre war es üblich, Vordächer und Balkone durch eine thermisch nicht entkoppelte Auskragung der Stahlbetondecken auszubilden. Diese Auskragungen stellen gravierende Wärmebrücken dar, die mit einer verstärkten Schimmelpilzbildungsgefahr einhergehen. Im Falle einer nachträglichen Dämmung der Außenwand wird diese Problematik noch verschärft.

Mögliche Herangehensweisen reichen von einer simplen Unterbrechung der Außendämmung an den Auskragungen über das teilweise bzw. komplette „Einpacken“ der auskragenden Bauteile mit Wärmedämmung bis hin zu Abriss und thermisch entkoppelter Neuerrichtung. Letzterer Lösungsansatz bietet, trotz im Vergleich höherer Kosten, die Möglichkeit einer sauberen Ausführung der Außendämmung sowie einer Anpassung der Balkongrößen an moderne Ansprüche. Eine weitere energetische Verbesserungsmöglichkeit stellt die Einhausung der auskragenden Balkonplatten, beispielsweise durch eine schließbare Glaskonstruktion, dar. Die so entstehenden Wintergärten bieten neben einer thermischen Verbesserung auch eine gesteigerte Nutzungsqualität der Balkone.

Die genannten Sanierungsansätze unterscheiden sich hinsichtlich Energieeinsparpotential, Baukosten, Wärmebrückenproblematik und Nutzungsqualität wesentlich. Eine differenzierte Darstellung dieser Faktoren hilft bei der Auswahl einer geeigneten Sanierungsmaßnahme.

Begeh- und befahrbare Flachdachkonstruktionen

Sollen begeh- und befahrbare Flachdachkonstruktionen nachträglich gedämmt werden, stellt die erforderliche Erhöhung des Fußbodenaufbaus ein Problem dar. Dies zeigt sich vor allem an konstruktiven Anschlüssen, etwa an Türschwellen. Durch die Höhenzunahme kann auch eine Erhöhung der Attika bzw. des Geländers notwendig werden, um die erforderliche Absturzsicherheit auch weiterhin zu gewährleisten.

Neben einer Zusatzdämmung ist auch ein kompletter Austausch des Fußbodenaufbaus möglich. Dadurch reduziert sich die Aufbauhöhe des Fußbodenpakets, entstehen aber auch höhere Kosten. Eine sinnvolle Alternative stellt der Einsatz von Vakuumdämmung dar: mit geringen Aufbauhöhen lassen sich gute Dämmwerte erreichen. Die höheren Kosten für das Dämmmaterial amortisieren sich ggf. dadurch, dass Geländer bzw. Attika nicht erhöht werden müssen und Anschlussprobleme an Türen entfallen. In einigen wenigen Fällen, etwa bei sehr hohen Raumhöhen, kann auch eine Sanierung von unten sinnvoll sein, die allerdings eine sorgfältige feuchtetechnische Überprüfung erfordert. Zu beachten ist in allen Fällen die Wärmebrückenproblematik an der Attika.

Ein Überblick über die verschiedenen (zusätzlichen) Aufbauhöhen und erreichbaren U-Werte sowie Prinziplösungen für die Bauteilanschlüsse unterstützen bei der Auswahl eines geeigneten Sanierungsansatzes.

Erdgeschossfußböden

Bei nicht unterkellerten Gebäuden, kann eine nachträgliche Dämmung des Erdgeschossfußbodens nur von oben aufgebracht werden.

Durch Aufbringen einer Zusatzdämmung auf den vorhandenen Bodenaufbau nimmt die Stärke des Fußbodenaufbaus zu, die lichte Raumhöhe wird reduziert und an den Türschwellen kommt es zu schwierigen Anschlüssen. Alternativ kann der Fußbodenaufbau komplett ausgetauscht und damit die zusätzliche Aufbauhöhe begrenzt werden. Eine weitere Alternative stellt der Einsatz von Vakuumdämmpaneelen dar, die gute Dämmwerte mit geringen Aufbauhöhen zu allerdings höheren Kosten kombinieren.

Die Auswahl eines geeigneten Sanierungsansatzes wird durch einen Überblick über die verschiedenen (zusätzlichen) Aufbauhöhen und erreichbaren U-Werte sowie Prinziplösungen für die Bauteilanschlüsse erleichtert.

Versetzte Reihenhäuser

Wird bei versetzten Reihenhäusern nur ein einzelnes Haus mit einer Außendämmung versehen, ragt diese zwangsläufig an den Seitenwänden über die seitlichen Grundstücksgrenzen hinaus. Verweigert der betroffene Nachbar sein Einverständnis, kann die betroffene Seitenwand entweder gar nicht oder nur unzureichend dick gedämmt werden.

Mögliche Auswege können sein, die betroffene Wand gar nicht zu dämmen (nicht zu empfehlen) oder mit einer geringeren Dämmstärke zu versehen. Alternativ kann auch ein Innendämmsystem realisiert werden.

Am Übergangspunkt zwischen verschiedenen Dämmkonstruktionen entstehen Wärmebrücken, an welchen sich unter Umständen Schimmelpilz bilden kann. Daher gilt es, Möglichkeiten zur Entschärfung dieser Problemstellen zu entwickeln. Alle genannten Lösungsansätze haben Konsequenzen für die Gesamtenergieeffizienz des Gebäudes, die in Abhängigkeit von der Versatztiefe zwischen den Gebäuden quantifiziert werden können.

Summary

When structural changes are made in existing buildings, these changes have to meet certain standards that are defined by the German Energy Saving Regulation (Energieeinsparverordnung) [EnEV 2007]. These standards pertain to either the energy performance of the building as a whole or to the thermal transmittance values (U-value) of single structural elements. All requirements of the Energy Saving Regulation are subject to economic, structural and historical factors. The energy cost reduction achieved by the applied refurbishment measures should amortize within the buildings remaining economic life, and the applied refurbishment measures must not lead to any damage of the building structure. In addition, when structural changes are made to historical buildings the original appearance must be preserved.

For these reasons, the Energy Saving Regulation allows for the possibility to apply for an exemption on the basis of a Hardship Case Clause (Härtefallklausel). However, if this exception is claimed the building's energy saving potential can not be tapped to its full extent.

In order to find suitable solutions for this problem, the following building situations were chosen for further investigation as they represent typical cases that often lead to an application for exemption:

- Buildings with specialist facade design, such as fair-faced concrete surfaces, fair-faced brickwork or stucco.
- Timber-framed buildings with exposed timber framing.
- Thermal bridging in external walls, e.g. cantilevering floor slabs.
- Accessible roofs.
- Ground floor slabs in buildings without a basement that can, therefore, not be insulated from below.
- Staggered terraced houses, where the necessary insulation thickness would protrude beyond the property line.

The problems underlying these conditions are compiled in individual chapters along with energy refurbishment recommendations that take into account economic and preservation aspects of both, building substance and design.

Buildings with specialist facade design, such as fair-faced concrete surfaces, fair-faced brickwork or stucco

Constructive measures to improve the energy performance of buildings with specialist facade designs, e.g. Wilhelminian buildings with stucco decorated facades, are limited due to the cultural necessity for preserving their original appearance, which also lessens these buildings' energy saving potential.

By applying insulating render, only modest U-value improvements can be achieved. Internally applied insulation, however, results in a reduction of the usable space. Consequently, the construction thickness is limited to a certain maximum, which in turn limits the energy saving potential of this measure. Furthermore, internally applied insulation moves the dew point position slightly towards the core of the building element. Inaccurate detailing and execution of the work can, therefore, lead to interstitial condensation, that can cause condensation damage. Further problems are thermal bridging resulting from adjoining building elements such as floor slabs or internal walls.

A table showing achievable U-values, which relate to humidity protection, serves as decision-making instrument for matching refurbishment measure and existing building structure. An example project illustrates the impact of these limitations on the overall energy efficiency of the building as well as design scopes for the combination of different measures.

Timber-framed buildings with exposed timber framing

Timber-framed buildings are very sensitive structures in terms of building physics. Their refurbishment, therefore, requires extraordinary detailing accuracy regarding heat and humidity protection, especially when the timber framing is exposed. In this case the wish to preserve the original appearance implies internally applied insulation.

The risk of interstitial condensation has to be taken into account when choosing fitting construction materials and compositions. Furthermore, it has to be assured that any moisture, penetrating the construction due to wind driven rain, will dry of before penetrating the construction.

As a consequence of the humidity problems mentioned above, the possibilities for energy refurbishment measures are limited in this case. Reasonable constructions in respect of building physics result in relatively poor U-values. Therefore, appropriate refurbishment measures are outlined, along with their influence on the building's energy performance. Further information on this topic can be found in the data sheets on timber framed building renovation, published by the International Association for Science and Technology of Building Maintenance and Monument Preservation (Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V.).

Thermal bridging in external walls, e.g. cantilevering floor slabs

Until the 1980s balconies and canopies were usually constructed by cantilevering floor slabs. These severe thermal bridgings often lead to increased mould formation. This problem will be further exacerbated by the use of externally applied insulation that is interrupted at the cantilevering balconies.

Approaches to improve this situation vary from the above mentioned possibility of interrupting the thermal insulation at the cantilever to encasing the cantilever with insulation material. Demolishing the balcony and re-constructing it as a thermally independent structure causes increased construction costs, but allows a structurally sound execution of the insulation works, along with the possibility to adjust the balcony size to present standards. Transforming the balcony into a winter garden, by closing it with a glass construction, is a further way to reduce heat losses that also offers a better usability of the balcony, e.g. in cold periods.

The refurbishment measures mentioned above vary in terms of their energy saving potential, construction costs, thermal bridging and usability. A profound analysis of these factors provides assistance in choosing an appropriate measure.

Accessible Roofs

Adding an additional thermal insulation layer on top of an existing roof deck is likely to cause problems at structural connections, e.g. thresholds, due to the increase of the overall floor thickness. Parapets or railings might need to be raised in order to provide the obligatory fall protection.

Replacing the whole roof build-up is one alternative which results in an only modest increase in thickness of the overall roof build-up, but also in higher construction costs. The use of vacuum insulation panels can be reasonable in this case, as it combines a low roof build-up with an excellent insulation value. The higher material costs amortize as building costs, caused by the necessity to raise the parapet and railings, as well as problems at structural connections, no longer arise. Applying thermal insulation from below can also be an appropriate solution for rooms with high ceilings but need to be thoroughly detailed to avoid any future humidity problems. Attention should also be paid to thermal bridge problems along the parapet.

A comparison of different roof build-ups and achievable U-values assists in finding the appropriate measure.

Ground floor slabs in buildings without a basement that can, therefore, not be insulated from below

In buildings without a basement, an additional thermal insulation can only be applied to the ground floor slab from above.

In doing so, the floor build-up increases and, thus, reduces the clear floor to ceiling height and causes difficult connections at thresholds. An alternative is the replacement of the whole floor build-up which results in a modest increase of the floor build-up. Using vacuum insulation panels, instead of conventional insulation materials, results in an overall low floor build-up along with excellent insulation value, however, also increased costs.

A comparison of different floor build-ups and achievable U-values assists in finding the appropriate measure.

Staggered terraced houses

If only one single house within a row of staggered terraced houses is refurbished by using externally applied insulation the construction inevitably protrudes beyond the property line, due to the necessary material thickness.

Accordingly, the owners of the adjacent properties have to agree, otherwise this externally applied insulation can either not be realised or can be realised only with insufficient material thickness. Possible solutions include not to insulate the affected walls (not recommended) or to reduce the material thickness. A further alternative is to change the construction system and effect an internally applied insulation on the concerned walls.

Combining internally and externally applied insulation usually leads to thermal bridging at the structural connections that is likely to cause mould growth. Therefore, it is necessary to develop solutions that minimise this problem. All possible solutions affect the energy performance of the building. These consequences can be quantified, according to the depth of the stag between the houses.

1 Aufgabenstellung

Werden an einem Bestandsgebäude Reparaturarbeiten fällig, die mehr als 20% der Fläche eines Bauteils betreffen, sieht die aktuelle Gesetzgebung auf Basis der Energieeinsparverordnung [EnEV 2007] vor, dass im Zuge der anstehenden Sanierungsmaßnahmen auch der energetische Standard des Bauteils bzw. des Gebäudes verbessert wird. Die Anforderungen, die diesbezüglich in der Energieeinsparverordnung formuliert werden (siehe Kapitel 2: Anforderungen), sind so definiert, dass sich die mit der energetischen Verbesserung verbundenen Mehrkosten durch die erreichbare Energieeinsparung innerhalb der Lebensdauer des Bauteils amortisieren. Aufgrund der heterogenen Struktur des Gebäudebestandes gibt es jedoch Bestandssituationen, bei denen dies nicht so einfach möglich ist. In begründeten Fällen sieht die Energieeinsparverordnung daher Ausnahmeregelungen für sogenannte Sonderfälle vor. Dies sind vor allem Situationen, in denen der Aufwand für die Einhaltung der EnEV-Anforderungen sehr hoch, und ihre Umsetzung damit nicht mehr wirtschaftlich darstellbar ist. Aber auch wenn anderweitige Vorgaben, etwa die Belange des Denkmalschutzes, Vorrang haben kann ein Sonderfall vorliegen. Im Einzelnen können folgende Fälle unterschieden werden:

- geometrische Gründe, z.B. die durch Schwellen bzw. Raumhöhe begrenzte Aufbauhöhe im Falle einer nachträglichen Dämmung eines Erdgeschoßfußbodens,
- bautechnische Gründe, z.B. denkmalpflegerisch und bauphysikalisch sensible Bestandskonstruktionen, wie Fachwerkbauten,
- denkmalpflegerische und gestalterische Gründe, wenn beispielsweise durch eine Sanierung der Charakter und damit auch die kulturhistorische Qualität eines Gebäudes verloren ginge.

Die zentrale Aufgabenstellung des vorliegenden Forschungsprojektes „Wärmeschutz für Sonderfälle“ war daher, Erfahrungen und Lösungsmöglichkeiten im Zusammenhang mit diesen Sonderfällen für eine breitere Anwendung aufzubereiten und einem größeren Personenkreis zugänglich zu machen. Es sollten Handlungsanleitungen und Planungshilfen erstellt werden, die die Umsetzung der Anforderungen der Energieeinsparverordnung insbesondere für derartige Sonderfälle ermöglichen. Die dargestellten Strategien sollen eine wirtschaftliche energetische Ertüchtigung der oben genannten sensiblen Bestandssituationen ermöglichen und damit auch der Erschließung weiterer Energieeinsparpotentiale im Gebäudebestand dienen (siehe Kapitel 3: Untersuchung der Sonderfälle).

Die Basis der Untersuchungen bildet die aktuelle Fassung der Energieeinsparverordnung 2007. Aufgrund steigender Energiepreise sind in der für 2009 vorgesehenen Novellierung der Energieeinsparverordnung [EnEV 2009] zum Teil höhere Anforderungen, auch an Bestandsgebäude, vorgesehen. Diese Anforderungen finden, bedingt durch den Bearbeitungszeitraum der vorliegenden Studie, in dieser noch keine Berücksichtigung.

2 Anforderungen

Anforderungen der Energieeinsparverordnung an bestehende Gebäude

In Anhang 3 der Energieeinsparverordnung [EnEV 2007] werden die Anforderungen definiert, die an einzelne Bauteile bestehender Gebäude gestellt werden, wenn diese wie folgt baulich verändert werden:

Außenwände

Wird die Außenwand eines beheizten Raumes ersetzt oder erstmalig eingebaut, muss ein Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) von maximal $0,45 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ eingehalten werden. Dieser Grenzwert gilt auch für den Einbau einer Innendämmung oder die Erneuerung von Ausfachungen in Fachwerkwänden (Tabelle 2.1, Zeile 1).

Wird dagegen eine Bekleidung, Verschalung oder Mauerwerks-Vorsatzschale angebracht, ist ein Grenzwert von $U \leq 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ einzuhalten. Diese Anforderung gilt auch für Wände deren Wärmedurchgangskoeffizient im Bestand mehr als $0,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ beträgt, wenn der Außenputz erneuert wird, aber auch für den Einbau von Dämmschichten (Tabelle 2.1, Zeile 2).

Ausnahme: die oben genannten Anforderungen gelten auch dann als erfüllt, wenn bei der nachträglichen Kerndämmung von mehrschaligem Mauerwerk der bestehende Hohlraum zwischen den Schalen vollständig mit Dämmstoff ausgefüllt wird.

Fenster, Fenstertüren und Dachflächenfenster

Werden bei beheizten Räumen außenliegende Fenster, Fenstertüren oder Dachflächenfenster ersetzt, erstmalig eingebaut oder zusätzliche Vor- oder Innenfenster angebracht, müssen die neuen Bauteile einen U-Wert von maximal $1,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ einhalten (Tabelle 2.1, Zeile 3). Für den Ersatz der Verglasungen wird ein maximaler U-Wert von $1,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ definiert (Tabelle 2.1, Zeile 4).

Ausnahme: Diese Anforderungen gelten nicht für Schaufenster und Türanlagen aus Glas. Werden Sonderverglasungen (Schallschutzglas, schusssicheres Glas oder Brandschutzglas) eingebaut, gelten geringere Anforderungen.

Vorhangfassaden

Werden bei beheizten Räumen Vorhangfassaden ersetzt oder erstmalig eingebaut bzw. einzelne Füllungen (Verglasung oder Paneele) ersetzt, ist ein maximaler U-Wert von $1,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ einzuhalten. Werden Sonderverglasungen (Schallschutzglas, schusssicheres Glas oder Brandschutzglas) eingebaut, gelten geringere Anforderungen (Tabelle 2.1, Zeile 5).

Außentüren

Bei der Erneuerung von Außentüren dürfen nur solche eingebaut werden, deren Türfläche einen Wärmedurchgangskoeffizienten von $2,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ nicht überschreitet.

Decken, Dächer und Dachschrägen

Steildächer

Werden bei einem Steildach Bauteile, die beheizte Räume nach oben gegen die Außenluft abgrenzen (das können bei einem ausgebauten Dachraum die Dachflächen oder aber die Abseitenwände sein, bei einem unausgebauten Dach die oberste Geschoßdecke) ersetzt oder erstmalig eingebaut, darf ein U-Wert von maximal $0,30 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ nicht überschritten werden (Tabelle 2.1, Zeile 6). Das gilt auch, wenn

- die Dachhaut bzw. außenseitige Bekleidungen oder Verschalungen ersetzt oder neu aufgebaut werden,
- innenseitige Bekleidungen oder Verschalungen aufgebracht oder erneuert werden,
- Dämmschichten eingebaut werden oder
- zusätzliche Bekleidungen oder Dämmschichten an Wänden zum unbeheizten Dachraum eingebaut werden.

Ausnahme: Wird die energetische Sanierungsmaßnahme als Zwischensparrendämmung ausgeführt und ist die Dämmschichtdicke wegen einer innenseitigen Bekleidung und der Sparrenhöhe begrenzt, so gilt die Anforderung als erfüllt, wenn die nach den Regeln der Technik höchstmögliche Dämmschichtdicke eingebaut wird. Dies gilt allerdings nur für Sanierungsmaßnahmen von außen.

Flachdächer

Wird über einem beheizten Raum ein Flachdach ersetzt oder erstmalig eingebaut, ist ein U-Wert von maximal $0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ einzuhalten. Dies gilt auch, wenn die Dachhaut bzw. außenseitige Bekleidungen oder Verschalungen ersetzt oder neu aufgebaut werden, innenseitige Bekleidungen oder Verschalungen aufgebracht oder erneuert werden oder Dämmschichten eingebaut werden (Tabelle 2.1, Zeile 7).

Wände und Decken gegen unbeheizte Räume und gegen Erdreich

Werden Decken und Wände beheizter Räume, die an unbeheizte Räume oder an das Erdreich grenzen, ersetzt oder erstmalig eingebaut, muss ein U-Wert von maximal 0,50 W/(m²K) eingehalten werden. Dies gilt auch, wenn innenseitige Bekleidungen oder Verschalungen an Wände angebracht werden, Fußbodenaufbauten auf der beheizten Seite aufgebaut oder erneuert oder Dämmschichten eingebaut werden (Tabelle 2.1, Zeile 8). Werden dagegen außenseitige Bekleidungen oder Verschalungen, Feuchtigkeitssperren oder Drainagen angebracht oder erneuert bzw. Deckenbekleidungen auf der Kaltseite angebracht, gilt die höhere Anforderung von $U \leq 0,40$ W/(m²K).

Ausnahme: Die Anforderungen an eine Erneuerung der Fußbodenaufbauten auf der beheizten Seite gelten als erfüllt, wenn ein Fußbodenaufbau mit der ohne Anpassung der Türhöhen höchstmöglichen Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,04$ W/(mK)) ausgeführt wird.

Die Anforderungen der Energieeinsparverordnung bezüglich baulicher Änderungen der energetischen Hülle von Bestandsgebäuden greifen dann, wenn der erstmalige Einbau, der Ersatz oder die Erneuerung einzelner Bauteile einen Anteil von 20% der jeweiligen Bauteilfläche übersteigt. Die in Tabelle 2.1 aufgeführten maximalen Wärmedurchgangskoeffizienten dürfen nicht überschritten werden.

Die Anforderungen gelten auch als erfüllt, wenn für das gesamte Gebäude – unter Berücksichtigung der baulichen Änderungen – der zulässige Jahres-Primärenergiebedarf für einen vergleichbaren Neubau um nicht mehr als 40% überschritten wird.

	Bauteil	Wohngebäude und Zonen von Nichtwohngebäuden mit Innentemperaturen $\geq 19^\circ\text{C}$	Zonen von Nichtwohngebäuden mit Innentemperaturen von 12 bis $< 19^\circ\text{C}$
		maximaler Wärmedurchgangskoeffizient U_{max} in W/(m ² K)	
1	Außenwände allgemein	$U_{\text{AW}} \leq 0,45$	$U_{\text{AW}} \leq 0,75$
2	Außenwände, bei denen – Bekleidungen angebracht werden – Dämmschichten eingebaut werden	$U_{\text{AW}} \leq 0,35$	$U_{\text{AW}} \leq 0,75$
3	Fenster, Fenstertüren, Dachflächenfenster – allgemein – mit Sonderverglasungen ¹⁾	$U_{\text{W}} \leq 1,7$ $U_{\text{W}} \leq 2,0$	$U_{\text{W}} \leq 2,8$ $U_{\text{W}} \leq 2,8$
4	Verglasungen – allgemein – Sonderverglasungen ¹⁾	$U_{\text{G}} \leq 1,5$ $U_{\text{G}} \leq 1,6$	– –
5	Vorhangfassaden – allgemein – Sonderverglasungen ¹⁾	$U_{\text{W}} \leq 1,9$ $U_{\text{W}} \leq 2,3$	$U_{\text{W}} \leq 3,0$ $U_{\text{W}} \leq 3,0$
6	Decken, Dächer, Dachschrägen	$U_{\text{D}} \leq 0,30$	$U_{\text{D}} \leq 0,40$
7	Flachdächer	$U_{\text{D}} \leq 0,25$	$U_{\text{D}} \leq 0,40$
8	Wände und Decken gegen unbeheizte Räume oder Erdreich – allgemein – bei Anbringen außenseitiger Bekleidung	$U_{\text{G}} \leq 0,50$ $U_{\text{G}} \leq 0,40$	– –

¹⁾ Schall, Brand, (Ein-) Bruch

Tabelle 2.1 Begrenzung des Wärmedurchgangs beim erstmaligen Einbau, Ersatz und bei der Erneuerung von Bauteilen gemäß [EnEV 2007] (Auszug)

Ausnahmen, Befreiungen

Die Energieeinsparverordnung lässt gemäß § 24 für Baudenkmale und bei sonstiger besonders erhaltenswerter Bausubstanz Ausnahmen zu. Diese Ausnahmeregelung gilt für Fälle, bei denen durch Anforderungen der [EnEV 2007] die Substanz oder das Erscheinungsbild beeinträchtigt werden und andere Maßnahmen zu einem unverhältnismäßig hohen Aufwand führen.

Eine Befreiung von den Anforderungen der [EnEV 2007] kann nach § 25 Befreiungen im Einzelfall gewährt werden, wenn die Erfüllung derselben durch unangemessenen Aufwand zu einer unbilligen Härte, insbesondere in wirtschaftlicher Hinsicht führen würde. Hierzu zählen insbesondere Maßnahmen, die innerhalb einer üblichen Nutzungsdauer nicht durch die eintretenden Einsparungen erwirtschaftet werden können.

Anforderungen aus anderen Rechtsbereichen

Den oben genannten Anforderungen der Energieeinsparverordnung können Anforderungen aus anderen Rechtsbereichen entgegenstehen:

Bauordnung

Abstandsflächen

Durch das Anbringen einer außenseitigen Dämmschicht können die in der Musterbauordnung [MBO 2002] bzw. den jeweiligen Landesbauordnungen geforderten Abstandsflächen von

- 0,4 h im Normalfall und
 - 0,2 h in Gewerbe und Industriegebieten
- mindestens jedoch 3 m oder Baulinien überschritten werden.

Die Anforderungen der einzelnen Landesbauordnungen können von diesen Forderungen abweichen. So sieht z.B. die Bayerische Bauordnung [BayBO 1997] eine Tiefe von

- 1 h im Normalfall,
 - 0,5 h in Kerngebieten,
 - 0,25 h in Gewerbe und Industriegebieten
- mindestens jedoch 3 m für die Abstandsflächen vor.

Raumhöhen

Laut Musterbauordnung müssen Aufenthaltsräume eine lichte Höhe von mindestens 2,40 m haben. Für Aufenthaltsräume in Dachgeschossen kann, je nach Bundesland, eine geringere lichte Höhe von 2,20 m gestattet werden. Diese Anforderungen können z.B. eine nachträgliche Dämmung der obersten Geschößdecke von der Unterseite (Innendämmung), beeinflussen. Auch bei der energetischen Sanierung einer erdgeschossigen Bodenplatte könnte ein Konflikt zwischen der erforderlichen Dämmstärke und der nach [MBO 2002] erforderlichen Raumhöhe auftreten.

Barrierefreies Bauen

Die in der Musterbauordnung geforderte Barrierefreiheit für mindestens eine Wohneinheit in Gebäuden mit mehr als 2 Wohneinheiten sowie in öffentlichen Gebäuden kann, wie zuvor bei den Raumhöhen erläutert, Schwierigkeiten bezüglich der bauphysikalisch notwendigen Mindestdämmstärken auslösen.

Brandschutz

Die brandschutztechnischen Anforderungen an einzelne Bauteile sind in der jeweiligen Landesbauordnung festgelegt. Diese Anforderungen können sich je nach Bundesland grundlegend unterscheiden. Grundsätzlich wird, in Abhängigkeit von Gebäudehöhe und Nutzung, zwischen verschiedenen Gebäudeklassen (GKI. 1-5) sowie Sonderbauten, z.B. Hochhäusern, differenziert. In Abbildung 2.1 sind die Mindestanforderungen an die Bauteile der thermischen Gebäudehülle, die im Rahmen einer energetischen Sanierung ggf. baulich verändert werden, zusammengefasst. Diese Anforderungen können unter Umständen die Auswahl geeigneter Baustoffe für eine energetische Sanierung einschränken.

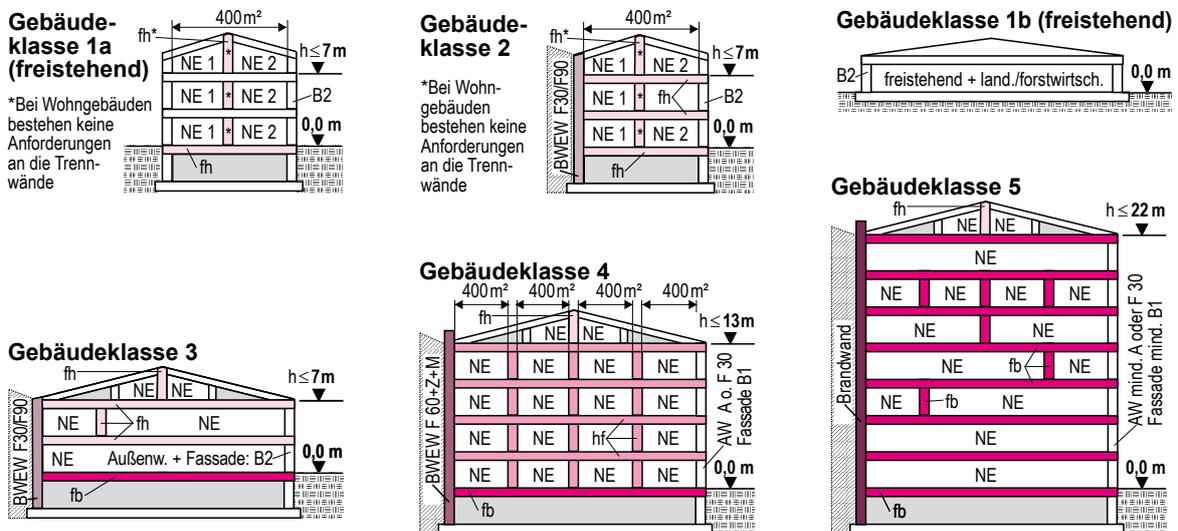


Abbildung 2.1 Mindestanforderungen an den baulichen Brandschutz [FeuerTRUTZ 2008]

Eigentumsverhältnisse

Befinden sich die einzelnen Einheiten eines Gebäudes, z.B. einzelne Wohnungen in einem Mehrfamilienhaus, im Besitz verschiedener Personen (Eigentumswohnungen), kann die Auswahl der möglichen Sanierungsansätze eingeschränkt sein. Wenn z.B. nicht alle Eigentümer eine energetische Sanierung der Gebäudehülle anstreben, entfällt die Möglichkeit einer Außendämmung. In diesem Fall kann nur eine – bauphysikalisch problematische – Innendämmung realisiert werden, durch die überdies die Wohnfläche reduziert wird.

Urheberrecht

Besteht bei einem Gebäude ein Urheberrecht des Verfassers, müssen alle baulichen Änderungen mit diesem abgestimmt werden (z.B. Olympiaschwimmhalle in München, Architekten: Behnisch & Partner).

3 Untersuchung der Sonderfälle

Vorbemerkung

Die Herangehensweise sowie die Art der Darstellung der einzelnen Sonderfälle unterscheidet sich der abweichenden Komplexität der jeweiligen Fragestellungen entsprechend. So seien es, nach Aussage der zuständigen Baugenehmigungsbehörden in München und Berlin¹, neben Gebäuden, die den Anforderungen des Denkmalschutzes unterliegen, vor allem nicht denkmalgeschützte Gebäude deren Erscheinungsbild durch eine charakteristische Ausbildung der Fassade geprägt ist, die Anlaß zu Rückfragen bezüglich Befreiungen und Ausnahmen von den Anforderungen der Energieeinsparverordnung geben. Dabei handle es sich vor allem um Gebäude mit ausgeprägter Geometrie (Vor- und Rücksprünge der Fassade, auskragende Balkone etc.) sowie Gebäude deren Fassade durch ein bestimmtes Material geprägt wird (Stuck, Sichtbeton, Sichtmauerwerk). Ihrer Bedeutung entsprechend, wurden daher folgende vier der sechs behandelten Themenbereiche vertieft untersucht (fett hervorgehoben):

- **Gebäude mit besonderer Außengestaltung** wie Sichtbeton-, Sichtmauerwerk- und Stuckfassaden,
- **Fachwerkbauten mit außen sichtbarem Fachwerk**,
- **Bauphysikalische Schwachstellen in der Außenwand** wie auskragende Deckenplatten (Balkon bzw. Vordach),
- Begeh- und befahrbare Flachdachkonstruktionen,
- Erdgeschossfußböden, die mangels Unterkellerung nicht von unten saniert werden können und
- **versetzte Reihenhäuser**, bei denen eine Außendämmung in ausreichender Stärke die Grundstücksgrenze überschreiten würde.

Vorgehensweise

Trotz der unterschiedlichen Behandlungstiefe der einzelnen Themenbereiche wurde versucht eine möglichst einheitliche Vorgehensweise anzuwenden: der Schilderung der Problematik folgt die Darstellung möglicher Lösungsansätze, die entsprechend ihrer energetischen Auswirkung – sei es in Form erreichbarer U-Werte oder ihrer Auswirkung auf die Gesamtenergieeffizienz eines Gebäudes – bewertet werden.

1 Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Berlin, Telefonat am 22.11.2006



3.1 Gebäude mit besonderer Außengestaltung – Sichtbeton-, Sichtmauerwerk- und Stuckfassaden



Abbildung 3.1.1 links: charakteristische Fassadengestaltung von Gebäuden der Jahrhundertwendebauten des 19. Jh. (München), rechts: Detail

Bestand

Das Erscheinungsbild historischer Städte wird wesentlich von der Ausbildung der Fassaden geprägt. Abhängig von regional zur Verfügung stehenden Baumaterialien spiegeln Stuck-, Klinker- oder Natursteinfassaden die gestalterischen Einflüsse bestimmter Epochen wieder (siehe Abbildung 3.1.1). Aber auch bei modernen Gestaltungen kann das Erscheinungsbild maßgeblich durch die Ausbildung der Außenhülle geprägt sein. Die energetischen Kennwerte solcher massiver Außenwandkonstruktionen mit besonderer Fassadengestaltung können Tabelle 3.1.2 entnommen werden.

Problematik

Sollen Gebäude mit besonders gestalteten Außenwänden nachträglich energetisch ertüchtigt werden, muss in vielen Fällen aus denkmalpflegerischen (historische Bausubstanz / Erscheinungsbild), künstlerischen/urheberrechtlichen oder eigentumsrechtlichen (einzelne Eigentumswohnung innerhalb eines Mehrfamilienhauses) Gründen von einer äußeren Veränderung des Fassadenerscheinungsbildes abgesehen werden. Damit entfällt die Möglichkeit eine Außendämmung anzubringen. Die neue Dämmebene muss ganz oder zumindest teilweise von der Innenseite angebracht werden, was zahlreiche Probleme mit sich bringt:

- **Verlust von Raumvolumen:** durch ein Innendämmsystem wird das nutzbare Raumvolumen reduziert.
- **Tauwasserproblematik:** durch die Innendämmung wird der Taupunkt ins Bauteilinnere verschoben. Bei unsorgfältiger Planung und Ausführung kann es zu Tauwasserausfall im Bauteil kommen.
- **Wärmebrücken:** an einbindenden Bauteilen, wie Innenwänden und Decken muss die Dämmebene unterbrochen werden. Durch die niedrigeren Oberflächentemperaturen der einbindenden Bauteile kann es dort zu Tauwasserausfall und Schimmelpilzbildung kommen.

Damit stellt ein Innendämmsystem zwar eine energetische Verbesserung gegenüber des ungedämmten Ausgangszustandes dar, ist aber, im Vergleich zu einem Außendämmsystem, dennoch nur eine Notlösung.

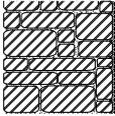
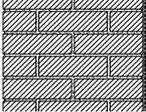
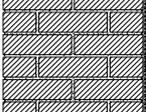
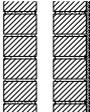
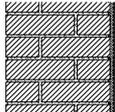
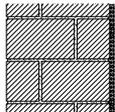
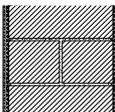
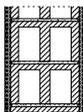
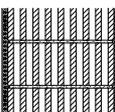
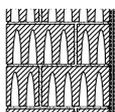
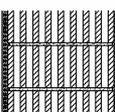
Mögliche Lösungsansätze

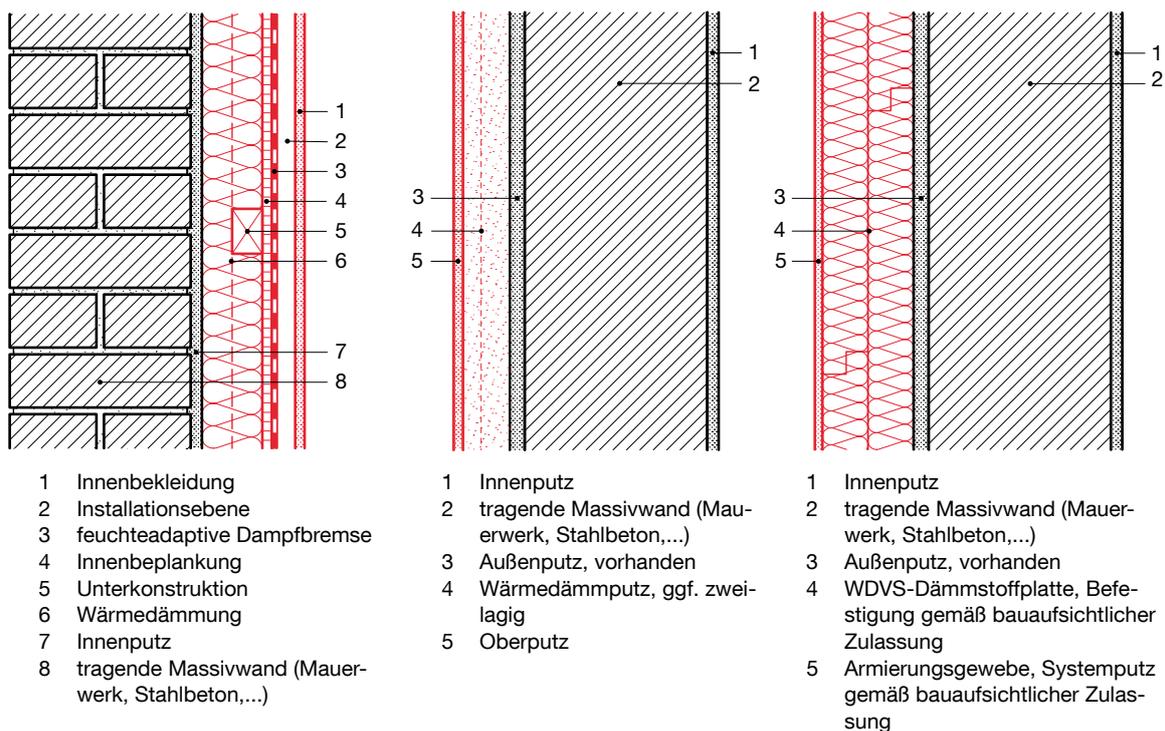
Zur energetischen Ertüchtigung von Massivwänden gibt es verschiedene baukonstruktive Möglichkeiten. Einen Überblick möglicher Sanierungsansätze zeigt Tabelle 3.1.1 bzw. Abbildung 3.1.2. Zur Auswahl eines geeigneten Sanierungssystems muss dieses auf die jeweilige Bestandssituation abgestimmt werden. Allgemeingültige Pauschalempfehlungen können nicht abgegeben werden.

Tabelle 3.1.1 Lösungsansätze zur energetischen Sanierung von Gebäuden mit erhaltenswerten Fassaden

Maßnahme	Ausführungsvariante
Außendämmung	– Wärmedämmputz – WDVS, ggf. mit profilierten Schmuckelementen
Innendämmung	– Vorsatzschale – Dämmplatte
Kombination von Außen- und Innendämmung	
Ausgleichsmaßnahmen	(siehe Kapitel 4: Empfehlungen an den Verordnungsgeber)

Tabelle 3.1.2 Typische Außenwandkonstruktionen im Bestand mit Angabe pauschaler U-Werte [dena 2004], [Ahnert 1996], [Frick/Knöll 1936], [Frick/Knöll 1935]

Konstruktion, Bauzeit	Wandstärke	U-Wert [W/m ² K]
 Natursteinmauerwerk vor 1918, historische Konstruktion	d = 45 cm d = 60 cm d = 70 cm	ca. 3,1 ca. 2,8 ca. 2,6
 Vollziegelmauerwerk (Reichsformat) vor 1948, Jahrhundertwende	d = 25 cm d = 38 cm d = 51 cm	ca. 1,9 ca. 1,4 ca. 1,2
 Kalksandstein-Vollsteine (Reichsformat) vor 1948, Jahrhundertwende	d = 25 cm d = 38 cm d = 51 cm	ca. 2,2 ca. 1,7 ca. 1,4
 Zweischaliges Ziegelmauerwerk (Reichsformat) vor 1948, Jahrhundertwende	2 x 12 cm 6 cm Luftschicht	ca. 1,8
 Vollziegelmauerwerk (DIN-Format) 1949-1957, 50-er und 60-er Jahre	d = 24 cm d = 30 cm d = 36,5 cm	ca. 2,0 ca. 1,7 ca. 1,5
 Kalksandstein-Vollsteine (DIN-Format) 1949-1957, 50-er und 60-er Jahre	d = 24 cm d = 30 cm d = 36,5 cm	ca. 2,2 ca. 1,9 ca. 1,7
 Bims- bzw. Leichtbeton-Vollsteine 1949-1957, 50-er Jahre	d = 24 cm d = 30 cm d = 36,5 cm	ca. 1,9 ca. 1,6 ca. 1,4
 Bims- bzw. Leichtbeton-Hohlblocksteine 1949-1957, 50-er Jahre	d = 24 cm d = 30 cm	ca. 2,1 ca. 1,8
 Hochlochziegel (Rohdichte 1400 kg/m ³) 1949-1968, 50-er und 60-er Jahre	d = 24 cm d = 30 cm d = 36,5 cm	ca. 1,6 ca. 1,4 ca. 1,2
 Kalksandstein-Lochsteine	d = 24 cm d = 30 cm d = 36,5 cm	ca. 1,8 ca. 1,6 ca. 1,4
 Hochlochziegel (Rohdichte 1200 kg/m ³) 1969-1978, 70-er Jahre	d = 24 cm d = 30 cm d = 36,5 cm	ca. 1,5 ca. 1,2 ca. 1,1



- 1 Innenbekleidung
- 2 Installationsebene
- 3 feuchteadaptive Dampfbremse
- 4 Innenbeplankung
- 5 Unterkonstruktion
- 6 Wärmedämmung
- 7 Innenputz
- 8 tragende Massivwand (Mauerwerk, Stahlbeton,...)

- 1 Innenputz
- 2 tragende Massivwand (Mauerwerk, Stahlbeton,...)
- 3 Außenputz, vorhanden
- 4 Wärmedämmputz, ggf. zweilagig
- 5 Oberputz

- 1 Innenputz
- 2 tragende Massivwand (Mauerwerk, Stahlbeton,...)
- 3 Außenputz, vorhanden
- 4 WDVS-Dämmstoffplatte, Befestigung gemäß bauaufsichtlicher Zulassung
- 5 Armierungsgewebe, Systemputz gemäß bauaufsichtlicher Zulassung

Abbildung 3.1.2 Innendämmung durch Vorsatzschale (links), Außendämmung durch Wärmedämmputz (mittig) und Außendämmung durch Wärmedämmverbundsystem (rechts);

a) Innendämmsysteme

Durch eine Innendämmung sinkt das Temperaturniveau innerhalb des Bauteils im Winter. Vor allem an Bauteilanschlüssen, wie z.B. einbindenen Innenwänden oder Auflagerpunkten von Holzbalkendecken kann es aufgrund der, im Vergleich zur ungestörten Wandfläche, niedrigeren Oberflächentemperaturen zu Tauwasseranfall kommen. Eine äußerst sorgfältige Planung und Ausführung besonders dieser Problempunkte ist daher unerlässlich.

Planungshinweise befinden sich im Anhang dieses Kapitels bzw. im Wärmebrückenkatalog für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen zur Vermeidung von Schimmelpilzen, erschienen im Fraunhofer IRB Verlag [Hauser/Stiegel 2006].

Ausführungsvarianten

Grundsätzlich gibt es drei Ausführungsvarianten für Innendämmsysteme: Systeme mit Dampfbremse, dampfdichte Dämmplatten und dampfdurchlässige Dämmstoffe:

- bei Systemen mit Dampfbremse wird raumseitig der Dämmung eine diffusionshemmende bzw. -dichte Folie angebracht ($s_d \geq 0,5 \text{ m}$ bzw. 15 m), die das Eindringen von Wasserdampf in die Konstruktion vermindert bzw. verhindert (siehe Abbildung 3.1.3, links);
- bei dampfdichten Dämmplatten bildet das Dämmmaterial selbst die diffusionsdichte Ebene (siehe Abbildung 3.1.3, Mitte);
- sorptionsaktive Materialien wie z.B. Kalziumsilikatplatten können Wasserdampf aus der Raumluft aufnehmen, speichern und bei sinkender Raumluftfeuchtigkeit wieder abgeben (siehe Abbildung 3.1.3, rechts).

Tabelle 3.1.3 Dämmstärke und Dämmwirkung verschiedener Innendämmsysteme [Haselsteiner 2006]

	Systeme mit Dampfbremse	dampfdichte Dämmplatten	kapillaraktive Dämmplatten
Dämmwirkung	hoch	hoch	mittel
empfohlene Dämmstoffdicken	5–10 cm	5–10 cm	max. Plattendicke 5 cm zweilag. Verlegung mögl.
Beschaffenheit der Wandoberfläche	Unebenheiten sind möglich	ebene Oberfläche erforderlich	
Aufwand zur Herstellung der Dampfdichte	mittel	gering	nicht erforderlich



Abbildung 3.1.3 Innendämmsystem mit Dampfbremse (links), diffusionsdichter Ebene (mitte), kapillaraktiven Materialien (rechts), Bildquelle: [Haselsteiner 2006]

b) Außendämmsysteme

In Ausnahmefällen kann auch eine energetische Sanierung von außen sinnvoll sein. Bei Außenwänden mit Innen- und Außenstuck beispielsweise bietet es sich an, den bestehenden Außenputz durch einen Wärmedämmputz zu ersetzen. Aufgrund der technischen Materialeigenschaften (Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,07 \text{ W/mK}$) und der auf ca. 10 cm begrenzten maximalen Schichtdicke ist das energetische Verbesserungspotential dieser Maßnahme allerdings begrenzt.

Als alternative Lösungsmöglichkeit bietet die Industrie Wärmedämmverbundsysteme in Kombination mit Profilen aus leichtem mineralischem Granulat an, mit Hilfe derer das ursprüngliche Erscheinungsbild einer Fassade zumindest nachgeahmt werden kann. Aus denkmalpflegerischer Sicht ist diese Maßnahme allerdings ungeeignet, da die Imitation einer als erhaltenswert eingestuften Fassade nicht mit deren Erhalt gleichgesetzt werden kann. Was erhalten bleibt, ist das Erscheinungsbild, etwa eines Straßenzuges, nicht jedoch Materialität, Proportion, Patina etc.. Zudem müssen vorhandene Gestaltungselemente in der Regel abgeschlagen werden, um einen glatten Untergrund zur Befestigung der Dämmstoffplatten zu schaffen.

c) Kombination von Innen- und Außendämmsystemen

Da bei vielen Bauten der Jahrhundertwende zwischen einer reich geschmückten Straßenfassade und einer schmucklosen Hofansicht unterschieden werden kann, bietet sich hier die Möglichkeit, auf die Beschaffenheit der bestehenden Fassade abgestimmt, Außen- und Innendämmsysteme zu kombinieren, wie dies beim Pilotprojekt Lehrstrasse 2 in Wiesbaden umgesetzt wurde (Projektbeispiel Seite 19).

Bauteilverfahren nach Anlage 3 EnEV 2007: erreichbare U-Werte

Die nachfolgende Untersuchung bezieht sich auf massive Außenwandkonstruktionen mit U-Werten von 3,1 bis 1,1 $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$, wie sie typischerweise im Gebäudebestand vorkommen. Die diesen Werten zugrundeliegenden Konstruktionsarten sind in Tabelle 3.1.2 dargestellt.

Die in der Energieeinsparverordnung 2007 definierten Zielgrößen (in Abbildung 3.1.4 rot dargestellt) betragen für Außenwände, bei denen Bekleidungen von außen angebracht werden, einen Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) von $U_{\text{AW}} \leq 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Wird von innen gedämmt, ist ein U-Wert von $U_{\text{AW}} \leq 0,45 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ einzuhalten. Die herangezogenen Sanierungsansätze sind im Tabellenteil detailliert dargestellt. Den Außendämmsystemen ist jeweils die baukonstruktiv übliche Maximaldämmstärke zugrundegelegt, bei den Innendämmmaßnahmen wird die Gesamtkonstruktionsstärke auf ca. 8 cm begrenzt, um Raumverluste zu minimieren.

Wie Abbildung 3.1.4 zeigt, lassen sich die Anforderungen der aktuellen Energieeinsparverordnung [EnEV 2007] durch Anbringen eines **Außendämmsystems** gut erfüllen. Schwieriger wird es, wenn nur **Innendämmsysteme** möglich sind. Dann können die EnEV-Anforderungen nur unter günstigen Bedingungen erreicht werden, wenn etwa der U-Wert der Wand im Ausgangszustand schon relativ niedrig ist ($U_{\text{AW, Bestand}} \leq 1,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$). Alternativ können größere Dämmstoffdicken realisiert werden, die dann allerdings zu größeren Raumverlusten und ggf. einer Verstärkung der Feuchteproblematik führen. Eine sinnvolle Alternative stellt der Einsatz von Vakuumdämmpaneelen (VIP) dar. Hier genügt ein Paneel von 15 mm Stärke und einer Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,005 \text{ W}/(\text{mK})$ um die Anforderungen der [EnEV 2007] zu erfüllen. Bessere Ziel-U-Werte sind somit leicht möglich. Zu bedenken sind in diesem Fall aber die Einschränkungen, was das Aufhängen von beispielsweise Küchenoberflächen oder Bildern betrifft. Mit einem **Wärmedämmputz** von außen wird zwar eine Verbesserung des U-Wertes erreicht, die Anforderung der [EnEV 2007] können durch eine derartige Maßnahme aber nicht erfüllt werden.

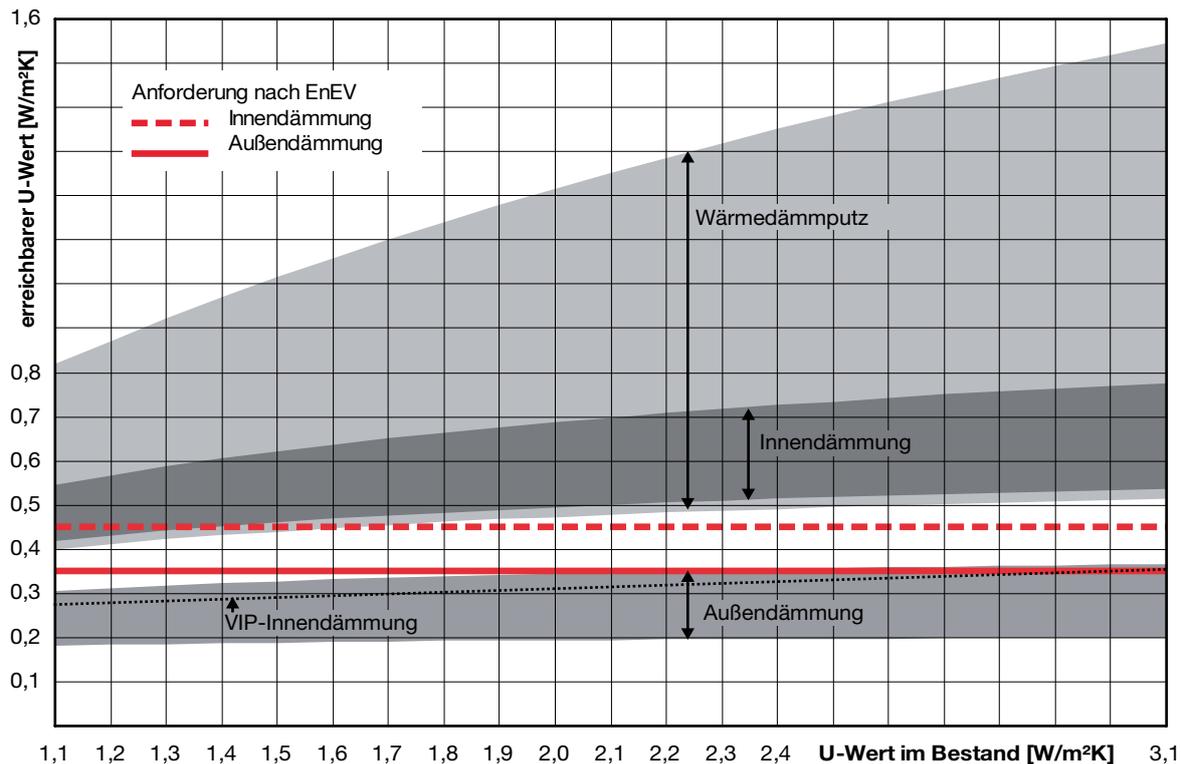


Abbildung 3.1.4 Durch verschiedene Dämmsysteme erreichbare U-Werte in Abhängigkeit vom Ausgangs-U-Wert der Außenwand. Die Anforderungswerte der Energieeinsparverordnung 2007 sind rot dargestellt, die grauen Felder stellen die durch die Dämmstärke bedingte Bandbreite der erreichbaren Zielwerte wieder. Die zugrundegelegten Konstruktionen sind im Tabellenteil am Ende dieses Kapitels aufgeführt.

Gesamtbilanzverfahren nach Anlage 1 EnEV 2007: Erreichbare Gesamtenergieeffizienz

Projektbeispiel: Energetische Modernisierung eines Gründerzeithauses in Wiesbaden [IWU 2003]

Anhand der Modellsanierung eines Gründerzeithauses in Wiesbaden, die vom Institut für Wohnen und Umwelt, Darmstadt (IWU) wissenschaftlich begleitet wurde, soll aufgezeigt werden, mit welchen Mitteln die Anforderung der Energieeinsparverordnung [EnEV 2007] an die Gesamtenergieeffizienz von Bestandsgebäuden (140% der Anforderung an einen vergleichbaren Neubau) erfüllt werden können.

Bei dem Gebäude (siehe Abbildungen 3.1.5) handelt es sich um ein typisches Mehrfamilienhaus der Gründerzeit, dessen Straßenseite profiliert gestaltet ist. Die Hoffassade dagegen ist vollkommen schmucklos. Die wesentlichen energetischen Kenndaten für den Bestand sowie für die Sanierung sind im Tabellenteil aufgeführt.

Maßnahmen

Neben Ersatz der vorhandenen Fenster durch Holzfenster mit 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung, Dämmung des Steildaches und der Fenstergaube bzw. der obersten Geschoßdecke, Dämmung des Erdgeschossfußbodens von oben (siehe Tabellenteil) und einer Modernisierung der Heizungsanlage wurden vor allem die Dämmmöglichkeiten der zum Teil erhaltenswerten Außenwände untersucht:

– Straßenseite: Innendämmung

„Die für ein Gründerzeitgebäude typische Straßenseite war bei der Modernisierung aus Gründen des Denkmalschutzes zu erhalten. Es wurde [...] lediglich der Putz erneuert. Eine Möglichkeit für Außendämmmaßnahmen bestand nicht, auch die Verwendung eines Dämmputzes wurde im vorliegenden Fall aus Denkmalschutzgründen abgelehnt. Als Energiesparmaßnahme kam daher die Innendämmung zur Anwendung. [...] Um die Wärmebrückenwirkung und das damit verbundene Risiko von Tauwasserniederschlag zu verringern, wurden die einbindenden Innenwände in der Nähe des Anschlussbereichs an die Außenwand ebenfalls in die Dämmung einbezogen.“ [IWU 2003, Seite 5]

– Hoffassade: Außendämmung

„Im Gegensatz zur Straßenseite war im Hof das Anbringen eines Wärmedämmverbundsystems möglich. Durch Verwendung von Material der Wärmeleitfähigkeitsgruppe WLG 035 und einer Dämmstoffstärke von 12 cm wurde hier ein guter energetischer Standard eingehalten.“ [IWU 2003, Seite 7]



Abbildung 3.1.5 Projektbeispiel Lehrstrasse 2 in Wiesbaden, Strassenfassade (links), Hoffassade (rechts) [IWU 2003]

Untersuchte Wärmeschutzvarianten

Der Modernisierung vorangehend wurden verschiedene Sanierungsvarianten hinsichtlich ihres Energieeinsparpotentials untersucht:

- Kombination von Innen- und Außendämmung
- nur Innendämmung
- nur Außendämmung

Tabelle 3.1.4 zeigt den Heizwärme-, Endenergie- und Primärenergiebedarf der untersuchten Varianten sowie die Einsparung gegenüber dem Zustand vor Modernisierung unter Zugrundelegung der Nutzungsrandbedingungen der Energieeinsparverordnung [EnEV 2007]. Hierfür werden die vom Institut für Wohnen und Umwelt, Darmstadt (IWU) zugrundegelegten Daten über Gebäudegeometrie, Bauteilaufbauten, Sanierungsmaßnahmen, etc. in ein Berechnungsprogramm (EPASS-HELENA® 4.6.0.4) eingegeben und unter den Originalrandbedingungen an die Berechnungsergebnisse des IWU angepasst. Die Abweichung für den Heizwärmebedarf vor der Modernisierung (Variante 1) beträgt mit 218,8 kWh/(m²a) statt 219,4 kWh/(m²a) ca. 0,27%. Für den Endenergiebedarf beträgt die Abweichung mit 263,2 kWh/(m²a) statt 264,9 kWh/(m²a) ca. 0,64%. Diese Abweichungen sind in den unterschiedlichen Berechnungsmodi der verwendeten Softwareprodukte sowie in unzureichenden Angaben, etwa zur Dauer der Nachtabsenkung, begründet.

Ergebnisse

Eine Gegenüberstellung des jeweils erreichbaren Primärenergiebedarfs, mit den Anforderungen der Energieeinsparverordnung 2007 [EnEV 2007] an die Gesamtenergieeffizienz eines vergleichbaren Neubaus, zeigt, dass diese Anforderungen um 35% bis 44% überschritten werden (siehe Tabelle 3.1.4, letzte Zeile). Damit wird die Anforderung an die Gesamtenergieeffizienz von Bestandsgebäuden, nämlich den zulässigen Höchstwert für einen vergleichbaren Neubau um nicht mehr als 40 % zu überschreiten, sowohl durch eine Komplettlösung mit Außendämmung als auch durch Kombination von Innen- und Außendämmung eingehalten. Nur die untersuchte Komplettlösung mit Innendämmung verfehlt die Anforderung knapp.

Will man die Dicke der Innendämmung nicht erhöhen, um weiteren Raumverlust zu vermeiden, lässt sich die 140%-Anforderung durch einen erhöhten Wärmeschutz der anderen Bauteile (Dach, Kehlbalkendecke, Kellerdecke) jedoch durchaus, wenn auch nur knapp, erfüllen.

Tabelle 3.1.4 Überblick über den Energiebedarf und die Energieeinsparung, Nutzungsrandbedingungen nach [EnEV 2007]*

Variante	1 vor der Modernisie- rung	2 Kombination Innen-/Au- ßendämmung	3 nur Innen- dämmung	4 nur Außen- dämmung
Heizwärmebedarf [kWh/(m²a)] Reduktion im Vergleich zu Var. 1	197,9	75,1 -62%	82,2 -58%	64,9 -67%
Endenergiebedarf (Erdgas) [kWh/(m²a)] Reduktion im Vergleich zu Var. 1	241,9	111,6 -54%	119,0 -51%	100,8 -58%
Primärenergiebedarf [kWh/(m²a)] Reduktion im Vergleich zu Var. 1	270,7	127,8 -53%	136,1 -50%	115,6 -57%
Über-/Unterschreitung der EnEV-Anforderungen** Hüllfläche $A = 1069,6 \text{ m}^2$ beheiztes Volumen $V_e = 2017,5 \text{ m}^3$ Nutzfläche $A_N = 645,6 \text{ m}^2$ → $A/V_e = 0,53 \text{ m}^{-1}$ → $Q_{p \text{ max}} = 94,34 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$		135%	144%	123%

* EnEV-Referenzklima Deutschland

Innenraumtemperatur 19° C

Luftwechselrate $0,7 \text{ h}^{-1}$

interne Lasten 5 W/m^2

** alle Berechnungen mit EPASS-HELENA® 4.6.0.4

Tabellenteil

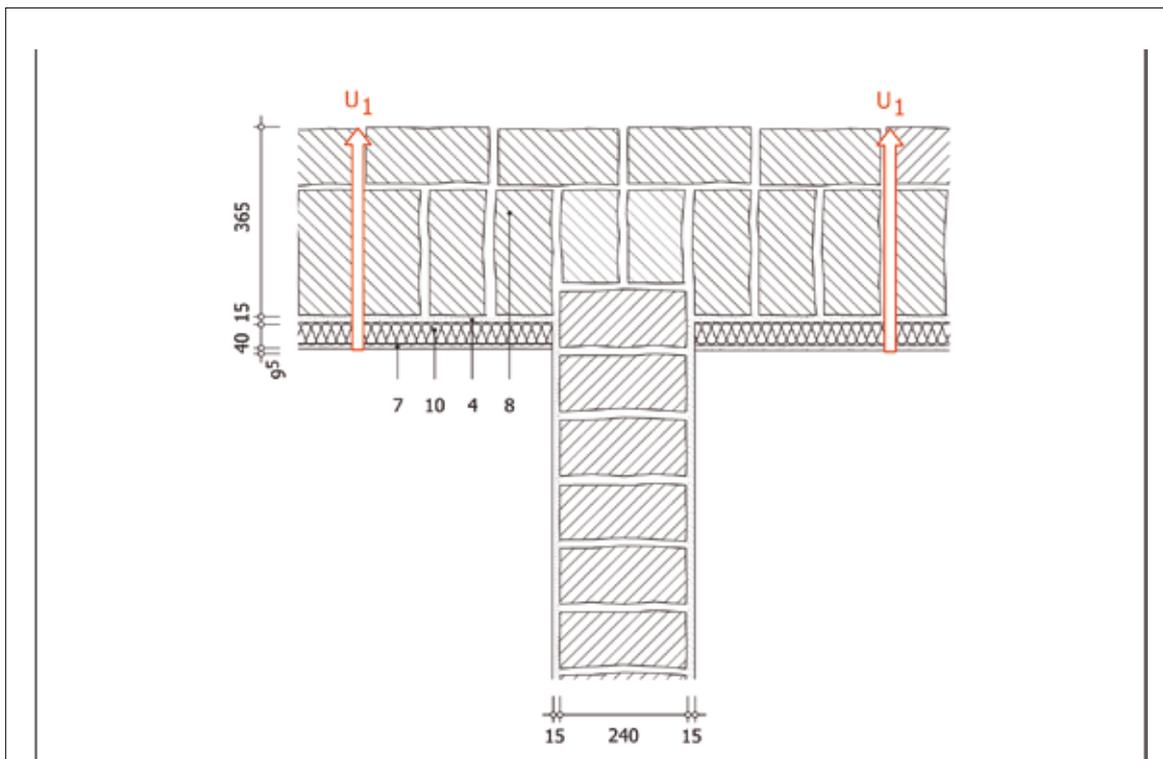
Tabelle 3.1.5 Bauteilverfahren nach Anlage 3 EnEV 2007: Untersuchte Sanierungsansätze

Maßnahme		d	λ	ΔR
No.	Vorgehensweise	[m]	[W/(mK)]	[(m ² K)/W]
von außen:				
1	Wärmedämmputz: Abschlagen des vorhandenen Außenputzes Vorbereiten des Untergrundes Wärmedämmputz, bestehend aus Unterputz (mind. 20 - max. 100 mm) und Oberputz (ca. 10 mm) Anstrich	0,02 - 0,1	0,06	0,33 - 1,67
2	Außendämmung mit vorgehängter hinterlüfteter Fassade: Wärmedämmung Lattung, Hinterlüftung Konterlattung Bekleidung alternativ: Wärmedämmverbundsystem (WDVS): Vorbereiten des Untergrundes Wärmedämmung Außenputz mit Armierungsschicht Anstrich	0,1 - 0,2	0,04	2,5 - 5,0
von innen:				
3	Innendämmung Vorsatzschale (d Konstruktion \approx 8 cm) Dämmplatte, d = 40 mm Dampfbremse Installationsebene, Holzlattung, d = 24 mm Innenbekleidung Gipskarton, d = 12,5 mm alternativ: Vakuumisulationspaneel, d = 15 mm	0,04 0,015	0,04 0,005	1,0 3
4	Innendämmung Verbundelement (d Konstruktion \approx 8 cm) Dämmplatte Putzträger Innenputz	0,055 0,005 0,02	0,035 0,15 0,7	1,63

Tabelle 3.1.6 Gesamtbilanzverfahren nach Anlage 1 EnEV 2007: Projektbeispiel Lehrstrasse - Bauteilaufbauten und U-Werte im Bestand, Sanierungsmaßnahmen, U-Werte nach der Sanierung

Bauteil / Aufbau Sanierungsmaßnahmen	Dicke d [m]	Wärme- leitfähig- keit λ [W/(mK)]	U-Wert im Bestand [W/(m ² K)]	U-Wert im sanieren Zustand [W/(m ² K)]
Außenwand (von innen nach außen):				
Gipsmörtel	0,02	0,7	$U_{AW} = 1,6$	
Vollziegel	0,38	0,96		
Kalkzementmörtel	0,02	0,87		
Straßenfassade (Innendämmung)				
Gipsmörtel	0,02	0,7		$U_{AW} = 0,44$
Holzwoleleichtbauplatte	0,005	0,15		
Polystyrolhartschaumplatte	0,055	0,035		
Hoffassade (Außendämmung)				
Wärmedämmung	0,12	0,035		$U_{AW} = 0,24$
Kalkzementmörtel	0,02	0,87		
Fenster				
Einfachverglasung Holzrahmen			$U_w = 5,0$ $U_g = 5,8$	
Zweischeiben-Wärmeschutzverglasung Holzrahmen				$U_w = 1,7$ $U_g = 1,9$
Steildach (von außen nach innen):				
Sparren, Flächenanteil 20%*	0,12	0,13	$U_D = 2,5^*$	
dazwischen Lehmschlag Flächenanteil 80%*	0,12	0,93		
Lehmputz auf Schilfrohrgeflecht	0,02	0,8		
Polystyrolhartschaum, 2 Lagen	2 x 0,055	0,035		$U_D = 0,27$
Holzwoleleichtbauplatte, 2 Lagen	2 x 0,005	0,15		
Gipsmörtel	0,02	0,7		
Gaubenwände (von außen nach innen):				
Holzfachwerk, Flächenanteil 25%	0,12	0,13	$U_D = 2,1$	
dazwischen Lehmschlag Flächenanteil 75%	0,12	0,93		
Lehmputz auf Schilfrohrgeflecht	0,02	0,8		
Polystyrolhartschaum	0,055	0,035		$U_D = 0,47$
Holzwoleleichtbauplatte	0,005	0,15		
Gipsmörtel	0,02	0,7		
Kehlbalkendecke (von oben nach unten):				
Holzdielen	0,025	0,13	$U_D = 1,0$	
Balken, Flächenanteil 20%	0,16	0,13		
dazwischen Blindboden, Flächenanteil 20%				
Lehmschlag	0,10	0,93		
Blindboden	0,015	0,013		
Luftschicht	0,045	0,281		
Lehmputz auf Schilfrohrgeflecht	0,02	0,8		$U_D = 0,15$
Mineralfaserplatten, 2 Lagen	2 x 0,10	0,035		
Kellerdecke (von oben nach unten):				
Holzdielen	0,025	0,13	$U_G = 0,95$	
Luftschicht	0,024	0,126		
Sandschüttung	0,10	1,4		
gemauertes Kappengewölbe	0,25	0,96		
Fliesen	0,06	1,0		$U_G = 0,44$
Zementestrich	0,045	1,4		
Polystyrolhartschaumplatte	0,04	0,035		
Ausgleichschüttung Porenbetongranulat	0,02	0,05		

* Korrektur der offenbar falsch angegebenen Flächenanteile; Neuberechnung des U-Wertes im Bestand mit EPASS-HELENA® 4.6.0.4

**Baustoffe:**

Nr.	Material	Rohdichte ρ [kg/m ³]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/(m·K)]
4	Gipsputz	1400	0,87
7	Gipskartonplatte	900	0,25
8	Mauerwerk	1400	0,60
10	Wärmedämmstoff	10	0,04

U-Werte:

$$U_1 = 0,43 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Beschreibung:

Bei dieser Konstruktion handelt es sich um eine Sanierungsvariante, bei der in beiden angrenzenden Wohnungen eine Innendämmung angebracht wird. Dieses Beispiel kann entstehen, wenn ein ganzes Gebäude thermisch saniert wird und in allen Räumen eine Innendämmung gleicher Stärke eingebaut wird.

Abbildung 3.1.6 Innenwandinbindung, Mauerwerk mit Innendämmung: Parameter, aus Wärmebrückenkatalog für den Gebäudebestand [Hauser/Stiegel 2006]

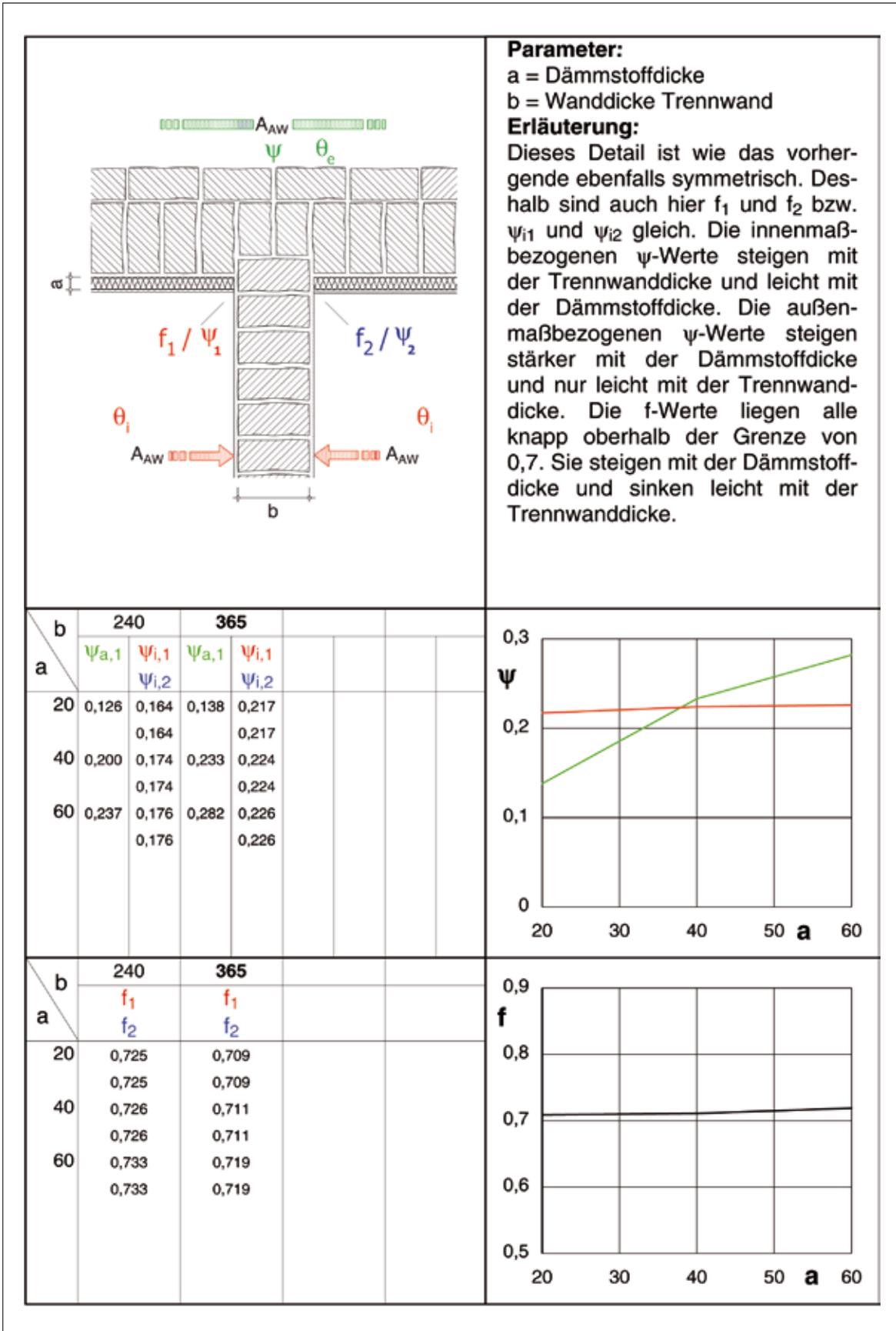
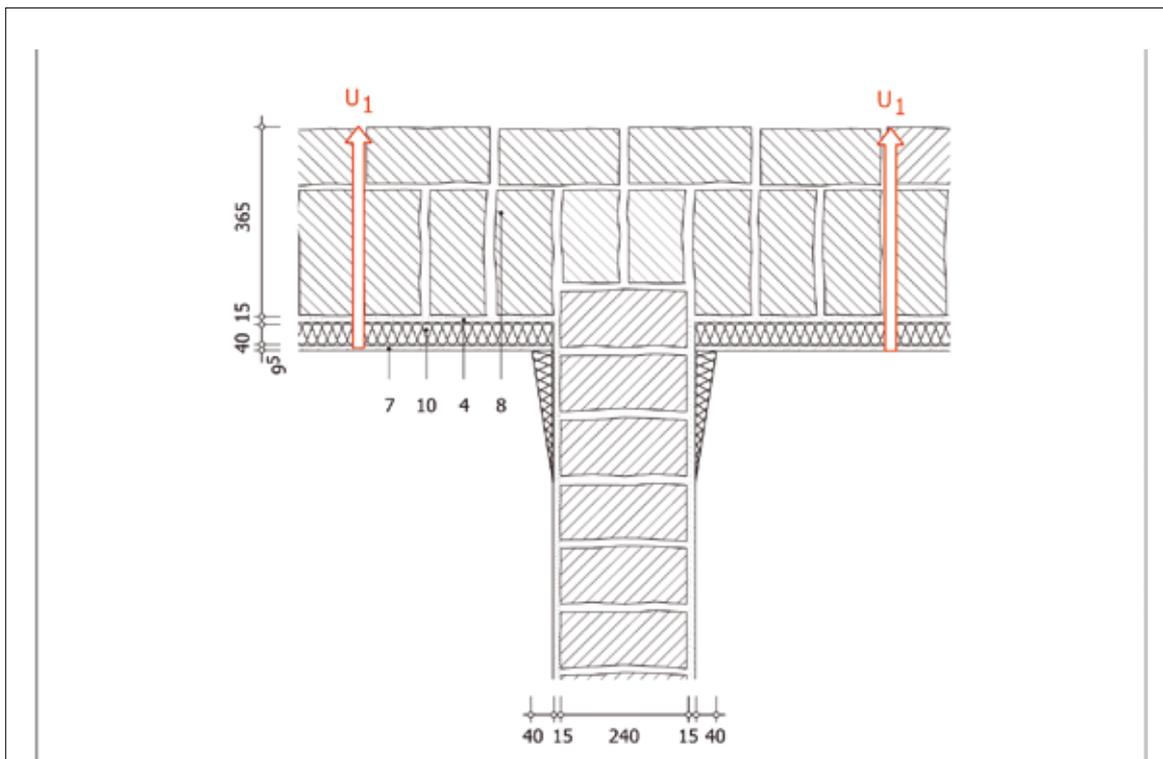


Abbildung 3.1.7 Innenwandeinbindung, Mauerwerk mit Innendämmung: Wärmebrückenverlustkoeffizienten, Temperaturfaktoren, aus Wärmebrücken katalog für den Gebäudebestand [Hauser/Stiegel 2006]

**Baustoffe:**

Nr.	Material	Rohdichte ρ [kg/m ³]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/(m·K)]
4	Gipsputz	1400	0,87
7	Gipskartonplatte	900	0,25
8	Mauerwerk	1400	0,60
10	Wärmedämmstoff	10	0,04

U-Werte:

$$U_1 = 0,43 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

Beschreibung:

Bei diesem Detail wird aufgezeigt, wie sich die thermischen Eigenschaften der Variante 2.2 durch zwei Keile, welche im Anschlussbereich beidseitig auf der Wohnungstrennwand angebracht werden, verbessern lassen.

Abbildung 3.1.8 Innenwandinbindung, Mauerwerk mit Innendämmung, Dämmkeil im Anschlussbereich: Parameter, aus Wärmebrücken katalog für den Gebäudebestand [Hauser/Stiegel 2006]

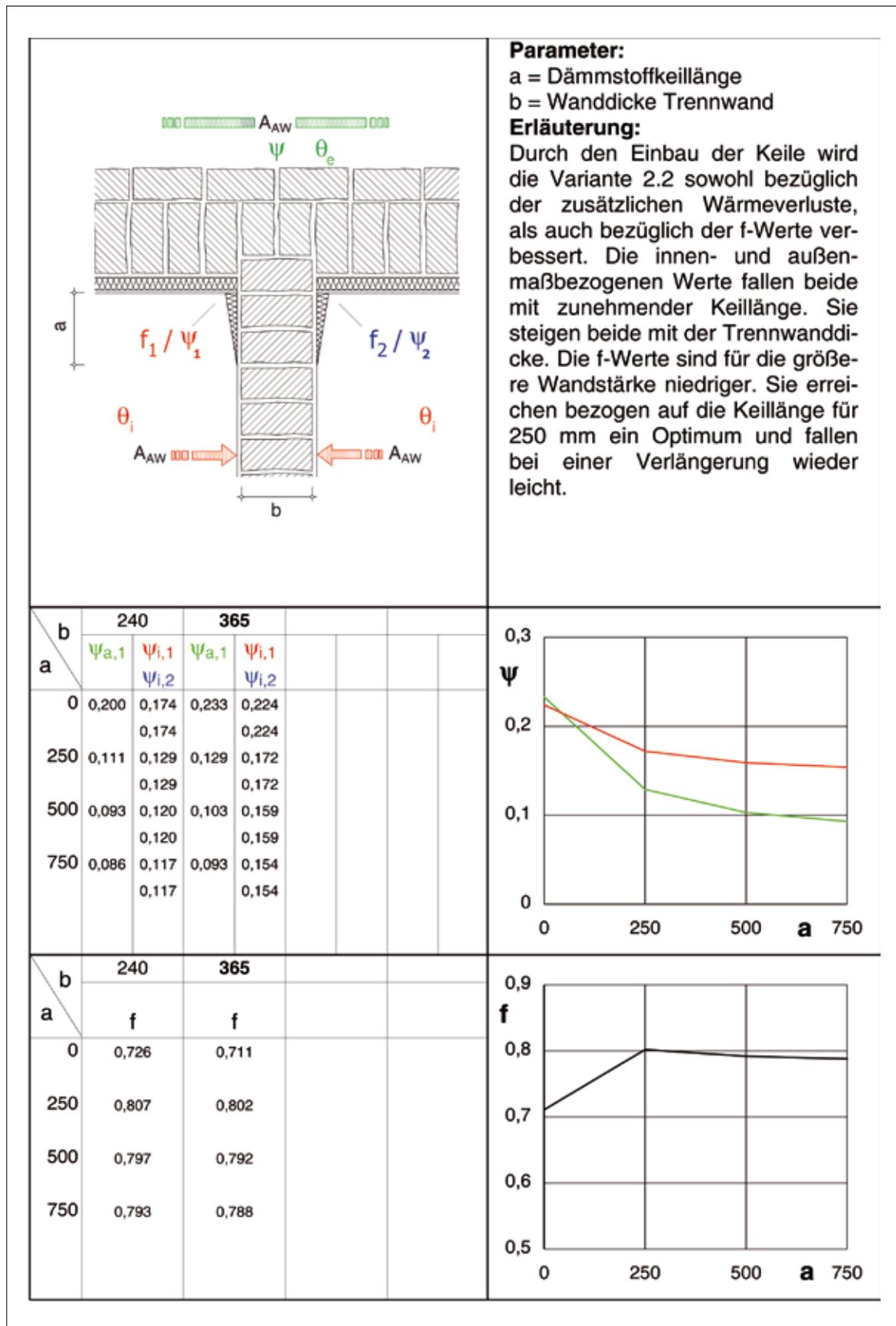
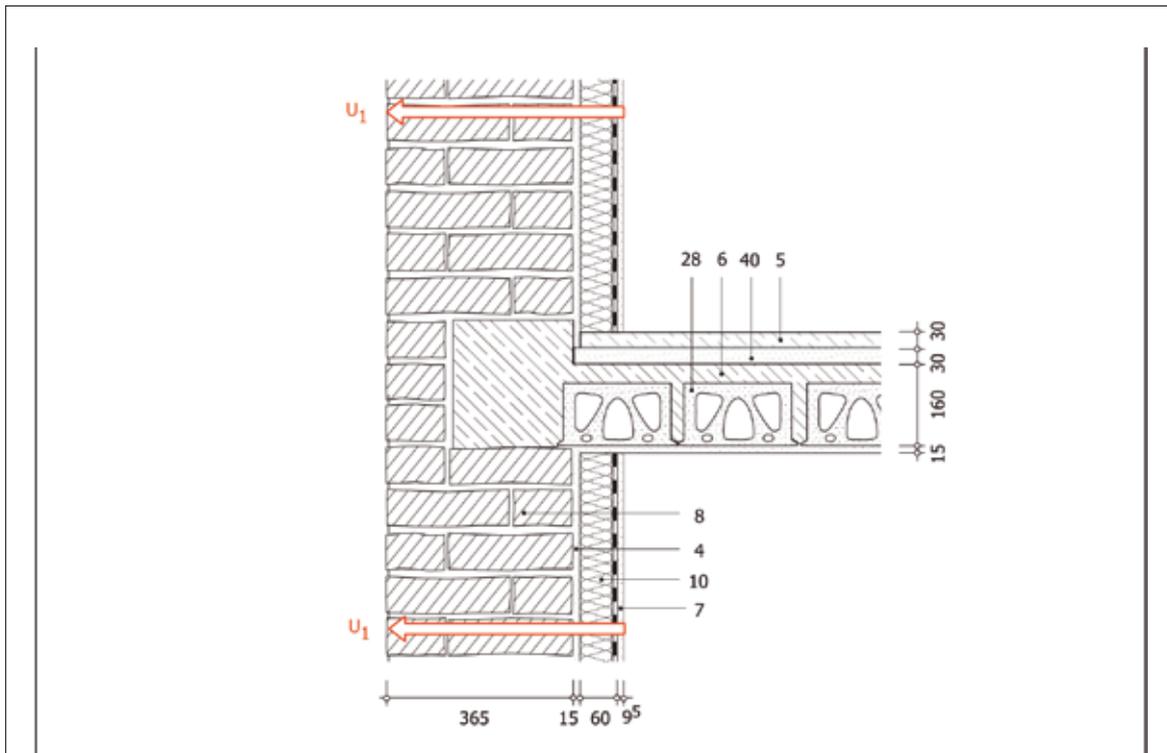


Abbildung 3.1.9 Innenwandeinbindung, Mauerwerk mit Innendämmung, Dämmkeil im Anschlussbereich: Wärmebrückenverlustkoeffizienten, Temperaturfaktoren, aus Wärmebrückenkatalog für den Gebäudebestand [Hauser/Stiegel 2006]

**Baustoffe:**

Nr.	Material	Rohdichte ρ [kg/m ³]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/(m·K)]
4	Gipsputz	1400	0,87
5	Estrich	2000	1,40
6	Beton	2400	2,10
7	Gipskartonplatte	900	0,25
8	Mauerwerk	1400	0,60
28	Deckenfüllkörper	1200	0,58
40	Schüttung	-	0,35

U-Werte:

$$U_1 = 0,43 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

Beschreibung:

Bei dieser Sanierungsvariante wird gegenüber dem Ausgangszustand 5.1 die Außenwand mit einer Innendämmung versehen. Eine solche Innendämmung ist -wie bereits bei den Außenecken untersucht- notwendig, wenn die Außenfassade aus Gründen des Denkmalschutzes nicht verändert werden darf.

Abbildung 3.1.10 Geschoßdeckenaufleger, Mauerwerk mit Innendämmung: Parameter, aus Wärmebrückenkatalog für den Gebäudebestand [Hauser/Stiegel 2006]

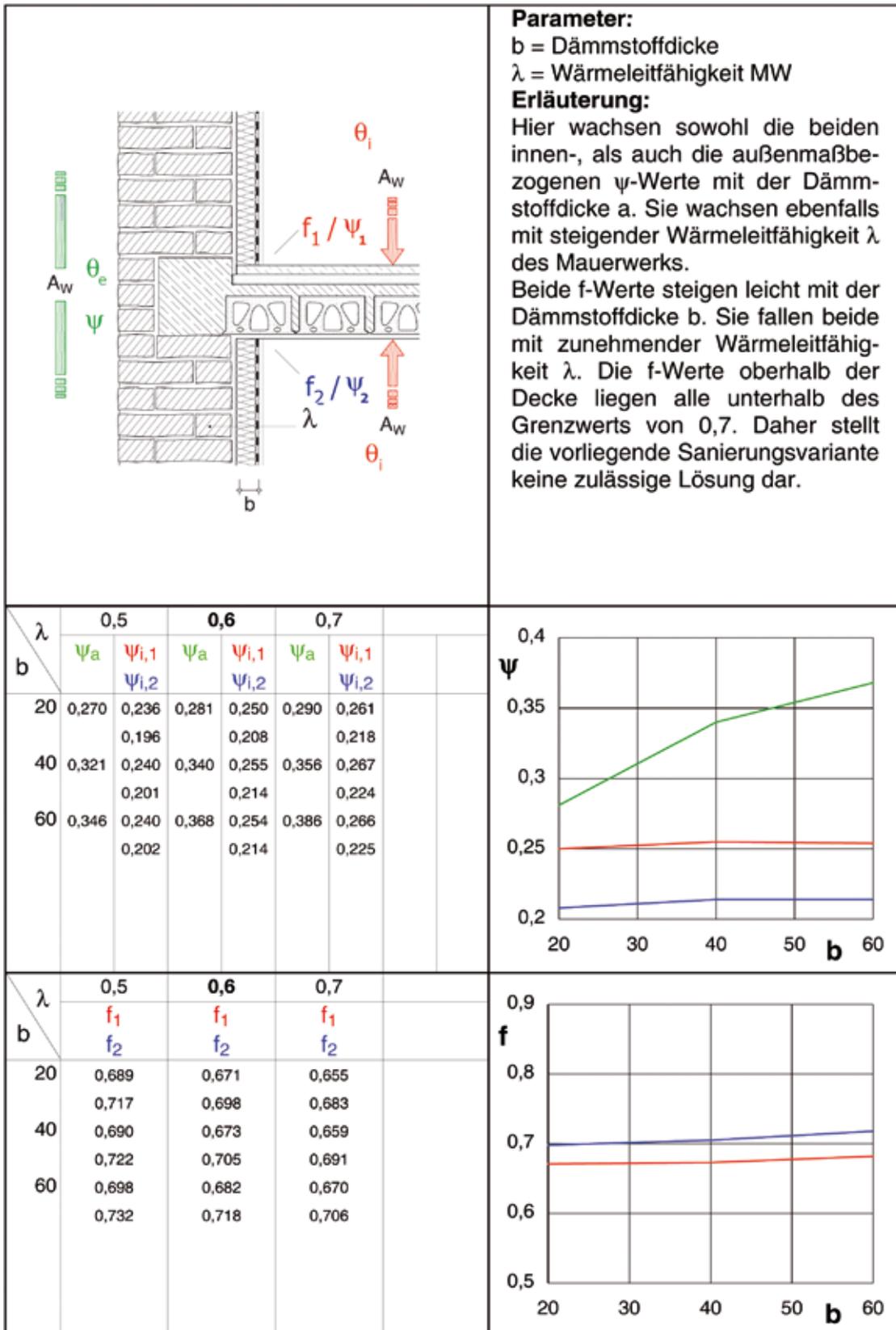
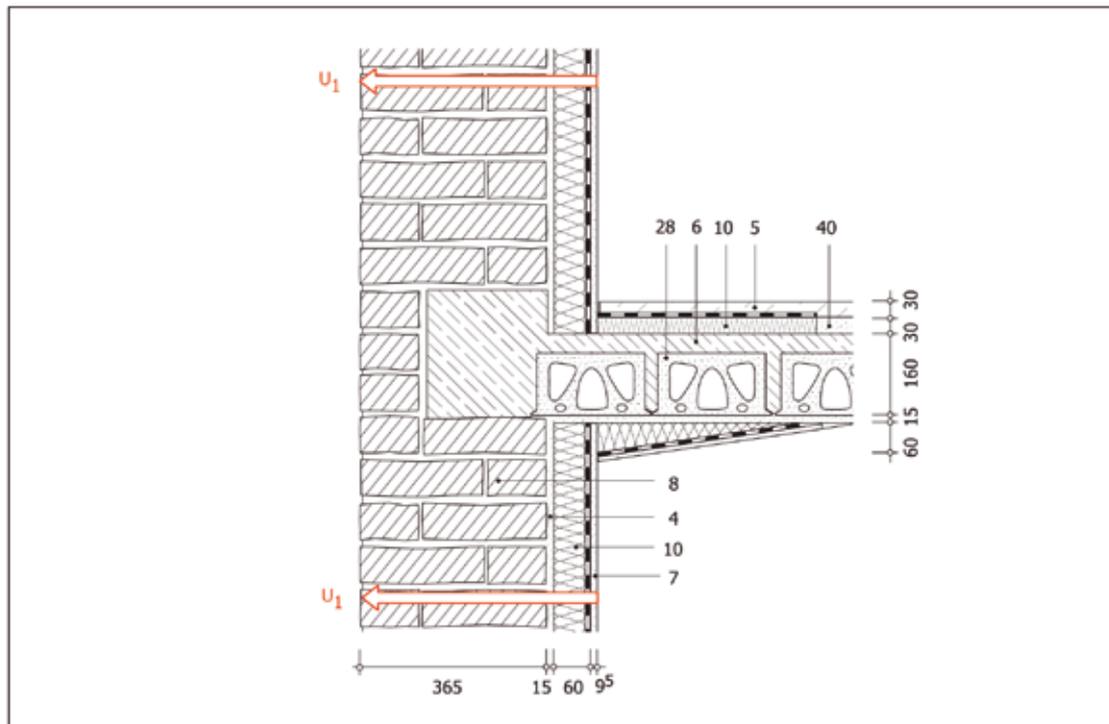


Abbildung 3.1.11 Geschoßdeckenaufleger, Mauerwerk mit Innendämmung: Wärmebrückenverlustkoeffizienten, Temperaturfaktoren, aus Wärmebrücken katalog für den Gebäudebestand [Hauser/Stiegel 2006]

**Baustoffe:**

Nr.	Material	Rohdichte ρ [kg/m ³]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/(m·K)]
4	Gipsputz	1400	0,87
5	Estrich	2000	1,40
6	Beton	2400	2,10
7	Gipskartonplatte	900	0,25
8	Mauerwerk	1400	0,60
28	Deckenfüllkörper	1200	0,58
40	Schüttung	-	0,35

U-Werte:

$$U_1 = 0,43 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

Beschreibung:

Der oben dargestellte Anschluss entspricht dem Detail 5.2 mit einem zusätzlichen Dämmstoffblock unterhalb des Estrichs und einem zusätzlichen Dämmstoffkeil unterhalb der Decke. Durch diese Zusatzmaßnahmen wird versucht, die tiefsten raumseitigen Temperaturen beiderseits der Deckeneinbindung anzuheben.

Abbildung 3.1.12 Geschoßdeckenaufleger, Mauerwerk mit Innendämmung: Parameter, aus Wärmebrücken katalog für den Gebäudebestand [Hauser/Stiegel 2006]

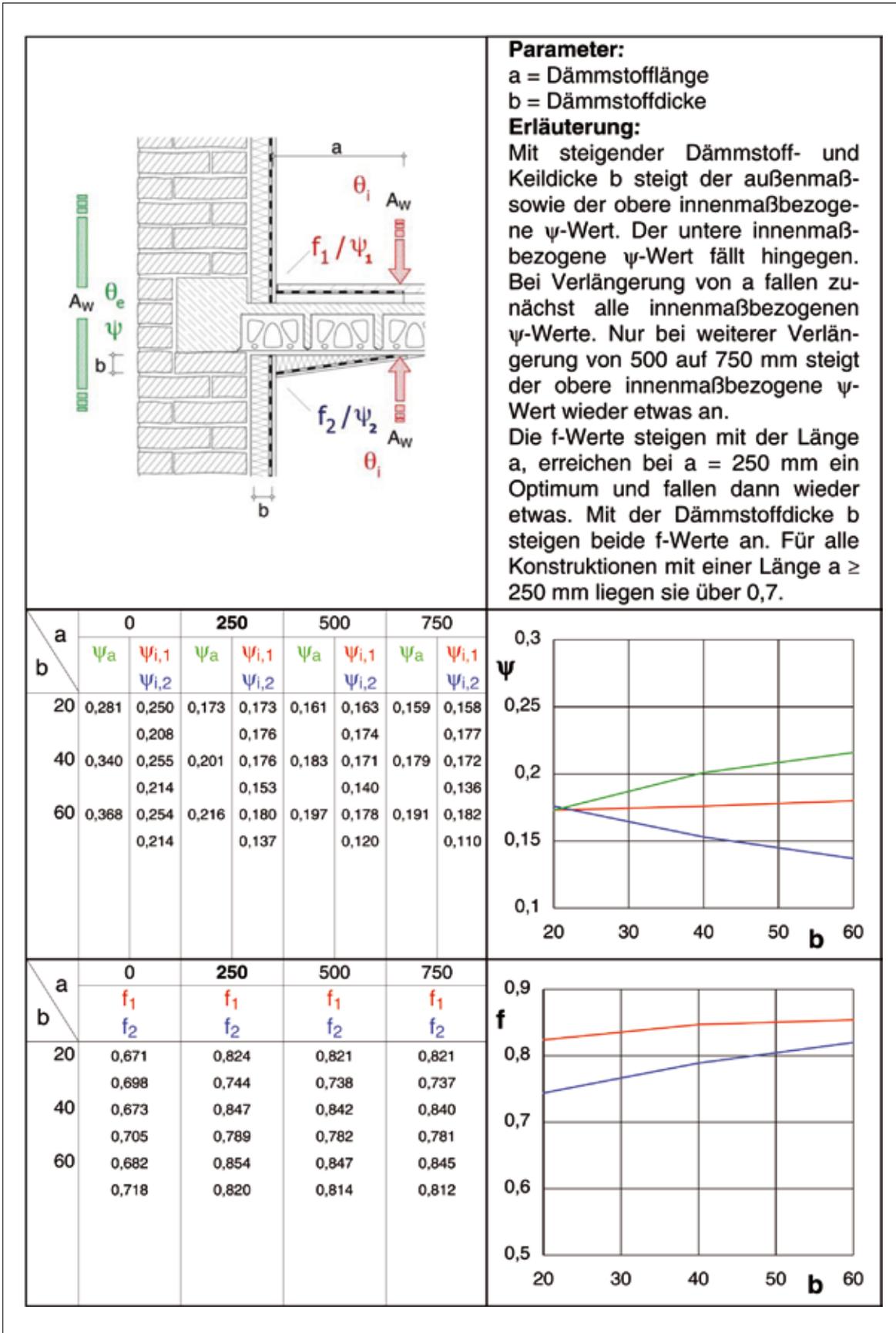


Abbildung 3.1.13 Geschoßdeckenaufleger, Mauerwerk mit Innendämmung: Wärmebrückenverlustkoeffizienten, Temperaturfaktoren, aus Wärmebrückenkatalog für den Gebäudebestand [Hauser/Stiegel 2006]



3.2 Fachwerkbauten mit außen sichtbarem Fachwerk

Bestand

Die Fachwerkbauweise ist traditionell durch die Verwendung regional verfügbarer Baustoffe (Holz, Lehm, Naturstein) geprägt, was sich vor allem in den unterschiedlichen Ausfachungsmaterialien der Außenwandkonstruktionen widerspiegelt (siehe Tabelle 3.2.1).

Charakteristisch für Außenwände in Fachwerkkonstruktion sind:

- geringe Konstruktionsstärke der Außenwände (12 – 16 cm),
- problematische Verbundkonstruktion (Holz/Lehm oder Holz/Mauerwerk) sowie
- Schlagregen- und Windundichtigkeit bei unverkleideten Fassaden [Wuppertal Institut 1996].

Regionale Verteilung

Die geschätzte Anzahl von Fachwerkgebäuden beträgt laut dem 3. Bauschadensbericht der Bundesregierung [Bauschadensbericht 1995] ca. 2 Millionen, deren regionale Verteilung sehr unterschiedlich ist. In den neuen Bundesländern, allen voran in Thüringen und Sachsen-Anhalt, ist der Fachwerkanteil mit ca. 67% (~ 1.330.000) relativ hoch. In den alten Bundesländern befinden sich nur ca. 33% (~ 670.000) aller Fachwerkgebäude, diese vor allem in Hessen, Nordwürttemberg, dem südlichen Niedersachsen und Nordbayern.

Altersstruktur

Der überwiegende Teil der heute bestehenden Fachwerkgebäude, ca. 79%, wurde vor 1870 errichtet. Zwischen 1871 und 1918 entstanden ca. 18%, zwischen 1919 und 1948 nur mehr ca. 3% [Bauschadensbericht 1995]. Von diesen 2 Millionen Gebäuden sind ca. 80% (~ 1.600.000) von außen verputzt [Holzbau Handbuch 7-3-1 2004], bei den restlichen 20% (~ 400.000) ist das Fachwerk außen sichtbar. Viele dieser Gebäude mit Sichtfachwerk haben jedoch – vor allem an der Wetterseite – auch Fassadenbereiche, die verputzt oder verkleidet sind.

Instandsetzungsbedarf

Aufgrund mangelhafter Instandhaltung und Instandsetzung, aber auch aufgrund ungeeigneter Sanierungsmaßnahmen bestand 1995 ein Instandsetzungsbedarf von ca. 54,9 Mrd. DM [Bauschadensbericht 1995]. Die größte Schadenshäufigkeit wird im Bereich der Fachwerkkonstruktionen (schadhafte oder fehlende Hölzer und Gefache) sowie im Dachbereich festgestellt.

Problematik

Ziel jeder Sanierungsmaßnahme muss es sein, die Gebäudesubstanz durch eine möglichst substanzschonende Instandsetzung und Rekonstruktion in Orientierung an der jeweiligen historischen Bauweise zu erhalten und diese Anforderungen mit den gestiegenen Ansprüchen moderner Gebäudenutzung und zeitgemäßen energetischen Anforderungen in Einklang zu bringen. Bei Fachwerkgebäuden mit Sichtfachwerkfassade bietet sich zum Erhalt des ursprünglichen Erscheinungsbildes daher eine Innendämmung an.

Durch eine Innendämmung sinkt allerdings die Temperatur im Bauteil. Dadurch steigt die Gefahr von Tauwasserbildung in der Konstruktion. Hinzu kommt bei Fachwerkaußenwänden noch die Feuchtebelastung von außen durch Schlagregen (siehe unten). Im unsanierten Zustand kann die Abtrocknung eindringender Feuchtigkeit nach innen und außen erfolgen. Wird dagegen eine Innendämmung mit Dampfbremse bzw. -sperre angebracht, kann die Abtrocknung nur mehr nach außen erfolgen (siehe Abbildung 3.2.1). Eine mögliche Lösung

weiter auf Seite 35 →

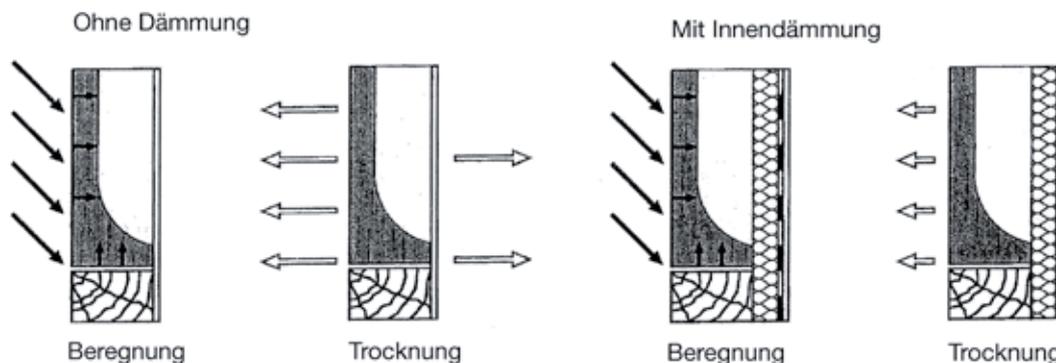


Abbildung 3.2.1 Einfluss der Innendämmung auf die Abtrocknung einer Fachwerk-Außenwand, Bildquelle: [Künzel 2002]

Tabelle 3.2.1 Typische Wandaufbauten von Sichtfachwerkwänden im Bestand mit Angabe der energetischen Kenngrößen, nach [Holzbau Handbuch 7-3-1 2004]

Gefach	Wandaufbau	Grundriss Ansicht Schnitt	U-Wert ¹⁾ in [W/(m ² K)] — Mindestanforderung nach [EnEV 2007] bei Anbringung einer Innendämmung bzw. Erneuerung der Ausfachungen von Fachwerkwänden: $U_{AW} \leq 0,45$ W/(m ² K)
Lehm	Lehmwickel mit Stroh auf Holzstaken $\lambda = 0,40$ W/(mK) $\rho = 1000$ kg/m ³		
	Strohlehm $\lambda = 0,60$ W/(mK) $\rho = 1200$ kg/m ³		
	Massivlehm / Lehmziegel $\lambda = 0,80$ W/(mK) $\rho = 1400$ kg/m ³		
Ziegel	Vollziegel $\lambda = 0,81$ W/(mK) $\rho = 1800$ kg/m ³		
Naturstein	Sedimentgestein, z.B. Sandsteine, Muschelkalk $\lambda = 2,3$ W/(mK) $\rho = 2600$ kg/m ³		
	kristalline metamorphe Gesteine, z.B. Basalt, Granit, Marmor $\lambda = 3,5$ W/(mK) $\rho = 2800$ kg/m ³		

1) Fachwerk: Konstruktionsholz 500 nach [DIN EN 12524] mit $\lambda = 0,13$ W/(mK), $b = 8$ cm, $e = 63$ cm;
Innenputz: Putzmörtel aus Kalkgips, Gips, Anhydrit und Kalkanhydrit nach [DIN 4108] mit $\lambda = 0,7$ W/(mK);

→ Fortsetzung von Seite 33

dieses Problems stellt der Einsatz feuchteadaptiver Dampfbremsen dar, die eine Abtrocknung zum Innenraum zulassen, ohne dass Wasserdampf aus dem Rauminnen in die Konstruktion eindringen kann.

Um Bauschäden zu vermeiden sollte zur Planung einer energetischen Sanierungsmaßnahme auf jeden Fall ein Fachmann hinzugezogen werden.

Mögliche Lösungsansätze

Zur energetischen Sanierung von Fachwerkaußenwänden bieten sich folgende Prinziplösungsansätze an:

- a) Dämmung der Wand von außen,
- b) Dämmung der Wand von innen,
- c) Dämmung der Gefache, eventuell verbunden mit Zusatzmaßnahmen an der Innen- oder Außenseite.

Die Eignung der einzelnen Lösungsansätze hängt stark von der Schlagregenbeanspruchung der Fassade, der Art der Ausfachung und der Untergrundbeschaffenheit ab.

Schlagregenbeanspruchung

Traditionsgemäß wurden Sichtfachwerke nur realisiert, wenn dies in Zusammenhang mit der Schlagregenbelastung der Fassade überhaupt möglich war, also bei einer Belastung von unter 140 l/m²a. Dies entspricht der Schlagregengruppe I nach [DIN 4108 Teil 3]. Ein nachträgliches Freilegen einer, durch eine Bekleidung oder einen Außenputz schlagregengeschützten Konstruktion könnte daher den Erhalt der Gebäudesubstanz gefährden. Die Schlagregenbelastung der Fassade ist vor einer Freilegung des Fachwerks unbedingt zu prüfen.

Ein Innendämmsystem ist für Fachwerkbauten mit außen sichtbarem Fachwerk nur bei geringer Schlagregenbeanspruchung der Fassade geeignet. Je nach Stärke der Beanspruchung kann eine übliche Innendämmung realisiert werden bzw. sollten die unten genannten Empfehlungen nach [Künzel 1996] bzw. [WTA E 8-5-06/D 2006] eingehalten werden. Diese Aufstellung in Tabelle 3.2.2 stellt eine erste Orientierung zur Auswahl geeigneter Dämmmaßnahmen dar. Im konkreten Realisierungsfall ist eine feuchtetechnische Untersuchung, ggf. unter Zuhilfenahme eines instationären Berechnungsprogramms wie z.B. wufi¹ unerlässlich.

Tabelle 3.2.2 geeignete Dämmmaßnahmen in Abhängigkeit von der Schlagregenbeanspruchung nach [Künzel 1996], [Lamers 2005] und [WTA 8-1-03/D 2003]

Schlagregenbeanspruchung Beanspruchungsgruppen nach [DIN 4108 Teil 3]	geeignete Dämmmaßnahme
hohe Schlagregenbeanspruchung (z.B. freistehende Fassade bei starker Schlagregenbeanspruchung) Beanspruchungsgruppen III und II	Außendämmung mit Außenbekleidung (vorgehängte hinterlüftete Fassade) oder Außenputz (Wärmedämmverbundsystem) alternativ: Außenbekleidung oder Außenputz in Kombination mit üblichen Innendämmsystemen
geringe Schlagregenbeanspruchung (z.B. freistehende Fassade bei geringer Schlagregenbeanspruchung) Beanspruchungsgruppe I und geschützte Lagen von Beanspruchungsgruppe II	diffusionsoffene und kapillaraktive Innendämmsysteme mit $R_{i} \leq 0,8 \text{ m}^2\text{K/W}$ und $0,5 \text{ m} < s_{d,i} < 2 \text{ m}$
sehr geringe Schlagregenbeanspruchung (z.B. wetterabgewandte oder durch Nachbarbebauung geschützte Fassaden) geschützte Lagen von Beanspruchungsgruppe I	übliche Innendämmsysteme

1 Software zur Berechnung des gekoppelten Wärme- und Feuchtetransports in Bauteilen (<http://www.wufi.de>)

a) Außendämmung mit vorgehängter hinterlüfteter Fassade

Fassadenbereiche, die erhöhter Schlagregenbeanspruchung (siehe Abbildung 3.2.2) ausgesetzt sind, wurden auch traditionell mit Außenbekleidungen aus Holz, Schiefer, Dachziegel, Metall etc. vor Feuchtigkeit geschützt. Es ist also – auch aus denkmalpflegerischer Sicht – durchaus vorstellbar, Fassadenbereiche mit hoher Schlagregenbeanspruchung (siehe Tabelle 3.2.2), sowie Fassaden, die das Erscheinungsbild eines Ensembles nicht maßgeblich prägen – sogenannte Nicht-Vorrang-Seiten – durch das Anbringen einer Dämmschicht mit einer vorgehängten, hinterlüfteten Außenbekleidung energetisch zu verbessern.



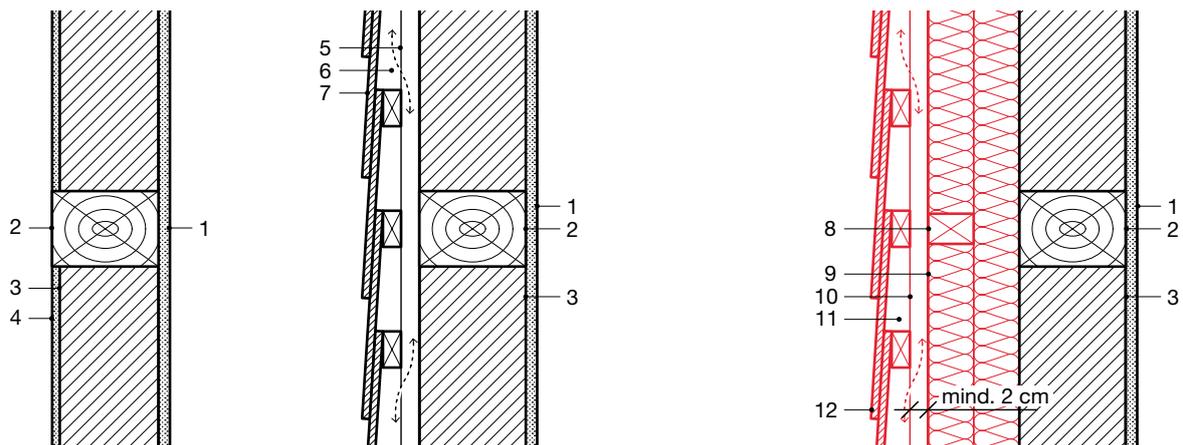
Abbildung 3.2.2 Schlagregenbeanspruchung einer Giebelwand: dunklere Bereiche sind mehr, hellere Bereiche weniger schlagregenbeansprucht, nach [Künzel 1996]

Anforderungen

Hierbei ist nach Energieeinsparverordnung [EnEV 2007] ein U-Wert von $U_{AW} \leq 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ einzuhalten. Die zur Einhaltung dieses Wertes erforderliche Dämmstoffdicke hängt vom U-Wert der bestehenden Außenwandkonstruktion (siehe Tabelle 3.2.1) sowie von der Wärmeleitfähigkeit λ des gewählten Dämmstoffes ab. Zur ersten Abschätzung der erforderlichen Dämmstärke dient Tabelle 3.2.6 im Tabellenteil dieses Kapitels.

System

Die zusätzliche Dämmschicht aus Matten- oder anpassungsfähigen Plattendämmstoffen wird mit Hilfe einer Holzunterkonstruktion angebracht (siehe Abbildung 3.2.3). Durch die Unterkonstruktion können kleinere Unebenheiten in der Wandfläche einfach ausgeglichen werden. Das Dämmmaterial wird durch die hinterlüftete vorgehängte Bekleidung vor Witterungseinflüssen wie z.B. Schlagregen geschützt. Als Bekleidungsmaterial sind eine Vielzahl von Materialien wie z.B. Holzschindeln geeignet. Die Hinterlüftungsebene von $d \geq 2 \text{ cm}$ dient der Ableitung von außen (Schlagregen) bzw. von innen (Wasserdampfdiffusion) eindringender Feuchtigkeit.



- | | |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 1 Innenputz | 8 Unterkonstruktion neu |
| 2 Fachwerkkonstruktion | 9 Wärmedämmung neu |
| 3 Ausfachungsmaterial | 10 Lattung, Konterlattung neu |
| 4 Außenputz | 11 Hinterlüftung neu |
| 5 Unterkonstruktion (Lattung, Konterlattung) | 12 Außenbekleidung (z.B. Holzschindeln) neu |
| 6 Hinterlüftung | |
| 7 Außenbekleidung (z.B. Holzschindeln) | |

Abbildung 3.2.3 Ausgangszustand: Außenwand in Fachwerkbauweise unverkleidet (links), mit hinterlüfteter Schindelbekleidung (mitte); Sanierungsmaßnahme (rechts): Außenwand in Fachwerkbauweise, Außendämmung mit vorgehängter hinterlüfteter Fassade, Schindelbekleidung

Feuchteempfindliche Dämmstoffe sollten durch eine diffusionsoffene, wasserabweisende Bahn vor eindringendem Schlagregen geschützt werden.

Weitere Hinweise und Anforderungen sind in [DIN 18516] ‚Außenwandbekleidungen hinterlüftet‘, den ‚Fachregeln des Zimmererhandwerks 01 - Aussenwandbekleidungen aus Holz und Holzwerkstoffen‘ [IZH 2006] sowie im WTA Merkblatt 8-4-06/D ‚Fachwerkinstandsetzung nach WTA IV: Außenbekleidungen‘ [WTA 8-4-06/D 2006] zu finden.

b) Innendämmssysteme

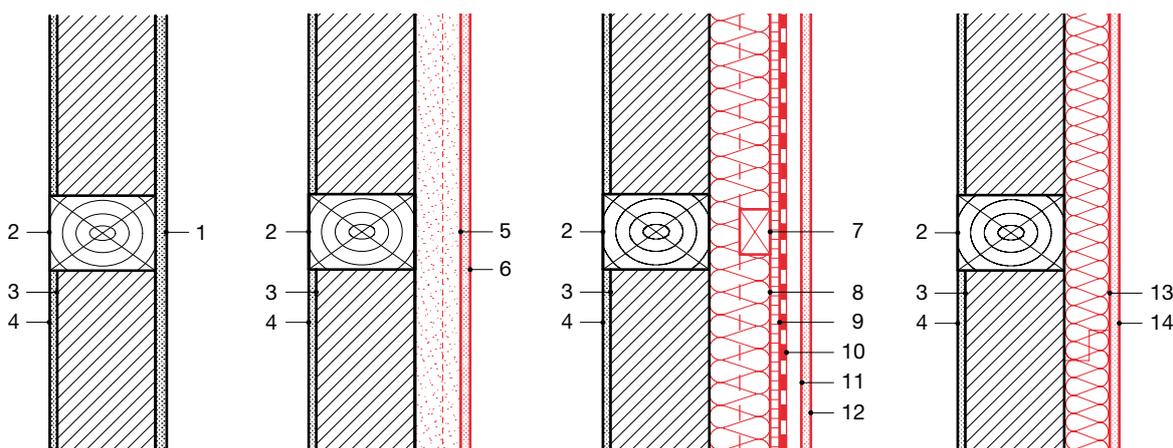
Für die Auswahl eines geeigneten Innendämmsystems spielen die Schlagregenbeanspruchung (siehe Tabelle 3.2.2), die Art der Ausfachung sowie die Beschaffenheit des Untergrundes eine wichtige Rolle. Die Anordnung der Dämmebene auf der bauphysikalisch problematischeren Innenseite erfordert in der Regel einen **rechnerischen Nachweis** in Form einer **hygo-thermischen Bauteilsimulation** des gesamten Wandaufbaus.

Anforderungen, Empfehlungen

Wird die zusätzliche Dämmschicht von innen angebracht, so muss laut Energieeinsparverordnung [EnEV 2007] ein U-Wert von $U_{AW} \leq 0,45 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ eingehalten werden. Die hierfür erforderliche Dämmstoffdicke hängt vom U-Wert der bestehenden Außenwandkonstruktion (siehe Tabelle 3.2.1) und der Wärmeleitfähigkeit λ des Dämmstoffes ab. Eine erste Abschätzung der theoretisch erforderlichen Dämmstärke ermöglicht Tabelle 3.2.7 im Tabellenteil dieses Kapitels. Diese für die Erfüllung der EnEV-Anforderungen rechnerisch notwendigen Dämmstärken können jedoch in vielen Fällen nicht ohne Gefahr für die Bausubstanz umgesetzt werden, da sich durch die Anordnung der Dämmschicht auf der Bauteilinnenseite besondere bauphysikalische Probleme ergeben.

Über die Anforderungen nach [DIN 4108 Teil 3] hinaus sollten die Empfehlungen der Wissenschaftlich-Technischen Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V. (WTA) Beachtung finden. Diese sehen vor, dass der Wärmedurchlasswiderstand der Innendämmung ΔR_i **ohne einen weiteren Feuchtenachweis** einen Wert von maximal $0,8 \text{ m}^2\text{K/W}$ einhalten sollte und geht damit noch über die Anforderungen nach [DIN 4108 Teil 3] hinaus [WTA E 8-5-06/D 2006]. Die damit erreichbaren U-Werte (siehe Tabelle 3.2.4) liegen jedoch über dem Anforderungsniveau der Energieeinsparverordnung.

Sollen die Anforderungen der [EnEV 2007] durch Einbau entsprechender höherer Dämmstärken erreicht werden, muss ein rechnerischer Tauwassernachweis des gesamten Wandaufbaus unter Zuhilfenahme eines instationären Berechnungsprogramms wie z.B. wufi² erfolgen.



- | | |
|--------------------------------|-------------------------------------------------|
| 1 Innenputz | 8 Wärmedämmung |
| 2 Fachwerkkonstruktion | 9 Innenbeplankung |
| 3 Ausfachungsmaterial | 10 Dampfbremse |
| 4 Außenputz | 11 Installationsebene |
| 5 Wärmedämmputz, zweilagig | 12 Innenbekleidung |
| 6 Innenputz, neu | 13 Dämmplatte, ggf mit integrierter Dampfbremse |
| 7 Unterkonstruktion, zweilagig | 14 Innenputz |

Abbildung 3.2.4 Ausgangszustand: Außenwand in Fachwerkbauweise unverkleidet (links); Sanierungsmaßnahmen: Wärmedämmputz (2. von links), Vorsatzschale (3. von links), Dämmplatte (rechts)

2 Software zur Berechnung des gekoppelten Wärme- und Feuchtetransports in Bauteilen (<http://www.wufi.de>)

System, Ausführungsvarianten

Gängige Innendämmsysteme können in folgende Gruppen gegliedert werden (siehe Abbildung 3.2.4):

- zusätzliche Putz- und Mörtelschichten mit guten Dämmeigenschaften: hierfür stehen Materialien wie z.B. Wärmedämmputz, Leichtlehm, Wärmedämmlehm, Verfüllmörtel und Zellulosefaserputz zur Verfügung;
- innenseitig angebrachte Vorsatzschalen: diese können in Form einer gemauerten Vorsatzschale oder als Ständerwerk realisiert werden;
- direkt aufgebrachte Dämmplatten: übliche Materialien sind Holzwolleleichtbau-, Calcium-Silikat- oder Leichtlehmplatten.

Detaillierte technische Hinweise zu den einzelnen Systemen sowie deren Bewertung hinsichtlich Wärmeschutz, Feuchteschutz, Schallschutz und Brandschutz können Merkblatt E 8-5-06/D „Fachwerkinstandsetzung nach WTA V: Innendämmsysteme“ entnommen werden [WTA E 8-5-06/D 2006].

c) Erneuerung der Ausfachungen

Anforderungen

Werden die Ausfachungen einer Fachwerkwand erneuert, können die Anforderungen der Energieeinsparverordnung [EnEV 2007] von $U_{AW} \leq 0,45 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ in der Regel nicht durch das Ausfachungsmaterial alleine erfüllt werden (siehe Tabelle 3.1.6). Wird die zusätzliche Dämmung in der erforderlichen Dicke von innen aufgebracht, besteht die Gefahr einer verminderten Abtrocknung von eingedrunenem Schlagregen (siehe Innendämmsysteme).

Sanierungsansätze

Eine Auswahl möglicher Sanierungsansätze, wie sie in [Künzel 2007] empfohlen werden, sind

- das Ausmauern mit Mauersteinen, die eine ähnliche Wärmeleitfähigkeit haben wie Holz (siehe Abbildung 3.2.5 links), sowie
- das Verfüllen der Gefache mit einem Gefachemörtel (siehe Abbildung 3.2.5 rechts).



Abbildung 3.2.5 Ausmauern der Gefache mit Mauersteinen (links) [Eßmann et al. 2005], Verfüllen der Gefache mit Gefachemörtel (rechts) [Künzel 2007]

Bauteilverfahren nach Anlage 3 EnEV 2007: erreichbare U-Werte

Wendet man die gezeigten Sanierungsansätze auf die in Tabelle 3.2.1 dargestellten Ausgangszustände an, lassen sich die in Tabelle 3.2.4 dargestellten U-Werte erreichen.

Es wird ersichtlich, dass sich die Anforderungen der aktuellen Energieeinsparverordnung [EnEV 2007] durch eine Außendämmung, beispielsweise mit einer vorgehängten hinterlüfteten Fassade in der Bauteilfläche leicht erfüllen lassen. Gestalterische und baukonstruktive Details erfordern allerdings teilweise eine Anpassung der Dämmstärke, etwa an den Fensteröffnungen.

Schwieriger wird die Einhaltung der aktuellen EnEV-Anforderungen bei Innendämmmaßnahmen. Dies gilt vor allem dann, wenn der Bauteilaufbau diffusionsoffen ausgeführt werden soll, um die Empfehlung der WTA von $\Delta R_i \leq 0,8 \text{ m}^2\text{K/W}$ einzuhalten.

Werden die Gefache selbst erneuert, so sind die Anforderungen der [EnEV 2007] mit üblichen Ausfachungsmaterialien alleine nicht zu erreichen. Eine zusätzliche Innendämmung, die dann allerdings entsprechend dünner ausfallen kann, ist notwendig.

Dieses Ergebnis deckt sich mit den in [Eßmann et al. 2006] angegebenen erreichbaren energetischen Niveaus (erreichbare U-Werte) für verschiedene Ausgangszustände von Fachwerk-Außenwänden in Kombination mit geeigneten energetischen Sanierungsmaßnahmen, wie sie in Tabelle 3.2.3 zusammengefasst sind.

Tabelle 3.2.3 Erreichbare U-Werte, Quelle: [Eßmann et al. 2006]

Konstruktion	mögliche energetische Sanierungsmaßnahmen	Erfüllung des Mindestwärmeschutzes nach [DIN 4108]	Erfüllung der EnEV-Anforderungen ¹⁾	erreichbare U-Werte [W/(m²K)]
Bekleidetes Fachwerk	Außendämmung hinterlüftet	möglich	möglich	0,25 - 0,35
	Kerndämmung	möglich	möglich	0,25 - 0,35
Sichtfachwerk	Innendämmung kapillaraktiv, ohne Dampfsperre	mit bauphysikalischem Nachweis möglich	nicht möglich	0,60 - 0,85
	Innendämmung plattenartig, ohne Dampfsperre	nicht möglich	nicht möglich	0,80 - 0,95
	Innendämmung Ständerwerk o.Ä., mit Dampfsperre	möglich	möglich	0,35 - 0,55

1) Anforderungen an Bauteile bestehender Gebäude nach Tabelle 1 Anhang 3 der Energieeinsparverordnung 2007 [EnEV 2007]

Gesamtbilanzverfahren nach Anlage 1 EnEV 2007: Erreichbare Gesamtenergieeffizienz



Abbildung 3.2.6 Küsterhaus Elbenberg, Bildquelle: Büro Müntinga und Puy

Bei dem Gebäude (siehe Abbildungen 3.2.6 bzw. 3.2.6 bis 3.2.9 im Tabellenteil dieses Kapitels) handelt es sich um ein freistehendes Wohngebäude, dass in seinen wesentlichen Merkmalen der Kategorie EFH_A (freistehende Ein- und Zweifamilienhäuser, Baualtersklasse: vor 1918, Fachwerk) der vom Institut für Wohnen und Umwelt Darmstadt (IWU) im Jahr 2003 aufgestellten Deutschen Gebäudetypologie [IWU 2003/2] entspricht.

Die wesentlichen energetischen Kenndaten für den Bestand sowie für die der vorliegenden Untersuchung zugrunde gelegten Sanierungsansätze können Tabelle 3.2.8 im Tabellenteil dieses Kapitels entnommen werden.

Tabelle 3.2.4 Erreichbare U-Werte: horizontal sind die Ausgangssituationen aus Tabelle 3.2.1 (Gefachdicke 12 cm) angegeben, auf welche die vertikal dargestellten Sanierungsansätze angewendet werden.

Ausgangssituation Gefachdicke 12 cm		Lehm			Zie- gel	Naturstein	
		Lehmwickel mit Stroh auf Holzstaken	Strohlehm	Massivlehm / Lehmziege	Vollziegel	Sediment- gestein	kristalline metamor- phe Gesteine
U-Wert im Bestand [W/(m ² K)]		1,9	2,3	2,6	2,6	3,6	3,6
Sanierungsansatz		erreichbare U-Werte [W/(m ² K)]					
Außendämmung							
vorgehängte hinterlüftete Fassade ¹⁾		0,29	0,30	0,30	0,30	0,31	0,31
Innendämmung diffusionsoffen (ohne rechnerischen Tauwassernachweis)							
Putze / Mörtel	Wärmedämmputz ²⁾	0,76	0,83	0,88	0,86	0,95	0,96
	Leichtlehm ³⁾	0,75	0,81	0,85	0,85	0,93	0,94
	Wärmedämmlehm ⁴⁾	0,70	0,75	0,79	0,78	0,84	0,86
	Verfüllmörtel ⁵⁾	0,75	0,82	0,85	0,85	0,93	0,95
	Zellulosefaserputz ⁶⁾	0,74	0,80	0,83	0,84	0,92	0,93
Vorsatz- schalen	Gemauerte Vorsatzschale ^{*) 7)}	0,77	0,83	0,87	0,87	0,96	0,97
	Ständerwerk, 3 cm Zellulosedämmung ⁸⁾	0,74	0,80	0,83	0,83	0,91	0,93
Dämm- platten	HWL-Platte ⁹⁾	0,92	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2
	Calcium-Silikat-Platte ¹⁰⁾	0,77	0,84	0,82	0,88	0,96	0,98
	Leichtlehmplatte ¹¹⁾	0,77	0,84	0,82	0,88	0,96	0,98
Innendämmung mit feuchteadaptiver Dampfbremse (mit rechnerischem Tauwassernachweis)							
Vorsatz- schalen	Ständerwerk, 14 cm Zellulosedämmung ^{*) 12)}	0,26	0,27	0,27	0,27	0,28	0,28
	Ständerwerk, 14 cm Blähperlitschüttung ^{*) 13)}	0,31	0,31	0,32	0,32	0,33	0,33
Erneuerung der Ausfachung							
Leichtbetonausmauerung ¹⁴⁾		0,84					
Verfüllmörtel-System ¹⁵⁾		1,2					

*) rechnerischer Tauwassernachweis erforderlich

- 1) Holzfaserdämmstoffplatte, d = 100 mm, $\lambda = 0,04$ W/(mK); bituminierte Holzfaserdämmstoffplatte, d = 20 mm, $\lambda = 0,050$ W/(mK);
- 2) Wärmedämmputz, d = 55 mm, $\lambda = 0,07$ W/(mK); Kalkinnenputz, d = 10 mm, $\lambda = 0,7$ W/(mK);
- 3) Leichtlehm zwischen Ausgleichslattung, d = 120 mm, $\lambda = 0,15$ W/(mK); Putzträger Schilfrohr; Innenputz Lehm, d = 10 mm, $\lambda = 0,65$ W/(mK);
- 4) Wärmedämmlehm zwischen Ausgleichslattung, d = 60 mm, $\lambda = 0,07$ W/(mK); Sparschalung; Putzträger Schilfrohr; Innenputz Lehm, d = 10 mm, $\lambda = 0,65$ W/(mK);
- 5) Verfüllmörtel, d = 120 mm, $\lambda = 0,15$ W/(mK); Kalkinnenputz, d = 10 mm, $\lambda = 0,7$ W/(mK);
- 6) Zellulosefaserputz zwischen Ausgleichslattung, d = 40 mm, $\lambda = 0,05$ W/(mK); Innenverkleidung Gipsfaserplatte, d = 10 mm, $\lambda = 0,32$ W/(mK);
- 7) Hintermauerung aus Lehmziegeln, d = 11,5 cm, $\lambda = 0,8$ W/(mK); Hohlraum zwischen Bestandswand und Mauerwerksschale mit Wärmedämmlehm verfüllt, d = 4 cm m, $\lambda = 0,07$ W/(mK); Lehminnenputz, d = 2,5 cm, $\lambda = 0,65$ W/(mK);
- 8) Zellulosefaserdämmung aufgespritzt zwischen Ausgleichslattung, d = 32 mm, $\lambda = 0,04$ W/(mK); Innenbekleidung Gipskartonplatte, d = 12,5 mm, $\lambda = 0,25$ W/(mK);
- 9) Leichtlehm zwischen Ausgleichslattung, d = 35 mm, $\lambda = 0,15$ W/(mK); HWL-Platte, d = 25 mm, $\lambda = 0,075$ W/(mK); Kalkinnenputz, d = 10 mm, $\lambda = 0,7$ W/(mK);
- 9) Leichtlehm zwischen Ausgleichslattung, d = 35 mm, $\lambda = 0,15$ W/(mK); HWL-Platte, d = 25 mm, $\lambda = 0,075$ W/(mK); Kalkinnenputz, d = 10 mm, $\lambda = 0,7$ W/(mK);
- 10) Calcium-Silikat-Platte, d = 52 mm, $\lambda = 0,065$ W/(mK); Innenputz Lehm, d = 10 mm, $\lambda = 0,65$ W/(mK);
- 11) Leichtlehmplatte, d = 100 mm; $\lambda = 0,13$ W/(mK); Innenputz Lehm, d = 10 mm, $\lambda = 0,65$ W/(mK);
- 12) Holzständerwerk, e = 60 cm, Zellulosedämmung, d = 14 cm, $\lambda = 0,040$ W/(mK); Innenbekleidung Gipskartonplatte, d = 12,5 mm, $\lambda = 0,25$ W/(mK); Dampfbremse Polyamid, Innenbekleidung Gipskartonplatte, d = 12,5 mm, $\lambda = 0,25$ W/(mK);
- 13) Holzständerwerk, e = 60 cm, Blähperlitschüttung, d = 14 cm, $\lambda = 0,050$ W/(mK); Innenbekleidung Gipskartonplatte, d = 12,5 mm, $\lambda = 0,25$ W/(mK); Dampfbremse Polyamid, Innenbekleidung Gipskartonplatte, d = 12,5 mm, $\lambda = 0,25$ W/(mK);
- 14) Fachwerkausfachung Leichtbeton, d = 12 cm, $\lambda = 0,12$ W/(mK); Kalkinnenputz, d = 25 mm, $\lambda = 0,7$ W/(mK);
- 15) Fachwerkausfachung Leichtmauermörtel, d = 12 cm, $\lambda = 0,21$ W/(mK); Innenbekleidung Gipskartonplatte, d = 12,5 mm, $\lambda = 0,25$ W/(mK);

Sanierungsansätze

Um den Einfluss, den die Dämmung der Außenwand bei einem Gebäude in Sichtfachwerkbauweise auf die Gesamtenergieeffizienz hat, zu quantifizieren, wurden folgende anlagentechnische und bauliche Annahmen getroffen:

Anlagentechnische Maßnahmen

Modernisierung der Anlagentechnik in Anlehnung an Anlagentyp 21 [DIN V 4701 Teil 10 Beiblatt 1]:

- Trinkwarmwasserbereitung: gebäudezentrale Versorgung; ohne Zirkulation; Verteilung innerhalb der thermischen Hülle; indirekt beheizter Speicher; Aufstellung innerhalb der thermischen Hülle; Brennwert-Kessel mit Erdgas/Heizöl EL betrieben;
- Lüftung: Fensterlüftung;
- Heizung: freie Heizflächen (z.B. Heizkörper); überwiegende Anordnung im Außenwandbereich; mit elektronischer Regeleinrichtung mit Optimierungsfunktion; 55/45°C Auslegung; zentrales System; horizontale Verteilung innerhalb der thermischen Hülle; Strangleitungen innenliegend; geregelte Pumpe; Brennwertkessel (Aufstellung in der thermischen Hülle) mit Erdgas/Heizöl EL betrieben;

Bauliche Maßnahmen

Energetische Sanierung aller Bauteile, mit Ausnahme der Sichtfachwerkaußenwände, wie in Tabelle 3.2.8 im Tabellenteil dieses Kapitels dargestellt. Zur Quantifizierung des Einflusses, den der gewählte Sanierungsansatz auf die Gesamtenergieeffizienz des Gebäudes hat, wurden zwei unterschiedliche Sanierungsniveaus untersucht:

- Sanierungsniveau I: diffusionsoffener Wandaufbau (Wärmedämmlehm)
- Sanierungsniveau II: Innendämmung mit feuchteadaptiver Dampfbremse (Vorsatzschale, Zellulosefaserdämmung)

Ergebnisse

Wie aus Tabelle 3.2.5 ersichtlich wird, lassen sich die Anforderungen der Energieeinsparverordnung [EnEV 2007] an Bestandsgebäude bereits mit Sanierungsniveau I, also einer in den Merkblättern der WTA empfohlenen diffusionsoffenen, kapillaraktiven Dämmmaßnahme, die auch bei Sichtfachwerkaußenwänden mit geringer Schlagregenbeanspruchung geeignet ist (siehe Tabelle 3.2.2), erreichen [WTA E 8-5-06/D 2006]. In beiden untersuchten Sanierungsfällen (Ausbau bzw. Nichtausbau des Dachgeschosses) werden die Anforderungen der [EnEV 2007] um nur 32% bzw. 38% überschritten. Damit kann die Anforderung den Jahres-Primärenergiebedarf eines vergleichbaren Neubaus um maximal 40% zu überschreiten eingehalten werden. In Situationen mit sehr geringer Schlagregenbeanspruchung können nach Tabelle 3.2.2 mit Sanierungsansätzen entsprechend Sanierungsniveau II sogar die Anforderungen an einen vergleichbaren Neubau nahezu eingehalten werden. Die Anforderungswerte der [EnEV 2007] werden um nur 3% bzw. 5% überschritten.

Tabelle 3.2.5 Gesamtenergieeffizienz

im Bestand	mit Dachgeschoßausbau	ohne Dachgeschoßausbau
wärmeübertragende Hüllfläche A [m ²]	537,9	447,7
beheiztes Volumen V _e [m ³]	919,6	643,42
A/V _e -Verhältnis [m ⁻¹]	0,58	0,7
Q _{p,max} [′] [kWh/(m ² a)]	101,57	111,82
H _{T,max} [′] [W/(m ² K)]	0,56	0,52
Sanierungsniveau I		
Q _{p,ist} [′] [kWh/(m ² a)]	134,4	154,04
Überschreitung von Q _{p,max} [′] [%]	132 %	138 %
H _{T,ist} [′] [W/(m ² K)]	0,59	0,61
Mindestwärmeschutz [DIN 4108-2]	erfüllt	erfüllt
Anlagenaufwandszahl e _p	1,29	1,29
Sanierungsniveau II		
Q _{p,ist} [′] [kWh/(m ² a)]	104,35	117,45
Überschreitung von Q _{p,max} [′] [%]	103 %	105 %
H _{T,ist} [′] [W/(m ² K)]	0,40	0,41
Mindestwärmeschutz erfüllt	erfüllt	erfüllt
Anlagenaufwandszahl e _p	1,33	1,34

Tabellenteil

Tabelle 3.2.6 Außendämmung: Erforderliche Dämmstoffdicke zur Erreichung eines maximal zulässigen U-Werts von $U_{AW} \leq 0,35 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ in Abhängigkeit vom energetischen Niveau der Bestandskonstruktion und der Wärmeleitfähigkeit λ des verwendeten Dämmstoffes.

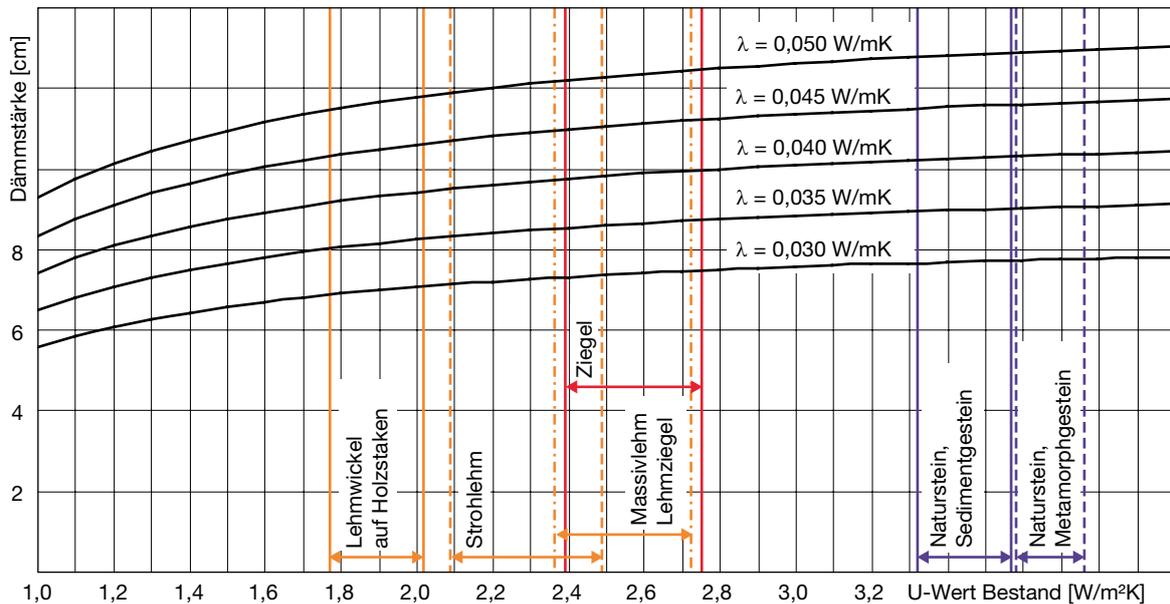
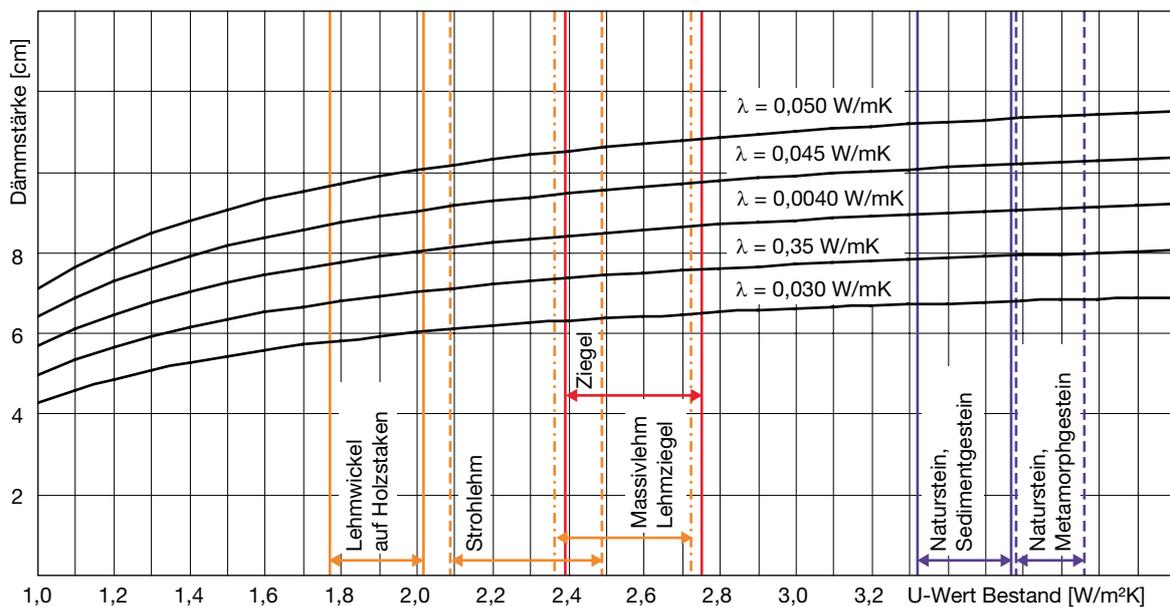


Tabelle 3.2.7 Innendämmung: Erforderliche Dämmstoffdicke zur Erreichung eines maximal zulässigen U-Werts von $U_{AW} \leq 0,45 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ in Abhängigkeit vom energetischen Niveau der Bestandskonstruktion und der Wärmeleitfähigkeit λ des verwendeten Dämmstoffes.



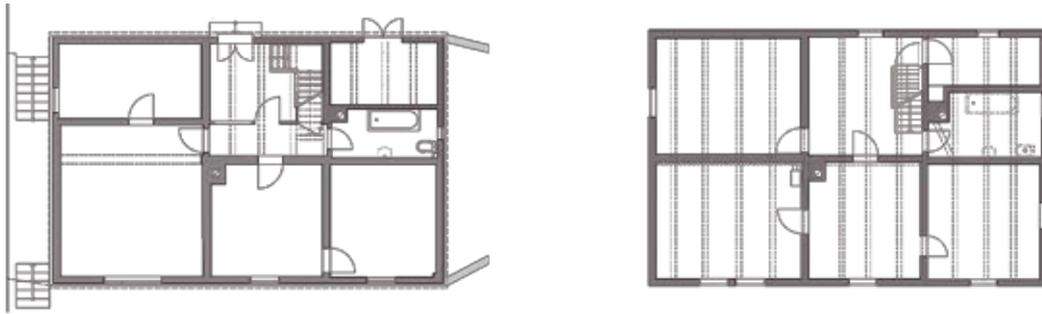


Abbildung 3.2.7 Grundrisse EG (links), OG (rechts) M 1:500, Küsterhaus Elbenberg



Abbildung 3.2.8 Querschnitt (links), Längsschnitt (rechts) M 1:500, Küsterhaus Elbenberg



Abbildung 3.2.9 Küsterhaus Elbenberg, Ansicht West (links oben), Ost (rechts oben), Nord (links unten) Süd (rechts unten) M 1:50; Bildquelle: Büro Müntinga und Puy, Bad Arolsen

Tabelle 3.2.8 Bauteilaufbauten und U-Werte im Bestand, Sanierungsmaßnahmen, U-Werte nach der Sanierung

Bauteil / Aufbau Sanierungsmaßnahme	Dicke d	Wärme- leitfähig- keit λ	U-Wert im Be- stand	U-Wert im sanierten Zustand
	[m]	[W/(mK)]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]
Außenwand (von außen nach innen):				
Kalkzementputz	0,015	1	$U_{AW} = 2,3$	
Eichenfachwerk	0,18	0,21		
Ausfachung Lehmsteine	0,18	0,8		
Lehmputz	0,015	0,65		
innen zu 90% mit GK-Platten auf Holzlattung verkleidet				
Sanierungsniveau I				
Wärmedämmlehm zwischen Ausgleichslattung	0,06	0,07		$U_{AW} = 0,73$
Putzträger Schilfrohr				
Innenputz Lehm	0,01	0,65		
Sanierungsniveau II				
Holzständerwerk	0,14	0,13	$U_{AW} = 0,27$	
dazwischen Zellulosefaserdämmung	0,14	0,040		
Gipskarton	0,0125	0,25		
feuchtedaptive Dampfbremse				
Gipskarton	0,0125	0,25		
Fenster				
verschieden (siehe Abbildung 3.1.8)			k.A.	
2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung Holzrahmen				$U_w = 1,6$
Steildach (von außen nach innen):				
Tondachziegel Dachlattung Eichensparren	0,12	0,13	$U_D = 6,7$	
Bauteil / Aufbau Sanierungsmaßnahme				
	[m]	[W/(mK)]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]
Tondachziegel, umgedeckt Dachlattung Konterlattung Unterdeckplatte (bituminierte Holzfaserplatte) Eichensparren dazwischen Holzfaserdämmplatte Luftdichtbahn Holzfaserdämmplatte Lattung, Installationsebene Gipskartonplatte	0,02 0,12 0,16 0,06 0,024 0,0125	0,13 0,05 0,04 0,04 0,25		$U_D = 0,22$
Oberste Geschoßdecke (von oben nach unten):				
Lehmbewurf, oberseitig Lehmglattstrich Einschub aus Eichenbohlen Eichenbalken Lehmputz 15-20 mm	0,09 0,04 0,18 0,02	0,47 0,21 0,21 0,65	$U_D = 1,0$	
oberhalb des Lehmglattstrichs: Holzdielen Luftdichtbahn Holzfaserdämmplatten, druckfest Beplankung	0,03 0,12 0,03	0,13 0,04 0,13		$U_D = 0,25$

Forsetzung nächste Seite

Fortsetzung von Tabelle 3.2.8

Kellerdecke (von oben nach unten):				
Bodenbelag (Teppich, PVC) Spanplatten Lattung Vollholzdielen	0,03	0,13	$U_G = 0,96$	
Eichenbalken	0,2	0,21		
dazwischen Lehmbewurf	0,15	0,47		
Einschub aus Eichenbohlen	0,04	0,21		
über Dielenboden: Vollholzdielen, Eiche Holzfaserdämmplatte Dampfsperre	0,03 0,06 0,001	0,18 0,045 2,3		$U_G = 0,37$
Fußboden gegen Erdreich (von oben nach unten):				
Bodenbelag (Teppichboden, PVC) Spanplatten Lattung Vollholzdielen	0,03	0,13	$U_G = 1,47$	
Lagerhölzer aus Eichenholz	0,1	0,21		
dazwischen Kiesschüttung	0,1	0,7		
Erdreich				
über Dielenboden: Vollholzdielen, Eiche Holzfaserdämmplatte Dampfsperre	0,03 0,06 0,001	0,18 0,045 2,3		$U_G = 0,46$



3.3 Bauphysikalische Schwachstellen in der Außenwand - auskragende Deckenplatten

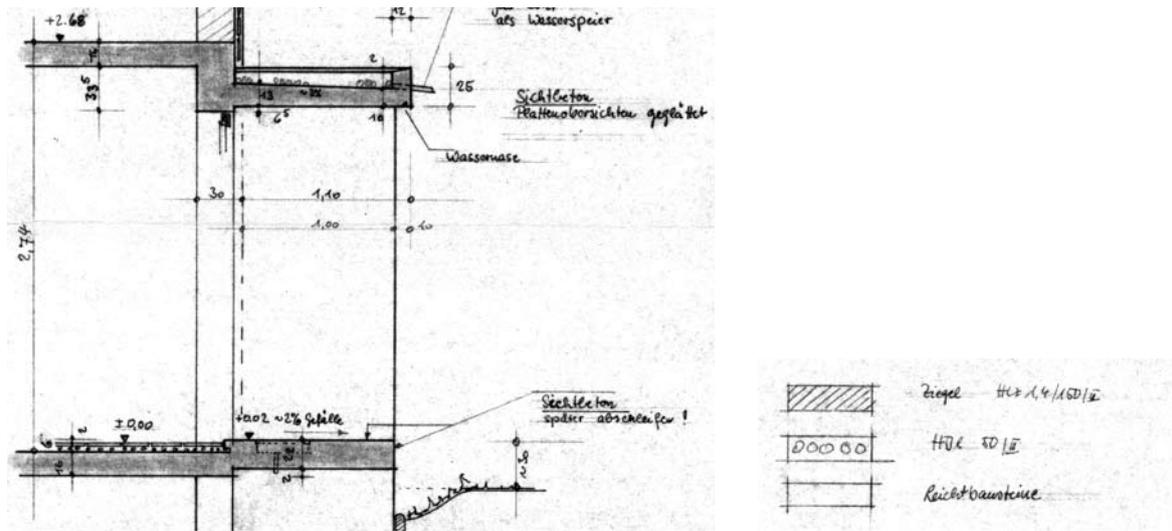


Abbildung 3.3.1 Eingangsbereich eines Einfamilienhauses, Baujahr 1974, mit als Vordach bzw. Vorbereich auskragenden, thermisch nicht getrennten Deckenplatten, Vertikalschnitt ohne Maßstab

Bestand

Bis in die 1980er Jahre war es üblich, betonierte Deckenplatten als Vordach oder Balkonplatte einfach auskragen zu lassen. Bei vielen Gebäuden, vor allem der 1960er und 1970er Jahre, stellen diese Auskragungen ein wesentliches Gestaltungsmerkmal dar. Erst mit steigendem Energiebewusstsein wurden Konstruktionsmöglichkeiten zur thermischen Entkopplung auskragender Bauteile entwickelt.

Problematik

Wärmebrückenwirkung

Diese thermisch nicht entkoppelten Auskragungen (siehe Abbildung 3.3.6 im Tabellenteil dieses Kapitels) stellen ein gravierendes Problem dar, da hier hohe Wärmebrückenverluste auftreten, die mit einer erhöhten Schimmelbildungsgefahr (siehe unten) einhergehen können. Im Fall einer energetischen Sanierung, bei der die Außendämmung an der Auskragung unterbrochen wird, nimmt die Wärmebrückenwirkung sogar zu.

Die Bewertung der Wärmebrückenverluste erfolgt mittels des längenbezogenen Wärmebrückenverlustkoeffizienten Ψ . Der Ψ -Wert [W/(mK)] gibt an, welche zusätzlichen Wärmeverluste pro laufendem Meter Wärmebrücke und pro Kelvin Temperaturdifferenz im Bereich der Wärmebrücke auftreten. Diese werden zu den flächenbezogenen Wärmeverlusten über die Gebäudehülle addiert.

Im dargestellten Ausgangsfall (siehe Abbildung 3.3.6 und 3.3.7) werden die Wärmebrückenverlustkoeffizienten sowohl innen- als auch außenmaßbezogen und in Abhängigkeit von der Wandstärke der Außenwand ($a = 24/30/36$ cm) und der Wärmeleitfähigkeit ($\lambda = 0,29/0,46/0,64$ W/(mK)) des verwendeten Mauerwerks angegeben. Für einen EnEV-Nachweis sind die außenmaßbezogenen Ψ -Werte (grün dargestellt) zu verwenden.

Weitere Fälle sind im Wärmebrückenatlas für den Mauerwerksbau [Hauser/Stiegel 1993] sowie im Wärmebrückenkatalog für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen zur Vermeidung von Schimmelpilzen [Hauser/Stiegel 2006] zu finden.

Schimmelpilzbildung

Die Abschätzung einer möglichen Tauwasser- und Schimmelpilzbildungsgefahr erfolgt mittels des dimensionslosen Temperaturfaktors f . Dieser bezeichnet das Verhältnis der Differenz zwischen der raumseitigen Oberflächentemperatur des Bauteils Θ_{si} und der Temperatur der Außenluft Θ_e zur Differenz der Raumlufttemperatur Θ_i zur Außenlufttemperatur Θ_e . Zur Vermeidung von Schimmelpilzbildung muß der Temperaturfaktor an der ungünstigsten Stelle mindestens 0,7 betragen.

$$f = \frac{\text{innere Oberflächentemperatur } \Theta_{si} - \text{Außentemperatur } \Theta_e}{\text{Innentemperatur } \Theta_i - \text{Außentemperatur } \Theta_e}$$

Im Ausgangsfall, wie in den Abbildungen 3.3.2 und 3.3.3 dargestellt, liegt einer der beiden f -Werte (rot: oben, blau: unten), mit einer Ausnahme, immer unter 0,7. Damit ist hier die Wahrscheinlichkeit von Schimmelpilzbildung, vor allem im Bereich unterhalb der Deckenplatte, gegeben.

Mögliche Lösungsansätze

Mögliche Herangehensweisen reichen von einer simplen Unterbrechung der Außendämmung an den Auskragungen über das teilweise bzw. komplette „Einpacken“ der auskragenden Bauteile mit Wärmedämmung bis hin zu Abriss und thermisch entkoppelter Neuerrichtung. Letzterer Lösungsansatz bietet, trotz im Vergleich höherer Kosten, die Möglichkeit einer sauberen Ausführung der Außendämmung sowie einer Anpassung der Balkongrößen an moderne Ansprüche. Eine weitere energetische Verbesserungsmöglichkeit stellt die Einhausung der auskragenden Balkonplatten, beispielsweise durch eine schließbare Glaskonstruktion, dar. Die so entstehenden Wintergärten bieten neben einer thermischen Verbesserung auch eine gesteigerte Nutzungsqualität der Balkone.

Welche dieser Maßnahmen sinnvollerweise zu ergreifen ist, hängt sehr stark vom Einzelfall ab, da eine Vielzahl verschiedenartiger Faktoren zu berücksichtigen sind (siehe unten).

Tabelle 3.3.1 Entscheidungsmatrix

		Neugestaltung des Erscheinungsbildes der Fassade vorstellbar ?		
		ja	nein	
Nutzbare Tiefe der Balkonfläche ausreichend ?	nein	Abriss der vorhandenen Auskragung, Errichtung neuer Balkone durch eine thermisch und statisch entkoppelte Konstruktion	Aufbauhöhe an Schwelle ausreichend ?	
	ja	Einhausung der vorhandenen Balkonplatten durch Glaselemente → Wintergarten		
			ja	Auskragung einpacken
			nein	Dämmebene unterbrechen

a) Außendämmung

Unterbrechung der Dämmebene an der Auskragung

Sollen die vorhandenen Balkonplatten beibehalten werden, so stellt eine Außendämmung, die an der auskragenden Deckenplatte unterbrochen wird, die konstruktiv einfachste Möglichkeit zur energetischen Verbesserung (siehe Abbildungen 3.3.8 und 3.3.9) dar.

Je dicker die Dämmung, desto kleiner wird die nutzbare Tiefe der Balkonfläche. Bei Bestandsgebäuden ist die nutzbare Balkonfläche in der Regel gering. Daher erscheint es aus heutiger Sicht angemessen, an dieser Stelle zu überlegen, die vorhandene Auskragung zu entfernen und eine thermisch entkoppelte, unabhängig vor die Fassade stehende Konstruktion als Balkonfläche anzubieten (siehe Punkt b) Errichtung neuer, frei vor der Fassade stehender Balkone). Damit könnte die Nutzbarkeit des Balkons, und damit auch der Wohnwert, deutlich gesteigert werden.

Durch die Dämmung der Außenwand sinken die Wärmeverluste im ungestörten Bauteil. Wie die in Abbildung 3.3.9 dargestellte Untersuchung zeigt, steigen die außenmaßbezogenen ψ -Werte (grün dargestellt) mit zunehmender Dämmstärke, nehmen ab einer Dämmstärke von ca. 10 cm jedoch wieder leicht ab. Die f-Werte steigen mit zunehmender Dämmstärke und erreichen Werte von über 0,7. Damit ist nach [DIN 4108 Teil 3] keine Schimmelpilzbildungsgefahr gegeben.

Einpacken der bestehenden Auskragung

Günstiger stellen sich sowohl die Ψ - als auch die f-Werte dar, wenn die auskragende Balkonplatte oben und unten zusätzlich mit einem Dämmstoffstreifen gedämmt wird (siehe Abbildungen 3.3.10 und 3.3.11).

Allerdings erfordert diese Maßnahme einen neuen Aufbau des Bodenbelags und kann damit zu Schwierigkeiten an den Anschlußpunkten an der Balkontür bzw. am Sturz eines darunterliegenden Fensters führen. Diese Maßnahme empfiehlt sich vor allem dann, wenn aufgrund der Gebäudegeometrie zusätzliche geometrische Wärmebrücken vorhanden sind und damit die Gefahr einer Schimmelpilzbildung, wie z.B. bei Außenecken von Loggien steigt.

Durch die Materialstärke der angebrachten Dämmung wird, wie oben, die nutzbare Tiefe des Balkons verringert. Die energetische Bewertung verschiedener Sanierungsmaßnahmen wird in [Hauser 1991] behandelt.

b) Errichtung neuer, frei vor der Fassade stehender Balkone

Dieser „radikalste“ der vorgestellten Lösungsansätze ist auch der energetisch sinnvollste, wenn der Abbruch und die thermisch entkoppelte Neuerrichtung der Balkone mit einer Außendämmung der Fassade einhergeht. Den aufgrund des vergleichsweise hohen Aufwands relativ hohen Kosten kann der Mehrwert entgegengesetzt werden, den die größeren Balkonflächen für den Nutzer bringen (siehe Projektbeispiel 1).

Projektbeispiel 1: Schmiedhof, Ebikon

Planung: Lustenberger & Condrau Architekten, Ebikon, CH (2006)

Abbildung 3.3.2 zeigt ein Beispiel für eine gelungene energetische Sanierung, bei der die im Bestand unzeitgemäß kleinen Balkonflächen durch größere, heutigen Bedürfnissen angepassten Balkonflächen ersetzt wurden. Die thermisch entkoppelt vor der neuen hochgedämmten Fassade angebrachten Balkone von 3 x 3 m Grundfläche sind deutlich besser nutzbar und tragen damit wesentlich zu einer Steigerung des Wohnwertes bei.



Abbildung 3.3.2 Wohnanlage Schmiedhof in Ebikon, CH; links: Balkone vor der Sanierung; rechts: Errichtung neuer, thermisch entkoppelter Balkone (Grundfläche 3 x 3 m); Planung: Lustenberger & Condrau Architekten, Ebikon, CH, 2006; Bildquelle: Lustenberger & Condrau

Wirtschaftlichkeit - Wertsteigerung durch größere Balkone

Die mit dieser Maßnahme verbundene Wertsteigerung der Wohnung, die sich in einer besseren Vermiet- bzw. Verkaufbarkeit ausdrückt, lässt sich nur schwer quantifizieren. Wie jedoch eine von der Bayerischen Landesbodenkreditanstalt in Auftrag gegebene Studie zum Wohnungsmarkt in Bayern zeigt [Bayern Labo 2005], ist das Vorhandensein und die Größe eines ausreichend bemessenen privaten Freiraums ein wichtiges Kaufargument bei Eigentumswohnungen. Wohnungen ohne privaten Freibereich werden laut dieser Studie auf dem Kaufmarkt nicht nachgefragt. Auch private Freiräume mit einer Fläche von weniger als 4 m² finden wenig Nachfrage. Balkone und Loggien werden mit 60% mehrheitlich in der Größe von 4 bis 8 m² nachgefragt, 37% aller Befragten suchen eine Wohnung mit einem Balkon von mehr als 8 m² Größe (siehe Abbildung 3.3.3 und 3.3.4).

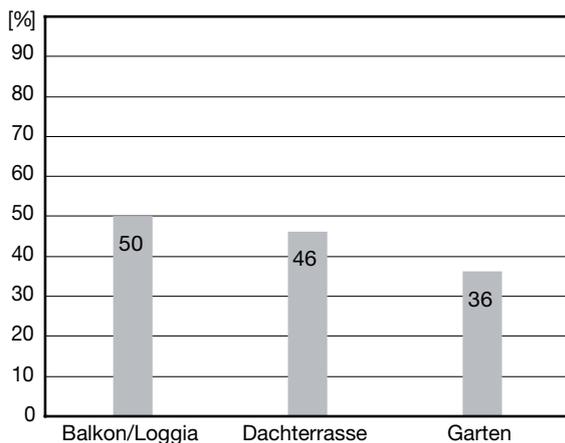


Abbildung 3.3.3 Nachgefragte Freiraumtypen (Mehrfachnennung möglich), [Wohnungsmarkt Bayern 2005]

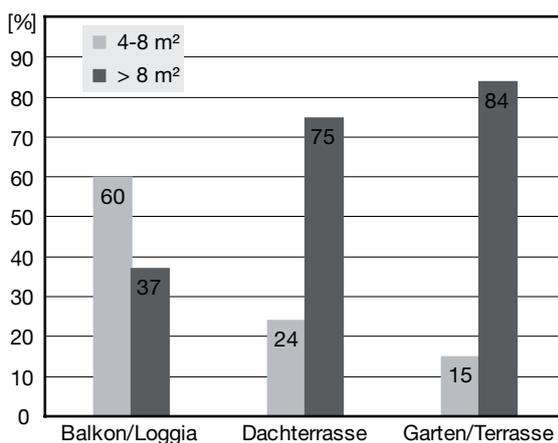


Abbildung 3.3.4 Gewünschte Größen für verschiedene Freiraumtypen, [Wohnungsmarkt Bayern 2005]

c) Einhausung der auskragenden Balkone durch eine Verglasung

Ist die nutzbare Balkontiefe ausreichend, können die bestehenden Balkone bzw. Loggien durch Einhausung mit verschiebbaren Glaselementen (siehe Projektbeispiel 2, Abbildung 3.3.5) in einen Wintergarten umfunktioniert werden. Dieser bildet einen thermischen Pufferraum, in dem, abhängig vom Nutzerverhalten, die Temperaturen im Bereich der auskragenden Deckenplatten soweit ansteigen, dass Wärmebrückenverluste näherungsweise um 45% (bei 2-Scheiben-Isolierverglasung) bzw. 30% (bei Einfachverglasung) reduziert werden. Damit kann die Wirkung eines Glasvorbaus hinsichtlich der zusätzlichen Wärmeverluste und der raumseitigen Oberflächentemperaturen gegenüber den oben genannten zusätzlichen Wärmedämmmaßnahmen als zumindest gleichwertig angesehen werden [Hauser 1991].

Ähnlich wie Maßnahme b) ist diese Maßnahme mit einer Wertsteigerung in Form einer Verbesserung der Wohnqualität verbunden. Hier entsteht zwar keine größere Nutzfläche, jedoch ist mit dem Umbau der offenen Balkone in verschließbare Wintergärten eine deutliche Ausdehnung der Nutzungsdauer der wohnungseigenen Freiflächen gegeben.

Projektbeispiel 2: Sanierung eines Punkthauses (Baujahr 1968) in Ingolstadt

Planung: Adam Architekten, München (2003)

Bei diesem Sanierungsbeispiel wurden die bestehenden offenen Balkone durch verschiebbare Glaselemente eingehaust, die sich im Winter zu Wintergärten schließen lassen. Durch die Maßnahme in Kombination mit Anbringen eines Wärmedämmverbundsystems und der Dämmung des Flachdaches konnten die Wärmeverluste der Gebäudehülle deutlich reduziert werden. Der Primärenergiebedarf des Gebäudes konnte von 162 kWh/m²a auf 113 kWh/m²a gesenkt werden.

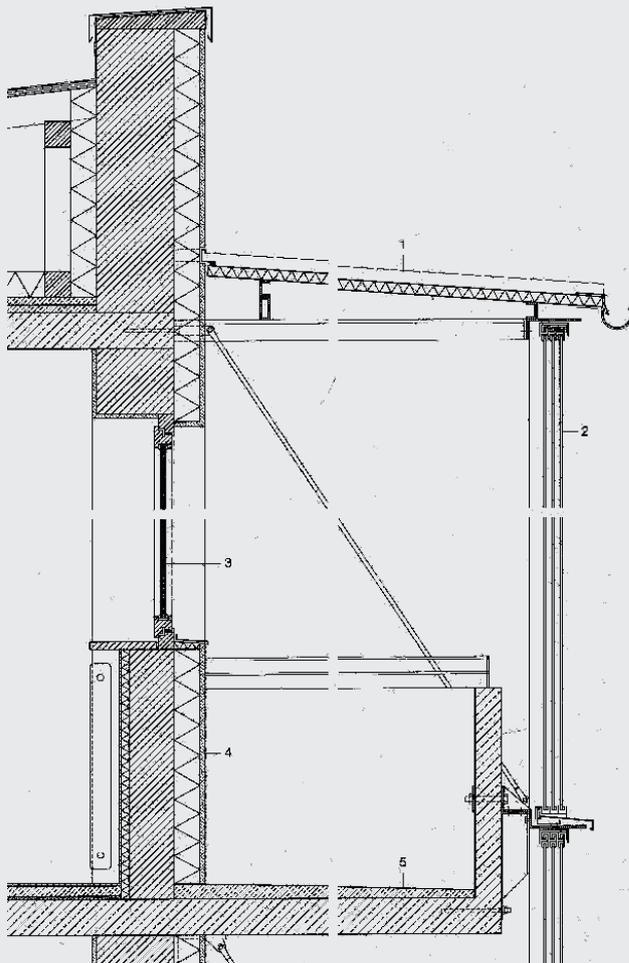
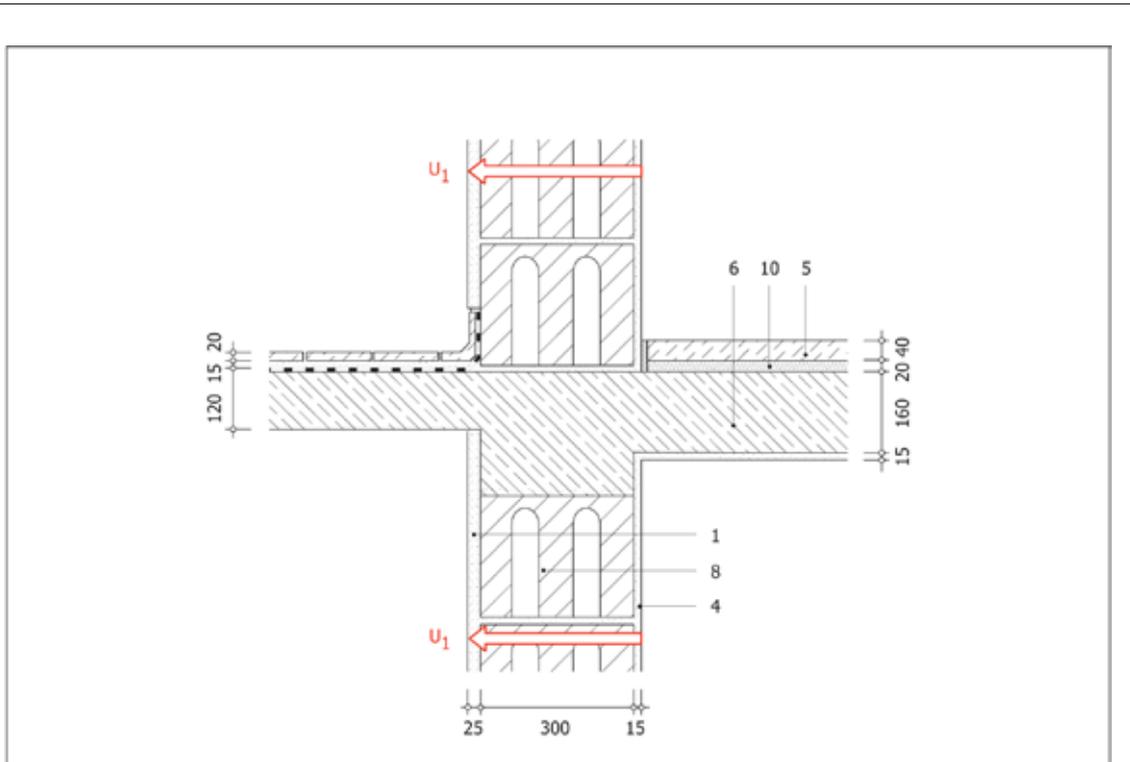


Abbildung 3.3.5 Schaffung eines thermischen Pufferraumes durch Einhausung der Balkone mit Schiebeelementen (Einfachverglasung), Beispiel: Sanierung eines Punkthauses (Baujahr 1968) in Ingolstadt durch Adam Architekten, München (2003); Bildquelle: [Richarz et al. 2006]

Tabellenteil

Auf den folgenden Seiten finden Sie die im Text angeführten Auszüge aus dem Wärmebrückenkatalog für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen zur Vermeidung von Schimmelpilzen [Hauser/Stiegel 2006].

**Baustoffe:**

Nr.	Material	Rohdichte ρ [kg/m ³]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/(m·K)]
1	Kalkzementputz	1800	0,87
4	Gipsputz	1400	0,87
5	Estrich	2000	1,40
6	Beton	2400	2,10
8	Mauerwerk	900	0,46
10	Wärmedämmstoff	10	0,04

U-Werte:

$$U_1 = 1,15 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

Beschreibung:

Eine auskragende Balkonplatte, wie sie oben abgebildet ist, stellt bei vielen Altbauten ein großes Problem dar, da hier -besonders nach durchgeführten Sanierungsmaßnahmen- ein starker Wärmebrückeneffekt auftritt. Die hier dargestellte Variante ist der unsanierte Ausgangsfall einer Balkonplatte und einer monolithischen Außenwand.

Abbildung 3.3.6 auskragende Balkonplatte, Mauerwerk – Ausgangszustand, Parameter, aus Wärmebrückenatlas für den Gebäudebestand [Hauser/Stiegel 2006]

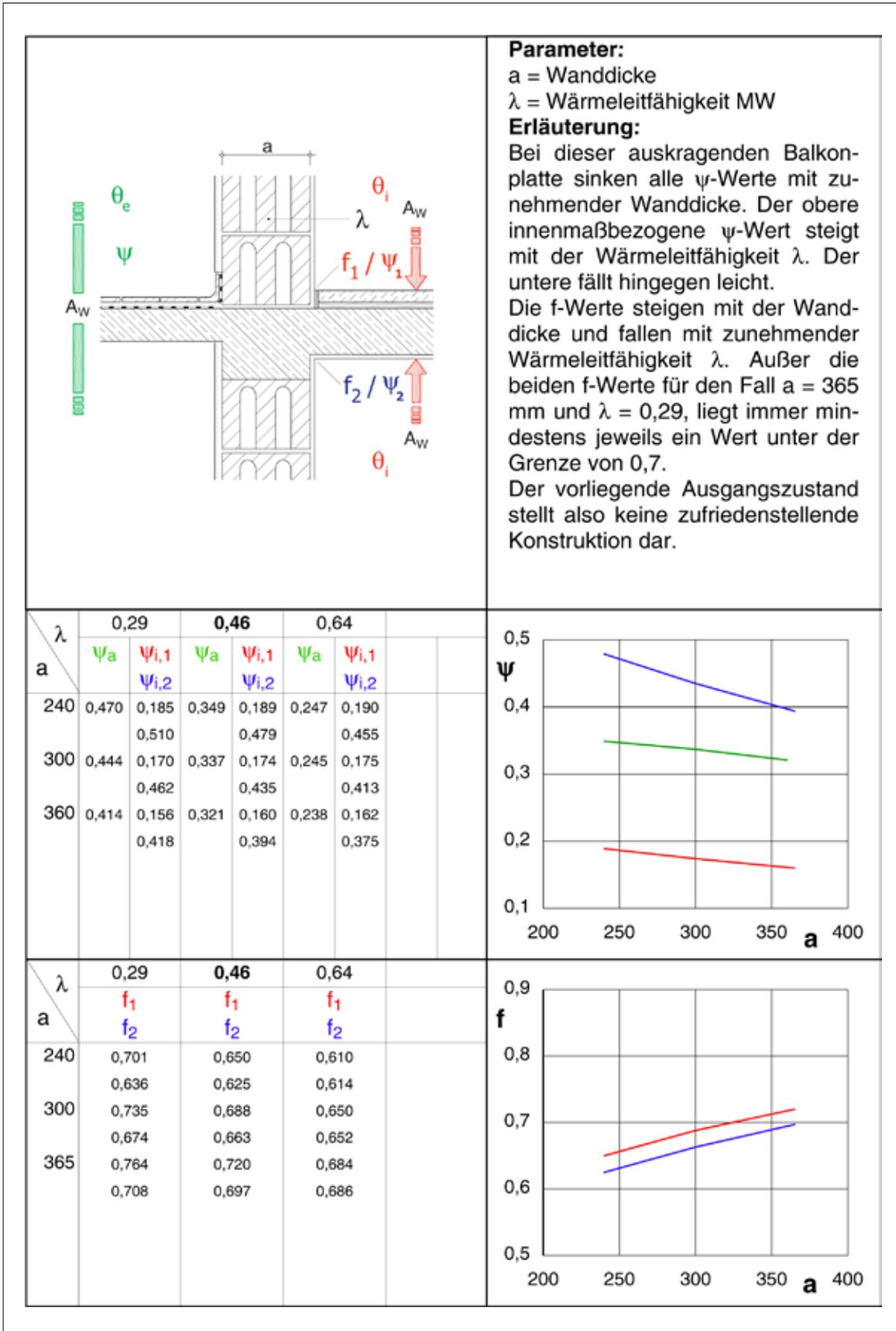
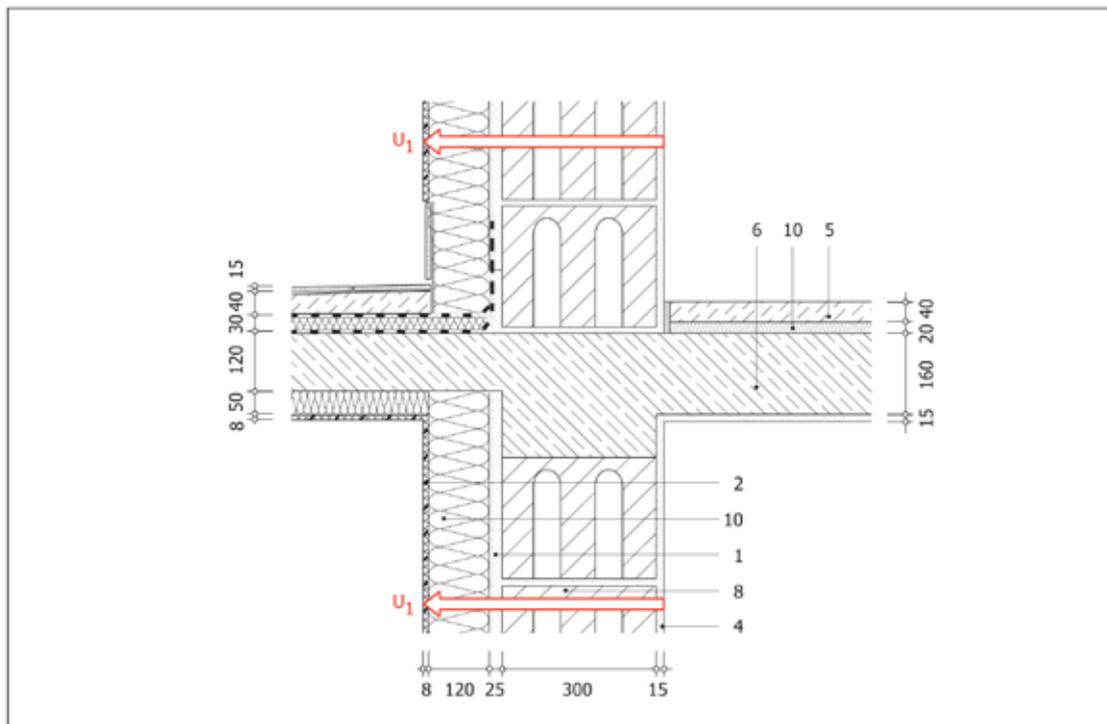


Abbildung 3.3.7 auskragende Balkonplatte, Mauerwerk – Ausgangszustand, Wärmebrückenverlustkoeffizienten, Temperaturfaktoren, aus Wärmebrücken katalog für den Gebäudebestand [Hauser/Stiegel 2006]

**Baustoffe:**

Nr.	Material	Rohdichte ρ [kg/m ³]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/(m·K)]
1	Kalkzementputz	1800	0,87
2	Kunststoffputz, armiert	1100	0,70
4	Gipsputz	1400	0,87
5	Estrich	2000	1,40
6	Beton	2400	2,10
8	Mauerwerk	900	0,46
10	Wärmedämmstoff	10	0,04

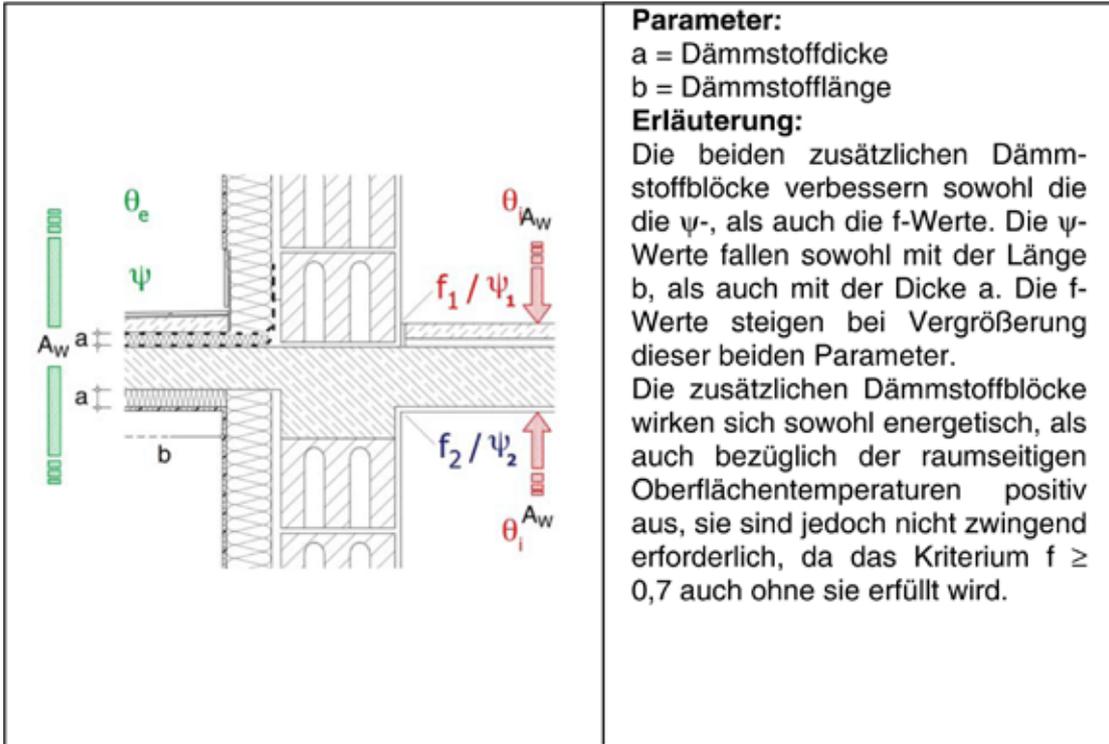
U-Werte:

$$U_1 = 0,26 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

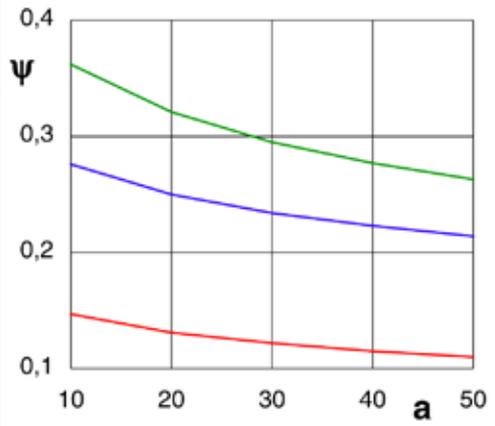
Beschreibung:

Bei dieser Variante ist neben dem Wärmedämmverbundsystem auf der Außenwand auch die Balkonplatte von oben und von unten mit Dämmstoff versehen.

Abbildung 3.3.8 auskragende Balkonplatte, Mauerwerk – außengedämmt, Balkonplatte beidseitig gedämmt, Parameter, aus Wärmebrücken katalog für den Gebäudebestand [Hauser/Stiegel 2006]



a \ b	300		500		1000		∞	
	ψ_a	$\psi_{i,1}$ $\psi_{i,2}$	ψ_a	$\psi_{i,1}$ $\psi_{i,2}$	ψ_a	$\psi_{i,1}$ $\psi_{i,2}$	ψ_a	$\psi_{i,1}$ $\psi_{i,2}$
10	0,365	0,148 0,278	0,362	0,147 0,276	0,361	0,146 0,275	0,361	0,146 0,275
20	0,330	0,135 0,256	0,321	0,131 0,250	0,318	0,130 0,249	0,318	0,130 0,248
30	0,310	0,127 0,243	0,295	0,122 0,234	0,290	0,120 0,231	0,289	0,120 0,230
40	0,296	0,122 0,235	0,277	0,115 0,223	0,268	0,111 0,217	0,267	0,111 0,217
50	0,286	0,118 0,228	0,263	0,110 0,214	0,250	0,105 0,206	0,249	0,104 0,206



a \ b	300		500		1000		∞	
	f_1	f_2	f_1	f_2	f_1	f_2	f_1	f_2
10	0,858	0,841	0,859	0,842	0,859	0,842	0,859	0,842
20	0,866	0,851	0,868	0,853	0,869	0,854	0,869	0,854
30	0,871	0,856	0,874	0,860	0,875	0,861	0,875	0,861
40	0,874	0,859	0,878	0,864	0,880	0,867	0,880	0,867
50	0,876	0,862	0,881	0,868	0,884	0,871	0,884	0,872

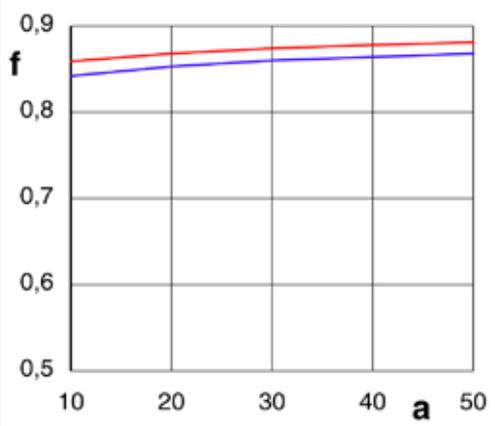
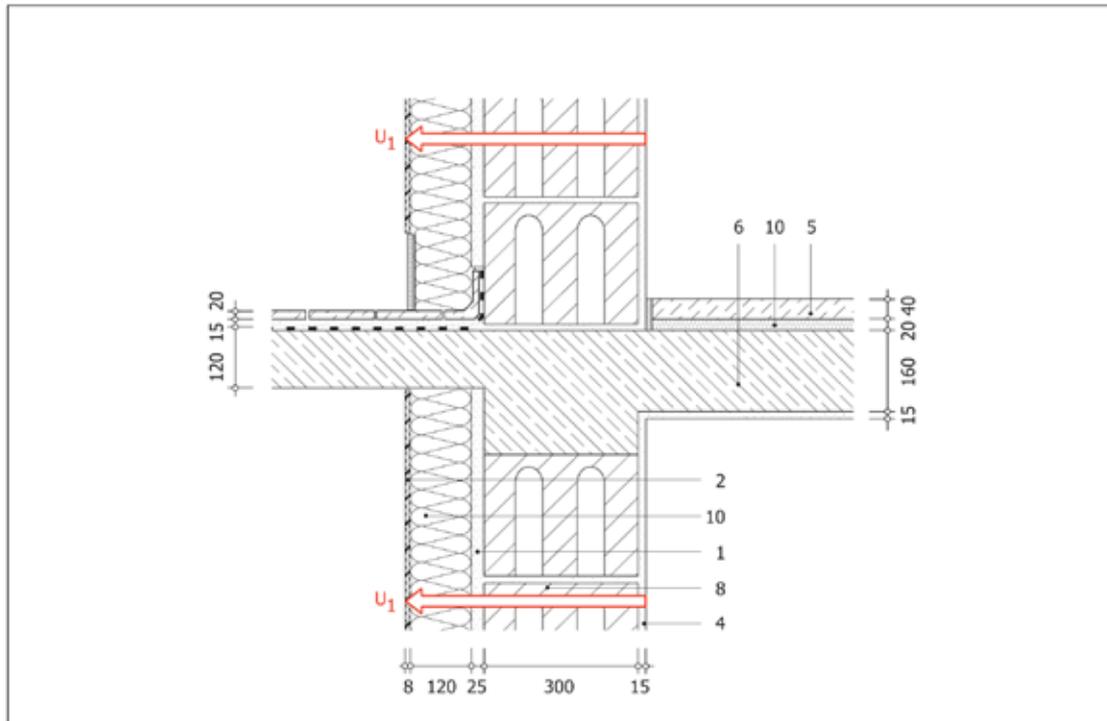


Abbildung 3.3.9 auskragende Balkonplatte, Mauerwerk – außengedämmt, Balkonplatte beidseitig gedämmt, Wärmebrückenverlustkoeffizienten, Temperaturfaktoren, aus Wärmebrückenatlas für den Gebäudebestand [Hauser/Stiegel 2006]

**Baustoffe:**

Nr.	Material	Rohdichte ρ [kg/m ³]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/(m·K)]
1	Kalkzementputz	1800	0,87
2	Kunststoffputz, armiert	1100	0,70
4	Gipsputz	1400	0,87
5	Estrich	2000	1,40
6	Beton	2400	2,10
8	Mauerwerk	900	0,46
10	Wärmedämmstoff	10	0,04

U-Werte:

$$U_1 = 0,26 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

Beschreibung:

Bei dieser Sanierungsvariante ist die Außenwand gegenüber dem Ausgangszustand mit einem Wärmedämmverbundsystem versehen. An der Balkonplatte werden hier keine weiteren Maßnahmen getroffen.

Abbildung 3.3.10 auskragende Balkonplatte, Mauerwerk – außengedämmt, Parameter, aus Wärmebrücken katalog für den Gebäudebestand [Hauser/Stiegel 2006]

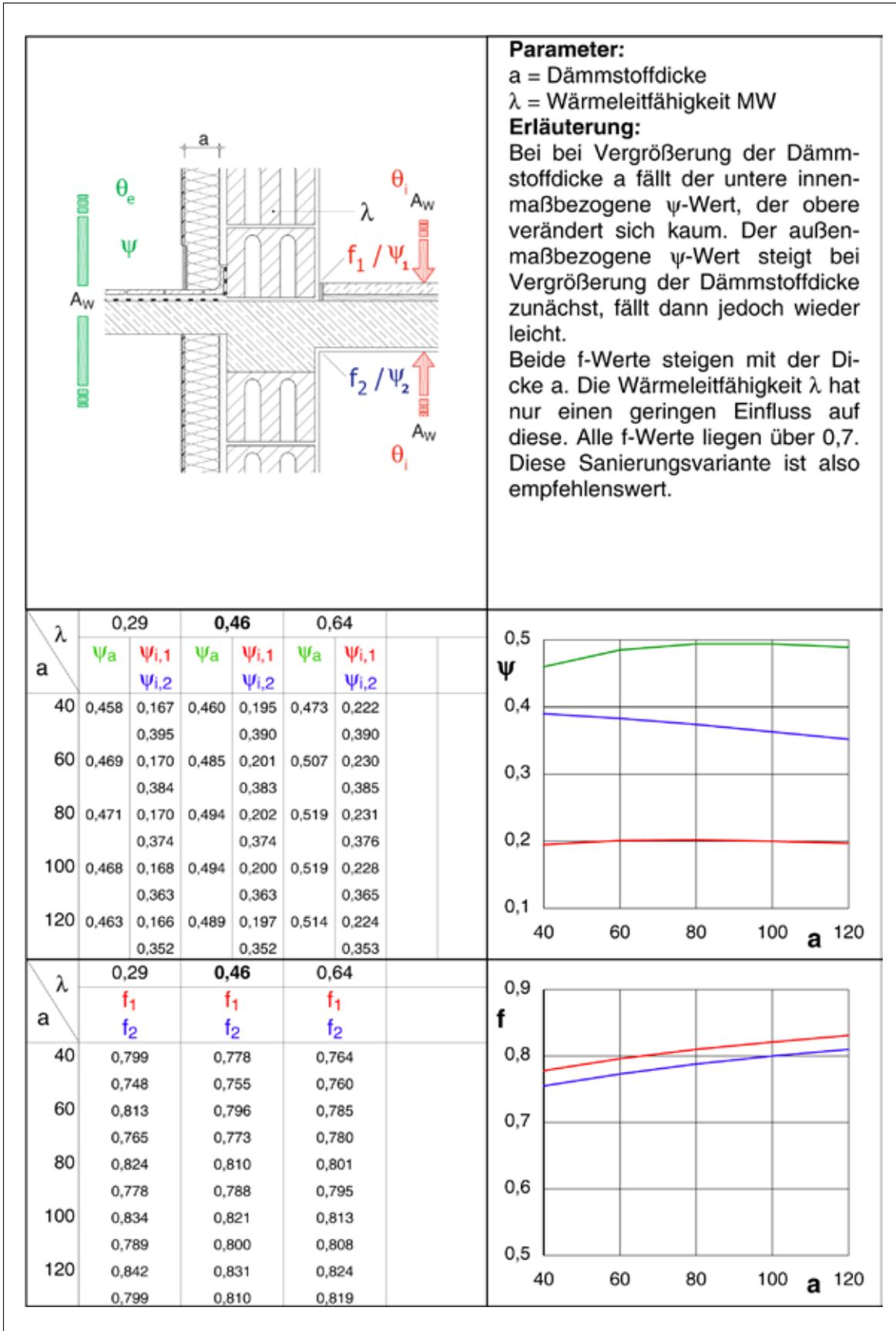


Abbildung 3.3.11 auskragende Balkonplatte, Mauerwerk – außengedämmt, Wärmebrückenverlustkoeffizienten, Temperaturfaktoren, aus Wärmebrücken katalog für den Gebäudebestand [Hauser/Stiegel 2006]



3.4 Begeh- und befahrbare Flachdachkonstruktionen



Abbildung 3.4.1 Schwellenausbildung am Ausgang zur begehbaren Dachterrasse, Hauptgebäude der TU München

Problematik

Sollen begeh- und befahrbare Flachdachkonstruktionen nachträglich gedämmt werden, stellt die erforderliche Erhöhung des Fußbodenaufbaus ein Problem dar: zur Erfüllung der bauteilbezogenen Anforderung der Energieeinsparverordnung [EnEV 2007] von $U_D \leq 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ an bestehende Flachdächer (siehe auch Kapitel 2 Anforderungen), sind – abhängig von der Wärmeleitfähigkeit λ des verwendeten Dämmstoffes – Materialstärken von ca. 15 cm notwendig.

Durch den erhöhten Bodenaufbau kann es an den Anschlusspunkten an andere Bauteile wie z.B. Terrassentüren oder Dachränder zu konstruktiven Schwierigkeiten kommen. Die in [DIN 18195 Teil 5] empfohlene Aufkantungshöhe der Abdichtung von mindestens 15 cm kann teilweise nicht mehr eingehalten werden. Flächenbündige Terrassenanschlüsse, wie in Abbildung 3.4.1 zu sehen, müssen grundsätzlich neu gelöst werden. Die Höhe der Absturzsicherung muss ggf. angepasst werden, um die erforderliche Absturzsicherheit auch weiterhin zu gewährleisten.

Mögliche Lösungsansätze

Prinzipiell hängt die Wahl eines geeigneten Sanierungssystems von der Bestandsituation ab: ist der vorhandene Dachaufbau in Ordnung, kann eine Zusatzdämmung aufgebracht werden. Bei beschädigtem Dachaufbau muss dieser komplett erneuert werden. In einigen wenigen Fällen, etwa bei sehr hohen Raumhöhen, kann auch eine Sanierung von unten sinnvoll sein. Um zu hohe Aufbauhöhen zu vermeiden kann in allen Fällen der Einbau von Vakuumdämmpaneelen sinnvoll sein.

a) Zusatzdämmung von oben

Die Anordnung einer zusätzlichen Dämmschicht in Form eines Umkehrdachs stellt die einfachste energetische Sanierungsmöglichkeit dar (siehe Abbildung 3.4.3). Für diese Kombination eines herkömmlichen mit einem umgekehrten Dachaufbau (sogenanntes DUO-Dach) ist es jedoch unbedingt erforderlich, dass die vorhandene Dachhaut intakt ist. Zum Einsatz kommen hier nur feuchteunempfindliche druckfeste Dämmstoffe wie z.B. extrudierter Polystyrol-Hartschaum, die auf die vorhandene wasserführende Schicht aufgelegt werden. Durch diesen Sanierungsansatz nimmt die Höhe des Dachaufbaus um ca. 16 cm zu, was zu konstruktiven Schwierigkeiten an den Anschlußpunkten führen kann.

b) Erneuerung des Dachaufbaus

Ist das vorhandene Dach beschädigt, empfiehlt sich ein Austausch des kompletten Dachaufbaus. Hierfür wird der vorhandene Dachaufbau bis auf die tragende Schicht (bzw. auf den Gefällestrich) entfernt und durch einen neuen, höherwertig gedämmten Aufbau ersetzt (siehe Abbildung 3.4.4).

Kommen anstelle konventioneller Dämmstoffe Vakuumdämmpaneele (VIP) zum Einsatz (siehe Abbildung 3.4.5), ist es möglich, die Anforderungen der Energieeinsparverordnung einzuhalten, ohne einen höheren Dachaufbau zu erhalten. Damit bleiben die Anschlussdetails an Attika und Zugang unverändert. Die Vakuumdämmpaneele sind beidseitig vor mechanischer Beschädigung zu schützen, da sie sonst ihre Dämmwirkung verlieren (beispielsweise mit je 10 mm Polystyrolhartschaum).

c) Innendämmung

Ist eine Sanierung von außen nicht möglich, so kann die energetische Ertüchtigung des Flachdaches in Ausnahmefällen auch durch Anbringen einer Dämmschicht von unten erfolgen (siehe Abbildungen 3.4.6 und 3.4.7).

Damit ändert sich allerdings das feuchtetechnische Verhalten des Bauteils. Durch die Innendämmung wird der Taupunkt ins Bauteilinnere verschoben. Bei unsorgfältiger Planung und Ausführung kann es zu Tauwasserausfall im Bauteil kommen. Hierzu muss im Einzelfall eine feuchtetechnische Untersuchung, ggf. unter Zuhilfenahme eines instationären Berechnungsprogramms wie z.B. wufi¹ durchgeführt werden.

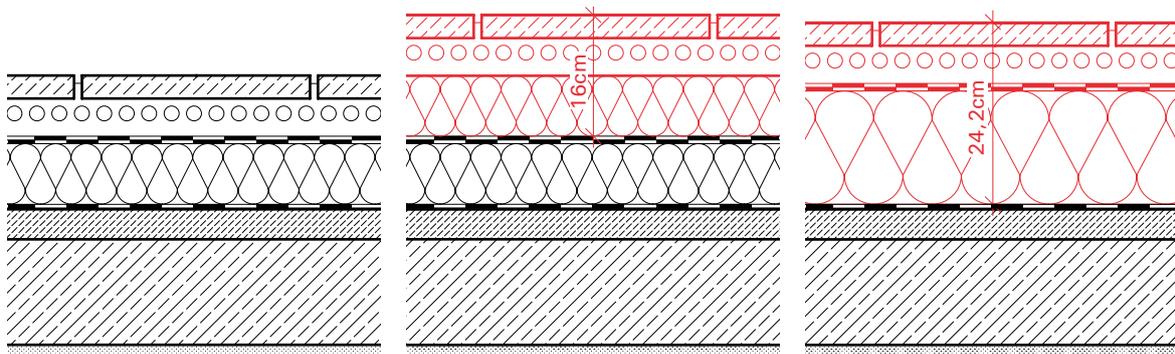
Darüber hinaus wird die Raumhöhe der betroffenen Räume reduziert. In manchen Fällen können die Anforderungen der jeweiligen Landesbauordnung an das Mindestmaß für die lichte Raumhöhe von Aufenthaltsräumen nicht mehr eingehalten werden.

Die Durchführung einer Innendämmmaßnahme beeinträchtigt die Nutzung eines Raumes für die Dauer der Bauarbeiten, und ist daher einfacher in nicht bewohntem Zustand durchzuführen.

d) Mischformen

In zahlreichen Fällen bieten sich auch Mischkonstruktionen an, bei denen die Dämmschicht von oben so dick ausgeführt wird, wie es konstruktiv sinnvoll ist. Die für die Erfüllung der EnEV-Anforderungen zusätzlich erforderliche Dämmung wird von unten angebracht (siehe Projektbeispiel, Abbildung 3.4.10).

Es gelten die selben Einschränkungen wie bei Punkt c) Innendämmung.



Aufbau (von oben nach unten):

Gehbelag
Kiesbett
wasserführende Schicht, 2 Lagen
Bitumendachbahnen
Wärmedämmung
Dampfdruckausgleichsschicht
Gefälleestrich
Deckenplatte Stahlbeton
Innenputz

$$U_D = 0,48 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Abbildung 3.4.2
Bestand

Aufbau (von oben nach unten):

Gehbelag
Kiesbett
Zusatzdämmung Schaumglas
WLG 035, d=80 mm
wasserführende Schicht, 2 Lagen
Bitumendachbahnen
Wärmedämmung
Dampfdruckausgleichsschicht
Gefälleestrich
Deckenplatte Stahlbeton
Innenputz

$$U_D = 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Abbildung 3.4.3
Zusätzliche Dämmebene auf
vorhandener intakter Dachhaut
(DUO-Dach)

Aufbau (von oben nach unten):

Gehbelag
Kiesbett
wasserführende Schicht, 2 Lagen
Bitumendachbahnen
Wärmedämmung
WLG 035, d = 15 cm
Dampfdruckausgleichsschicht
Gefälleestrich
Deckenplatte Stahlbeton
Innenputz

$$U_D = 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Abbildung 3.4.4
Erneuerung des Dachaufbaus 1:
konventionelle Dämmung

1 Software zur Berechnung des gekoppelten Wärme- und Feuchtetransports in Bauteilen (<http://www.wufi.de>)

Bauteilanschlüsse

Attika

Der durch die Zusatzdämmung höhere Dachaufbau bedingt unter Umständen eine Erhöhung der Attika (siehe Abbildungen 3.4.8 und 3.4.9). Die Dachabdichtung sollte mindestens 15 cm über die Belagsoberfläche (Oberkante der Kiesschicht) geführt werden [Flachdachrichtlinien 2001]. Zu beachten ist die Durchgängigkeit der Dämmebene um Wärmebrücken zu vermeiden. Hierzu kann die ohnehin notwendige Erhöhung der Attika so ausgeführt werden, dass der Hohlraum zwischen zwei Kanthölzern mit Dämmstoff ausgefüllt wird (Abbildung 3.4.8 und 3.4.9).

Schwelle

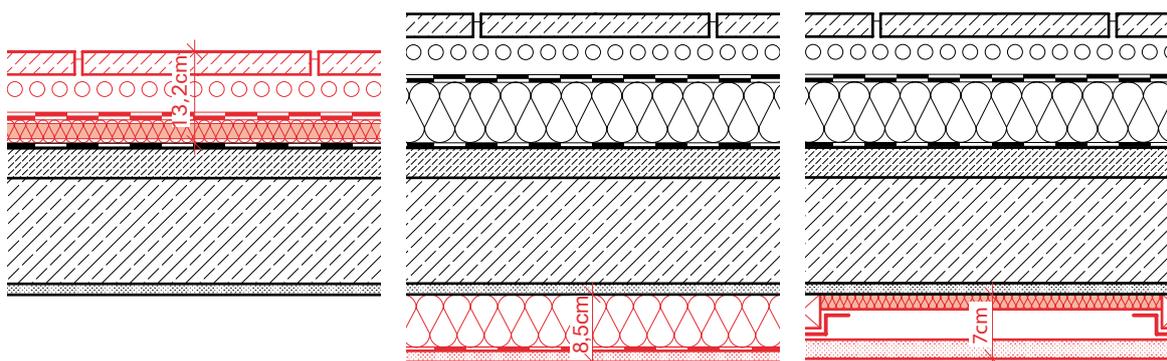
Am Anschluss an aufgehende Bauteile bzw. am Zugang (Terrassentür) müssen ggf. Unterkonstruktionen eingebaut werden. Vor der Terrassentür kann eine flache Rinne für den erforderliche Schlagregenschutz (bei gleichzeitiger Barrierefreiheit) sorgen. Genaue Details müssen den jeweiligen Herstellerinformationen entnommen werden.

Auch hier gilt: keine Unterbrechung der Dämmebene zur Vermeidung von Wärmebrücken.

Materialien

Die eingesetzten Dämmstoffe (plattenförmige Dämmstoffe aus Mineralfaser, Polystyrol, PU-Hartschau, Schaumglas u.ä.) müssen gemäß [DIN 4108 Teil 10] für die Anwendungsgebiete DAA bzw. DUK geeignet sein und eine hohe (Dachterrassen) bis extrem hohe (Parkdecks) Druckbelastbarkeit aufweisen.

Um hohe Aufbauhöhen zu vermeiden, empfiehlt sich der Einsatz von Vakuumdämmpaneelen. Diese müssen beidseitig vor mechanischer Beschädigung geschützt werden, um ihre Dämmwirkung nicht zu verlieren. Die



Aufbau (von oben nach unten):

- Gehbelag
- Kiesbett
- wasserführende Schicht, 2 Lagen Bitumendachbahnen
- Wärmedämmung
 - Polystyrol WLG 040, d=10 mm
 - VIP WLG 005, d=20 mm
 - Polystyrol WLG 040, d=10 mm
- Dampfdruckausgleichsschicht
- Gefälleestrich
- Deckenplatte Stahlbeton
- Innenputz

$U_D = 0,21 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Abbildung 3.4.5
Erneuerung des Dachaufbaus 2:
Vakuumdämmpaneelle

Aufbau (von oben nach unten):

- Gehbelag
- Kiesbett
- wasserführende Schicht, 2 Lagen Bitumendachbahnen
- Wärmedämmung
- Dampfdruckausgleichsschicht
- Gefälleestrich
- Deckenplatte Stahlbeton
- Innenputz
- Innendämmung Mehrschichtleichtbauplatte WLG 035, d=70 mm
- Innenputz

$U_D = 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Abbildung 3.4.6
Innendämmung 1:
konventionelle Dämmung

Aufbau (von oben nach unten):

- Gehbelag
- Kiesbett
- wasserführende Schicht, 2 Lagen Bitumendachbahnen
- Wärmedämmung
- Dampfdruckausgleichsschicht
- Gefälleestrich
- Deckenplatte Stahlbeton
- Innenputz
- Holzunterkonstruktion 50/50, dazwischen Vakuumdämmpaneelle 500/1200 WLG 005, d = 20 mm
- Installationsebene
- Innenbeplankung Gipskarton

$U_D = 0,22 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Abbildung 3.4.7
Innendämmung 2:
Vakuumisulationspaneel

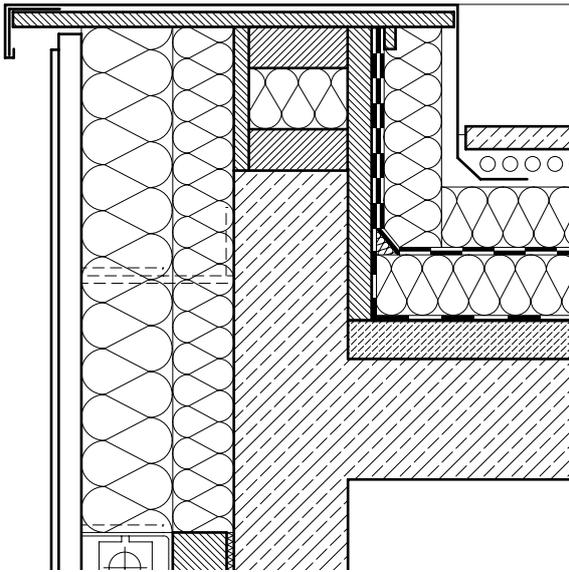


Abbildung 3.4.8 Erhöhung der Attika: Zusatzdämmung als Umkehrdach (siehe Abbildung 3.4.3) nach [Richarz et al. 2006]

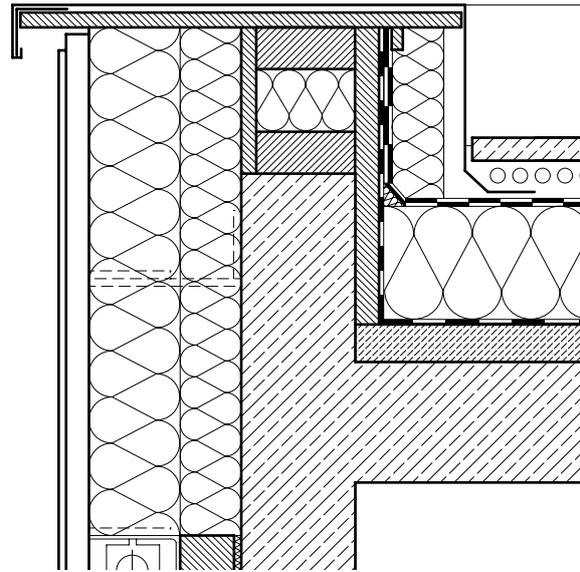


Abbildung 3.4.9 Erhöhung der Attika: Ersatz der vorhandenen Dämmschicht (siehe Abbildung 3.4.4) nach [Richarz et al. 2006]

Mehrkosten für Vakuumdämmpaneele amortisieren sich, situationsabhängig, durch die Umgehung konstruktiver Probleme an anschließenden Bauteilen (siehe Wirtschaftlichkeitsbetrachtung im Tabellenteil dieses Kapitels).

Projektbeispiel: Sanierung eines Terrassenhauses (Baujahr 1966) bei Zürich

Planung: Harder und Spreyermann, Zürich (2005)

Bei diesem Terrassenhaus aus dem Jahr 1966 wurde im Zuge einer Gesamtanierung die erforderliche Dämmstärke des Daches von insgesamt 14 cm sowohl von aussen (8 cm) als auch von innen (6 cm) angebracht. Eine Erhöhung des Dachaufbaus war nicht möglich, da das Gesamtterscheinungsbild des Gebäudes nicht verändert werden sollte. Daher musste auch die Dämmung der Außenwände von innen erfolgen. Trotz der aus heutiger Sicht energetisch ungünstigen Auskrägung der Deckenplatte konnten Wärmebrücken weitgehend vermieden werden.

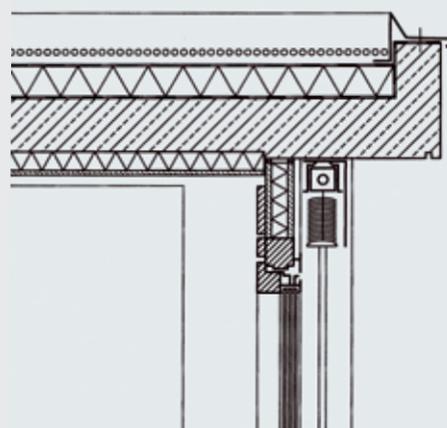


Abbildung 3.4.10 Terrassenhaus bei Zürich, Ansicht (links), Detailausbildung Dachrand (rechts), Bildquelle: [Richarz et al. 2006]

Tabellenteil

Kosten, Wirtschaftlichkeit

Bei der Aufstellung der Investitionskosten in Tabelle 3.4.1 wurde davon ausgegangen, dass ein sanierungsbedürftiges begehbare Flachdach sowieso durch eine Erneuerung der beschädigten Abdichtung und den dadurch bedingten Ersatz der, durch die eingedrungene Feuchtigkeit beschädigten Dämmschicht saniert werden muss. Dem simplen Austausch der alten Dämmung durch eine gleichdicke neue Dämmschicht wurden der Mehraufwand für folgenden Alternativen gegenübergestellt:

- Einbau einer dickeren Dämmschicht mit allen damit verbundenen Anschlußproblemen an Attika, Schwellen etc..
- Einbau von Vakuumdämmpaneelen, durch die, bei unveränderter Dämmschichtdicke und damit Vermeidung der oben genannten Anschlußprobleme, ein weitaus besserer Dämmstandard erreicht werden kann.

Tabelle 3.4.1 Aufstellung der Investitionskosten der in Abbildung 3.4.3 - 3.4.7 dargestellten Sanierungsansätze

Maßnahme	ca. Kosten* [€ / m ²]		Amortisationszeit** [a]		
	gesamt	abzügl. Sowieso- kosten	inflationbereinigte Preissteigerung		
			2%	4%	6%
konventioneller Dämmstoff, d = 0,15 m, $\lambda = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ Erhöhung der Attika U-Wert nach Sanierung: 0,25 W/(m ² K)	200.-	25.-	10,8	9,8	9,1
konventioneller Dämmstoff, d = 0,15 m, $\lambda = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ Erhöhung des Geländers U-Wert nach Sanierung: 0,25 W/(m ² K)	190.-	20.-	7,1	6,7	6,3
konventioneller Dämmstoff, d = 0,15 m, $\lambda = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ Erhöhung der Attika, Geländer neu U-Wert nach Sanierung: 0,25 W/(m ² K)	215.-	45.-	19,6	16,5	14,5
VIP Standardformate, d = 0,02 m, $\lambda = 0,005 \text{ m}^2\text{K/W}$ U-Wert nach Sanierung: 0,21 W/(m ² K)	245.-	75.-	---	26,7	21,8
VIP Sonderformate, d = 0,02 m, $\lambda = 0,005 \text{ m}^2\text{K/W}$ U-Wert nach Sanierung: 0,21 W/(m ² K)	295.-	120.-	---	---	32,6
VIP Standardformate, d = 0,03 m, $\lambda = 0,005 \text{ m}^2\text{K/W}$ U-Wert nach Sanierung: 0,15 W/(m ² K)	265.-	95.-	---	30,1	24,0
VIP Sonderformate, d = 0,03 m, $\lambda = 0,005 \text{ m}^2\text{K/W}$ U-Wert nach Sanierung: 0,15 W/(m ² K)	330.-	155.-	---	---	35,5

* abzüglich aller sowieso anfallenden Kosten für Abbruch und Entsorgung des vorhandenen Dachaufbaus (Plattenbelag, Kiesbett, Abdichtung, Wärmedämmung) und Anlieferung und Einbau bzw. Verlegung einer neuen Dämmschicht, zweilagige Abdichtung mit Anschluß an Attika, Kiesbett, Plattenbelag; bezogen auf ein einfaches begehbare Flachdach mit A = 300 m² und b/l = 10/30 m; gerundet auf 5.- €;

** ausgehend von einem Bestands-U-Wert von 0,67 W/(m²K), moderner Anlagentechnik (Gasbrennwerttechnik, $e_g = 1,37$), einem Energiepreis von 0,06 €/kWh und einem Darlehenszinssatz von 4%;



3.5 Erdgeschossfußböden

Problematik

Bei nicht unterkellerten Gebäuden, kann eine nachträgliche Dämmung des Erdgeschossfußbodens nur von oben aufgebracht werden. Durch Aufbringen einer Zusatzdämmung auf den vorhandenen Bodenaufbau nimmt die Stärke des Fußbodenaufbaus zu, damit ergeben sich eine Vielzahl von Problemen bezüglich

- der Barrierefreiheit: die in der Regel höhere Aufbauhöhe des neuen Fußbodenaufbaus verändert die Anschlüsse an den Schwellen;
- der lichten Raumhöhe: durch den höheren Fußbodenaufbau nimmt die Raumhöhe ab, was vor allem in historischen Gebäuden mit relativ geringen Raumhöhen zu einer Einschränkung der Nutzbarkeit führen kann (so erfordert beispielsweise die Bayerische Bauordnung eine lichte Raumhöhe von mindestens 2,40 m für Aufenthaltsräume);
- des Denkmalschutzes: ist der vorhandene Fußbodenbelag erhaltenswert, ist ein Aus- bzw. Überbau desselben nicht denkbar; sowie
- des Feuchteverhaltens: für Erdgeschossfußböden ergeben sich Probleme hinsichtlich aufsteigender Feuchte wie im Keller.

Ähnliches gilt für Gebäude, bei denen Keller und Erdgeschoss unterschiedliche Eigentümer haben und eine Dämmung auf der Unterseite der Kellerdecke nur mit Einverständnis des Kellereigentümers ausgeführt werden kann.

Mögliche Lösungsansätze

Welcher der folgenden Lösungsansätze im Individualfall gewählt werden sollte, hängt von der baulichen Situation im Bestand ab. Grundsätzlich kann zwischen historischen Fußbodenaufbauten, bei welchen der untere Gebäudeabschluß in der Regel lediglich durch eine Natursteinlage in einem Sandbett gebildet wird (Abbildung 3.5.1) und neuzeitlichen Konstruktionen mit Stahlbetonbodenplatte (Abbildung 3.5.5) unterschieden werden. Die Abbildungen 3.5.2 bis 3.5.4 bzw. 3.5.6 bis 3.5.10 zeigen für diese beiden Ausgangssituationen verschiedene Lösungsansätze im Vergleich.

a) Zusatzdämmung auf den vorhandenen Fußbodenaufbau

Historische Fußbodenaufbauten

Soll die Dämmung eines historischen Fußbodenaufbaus, etwa Feldsteine in einem Sandbett (siehe Abbildung 3.5.1) energetisch saniert werden, ohne den vorhandenen Fußbodenaufbau zu verändern, so finden dieselben Prinzipien Anwendung, wie bei der Sanierung von Stahlbetonbodenplatten (siehe unten). Im Unterschied zu moderneren Konstruktionen, bei denen in der Regel eine horizontale Abdichtung gegen aufsteigende Feuchtigkeit vorhanden ist, muss diese hier durch entsprechende Maßnahmen (Anschluss an die Horizontalabdichtung im aufgehenden Mauerwerk) sichergestellt werden.

Stahlbetonbodenplatte, ca. 1970

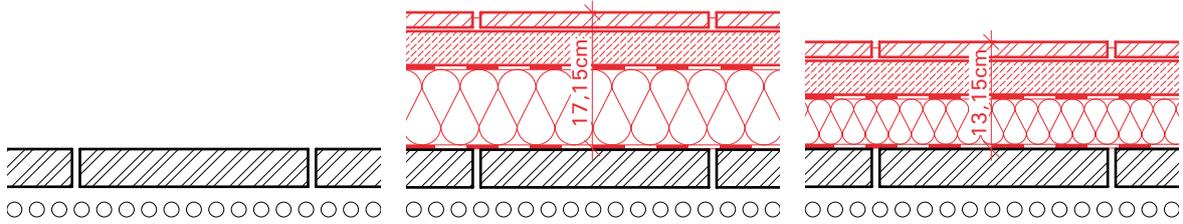
Eine zusätzliche Dämmung kann, sofern im Bestand keine Feuchteprobleme bestehen, einfach auf den vorhandenen Fußboden aufgelegt werden. Das führt zu einer Erhöhung der Bodenaufbauten, hat aber den Vorteil, dass der kostenintensive Ausbau des vorhandenen Fußbodenaufbaus entfällt. Je nach vorhandener Raumhöhe bietet es sich an, die Dämmschicht so auszulegen, dass der an den Türen zu überwindende Höhenunterschied genau einer Treppenstufe (also ca. 17 cm) entspricht (siehe Abbildung 3.5.6). Ist das aufgrund einer zu geringen Raumhöhe nicht möglich bzw. nicht gewünscht, so lässt sich die Anforderung der Energieeinsparverordnung von $U_g \leq 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ auch unter Einsatz eines konventionellen Dämmstoffes mit einer zusätzlichen Aufbauhöhe von ca. 8 cm erfüllen (siehe Abbildung 3.5.7).

Setzt man Vakuumdämmpaneele (siehe Abbildung 3.5.8) ein, so lässt sich der zusätzliche Aufbau auf ca. 6,5 cm reduzieren. Mit dem so erreichbaren U-Wert von ca. $0,31 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ werden die Anforderungen der [EnEV 2007] deutlich erfüllt. Wichtig ist, die Vakuumdämmpaneele beidseitig vor mechanischer Beschädigung zu schützen, da sie sonst ihre guten Dämmeigenschaften verlieren. Hersteller bieten entsprechende Produkte, die beidseitig, beispielsweise mit Bautenschutzmatte, kaschiert sind, an.

b) Erneuerung des Fußbodenaufbaus

Historische Fußbodenaufbauten

Ist, wie bei Fachwerkbauten teilweise der Fall, keine Bodenplatte vorhanden, ist auch ein Abgraben und eine Erneuerung des Untergrundes denkbar. Die Einbautiefe der neuen Bodenplatte wird an die situationsbedingten Erfordernisse angepasst. weiter auf Seite 67 →



Bodenaufbau Bestand:
Feldsteine
Sandbett

$$U_{G, \text{Bestand}} = 5,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Abbildung 3.5.1
Bestand Feldsteine in Sandbett

Aufbau neu (von oben nach unten):

Naturstein, $d = 20 \text{ mm}$
Mörtelbett (Dünnbett), $d = 5 \text{ mm}$
Anhydritestrich, $d = 45 \text{ mm}$
Trennlage PE-Folie
Trittschalldämmung, z.B. Holzfaserdämmplatte 22/21 mm
Wärmedämmung, z.B. druckbelastbare Holzfaserdämmplatte WLG 045, $d=80 \text{ mm}$
Feuchteabdichtung Bitumen, 2-lagig
Bodenaufbau Bestand (siehe links)

$$U_{G, \text{neu}} = 0,39 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

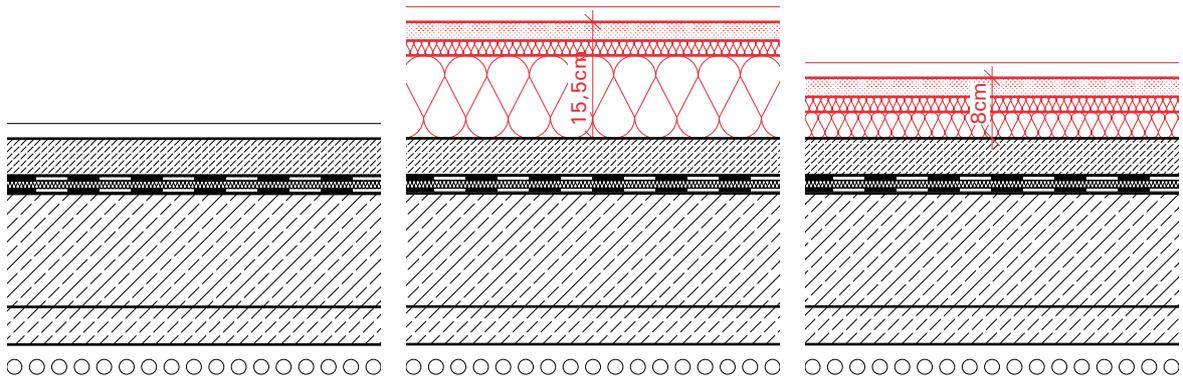
Abbildung 3.5.2
Erhalt des vorhandenen Fußbodenaufbaus, Maximallösung mit konventionellem Dämmstoff (Aufbauhöhe entspricht einer Treppenstufe)

Aufbau neu (von oben nach unten):

Naturstein, $d = 20 \text{ mm}$
Mörtelbett (Dünnbett), $d = 5 \text{ mm}$
Anhydritestrich, $d = 45 \text{ mm}$
Trennlage PE-Folie
Trittschalldämmung, z.B. Holzfaserdämmplatte 22/21 mm
Wärmedämmung, z.B. druckbelastbare Holzfaserdämmplatte WLG 045, $d=55 \text{ mm}$
Feuchteabdichtung Bitumen, 2-lagig
Bodenaufbau Bestand (siehe links)

$$U_{G, \text{neu}} = 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Abbildung 3.5.3
Erhalt des vorhandenen Fußbodenaufbaus, Minimallösung mit konventionellem Dämmstoff (minimal erforderliche Dämmstoffdicke zur Erfüllung der EnEV-Anforderungen)



Bodenaufbau Bestand:

Bodenbelag (nicht dargestellt)
Estrich
Trennlage PE-Folie
Trittschalldämmung Filz
Feuchtigkeitsabdichtung Bitumen
Deckenplatte Stahlbeton
Sauberkeitsschicht Magerbeton
Kiesbett
Erdreich (nicht dargestellt)

$$U_{G, \text{Bestand}} = 2,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Abbildung 3.5.5
Bestand Stahlbetonbodenplatte

Aufbau neu (von oben nach unten):

Bodenbelag (nicht dargestellt)
Trockenestrich, z.B. Gipsfaserplatte, $d=25 \text{ mm}$
Trittschalldämmung, z.B. Holzfaserdämmplatte 22/21 mm
Wärmedämmung, z.B. druckbelastbare Holzfaserdämmplatte WLG 045, $d=120 \text{ mm}$
Bodenaufbau Bestand (siehe links)

$$U_{G, \text{neu}} = 0,26 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Abbildung 3.5.6
Erhalt des vorhandenen Fußbodenaufbaus, Maximallösung mit konventionellem Dämmstoff (Aufbauhöhe entspricht einer Treppenstufe)

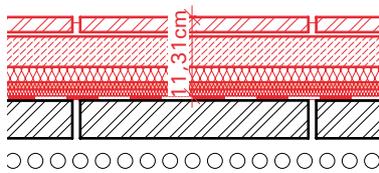
Aufbau neu (von oben nach unten):

Bodenbelag (nicht dargestellt)
Trockenestrich, z.B. Gipsfaserplatte, $d=25 \text{ mm}$
Trittschalldämmung, z.B. Holzfaserdämmplatte 22/21 mm
Wärmedämmung, z.B. druckbelastbare Holzfaserdämmplatte WLG 045, $d=40 \text{ mm}$
Bodenaufbau Bestand (siehe links)

$$U_{G, \text{neu}} = 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Abbildung 3.5.7
Erhalt des vorhandenen Fußbodenaufbaus, Minimallösung mit konventionellem Dämmstoff (minimal erforderliche Dämmstoffdicke zur Erfüllung der EnEV-Anforderungen)

→ Fortsetzung von Seite 65



Aufbau neu (von oben nach unten):

- Naturstein, d = 20 mm
- Mörtelbett (Dünnbett), d = 5 mm
- Anhydritestrich, d = 45 mm
- Trennlage PE-Folie
- Trittschalldämmung, z.B. Polystyrolhartschaum 20/18 mm
- Vakuumdämmung WLG 005, d=10 mm
- Weichfaserplatte, d= 8 mm

Bodenaufbau Bestand (siehe links)

$$U_{G, neu} = 0,35 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Abbildung 3.5.4
Erhalt des vorhandenen Fußbodenaufbaus, Minimallösung mit Vakuumdämmpaneel

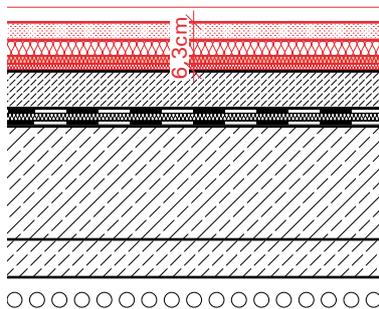
Stahlbetonbodenplatte, ca. 1970

Um zu hohe Aufbauhöhen, und den damit verbundenen Verlust an lichter Raumhöhe, zu vermeiden, empfiehlt es sich, den vorhandenen Fußbodenaufbau zu entfernen und das neue Aufbaupaket direkt auf die Bodenplatte aufzubringen (siehe Abbildung 3.5.9).

Zu große Aufbauhöhen können auch hier durch Einsatz von Vakuumdämmpaneelen (VIP) vermieden werden (siehe Abbildung 3.5.10). Auch hier gilt es, die Vakuumdämmpaneel beidseitig vor mechanischer Beschädigung zu schützen

Materialien

Unterhalb der Abdichtungsebene eingesetzte Dämmmaterialien müssen den Anforderungen DEO bzw. DES gemäß [DIN 4108 Teil 10] entsprechen und mindestens die Produkteigenschaften dg (geringe Druckbelastbarkeit) und wd (Wasseraufnahme durch flüssiges Wasser und/oder Diffusion) aufweisen. Oberhalb der Abdichtungsebene können alle zumindest gering druckbelastbaren Dämmstoffe des Anwendungsgebietes DEO bzw. DES eingesetzt werden.



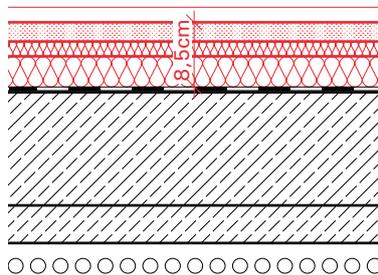
Aufbau neu (von oben nach unten):

- Bodenbelag (nicht dargestellt)
- Trockenestrich, z.B. Gipsfaserplatte, d=25 mm
- Trittschalldämmung, z.B. Polystyrolhartschaum 20/18 mm
- Vakuumdämmung WLG 005, d=10 mm
- Weichfaserplatte, d= 8 mm

Bodenaufbau Bestand (siehe links)

$$U_{G, neu} = 0,31 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Abbildung 3.5.8
Erhalt des vorhandenen Fußbodenaufbaus, Minimallösung mit Vakuumdämmpaneel



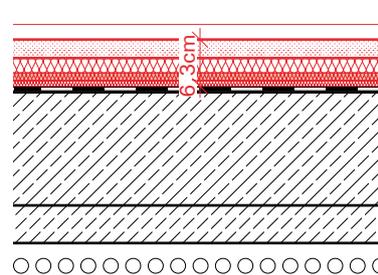
Aufbau neu (von oben nach unten):

- Bodenbelag (nicht dargestellt)
- Trockenestrich, z.B. Gipsfaserplatte, d=25 mm
- Trittschalldämmung, z.B. Holzfaserdämmplatte 22/21 mm
- Wärmedämmung, z.B. druckbelastbare Holzfaserdämmplatte WLG 045, d=50 mm
- Feuchtigkeitsabdichtung Bitumenbahn 2-lagig

Bodenaufbau Bestand (siehe links)

$$U_{G, neu} = 0,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Abbildung 3.5.9
Ausbau des vorhandenen Fußbodenaufbaus, Minimallösung mit konventionellem Dämmstoff (minimal erforderliche Dämstoffdicke zur Erfüllung der EnEV-Anforderungen)



Aufbau neu (von oben nach unten):

- Bodenbelag (nicht dargestellt)
- Trockenestrich, z.B. Gipsfaserplatte, d=25 mm
- Trittschalldämmung, z.B. Polystyrolhartschaum 20/18 mm
- Vakuumdämmung WLG 005, d=10 mm
- Weichfaserplatte, d= 8 mm
- Feuchtigkeitsabdichtung Bitumenbahn 2-lagig

Bodenaufbau Bestand (siehe links)

$$U_{G, neu} = 0,34 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Abbildung 3.5.10
Ausbau des vorhandenen Fußbodenaufbaus, Minimallösung mit Vakuumdämmpaneel



3.6 Versetzte Reihenhäuser

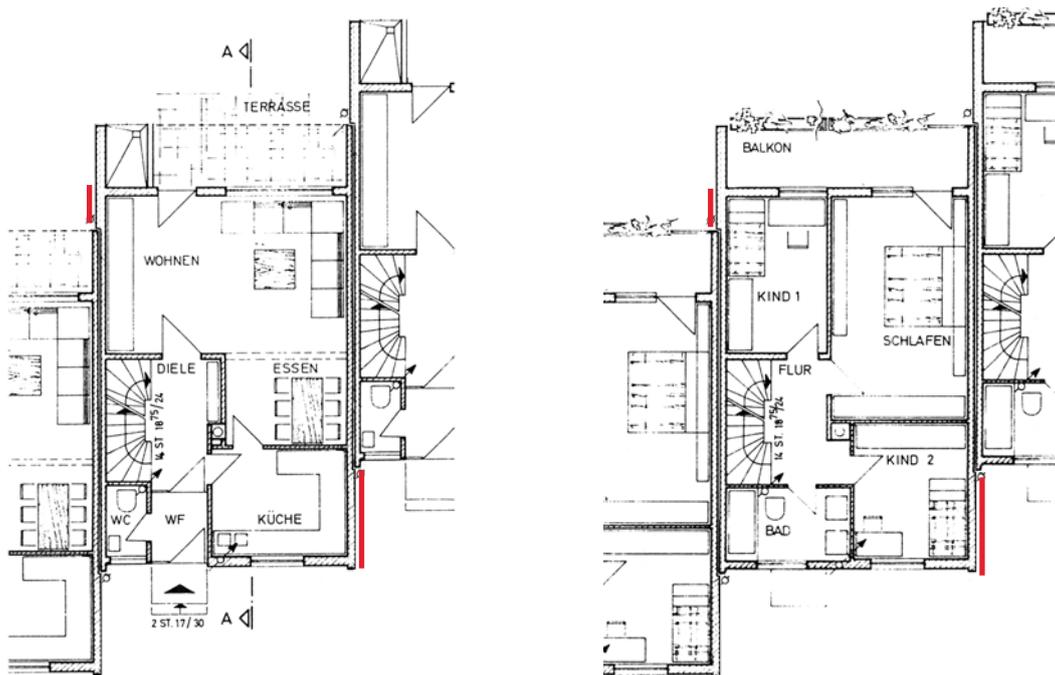


Abbildung 3.6.1 Typische Reihenhausanlage der 1970er Jahre mit versetzter Anordnung
links: Grundriss EG M 1:200, rechts: Grundriss OG M 1:200

Bestand

Reihenhaussiedlungen, wie auf dem Schaltbild links exemplarisch dargestellt, prägen das Erscheinungsbild vieler Wohnsiedlungen. Eine Großzahl dieser ist in den 1970er Jahren, noch vor der ersten Ölkrise, entstanden. Daher entspricht die Bausubstanz in der Regel nicht den heutigen energetischen Anforderungen. Zur Senkung von Primärenergiebedarf und Schadstoffausstoß müssen sowohl die Gebäudehülle, als auch die Anlagentechnik des Gebäudes saniert werden.

Problematik

Wird bei versetzten Reihenhäusern nur ein einzelnes Haus mit einer Außendämmung versehen, können in zweierlei Hinsicht Probleme auftreten:

- Baurecht: Die Außendämmung muss teilweise auf dem Grundstück des Nachbarn erfolgen, d.h. der Nachbar muss ein Nutzungsrecht für diesen, wenn auch kleinen Teil seines Grundstücks einräumen. Das sollte in der Regel kein Problem sein, da eben jener Nachbar, im Falle einer energetischen Sanierung seines Hauses, selbst auf ein entsprechendes nachbarliches Einverständnis angewiesen ist. In Ausnahmefällen kann es aber durchaus vorkommen, dass ein entsprechendes Nutzungsrecht verweigert wird.
- Baukonstruktion: Die Außendämmung ragt bei entsprechender Dicke ggf. in Fensteröffnungen des Nachbargebäudes (hier WC-Fenster EG)

Ist eine Außendämmung der in Abbildung 3.6.1 farblich markierten Seitenwandflächen aus oben genannten Gründen nicht oder nicht in der erforderlichen Stärke durchführbar, führt dies zu Wärmeverlusten über diese gering bzw. ungedämmten Flächen.

Mögliche Lösungsansätze

Mögliche Auswege können sein, die betroffene Wand gar nicht zu dämmen (nicht zu empfehlen) oder mit einer geringeren Dämmstärke zu versehen. Alternativ kann auch ein Innendämmsystem realisiert werden (Abbildung 3.6.2).

Durch den Wechsel zwischen verschiedenen Dämmkonstruktionen entstehen an den Übergangspunkten Wärmebrücken, an welchen sich unter Umständen Schimmelpilz bilden kann. Daher gilt es, Möglichkeiten zur Entschärfung dieser Problemstellen zu entwickeln. Diesbezügliche Planungshinweise befinden sich im Anhang dieses Kapitels bzw. im Wärmebrücken-katalog für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen zur

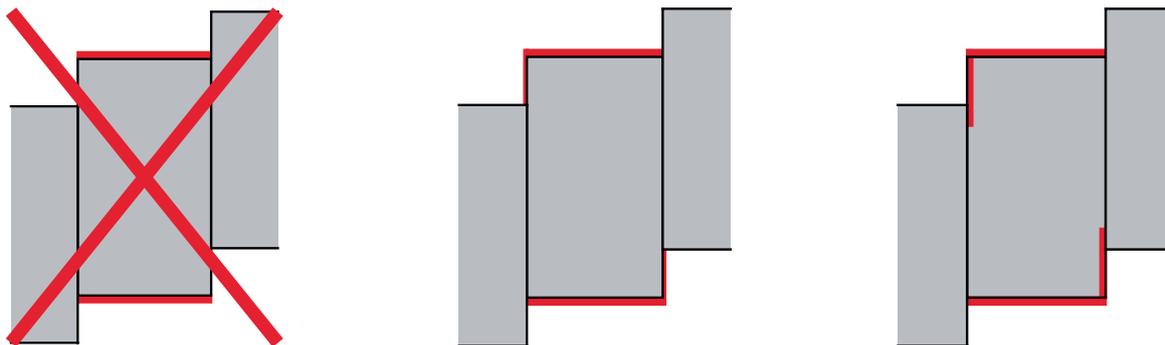


Abbildung 3.6.2 links: Lösung a) Seitenwände ungedämmt zu lassen (nicht zu empfehlen), mitte: Lösung b) Außendämmung mit geringerer Dämmstärke, rechts: Lösung c) Kombination von Innen- und Außendämmung

Vermeidung von Schimmelpilzen, erschienen im Fraunhofer IRB Verlag [Hauser/Stiegel 2006] (Abbildungen 3.6.8 bis 3.6.13).

Alle aufgeführten Lösungsansätze haben Konsequenzen auf die Gesamtenergieeffizienz des Gebäudes. Anhand eines Beispielgebäudes (siehe Beispielprojekt Seite 78) können diese, im Verhältnis zu einer „Idealsanierung“, quantifiziert werden. Diese „idealsanierte“ Variante sieht an allen Außenwänden eine Außendämmung in voller Stärke vor. In Tabelle 3.6.1 ist die Auswirkung der einzelnen Sanierungsansätze auf Gesamtenergieeffizienz exemplarisch dargestellt.

a) Unterbrechung der Dämmebene

Die einfachste, aber auch die am wenigsten zu empfehlende Lösung ist, die Seitenwände einfach ungedämmt zu lassen (siehe Abbildung 3.6.3). Wie die Untersuchung anhand Projektbeispiel 1 zeigt, führt dies zu einer erheblichen Steigerung des Primärenergiebedarfs im Vergleich zu einer „Idealsanierung“, bei der alle Außenwandflächen mit der erforderlichen Dämmstoffdicke versehen werden. Die Anforderungen der Energieeinsparverordnung können [EnEV 2007], abhängig von der Größe des Versatzes, teilweise sogar eingehalten werden (siehe Tabelle 3.6.1).

Besonders gravierend stellt sich dar, dass die Außenwände im Bestand teilweise nicht den aktuellen Anforderungen an den Mindestwärmeschutz nach [DIN 4108 Teil 2] entsprechen. Beim untersuchten Projektbeispiel beträgt der Wärmedurchlasswiderstand R der Außenwände nur $0,55 \text{ (m}^2\text{K)/W}$ an Stelle des heute erforderlichen Wertes von $R \geq 1,2 \text{ (m}^2\text{K)/W}$.

b) Außendämmung mit geringerer Dämmstärke

Energetisch deutlich günstiger stellt sich eine Lösung dar, bei der die Dämmung an den seitlichen Trennwänden zumindest in reduzierter Dämmstärke weitergeführt wird (siehe Abbildung 3.6.4). Damit kann die Einhaltung des Mindestwärmeschutzes nach [DIN 4108 Teil 2] sicher gestellt werden. Auch die Auswirkungen auf die Gesamtenergieeffizienz werden deutlich reduziert. Wie die Untersuchung anhand Projektbeispiel 1 zeigt, liegt der Primärenergiebedarf gegenüber der „idealsanierten“ Bezugsvariante nur um 3 - 4 % bzw. 6 - 7 % höher.

Hinsichtlich der Schimmelpilzbildungsgefahr ist eine derartige Konstruktion als unkritisch zu beurteilen, wie die Untersuchung in [Hauser/Stiegel 2006] zeigt (siehe Abbildung 3.6.8 und 3.6.9 im Tabellenteil dieses Kapitels).

Gegebenenfalls ist hier der Einsatz von Vakuumdämmpaneelen (VIP) sinnvoll, da sich so, mit äußerst geringen Dämmstärken, sehr gute U-Werte erreichen lassen.

c) Kombination von Innen- und Außendämmung

Ist die Zusatzdämmung von aussen nicht anzubringen (fehlendes Einverständnis des Nachbarn, Abstandsflächen, etc.), so ist es sinnvoller, die erforderliche Dämmschicht von innen anzubringen als gänzlich auf die Dämmung der Seitenwände zu verzichten (siehe Abbildung 3.6.5). Durch die Begrenzung des Gesamtaufbaus auf 8 cm (um den Raumverlust zu begrenzen), stellt sich die Gesamtenergieeffizienz der in Projektbeispiel 1 untersuchten Maßnahmen gegenüber der „idealsanierten“ Bezugsvariante um 6 bzw. 12 % schlechter dar. Die Anforderungen an den Mindestwärmeschutz werden eingehalten.

Problematisch stellt sich dagegen die Gefahr einer Schimmelpilzbildung dar (siehe Abbildung 3.6.10 und 3.6.11 im Tabellenteil dieses Kapitels). Hier sind Verbesserungsmaßnahmen, wie z.B. Dämmkeile (siehe Abbildung 3.6.12 und 3.6.13 im Tabellenteil dieses Kapitels) notwendig. Diese gestalterisch geschickt zu integrieren stellt eine Herausforderung an den Planer dar.

Auch die Möblierbarkeit des Raumes, beispielsweise die Befestigung von Oberschränken in Küchen, wird durch die Innendämmung schwieriger gemacht. Die Positionen der einzelnen Elemente müssen bereits in der Planung fixiert werden, so dass entsprechende Unterkonstruktionen angebracht werden können.



Abbildung 3.6.3 Konstruktionsprinzip Lösungsansatz a) Unterbrechung der Dämmebene; links: vorgehängte hinterlüftete Fassade, rechts: Wärmedämmverbundsystem

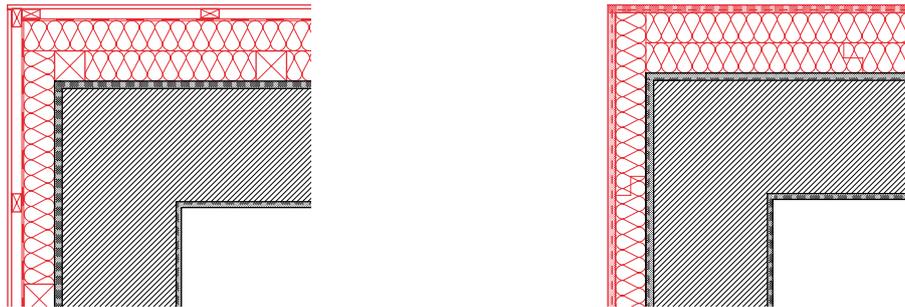


Abbildung 3.6.4 Konstruktionsprinzip Lösungsansatz b) Außendämmung mit geringerer Dämmstärke; links: vorgehängte hinterlüftete Fassade, rechts: Wärmedämmverbundsystem



Abbildung 3.6.5 Konstruktionsprinzip Lösungsansatz c) Kombination von Innen- und Außendämmung; links: vorgehängte hinterlüftete Fassade, rechts: Wärmedämmverbundsystem

Projektbeispiel: Energetische Sanierung eines Reihenhauses aus den 1970er Jahren

Anhand eines Beispielobjektes wird untersucht, wie sich die Sanierungsansätze a), b) und c) auf die Gesamtenergieeffizienz des Gebäudes auswirken. Dabei handelt es sich um ein Reihenmittelhaus, Baujahr 1974, wie in Abbildung 3.6.1 dargestellt. Die Bauteilaufbauten können Tabelle 3.6.3 im Tabellenteil dieses Kapitels entnommen werden. Die Untersuchung erfolgt, wie in Abbildung 3.6.7 dargestellt, in Abhängigkeit von der Tiefe des Gebäudeversatzes a .

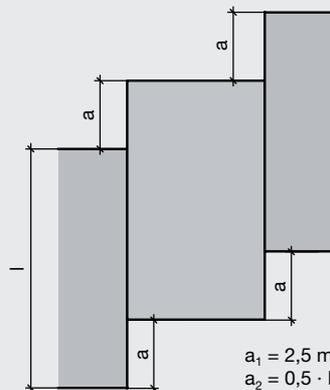


Abbildung 3.6.7 Prinzipskizze: Untersuchte Varianten hinsichtlich des Gebäudeversatzes a

Schritt 1: Ist-Zustand

Der energetische Ist-Zustand des Gebäudes (siehe Tabelle 3.6.2 im Tabellenteil dieses Kapitels) bildet die Bezugsvariante. Um unterschiedlichen Versatztiefen der Gebäude abbilden zu können werden zwei Varianten untersucht (Abbildung 3.6.7).

Schritt 2: Idealsanierung

Im Anschluss wird der Primärenergiebedarf im idealsanierten Zustand, also mit einer in voller Stärke ausgeführten Dämmung auch der in Abbildung 3.6.1 farbig markierten Flächen ermittelt. Dabei wird davon ausgegangen, dass das Gebäude nicht nur baulich, sondern auch anlagentechnisch saniert wird und der vorhandene Wärmeezeuger durch einen Brennwertkessel ersetzt wird (siehe Tabelle 3.6.3 im Tabellenteil dieses Kapitels).

Diesen Idealvarianten werden Sanierungsvarianten nach den oben dargestellten Lösungsansätzen gegenübergestellt und so die Auswirkung auf die Gesamtenergieeffizienz ermittelt.

Schritt 3: Auswertung

Die Auswertung der Gesamtenergieeffizienz der verschiedenen Sanierungsansätze (siehe Tabelle 3.6.1) zeigt, dass der Einfluss einer geringeren Dämmstärke der Seitenwände auf die Gesamtenergieeffizienz relativ gering ist. Auch der Wechsel zu einer Innendämmung stellt sich gesamtenergetisch relativ unproblematisch dar. Gravierende Auswirkung zeigt jedoch das komplette Weglassen der Dämmung an den Seitenwänden. Eine derartige 0-Lösung ist daher auf keinen Fall zu empfehlen.

Tabelle 3.6.1 Primärenergiebedarf der untersuchten Sanierungsvarianten im Vergleich zum Primärenergiebedarf nach einer „Idealsanierung“ des untersuchten Reihenhauses

	Sanierungsansatz	$a_1 = 2,5 \text{ m}$		$a_2 = 1/2$	
		Q_p' in [kWh/m ² a]	in [%]	Q_p' in [kWh/m ² a]	in %
a)	Variante 1 keine Dämmung der Seitenwand $U_{AW} = 1,4 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	79,23	130 %	100,90	158 %
b)	Variante 2 Dämmung der Seitenwand (WDVS), WLG 035, d = 8 cm $U_{AW} = 0,34 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	63,17	104 %	68,30	107 %
	Variante 3 Dämmung der Seitenwand mit VIP, WLG 005, d = 3 cm $U_{AW} = 0,31 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	62,79	103 %	67,49	106 %
c)	Variante 4 Innendämmung, WLG 040, d = 6 cm $U_{AW} = 0,45 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	64,80	106 %	71,60	112 %
	Bezugsvariante „Idealsanierung“ Dämmung der Seitenwand (WDVS), WLG 035, d = 16 cm $U_{AW} = 0,19 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	60,98	100 %	63,89	100 %

Tabellenteil

Tabelle 3.6.2 geometrische und energetische Kenndaten, Ist-Zustand

Gebäudetyp	Reihenmittelhaus	
	$a_1 = 2,5 \text{ m}$	$a_2 = 0,5 \cdot l$
Baujahr	1974	
beheizte Wohnfläche [m ²]	199	
mittlere lichte Raumhöhe [m]	2,3	
beheiztes Gebäudevolumen nach EnEV [m ³]	767,6	
Anzahl Vollgeschosse	2	
Anzahl Wohneinheiten	1	
A/V-Verhältnis	0,40	0,47
Primärenergiebedarf [kWh/m²a]		
zulässiger Wert (100%)	89,43	94,3
zulässiger Wert (140%)	125,21	132,03
berechneter Wert	156,68	178,17
Transmissionwärmeverluste [W/(m²K)]		
zulässiger Wert	0,94	0,87
berechneter Wert	1,20	1,21

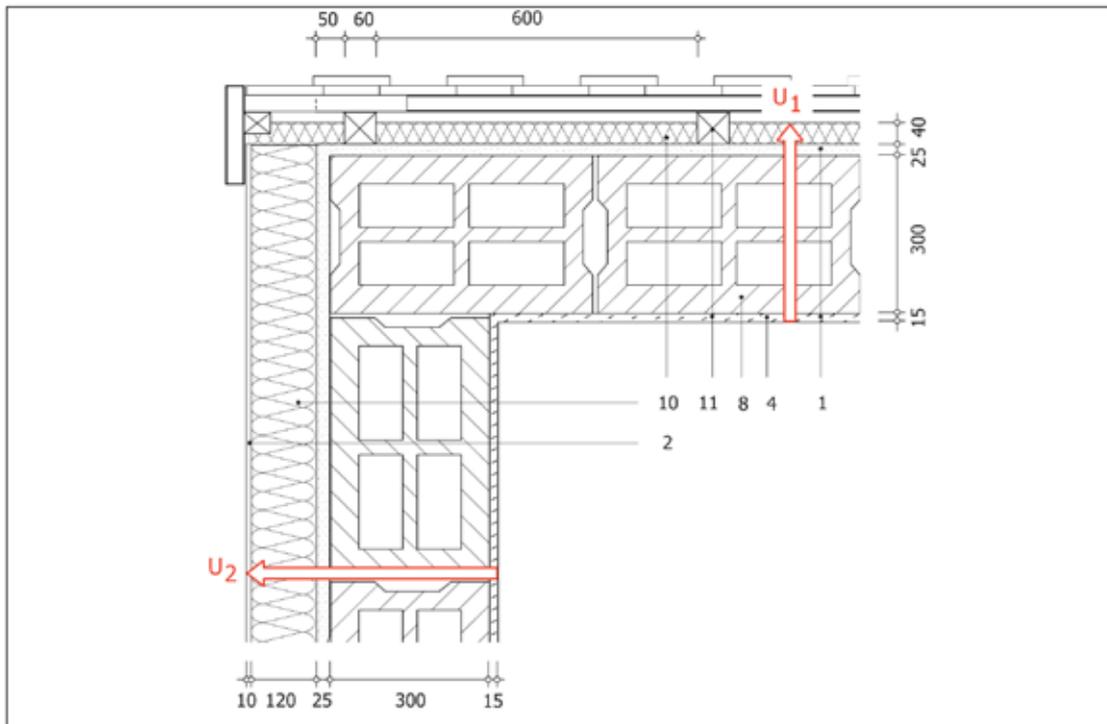
Tabelle 3.6.3 Bauteilaufbauten und U-Werte im Bestand, Sanierungsmaßnahmen, U-Werte nach der Sanierung

Bauteil / Aufbau Sanierungsmaßnahme	Dicke d [m]	Wärme- leitfähig- keit λ [W/(mK)]	U-Wert im Bestand [W/(m ² K)]	U-Wert im sanierten Zustand [W/(m ² K)]
Außenwand (von innen nach außen):				
Außenputz	0,015	0,7	$U_{AW} = 1,4$	
Hochlochziegel	0,30	0,96		
Innenputz	0,01	0,87		
V0: Außendämmung WLG 035, $d_{ges} = 17$ cm Wärmedämmung Mineralfaser Außenputz	0,016 0,01	0,035 1		$U_{AW} = 0,19$
V1: Außendämmung WLG 035, $d_{ges} = 9$ cm Wärmedämmung Mineralfaser Außenputz	0,008 0,01	0,035 1		$U_{AW} = 0,34$
V2: Außendämmung VIP, $d_{ges} = 6$ cm Holzlattung 5/5, e = 55 cm dazwischen Vakuumdämmpaneel Luftschicht Bekleidung Holzwerkstoffplatte	0,03 0,03 ---	0,13 0,005 ---		$U_{AW} = 0,31$
V3: Innendämmung Gipsputz Holzfaserdämmplatten	0,015 0,06	0,7 0,04		$U_{AW} = 0,45$
Fenster				
Isolierverglasung Kunststoffrahmen			k.A.	
2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung Holzrahmen				$U_w = 1,6$ $U_g = 1,1$
Steildach (von außen nach innen):				
Ziegeldeckung Lattung Konterlattung	---	---	$U_D = 1,6$	
Bitumendachbahn	0,005	0,17		
Unterdach	0,03	0,13		
Sparren 8/16, e = 60 cm	0,16	0,13		
dazwischen: Luftschicht	0,16	1,125		
Innenbekleidung Gipskarton	0,0125	0,25		
Bitumendachbahn Unterdach Sparren 8/16, e = 60 cm dazwischen: Luftschicht bitumierte Holzfaserplatten Zw.-sparrendämmung Holzfaserdämmstoff Untersparrendämmung Holzfaserdämmstoff Lattung dazwischen: Luftschicht Innenbekleidung Gipskarton	0,005 0,03 0,16 0,022 0,018 0,12 0,04 0,024 0,024 0,0125	0,17 0,13 0,13 0,156 0,05 0,04 0,045 0,13 0,156 0,25		$U_D = 0,23$
Oberste Geschossdecke (von oben nach unten):				
Holzdielen Holzbalken 8/16, e = 60 cm dazwischen: Luftschicht Steinwolle-Platten Gipskartonplatten	0,24 0,18 0,08 0,08 0,0125	0,13 0,13 0,625 0,04 0,25	$U_D = 0,47$	
Zellulosefaser in Hohlraum	0,08	0,04			$U_D = 0,3$

Fortsetzung nächste Seite

Tabelle 3.6.3 Fortsetzung

Bauteil / Aufbau Sanierungsmaßnahme	Dicke d [m]	Wärme- leitfähig- keit λ [W/(mK)]	U-Wert im Bestand [W/(m ² K)]	U-Wert im sanierten Zustand [W/(m ² K)]
Kellerdecke (von oben nach unten):				
Bodenbelag (Teppich, PVC)	---	---	$U_G = 1,1$	
Zementestrich	0,05	1,4		
PE-Folie	---	---		
Trittschalldämmung, EPS	0,02	0,04		
Stahlbeton	0,16	2,3		
Lattung 2,4/4,8, e = 55 cm dazwischen:	0,024	0,13	$U_G = 0,37$	
Vakuumdämmpaneele	0,015	0,005		
Luftschicht	0,009	0,071		
Innenbekleidung Gipskarton	0,0125	0,25		
Fußboden gegen Erdreich (von oben nach unten):				
Bodenbelag (Fliesen)	---	---	$U_G = 2,7$	
Zementestrich	0,05	1,4		
PE-Folie	---	---		
Filzmatte	0,005	0,05		
Stahlbeton	0,16	2,3		
Austausch des Bodenaufbaus:			$U_G = 0,4$	
Bodenbelag	---	---		
Trockenestrich	0,025	0,25		
Bautenschutzmatte Gummi	0,005	0,1		
Vakuumdämmpaneele (begehbar)	0,01	0,005		
Bautenschutzmatte Gummi	0,005	0,1		
Abdichtung Bitumen	0,01	0,17		
Stahlbeton	0,16	2,3		

**Baustoffe:**

Nr.	Material	Rohdichte ρ [kg/m ³]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/(m·K)]
1	Kalkzementputz	1800	0,87
2	Kunststoffputz, armiert	1100	0,70
4	Gipsputz	1400	0,87
8	Mauerwerk	900	0,46
10	Wärmedämmstoff	10	0,04
11	Holz	600	0,13

U-Werte:

$$U_1 = 0,52 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)} \quad U_2 = 0,26 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

Beschreibung:

Eine Konstruktion wie diese entsteht, wenn bei einer Gebäudeecke, deren eine Wand mit einer Verschalung und dahinterliegender Dämmstoffschicht versehen ist, auf die andere Wand nachträglich eine Dämmung (z.B. Wärmedämmverbundsystem) aufgebracht wird.

Abbildung 3.6.8 Außenecke Mauerwerk – unterschiedliche Dämmstärken, Parameter, aus Wärmebrücken katalog für den Gebäudebestand [Hauser/Stiegel 2006]

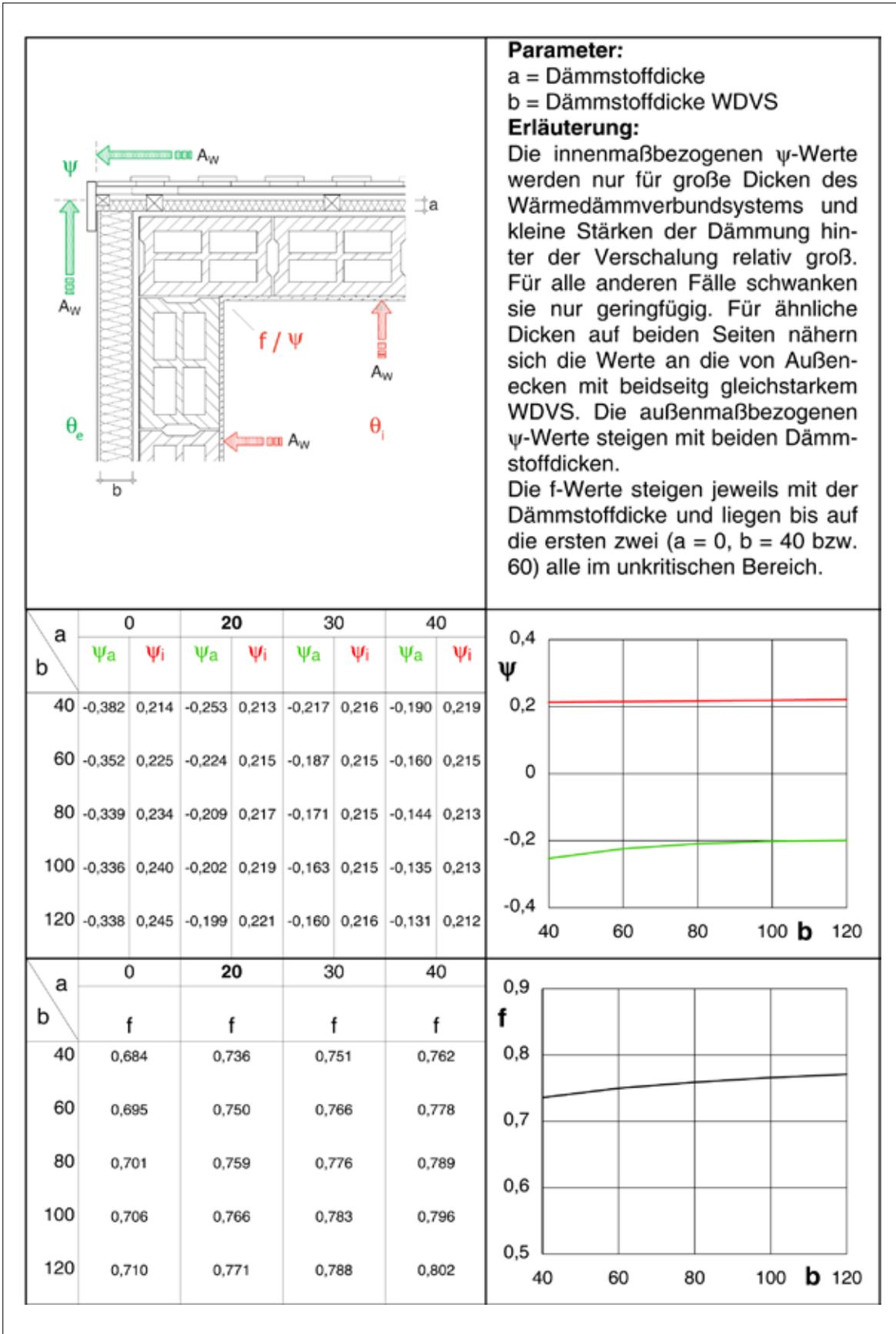


Abbildung 3.6.9 Außenecke Mauerwerk – unterschiedliche Dämmstärken, Wärmebrückenverlustkoeffizienten, Temperaturfaktoren, aus Wärmebrückenkatalog für den Gebäudebestand [Hauser/Stiegel 2006]

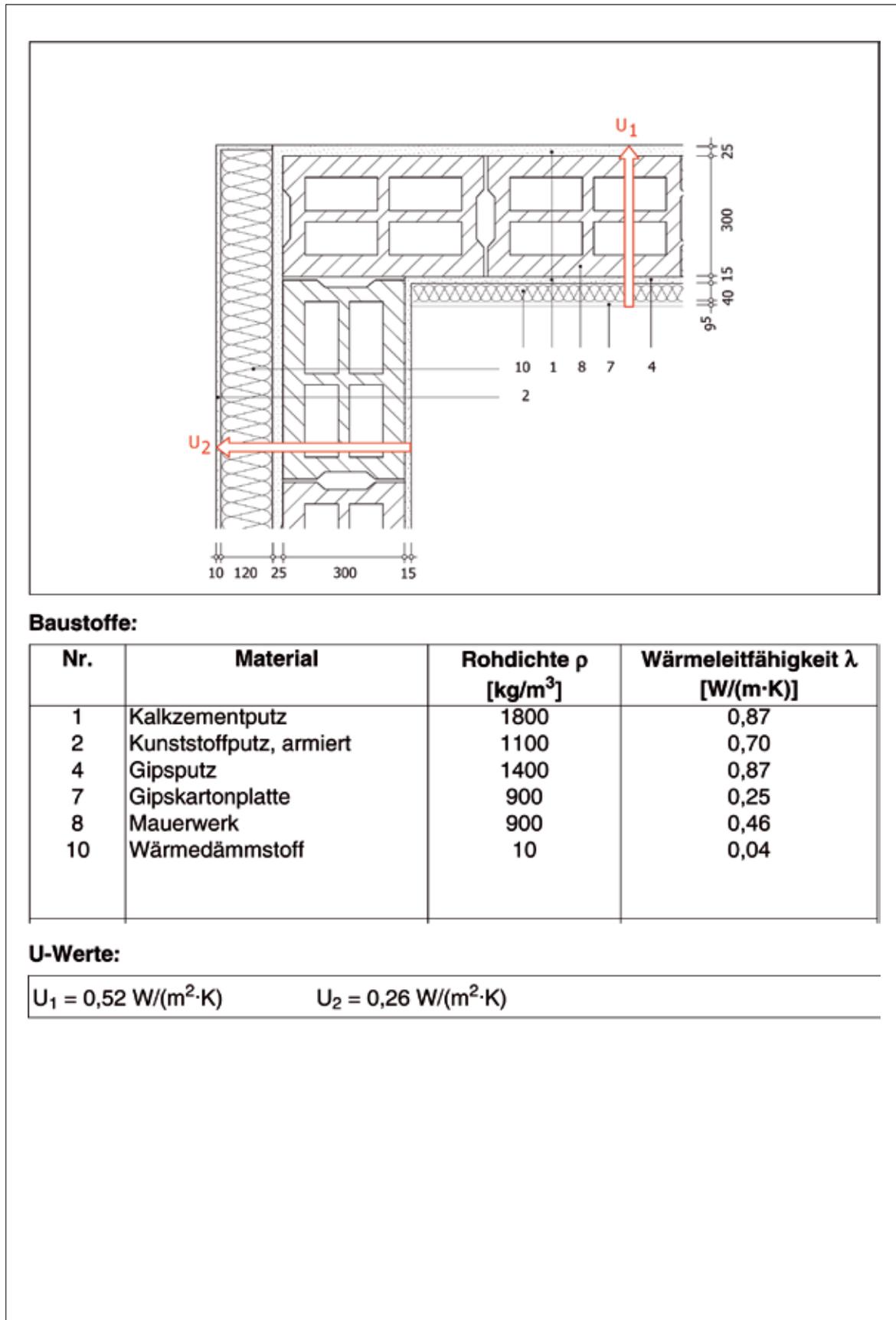


Abbildung 3.6.10 Außenecke Mauerwerk – einseitig innengedämmt / außengedämmt, Parameter, aus Wärmebrücken-katalog für den Gebäudebestand [Hauser/Stiegel 2006]

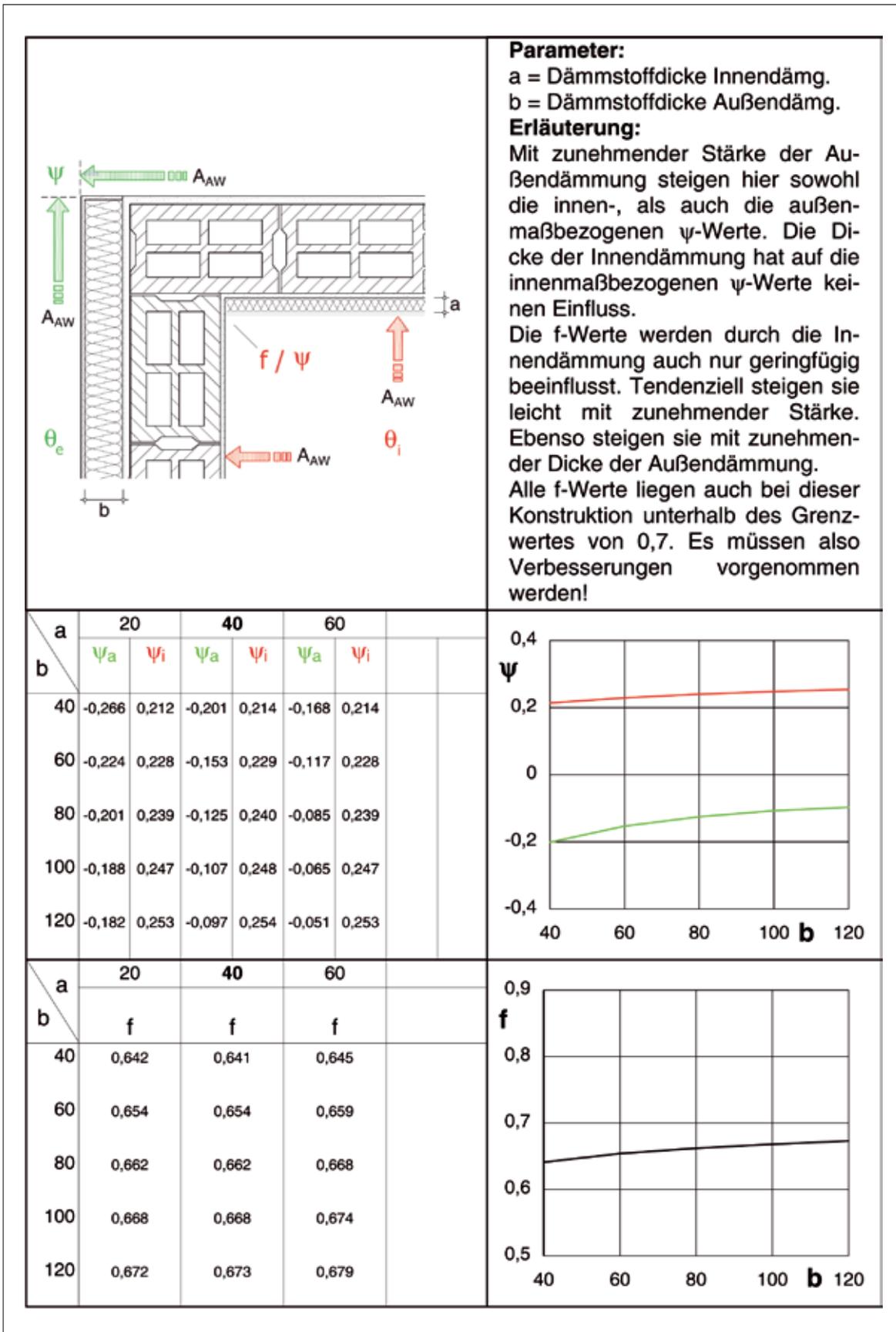
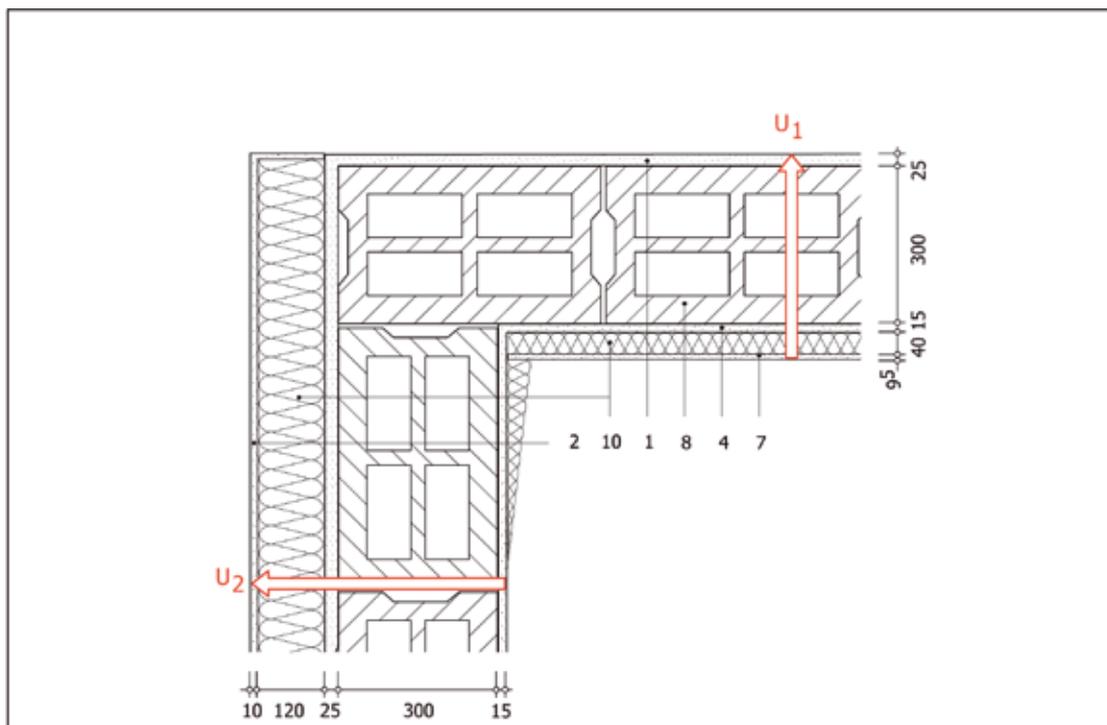


Abbildung 3.6.11 Außenecke Mauerwerk – einseitig innengedämmt / außengedämmt, Wärmebrückenverlustkoeffizienten, Temperaturfaktoren, aus Wärmebrücken katalog für den Gebäudebestand [Hauser/Stiegel 2006]

**Baustoffe:**

Nr.	Material	Rohdichte ρ [kg/m ³]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/(m·K)]
1	Kalkzementputz	1800	0,87
2	Kunststoffputz, armiert	1100	0,70
4	Gipsputz	1400	0,87
7	Gipskartonplatte	900	0,25
8	Mauerwerk	900	0,46
10	Wärmedämmstoff	10	0,04

U-Werte:

$$U_1 = 0,52 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)} \quad U_2 = 0,26 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

Abbildung 3.6.12 Außenecke Mauerwerk – einseitig innengedämmt / außengedämmt mit Dämmkeil, Parameter, aus Wärmebrücken katalog für den Gebäudebestand [Hauser/Stiegel 2006]

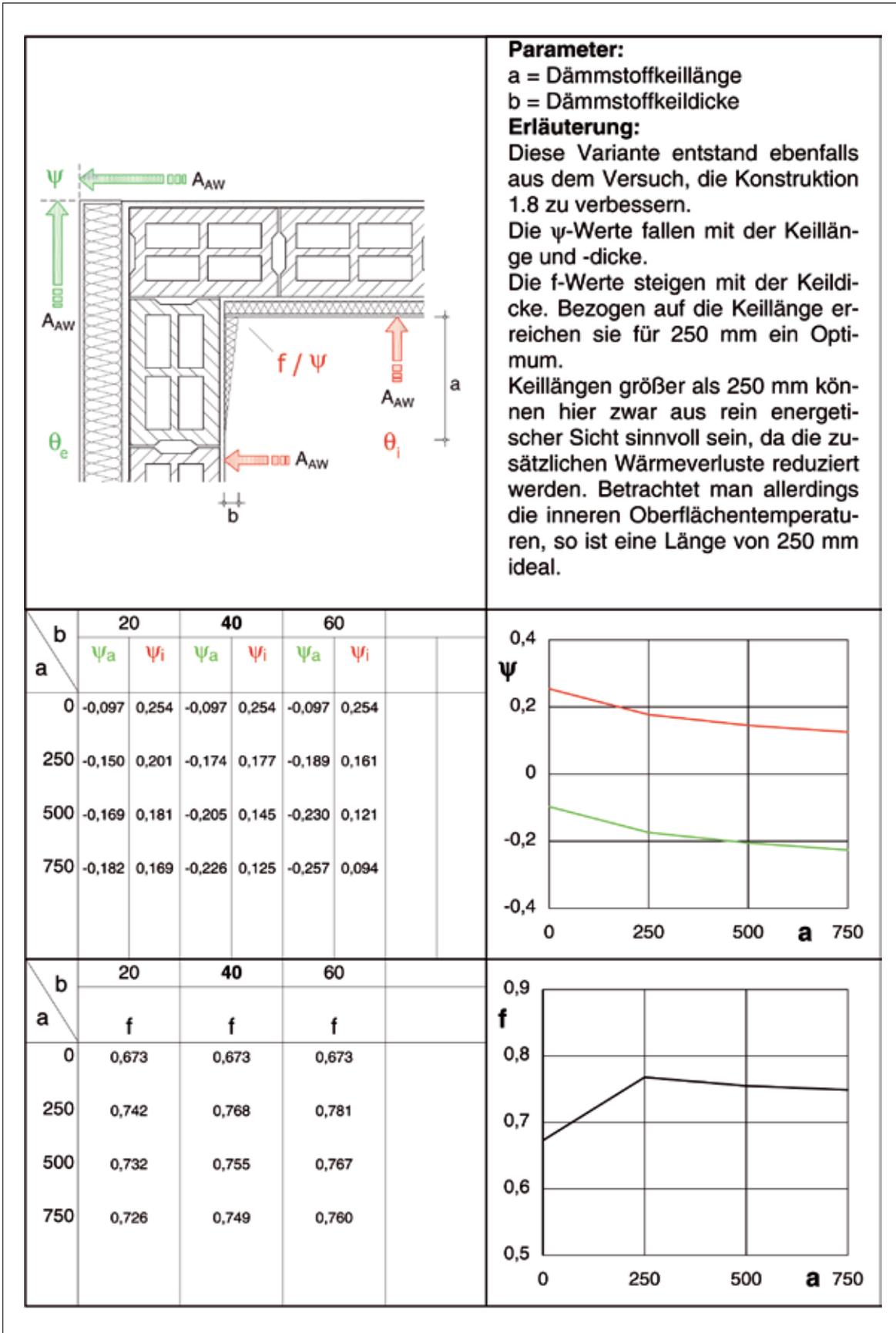


Abbildung 3.6.13 Außenecke Mauerwerk – einseitig innengedämmt / außengedämmt mit Dämmkeil, Wärmebrückenverlustkoeffizienten, Temperaturfaktoren, aus Wärmebrücken katalog für den Gebäudebestand [Hauser/Stiegel 2006]

4 Empfehlungen an den Verordnungsgeber

Zur Förderung energetischer Modernisierungsmaßnahmen im Gebäudebestand sind alle Möglichkeiten auszuschöpfen, durch die etwaige Hemmnisse bezüglich der Umsetzung der Anforderungen der Energieeinsparverordnung [EnEV 2007] beseitigt werden können. Dazu gehören Maßnahmen, welche die

- a) die Anzahl der Fälle in denen die „Härteklausele“ gemäß §§ 24 und 25 der [EnEV 2007] in Anspruch genommen wird, reduzieren,
- b) eine verstärkte Nutzung von Förderprogrammen ermöglichen und
- c) die Dokumentation von Sanierungsmaßnahmen im Energiepass in positiver Form gestatten.

Dies wird erreicht, indem bei Bauteilen, bei denen aus anderen Gründen, wie z. B. des Denkmalschutzes oder Vorgaben der Grenzbebauung, eine fiktive wärmetechnische Sanierung des entsprechenden Bauteils bei der Ermittlung des Primär- und Endenergiebedarfs angenommen wird, indem für dieses Bauteil der nach Anlage 3, Tabelle 1 der [EnEV 2007] maximal zulässige U-Wert Verwendung findet. Hierdurch wird folgendes bewirkt:

zu a)

Das Modell der beschriebenen „Fiktiv-Sanierung“ ermöglicht die Aussage, dass die Anforderungen der EnEV eingehalten werden – ein durchaus Motivation förderndes Element - und motiviert somit zu entsprechenden Realisierungen. Daneben fördert es die Nachweisführung über die 140 % Begrenzung des Primärenergiebedarfs und die damit verbundene physikalische Denkweise, woraus ein verstärktes Beschäftigen mit der Materie und in deren Folge eine erhöhte Umsetzung von Ertüchtigungsmaßnahmen resultiert und Verweigerungshaltungen „dann mache ich eben gar nichts“ abgebaut werden.

zu b)

Für die Förderung gemäß KfW-Energiesparhaus 40 bzw. 60 oder vergleichbaren Modellen werden klare Spielregeln festgelegt, die das Handicap von denkmalgeschützten Gebäuden oder ähnlichen Einschränkungen beseitigen. Dies führt zu einer verstärkten Inanspruchnahme von Förderprogrammen und der Umsetzung von Modernisierungsmaßnahmen.

zu c)

Kann beispielsweise bei einem Gebäude die denkmalgeschützte Fassade nicht energetisch ertüchtigt werden, wird bei Verbesserungen des Dachs und der Kellerdecke häufig im Energieausweis ein Primär- und Endenergiebedarfswert ausgewiesen, der einem ebenfalls auszuweisende Vergleichswert „energetisch nicht wesentlich modernisiert“ entspricht. Der Anreiz für eine energetische Verbesserung wird deutlich erhöht, wenn statt des Vergleichswerts „energetisch nicht wesentlich modernisiert“ ein Vergleichswerts „energetisch gut modernisiert“ benutzt werden könnte. Auf die einengenden Tatbestände ist hinzuweisen.

Anmerkung: Bedingt durch den Bearbeitungszeitraum des Projektes beziehen sich die folgenden Darstellungen noch auf das Anforderungsniveau der [EnEV 2007]. Die Modifikation der dargestellte Systematik auf das verschärfte Anforderungsniveau der am 18. Juni 2008 vom Kabinett verabschiedeten Novellierung der Energieeinsparverordnung [BMVBS 2008] ist jedoch möglich.

Vorschlag I: „Fiktiv-Sanierung“ in Form einer bauteilbezogenen ‚Gutschrift‘ ΔQ_p bei der Gesamtenergieeffizienzbetrachtung

Zur Förderung einer Nachweisführung über die Gesamtenergieeffizienz wird in bestimmten Sonderfällen wie z.B. Außenwänden in Sichtfachwerkbauweise eine auf die betroffene Bauteilfläche bezogene ‚Gutschrift‘ ΔQ_p [kWh/m²a] gewährt, die es bei einem entsprechend höherem Dämmniveau der übrigen Bauteile, ermöglicht, die Anforderung an $Q_{p, \max}$ zu erfüllen.

In Anlehnung an Anlage 1 Punkt 3 der Energieeinsparverordnung wird der bauteilbezogen reduzierte Jahres-Primärenergiebedarf Q_p^* eines Gebäudes vereinfacht wie folgt ermittelt:

$$Q_p^* = (Q_h + Q_w) \cdot e_p - \Delta Q_{p, AW} \cdot A_{\text{Bauteil}}$$

mit

- Q_h Heizwärmebedarf in [kWh/m²a]
 Q_w Zuschlag für Warmwasser in [kWh/m²a] nach Nr. 2.2
 $Q_w = 12,5 \cdot A_N$
 e_p Anlagenaufwandszahl nach Nr. 4.2.6 der [DIN V 4701-10]
 $\Delta Q_{p, AW}$ bauteilspezifischer Zuschlag nach Tabelle 1 in [kWh/m²a]

Beispielrechnung:

Einfamilienhaus in Sichtfachwerkbauweise, wie in Tabelle 2 dargestellt

- Nutzfläche A_N nach [EnEV 2007]: 245,6 m²
 A/V-Verhältnis: 0,51
 Max. zul. Primärenergiebedarf $Q_{p, \max}$: 96,85 kWh/m²a
 Außenwandfläche A_{AW} : 142,98 m²
 Heizwärmebedarf Q_h : 2122 kWh/a
 Trinkwasserwärmebedarf Q_w : 12,5 kWh/m² · 245,6 m² = 3070 kWh/a
 Anlagenaufwandszahl e_p : 1,21

$$Q_p^* = (Q_h + Q_w) \cdot e_p - \Delta Q_{p, AW} \cdot A_{\text{Bauteil}}$$

$$Q_p^* = (21564 \text{ kWh/a} + 3070 \text{ kWh/a}) \cdot 1,21 - 42 \text{ kWh/m}^2 \cdot 142,98 \text{ m}^2 =$$

$$= 23802 \text{ kWh/a}$$

$$Q_{p, \max}^* = Q_p^* : A_N$$

$$Q_{p, \max}^* = 23802 \text{ kWh/a} : 245,6 \text{ m}^2 =$$

$$= 96,9 \text{ kWh/m}^2 \text{a}$$

Damit entspricht, unter Berücksichtigung eines $\Delta Q_{p, AW}$ für die Außenwände in Sichtfachwerkbauweise, die Gesamtenergieeffizienz dem Primärenergiebedarf $Q_{p, \max}$. Die Anforderungen der [EnEV 2007] werden formal eingehalten.

Tabelle 1 Bauteilspezifischer Zuschlagswert ΔQ_p : exemplarische Darstellung anhand von Außenwänden in Sichtfachwerkbauweise

Gebäudetyp nach Tabelle 2	städtebauliche Situation	A/V-Verhältnis	$\Delta Q_{p, AW}$ in [kWh/m ² a]*
EFH_A	freistehend	ca. 0,5	42
	einseitig eingebunden	ca. 0,45	37
	beidseitig eingebunden	ca. 0,4	27
MFH_A	freistehend	ca. 0,45	39
	einseitig eingebunden	ca. 0,35	38
	beidseitig eingebunden	ca. 0,30	35

* auf die Bauteilfläche (hier Außenwandfläche) bezogen

Tabelle 2

Gebäudetypen für eine gesamtenergetische Betrachtung von Sanierungsmaßnahmen bei Fachwerkgebäuden mit außen sichtbarem Fachwerk; nach [IWU 2003]

Gebäudetyp	 freistehende Ein- und Zweifamilien- häuser	 kleine Mehrfamilien- häuser
Baujahr	vor 1918	vor 1918
beheizte Wohnfläche [m ²]	199	616
mittlere lichte Raumhöhe [m]	2,3	2,6
beheiztes Gebäudevolumen nach [EnEV 2007] [m ³]	767,6	2488,0
Anzahl Vollgeschosse / Wohneinheiten	2 / 1	4 / 5
Opake Bauteile		
oberer Gebäudeabschluss	Dachschräge	Dachschräge
Fläche [m ²]	134,19	284,1
U-Wert Istzustand / nach der Sanierung ^{*)} [W/(m ² K)]	1,8 / 0,3*	2,6 / 0,3*)
Wandflächen	Außenwände	Außenwände
Fläche [m ²]	171,78	629,13
U-Wert Istzustand / nach der Sanierung ^{*)} [W/(m ² K)]	1,9 / 0,7**	1,9 / 0,7**
		Schindelbekleidung der Westfassade
Fläche [m ²]		122,18
U-Wert Istzustand / nach der Sanierung ^{*)} [W/(m ² K)]		1,85 / 0,35
unterer Gebäudeabschluss	Fußboden	Kellerdecke
Fläche [m ²]	85,46	124,76
U-Wert Istzustand / nach der Sanierung ^{*)} [W/(m ² K)]	1,04 / 0,5	1,04 / 0,5)
		Fußboden gegen Erdreich
Fläche [m ²]		48,97
U-Wert Istzustand / nach der Sanierung ^{*)} [W/(m ² K)]		1,37 / 0,5
Transparente Bauteile		
Südfensterflächen		
Fläche [m ²]	9,56	36,75
U _w -Wert Istzustand / nach der Sanierung ^{*)} [W/(m ² K)]	5,2 / 2,0	2,57 / 2,0
West/Ostfensterflächen		
Fläche [m ²]	15,88	50,92
U _w -Wert Istzustand / nach der Sanierung ^{*)} [W/(m ² K)]	5,2 / 2,0	2,57 / 2,0
Nordfensterflächen		
Fläche [m ²]	3,34	19,48
U _w -Wert Istzustand / nach der Sanierung ^{*)} [W/(m ² K)]	5,2 / 2,0	2,57 / 2,0

*) Zielwerte nach Tabelle 1 Anlage 3 [EnEV 2007]

**) Zielwert nach Empfehlung [WTA 2000] (Innendämmung Wärmedämmlehm d = 0,05 m, λ = 0,07 W/mK)

Vorschlag II: Genauere Differenzierung der Bauteilanforderungen

Erweiterung der Bauteilanforderungen in Anlage 3 Tabelle 1 der Energieeinsparverordnung um Bauteile, bei denen die Einhaltung der bisher formulierten Anforderungen den Erhalt der Bausubstanz gefährden würden. In Tabelle 3 ist beispielhaft dargestellt, wie die Bauteilanforderungen an Außenwände in Sichtfachwerkbauweise in Abhängigkeit von der Schlagregenbelastung der Fassade genauer beziffert werden können. Die genaue Definition der Bauteile für diese Ausnahmeregelung gilt wird im Text formuliert.

1 Außenwände

Soweit bei beheizten oder gekühlten Räumen Außenwände

a) ersetzt, erstmalig eingebaut

oder on der Weise erneuert werden, dass

[...]

g) Außenwände von Gebäuden in Sichtfachwerkbauweise mit geringer Schlagregenbeanspruchung (Beanspruchungsgruppe I bzw. geschützten Lagen von Beanspruchungsgruppe II nach DIN 4108 Teil 3) mit einer Innendämmung versehen werden.

Diese Regelung gilt nicht für Außenwände von Gebäuden in Sichtfachwerkbauweise mit sehr geringer Schlagregenbeanspruchung (geschützte Lagen von Beanspruchungsgruppe I nach DIN 4108 Teil 3). In diesem Fall greifen die Anforderungen nach Tabelle 1 Zeile 1a.

Tabelle 3 Detaillierte Definition der Bauteilanforderungen in Anlage 3 Tabelle 1: Exemplarische Darstellung anhand von Fachwerkwänden in Sichtbauweise

	Bauteil	Wohngebäude und Zonen von Nichtwohngebäuden mit Innentemperaturen $\geq 19^{\circ}\text{C}$ maximaler Wärmedurchgangskoeffizient U_{max} in $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$
1a	Außenwände allgemein	$U_{\text{AW}} \leq 0,45$
1b	Außenwände nach Nr. 1 b,d und e	$U_{\text{AW}} \leq 0,35$
1c	Außenwände nach Nr. 1 g	$U_{\text{AW}} \leq 0,85$
2a	...	
...		

Literatur

[Bauschadensbericht 1995]

Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau: Dritter Bericht über Schäden an Gebäuden, 1995

http://www.bbr.bund.de/nn_22076/DE/ForschenBeraten/Bauwesen/Bauqualitaet/DialogBauqualitaet/3.Bauschadensbericht,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/3.pdf

[Bayern Labo 2005]

Bayerische Landesbodenkreditanstalt (Hrsg.): Wohnungsmarkt Bayern 2005, Beobachtung und Ausblick, München 2005

[BayBO 1997]

Bayrische Bauordnung (BayBO), in der Fassung der Bekanntmachung vom 4. August 1997

http://www.bauordnungen.de/Bayerische_Bauordnung.pdf

[Borsch-Laaks/Simons 2006]

Borsch-Laaks R., Simons P.: Wie dick darf die Innendämmung sein?, Holzbau Quadriga, 4 (2006), 13 - 19

[BMVBS 2008]

Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung vom ..., von der Bundesregierung am 18. Juni 2008 beschlossene Fassung, Bundesministerium für Verkehr, bau und Stadtentwicklung (BMVBS), Version vom 25. Juni 2008,

http://bmvbs.bund.de/Anlage/original_1042504/Energieeinsparverordnung-Fassung-vom-18.06.2008.pdf

[EnEV 2007]

Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV), in der vom Bundesrat am 25.04.2007 beschlossenen Fassung mit den am 8. Juni 2007 beschlossenen Änderungen

http://www.bbr.bund.de/clin_007/nn_22276/DE/ForschenBeraten/Bauwesen/EnergieKlima/EnergieGebaeude/novellierungEnEV.html

[EnEV 2009]

Entwurf - Verordnung der Bundesregierung zur Änderung der Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung), Stand: 18. April 2008

http://www.bmvbs.de/Anlage/original_1035281/Entwurf-der-Energieeinsparverordnung-2009.pdf

[EPHW 1997]

Loga, Tobias; Imkeller-Benjes, Ulrich: Energiepass Heizung / Warmwasser - Energetische Qualität von Baukörper und Heizungssystem; IWU, Darmstadt 1997

[Eßmann et al. 2005]

Eßmann F., Gänßmantel J., Geburtig G.: Energetische Sanierung von Fachwerkhäusern, Die richtige Anwendung der EnEV, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2005

[Eßmann et al. 2006]

Eßmann F., Gänßmantel J., Geburtig G.: EnEV und Bauen im Bestand, Energieeffiziente Gebäudeinstandsetzung, Huss-Medien GmbH, Berlin 2006

[FeuerTRUTZ 2006]

Brandschutz in der Tasche, FeuerTRUTZ GmbH, Kanalstrasse 24, 82515 Wolfratshausen, 2006

[Flachdachrichtlinien 2001]

Richtlinien für Dächer mit Abdichtungen - Flachdachrichtlinien, aufgestellt und herausgegeben vom Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks (Fachverband Dach-, Wand- und Abdichtungstechnik) e.V. und Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V. (Bundesfachabteilung Bauwerksabdichtung), Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln 2001

[Haselsteiner 2006]

Haselsteiner E.: Haus der Zukunft – Forschungsprogramm für zukunftsorientiertes Bauen, Wohnen und Sanieren, DETAIL, 11 (2006), Energetische Sanierung, 1284 – 1288

[Hauser 1991]

Hauser G.: Auskragende Balkonplatten bei wärmeschutztechnischen Sanierungen, Bauphysik, 13 (1991), 5, 144 – 150

[Hauser/Stiegel 1993]

Hauser G., Stiegel H.: Wärmebrückenatlas für den Mauerwerksbau, Bauverlag, Wiesbaden und Berlin, 1993

[Hauser/Stiegel 2006]

Hauser G., Stiegel H.: Wärmebrückenkatalog für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen zur Vermeidung von Schimmelpilzen, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2006

[Holzbau Handbuch 7-3-1 2004]

Holzbau Handbuch Reihe 7 Teil 3 Folge 1: Erneuerung von Fachwerkbauten, Absatzförderungsfonds der deutschen Forst- und Holzwirtschaft, Godesberger Allee 142–148, D-53175 Bonn, 2004

[IWU 2003/1]

Loga T., Feldmann R., Diefenbach N., Großklos, M. et al.: Wiesbaden – Lehrstraße 2, Energetische Modernisierung eines Gründerzeithauses, Institut für Wohnen und Umwelt GmbH (IWU), Annastraße 15, 64285 Darmstadt, 2003
<http://www.iwu.de>

[IWU 2003/2]

Loga T., Born R. Großklos M. Bially M.: Energiebilanz Toolbox, Institut für Wohnen und Umwelt (IWU), Annastraße 15, 64285 Darmstadt, 2001

[ZH 2006]

Fachregeln des Zimmerhandwerks 01 – Aussenwandbekleidungen aus Holz und Holzwerkstoffen, Institut des Zimmerer- und Holzbaugewerbes e.V., Kronenstraße 55-58, 10117 Berlin, 2006

[Künzel 1996]

Künzel H.: Der Feuchtehaushalt von Holz-Fachwerkwänden - Untersuchungen an Fachwerkelementen und Fachwerkhäusern und Folgerungen für die Praxis, Bauforschung für die Praxis, Band 23, Fraunhofer-IRB Verlag, Stuttgart 1996

[Künzel 2002]

Künzel, H. M.: Fachwerksanierung ohne Feuchteschäden, WTA-Kompodium I, Fachwerkinstandsetzung nach WTA, Band 2, Fraunhofer-IRB Verlag, Stuttgart 2002

[Künzel 2007]

Künzel H.: Bauphysik und Denkmalpflege, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2007

[Lamers 2005]

Lamers R.: Wärmedämmung beim Fachwerkhaus, Vortrag im Rahmen des bayerischen Zimmerer- und Holzbaugewerbetags 2005

[MBO 2002]

Musterbauordnung (MBO), Stand 2002
<http://www.bauordnungen.de/Musterbauordnung.pdf>

[Richarz et al. 2006]

Richarz C., Schulz Ch., Zeitler F.: Energetische Sanierung, Grundlagen Details Beispiele, Institut für Internationale Architekturdokumentation, München 2006

[Schunck et al. 1991]

Schunck E., Finke Th., Jenisch R., Oster H.-J.: Dachatlas geneigte Dächer, Institut für Internationale Architekturdokumentation, München 1991

[Sedlbauer / Krus 2005]

Sedlbauer K., Krus M.: Möglichkeiten der Innendämmung beim Fachwerkbau, Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Version vom 27.04.2005
http://www.ibp.fhg.de/literatur/konfe/05_Moeglichkeiten-der-Innendaemmung_f-HBZ-Fachwerk.pdf

[TOOLBOX 2001]

Loga, Tobias; Born, Rolf; Großklos, Marc; Bially, Matthias: Energiebilanz-Toolbox. Arbeitshilfe und Ergän-

zungen zum Energiepass Heizung / Warmwasser; IWU Darmstadt, Dez. 2001

[Wohnungsmarkt Bayern 2005]

Wohnungsmarkt Bayern 2005, Beobachtungen und Ausblick, herausgegeben von der Bayerische Landesbodenkreditanstalt, Kapellenstraße 4, 80333 München, Dezember 2005

[WTA 8-1-03/D 2003]

Fachwerkinstandsetzung nach WTA I: Bauphysikalische Anforderungen an Fachwerkfassaden, WTA Merkblatt 8-1-03/D, WTA-Publications, Edelsbergstrasse 6, D-80686 München, 2003

[WTA 8-4-06/D 2006]

Fachwerkinstandsetzung nach WTA IV: Außenbekleidungen, WTA Merkblatt 8-4-06/D, WTA-Publications, Edelsbergstrasse 6, D-80686 München, 2000

[WTA 8-5-00/D 2000]

Fachwerkinstandsetzung nach WTA V: Innendämmsysteme, WTA Merkblatt 8-5-00/D, WTA-Publications, Edelsbergstrasse 6, D-80686 München, 2000

[WTA E 8-5-06/D 2006]

Fachwerkinstandsetzung nach WTA V: Innendämmsysteme, Entwurf WTA Merkblatt E 8-5-06/D mit Einspruchsfrist bis 31. Juli 2007, WTA-Publications, Edelsbergstrasse 6, D-80686 München, 2006

[Wuppertal Institut 1996]

Bundesarchitektenkammer (Hrsg.), Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie, Planungsbüro Schmitz Aachen: Energiegerechtes Bauen und Modernisieren, Birkhäuser Basel Berlin Boston 1996

Normen

[DIN 4108 Teil 2]

Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz, Juli 2003

[DIN 4108 Teil 3]

Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden – Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz, Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung, Juli 2001

[DIN V 4108 Teil 6]

Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs, Juni 2003

[DIN 4108 Teil 10]

Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Anwendungsbezogene Anforderungen an Wärmedämmstoffe – Teil 10: Werkmäßig hergestellte Wärmedämmstoffe, Juli 2007

[DIN V 4701 Teil 10 Beiblatt 1]

Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen – Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung; Beiblatt 1: Anlagenbeispiele, Februar 2007

[DIN 18516 Teil 1]

Außenwandbekleidungen, hinterlüftet – Teil 1: Anforderungen, Prüfgrundsätze, Dezember 1999

[DIN EN ISO 10211]

Wärmebrücken im Hochbau – Wärmeströme und Oberflächentemperaturen – Detaillierte Berechnungen, Juni 2005

[DIN 18195 Teil 5]

Bauwerksabdichtungen – Teil 5: Abdichtungen gegen nichtdrückendes Wasser auf Deckenflächen und in Nassräumen; Bemessung und Ausführung, August 2000

[DIN EN 12524]

Baustoffe und -produkte - Wärme- und feuchteschutztechnische Eigenschaften - Tabellierte Bemessungswerte, Juli 2000

Abbildungsnachweis

Anforderungen

Abb. 2.1

Brandschutz in der Tasche, FeuerTRUTZ GmbH, Kanalstrasse 24, 82515 Wolfratshausen, 2006; Seite 2

Untersuchung der Sonderfälle

Abb. 3.1.3

links: <http://www.rockwool.de/sw10180.asp>

mitte, rechts: Haselsteiner E.: Haus der Zukunft – Forschungsprogramm für zukunftsorientiertes Bauen, Wohnen und Sanieren, DETAIL, 11 (2006), Energetische Sanierung, Seite 1284

Abb. 3.1.5

Loga T., Feldmann R., Diefenbach N., Großklos, M. et al.: Wiesbaden – Lehrstraße 2, Energetische Modernisierung eines Gründerzeithauses, Institut für Wohnen und Umwelt GmbH (IWU), Annastraße 15, 64285 Darmstadt, 2003, Seite 2

Abb. 3.1.6

Hauser G., Stiegel H.: Wärmebrückenkatalog für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen zur Vermeidung von Schimmelpilzen; Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2006, Seite 52

Abb. 3.1.7

Hauser G., Stiegel H.: Wärmebrückenkatalog für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen zur Vermeidung von Schimmelpilzen; Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2006, Seite 53

Abb. 3.1.8

Hauser G., Stiegel H.: Wärmebrückenkatalog für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen zur Vermeidung von Schimmelpilzen; Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2006, Seite 56

Abb. 3.1.9

Hauser G., Stiegel H.: Wärmebrückenkatalog für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen zur Vermeidung von Schimmelpilzen; Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2006, Seite 57

Abb. 3.1.10

Hauser G., Stiegel H.: Wärmebrückenkatalog für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen zur Vermeidung von Schimmelpilzen; Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2006, Seite 104

Abb. 3.1.11

Hauser G., Stiegel H.: Wärmebrückenkatalog für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen zur Vermeidung von Schimmelpilzen; Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2006, Seite 105

Abb. 3.1.12

Hauser G., Stiegel H.: Wärmebrückenkatalog für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen zur Vermeidung von Schimmelpilzen; Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2006, Seite 106

Abb. 3.1.13

Hauser G., Stiegel H.: Wärmebrückenkatalog für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen zur Vermeidung von Schimmelpilzen; Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2006, Seite 107

Abb. 3.2.1

Künzel, H. M.: Fachwerksanierung ohne Feuchteschäden, WTA-Kompendium I, Fachwerkinstandsetzung nach WTA, Band 2, Fraunhofer-IRB Verlag, Stuttgart 2002, Seiten 43- 48

Abb. 3.2.5

links: Eßmann F., Gänßmantel J., Geburtig G.: Energetische Sanierung von Fachwerkhäusern, Die richtige Anwendung der EnEV, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2005, S. 146

rechts: Künzel, Helmut: Bauphysik und Denkmalpflege, Fraunhofer IRB Verlag Stuttgart 2007, Seite 94

Abb. 3.2.6 - 3.2.9

Müntinga + Puy, Dipl. Ing. - Architekten - BDA, Bad Arolsen

Abb. 3.3.2

Lustenberger & Condrau dipl. Architekten ETH SIA, Ebikon, CH

Abb. 3.3.5

Richarz C., Schulz Ch., Zeitler F.: Energetische Sanierung, Grundlagen Details Beispiele, Institut für Internationale Architekturdokumentation, München 2006, Seiten 92 und 93

Abb. 3.3.6

Hauser G., Stiegel H.: Wärmebrückenkatalog für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen zur Vermeidung von Schimmelpilzen; Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2006, Seite 128

Abb. 3.3.7

Hauser G., Stiegel H.: Wärmebrückenkatalog für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen zur Vermeidung von Schimmelpilzen, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2006, Seite 129

Abb. 3.3.8

Hauser G., Stiegel H.: Wärmebrückenkatalog für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen zur Vermeidung von Schimmelpilzen, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2006, Seite 132

Abb. 3.3.9

Hauser G., Stiegel H.: Wärmebrückenkatalog für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen zur Vermeidung von Schimmelpilzen, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2006, Seite 133

Abb. 3.3.10

Hauser G., Stiegel H.: Wärmebrückenkatalog für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen zur Vermeidung von Schimmelpilzen, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2006, Seite 130

Abb. 3.3.11

Hauser G., Stiegel H.: Wärmebrückenkatalog für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen zur Vermeidung von Schimmelpilzen, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2006, Seite 131

Abb. 3.4.10

Richarz C., Schulz Ch., Zeitler F.: Energetische Sanierung, Grundlagen Details Beispiele, Institut für Internationale Architekturdokumentation, München 2006, Seiten 79 und 80

Abb. 3.6.8

Hauser G., Stiegel H.: Wärmebrückenkatalog für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen zur Vermeidung von Schimmelpilzen, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2006, Seite 40

Abb. 3.6.9

Hauser G., Stiegel H.: Wärmebrückenkatalog für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen zur Vermeidung von Schimmelpilzen, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2006, Seite 41

Abb. 3.6.10

Hauser G., Stiegel H.: Wärmebrückenkatalog für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen zur Vermeidung von Schimmelpilzen, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2006, Seite 34

Abb. 3.6.11

Hauser G., Stiegel H.: Wärmebrückenkatalog für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen zur Vermeidung von Schimmelpilzen, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2006, Seite 35

Abb. 3.6.12

Hauser G., Stiegel H.: Wärmebrückenkatalog für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen zur Vermeidung von Schimmelpilzen, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2006, Seite 38

Abb. 3.6.13

Hauser G., Stiegel H.: Wärmebrückenkatalog für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen zur Vermeidung von Schimmelpilzen, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2006, Seite 39

Schalbilder

- S. 14 Staatsbibliothek zu Berlin: Fassade nach der Renovierung;
<http://bauen.staatsbibliothek-berlin.de/de/presse/fotos.html>
- S. 32 Herrenhaus in Wittringen ;
<http://www.webcitizen.de/Geschichte.htm>
- S. 46 Wohnhaus mit auskragenden Balkonen, München
- S. 58 Lingotto Fiatwerke in Turin, Italien; Giacomo Mattè-Trucco;
<http://www.usc.edu/dept/architecture/slide/ghirardo/CD3/010-CD3.jpg>
- S. 64 friusch betonierte Bodenplatte;
<http://www.pyro-man.de/haus/fullsize/2007-04-23-Fotos-Bodenplatte-img001.jpg>

Leitfaden „Energieeinsparung und Denkmalschutz“



Prüfung von Ausnahmen bei Förderung im KfW-Programm „Energieeffizient Sanieren“

Version 1.4

Stand September 2010

Inhalt

1	Vorbemerkung	4
1.1	Klimaschutz in Verbindung mit Denkmalschutz.....	4
1.2	Substanzschutzkonzept	4
1.3	Denkmalwert und Zukunftsstrategie	5
1.4	Sanierungskosten.....	5
2	Typologie	5
2.1	Charakterisierung der Wohnbauten als Denkmal	5
2.2	Fachwerkbauten	6
2.3	Massivbauten der Gründerzeit bis Jugendstil 1870 – 1914.....	6
2.4	Werkwohnungsbau und Gartenstadtbewegung um 1900 - 1945	8
2.5	Neue Sachlichkeit / Moderne ab ca. 1920 bis heute	9
2.6	50ziger Jahre	9
2.7	Nach 1960.....	10
2.8	Industrialisiertes Bauen nach 1945.....	10
3	Denkmalschutz und energetische Sanierung – baukonstruktive Hinweise	10
3.1	Änderung der bauphysikalischen Bedingungen im Lauf der Zeit	10
3.2	Gestaltungs- und Sanierungskonzept	11
3.3	Wärmeschutz: Außendämmung – Schützen und Dämmen.....	12
3.4	Wärmeschutz: Innendämmung.....	13
3.5	Feuchteschutz.....	15
3.6	Kellerdecke.....	16
3.7	Wärmebrücken	16
3.8	Fenster	17
3.9	Dach	17
3.10	Treppenträume, Durchfahrten	18

3.11	Neue Technologien im Fachwerkbau.....	18
4	Anforderungen aus anderen Bereichen.....	18
4.1	Brandschutz	19
4.2	Raumhöhen.....	19
4.3	Abstandsflächen zur Grundstücksgrenze.....	19
4.4	Barrierefreies Bauen	19
5	Energetische Anforderungen.....	20
6	Ausnahmegenehmigungen	21
6.1	Grundsätze	21
6.2	Vorgehensweise bei dem Antrag auf Ausnahmegenehmigung	22
6.3	Zur Prüfung auf Ausnahme notwendige Unterlagen	23
6.4	Beispiele für Umstände, die Ausnahmeregelung begründen können	25
6.5	Prüfung, Nachweise.....	26
7	Checklisten	27
8	Weitere Informationen	27
8.1	Relevante DIN-Normen.....	27
8.2	weitere Informationsquellen	28
8.3	Ansprechpartner	28
8.4	Impressum.....	34
	Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena).....	34

1 Vorbemerkung

1.1 Klimaschutz in Verbindung mit Denkmalschutz

Der Erhalt denkmalgeschützter Bausubstanz sowie der Schutz des Klimas durch energetische Gebäudesanierung stellen zwei wichtige gesellschaftliche Schutzziele dar. Im Rahmen der Förderprogramme der KfW Privatkundenbank besteht die Möglichkeit, für denkmalgeschützte Gebäude, die energetisch saniert werden sollen, Ausnahmegenehmigungen vom Anforderungsniveau zugewähren.

Der vorliegende Leitfaden soll dabei mehrere Aufgaben erfüllen:

- In Bezug auf denkmalrechtliche Besonderheiten soll die Thematik grundsätzlich erläutert werden, um für die Zusammenhänge zu sensibilisieren.
- Typische denkmalgeschützte Gebäudetypen werden in Kurzbeschreibungen beispielhaft vorgestellt.
- Für bestimmte typische Konstruktionen sollen beispielhafte Lösungen dargestellt werden. Dieser Punkt wird im Lauf der Prüfungen und der Präsentationen der Ausnahmen schrittweise ergänzt.
- Der Leitfaden soll im Prüfungsprozess erste Anhaltspunkte bei der Gewährung von Ausnahmen liefern.
- Zur Dokumentation des Entscheidungsprozesses wird eine Checkliste zur Verfügung gestellt.

1.2 Substanzschutzkonzept

Bautechnisch ist als unbedingte Voraussetzung der Schutz vor Feuchtigkeit und Nässe zu gewährleisten, um eine mögliche Potenzierung von Folgeschäden aus Temperaturerhöhung, Luftfeuchte, Luftdichte und Resten von pflanzlichen Schädlingen nach Abdichtungs- und Dämmmaßnahmen und einer Optimierung der Beheizung zu vermeiden. Hierbei wird ein besonderes Augenmerk auf Dachdeckung, konstruktive Bauteile und technische Elemente (Entwässerung, Ableitung), auf Gründungsbereiche mit allen Aspekten der aufsteigenden und anstehenden Feuchtigkeit, Luftfeuchte und Staunässe sowie Tauwasser an Rohrleitungen zu richten sein. In Feuchträumen sind die besonderen Abdichtungsmaßnahmen zu beachten. Bei aus Anforderungen der Denkmalpflege notwendigen Innendämmungen ist auf eine sorgfältige Planung (ggf. Auswahl diffusionsoffener und möglichst kapillaraktiver Baustoffe) und Bauausführung (ohne Luftzwischenräume) sowie auf die Vermeidung von Wärmebrücken zu achten.

1.3 Denkmalwert und Zukunftsstrategie

Der Denkmalwert der Wohnbausubstanz entfaltet sich nicht nur in Einzelgebäuden sondern auch im Ensemble, so dass auch denkmalpflegerische und sehr oft stadtentwicklungsorientierte Strategien mit ökonomischen bzw. wohnungsmarktpolitischen Perspektiven abgeglichen und solidiert werden müssen, um nicht in unkontrollierbaren Entwertungsprozessen zu landen. Aktuell stehen allein in den neuen Bundesländern mindestens 550.000 Wohnungen in Bestandsgebäuden dauerhaft leer, ein Großteil davon in vollständig leer stehenden Gebäuden.

1.4 Sanierungskosten

Sanierungskosten sind aufgrund teilweise verborgener und erst während der Sanierung sichtbar werdender Schäden an der Baukonstruktion im Vorfeld nicht mit Sicherheit zu kalkulieren. Dies trifft aber auf konventionelle wie energetische Sanierung in gleichem Maße zu. Bei denkmalgeschützten Bauten können Mehrkosten aufgrund zusätzlicher oder kostenintensiverer Maßnahmen entstehen, die durch Auflagen der Denkmalbehörden für eine energetische Sanierung notwendig werden. Es ist davon auszugehen, dass sich die Amortisationszeit gegenüber nicht denkmalgeschützten Gebäuden in den meisten Fällen dadurch nur unwesentlich verlängern wird. Daher ist stets eine möglichst weitgehende Energieeinsparung anzustreben.

2 Typologie

2.1 Charakterisierung der Wohnbauten als Denkmal

Die in Deutschland vertretenen Typologien der Wohnbauten sind für eine Charakterisierung im Sinne der „häufigsten Baudenkmalstypen“ ab 1870 im Folgenden dargestellt. Die Gewerbe-, Industriebauten und allgemein Nichtwohngebäude entsprechen von der Baukonstruktion den Wohnbauten. Die vor den betrachteten Zeitabschnitten entstandenen Wohnbauten sind äußerst selten. Ferner sind sie – ihrer Bedeutung gemäß – in der Regel bereits erfasst, angepasst und denkmalgerecht behandelt worden.

Der nach 1870/71 einsetzende Zustrom von Arbeitskräften in die Städte hat zu einem hohen Bedarf an Wohnungen geführt, der durch den Bau städtischer Mietshäuser gedeckt wurde. Die dabei entstandene städtebauliche Figur des geschlossenen Blocks (siehe Hobrecht-Plan, Berlin 1862) mit der Verdichtung des Blockinneren durch Hinterhäuser und Seitenflügel ist für viele Städte die heute älteste zusammenhängende Wohnungsbausubstanz und erfährt seit dem Denkmalschutzjahr 1975 eine erhaltende Behandlung im Westen der Bundesrepublik. In den neuen Bundesländern gibt es ebenfalls – wenn auch in zum Teil wenig verbesserter Ausstattung – Stadtgebiete mit vor- und gründerzeitlicher Bebauung.

2.2 Fachwerkbauten

Neben den Massivbauten (Ziegelbauten) bestehen in größerem Umfang in Mittel- und Kleinstädten sowie Dörfern Fachwerkbauten als Wohngebäude. Sie reichen in ihren Ursprüngen bis in das 16. Jahrhundert zurück, sind ergänzt und teilweise auch in ihrem äußeren Erscheinungsbild durch Verputz (hauptsächlich in der Biedermeierzeit) nicht als solche zu erkennen. Die wesentlichen Unterschiede liegen in der Stellung der Gebäude: Entweder stehen sie frei, mit engem Zwischenraum oder geschlossen im städtischen Kontext. Aufgrund der tradierten Form der Herstellung ergeben sich in der Primärkonstruktion nur regional geringe Abweichungen. Zur Wetterseite finden sich Behänge aus regional unterschiedlichen Materialien und Formen.

Materialien

Die Grundkonstruktion besteht aus einem Holzständerbau mit Holzbalkendecken in verschiedenen konstruktiven wie formalen und stilistischen Ausformungen. Die Gefache zwischen den Balken (Holzquerschnitt meist ca. 15 x 15 cm) sind entweder mit Vollziegeln ausgemauert oder mit Holzstakungen und Lehm ausgefüllt sowie meist beidseitig verputzt. Die Holzfachwerkbalken sind häufig außen, teilweise innen auch sichtbar, was den Feuchtigkeitseintrag in die Wandkonstruktion fördert und zu der bei Fachwerkbauten bekannten Sanierungsproblematik führt. Dies muss bei der energetischen Sanierung besonders sorgfältig gelöst werden, da sonst die fast immer notwendige Innendämmung durch Feuchtigkeit in Mitleidenschaft gezogen werden kann.

2.3 Massivbauten der Gründerzeit bis Jugendstil 1870 – 1914

Das auffälligste Merkmal, das bei der energetischen Sanierung zu beachten ist, besteht in der Gliederung der Fassaden, die unterschiedliche Herangehensweisen erfordert und bei starker Gliederung Einfluss auf die Höhe der Energieeinsparung haben kann. Die Chronologie der Massivbauten wird in ihren Anfängen von der Parzellenbreite bestimmt, wodurch die Gebäude mit der Anzahl der Straßenfenster pro Geschoss bestimmt werden. Die Entwicklung vom 1-Spänner über den 2-Spänner bis hin zu 4- und 6-Spännern ist dem wirtschaftlichen Wandel geschuldet. Häuser mit mehr als 2 oder 3 Wohnungen pro Geschoss sind heute nur noch äußerst selten anzutreffen. Neben der Formensprache der Fassade ist die Stockwerkshöhe ein wesentliches Merkmal der „Gründerzeitgebäude“. Sie reicht von ca. 3 m bei einfachen Gebäuden bis hin zu 5 m bei herrschaftlichen Gebäuden. Die Regelhöhe liegt zwischen 3,5 und 4 m. Vor der Gründerzeit sind die zu sanierenden Massivbauten selten und bedürfen aufgrund der ähnlichen Bauweise keiner gesonderten Betrachtung.

Gewerbebau

Aus dieser Zeit sind auch zahlreiche, denkmalgeschützte Gewerbebauten erhalten, die zum Teil zum Wohnen und andere neue Nutzungen gut geeignet sind und häufig mit Entkernungen und Teilabrissen komplett saniert werden müssen. Häufig ist eine Sichtmauerwerksfassade vorhanden, welche eine In-

nendämmung und Behandlung der Wärmebrücken (Stahlstein – Kappendecken) erforderlich macht. Ansonsten entsprechen die Probleme bei der Sanierung dem Wohnungsbau aus der Zeit.

Materialien

Außenwände:

Die Wände sind in der Regel aus Vollziegeln in verschiedenen Formaten (unterschiedlich nach Region und Bauzeit) gemauert. Die Mauerwerksstärke differiert nach Bau, beträgt aber in der Regel im KG und EG zwischen 51 und 77 cm und verringert sich bis zum obersten Geschoss bis ca. 25 und 38 cm. Die Fassadenansichten bestehen meist aus Putz oder Sichtmauerwerk. Die Dekorationen und die verwendeten Materialien (Stuck-, Ziegel und Klinker - Ornamentik (zum Teil glasiert), Terrakotten, Majolikaeinsätze) verhindern oft eine ganzflächige Dämmung von außen, da auf die Wiederherstellung – zum Teil auch in reduziertem Umfang – nicht nur vom Denkmalschutz, sondern auch von der Stadtplanung, Nutzern und Eigentümern Wert gelegt wird.

Sockelmauerwerk:

Das Sockelmauerwerk ist teilweise auch aus regional unterschiedlichen Natursteinarten (mit teils großem Mörtelanteil in den Fugen) gemauert worden.

Innen ist in der Regel Putzoberfläche vorhanden, in Remisen, Dachgeschoss und Kellern häufig unverputztes Ziegelmauerwerk.

Fundamente:

Fundamente sind meist relativ klein dimensionierte, aus Vollziegeln oder Naturstein gemauerte Streifenfundamente unter den Außen- und Brandwänden und den Mittelwänden. Dazwischen ist ev. der Boden noch als gestampfter Lehm Boden oder gemauerter Ziegelboden ausgeführt.

Abdichtung:

Als Abdichtung der Mauern gegen aufsteigende Feuchtigkeit ist bereits vor 1900 häufig, nach 1900 regelmäßig Teerpappe in ein oder zwei Mauerwerkslagen eingelegt worden. Diese Sperrschichten sind in der Regel nicht mehr wirksam und müssen saniert werden. Vertikalabdichtung der Kellerwände zum Erdreich hin ist meist nicht vorhanden.

Fenster:

Die Fenster sind meist als Holz - Kastenfenster, in Bädern und Küchen oft noch als Einfachfenster eingebaut. Sprossenteilung ist häufig vorhanden. Teilweise wurden sie ab 1950 durch Verbund- oder Isolierglasfenster ersetzt, die heutigen Anforderungen nicht immer entsprechen.

Geschossdecken:

Vor allem im KG als Massivdecken (Stahl-Stein-Decke) aus Stahlträgern mit dazwischen gemauerten Kappengewölben und Ortbetonauflage, in den oberen Geschossen i. d. R. Holzbalkendecken mit Stakung, Füllung aus Schlacke, Sand oder Lehm und oberseitiger Dielung, unterseitig Putzträger aus Holzleisten

und Schilfrohrmatten mit Putz. Diese weisen einen U-Wert von ca. 2,2 – 2,5 W/(m² K) auf. Bei Holzbalkendecken im KG ist häufig Befall von Echem Hausschwamm und anderen Pilzen festzustellen. Dies muss untersucht und fachgerecht saniert werden.

Dächer:

Holzdachstuhl, Straßen- und Hoffassade in der Regel mit Schrägdach mit ca. 45° Dachneigung und Ziegeleindeckung, dazwischen flach geneigter Dachbereich mit Holzschalung und Abdichtung aus meist mehreren Lagen Teer- (gesundheitsschädlich) und Bitumenpappe. Häufig war im sonst offenen und durchlüfteten Dach ein Raum als Waschküche mit gemauertem Waschkessel, Estrich und Putzwänden ausgebaut. Hier ist vermehrt Befall von Echem Hausschwamm und anderen Pilzen festzustellen.

2.4 Werkwohnungsbau und Gartenstadtbewegung um 1900 - 1945

Merkmale

Um die Jahrhundertwende entstehen Reformbewegungen, die zum Anfang des 20. Jahrhunderts (nach ca. 1920) neue Wohngebäude errichten lassen, die die Abkehr von der hierarchischen Ausrichtung zur Straße (siehe vor), den Einsatz von Balkonen, unterschiedliche Fensterformate und Fensterteilungen, neue Technologien und Grundrissanordnungen – sehr häufig in Kleinwohnungen – zeigen.

Werkwohnungsbau und Gartenstadtbewegung

Werkwohnungsbau und Gartenstadtbewegung bewirken in den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts ebenfalls eine Abkehr von der Mietskasernenstadt mit neuartigen, meist kleineren und differenzierteren Baukörpern und einer eher aufgelockerten Bebauung mit Mietergärten und angelegten Wohnhöfen im Blockinneren. Auch sie unterstehen weitgehend dem Denkmalschutz, meist als Ensemble oder Flächen- denkmal (z. B. Krupp-Siedlungen in Essen 1900-1914, Meyersche Häuser in Leipzig ab 1888, Gartenstädte Hellerau ab 1906, Dresden u. a. mit unterschiedlichen Bauformen wie Reihenhaus, Einzelhaus zwei bis dreigeschossig).

Zeilenbau, Wohnungsbaugenossenschaften

Nach dem ersten Weltkrieg entstanden aus der großen Wohnungsnot gemeinnützige Wohnungsbaugenossenschaften und Bau- oder Siedlungsgesellschaften, welche mit z. T. sehr bekannten Architekten (Gropius, Ernst May, Bruno Taut, Hannes Meyer, u. a.), Grundrissoptimierung, geringen Flächenverbrauch pro Wohnung, Belichtung und Besonnung und die Anlage von Gemeinschaftseinrichtungen betrieben. Aus dieser Zeit stammen mehrgeschossige Zeilenbauten mit angelegten Wohnhöfen.

Materialien

Die Baukonstruktion unterscheidet sich nicht wesentlich zu den Massivbauten der Gründerzeit, siehe oben. Das Mauerwerk besteht aber teilweise bereits aus Lochziegeln und Betonhohlblocksteinen mit Zuschlägen (wie auch in der Zeit nach 1945)

2.5 Neue Sachlichkeit / Moderne ab ca. 1920 bis heute

Zur gleichen Zeit etwa werden Beiträge zu modernen Technologien und Konstruktionen im Massenhousingbau entwickelt und gebaut. Die neue Sachlichkeit der Moderne ist nicht nur formal in der Reduktion auf Kubus und Fläche und dem Verzicht auf Dekor, sondern auch in der Wahl der Konstruktion (z. B. Stahlfachwerk mit Ausfachung, Beton etc.) prägend.

Hier ist in der Zeit nach dem zweiten Weltkrieg durch Wiederaufbau mit knappen Mitteln und später durch unbedachte Modernisierungen in denkmalpflegerischer Hinsicht vieles zerstört worden. Bei einer umfassenden Sanierung wäre einiges zum Teil jedoch wieder rückbaubar bzw. durch bessere Baustoffe ersetzbar. In der Zeit zwischen 1933 und 1945 entstanden Siedlungen und innerstädtische Planungen, die ebenso wie die Wohnungsbauten der jungen DDR aus den fünfziger Jahren (Stalinallee / Frankfurter Allee in Berlin) eine späte Erfassung als Zeitdokument erfahren haben.

Material

In dieser Zeit kommt verstärkt der Stahlbetonbau (Wände und Decken) auf, der zahlreiche Probleme mit Wärmedurchgang, Wärmebrücken sowie Kondenswasser und demzufolge der Korrosion mit sich bringt. Das Dach wird aus formalen Gründen häufig als Flachdach mit Bitumenabdichtung und Attika ausgebildet. Daneben ist der konventionelle Mauerwerksbau wie in der Gründerzeit verbreitet.

Fenster sind häufig Einscheibenverglasungen in Holz- oder nicht thermisch getrennten Metallrahmen. Hier sind nur innere Vorsatzfenster möglich wenn durch die Denkmalbehörde die Erhaltung der Fenster gefordert wird.

2.6 50ziger Jahre

Die Nachkriegszeit ist vor allem in den ersten Jahren durch Materialmangel bzw. schlechter Materialqualität und teilweise mangelhafter Bauausführung geprägt. Nach dem Krieg musste schnell, preiswert und mit vorhandenem Material aus Abbruchhäusern oder schnell und preiswert erzeugten Baustoffen neuer Wohnraum geschaffen werden. Schall- und Wärmeschutzanforderungen sind dadurch meist ungenügend.

Material

Wände bestehen meist aus Abbruchziegeln kriegszerstörter Bauten, Lochziegeln, Betonschalungs- und Hohlblocksteinen, Voll- und Lochziegeln, meist beidseitig verputzt, selten mit Verblendmauerwerk und Luftschichten. Als Decken sind diverse Arten von Stahlsteindecken bzw. Stahlbetondecken sowie Holzbalckendecken üblich.

Fenster sind neben Einscheibenverglasungen und Kastenfenstern ab Ende der fünfziger Jahre Verbundfenster eingebaut.

2.7 Nach 1960

In der Zeit nach 1960 sind denkmalgeschützte Bauten aufgrund der Zeitnähe noch nicht häufig und daher für die energetische Sanierung unter Berücksichtigung denkmalpflegerischer Aspekte nicht von großer Relevanz. Dies wird erst in den kommenden Jahrzehnten an Bedeutung gewinnen.

2.8 Industrialisiertes Bauen nach 1945

Inzwischen sind von der Denkmalpflege auch Produkte des industrialisierten Bauens erfasst, die besondere Anforderungen an eine behutsame energetische Sanierung stellen, da Wärmedurchgänge und – Wärmebrücken nur unter formaler Veränderung zu beheben sind.

3 Denkmalschutz und energetische Sanierung – baukonstruktive Hinweise

3.1 Änderung der bauphysikalischen Bedingungen im Lauf der Zeit

1. Im Laufe der Zeit haben sich die Art der Nutzung sowie die Bautechnik weiterentwickelt und geändert. Über viele Jahrhunderte hatte dies für die bauphysikalischen Rahmenbedingungen der Gebäude keine gravierenden Auswirkungen. Im 20. Jahrhundert traten aber Entwicklungen auf, die die Raumlufteuchte stark veränderten und dadurch bauphysikalische Probleme hervorbrachten: In Wohngebäuden hat die Feuchteproduktion und damit die Feuchtebelastung stark zugenommen. In früheren Zeiten gab es kein fließendes Wasser in den Wohnungen. Das Wasser musste von Brunnen in Eimern geholt werden, wodurch der Wasserverbrauch geringer war als heute. Baderäume gab es meist gar nicht, wodurch nicht geduscht und wesentlich seltener gebadet wurde. Der Kochherd produzierte so viel Wärme, dass die beim Kochen entstehende Feuchtigkeit durch Kamine und Undichtigkeiten in den Fenstern abgeführt wurde. Wäsche wurde meist in gesonderten Waschküchen oder in Waschkammern im Dachboden oder Keller gewaschen. Durch den Einbau von fließendem Wasser und Bädern in jeder Wohnung sowie der heute üblichen Trocknung der Wäsche in den Wohnungen hat sich im Laufe des 20. Jahrhunderts der Feuchteintrag in den Wohnräumen stark erhöht.
2. Die Raumheizung änderte sich durch die Einführung der Zentralheizung. Die Einzelöfen brachten einen höheren Strahlungsanteil, der die Wände stärker aufheizte. Bei der Zentralheizung ist der Anteil der Konvektion höher, wodurch die Raumlufte gleichmäßig temperiert wird.
3. Die Gebäudehülle wurde durch immer dichter werdende Fenster luftdichter ausgeführt bis hin zu den Forderungen der Energieeinsparverordnung und der Kontrolle der Luftdichtigkeit durch Blower-Door-Tests.

Dadurch entstand die heutige Problematik, dass die erhöhte Feuchtebelastung in Innenräumen nicht mehr durch die früher undichte Gebäudehülle abweichen kann und vermehrt Schimmelbildung und konstruktive Schäden entstehen. Durch eine vierköpfige Familie entsteht so in den Wohnungen im Durchschnitt 6 bis 8 Liter Wasser als Wasserdampf in der Raumluft. Die Nutzer müssen dadurch die Feuchtigkeit, die ca. einem Eimer Wasser entspricht, aus den Räumen heraus lüften. Dagegen steht die Rechtsprechung, die dem Mieter dies nicht zumuten will. Der Ausweg ist der Einbau von Lüftungsanlagen, die die Feuchtigkeit aus Bad und Küche permanent abführen und gleichzeitig, ohne aktives Lüften der Nutzer, für gute Luft sorgen. Beim Einbau einer Wärmerückgewinnung wird zudem noch die Energie gespart, die für das regelmäßige Nachheizen der frischen Luft notwendig ist.

3.2 Gestaltungs- und Sanierungskonzept

Bei der energetischen Sanierung von denkmalgeschützten Gebäuden muss ein Konzept aufgestellt werden, welches das Ziel der Sanierung – die entscheidende Senkung des Energieverbrauches – mit der Beibehaltung der Substanz und der historischen Ansicht der Gebäude in Einklang bringt. Hierzu sind eine umfangreiche Bestandsaufnahme und Sichtprüfung des Baudenkmals sowie eine Abstimmung mit den Denkmalschutzbehörden notwendig.

Grundsätzlich sollte möglichst viel von den Grundsätzen einer wirksamen, energetischen Sanierung entsprechend des Sanierungszieles (Einhaltung oder Unterschreitung der Anforderungen der gültigen EnEV für einen vergleichbaren Neubau) eingebracht und umgesetzt werden:

1. Guter Wärmeschutz, möglichst lückenlos als Außenwanddämmung (außen oder innen)
2. Vermeidung / Dämmung von Wärmebrücken
3. Fenster mit möglichst geringen Gesamt-U-Werten (Ersatz alter Fenster durch neue Fenster oder Einbau zusätzlicher Isolierglasfenster hinter die denkmalgeschützten Fenster)
4. Lückenlose Luftdichtung innen, mit Überprüfung durch Blower-Door-Test
5. eventuell Einbau einer Lüftungsanlage (möglichst mit Wärmerückgewinnung) zur Vermeidung von Lüftungswärmeverlusten
6. Es ist vorab zu prüfen, ob nach der energetischen Sanierung eine Verschlechterung der bauphysikalischen und bauklimatischen Situation zu erwarten ist.

Bei manchen Einzeldenkmälern mit umfangreichen denkmalpflegerischen Vorgaben wird es schwierig sein, anspruchsvolle Standards zu erreichen. Hierbei müssen Schwachpunkte im Wärmeschutz durch ein Mehr bei anderen Maßnahmen ausgeglichen werden. So kann z. B. in vielen Fällen das Dach, die oberste Geschossdecke oder die Rückfront mehr gedämmt werden als die Straßenfassade, es kann eine (bessere) Lüftungsanlage eingebaut werden oder es können zur Deckung des restlichen Energiebedarfes regenerative Energiequellen genutzt werden. Dies ist im Einzelfall abzuwägen. Trotz der Ausnahmegenehmigung nach EnEV für Denkmale ist die Einhaltung des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108 zu beachten.

Regelwerke

Zur Baukonstruktion von Gründerzeithäusern gibt es Regelwerke, die die verwendeten Materialien in der benötigten Dicke/ Stärke etc. angeben. Mauerwerksdicken im alten Reichsformat unterliegen den jeweiligen Beanspruchungen, Stockwerkshöhen, Wandarten (tragend, nicht tragend / selbsttragend) und differieren nur in seltenen Fällen von den für den jeweiligen Fall vorgeschriebenen Maßen. Die entstehenden oder möglichen Veränderungen im Bereich der einzelnen Bauteile sowie ggf. sinnvolle Grundrissveränderungen (Bad und Entlüftung etc.) werden in den Checklisten dokumentiert.

Es sei zur Information auch auf die Merkblätter der WTA (Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V.) verwiesen, die meist den Stand einer „Allgemein anerkannten Regel der Bautechnik“ besitzen und in denen die bauphysikalischen Zusammenhänge bei der Sanierung von Altbauten erläutert sind.

3.3 Wärmeschutz: Außendämmung – Schützen und Dämmen

Die grundsätzliche Entscheidung über die Art der Wärmedämmung liegt im Bereich der Außen-/ Straßenseite. Aus bautechnischer Sicht ist eine Außendämmung zu bevorzugen, da Wärmebrücken überdeckt und bauphysikalische Probleme minimiert werden.

Bei den Maßnahmen ist weiterhin zu beachten, dass Laibungstiefen, die durch Außendämmung vergrößert werden, die Maßstäblichkeit der Fassadenordnung stören. Ebenso verhält es sich mit der Laibungsdämmung, welche die Fensteröffnung verkleinert und die Maßharmonie verändert. Eine teilweise Dämmung unter Beibehaltung von stilistisch wesentlichen Elementen wird bei bereits abgestückten Gebäuden (Nachkriegsüberarbeitung) im Ensembleschutz möglich sein und mit einer Überarbeitung der Fassade nach einem Gestaltungskonzept (nicht Rekonstruktion oder Restauration) einhergehen.

Wärmedämmverbundsystem (WDVS)

In der Regel wird Außendämmung als WDVS ausgeführt. Entsprechend des gewünschten Wärmedämmstandards kommen Dämmstärken von 14 – 25 cm und mehr zum Einsatz. Um die Maßstäblichkeit der Fensterlaibungen zu wahren, kann auch eine Kombination von geringeren Außendämmstärken und anderen Maßnahmen erwogen werden. Bei Fensterlaibungen ist mindestens der vorhandene Putz abzuschlagen, um eine – wenn auch geringe – Dämmung der Laibungen zu ermöglichen. Im Einzelfall ist auch das Abschlagen der gemauerten Fensteranschlüsse in Erwägung zu ziehen. Dabei ist meist das Einhalten des Mindestwärmeschutzes schwierig und die Detaillösung muss sorgfältig geplant werden. Hier ist der Einsatz von Dämmmaterialien mit besserer Wärmeleitstufe (WLS) zu empfehlen. Bei denkmalgeschützten Gebäuden oder bei sonstigen Gebäuden mit besonders erhaltenswerter Bausubstanz ist häufig nur die Dämmung der Brandwände und der Innenhoffassaden mit WDVS möglich.

Wärmedämmputz

Dies stellt häufig den Minimalkonsens mit den Denkmalbehörden dar. Da dies keine ausreichende Verbesserung des Wärmeschutzes bietet, ist eine Kombination mit anderen Maßnahmen erforderlich z. B. einer Innendämmung. Wärmedämmputz kann sowohl außen als auch innen angewendet werden.

Kerndämmung

Bei Mauerwerk mit Luftschicht ist die Möglichkeit einer Kerndämmung zu prüfen, die als alleinige Maßnahme aufgrund der Wärmebrücken (Verankerung beider MW-Schichten) und der Luftschichtstärke vermutlich nicht ausreichen wird und daher mit Innendämmung zu kombinieren sein dürfte.

VIP - Vakuum – Isolationspaneel

VIP besitzen eine Wärmeleitfähigkeit von 0,004 bis 0,006 W/mK und der Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit liegt unter Berücksichtigung der Alterung bei 0,007 – 0,010 W/mK. Damit hat man nach dem Bemessungswert ein mindestens 4 – 5-fach besseres Wärmedämmvermögen gegenüber EPS oder Mineralwolle und kommt mit dünneren Dämmstärken aus. Wichtig ist hierfür ein besonders sorgfältiger Schutz vor Beschädigung während der Bauarbeiten und in eingebautem Zustand, um die Dämmwirkung nicht zu gefährden. Ein beschädigtes Vakuum-Paneel besitzt noch das Wärmedämmvermögen seiner Füllung, in der Regel pyrogene Kieselsäure mit etwa 0,020 W/mK. Ein weiterer Nachteil liegt in den momentan noch wesentlich höheren Kosten und geringen Erfahrungen mit dieser Bauweise. Daher muss im Einzelfall eine Abwägung erfolgen. Sinnvolle Einsatzbereiche sind beispielsweise der Erdgeschoss-Fußboden, wo die VIP´s unter einem Estrich gut geschützt sind sowie dünne und effiziente Dämmung von Fensterlaibungen. Die bauaufsichtlichen Zulassungen des DIBt liegen teilweise seit 2007 vor. Die Zulassungen werden nach und nach aktualisiert und sind bei den Herstellern abrufbar.

3.4 Wärmeschutz: Innendämmung

Bei stark gegliederten, denkmalgeschützten Fassaden und bei Fachwerkbauten kann meist nur mit Innendämmung gearbeitet werden. Die Reduzierung der Nutzfläche im Inneren ist dabei in Kauf zu nehmen. Innendämmung ist bei der Sanierung in bewohntem Zustand in der Praxis meist nur mit Einschränkungen für die Bewohner zu realisieren.

Es sind zwei Arten von Innendämmsystemen zu unterscheiden:

1. Innendämmung mit Dampfsperre: Eine Dampfsperre ist bei nicht kapillar leitenden Dämmstoffen erforderlich, um die Diffusion der Feuchtigkeit aus der Raumluft in die Dämmschicht und die im Winter auftretende Kondensation auf der kalten Oberfläche der Außenwand zu unterbinden. Dies kann Schimmelbildung und konstruktive Schäden an der Baukonstruktion verursachen. Voraussetzung ist aber die lückenlose und dicht verklebte Ausführung der Dampfsperrebene. Dies ist insbesondere bei Holzbalkendecken nicht einfach dauerhaft luftdicht auszuführen. Da dabei mit Fehlern zu rechnen ist, sollte eine feuchteadaptive Dampfbremse eingebaut werden, die die ein-

seitige Diffusion in den Innenraum aus der Dämmebene erlaubt. In jedem Fall müssen die Stöße der Dampfsperrefolien sowie alle Anschlüsse an andere Bauteile dauerhaft luftdicht verklebt werden. Zu beachten ist auch das Problem der aufwändigeren Befestigungstechnik von Einrichtungsgegenständen und die Perforierung der Dampfsperre durch Schrauben, Nägel sowie durch Elektro- und Heizungsinstallation. Dafür sind Vorkehrungen zu planen und sorgfältig auszuführen.

2. Innendämmung ohne Dampfsperre bei kapillar leitenden Dämmstoffen: in machen Fällen ist eine Innendämmung ohne Dampfsperre bauphysikalisch unproblematischer. Hier kommen als Dämmmaterial Wärmedämmputz, Leichtlehm, feucht aufgespritzte Zellulosefaserdämmstoff, Calciumsilikatplatten, Perlitedämmplatten, Porenbeton sowie Holzweichfaserplatten in Frage. Plattendämmstoffe müssen hohlraumfrei an die vorhandene Wand angebracht werden. Die Fugen zwischen den Baustoffschichten müssen hohlraumfrei ausgeführt werden und dürfen keine kapillarbrechende Wirkung haben. Bei dem Anstrich der Innenwände sind diffusionsoffene Farben zu verwenden, die die Rückdiffusion in die Wand eingetretener Feuchtigkeit ermöglicht.

Bei allen Innendämmsystemen ist ein auf die spezielle örtliche Situation abgestimmter Systemaufbau wichtig. Zwischen den Anforderungen des Wärmeschutzes, des Denkmalschutzes und des Feuchteschutzes ist im Einzelfall abzuwägen. Im Zweifelsfall muss ein Nachweis über die Tauwasserbildung geführt werden. Hinweise dazu gibt die DIN 4108, Teil 3. Dort sind im Abschnitt 4.3.2 Konstruktionen angegeben, für die kein Nachweis geführt werden muss.

Bei Fachwerkfassaden mit Innendämmung treten erhöhte Feuchtebelastungen von außen durch Schlagregen, sowie von Innen durch meist dampfdurchlässige Innendämmsysteme auf. Dem ist möglichst mit konstruktiven Präventionsmaßnahmen entgegenzuwirken (Dachüberstände, Putzanschlüsse, keine Hydrophobierung). Insbesondere bei Fachwerkwänden sind trocknungsfördernde Maßnahmen den diffusionsdichten Bauteilen vorzuziehen. Im WTA-Merkblatt 8-5, 05/2008 sind Innendämmsysteme bei Fachwerkwänden beschrieben.

Des Weiteren sind folgende Kriterien bei Innendämmmaßnahmen zu beachten:

- Die Außenwand muss trocken sein (intakte horizontale und vertikale Sperrschichten).
- Bei Bestandswänden sind gegebenenfalls die diffusionshemmenden Schichten (z.B. Ölfarben) zu entfernen bzw. zu perforieren.
- Je nach Bedarf erfolgt die Anordnung einer Dampfbremse raumseitig vor der Wärmedämmung. Diese muss dauerhaft dicht an die angrenzenden Bauteile angeschlossen werden.
- Hohlräume zwischen der vorhandenen Wand und der Dämmschicht sind zu vermeiden, da hier die Gefahr von Kondenswasser durch Konvektion besteht.
- Auf sehr sorgfältige Ausführung auf der Baustelle ist zu achten.

Die DIN 4108 ist zu beachten. Hilfestellungen geben auch die WTA-Merkblätter E-6-4, 8/2008 und 8-5, 5/2008 sowie der Protokollband Nr. 32, 2005 des Passivhausinstitutes zu Innendämmung.

3.5 Feuchteschutz

Neben der Dachabdichtung, dem Schlagregenschutz und den besonderen Abdichtungsmaßnahmen im Feuchtraumbereich wird darauf hingewiesen, dass es als Folge einer umfassenden, energetischen Sanierung mit zusätzlicher Dämmung, Heizung, dicht schließenden Fenstern und Luftdichtigkeit der Baukonstruktion in der Regel zu bauklimatischen Veränderungen innerhalb des Objektes kommt, die stark durch die Nutzung und das Nutzerverhalten beeinflusst werden. Insbesondere bedeutet dies eine Erhöhung der Raumluftfeuchte, die sich bei unzureichender Ablüftung negativ auf die Feuchtebilanz einzelner Bauteile auswirken kann.

Voraussetzungen für Schimmelpilzbildung sind Unterschreitungen des Taupunktes an der Wandinnen- oder innerhalb der Wandkonstruktion bei nicht vorhandener oder nicht funktionierender Dampfsperre sowie poröse Baustoffoberflächen, die Feuchtigkeit aufnehmen können. Diese Feuchtigkeit ist zusammen mit ausreichendem Nährstoffangebot (Staub, Tapeten/Papier, Klebstoffe, Dämmstoffe, Holz, Textilien, Putze, Montageschaum) und Bauteiltemperaturen von weniger als ca. 13°C an Ecken und Kanten des Raumes die Voraussetzung für die Bildung von Schimmelpilzen, die die Baukonstruktion schädigen können und für den Menschen gesundheitsschädlich sind.

Eine **Lüftungsanlage**, möglichst mit Wärmerückgewinnung, hilft die Feuchtigkeit aus den Räumen gefahrlos nach außen abzuführen und vermindert gleichzeitig die Lüftungswärmeverluste. Für Feuchträume selbst sollte mindestens eine Zwangslüftung / Abluftanlage vorgesehen werden, wenn keine komplette Lüftungsanlage eingebaut werden kann. Aber auch für den normalen Wohnbereich besteht die Gefahr eines ungewollten Feuchteintrags in die Baukonstruktion, die in Kombination mit Innendämmung unter gleichzeitiger Absenkung der Außenwandtemperatur den Taupunkt kritisch nach innen verlagert. Eine Dampfsperre verhindert den Transport der Feuchtigkeit. Heute werden häufig feuchteadaptive Dampfsperren eingebaut, die bei zu großem Dampfdruck in der Wandkonstruktion die Diffusion nach Innen ermöglicht. Die Auswahl kapillaraktiver Baustoffe ist für diesen Fall ratsamer. Luftzwischenräume bei Innendämmungen sind möglichst zu vermeiden, um einem Feuchtestau entgegenzuwirken. Bei feuchten Bauteilen erhöht sich nicht nur der U-Wert (Verringerung der Dämmwirkung), auch Bauschäden sind vorprogrammiert. Zum Schutz vor Tauwasserausfall im Bauteil ist gegebenenfalls bei Innendämmmaßnahmen die zusätzliche Anordnung diffusionshemmender Schichten mit entsprechendem Dampfdiffusionswiderstand erforderlich. Für eine genauere Untersuchung sind EDV-unterstützte Simulationsprogramme zu verwenden. Alternativ können die Aufbauten entsprechend den Vorgaben der DIN 4108-3:2001-07 gewählt werden, bei denen kein rechnerischer Nachweis der Tauwasserfreiheit geführt werden muss.

Durch Luftundichtheiten (Konvektion) können erheblich größere Tauwassermengen als durch Diffusion entstehen. Deshalb ist ein Hinterströmen der Dämmung durch einen dauerhaft dichten Anschluss der

Luftdichtheitsebene an die angrenzenden Bauteile wirksam zu verhindern (Ausführung nach DIN 4108-7:2001-08). Durchdringungen sind luftdicht abzukleben. Steckdosen und Installationsleitungen sind luftdicht auszuführen oder vorzugsweise in einer Installationsebene vor der Luftdichtheitsebene anzuordnen.

3.6 Kellerdecke

Bei genügender Höhe der Kellerräume ist in der Regel die Decke an der kalten Seite, also von unten zu dämmen und die Dämmung an den Wänden, Stützen etc. um ca. 1,0 m nach unten zu führen, um die Wärmebrückenproblematik der aufgehenden Wände zu vermeiden. Bei Dämmung der Decke von oben (z. B. unter schwimmendem Estrich) bleibt selbst bei Anbringung von Innendämmung meist die Wärmebrücke der durchgehenden Mittelwände und Stützen erhalten. Gegebenenfalls ist eine Kombination der Dämmung von unten und oben sinnvoll. Bei geringeren, vorhandenen Raumhöhen müssen Dämmstoffe mit niedriger Wärmeleitfähigkeitsstufe (WLS) oder Vakuum-Isolationspaneele (VIP) eingesetzt werden. Im Einzelfall können die Höhen von denkmalgeschützten Türen problematisch sein.

3.7 Wärmebrücken

Für Wärmebrücken gelten die gleichen Anforderungen wie bei nicht denkmalgeschützte Bauten. Besondere Problematiken treten bei den Fassaden auf.

Geschossdecken, Innenwandanschlüsse

Bei Innendämmung sollte ober- und unterseitig mindestens in einem Streifen von 50 – 100 cm parallel den Außenwänden, durchgehenden Stützen und anschließenden Innenwänden zu dämmen. Problematisch sind Kappendecken mit Stahlträgern oder ähnliche Konstruktionen, die aufgrund denkmalpflegerischer und gestalterischer Vorgaben sichtbar bleiben sollen.

Fenster

Die Anschlüsse der Laibungen und Fensterbänke sind häufig problematisch und müssen sehr detailliert geplant werden, entsprechende Detailzeichnungen sind anzufertigen. Die Fensterlaibung ist immer lückenlos und vierseitig umlaufend bis hinter den Fensterrahmen gezogen werden, um die Oberflächentemperaturen immer über den kritischen Wert von ca. 12,6°C zu heben. Im Zweifelsfall muss der Isothermenverlauf überprüft werden. Bei möglicher Innendämmung kann die Wärmebrückenproblematik durch Anordnung eines inneren Fensters in der Dämmebene minimiert werden. (Umbau Einfachfenster zu Kastenfenster)

Balkone

Auskragende Balkone sind bei möglicher Außendämmung ein Problem, da die meist mit Stahlträgern hergestellten Auskragungen durch entsprechendes „Einpacken“ mit Dämmung in der Außenansicht zu

stark verändert werden. Hier sind der Einbau von Iso-Körben oder wärmebrückenfreie Schwerlastkonsolen an Stahl- oder Betonträgern zu prüfen.

3.8 Fenster

Nachbau alter Fenster

Der Nachbau ist unter denkmalpflegerischen und energetischen Gesichtspunkten auch mit Sprossenteilung als glasteilige Sprossen bzw. als sog. Wiener Sprosse (beidseitig auf die Iso-Scheibe innen und außen aufgesetzte Sprossen mit Abstandshalter im Scheibenzwischenraum) gut möglich. Aufgrund des Scheibengewichtes der Iso-Scheibe – insbesondere bei 3-Scheiben-Verglasung – ist der Rahmen in der Regel nicht in der schlanken Ansichtsbreite der historischen Fenster zu fertigen. Eine Abstimmung mit den Denkmalbehörden ist generell erforderlich.

Zusätzliche Fenster innen

Für die energetische Sanierung denkmalgeschützter Fassaden ist es daher günstig, die vorhandenen Einfachfenster zu erhalten bzw. zu restaurieren und im Bereich der Innendämmung ein zusätzliches Isolierglasfenster einzubauen. Das spart Kosten, begünstigt den Verlauf der Isothermen und erreicht bei guter Planung einen guten U-Wert der gesamten Konstruktion.

Kastendoppelfenster

Bei vorhandenen Kastendoppelfenstern ist bei der Sanierung unbedingt in allen inneren Flügeln eine Gummi-Lippendichtung einzufräsen (nicht aufkleben!) sowie die innere Scheibe durch eine Isolierglas-scheibe zu ersetzen.

Diese Maßnahmen sind durch U-Wertberechnungen sowie durch Darstellung von Isothermen nachzuweisen. Auf die Wärmebrückenproblematik der Einbausituation der Fenster und die luftdichte Anschlussdetails sei hingewiesen.

Außentüren

Bei denkmalgeschützten, einfachen Holztüren ist nach Möglichkeit im Hausflur eine Schleuse durch eine weitere Tür vorzusehen, sowie die vorhandene Tür mit in den Türfalz eingefrästen Lippendichtungen zu versehen. Holzkassetten sind falls möglich innen mit gedämmten Paneelen zu versehen. Entsprechendes gilt für Wohnungseingangstüren zu Treppenträumen und Fluren von niedrigerem Temperaturniveau.

3.9 Dach

Bei nicht ausgebautem Dach ist zu prüfen, ob die wärmedämmende Schicht auf der obersten Geschossdecke nicht durch Balken oder andere Wärmebrücken durchstoßen wird bzw. dass diese Wärmebrücken ausreichend gedämmt und in den Berechnungen erfasst sind.

Bei einem nachträglichen Ausbau des Dachgeschosses ist auf die statischen, bautechnischen und bauphysikalischen Eingriffe besonders zu achten.

Bei Dächern von denkmalgeschützten Gebäuden darf häufig die Außenhaut nicht verändert werden. Daher sind in der Regel die Sparren innen aufzudoppeln, um die notwendigen Dämmstärken einbauen zu können. Auf eine wirksame und lückenlose Winddichtung außen auf den Sparren oder in den Sparrenzwischenräumen ist zu achten.

Bei bereits ausgebautem Dach sind häufig die vorhandenen, vom Denkmalschutz erfassten Gauben und Zwerchhäuser problematisch, da die geringen Ansichtsbreiten der Gauben (dreiseitig sind vom Fensterahmen bis zur Außenverkleidung / Dachdeckung oft nur 10 cm vorhanden) keine ausreichende Dämmung zulassen. Es kann der Einbau eines zusätzlichen inneren Fensters zwischen der Gaube und dem Innenraum erwogen werden.

Sollten durch die Denkmalbehörden Dachflächenfenster genehmigt werden, ist auf den Einbau besonders niedriger, gut gedämmter Eindeckrahmen zu achten, da diese die Schwachstelle im Wärmeschutz darstellen. Zu dem Thema Solaranlagen und Denkmalschutz liegt ein Arbeitsblatt Nr 37, Frühjahr 2010 vor, das bei der Vereinigung der Landesdenkmalpfleger (VdL), Arbeitsgruppe Bautechnik bezogen werden kann.

3.10 Treppenräume, Durchfahrten

Den Treppenräumen ist bei Fachwerk- und Massivbauten besondere Beachtung zu schenken, sofern sie innerhalb der wärmegeprägten Gebäudehülle liegen. Durchgänge und Durchfahrten, von denen Treppenräume erschlossen werden, können – obwohl als offene Durchführung geplant – mit architektonisch gestalteten Torelementen abgeschottet werden und somit zur Verringerung von Wärmeverlusten erheblich beitragen. Die Verbesserung von einfachverglasten Treppenhausfenstern, die in der Regel als besonderes Typenmerkmal dem Denkmalschutz unterliegen, ist ebenfalls unter Bewahrung der alten Elemente (z. B. durch Vorsatzfenster) möglich.

3.11 Neue Technologien im Fachwerkbau

Bei denkmalgeschützten Fachwerkfassaden ist in der Regel auf die historischen Ausfachungsmaterialien zurückzugreifen. Zusätzlich ist eine Verkleidung zu prüfen, die historisch an wetterbeanspruchten Fassadenseiten bereits vorgesehen wurde. Nach Möglichkeit ist dabei auch eine Außendämmung unter der Fassadenverkleidung vorzusehen. Hier ist mit der Denkmalpflege auf Ensemblewirkung und Augenfälligkeit bei der Auswahl der Fassadenbekleidung zu achten. Siehe auch die Kapitel zu Innendämmung und Feuchteschutz. Auf die Anschlussproblematik neuer Dämmstoffe an die Balkenhölzer (unterschiedliches Dehnungsverhalten der verschiedenen Baustoffe) sowie auf die Problematik der durch Schlagregen eindringenden Feuchtigkeit sei hingewiesen.

4 Anforderungen aus anderen Bereichen

Entsprechend der Landesbauordnungen können an eine umfassende Sanierung bzw. den Umbau eines Baudenkmals andere Anforderungen gestellt sein, die teilweise in Konflikt mit der denkmalgerechten und der energetischen Sanierung kommen können. Hier muss dann vom Bauherren und dem Planungs-

team in Zusammenarbeit mit den Behörden ein Kompromiss gefunden werden.

4.1 Brandschutz

Die sanierten Altbauten müssen in Abstimmung mit den Baubehörden und der Feuerwehr (Abteilung Vorbeugender Brandschutz) heutigen Brandschutzanforderungen gerecht werden. Hiervon ist hauptsächlich die Qualität von Geschossdecken, Wohnungstrennwänden und Brandwänden sowie die Ausbildung der Flucht- und Rettungswege betroffen. Dies ist vom Planer bei der energetischen Sanierung zu berücksichtigen und kann Einfluss auf die Wärmedurchgänge und die mögliche Qualität der Ausbildung der gedämmten Hülle haben.

4.2 Raumhöhen

Da in einigen denkmalgeschützten Altbauten sowieso die heute geforderten Raumhöhen oft nicht erreicht sind, ist das Aufbringen von zusätzlicher Dämmung oft problematisch.

4.3 Abstandsflächen zur Grundstücksgrenze

In den Landesbauordnungen sind die geforderten Abstandsflächen sowie die zulässigen Ausnahmen und Überschreitungen festgelegt. Dies kann bei dem Anbringen von Außendämmung zum Konflikt führen. Wenn keine Ausnahmen genehmigungsfähig sind, muss über andere Lösungen, wie z. B. geringere Dämmstärken, Einsatz von Dämmmaterial mit geringerer WLK oder Innendämmung nachgedacht werden.

4.4 Barrierefreies Bauen

Wenn aus öffentlich-rechtlichen Auflagen bzw. aus privaten Gründen für eine oder mehrere Wohnungen Barrierefreiheit hergestellt werden muss, gibt es in der Regel bei den Zugängen und Fluren größeren Raumbedarf. Hierbei sind die oben beschriebenen Probleme mit zu großen Dämmstärken zu lösen. Insgesamt sei auf das Thema Barrierefreiheit hingewiesen, das nicht nur für Rollstuhlfahrer, sondern für einen zunehmenden Bevölkerungsteil immer wichtiger wird: für ältere Bürger sind Schwellenfreiheit, gut begehbare Treppen, griffsichere Geländer und Handläufe sowie Licht- und Farbgestaltung bei der Sanierung von Denkmalen unter modernen Komfort- und Sicherheitsaspekten zu beachten.

5 Energetische Anforderungen

Grundsätzlich gelten die Anforderungen aus der EnEV in der jeweils gültigen Fassung für Bestandsgebäude auch für denkmalgeschützte Gebäude. Der § 24, Absatz 1 der EnEV 2009 lässt hierfür aber Ausnahmen ohne besonderen Antrag zu. Außerdem können Ausnahmen von den Anforderungen der Förderung bei nicht denkmalgeschützten Gebäuden, aber **bei sonstiger besonders erhaltenswerter Bausubstanz**, gewährt werden. Steht ein aus städtebaulichen oder architektonischen Gründen besonders erhaltenswertes Gebäude nicht unter Denkmalschutz, so ist ersatzweise die Bestätigung der zuständigen Baubehörde einzureichen aus der die konkret durch die Behörde bezeichneten Kriterien für die besonders erhaltenswerter Bausubstanz hervorgehen.

Bei der Förderung von denkmalgeschützten Gebäuden nach dem **KfW-Programm „Energieeffizient Sanieren“** (ehem. CO₂-Gebäudesanierungsprogramm bis 31.03.2009) zum Effizienzhaus können entsprechend den Anforderungen aus der Denkmalpflege und den daraus resultierenden möglichen energetischen Verbesserungen folgende Sanierungsziele gewählt werden.

Danach sind Höchstwerte für einen entsprechenden Neubau nach § 3 Energieeinsparverordnung wie folgt zu unterschreiten.

1. **KfW-Effizienzhaus 115 (EnEV 2009-Neubau-Niveau plus 15%, Anforderungen an Q_P “ 115% und an H_T ‘ 130%)**
2. **KfW-Effizienzhaus 100 (EnEV 2009-Neubau-Niveau, Anforderungen an Q_P “ 100% und an H_T ‘ 115%)**
3. **KfW-Effizienzhaus 85 (EnEV 2009-Neubau-Niveau minus 15%, Anforderungen an Q_P “ 85% und an H_T ‘ 100%)**
4. **KfW-Effizienzhaus 70 (EnEV 2009-Neubau-Niveau minus 30%, Anforderungen an Q_P “ 70% und an H_T ‘ 85%)**

Zum Nachweis des energetischen Niveaus sind der Jahres-Primärenergiebedarf Q_P “ und der auf die Wärme übertragende Umfassungsfläche des Gebäudes bezogene Transmissionswärmeverlust H_T ‘ des Referenzgebäudes nach der ab 01.10.2009 geltenden Energieeinsparverordnung (EnEV2009; Anlage 1, Tabelle 1) von einem Sachverständigen zu ermitteln. Gleichzeitig darf der Transmissionswärmeverlust nicht höher sein, als nach Tabelle 2 der Anlage 1 der EnEV2009 zulässig (unter Berücksichtigung des 40-prozentigen Zuschlags gemäß § 9 Abs. 1 der EnEV2009).

Bei Förderung von Einzelmaßnahmen oder Maßnahmenkombinationen aus dem KfW-Programm „Energieeffizient Sanieren“ sowie bei Nichtwohngebäuden sind keine Ausnahmen zulässig.

Umnutzungen sowie denkmalgerechter Ersatzneubau (bei Abbruch sehr stark geschädigter Bausubstanz) werden von der KfW in dem Neubauförderprogramm „**Energieeffizient Bauen**“ gefördert. Auch

hier können entsprechend den Vorgaben der Denkmalpflegebehörden Ausnahmen von den Anforderungen der Standards Effizienzhaus 70, 55 und 40 beantragt werden.

6 Ausnahmegenehmigungen

6.1 Grundsätze

Grundsätzlich verfolgt die energetische Sanierung denkmalgeschützter Gebäude die Kombination zweier gesellschaftlicher Ziele:

1. den Erhalt kulturhistorischer baulicher Zeugnisse,
2. Schutz der Ressourcen durch verbesserte Energieeffizienz.

Baudenkmäler sind **individuelle Einzelfälle**, daher ist eine detaillierte Betrachtung des individuellen Objektes und eine Bewertung der Planung notwendig.

Öffentlich-rechtlich ist der Wärmeschutz eines Gebäudes nach der jeweiligen Landesbauordnung im Rahmen des Bauantrages nachzuweisen. Es wird aber nicht unbedingt bei jeder Sanierung ein Bauantrag erforderlich sein. Zudem prüft die Baugenehmigungsbehörde nach der Novellierung der Länderbauordnungen nicht in jedem Fall alle Nachweise, so dass der Bauherr und seine Planer besonders in der Verantwortung stehen.

In besonderen, begründeten Fällen ist bei der Sanierung denkmalgeschützter Gebäude die Beantragung von Ausnahmen von der Erreichung der geforderten energetischen Anforderungen möglich.

Die Ausnahmeregelung für denkmalgeschützte Gebäude oder sonstige Gebäude mit besonders erhaltenswerter Bausubstanz sieht vor, dass die Tilgungszuschüsse bzw. Zuschüsse des KfW-Programms „Energieeffizient Sanieren“ gewährt werden können, wenn das Gebäude die in Punkt 5 formulierten Anforderungen knapp verfehlt, aber nachweislich alle Anstrengungen unternommen wurden, dieses Ziel zu erreichen.

Hierfür ist es im Einzelfall erforderlich, möglichst alle Maßnahmen in Erwägung zu ziehen, um die gesamten Energieverluste des Denkmals so gering wie möglich zu halten und die Anforderung der Förderung möglichst zu erreichen.

Im Folgenden werden die Vorgehensweise sowie die Unterlagen beschrieben die zur Verfügung gestellt werden müssen, wenn über eine mögliche Ausnahmegenehmigung entschieden werden soll.

6.2 Vorgehensweise bei dem Antrag auf Ausnahmegenehmigung

Antragsverfahren

Die Anträge auf Ausnahme von den energetischen Standards bei denkmalgeschützten Gebäuden oder bei sonstigen Gebäuden mit besonders erhaltenswerter Bausubstanz müssen bei den regionalen Partnern zur Prüfung (Adressen siehe Punkt 8.3) eingereicht werden. Die dena muss über den Vorgang vom regionalen Partner informiert werden.

Beratung

In der Regel erfolgt bei anstehenden Veränderungen der Denkmalbausubstanz im Vorfeld der Baumaßnahme eine Beratung des Antragstellers durch die Untere Denkmalbehörde auf der Grundlage der Denkmalliste oder des Eintrags in die Denkmaltopographie bzw. des Denkmalsbuchs. Die erfassten Merkmale, die nicht oder nur bedingt verändert werden dürfen, bzw. einem besonderen Schutz unterliegen, sind dort benannt. Der meist vorhandene Ermessensspielraum bei den Denkmalbehörden sollte nach Prüfung des Einzelfalls zugunsten der Erhaltung der Denkmale unter Beachtung der Qualität der energetischen Sanierung ausgenutzt werden. Durch eine behutsame, die Substanz schonende Sanierung sind mögliche Folgeschäden zu vermeiden.

Stellungnahme der Baubehörde, Denkmalbehörde, Bauvoranfrage

Bei größeren, in den Denkmalbestand eingreifenden Veränderungen ist eine schriftliche Stellungnahme der Unteren Denkmalbehörde vorgesehen, die nach der Vorlage der Bauvoranfragen/ Baugenehmigungsunterlagen im Rahmen der Ämterbeteiligung erstellt wird. In vielen Fällen wird ein Projekt dieser Art auch dem Denkmalbeirat der jeweiligen Kommune zur Stellungnahme und Beratung vorgelegt. Das Votum des Denkmalrates fließt als Beratungsergebnis in der Regel in das Verfahren ein. Steht ein aus städtebaulichen oder architektonischen Gründen besonders erhaltenswertes Gebäude nicht unter Denkmalschutz, so ist ersatzweise die Bestätigung der zuständigen Baubehörde einzureichen, aus der die konkret durch die Behörde bezeichneten erforderlichen Ausnahmen hervorgehen.

Grundsätze

Grundsätzliche Vorgaben für Problemsituationen (wie z. B. Anbringung von Photovoltaik und Solarkollektoren auf denkmalgeschützten baulichen Anlagen u. ä.) werden meist auf Landesebene im Landesdenkmalrat erörtert und mit Hilfe des Landesamtes für Denkmalschutz verbreitet.

Für den Wohnungsbau trifft dies nur in besonderen Fällen, bestimmt durch Einmaligkeit, Besonderheit, geschichtlich/ kulturelle Bedeutung oder Eigenart zu. Der Regelfall wird auf der Amtsebene der Unteren Denkmalbehörde stattfinden.

Abweichungen, Ausnahmen

Vor dem Hintergrund der Bedeutsamkeit energietechnischer Belange findet zur Zeit eine veränderte Art der Genehmigung statt, z. B. abzulesen bei der Zulassung von Verkleidungen für windausgesetzte Fachwerkfassaden (die denkmalgerecht ausgeführt werden). Dies kann für Außendämmung, Winddichtung und andere energetisch sinnvolle Maßnahmen genutzt werden.

Verhandlungen mit Denkmalbehörden

Im Regelfall wird bei Fassaden Proportion und Profilierung, Materialsichtigkeit (Fachwerk, Putz, Stein, Kombinationen) und – so vorhanden – auch Angleichung an bestehende Substanz verlangt. Von den bereits benannten möglichen Abweichungen abgesehen, kann unter Verweis auf wirtschaftliche Unzumutbarkeit sowie die Notwendigkeit von Anpassungen alter Grundrisse an neue Nutzungen über den Umfang und die Art der angemessenen Wiederherstellung oder Bewahrung mit der Behörde verhandelt werden.

Um Verfahrensklarheit zu erreichen, sollten über alle Verhandlungen Gesprächs- oder Telefonnotizen angefertigt werden, die sowohl die energetische Verbesserung als auch den Umfang der Erhaltung historischer Bauteile betreffen. Sie sind der Denkmalbehörde zuzustellen und nach Ablauf der üblichen Einspruchsfrist als Unterlagen zu verwenden.

6.3 Zur Prüfung auf Ausnahme notwendige Unterlagen

Folgende Unterlagen müssen vom regionalen Partner geprüft werden:

1. Kurzbeschreibung des Objektes mit Baujahr und späteren Veränderungen
2. Ansichtszeichnungen (komplett - Straße, Hof, Seiten)
3. Fotografien komplett (Fassaden und andere denkmalrechtlich relevanten Bauteile), auch digital, Auflösung mind. 300 dpi / Bildgröße 13x18cm
4. Lageplan (M 1:500)
5. Standard-Grundriss aller Geschosse, Schnitte etc. (M 1:100)
6. Bescheid / Stellungnahme des Denkmalamtes / der Baubehörde bzw. Bauvoranfragen/ Baugenehmigungsunterlagen, aus dem der Umfang der Auflagen der Baubehörden hervorgeht (Kopie)
7. nachvollziehbare Bauteilliste mit Lage des Bauteils, Bauteilaufbau und Qualität
8. Darstellung der Einschränkungen durch den Denkmalschutz auf den Bauteilaufbau / Baukonstruktion
9. Darstellung der Einschränkungen durch den Denkmalschutz auf technische Lösungen / Haustechnik

10. Darstellung der Einschränkungen durch zu erwartende bauphysikalische/bauklimatische Veränderungen (siehe Feuchteschutz)
11. Angabe über prozentuale Überschreitung der geforderten Grenzwerte
12. EnEV-Nachweis mit Energiebedarfsausweis mit folgenden Kennwerten (Anforderungswerte des Referenzgebäudes EnEV 2009; Anlage 1, Tabelle 1):

Jahres-Primärenergiebedarf (Q''_p) vor und nach Sanierung, Anforderungswerte des Referenzgebäudes EnEV 2009; Anlage 1, Tabelle 1

- Spezifischer Transmissionswärmeverlust (H_T') vor und nach Sanierung, Anforderungswerte des Referenzgebäudes EnEV 2009; Anlage 1, Tabelle 1
- bei dena-Modellvorhaben zusätzlich der Jahres-Endenergiebedarf (Q''_E) vor und nach Sanierung
- Gebäudenutzfläche nach EnEV (A_N)
- Wohnfläche WF / Nutzfläche NGF
- Anzahl der Wohneinheiten vor und nach Sanierung
- Verhältnis A/V nach EnEV

13. Beschreibung des Energiekonzeptes (Anlagenbeschreibung max. 2 DIN A4 Seiten + Schaltbild).

Nach Eingang des Antrags muss innerhalb von 2 Arbeitstagen eine Sichtprüfung durchgeführt werden und ggf. fehlende Unterlagen nachgefordert werden. Die dena ist vom Antragseingang zu verständigen.

Hierzu noch folgende Hinweise:

Fassaden

Da Ensembleschutz und Einzeldenkmalschutz bei der Behandlung in Frage kommen, ist in den Unterlagen in jedem Fall eine fotografische (entzerrte oder entsprechend aufbereitete) Fassadenaufnahme erforderlich, um die anstehende Veränderung oder die Nichtbearbeitbarkeit der Fassade zu dokumentieren. Dabei sind auch die direkten Nachbargebäude zu berücksichtigen und mit abzubilden.

Bei Einzeldenkmälern ist aus dem Eintrag in die Denkmalliste/ Denkmalsbuch erkenntlich, ob die rückwärtige Fassade und Brandwände einem speziellen Schutz unterliegen und inwieweit die Substanz durch Abbruch oder den Einbau von neuen Fensteröffnungen oder den Anbau von neuen Balkonen verändert werden kann. Oft finden sich solche Eintragungen auch in den textlichen Festsetzungen von Bebauungsplänen, sofern die Bauten in deren Geltungsbereich liegen. In diesem Fall sind sie vorzulegen.

Lageplan mit Darstellung von Abriss und Anbauten

Für die Beurteilung der mikroklimatischen Verhältnisse ist im Zusammenhang mit Nachbarbebauung und Innenblockkonzept die Entfernung von Anbauten, bzw. die Freilegung von Außenwandteilen durch Abriss angrenzender Gebäude wesentlich und im Lageplan darzustellen.

Grundrisse

Eine weitere Beurteilungsebene ist die Veränderung der Grundrisse in Hinblick auf eine energetisch sinnvolle Anordnung von wärmeabgestuften Räumen, die die Struktur eines Bauwerks beeinflusst. Durch die in historischen Stadtgrundrisse bis in den Anfang des 20. Jahrhunderts vorgegebene Orientierung der Hauptfassade zur Straße und die Anordnung von Küche, Bad, WC und Nebenräumen zum Innenblockbereich wird eine Veränderung des Wohnungsgrundrisses bezüglich der Besonnung von Wohnräumen architektonisch erforderlich und kann energetisch sinnvoll sein. Dies muss mit den Grundrissplänen M 1:100, den Schnitten und dem Lageplan M 1:500 belegt werden.

Ansichten, Fotos, Baubeschreibung

Von der Denkmalbehörde in Aussicht gestellte Abweichungen vom Regelfall, die die Fassaden (Straße und Hof) betreffen, sollen in Ansichtszeichnungen M 1:100 oder in die o. a. Fassadenfotos eingetragen und verortet sein. Bei Fachwerkbauten oder (teilweise) freistehenden Massivbauten sind alle Ansichten anzugeben und in einer Baubeschreibung, die auch dem Bauantrag beigegeben wird, in ihrem Aufbau und Anordnung zu erläutern, da in vielen Fällen nur eine teilweise Dämmung möglich sein kann.

Details

In anderen Fällen wird auch die Sichtwirkung beschrieben werden, sodass konstruktive Aufbauveränderungen an der Fassade (z. B. Außendämmung in geringer Dicke) vorgenommen werden können. Hier sind Details anzufertigen, die die mögliche Veränderung von Profilierungen in der Tiefenwirkung oder Anschlüsse an Fenster- oder Türgewände zeigen. Damit können die Dämmstärken und Veränderungen im Erscheinungsbild der Fassaden belegt werden.

6.4 Beispiele für Umstände, die Ausnahmeregelung begründen können

Außenwände

Wenn Außenwände innen wie außen denkmalgeschützt sind, was z. B. bei Verzierungen an der Außenfassade und im Inneren durch bemalte Putzoberflächen, glasierte Klinker etc. der Fall sein kann, können Ausnahmen von den geforderten Werten beantragt werden.

Wärmebrücken

Häufig kann die Problematik auftreten, wenn Stahlträger zur Befestigung von Vordächern, Balkonen etc. vor die Fassade auskragen. Falls dies nicht im Deckenbereich mit Innendämmung bzw. mit wärmebrückenfreien Schwerlastkonsolen gelöst werden kann, können Ausnahmen genehmigt werden.

Geringe lichte Raumhöhe

Bei geringer lichter Raumhöhe (häufig in Fachwerkbauten) ist eine entsprechende Dämmung der Kellerdecke bzw. von Wärmebrücken im Deckenbereich nicht möglich.

Große Fenster / Tore

Bei großen Fenstern bzw. Toren ist der Wärmeschutz entsprechend dem Kapitel 3.5 oft nicht auf das gewünschte Niveau zu bekommen und insbesondere die Fugendichtigkeit bei großen Flügeln schwer zu realisieren.

6.5 Prüfung, Nachweise

In jedem Fall ist eine genaue Prüfung im Einzelfall notwendig, ob

1. es keine (angemessene) Lösung für die energetische Verbesserung des jeweiligen Bauteils gibt
2. der Energieverlust durch das betroffene Bauteil nicht durch andere Maßnahmen ausgeglichen werden kann,

und so doch noch der angestrebte Energiestandard erreicht werden kann.

In diesen Fällen ist ein **besonders sorgfältiger Nachweis** durch Wärmedurchgangsberechnungen, Tauwasserberechnungen und Detailzeichnungen zu bringen, um eine Prüfung der Ausnahmeanträge zu ermöglichen.

Um die entsprechenden Förderungsstufen zu erreichen, dürfen trotz genehmigungsfähiger Ausnahmen die Werte nicht eklatant von den Anforderungen abweichen.

Bei Förderung von Einzelmaßnahmen oder Maßnahmenkombinationen aus dem KfW-Programm „Energieeffizient Sanieren“ sowie bei Nichtwohngebäuden sind keine Ausnahmen zulässig.

Prüfung der energetischen Standards:

1. Wird z.B. der Standard für das KfW-Effizienzhaus 100 (Anforderungen an einen vergleichbaren Neubau) nach der gültigen EnEV erreicht? Wenn ja: keine Ausnahme notwendig. Den EnEV-Neubau-Standard müssten auch denkmalgeschützte Gebäude nach den bisherigen Erfahrungen aus dem dena-Modellvorhaben „Niedrigenergiehaus im Bestand“ bei entsprechenden Maßnahmen erreichen können. Daher sind Anträge auf Ausnahmen streng zu prüfen und nur in extremen Einzelfällen geringe Ausnahmen zuzulassen,
2. werden die Anforderungswerte eines Standards deutlich verfehlt und sind keine Verbesserungen möglich, soll der nächst schlechtere Standard beantragt werden,
3. wird der Standard für das KfW-Effizienzhaus 70 (Anforderungen an einen vergleichbaren Neubau minus 30%) nach der gültigen EnEV erreicht? Wenn ja: keine Ausnahme notwendig. Wenn nein, sind Ausnahmen zu prüfen und in gewissen Einzelfällen zuzulassen.

Bei der Prüfung von Ausnahmen sollte in jedem Fall auch bei denkmalgeschützten Bauten das Erreichen einer möglichst weitgehenden Energieeinsparung das Ziel bleiben.

7 Checklisten

Im Rahmen des Prüfungsleitfadens werden zwei Checklisten bereitgestellt. Zum einen sind dies die „**Denkmalschutz – Allgemeinen Gebäudedaten**“, bei denen der Gebäudetyp, die Adresse, geometrische Daten (Gebäudeabmessungen), Angaben zu Fassaden- und Dachkonstruktion sowie energiebezogenen Kennwerte (aus dem EnEV-Nachweis) zusammenzustellen sind. Weiterhin wird innerhalb der Checkliste auf erforderliche Anlagen hingewiesen.

Detaillierte Angaben zur Baukonstruktion und zur Anlagentechnik werden in einer dreiseitigen Tabelle der Checkliste „**Denkmalschutz – Baukonstruktion und Anlagentechnik**“ abgefragt. Hierbei wird jeweils die Ausgangssituation, die Auflage der Denkmalbehörde, die beabsichtigte Maßnahme (baulich und anlagentechnisch) sowie eine gegebenenfalls geplante Alternative dokumentiert. Ergänzend besteht die Möglichkeit, in der Tabelle Anmerkungen der Prüfstelle aufzunehmen.

Beide Teile der Checkliste sind mit beispielhaften Eintragungen versehen (kursiv eingetragen).

8 Weitere Informationen

8.1 Relevante DIN-Normen

DIN 4108 Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden

DIN 4109 Schallschutz im Hochbau

DIN 18025 Barrierefreie Wohnungen

DIN 18195 Bauwerksabdichtungen

DIN 18531 Dachabdichtungen

DIN 18550 Putz, WDVS

DIN 1946-6 Raumluftechnik: Lüftung von Wohnungen 5/2009

DIN EN 832 Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden

DIN EN ISO 13788 und DIN EN ISO 12570 Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen

DIN EN ISO 6946 Bauteile – Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient

DIN EN ISO 7345 Wärmeschutz – Physikalische Größen und Definitionen

DIN EN ISO 9288 Wärmeschutz – Wärmeübertragung durch Strahlung

DIN 4107 Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen

WTA, Wissenschaftlich-technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V.
Merkblätter über mehrere Fachthemen wie Feuchteschutz, Echter Hausschwamm etc.

Arbeitsblätter der Vereinigung der Landesdenkmalpfleger (VdL), Arbeitsgruppe Bautechnik

BAKT-Schrift „Bäder im Trockenbau“

ZDB-Merkblätter, Richtlinie für die Planung und Ausführung der Abdichtungen von Bauteilen mit mineralischen Dichtungsschlämmen

Herstellerrichtlinien der Baustoff- und Systemhersteller.

8.2 weitere Informationsquellen

- Internet: [Bau.Net - Forum: Modernisierung/Sanierung/Bauschäden](#)
- Internet: [Infoline Altbaumodernisierung unter BauNetz.de:
http://www.baunetz.de/infoline/altbau/index.htm](#)
- Internet: [www.irbdirekt.de](#)
- Internet: [www.baufachinformation.de](#) (Katalog des Fraunhofer IRB Verlages: Fachbücher und Forschungsberichte, u.a. Fachbuchreihen: Schadenfreies Bauen“, VBN-Info Sonderhefte „Topthema Schimmelpilz“, Topthema „WärmeEnergie“, „Bauwerksabdichtung“, WTA-Merkblätter

8.3 Ansprechpartner

1. Zu den Förderbestimmungen des KfW-Programms
KfW Privatkundenbank, Tel. 01801/33 55 77 oder [www.kfw-foerderbank.de](#)
2. Zu Fachwerkbauten
Deutsches Fachwerkzentrum Quedlinburg e.V., Blasiistraße 11, 06484 Quedlinburg,
Tel. 03946/ 810 520
Mail: deutsches-fachwerkzentrum-qlb@t-online.de
Internet: [www.deutsches-fachwerkzentrum.de](#)
3. Zu Bauphysik und Bauklimatik,
Fraunhofer Institut für Bauphysik, Institutsteil Holzkirchen
Fraunhoferstraße 10, 83626 Valley/Oberlaindern, Tel. 08024/643-0
Mail: info@hoki.ibp.fraunhofer.de

4. regionale Partner zur Prüfung von Ausnahmen bei KfW-Förderung

1. Region Nord - Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern, Hamburg, Bremen, Niedersachsen:

Koordination Region Nord:

proKlima - Der enercity-Fonds
Glockseestraße 33, 30169 Hannover
Tobias Timm
Tel: 0511 / 430-3345
Fax: 0511 / 430-3378
tobias.timm@enercity.de
www.proklima-hannover.de

ZEBAU Hamburg GmbH

Große Elbstraße 146
22767 Hamburg
Jan Gerbitz
Tel: 040/380384-12
Fax: 040/380384-29
jan.gerbitz@zebau.de

Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e. V.

Walkerdamm 17
24103 Kiel
Dietmar Walberg
Tel: 0431/66369-0
Fax: 0431/66369-69
dwalberg@arge-sh.de

Investitionsbank Schleswig-Holstein, Energieagentur

Fleethörn 29-31
24103 Kiel
Peter Wulf
Tel: 0431/9905-3320
Fax: 0431/9905-3652
peter.wulf@ib-sh.de

Hochschule Wismar – Kompetenzzentrum Bau Mecklenburg-Vorpommern

Philipp- Müller-Straße
Postfach 1210
23952 Wismar
Dr. Andreas Eigendorf
Tel: 03841/753-611
Fax: 03841/753-256
info@kbaumv.hs-wismar.de

BEKS EnergieEffizienz GmbH

Am Wall 172/173
28195 Bremen

Heinz Lindemann
Tel: 0421/835 888-12
Fax: 0421/835 888-25
lindemann@beks-online.de

Klimaschutzagentur Region Hannover gGmbH
Prinzenstraße 12
30159 Hannover
Marlene Potthoff
Tel: 0511/61623-972
Fax: 0511/61623-975
m.potthoff@klimaschutzagentur.de

KLIMAWERK Energieagentur
Munstermannskamp 1
21335 Lüneburg
Sascha Komoll
Tel: 04131/7898-291
Fax: 04131/7898-294
info@klimawerk.net

IAIB, Institut für angewandte Informatik im Bauwesen e.V.
Frank Wurzel
Alter Holzhafen 17c, 23966 Wismar
Tel. 03841 / 758 22-88
Fax. 03841 / 758 22-75
wurzel@iaib.de
www.iaib.de

2. Region Ost-Mitte - Brandenburg, Berlin, Sachsen-Anhalt:

Koordination der Antragsprüfung und Öffentlichkeitsarbeit:

Energie- und Umwelt-Managementberatung Pöschk (EUMB)
Oranienplatz 4, 10999 Berlin
Jürgen Pöschk
Tel: 030 / 217521-07
Fax: 030 / 217521-09
poeschk@eumb-poeschk.de

Antragsprüfung: Arge IAIB / AIG

A-IG Ingenieure
Holger Barske
Gustav-Meyer-Allee 25, 13355 Berlin
Tel. 030 / 46307- 255
Fax: 030 / 46307- 253
barske@a-ig.de
www.a-ig.de

und

IAIB, Institut für angewandte Informatik im Bauwesen e.V.

Frank Wurzel
Alter Holzhafen 17c, 23966 Wismar
Tel. 03841 / 758 22-88
Fax: 03841 / 758 22-75
wurzel@iaib.de
www.iaib.de

für Sachsen-Anhalt:

Energieagentur Sachsen-Anhalt

Gerichtsrain 3, 06217 Merseburg
Dr. Ernst A. Krömer
Tel: 03461 / 230 172
Fax: 03461 / 230 176
e.kroemer@energieagentur-lsa.de
www.energieagentur-lsa.de

3. Region Ost-Süd-Thüringen, Sachsen:

Regionalinitiative Energieeffizientes Bauen und Sanieren (REBUS)

Burgwartstraße 138 b, 01705 Freital
Dietmar Herklotz
Tel: 0351 / 6500 122
Fax: 0351 / 6556 815
herklotz@rebus-regio.de
www.rebus-regio.de

4. Region NRW:

Öffentlichkeitsarbeit:

EnergieAgentur.NRW

Kasinostraße 19-21, 42103 Wuppertal
Jochen Krause
Tel: 0202/24552-62
Fax: 0202/24552-99
krause@energieagentur.nrw.de
www.energieagentur.nrw.de

Antragsprüfung:

Öko-Zentrum NRW GmbH - Planen Beraten Qualifizieren

Sachsenweg 8, 59073 Hamm
Jan Karwatzki
Tel: 02381/30220-72
Fax: 02381/30220-30
karwatzki@oekozentrum-nrw.de

5. Region Hessen:

Energie & Haus

Ahastr. 9, 64285 Darmstadt

Carsten Herbert

Tel: 06151/101 44 43

Fax: 06151/305 611

c.herbert@energie-und-haus.com

www.energie-und-haus.com

6. Region Südwest - Rheinland-Pfalz, Saarland, Baden-Württemberg:

Koordination Region Süd-West:

KEA, Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH

Kaiserstraße 94a, 76133 Karlsruhe

Harald Bieber

Tel: 0721/98471-19

Fax: 0721/98471-20

harald.bieber@kea-bw.de

www.kea-bw.de

Klimaschutz- und Energieberatungsagentur Heidelberg gGmbH (KliBA)

Wieblinger Weg 21

69123 Heidelberg

Dr. Klaus Keßler

Tel: 06221/6038-08

Fax: 06221/6038-13

nehb@kliba-heidelberg.de

Energieagentur Regio Freiburg GmbH

Solar Info Center

79072 Freiburg

Evelin Richter

Tel: 0761/79177-10

Fax: 0761/79177-19

richter@energieagentur-freiburg.de

Energieberatungszentrum Stuttgart e.V. (EBZ Stuttgart)

Gutenbergstraße 76

70176 Stuttgart

Eva Philipp-Wuttke

Tel: 0711/6156555-30

Fax: 0711/6156555-11

philipp@ebz-stuttgart.de

EffizienzOffensive Energie Rheinland-Pfalz e. V. an der TU Kaiserslautern

Paul-Ehrlich-Str. Geb. 29, Gebäude 29

67663 Kaiserslautern

Oliver Rechenbach

Tel: 0631/35030-20

Fax: 0631/35030-22

info@eor.de

EnergieEffizienzAgentur Rhein-Neckar-Dreieck gGmbH (E2A)

Vierter Gartenweg 7

67056 Ludwigshafen

Dr. Lothar Meinzer

Tel: 0621/60-47272

Fax: 0621/60-47077

info@e2a.de

Energieagentur Ravensburg gGmbH

Zeppelinstraße 16

88212 Ravensburg

Walter Göppel

Tel: 0751/76470-70

Fax: 0751/76470-79

info@energieagentur-ravensburg.de

ARGE SOLAR e.V.

Beratung für Energie und Umwelt, Saarbrücken

Altenkessler Straße 17, Geb. B5

66115 Saarbrücken

Ralph Schmidt

Tel: 0681/9762-470

Fax: 0681/9762-471

schmidt@argesolar-saar.de

7. Region Bayern:

Öffentlichkeitsarbeit, Information und Antragsprüfung:

EnergieAgentur Mittelfranken e.V. (für Mittelfranken und Unterfranken)

Wilhelm-Späth-Str. 79, 90461 Nürnberg

Uli Vieweg

Tel: 0911 / 80117-0

Fax: 0911/ 80117-11

info@eamfr.de

www.eamfr.de

ENERGIRegion GmbH (für Oberpfalz und Oberfranken)

Landgrabenstrasse 94, 90443 Nürnberg

Alexander Schrammek

Tel: 0911/ 994396 -7

Fax: 0911/ 994396 -6

alexander.schrammek@energieregion.de
www.energieregion-gmbh.de

eza! Energie- & Umweltzentrum Allgäu gGmbH (für Südbayern)

Burgstraße 26, 87435 Kempten

Steffen Riedel

Tel: 0831/ 960 286-10

Fax: 0831/ 960 286-90

riedel@eza.eu

www.eza.eu

Öffentlichkeitsarbeit und Information:

Energieagentur Unterfranken e. V.

Arne Kruft

Beethovenstraße 5d, 97080 Würzburg

Tel. 0931- 2919 283

Fax. 0931- 96 373

info@ea.ufr.de

www.ea-ufr.de

Energieagentur Oberfranken GmbH

Kressenstein 19, 95326 Kulmbach

Janet Schönknecht

Tel: 09221 / 8239 – 22

Fax: 09221 / 8239 – 29

schoenknecht@energieagentur-oberfranken.de

www.energieagentur-oberfranken.de

8.4 Impressum

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)

Energieeffizienz im Gebäudebereich

Chausseestraße 128a

10115 Berlin

Telefon: 030 / 72 61 65 – 660, Fax: 030 / 72 61 65 – 699

Beratungsrichtlinie 01 / 2012

Erneuerbare Energien

**Solarthermie, Photovoltaik, Windkraft, Geothermie und Energie aus Biomasse
in denkmalgeschützten Bereichen**

Die folgenden Ausführungen sind eine verbindliche Richtlinie für die Beratungstätigkeit der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Bayerischen Landesamts für Denkmalpflege (BLfD). Die Beratungsrichtlinie kann als denkmalfachliche Empfehlung an Denkmaleigentümer, Planer und Behörden weitergegeben werden.

I. Allgemeines

1. Denkmalschutz und Klimaschutz sind gleichberechtigte Belange. Die Denkmalpflege hat keine **grundsätzlichen** Vorbehalte gegenüber der Gewinnung und Nutzung erneuerbarer Energien.
2. Auch unter gänzlicher Vernachlässigung der Belange des Denkmalschutzes wäre der rechnerische Beitrag der Baudenkmäler zur Gewinnung erneuerbarer Energien außerordentlich gering: Bezogen auf den bayerischen Gesamtgebäudebestand mit ca. 8,1 Millionen baulichen Anlagen gibt es weniger als 1,5 % Einzelbaudenkmäler. Nur etwa 2,5 % aller baulichen Anlagen sind vom Ensembleschutz erfasst. Der Anteil der denkmalgeschützten Kirchenbauten am Gesamtgebäudebestand beträgt weniger als 0,1 %.
3. Das BLfD hat den gesetzlichen Auftrag, im Rahmen der Verfahren zu Landes-, Regional- und Bauleitplanungen sowie in bau- und denkmalrechtlichen Genehmigungs- und

Erlaubnisverfahren für den **ungeschmälerten** Erhalt des baulichen und archäologischen kulturellen Erbes Bayerns (d. h. Baudenkmäler inkl. Ensembles, Bodendenkmäler) einzutreten. In diesem Rahmen und mit diesem Ziel wirkt das BLfD als Denkmalfachbehörde an der Entwicklung denkmalverträglicher Lösungen für die Nutzung erneuerbarer Energien mit. In vielen Fällen wird die Denkmalfachbehörde allerdings technische Einrichtungen zur erneuerbaren Energiegewinnung ablehnen müssen, um den überlieferten Bestand und das Erscheinungsbild von Denkmälern zu bewahren. Dies gilt auch für die Errichtung derartiger Anlagen in der Nähe von Denkmälern. In solchen Fällen ist es Sache der Denkmalschutzbehörden, als Ergebnis der ihnen obliegenden Abwägung ggf. der fachlichen Position des BLfD nicht bzw. nicht in Gänze zu folgen.

4. Die denkmalfachlichen Belange sind bei jeglicher öffentlicher Förderung vorrangig zu berücksichtigen.

II. Solaranlagen

1. Allgemeine Hinweise

- a) Bei Solaranlagen ist zu unterscheiden zwischen **Solarthermischen Anlagen** zur Warmwasserbereitung und **Photovoltaikanlagen** zur Stromgewinnung.
- b) Beide Anlagenarten werden im Zusammenhang mit baulichen Anlagen vorzugsweise auf den nach Süden ausgerichteten geneigten Dachflächen montiert. Gemeinsam ist ihnen die Addition einer von der Größe der Anlage abhängigen Anzahl von Modulen in meist rechteckigen Formaten.
- c) Diese Module sind seriell hergestellt und deshalb meist geprägt von einer bestimmten Größe und einer technisch vorgegebenen glatten, spiegelnden Oberfläche. Zur optischen Gesamtwirkung tragen die dunkel hinterlegten Glasflächen mit silbrig erscheinenden Innenstrukturen und hellen Metallrahmen bei. Die glatte Gesamtoberfläche der Modulgruppen im Verhältnis zu den verbleibenden traditionellen Dachflächen ist mit dem Erscheinungsbild eines Baudenkmales, mit den Oberflächenstrukturen und der Farbigkeit der traditionellen Deckungsmaterialien kaum vereinbar.

- d) In der Regel entsteht durch die auf dem Markt befindlichen Standard-Module eine Beeinträchtigung des Erscheinungsbildes und / oder des historischen Bestandes von Denkmälern. Eine Beeinträchtigung ergibt sich in der Regel auch dann, wenn diese Module in der Nähe von Denkmälern angebracht sind.
- e) Im Außenbereich werden regelmäßig Photovoltaikanlagen über Flächen von mehreren Hektar bis über Quadratkilometergröße aufgestellt („Photovoltaikparks“) oder auf eigens dafür errichteten Gebäuden aufgebracht. Bei der Errichtung und beim Betrieb solcher Anlagen können sich durch Bodeneingriffe und durch einen negativen Einfluss auf das Erscheinungsbild gravierende Beeinträchtigungen von Denkmälern ergeben.

2. Denkmalverträglichkeit von Solaranlagen

- a) Abweichend von der sonstigen Genehmigungsfreiheit ist bei der Installation von Solaranlagen auf Baudenkmalern, in Ensembles, in der Nähe von Denkmälern oder über Bodendenkmälern ausnahmslos ein Erlaubnisverfahren nach Art. 6 bzw. Art. 7 DSchG erforderlich. Örtliche Vorschriften, z. B. Gestaltungs- und Erhaltungssatzungen, sind ebenfalls zu berücksichtigen.
- b) In jedem Einzelfall ist zu prüfen, inwieweit eine historisch-bauliche und städtebauliche Situation für die Montage einer Solaranlage überhaupt tauglich ist. Einen Anspruch auf Gleichbehandlung unter Verweis auf „Präzedenzfälle“ kann es demnach nicht geben.
- c) Auf Kirchen, Kapellen, Kloster-, Schloss- und Burganlagen sowie anderen Denkmälern mit besonderer historischer, kunsthistorischer, städtebaulicher oder landschaftsprägender Bedeutung sind Solaranlagen regelmäßig abzulehnen (vgl. Art. 6 Abs. 1 u. 2 DSchG), ebenso auf und in der Nähe obertägig sichtbarer Bodendenkmäler (vgl. Art. 7 Abs. 4 Satz 1 DSchG).
- d) Die ökologisch-ökonomischen Vor- und Nachteile müssen ganzheitlich unter Berücksichtigung der Gesamtenergiebilanz betrachtet werden. Dabei sind auch die Energieeinspar-Möglichkeiten, etwa durch haustechnische Verbesserungen und die gebotene Energiesparsamkeit (Nutzerverhalten) zu berücksichtigen. Durch den Bauherrn ist die erwartete Verbesserung der energetischen Gesamtbilanz nachzuweisen.

- e) Neben den ökologisch-ökonomischen Vorteilen müssen auch die substantiellen und / oder gestalterischen Einbußen und damit die Konsequenzen für die gebaute Umwelt und andere Aspekte (z. B. Standortvorteile, Alleinstellungsmerkmale, Tourismus, Dachlandschaft, Orts-/ Stadtsilhouette) in die Beurteilung einfließen.
- f) Bei der Planung zur Installation von Solaranlagen sind stets hohe Anforderungen an die Gestaltungsqualität zu stellen. Auf Baudenkmalern, in deren Nähe und in Ensembles sind die individuellen Vorgaben der städtebaulichen Situierung, der Gebäudeform und vor allem der Dachform oder der Dachaufbauten (z. B. Dachgauben und Kamine) zu berücksichtigen. Bei Neubauten im Ensemble oder Anbauten an Einzelbaudenkmälern, bei denen die Errichtung von Solaranlagen möglich erscheint, sollen diese von vornherein in den architektonischen Entwurf integriert werden.
- g) Zu denkmalverträglichen Lösungen kann die Anbringung auf untergeordneten Nebengebäuden oder an nicht einsehbaren Stellen führen. Erforderlich sind stets individuell gestaltete, beispielsweise rahmenlose oder in die Dachdeckung integrierbare Module.
- h) Gerade bei Denkmälern ist die Problematik der Brandbekämpfung sowie ggf. die Erhöhung der Brandlast bei einzelnen Modularten zu prüfen. Die langfristige Schadensfreiheit muss durch regelmäßige Wartung sichergestellt werden.
- i) Bei der Errichtung von Solaranlagen über Bodendenkmälern sind Bodeneingriffe auf das unvermeidbare Mindestmaß zu reduzieren. Bauweise, Montageabläufe sowie die weitgehend verdichtungsfreie Möglichkeit zur Befahrung der Denkmalflächen mit Baustellenfahrzeugen sind in den Nebenbestimmungen zur denkmalrechtlichen Erlaubnis nach Art. 7 Abs. 1 DSchG festzusetzen. Die Kosten für im Erlaubnisfall im Ersatz für den Denkmalerhalt durchzuführende sog. „Rettungsgrabungen“ und Grabungsdokumentationen trägt der Veranlasser.

3. Spezielle Hinweise zu Solarthermischen Anlagen zur Warmwasserbereitung

- a) Solarthermische Anlagen zur Warmwasserbereitung können oberflächenbündig in die umgebende Dachfläche eingebaut werden. Sie sind in ihrer Wirkung deshalb unauffälliger als andere Dachaufbauten.
- b) Der Einbau solcher Anlagen ist bei Baudenkmalern und im Ensemble ausnahmsweise denkbar, wenn

- damit keine nachteiligen Veränderungen am historischen Konstruktionsbestand (z. B. Dachwerk) einhergehen
- das historisch geprägte Gesamterscheinungsbild des Denkmals und seine räumliche Wirkung nicht beeinträchtigt wird
- die Dachfläche vom öffentlichen Raum nicht unmittelbar einsehbar ist
- sich die Module der orts- und landschaftstypischen Dachdeckung anpassen (z. B. Schieferdeckung)
- bei der Anordnung der Module in der Dachfläche ein hoher Gestaltungsanspruch erfüllt wird (z. B. Anordnung der Module in Anlehnung an eine „Traufverblechung“ in einer Aneinanderreihung von hochrechteckigen Modulen direkt oberhalb der Traufkante durchgehend von Ortgang zu Ortgang und oberflächenbündig mit der nach oben anschließenden Dachdeckung)
- in einer Blechdeckung einzelne Bahnen durch Module ersetzt werden,
- auf sichtbare Rahmenleisten bei den einzelnen Modulen verzichtet wird,
- die Solaranlagen durch „Unterdach-Montage“ das bestehende Erscheinungsbild nicht beeinträchtigen (Nachteile: geringerer Wirkungsgrad, Problem mit historischen Dachkonstruktionen).

4. Spezielle Hinweise zu Photovoltaikanlagen auf Baudenkmalern

- a) Photovoltaikanlagen können nach dem derzeitigen Stand der Technik wegen der Wärmeentwicklung und der erforderlichen Hinterlüftung im Regelfall nur auf die Dachoberfläche montiert werden: Sie sind in ihrer kastenartigen Wirkung auffälliger. Die Installation derartiger Anlagen an einsehbaren Stellen auf Baudenkmalern und in Ensembles sowie in deren Nähe ist regelmäßig abzulehnen.
- b) Großflächige Photovoltaikanlagen, die vornehmlich einer kommerziellen Nutzung dienen, sind für die Anbringung auf Baudenkmalern, innerhalb von Ensembles und in deren Nähe in der Regel nicht geeignet.
- c) Anders als bei Solarthermischen Anlagen zur Warmwassergewinnung wird bei Photovoltaikanlagen die gewonnene Energie häufig in das Stromnetz eingespeist und nicht unmittelbar an Ort und Stelle verbraucht. Der Anbringungsort der Kollektoren ist damit variabel.

- d) Photovoltaikanlagen erfordern meist umfangreichere Modulflächen als Solaranlagen zur Warmwassergewinnung. Die Modulflächen müssen bedarfsorientiert auf ein Mindestmaß reduziert und gestalterisch angepasst werden.
- e) Die statischen Belange incl. der Schneelasten sind zu berücksichtigen, nachteilige Veränderungen am historischen Konstruktionsbestand (z. B. Dachwerk) abzulehnen.
- f) Für die Installation auf ebenen Dachflächen (Schiefer, Blechbahnen etc.) oder Fassaden kommen u. U. Photovoltaikanlagen in Folienform in Betracht. Bei dieser Technologie sind farbliche Anpassung und Entspiegelung möglich.
- g) Die Verwendung von Photovoltaikmodulen in Dachziegelform oder in Angleichung an eine Schiefer-Schablonen-Deckung ist im Einzelfall zu beurteilen. Es kann immerhin eine von den kleinen Einzelformaten vorgegebene schuppige Oberflächenstruktur entstehen. Eine Beschränkung auf Teilflächen ist dennoch nötig.

III. Windkraftanlagen

1. Allgemeine Hinweise

- a) Windkraftanlagen betreffen häufig die windgünstigen Höhenlagen, die wiederum auch zu den bevorzugten Standorten z.B. für mittelalterliche Burgen, (Wallfahrts-) Kirchen sowie Befestigungen und Höhensiedlungen aus vor- und frühgeschichtlicher Zeit gehören.
- b) Bei der Errichtung und beim Betrieb von Windkraftanlagen können sich durch Bodeneingriffe und durch einen negativen Einfluss auf das Erscheinungsbild gravierende Beeinträchtigungen von Denkmälern ergeben. Windkraftanlagen können sich insbesondere auf die Umgebung und auf großräumige Sichtbezüge von und zu Denkmälern hin sowie innerhalb denkmalgeschützter Bereiche negativ auswirken.

2. Denkmalverträglichkeit von Windkraftanlagen

- a) Bei der Planung von Großwindanlagen sind alle Instrumente der Landes-, Regional- und Bauleitplanung und der dabei vorgesehene Schutz der die Kulturlandschaft prägenden Denkmäler und Ortsbilder oder deren Silhouetten unter beson-

derer Berücksichtigung des Umgebungsschutzes denkmalrelevanter Bereich anzuwenden. In den Kartierungen zur kulturlandschaftlichen Verträglichkeit ist auch der tatsächliche Windanfall zu berücksichtigen.

- b) Der Nähebereich und Bezugsraum von sog. Landmarken oder die Kulturlandschaft prägenden Denkmälern, wie z.B. vorgeschichtliche Befestigungsanlagen, obertägig sichtbare Grabhügelfelder, der Obergermanisch - Raetische Limes, Burg-, Burgstall-, Ruinen-, Schloss-, Kloster-Anlagen oder Kirchen und denkmalwerte Silhouetten von Siedlungen, sind zu schützen und regelmäßig von Windkraftanlagen freizuhalten.
- c) Der Umfang des Umgebungsschutzes ist vom Schutzgegenstand abhängig. Eine pauschale Abstandsregelung kann nicht definiert werden.
- d) Bei der Errichtung von Windkraftanlagen über Bodendenkmälern sind Bodeneingriffe auf das unvermeidbare Mindestmaß zu reduzieren. Die Errichtung und der Betrieb einer Windkraftanlage erfordern zwingend eine LKW-geeignete Zufahrt und die Einbringung entsprechender Netze in den Boden. Bauweise, Montageabläufe sowie die weitgehend verdichtungsfreie Möglichkeit zur Befahrung der Denkmalflächen mit Baustellenfahrzeugen sind in den Nebenbestimmungen zur denkmalrechtlichen Erlaubnis nach Art. 7 Abs. 1 DSchG bzw. diese ersetzende Genehmigungen festzusetzen. Die Kosten für im Erlaubnisfall im Ersatz für den Denkmalerhalt durchzuführende sog. „Rettungsgrabungen“ und Grabungsdokumentationen trägt der Veranlasser.
- e) Abweichend von der sonstigen Genehmigungsfreiheit ist auch bei der Installation von Kleinwindkraftanlagen in denkmalgeschützten Bereichen oder in deren Wirkungsfeld ein Erlaubnisverfahren nach Art. 6 und / oder nach Art. 7 DSchG erforderlich.

IV. Geothermieranlagen

1. Allgemeine Hinweise

Für die Errichtung großtechnischer Geothermieranlagen sind im Zuge der Prospektion ausgedehnte Befahrungen erforderlich. Oberflächennahe Geothermieranlagen für die private Nutzung führen unvermeidlich zur Zerstörung der gesamten im Boden vorhandenen Denkmalsubstanz. Die Beschränkung der Ausgrabungsflächen auf das bauseitig benötig-

te Mindestmaß und die Anwendung alternativer Konzepte zur Erhaltung von Teilen der Denkmalsubstanz (z. B. konservatorische Überdeckung) wird damit verhindert.

2. Denkmalverträglichkeit von Geothermieanlagen

- a) Bei der Planung von Geothermieanlagen für die private Nutzung im Denkmalbereich ist grundsätzlich auf die Reduzierung der Grabungsflächen hinzuwirken und auf die zunehmende Kostenbelastung des Bauwerbers durch den größeren Flächenverbrauch hinzuweisen.
- b) Bei seismischen Erkundungsfahrten zur Vorbereitung großtechnischer Geothermieanlagen ist die Befahrung obertägig erhaltener Bodendenkmäler auszuschließen.

V. Biogasanlagen

Biogasanlagen im Nähebereich bzw. der Sichtbezug zu Bau- und Kunstdenkmälern können eine Beeinträchtigung des historischen Erscheinungsbildes beinhalten. Zur Einzelfallprüfung ist ein Erlaubnisverfahren nach Art. 6 BayDSchG erforderlich. Bei Standorten im Bereich von Bodendenkmälern oder auf Flächen, wo Bodendenkmäler zu vermuten sind, ist ein Erlaubnisverfahren nach Art. 7 BayDSchG einzuleiten.

VI. Geltung der Beratungsrichtlinie 01 / 2012

Diese Beratungsrichtlinie tritt am 25.03.2012 in Geltung.

Die Beratungsrichtlinie A 02 vom 25.02.2012 tritt gleichzeitig außer Geltung. Die vorhandenen Exemplare sind zu vernichten.

München, 22. März 2012

Gez.

(Prof. Dr. Egon Johannes Greipl)

Generalkonservator



Energieeffiziente historische Stadtkerne im Land Brandenburg

Im Kern einzigartig

Arbeitsgemeinschaft
»Städte mit historischen Stadtkernen«
des Landes Brandenburg



Das diesem Handbuch zugrunde liegende Vorhaben wurde als Modellvorhaben »Gebäudebestand (Energieeffizienz, Denkmalschutz)« aus dem »Sondervermögen Energie- und Klimafonds« im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) durch das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Handbuch

Energieeffiziente historische Stadtkerne im Land Brandenburg



Inhalt:

Einführung – Anlass und Ziel des Handbuchs	8
Umgang mit den Inhalten	11
Fortschreiben	12
1. Grundlagenermittlung und Bestandsaufnahme	13
2. Konzeptentwicklung und Zielbestimmung	17
2.1 Energetisches Quartierskonzept im historischen Stadtkern	20
2.2 Kommunale und Regionale Energiekonzepte	22
2.3 Energetische Aspekte in kommunalen Konzepten und Sanierungszielen	23
3. Energieeinsparung im Gebäudebestand	24
3.1 Bestandsaufnahme – Arbeiten mit Gebäudetypologien	27
3.2 Ermittlung des Energieeinsparpotenzials im Gebäudebestand	29
3.3 Energetische Sanierungsmaßnahmen im Gebäudebestand	30
4. Optimierung der Energieerzeugung und -verteilung	33
4.1 Bestandsaufnahme Netze und Versorgung	35
4.2 Optimierung der vorhandenen Systeme	36
4.3 Innovative Versorgungslösungen im Verbund	37
4.4 Einsatz Erneuerbarer Energien	39
4.5 Lösungen in einem größeren räumlichen Zusammenhang	41

5. Beratung/ Genehmigung/ Vermittlung	43
5.1 Qualifizierte Beratung – mehr als Energieberatung	45
5.2 Erfolgreiche Genehmigung für den Einzelfall	47
5.3 Akzeptanz bei der Bevölkerung	49
6. Förderung und Finanzierung	50
6.1 Das KfW-Förderprogramm »Energetische Stadtsanierung«	52
6.2 Das KfW-Förderprogramm »Effizienzhaus Denkmal«	54
6.3 Förderung kommunaler und sozialer Infrastruktur	56
6.4 KfW-Förderung für private Eigentümer	57
6.5 Förderung Kommunaler und Regionaler Energiekonzepte	60
6.6 Städtebaulicher Denkmalschutz – Berücksichtigung energetischer Anforderungen	62
Bildnachweis	66
Impressum	67

Vorwort

Michael Knappe

Mit den Beschlüssen der Bundesregierung zur »Energiewende« in Deutschland steht das Thema Energie in seiner ganzen Breite auf der Agenda für die Entwicklung von Strategien über die energetische Zukunft, auch in unseren historischen Stadtkernen.

Mit dem in dieser Form einmaligen Verbundprojekt haben sich im November 2011 fünf Städte unserer Arbeitsgemeinschaft auf dem Weg gemacht, unterschiedliche Ansätze zu erarbeiten, die das Ziel haben, das Thema Energieeffizienz in den Focus einer machbaren »Energiewende« in historischen Stadtquartieren zu rücken. Dabei war es den Akteuren wichtig, die Übertragbarkeit auch auf andere historische Stadtkerne und Quartiere in den eigenen Betrachtungen zu berücksichtigen.

Zudem ging es um die systematische Erfassung kommunaler Aktivitäten in allen 31 Städten mit historischen Stadtkernen im Land Brandenburg. Probleme und Lösungsmöglichkeiten in der täglichen Genehmigungspraxis, Energieeffizienz bezogene Bestandsbewertung, Einbindung kommunaler Bauvorhaben, optimierte Nutzung bestehender oder auch neu einzurichtender Versorgungsstrukturen und -systeme und die offene Einbindung der Bürgerinnen und Bürger vor Ort waren und sind die zentralen Themen.

Mit diesem Handbuch werden gute und wichtige Hinweise zur Verfügung gestellt, die einen ersten Schritt in Richtung höherer Energieeffizienz in den – per se scheinbar von vornherein benachteiligten Strukturen einer historischen Altstadt – darstellen.

Mein Dank geht an die Vertreter der fünf Städte unserer Arbeitsgemeinschaft, deren aktive Mitwirkung zum Gelingen beigetragen hat. Zudem danke ich allen Auftragnehmern einschließlich unserer Geschäftsstelle, die mit großen und kleinen Beiträgen vor allem aber mit Freude am Vor- und Weiterdenken dabei waren – und nicht zuletzt Dank an die Vertreterinnen und Vertreter der Denkmalbehörden, die sich hier einmal mehr mit ihrer Fachlichkeit für das Wohl unserer historischen Stadtkerne eingesetzt haben.

Diesem ersten Schritt weitere folgen, um nach dem qualitativ hochwertigen Start, weiteren Ideen Raum zu geben, sich daraus ergebene Chancen zu nutzen und wirksame konkrete Maßnahme in der Folge aktiv umzusetzen.



Michael Knappe

Vorsitzender der
Arbeitsgemeinschaft
»Städte mit his-
torischen Stadtker-
nen« des Landes
Brandenburg und
Bürgermeister der
Stadt Treuenbrietzen

Einführung

Anlass und Ziel des Handbuches

Dieses Handbuch ist ein Ergebnis des Forschungsprojektes »Energieeffiziente historische Stadtkerne mit gestalterischem Anspruch«, das die Arbeitsgemeinschaft »Städte mit historischen Stadtkernen« des Landes Brandenburg vor dem Jahreswechsel 2011/2012 begonnen und im Frühjahr 2012 abgeschlossen hat. Das Verbundprojekt, an dem sich fünf Städte der Arbeitsgemeinschaft mit verschiedenen thematischen Schwerpunkten beteiligt haben, ist mit Hilfe von Fördermitteln aus dem Energie- und Klimafonds der Bundesregierung ermöglicht worden. Anlass der Untersuchungen war zu schauen, ob die historischen Stadtkerne den zukünftigen Anforderungen an eine energieeffiziente Stadtentwicklung gewachsen sind. Dabei sollten die Ziele des Klimaschutzes in weitgehende Übereinstimmung mit den Belangen des Denkmalschutzes und einer auf die Wahrung des baukulturellen Erbes ausgerichteten integrierten Stadtentwicklung gebracht werden. Die Ergebnisse der fünf unmittelbar am Projekt beteiligten Städte sowie die Schlussfolgerungen aus einer Bestandsaufnahme für alle 31 Mitgliedsstädte sind in diesem Handbuch als Leitfaden für die zukünftige Stadterneuerungspraxis dargestellt.

Alle historischen Stadtkerne des Landes Brandenburg haben in den vergangenen Jahren einen beispiellosen Erneuerungsprozess vollzogen. Bei den Themen der energetischen Sanierung stehen jedoch fast alle 31 Städte noch am Anfang. Dabei bieten historische Stadtquartiere mit ihrer kompakten Bau- und Nutzungsstruktur im Grundsatz bereits

gute Voraussetzungen im Hinblick auf Energieeffizienz. In nahezu allen historischen Stadtkernen besteht darüber hinaus ein großes Potenzial zur Steigerung der Energieeffizienz – dabei sind die besonderen Qualitäten, die denkmalpflegerisch und baukulturell in der bisherigen Stadterneuerungspraxis wieder herausgebildet worden sind und den historischen Stadtkernen ihre besondere Prägung geben, besonders zu berücksichtigen. An die bisherige, oft vorbildliche Erneuerungspraxis ist anzuknüpfen.

Quartiersbezogene Ansätze bieten hervorragende und den Kommunen zugängliche Handlungsmöglichkeiten, um die anspruchsvollen energetischen Zielsetzungen im historischen Stadtkern zu erreichen, ohne dabei die Gebäude zu überfordern. Die Möglichkeiten des Einsatzes erneuerbarer Energien bei der Wärme- und Stromerzeugung für das Quartier, die Energieeffizienzsteigerung durch grundstücks- oder baublockübergreifende Wärmeerzeugung und -versorgung, der Einsatz zukunftsfähiger Erzeugungs-, Verteilungs- und Speichertechnologien können für historische Stadtquartiere nutzbar gemacht werden. Dabei sind sinnvolle und denkmalpflegerisch sowie baukulturell verträgliche Maßnahmen an kommunalen und privaten Bestandsgebäuden zu identifizieren und in eine Gesamtstrategie einzuordnen. Sie leisten im Zusammenspiel mit quartiersbezogenen Lösungen einen wirksamen Beitrag zur Energieeffizienz im Stadtquartier und sorgen für seine zukunftsfähige Nutzbarkeit.

Das vorliegende Handbuch »Energieeffizienz im historischen Stadtkern« leitet aus den Ergebnissen des Verbundprojektes Rückschlüsse und Handlungsempfehlungen für alle historischen Stadtkerne im Land Brandenburg ab. Diese sind praxisnah und handlungsorientiert und bieten jeder Stadt mit ihren unterschiedlichen Voraussetzungen individuelle Lösungsansätze. Eines gilt für alle Städte: Sie können was die Energieeffizienz im histo-

rischen Bestand angeht eine Vorbild- und Vorreiterrolle einnehmen und einen beachtlichen Beitrag zum Gelingen der Energiewende leisten.

Die Ansätze zur Steigerung der Energieeffizienz in den historischen Stadtkernen des Landes Brandenburg können teils auch auf andere historische Stadtquartiere übertragen werden. Insbesondere für die Programmstädte des Bund-Länder-Programms »Städtebaulicher Denkmalschutz« außerhalb des Landes Brandenburg und für weitere Bestandsgebiete mit denkmalpflegerischen und baukulturellen Anforderungen können die aufgezeigten Bausteine als Leitfaden für die Ausrichtung ihrer künftigen Stadtentwicklung im Bestandsquartier nutzen.

Umgang mit den Inhalten

Städte sind zentrale Akteure für die Umsetzung der 2011 von der Bundesregierung beschlossenen Gesetze zur Energiewende. Sie sind wesentliche Adressaten für die Umsetzung der Energieeffizienzziele innerhalb anspruchsvoll kurzer Zeiträume. Damit die Städte diese Aufgaben aktiv und wirksam angehen können, müssen die anspruchsvolle Aufgabe der energetischen Ertüchtigung mit den Zielen der Wahrung der baukulturellen Integrität der historischen Stadtkerne in Übereinstimmung gebracht werden.

Das Handbuch widmet sich von der ersten Grundlagenermittlung bis hin zu den Themen Finanzierung und Förderung von energetischen Konzepten und Maßnahmen, allen Bereichen, die für ein kommunales Verwaltungshandeln zu mehr Energieeffizienz von zentraler Bedeutung sind. Wichtig ist, die verschiedenen Akteure vor Ort von Anfang an einzubinden. Unstrittig ist hierbei, dass die Stadtverwaltungen, die über mehrjährige Erfahrungen in der erhaltenden Stadterneuerung verfügen, dabei die gesetzten Initiatoren sind.

Mit diesem Handlungsleitfaden kann jede Stadt ein auf die jeweilige Situation abgestimmtes Programm erarbeiten, in dem von der Erstellung von energetischen Konzepten bis zur Formulierung von konkreten Maßnahmen mit Zeitplanungen und Zuständigkeiten verschiedene Bausteine enthalten sind. Anhand von Praxisbeispielen werden geeignete Herangehensweisen und Lösungsansätze für die kommunale Verwaltung zu einer energieeffizienteren Stadtentwicklung dargestellt. Die Beispiele dienen als Anregungen und Inspiration über die Möglichkeiten, die sich in den historischen Stadtkernen bieten.

Fortschreiben

Die Umsetzung von Klimaschutzzielen wird gerade in den historischen Stadtkernen viele Jahre in Anspruch nehmen. Die in diesem Handbuch formulierten Informationen, Ziele und Maßnahmen gilt es daher, in Zukunft in einem fortlaufenden Prozess weiter zu entwickeln und auf einem aktuellen Stand zu halten. Der aktive Erfahrungsaustausch zwischen den Städten der Arbeitsgemeinschaft und die erprobten und qualifiziert begleiteten Verfahrenswege der Stadterneuerung tragen besonders dazu bei, von guten Beispielen zu lernen, Maßnahmen der Stadtverwaltung, der Eigentümern und Versorgungsträger und weiterer Energie-Akteure umzusetzen.



1

Grundlagenermittlung und Bestandsaufnahme

Ziel:

Ermittlung der energetischen Ausgangssituation des historischen Stadtkerns

1. Grundlagenermittlung und Bestandsaufnahme

In den einzelnen Mitgliedsstädten der Arbeitsgemeinschaft wurden in den letzten Jahren unterschiedliche Erfahrungen mit einer vermehrt auf Energieeffizienz ausgerichteten Stadterneuerungspraxis gesammelt und einzelne Vorhaben bereits auf den Weg gebracht. Zukünftig soll dies weiter verstärkt werden. Dazu ist zunächst die Frage zu klären: Wie energieeffizient ist mein Stadtkern bereits heute?

Zu Beginn jeder Maßnahmenplanung ist eine Bestands- und Potenzialanalyse zur Bewertung der energetischen Ausgangssituation des historischen Stadtkerns durchzuführen.

Die folgenden Fragen helfen dabei:

- Liegt in der Stadt ein kommunales oder regionales Energiekonzept vor?
- Sind in diesem Konzept Ziele enthalten, die sich auf den historischen Stadtkern beziehen?
- Liegt für den historischen Stadtkern ein energetisches Quartierskonzept vor?
- Ist das Thema Energieeffizienz Bestandteil des Integrierten Stadtentwicklungskonzeptes?
- Beziehen sich ein oder mehrere Sanierungsziele auf die Energieeffizienz?
- Werden im historischen Stadtkern Erneuerbare Energien zur Energieerzeugung genutzt?

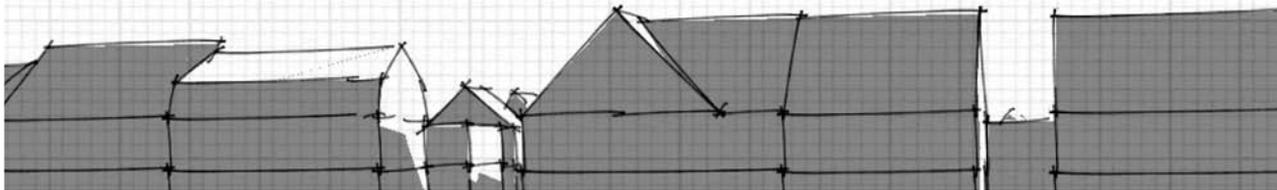
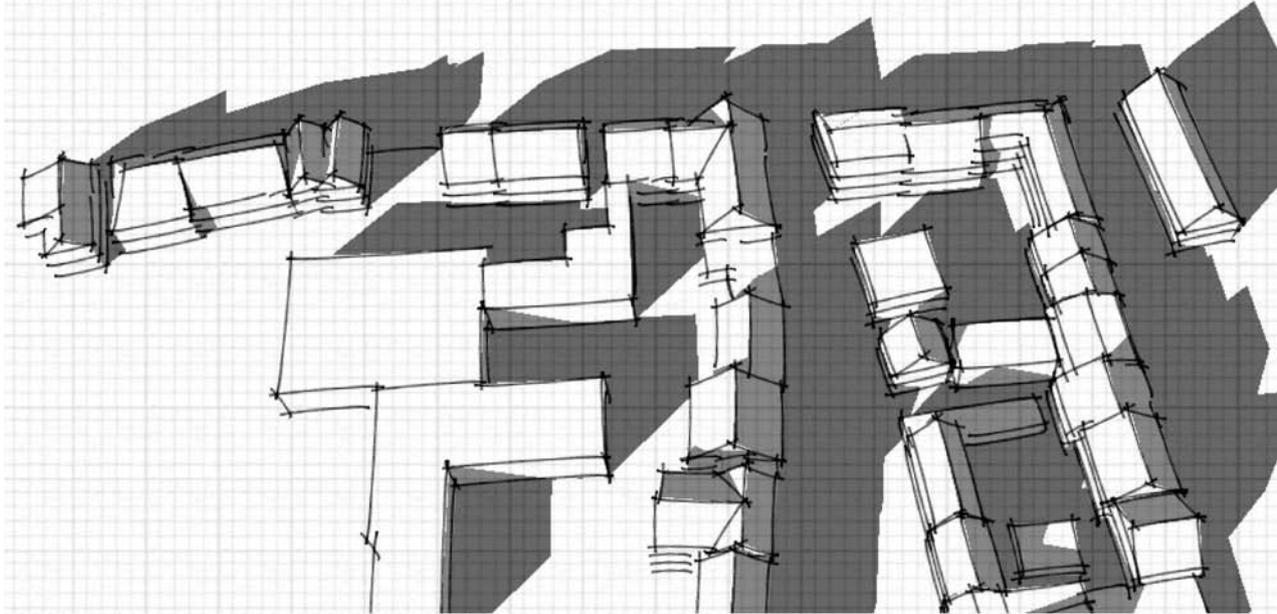
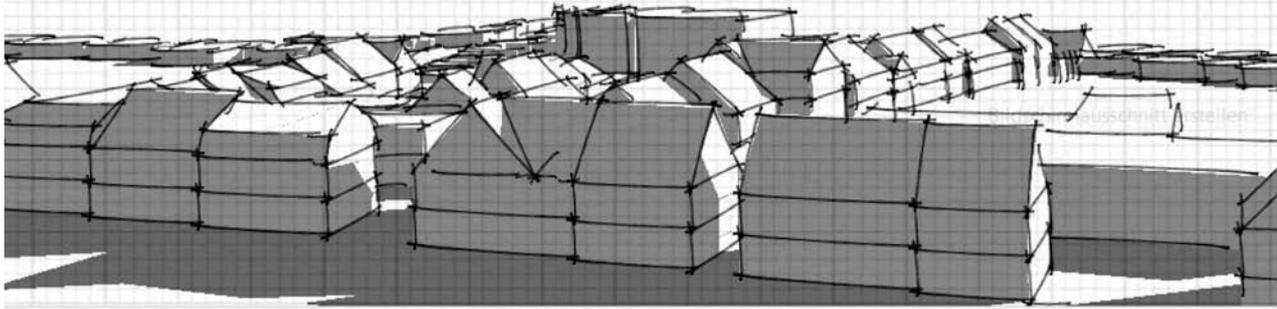
- Wird der historische Stadtkern mit Fernwärme oder durch Nahwärmenetze versorgt?
- Wird im historischen Stadtkern bereits ein Blockheizkraftwerk zur Gewinnung von elektrischem Strom und Wärme genutzt?
- Haben bei der Sanierung kommunaler Gebäude im historischen Stadtkern in den vergangenen Jahren besondere energetische Aspekte eine Rolle gespielt?
- Wird für private Eigentümer eines historischen Gebäudes eine qualifizierte Beratung in der Stadt angeboten?
- Erhalten private Eigentümer von historischen Gebäuden eine besondere finanzielle Unterstützung für die energetische Sanierung?

Ergänzend oder auch unabhängig von den genannten konzeptionellen Ansätzen gibt es in den Städten häufig bereits eine Reihe von Informationen, die für die Bestandsaufnahme und Grundlagenermittlung zusammengeführt und für eine weitergehende Auswertung unter energetischen Gesichtspunkten nutzbar gemacht werden können:

- Sanierungsgrad der Gebäude (Äußerer Gebäudehülle / Haustechnik)
- Status der Wärmeversorgung (z.B. Art der Beheizung, Fernwärmeanschluss vorhanden oder möglich?)
- Berücksichtigung energetischer Aspekte bei der bisherigen Gebäudesanierung

»Fehlstellen« in diesen Grundlagen sind an der Tagesordnung, sie lassen sich häufig durch eine direkte Einbindung und Befragung der Eigentümer füllen, ergänzend aber auch durch Angaben von Versorgungsträgern, Schornsteinfeger, örtlichen Heizungsfirmen. Hier – wie bei allen anderen Ermittlungen der energetischen Bestandssituation – sind selbstverständlich auch Datenschutzaspekte zu beachten.

Eine entsprechende Analyse der bereits vorhandenen Unterlagen, Zielsetzungen und Erkenntnisse schafft eine gute Grundlage, um Einsparpotenziale ermitteln, ein quartiersbezogenes Leitbild entwickeln und bedarfsgerecht Maßnahmen zur energetischen Optimierung des historischen Stadtkerns planen und umzusetzen zu können. Sie zeigt auf, welche Konzepte bereits vorhanden sind, welche fortgeschrieben werden können und an welcher Stelle neue zu entwickeln sind.



2

Konzeptentwicklung und Zielbestimmung

Ziel:

In allen Städten mit historischem Stadtkern wird ein energetisches Konzept aufgestellt bzw. fortgeschrieben

2. Konzeptentwicklung und Zielbestimmung

Energetische Stadterneuerung ist ein langfristiger Prozess. Voraussetzung für eine solide Umsetzung energetischer Maßnahmen im historischen Stadtkern sind ein klares, konsequentes Konzept und stabile Rahmenbedingungen. Energetische Konzepte dienen als strategische Entscheidungsgrundlage und Planungshilfe für künftige Klimaschutzanstrengungen und Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz.

Energetische Konzepte gibt es auf verschiedenen Ebenen. Je nach Größe des historischen Stadtkerns und finanzieller Ausstattung der Stadt ist ein energetisches Quartierskonzept speziell für den historischen Stadtkern oder ein gesamtstädtisches Konzept unter besonderer Berücksichtigung des historischen Stadtkerns zu erarbeiten. Je kleiner die Gebietskulisse gehalten wird, desto detaillierter können die Untersuchungen erfolgen. Bei mehreren Konzepten auf verschiedenen Ebenen oder für verschiedene räumliche Teilbereiche ist entscheidend, dass diese miteinander in Verbindung gebracht und aufeinander abgestimmt werden.

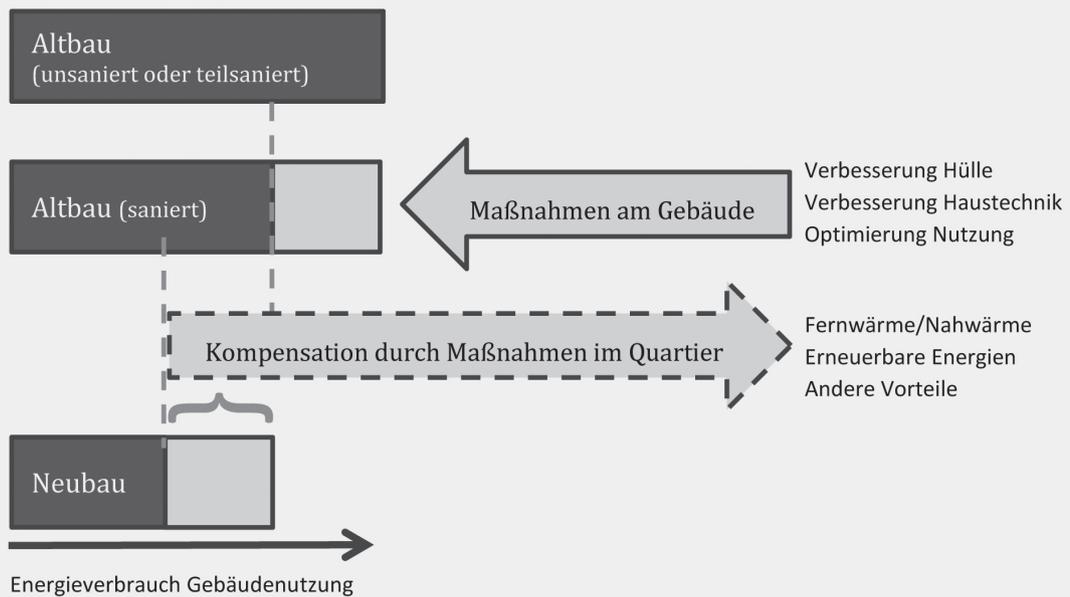
Regionale, kommunale oder quartiersbezogene Energiekonzepte reduzieren die Energieproblematik nicht auf das einzelne Gebäude, sondern erweitern die energetische Konzeption in einem übergreifenden Denkansatz für den historischen Stadtkern oder die gesamte Stadt.

Die Erstellung eines energetischen Quartierskonzeptes beruht auf der engen Kooperation und der ressortübergreifenden Bündelung von Kompetenzen und Informationen verschiedener kommunaler Fachbereiche wie Stadtentwicklung, Denkmalschutz, Umweltschutz,

der Energieversorger, der Sanierungsträger und auch externer Experten wie Architekten, Energieberater, qualifizierter Handwerksbetriebe etc.

Zum Weiterlesen: Der »Leitfaden Energienutzungsplan« gibt Hinweise und Informationen, wie ein Konzept für die zukünftige energetische Entwicklung in der Gemeinde erstellt werden kann. Ein Link zum Abrufen des Leitfadens ist auf der Homepage der AG veröffentlicht.

Veranschaulichung
des Denkansatzes
der Energieeffizienz-
Kompensation im
historischen Stadt-
quartier



2.1 Energetisches Quartierskonzept im historischen Stadtkern

Über das Einzelgebäude hinaus zu denken, erfordert die Erstellung integrierter, quartiersbezogener Konzepte zur intelligenten energetischen Sanierung in den historischen Stadtkernen.

Das energetische Quartierskonzept zeigt auf, welche technischen und wirtschaftlichen Energieeinsparpotenziale im historischen Stadtkern bestehen und welche konkreten Maßnahmen ergriffen werden können, um kurz-, mittel- und langfristig CO₂-Emissionen zu reduzieren. Dabei werden alle relevanten städtebaulichen, denkmalpflegerischen, baukulturellen, wohnungswirtschaftlichen und sozialen Aspekte berücksichtigt.

Strategien und Lösungsansätze für die energetische Sanierung und städtebauliche Erneuerung werden in der Konzepterstellung im Sinne eines integrierten Gesamtkonzeptes aufeinander abgestimmt. Neben Strategien und konkreten investiven und nicht-investiven Maßnahmen werden in der Konzeptentwicklung die Zeit- und Maßnahmenplanung konkretisiert und mit einem Kosten- und Finanzierungsplan untersetzt.

Basis des energetischen Quartierskonzeptes ist die Ermittlung und Bewertung der Ausgangssituation im historischen Stadtkern. Diese beinhaltet die Analyse der gebietsbezogenen Energieinfrastruktur, die Beurteilung des energetischen Gebäudestatus und die Erstellung einer quartiersbezogenen Energiebilanz. Insbesondere im Gebäudebereich ist

zu berücksichtigen, dass zahlreiche Eigentümer bereits erhebliche Kosten aufgewendet haben, um ihre Gebäude zu sanieren. Häufig bestehen kurz- und mittelfristig dadurch kaum oder keine Spielräume für ergänzende, energetisch verbessernde Maßnahmen. Dieser Umstand ist bei einer realistischen Einschätzung der Sanierungspotenziale sorgfältig zu bestimmen und zu beachten. Auch Vorleistungen etwa im öffentlichen Raum sind bezogen auf eine Erneuerung oder Optimierung der Infrastrukturnetze kostenseitig und logistisch zu berücksichtigen. Nicht zuletzt vor dem Hintergrund der weit vorangeschrittenen Sanierung sind Quartierskonzepte daher nicht bloß kurzfristig zu orientieren, sie haben vielmehr eine klare mittel- bis langfristige Umsetzungsperspektive

Auf Grundlage der realitätsnah ermittelten Potenziale zur energetischen Optimierung der historischen Stadtkerne werden quartiersbezogenen Energie- und Klimaschutzziele abgeleitet und ein energie- und klimapolitisches Leitbild erstellt. Bei der Formulierung des Leitbildes soll insbesondere der Anteil, den der historische Stadtkern für die Verbesserung der kommunalen Energie- und Klimabilanz – und damit für die Erreichung der Zielstellung – leisten kann, eine herausgestellte Position einnehmen.

Die anschließende Maßnahmenplanung ist praxisnah und umsetzungsorientiert auszurichten. Ziel ist die Entwicklung und der Anstoß von umfassenden Sanierungsmaßnahmen und ergänzenden Maßnahmen im Quartier zur Steigerung der Energieeffizienz sowie der CO₂-Minderung im historischen Stadtkern.

Für die Erarbeitung des Energetischen Quartierskonzeptes kommt eine Förderung der KfW-Bank in Frage. Weitere Informationen finden Sie im Kapitel 6.1 des Handbuchs.

2.2 Kommunale und Regionale Energiekonzepte

Ein kommunales Energiekonzept untersucht Potenziale der Energieeffizienz auf gesamtstädtischer Ebene. Es dient als Grundlage eines energetischen Quartierskonzeptes für den historischen Stadtkern.

Zu den Charakteristika eines tragfähigen kommunalen Energiekonzeptes gehören:

- Klimaschutzziele, deren Umsetzbarkeit auf der kommunalen Ebene im Rahmen der Konzeptentwicklung geprüft wurde,
- konkrete Maßnahmen zur Umsetzung in Abstimmung mit den relevanten Akteuren sowie
- Empfehlungen für die organisatorische Umsetzung und die zukünftige Investitionsplanung.

Insbesondere für die kleineren Mitgliedstädte der Arbeitsgemeinschaft ist es ratsam, sich auf die Erarbeitung eines kommunalen Energiekonzeptes zu beschränken und dem historischen Stadtkern ein besonderes Augenmerk bei der Potenzialanalyse und Maßnahmenplanung zu geben.

Gemeinsam mit anderen Kommunen kann ein Energiekonzept auch auf regionaler Ebene aufgestellt werden. Die Abstimmung mit anderen Gemeinden ist sinnvoll, um gemeindeübergreifende Synergieeffekte zu erreichen.

2.3 Energetische Aspekte in kommunalen Konzepten und Sanierungszielen

Um die energieeffiziente Stadtentwicklung weiter voranzubringen, sind Ziele des Klimaschutzes und der Energieeffizienz verstärkt in kommunale Konzepte zu integrieren und die Sanierungsziele entsprechend zu ergänzen und fortzuentwickeln.

Als informelle und umsetzungsorientiert angelegte Zukunftsentwürfe einer Stadt enthalten Integrierte Stadtentwicklungskonzepte (INSEK) konkrete Leitbilder, Ziele sowie einzelne Projekte. Da sie einen Gesamtüberblick über die Entwicklungsperspektiven der Stadt verschaffen, bieten sie eine gute Voraussetzung – auch unter energetischen Aspekten – für einen fundierten Stadtumbau.

Integrierte Stadtentwicklungskonzepte müssen regelmäßig überprüft und fortgeschrieben werden. Dies bietet die Chance, energetische Aspekte einzubringen und als Ziel für die zukünftige Stadtentwicklung dauerhaft zu fixieren.





Energieeinsparung im Gebäudebestand

3

3. Energieeinsparung im Gebäudebestand

Die historischen Stadtkerne im Land Brandenburg wurden in den vergangenen 20 Jahren kontinuierlich durch Gesamtmaßnahmen der Stadtsanierung unter Nutzung von Städtebaufördermitteln aufgewertet. Dabei hat sich gezeigt, dass historische Gebäude energetisch besser sind als erwartet. Bei vielen Sanierungsmaßnahmen ist auch ohne konkrete energetische Beratung bereits eine beachtliche Verbesserung der energetischen Kennwerte zu verzeichnen. Die tatsächlichen Einsparungen werden jedoch stark vom Nutzerverhalten beeinflusst.

Energieeinsparpotenziale in Gebäuden beruhen auf der Umsetzung von baulichen Sanierungsmaßnahmen, der Verbesserung der Wärmeerzeugung und -verteilung und in Grenzen durch Veränderung des Nutzerverhaltens. Dabei sollen die Gebäude jedoch nicht überfordert werden. Es sind sinnvolle und denkmalpflegerisch wie baukulturell verträgliche Maßnahmen am kommunalen und privaten Gebäudebestand durchzuführen. Im Zusammenspiel mit quartiersbezogenen Lösungen leisten sie einen wirksamen Beitrag zur Energieeffizienz im historischen Stadtkern und sorgen für seine zukunftsfähige Nutzbarkeit.

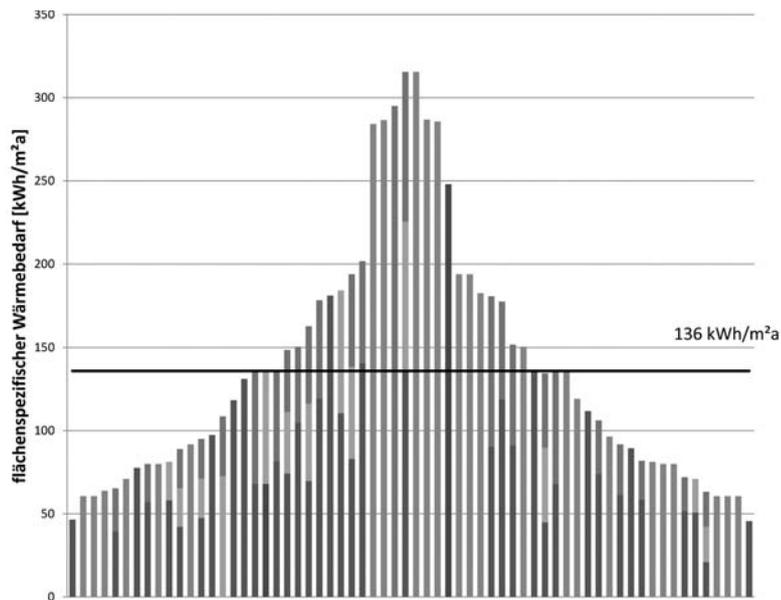
Um sich den Möglichkeiten der Energieeinsparung durch energetische Verbesserung von Gebäudehülle und Haustechnik zu nähern, ist eine typologische Betrachtung zielführend. Erfahrungen zeigen, dass der Energieverbrauch gleichartiger Gebäude häufig voneinander abweicht, sich aber im Großen und Ganzen innerhalb eines bestimmten Korridors bewegt. So wird gleichzeitig die Einsparperspektive und der Einfluss individueller Merkmale von Gebäudesubstanz, -nutzung und -wärmeversorgung deutlich.

Ziel:

Energetische
Qualifizierung
des Gebäude-
bestandes unter
Wahrung der
baukulturellen
Integrität

Beispiel

In einer Untersuchung in der Altstadt von Göttingen (Niedersachsen) kam eine quartiersbezogene Gebäudetypologie zur Anwendung. »Glockenkurven« zeigen die Bandbreite des Energieverbrauchs innerhalb eines Gebäudetyps – hier von Wohn- und Geschäftshäusern der Gründerzeit in Blockrandbebauung:



Glockenkurve zum Wärmebedarf eines Beispieltyps in Göttingen (Fachwerk mit Ziegelauffachung)

3.1 Bestandsaufnahme – Arbeiten mit Gebäudetypologien

Zur energetischen Bewertung des gesamten Gebäudebestandes und zur Ermittlung weiterer Energieeinsparpotenziale empfiehlt sich die Entwicklung einer Gebäudetypologie, die die besonderen Bedingungen und baukulturellen Voraussetzungen berücksichtigt. Die Einteilung erfolgt nach Baualter und Bauart sowie nach dem Sanierungsstand:

Die Gebäudetypologie ist stadtindividuell zu erstellen. Als Grundlage kann die für die Stadt Wittstock/Dosse erstellte Typologie genutzt werden. Die 20 Kategorien werden einem breitem Spektrum der energetischen Beschaffenheit der Gebäude gerecht.

	unsaniert	teilsaniert bis Ende 2001	teilsaniert ab 2002	vollsanert bis Ende 2001	vollsanert ab 2002
Fachwerkhäuser vor 1918					
Mauerwerksbauten vor 1918					
Geschosswohnungsbau 1918 - 1948					
Geschosswohnungsbau 1949 - 1990					

Der Aufbau und die Pflege einer qualifizierten Grundstücksdatei sind hilfreich für die Zuordnung der Gebäude zur entsprechenden Gebäudekategorie. Erfasst werden sollen Daten zum Baualter, zum Sanierungsstand, zur Zahl der Wohnungen und der Wohn- bzw. Nutzfläche. Relevant sind dabei die beheizten Räume.

Eine weitgehend kontinuierliche Begleitung des Sanierungsprozesses ist ebenfalls hilfreich, da benötigte Informationen so schnell an zentraler Stelle abgerufen werden können.

Beispiel

Als Grundlagen für Gebäudetypologien taugen verschiedene Ansätze:

- Deutsche Gebäudetypologie
- Gebäudetypologie Schleswig-Holstein
- Sächsische Gebäudetypologie (eher für die im früher baukulturell sächsisch beeinflussten Städte im Süden Brandenburgs)
- Handlungsleitfaden zur Energetischen Stadterneuerung

In der Regel bedürfen die Typologien jedoch einer Verfeinerung bezogen auf den Baubestand im Quartier, um zutreffend zu sein.



3.2 Ermittlung des Energieeinsparpotenzials im Gebäudebestand

Die gebäudetypologische Untergliederung des Gebäudebestandes stellt eine gute Voraussetzung dar, um anschließend die Wärmebedarfssituation im historischen Stadtkern zu beurteilen.

Zur Ermittlung der weiteren Einsparpotenziale im Gebäudebestand ist zunächst der Heizenergiebedarf der Gebäude zu ermitteln. Anhand von Referenzgebäuden wird typenbezogen der durchschnittliche Heizenergiebedarf ermittelt. Durch vertiefte Untersuchungen der Referenzgebäude sollen möglichst weitreichende energetische Potenziale der Gebäudesanierung ermittelt werden. Dabei sind die Substanz, die zukunftsfähige Nutzbarkeit und die baukulturelle Integrität der Gebäude zu berücksichtigen.

Bei daraus abgeleiteten künftigen Wärmebedarfen ist auch der zu erwartende weitere energetische Erneuerungsprozess der Gebäude (Hülle und Haustechnik) zu berücksichtigen, der zu einer zukünftigen Senkung des Wärmebedarfs führen wird. Dies erlaubt mittel- bis langfristig z.B. die Verringerung des Temperaturniveaus auch bei gemeinschaftlicher Wärmeerzeugung und -verteilung, etwa bei Nahwärmenetzen.

3.3 Energetische Sanierungsmaßnahmen im Gebäudebestand

Die überwiegende Zahl der Gebäudeeigentümer hat einen sehr realistischen Blick auf die Möglichkeiten und Grenzen individueller energetischer Maßnahmen am Gebäude. Die Formel ist einfach: Energieeffizienzmaßnahmen müssen geldwerte Vorteile innerhalb eines überschaubaren Zeitraums haben, sie müssen sich in einem angemessenen Zeitrahmen rechnen.

Eigentümer sind durchaus aufgeschlossen für eine entsprechende, qualifizierte Beratung. Allerdings gibt es auch hier Vorurteile: Häufig denken Eigentümer von Altbauten, dass sie selbst bei einer Sanierung mit ihrem Altbau gar kein gutes energetisches Niveau erreichen können. Sie haben daher zwar saniert, aber keine Energieberatung in Anspruch genommen. Leider spielen auch für viele Architekten die energetischen Anforderungen – und die erreichbaren Qualitäten – eine nur untergeordnete Rolle.

Besonders einfache Maßnahmen, wie die Dämmung der oberen Geschossdecke bei un-
ausgebautem Dach oder die Dämmung der Kellerdecke bei verhältnismäßig geringen
Kosten leisten bereits einen erheblichen Beitrag zu Energieeinsparung und Behaglichkeit.

Nicht zum Objekt passende, nicht richtig geplante, oder nicht fachgerecht ausgeführte energetische Maßnahmen können einem Gebäude auch Schaden zufügen – dadurch sind sogar energetische Verschlechterungen oder eine Beeinträchtigung der Nutzungsqualität

möglich. Gerade vor diesem Hintergrund ist eine sorgfältige Beratung und Planung entscheidend für einen nachhaltigen Sanierungserfolg und die Erreichung der angestrebten Einsparziele.

Beispiele

Im Rahmen des Verbundprojektes wurden in Beeskow Gebäude untersucht, deren energetisches Sanierungsergebnis nach einer denkmalgerechten und behutsamen Sanierung nur ein Quentchen von den Anforderungen an eine Effizienzhaus-Förderung entfernt war. Den Eigentümern waren die Möglichkeiten der Inanspruchnahme einer Energieberatung nicht bekannt. So konnten KfW-Mittel als wichtiger Finanzierungsbaustein nicht genutzt werden.

Obwohl Baudenkmale seit dem 01.01.2009 bei Vermietung oder Verkauf einer Immobilie von der Energieausweispflicht ausgenommen sind, besitzen in Brandenburg an der Havel einige der untersuchten Gebäude einen Energieausweis. Bei dem kleinen Fachwerkseitenflügel Domlinden 15 kamen die bei der Erstellung des Energieausweises ermittelte Erkenntnisse unmittelbar der Entscheidung für eine denkmalgerechte und gleichzeitig energieeffiziente Sanierung zugute und führten am Ende sogar zu einer KfW-Effizienzhaus-Förderung (KfW-100).

Sehr anschaulich zeigt der »Leitfaden für die Gestaltung und energetische Sanierung von Fassaden« aus dem Aktive Zentren Gebiet Karl Marx Straße in Berlin-Neukölln sinnvolle



und baukulturell verträgliche Maßnahmen auf. Auch für die Mehrzahl der brandenburgischen historischen Stadtkerne gilt, dass es sich meist um gestaltete Fassaden handelt, bei der eine Dämmung der Straßenfassade nicht gewünscht ist. Durch Dämmung der Rückwand und weitere, gebäudeangepasste Maßnahmen lassen sich dennoch erhebliche Einsparungen erzielen, die Gebäude- und Stadtbildverträglich sind. Das A und O solcher Maßnahmen sind eine gute Planung und fehlerfreie Ausführung, aber auch die Berücksichtigung von Nutzungsanforderungen bei technischen Lösungen. Hier führt am qualifizierten Architekten kein Weg vorbei, der weitere Fachleute (wie Energieberater) einbezieht und die Qualität der Ausführung sorgfältig überwacht.

Die Broschüre »**Leitfaden für die Gestaltung und energetische Sanierung von Fassaden**« entwickelt für die [Aktion! Karl-Marx-Straße] stellt sehr anschaulich dar, welche energetischen Maßnahmen im Gebäudebestand möglich sind. Ein Link zum Abrufen des Leitfadens ist auf der Homepage der AG veröffentlicht.





4

Optimierung der Energieerzeugung und -verteilung

4. Optimierung der Energieerzeugung und -verteilung

Ziele:

Die Optimierung der vorhandenen Versorgungssysteme

Die Steigerung der Energieeffizienz durch eine optimierte Nutzung von Versorgungssystemen stellt ein erhebliches Potenzial für die historischen Stadtkerne dar. Wesentliche Voraussetzung für eine energieeffiziente Wärmeversorgung ist die Schaffung von gemeinschaftlichen bzw. grundstücksübergreifenden Lösungen. Die Erfahrung zeigt, dass größere Anlagen oftmals kostengünstiger zu betreiben sind als Einzelanlagen. Möglicherweise bietet sich auch der Anschluss an Systeme außerhalb des historischen Stadtkerns an.

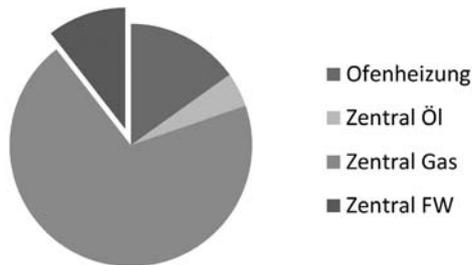
Zur Bewertung der Optimierungspotenziale der Versorgungssysteme ist zunächst der Bestand der technischen Infrastruktur und der Wärme- und Strombedarf im historischen Stadtkern zu ermitteln.

Nutzung von Erneuerbaren Energien

Eine enge Zusammenarbeit mit den Energieversorgern vor Ort ist Voraussetzung für eine solide Potenzialermittlung, bedarfsgerechte Maßnahmenplanung aber vor allem auch Umsetzung der Maßnahmen.

4.1 Bestandsaufnahme Netze und Versorgung

Auch bei der energiebezogenen Stadttechnik steht am Beginn aller Überlegungen eine qualifizierte Bestandsaufnahme. Hier ist eine Einbindung der entsprechenden Leitungsträger und Versorgungsunternehmen unabdingbar. Diese Unternehmen als Partner in Quartierskonzepte einzubinden kann für alle Beteiligten zu vorteilhaften Ergebnissen führen. Die technischen Kenntnisse und Anforderungen werden in die Konzeptentwicklung einbezogen, die Strategien und Auswirkungen auf die künftige Versorgung können gemeinsam bestimmt werden und rechtzeitig zukunftsfähige Entscheidungen getroffen werden, zum Beispiel der künftige Verzicht auf ein Gasnetz zugunsten einer Nahwärmeversorgung auf Grundlage von Kraft-Wärme-Kopplung und/oder Erneuerbaren Energien. Im Zuge der Konzeptentwicklung können aber auch für Energieversorger interessante neue Modelle entstehen, da auch die Vorstellungen und Investitionsabsichten der Eigentümer und Nutzer im Gebiet klarer zu Tage treten und gebündelt werden können. So lässt sich etwa der Anschlussgrad an ein Nahwärmenetz durch aktive Einbindung aller Partner in ein Quartierskonzept erhöhen.



4.2 Optimierung der vorhandenen Systeme

Neben Energiedienstleistern sind die privaten Eigentümer in die Planungen zur Optimierung der vorhandenen Versorgungssysteme von Beginn an einzubeziehen. Bestimmte Angaben können nur sie selbst machen, etwa zum Alter der Heizungsanlage und zu eigenen Erneuerungsabsichten.

In Städten, in denen ein Fern- oder Nahwärmenetz im oder am historischen Stadtkern bereits vorhanden ist, gilt es die Anschluss- bzw. Ausbaupotenziale im historischen Stadtkern zu überprüfen. Mit einem konsequenten Ausbau der Fern- oder Nahwärmeversorgung unter Einbeziehung regenerativer Energien als Biogas Kraft-Wärme-Kopplung lassen sich oftmals beträchtliche Einsparpotenziale erzielen.

Auch eine Überprüfung des Gasnetzes unter Einbeziehung von regenerativ hergestelltem Biogas oder Windgas kann eine interessante Option sein. Konkurrenzen und Synergien verschiedener Energieträger und -systeme sind dabei stets im Blick zu halten. Dies gilt nicht nur für einen kurz- und mittelfristigen Zeitraum, sondern auch im Hinblick auf die erforderlichen lokalen Weichenstellungen für die Erreichung der Klimaschutzziele 2050.



4.3 Innovative Versorgungslösungen im Verbund

Die verdichteten Stadtkerne bieten sich im besonderen Maße zur Realisierung von kostengünstigen und effizienten Verbundlösungen der Versorgung an.

Obwohl sich für die privaten Eigentümer durch innovative Verbundlösungen gegenüber der aktuellen konventionellen Versorgung erhebliche finanzielle Vorteile ergeben können, treten sie nur in Ausnahmefällen als Initiator solcher Projekte auf.

Für Eigentümer kommen Verbundlösungen daher nur dann in Frage, wenn sie technisch und ökonomisch gut vorbereitet als überzeugende Angebote vorliegen. Hier ergibt sich ein interessantes Geschäftsfeld für Stadtwerke und weitere innovative Akteure im Energiebereich.



Beispiel

Alte Heizungsanlagen sind häufig sehr robust und halten in der Wahrnehmung der Nutzer »ewig«. Ganz anders sieht es bei zeitgemäßen Heizungsanlagen wie Niedertemperaturkesseln oder Brennwertthermen aus. Seriöse Handwerker machen keinen Hehl daraus, dass solch eine Anlage eher in 15 als in 20 Jahren durch eine neue Anlage ersetzt werden muss. Dieser relativ überschaubare Zeitraum schafft Spielräume für die nächsten Erneuerungsphasen in energetischer Hinsicht. Wer heute eine neue Heizung einbaut, kann z.B. in 15 Jahren wieder ein Kandidat für einen deutlich energieeffizienteren Nahwärmanschluss sein.

Wenn eine solche Lösung auch hinsichtlich von Kosten und Finanzierung plausibel gemacht werden kann, dann bestehen aus den im Projekt gewonnenen Erfahrungen meist auch keinerlei Einwände gegen gemeinschaftliche, grundstücksübergreifende Lösungen.

4.4 Einsatz Erneuerbarer Energien

Der Einsatz Erneuerbarer Energien im Zusammenhang mit historischen Stadtkernen im ländlichen Raum bietet noch ein erhebliches Potenzial. Zahlreiche Städte verfügen inzwischen über Windparks in der Nähe, deren erzeugter Strom aufgrund gesetzlicher Regelungen ins Gesamtnetz eingespeist werden muss und nicht ohne weiteres für den lokalen Verbrauch erschlossen werden kann.

Der Einsatz von Biomasse/Biogas, der in ländlichen Regionen immer stärker verbreitet ist, kann »neben dem historischen Stadtkern« mit dem historischen Stadtkern verknüpft werden. Dazu können auch zahlreiche kommunal verfügbare Biomassepotenziale erschlossen werden, etwa ein oft erhebliches Aufkommen von Grünabfällen.

Im räumlichen Zusammenhang mit einem ländlich geprägten historischen Stadtkern ergeben sich für Biogasanlagen klare Synergien: Ein auf den tatsächlichen und künftigen Energiebedarf im Bestandsquartier abgestimmtes Biogaskonzept kann die Lage im ländlichen Raum zum energetischen Vorteil machen. Eine auf den Bedarf abgestimmte Anlagengröße hilft außerdem, Netzengpässe der überregionalen Verteilung zu vermeiden.



Beispiele

Die Studie »**Hochwertige Verwendung von MÄHGUT und LAUB im Land Berlin**« herausgegeben von der Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz gibt hilfreiche Informationen zu den Möglichkeiten der Biomassenutzung.



Der Ortsteil Feldheim der Stadt Treuenbrietzen verfügt über einen großen Windpark. Zur Versorgung des historischen Stadtkerns würde sich die Anbindung eines bestehenden Netzeinspeisepunktes des Energieerzeugers, der den lokal erzeugten Windstrom für das öffentliche Stromnetz verfügbar macht, anbieten. Somit wäre der lokal erzeugte Windstrom unmittelbar für den historischen Stadtkern verfügbar. Die Einspeisung wäre technisch über einen nahegelegenen Netzpunkt des Netzbetreibers möglich. Aktuell sprechen jedoch die energierechtlichen Regelungen des Energieeinspeisegesetzes (EEG) gegen die Umsetzung einer solchen Lösung.

In den meisten historischen Stadtkernen sind Gestaltungssatzungen, Regelungen in Bebauungsplänen oder Gestaltungsgrundsätze vorhanden, die die Nutzung erneuerbarer Energien im historischen Stadtkern ausschließen. Im Zuge der Erstellung energetischer Quartierskonzepte sollten diese Regelungen einer gründlichen Überprüfung unterzogen werden – auch im Hinblick auf aktuelle technologische Entwicklungen, die sich zum Teil besser in die Dachlandschaft einfügen oder zur Aufstellung auf Grundstücksfreiflächen geeignet sind.

4.5 Lösungen in einem größeren räumlichen Zusammenhang

Sofern die Stadt über zusammenhängende Bereiche verfügt, in denen die Gebäude und der Straßenraum noch nicht saniert sind, bietet sich eine räumlich weiter gefasste Erneuerung der Heizwärmeversorgung an. Diese Gesamtlösung der Quartiersentwicklung hat den Vorteil, dass sie besonders effizient und kostengünstig ausfällt. Straßensanierungsmaßnahmen können somit effizient mit der Optimierung von Versorgungslösungen gekoppelt werden. Eine solche Lösung ist stadtindividuell entsprechend der besonderen örtlichen Gegebenheiten zu entwickeln.

Auch bereits durchgeführte Sanierungsmaßnahmen im öffentlichen Raum sollten allerdings keine Denkblockade im Netzausbau erzeugen. Auch in solchen Fällen sind – allerdings verbunden mit höheren Kosten – strategisch sinnvolle Eingriffe in den Straßenraum denkbar.

Zur Lösungsfindung einer gemeinschaftlichen Wärmeversorgung im Quartier sind zunächst die Quartiersanforderungen zu analysieren. Hilfreich dafür ist eine Checkliste mit folgenden Aspekten:

- ✓ Ermittlung der Nutzung
- ✓ Ermittlung der Eigentümer
- ✓ Ermittlung der Nutzer

- ✓ Ermittlung laufender Versorgungsträger
- ✓ Feststellung des Sanierungsbedarfs
- ✓ Fördermöglichkeiten
- ✓ Besonderheiten
- ✓ Analyse der energetischen Anforderungen an die vorhandene bzw. zukünftige Nutzung

Beispiel

Für die Stadt Luckau stand bei der Entwicklung des Klosterquartiers im Vordergrund, eine einheitliche Lösung für die Wärmeversorgung unter Nutzung eines möglichst hohen Anteils an regenerativen Energien zu konzipieren. Im Ergebnis von Variantenuntersuchungen wurde die Nutzung der Geothermie als gemeinsame Lösung der Wärmeversorgung als effizienteste und vor allem wirtschaftlichste Variante herausgearbeitet.

Die Besonderheiten der Geothermie bei der Planung, Abstimmungserfordernisse und ein zeitlicher Ablauf sind im Bericht zum Verbundprojekt »Energieeffiziente historische Stadtkerne mit gestalterischem Anspruch« ausführlich dargestellt. Der Bericht ist abrufbar unter: www.ag-historische-stadtkerne.de





5

Beratung/Genehmigung/Vermittlung

Ziele:

Qualifizierung
aller Beteiligten

Förderung des
Bewusstseins für
die energetische
Stadterneuerung
in der
Bevölkerung

5. Beratung/Genehmigung/Vermittlung

Die Erfahrungen der Beteiligten aus 20 Jahren Stadterneuerung können zukünftig für energetische Themen nutzbar gemacht werden. Vor allem die eingespielten und bewährten Verfahrenswege der Stadterneuerung stellen einen entscheidenden Vorteil dar, um die historischen Stadtkerne energetisch fit zu machen.

Das Gelingen der energetischen Erneuerung der historischen Stadtkerne hängt ganz entscheidend von der Einbindung ausreichend qualifizierter Akteure und dem Bewusstsein für die Notwendigkeit energetischer Maßnahmen in der Bevölkerung ab.

Voraussetzung für eine qualifizierte Beratungstätigkeit und eine gute Öffentlichkeitsarbeit ist der erklärte Wille der Stadt, dass bei der energetischen Sanierung von Gebäuden und weiteren Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz im Quartier das Erscheinungsbild des historischen Stadtkerns mit seinen Baudenkmalen und seinem allgemein hohen baukulturellen Anspruch berücksichtigt wird.

5.1 Qualifizierte Beratung – mehr als Energieberatung

Beste Ergebnisse und größte Zufriedenheit bei allen Beteiligten lassen sich durch frühzeitige Beratungen und Abstimmungen zu Sanierungs- und Modernisierungsmaßnahmen erzielen. Dabei sind gleichermaßen Energieberatung, Denkmalschutz, Stadtplanung, Finanzierung und die persönlichen Ansprüche zu berücksichtigen.

In den meisten Fällen sind erste Ansprechpartner für potenzielle Bauherren die Stadtverwaltung und ihre Beauftragten, insbesondere das Bauamt und der Sanierungsbeauftragte oder -träger. Im Zuge des Verbundprojektes hat sich herausgestellt, dass auch auf diesen Ebenen erweiterte Kenntnisse und Zusammenhangswissen erforderlich sind, um eine Erstberatung mit der erforderlichen Qualität durchführen zu können. Sicherlich können weder Bauamt noch Sanierungsträger die Aufgaben von Architekten und qualifizierten Energieberatern übernehmen, sie können aber die notwendigen Abläufe erläutern und auf die Einbindung qualifizierter Experten hinweisen. Dazu ist mindestens ein grundsätzliches Wissen über Anforderungen und Möglichkeiten der Energieeffizienz im Gebäude und Quartier sowie der entsprechenden Fördermöglichkeiten notwendig.

Durch energetische Fachberatung kann die Qualität des Planungs- und Umsetzungsprozesses weiter gefördert werden und zukünftig die optimale Nutzung von Fördergeldern durch alle Beteiligten sichergestellt werden. Hier können die Mitarbeiter und Beauftragten der Stadtverwaltung vor allem koordinierende Funktionen wahrnehmen und eine



Energieberatung im historischen Gebäudebestand

Qualifizierung der ortsansässigen Architekten und Energieberater aber auch des qualifizierten lokale und regionale Handwerks einfordern und unterstützen.

Die Beratung der Eigentümer von historischen Gebäuden erfordert ein spezielles Wissen um die Auswirkungen moderner Technik und Technologien auf historische Bausubstanz und ihre sachgerechte Anwendung. Um Planer, Architekten, Energieberater und Handwerker auf diese Anforderungen vorzubereiten, ist es notwendig, diese entsprechend zu qualifizieren. Gerade im Bereich der energetischen Gebäudesanierung ist eine gute, fundierte und überzeugende Beratung das A und O. Vorhandene Aus-, Fort- und Weiterbildungsangebote zur qualifizierten Energieberatung historischer Gebäude sind zu nutzen, um regionale bzw. lokale Fachkompetenzen für die Aufgaben der energetischen Stadterneuerung aufzubauen.

Verbraucherzentralen beraten kompetent und unabhängig zu Energieeinsparung und zum Einsatz Erneuerbarer Energie bei privaten Wohngebäuden. Entsprechende Anlaufstellen und Ansprechpartner sollten durch die Stadt für private Eigentümer bekannt gemacht werden. Dies könnte zum einen auf der Internetseite der Stadt veröffentlicht werden. Denkbar ist auch die Erstellung eines Flyers mit wichtigen Adressen und Ansprechpartner rund um das Thema Energieberatung/Energetische Sanierung.

5.2 Erfolgreiche Genehmigung für den Einzelfall

In der denkmalpflegerischen Praxis ist eine intensive Beschäftigung mit jedem einzelnen Gebäude selbstverständlich. Gerade deswegen können selbst bei Denkmälern im Zuge von Instandsetzungs- und Modernisierungsmaßnahmen mit denkmalgerechten Maßnahmen beträchtliche Verbesserungen des energetischen Zustands realisiert werden.

Nahezu jedes Gebäude im historischen Stadtkern ist so unterschiedlich und einzigartig wie die Ansprüche, Vorstellungen und Möglichkeiten ihrer bauwilligen Eigentümer. Dementsprechend ist die Beurteilung der energetischen Sanierung stets auf den Einzelfall zugeschnitten. Das Denkmalschutzrecht und das Energiefachrecht bieten bei denkmalgeschützten Gebäuden und Ensembles sowie bei besonders erhaltenswerter Bausubstanz genügend Spielräume für Lösungen zum Erhalt der Substanz.

Die hohen gestalterischen und denkmalpflegerischen Ansprüche ebenso wie die entsprechenden Genehmigungen erfahren bei den Bauherren dann eine hohe Akzeptanz, wenn sie aus einer konsequenten und nachvollziehbaren Anwendungspraxis von Stadt und Denkmalschutzbehörden resultieren.

Beispiel

In Brandenburg an der Havel wurden gute Erfahrungen mit der Genehmigung von energetischen Sanierungsmaßnahmen, die gleichzeitig die baukulturellen Ansprüche berücksichtigen, gemacht. Der Erhalt der historischen Bausubstanz ist von den Eigentümern dauerhaft nur akzeptiert und durchsetzbar, wenn die Gebäude zeitgemäß nutzbar und die Wirtschaftlichkeit aller Maßnahmen gegeben ist.

Neustädtische
Heidestraße 68-69,
Rückfassade mit
Außendämmung
und Balkonen



5.3 Akzeptanz bei der Bevölkerung

Eine wichtige Voraussetzung für die Akzeptanz energetischer Maßnahmen ist eine erfolgreiche Öffentlichkeitsarbeit. Vorhaben der Energieeinsparung hängen insbesondere von der Mitwirkung der Bürger ab. Auch kleinere Maßnahmen können in der Summe einen erheblichen Beitrag zum Gelingen der energetischen Optimierung der historischen Stadtkerne leisten.

Nicht nur bei privaten Bauherren, sondern in der gesamten Bevölkerung, sind das Bewusstsein und die Akzeptanz einer klimagerechten Stadtentwicklung, die gleichzeitig das Erscheinungsbild erhält, zu fördern.

Wiederkehrende Informationen, öffentliche Bekenntnisse durch Politik und Verwaltung, entsprechendes Bürgerengagement und nicht zuletzt gute Beispiele im Gebäude- und Infrastrukturbestand leisten hierzu einen wichtigen Beitrag.

Durch die Darstellung von besonders vorbildlichen Maßnahmen nimmt die Stadt ihre Vorbildfunktion gegenüber den Bürgern wahr. Auf den Internetseiten der Stadt, in der regionalen Presse sowie bei thematisch passenden Veranstaltungen sollte über die Themen Energetische Stadterneuerung und Klimaschutz regelmäßig informiert werden. Wichtig ist eine verständliche und bürgernahe Darstellung des Prozesses.





Förderung und Finanzierung

6

6. Förderung und Finanzierung

Die energetische Optimierung und Erneuerung der historischen Stadtkerne kann nicht ausschließlich mit Mitteln der Städtebauförderung finanziert werden. In der zukünftigen Stadterneuerungspraxis ist stärker als zuvor auf die Einbeziehung von Fördermitteln außerhalb der Städtebauförderung abzielen.

Hier bietet vor allem die KfW sowohl für Kommunen als auch für private ein umfangreiches Förderangebot.

Umfassende Informationen zum energieeffizienten Bauen und Sanieren hält die Seite www.kfw.de/energiesparen bereit. Sie bietet Hilfe bei der Projektplanung und verdeutlicht anhand einer Grafik, welche energetischen Sanierungsmaßnahmen die KfW fördert.

Ziel:

Zur Unterstützung von Maßnahmen zur Optimierung der Energieeffizienz sollen gezielt Finanzierungs- und Förderungsprogramme genutzt werden

6.1 Das KfW-Förderprogramm »Energetische Stadtsanierung«

Mit ihrem Zuschussprogramm »Energetische Stadtsanierung« (432) setzt die KfW-Förderbankbank auf die Verbesserung der Energieeffizienz und die Energieeinsparung im gesamten Stadtquartier. Nicht mehr nur die Betrachtung des Gebäudebestandes oder des einzelnen Gebäudes steht im Fokus. Auch die Wechselwirkungen energetischer Maßnahmen – etwa zwischen dem Grad der Gebäudesanierung und daraus resultierender Anpassungserfordernisse in der Wärme- und Stromversorgung – werden berücksichtigt.

Gefördert werden Sach- und Personalkosten für die Erstellung des integrierten Quartierskonzeptes mit bis zu 65 %. Das Quartierskonzept sollte in der Regel innerhalb eines Jahres ab Auftragserteilung fertiggestellt und abgenommen werden.

In der Regel wird im Anschluss an die Konzepterstellung für zwei Jahre ab Antrag bei der KfW ein Sanierungsmanager, der die Umsetzung des Quartierskonzeptes begleitet und koordiniert, bezuschusst. Das Sanierungsmanagement ist nicht zwingend nach der Konzepterstellung anzuordnen. Es kann auch parallel laufen. Der Förderhöchstbetrag liegt bei 120.000 € je Quartier.

Die Kombination mit anderen Fördermitteln ist grundsätzlich möglich. In den historischen Stadtkernen bietet sich die Kombination mit Städtebaufördermitteln an. Bis zu 20% des Eigenanteils von 35% können aus Mitteln der Städtebauförderung finanziert werden.

Die restlichen 15% trägt die Stadt selbst. Sie kann sich diesen Anteil aber auch von Dritten finanzieren lassen.

Beispiel

In der Stadt Finsterwalde und anderen brandenburgischen Kommunen wird ein Teil des kommunalen Eigenanteils von den Stadtwerken finanziert. Die Stadtwerke sind gleichzeitig als Projektpartner in die Erarbeitung des »Energetischen Quartierskonzeptes« eingebunden. Damit ergeben sich sowohl für die Stadtentwicklung als auch für die Entwicklung der Stadtwerke gute Synergieeffekte.



6.2 Das KfW-Förderprogramm »Effizienzhaus Denkmal«

Eingetragene Baudenkmale und erhaltenswerte historische Gebäude stellen besondere Anforderung an die energetische Sanierung.

Mit dem Förderstandard »KfW-Effizienzhaus Denkmal« wird eine Förderung für denkmalgeschützte und besonders erhaltenswerte Bausubstanz gewährt. Erstmals wird damit den besonderen Anforderungen dieses Gebäudebestandes Rechnung getragen. Der Einsatz von Fördermitteln ist bei dieser Substanz nicht auf ein energetisches Maximum gerichtet, sondern auf ein Gebäude- und bauteilbezogenes Optimum, das die denkmalpflegerischen und baukulturellen Anforderungen berücksichtigt. Die Förderkonditionen entsprechen denen des Energieeffizienzhauses 115, wobei die energetischen Anforderungen an die Gebäudehülle hier weniger hoch gesteckt sind. Darüber hinaus gibt es keine festen Bauteilanforderungen etwa bezogen auf eine zwingende Außenwanddämmung, wie in anderen KfW-Programmen.

Während die Definition von Denkmal eindeutig ist und der Gesetzgebung der Länder folgt, ist der Begriff der sonstigen besonders erhaltenswerten Bausubstanz rechtlich unbestimmt. Ob ein Gebäude zur örtlichen besonders erhaltenswerten Bausubstanz zählt, entscheidet jede Kommune selbst. Damit wird der Kommune ein besonderer Gestaltungsspielraum gewährt. Um Kommunen bei der Einordnung der Gebäude zu unterstützen, hat die KfW Kriterien für besonders erhaltenswerte Bausubstanz aufgestellt.

Ein Link zum Abrufen des Kriterienkataloges ist auf der Homepage der AG veröffentlicht.

Gefördert werden die Maßnahmen zur energetischen Sanierung, die zum Erreichen der Anforderungen an das »KfW-Effizienzhaus Denkmal« erforderlich sind (Komplettsanierung), aber auch Einzelmaßnahmen.

Wesentliche Voraussetzung, um in den Genuss einer solchen Förderung zu kommen, ist die Einbeziehung eines »Energieberaters für Baudenkmale«, der die Maßnahmen beurteilt und begleitet. Dies gilt nicht nur für dieses Programm, sondern auch für andere KfW-Programme bei denkmalgeschützten Gebäuden oder sonstiger erhaltenswerter Bausubstanz. Entsprechend zertifizierte Experten sind in der Liste www.energieeffizienz-experten.de aufgeführt.

Beispiel

Im Zusammenhang mit dem AG-Verbundprojekt ist ein kleiner Leitfaden zum Programm KfW-Effizienzhaus Denkmal entstanden. Dieser steht auf den Internetseiten der Arbeitsgemeinschaft zum Download bereit.



6.3 Förderung kommunaler und sozialer Infrastruktur

Vorausschauende Investitionen sind für den öffentlichen Haushalt ein zentrales Ziel. Hierbei spielen vor allem die energetischen Sanierungsmaßnahmen an kommunalen Gebäuden eine wichtige Rolle. Viele kommunale Gebäude können erhebliche Energie- und Heizkosten sparen.

Mit dem KfW-Förderprogramm »Energieeffizient Sanieren – Kommunen« (218) werden Einzelmaßnahmen oder Komplettsanierungen von Rathäusern, Verwaltungsbauten, Museen, Schulen, Kindertagesstätten, Schwimmbädern etc. zum KfW-Effizienzhaus 85 oder 100. Die Gebäude müssen vor dem 01. Januar 1995 fertig gestellt worden sein.

Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien werden auch von der BAFA gefördert. Weitere Informationen hierzu unter: www.bafa.de

Einzelmaßnahmen oder Komplettsanierungen der sozialen Infrastruktur (Pflegeheime, Krankenhäuser, Kindergärten, Vereinsgebäude etc.) werden im Rahmen des KfW-Förderprogramms »Sozial Investieren – Energetische Gebäudesanierung« (157) gefördert.

6.4 KfW-Förderung für private Eigentümer

Die zinsgünstigen und mit Tilgungszuschüssen verbundenen KfW-Kredite stellen seit vielen Jahren für private Eigentümer erhebliche Anreize für wärmetechnische Verbesserungen dar und sind nicht selten sogar ausschlaggebend für die Absicht zur Umsetzung energetischer Maßnahmen.

Die Programme »Energieeffizient Sanieren« (151, 152, 430) fördern Eigentümer von selbst genutztem oder vermietetem Wohnraum, Wohnungseigentümergeinschaften sowie Käufer von neu sanierten Gebäuden und Wohnungen.

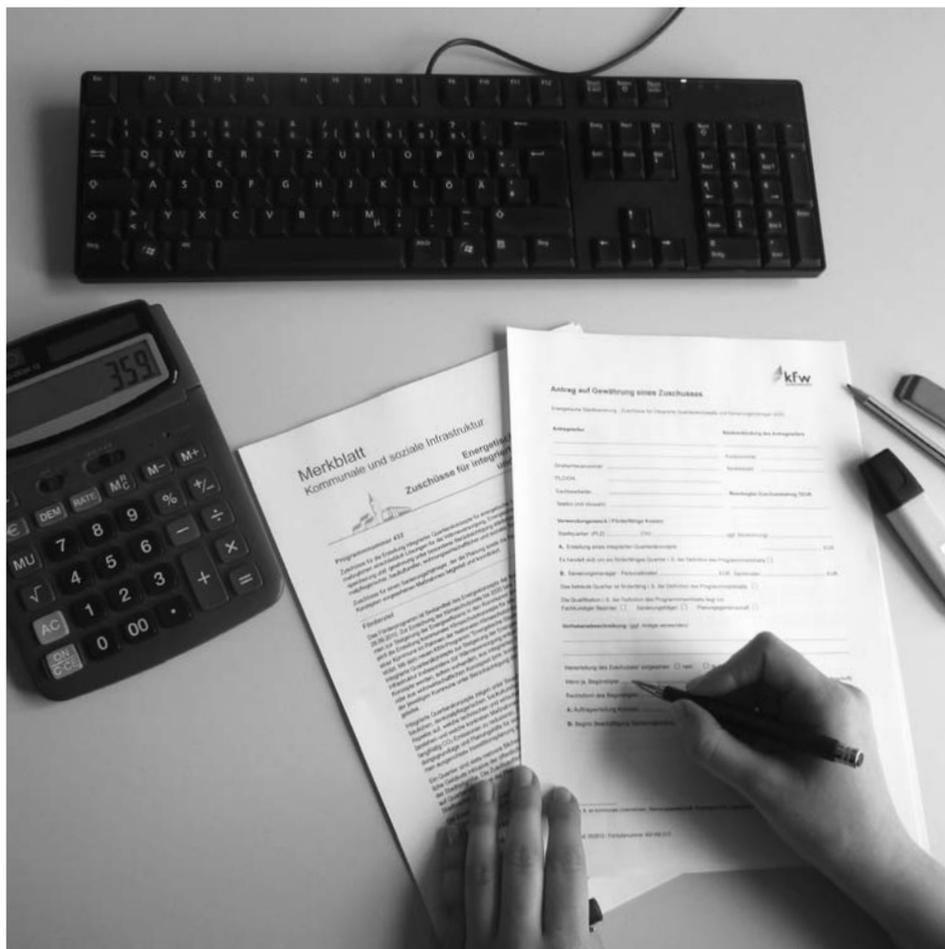
Das Programm 151 ist auch geeignet bei der Sanierung von Denkmälern oder besonders erhaltenswerter Bausubstanz. Für ausführliche Informationen siehe Kapitel 6.3 dieses Handbuchs.

Gefördert werden Kosten für energetische Einzelmaßnahmen, die den technischen Mindestanforderungen entsprechen oder Komplettsanierungen zum KfW-Effizienzhaus 115, 100, 85, 70 und 55.

Es werden je nach Programm bis zu 15.000 € als Investitionszuschuss oder 75.000 € pro Wohneinheit als zinsgünstiges Darlehen gewährt.

Wer das Programm »Energieeffizient Sanieren« nutzt, kann zusätzlich für eine qualifizierte Baubegleitung einen Zuschuss von 50% der Beratungskosten, maximal 4.000 € pro Antragsteller und Vorhaben, erhalten. (KfW-Programm 431)

Und wer bei der Sanierung gleichzeitig für später vorsorgen will, kann Maßnahmen zur Reduzierung von Wohnbarrieren ebenfalls mit bis zu 50.000 € finanzieren. (KfW-Programm 159)



6.5 Förderung Kommunalen und Regionaler Energiekonzepte

Das Land Brandenburg fördert im Rahmen des RENplus-Programmes des Ministeriums für Wirtschaft und Europaangelegenheiten Brandenburg Kommunen bei der Erarbeitung von Energiekonzepten.

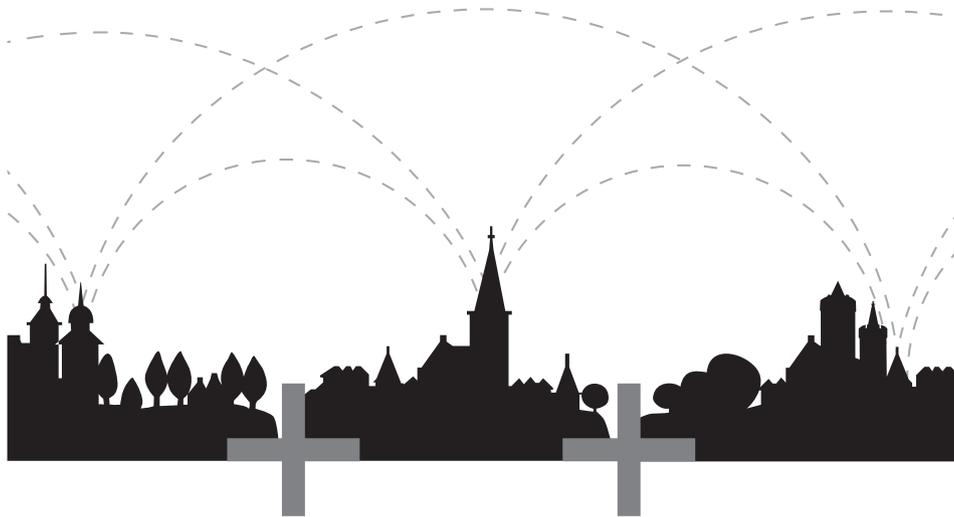
Im Rahmen der gültigen Richtlinie können kommunale Energiekonzepte mit bis zu 75 % der zuwendungsfähigen Ausgaben gefördert werden. Der Förderhöchstbetrag je Konzept beträgt jedoch grundsätzlich 100.000 €.

Aufgrund der Vielzahl der Gemeinden in Brandenburg wird die Förderung auf zunächst 30 kommunale Energiekonzepte pro Jahr begrenzt. Eine Antragstellung ist seit dem 01.03.2011 möglich.

Die Gemeinden haben vor Antragstellung mit der jeweiligen Regionalen Planungsgemeinschaft ihre Absicht und den Inhalt des vorgesehenen kommunalen Energiekonzeptes mitzuteilen und sie während der Bearbeitung in ausreichendem Umfang über Ziele und wesentliche Zwischenergebnisse zu informieren.

Ein gesonderter Leitfaden enthält Basisinhalte von förderfähigen Regionalen Energiekonzepten. Dieser ist auf der Internetseite der InvestitionsBank des Landes Brandenburg (ILB) abrufbar. www.ilb.de

Der Hinweis zur Mindesteinwohnerzahl von 10.000 Einwohnern im Leitfaden zur Erstellung kommunaler Energiekonzepte stellt keine verbindliche Grenze dar. Auch kleinere Gemeinden können unter Begründung des besonderen Nutzens eines gesamtstädtischen Energiekonzeptes für ihre Gemeindeentwicklung eine Förderung aus dem RENplus-Programm erhalten. Hierbei kommt es auf die konkrete Ausgestaltung des Konzeptes an, insbesondere die Verbindung mit Maßnahmen im Bereich der Erneuerbaren Energien.



6.6 Städtebaulicher Denkmalschutz – Berücksichtigung energetischer Anforderungen

An verschiedenen Stellen der aktuellen Städtebauförderrichtlinie des Landes Brandenburg spielt die Berücksichtigung energetischer Aspekte bei der Umsetzung der Stadterneuerung bereits eine Rolle. Dies gilt für die Neuaufnahme von Fördergebieten in Städtebauförderprogramme, aber auch für in Umsetzung befindliche Programmgebiete. Bezüglich der Gebäudesanierung formuliert die Städtebauförderrichtlinie: »Der energetischen Erneuerung von Gebäuden ist im Rahmen der Förderkriterien besonders Rechnung zu tragen. Erforderlich ist die Durchführung einer energetischen Plausibilitätskontrolle im Abgleich zwischen vorhandenem Wärmeschutzstandard bzw. der derzeitigen Energieversorgung und möglichen Alternativen. Mit den baulichen Maßnahmen müssen erhebliche Energieeinsparungen und Reduzierungen der CO₂-Emissionen erreicht werden, die durch einen Energiebedarfsausweis nachzuweisen sind. Die Gemeinden sollen in geeigneten Fällen bauliche Maßnahmen vorrangig fördern, die eine hohe Energieeffizienz aufweisen (z.B. die Werte der jeweils geltenden Energieeinsparverordnung unterschreiten) und/oder bei deren Bau beziehungsweise bei der Energieversorgung nachwachsende Rohstoffe bzw. erneuerbare Energien eingesetzt werden.«

In den Programmgebieten des Städtebaulichen Denkmalschutzes besitzen die denkmalpflegerischen und baukulturellen Aspekte ebenfalls ein starkes Gewicht. Energetische Anforderungen sind mit diesen Aspekten in Übereinstimmung zu bringen. Insofern ist die Aufstellung von Quartierskonzepten zur energetischen Stadtsanierung auch in diesen

Zusammenhang einzuordnen. Insbesondere für die Deckung des kommunalen Miteleistungsanteils für KfW-Quartierskonzepte können daher Mittel des Städtebaulichen Denkmalschutzes verwendet werden (siehe Kapitel 6.1).

Denkmalschutz und Energieeffizienz schließen sich nicht aus

Dr. Ruth Klawun

Die Arbeitsgemeinschaft »Städte mit historischen Stadtkernen« des Landes Brandenburg hat bereits früh erkannt, dass die energetische Optimierung von einzelnen Gebäuden in einem städtebaulichen Denkmal aufgrund der Erhaltung der historischen Substanz und des Erscheinungsbildes häufig problematisch ist. Zum Schutz des kulturellen Erbes unserer Städte sind daher besonders quartiersbezogene Konzepte zur Einsparung von Energie zu entwickeln, die sich nicht auf die Substanz der Gebäude auswirken, sondern übergreifend umgesetzt werden.

Daher wurden im Rahmen des Verbundprojektes »Energieeffiziente historische Stadtkerne mit gestalterischem Anspruch« verschiedene kommunale Aktivitäten der Mitgliedsstädte der AG untersucht und analysiert und in fünf Referenzstädten gezielt bearbeitet.

Die einzelnen Sonderprojekte wurden vom Brandenburgischen Landesamt für Denkmalpflege und Archäologischen Landesmuseum fachlich begleitet. Sie zeigen in vielfältiger Weise wie die Energieeinsparung in städtebaulichen Denkmälern sinnvoll verbessert werden kann, und trotzdem die Substanz und die Qualität des Erscheinungsbildes bewahrt werden.

Auch der weiterführende Untersuchungsbedarf wurde deutlich. Der hohe Bedarf an qualitativvoller Beratung zeigte sich hierbei sehr deutlich, ebenso die Notwendigkeit einer engen Zusammenarbeit mit den zuständigen Denkmalbehörden.

Wir freuen uns, dass mit dieser Broschüre Anregungen vermittelt werden können, wie die Einsparung des Energieverbrauches mit der Erhaltung der Bausubstanz und dem Schutz der städtebaulichen Qualität zu verbinden ist. Eine Fortführung des Projektes halten wir für sinnvoll.



Dr. Ruth Klawun

Referatsleiterin im
Brandenburgischen
Landesamt für
Denkmalpflege und
Archäologischen
Landesmuseum

Quellen:

Bildnachweis

Fotografien und Grafiken: complan Kommunlaboratur GmbH, Potsdam
– mit Ausnahme der Abbildungen auf den nachstehenden Seiten:

Seite 26 / Grafik: Energie Institut Bremen auf Grundlage von Angaben der Stadtwerke Göttingen;

Seite 31 / Foto, mittig: Diana Hasler, Sachverständige für Energieeffizienz von Gebäuden;

Seite 31 / Foto, unten: Braunschweig. architekten;

Seite 35 / Foto, mittig: Marita Klemnow, Büro für Baubiologie und Energieberatung;

Seite 42 / Foto, mittig und unten: Bauplanung Bautzen GmbH;

Seite 46 / Foto, oben: Diana Hasler, Sachverständige für Energieeffizienz von Gebäuden;

Seite 55 / Foto, unten: Marita Klemnow, Büro für Baubiologie und Energieberatung.

Impressum

Dieses Handbuch entstand im Rahmen des Verbundprojektes »Energieeffiziente historische Stadtkerne mit gestalterischem Anspruch«.

Herausgeber:	Arbeitsgemeinschaft »Städte mit historischen Stadtkernen« des Landes Brandenburg Geschäftsstelle c/o complan Kommunalberatung Voltaireweg 4, 14469 Potsdam
Konzept und Inhalt:	complan Kommunalberatung GmbH, Potsdam
Gestaltung:	Schneeundzucker®, Berlin
Fotos und Grafiken:	complan Kommunalberatung GmbH, Potsdam
Auflage:	1.000
Druck:	Druckerei Arnold, Großbeeren

Angaben zu Fördermöglichkeiten mit Stand September 2012 – die Arbeitsgemeinschaft übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit der Angaben.

Auf der Homepage der Arbeitsgemeinschaft ist eine Liste mit allen Links zum Weiterlesen veröffentlicht.



Bundesministerium
für Verkehr, Bau
und Stadtentwicklung

Pilotstudie

zum Modellprojekt des Sächsischen Staatsministeriums des Innern:

Energetische Sanierung von Baudenkmalen

Pilotstudie

zum Modellprojekt des Sächsischen Staatsministeriums des Innern:

Energetische Sanierung von Baudenkmalen

John Grunewald, Thomas Will

Mitarbeit: Martin Pohl

2. korrigierte Aufl., Dresden, November 2010

1 Inhalt

2	Vorwort.....	7
3	Zusammenfassung	9
3.1	Aufgabenstellung und Methodik.....	9
3.2	Ergebnisse anhand der Fallgruppen.....	12
3.3	Zusammenfassende Schlussfolgerungen.....	22
4	Grundlagen.....	25
4.1	Hintergrund.....	25
4.2	Problemlage am denkmalgeschützten Wohnbaubestand	28
4.2.1	Energetische Anforderungen und Energiepreisentwicklung	28
4.2.2	Leerstand im Wohnungsbestand und Auswirkungen auf Baudenkmale... ..	29
4.3	Aufgabenstellung und Ziel	31
4.4	Arbeitsgrundlagen.....	31
4.4.1	Auswertung kooperativer Aktivitäten	31
4.4.2	Literaturrecherche	32
4.4.3	Arbeitskonzept, Arbeitsplan und Zwischenbericht	32
5	Methodik.....	35
5.1	Bewertungsmatrix	35
5.2	Methodik und Randbedingungen der bauklimatischen Modellierung.....	37
5.2.1	Gebäudesimulation als Werkzeug	37
5.2.2	Gebäudemodelle und Zonierung	38
5.2.3	Nutzungsprofile	39
5.2.4	Materialkennwerte und Baukonstruktionen	41
5.2.5	Gebäudetechnik und Energieträger	42
5.2.6	Klimadaten und Standort	45
5.2.7	Kalibrierung des Gebäudemodells	46
5.3	Beurteilung der Denkmalverträglichkeit.....	47
5.4	Baukonstruktive Beurteilung.....	50

6	Fallgruppen und Fallbeispiele.....	51
6.1	Festlegung von Fallgruppen	51
6.2	Sammlung und Einordnung von Fallbeispielen.....	53
6.3	Beschreibung der Fallbeispiele.....	54
6.3.1	Fallgruppe A.1 – Wohnstallhäuser (18./19.Jh.)	54
6.3.2	Fallgruppe A.2 – Freistehende Mietshäuser (1850-1900).....	57
6.3.3	Fallgruppe B.2 – Siedlungsbauten (1920-1950)	59
6.3.4	Fallgruppe C.1 – Mehrgeschossige Reihenwohnhäuser (19.Jh.-1870)	61
6.3.5	Fallgruppe C.2 – Mehrgeschossige Reihenwohnhäuser (1870-1920)	63
6.3.6	Weitere Fallbeispiele	66
7	Umfrage zu Erfahrungen bei realisierten Sanierungen	67
7.1	Ziel der Umfrage	67
7.2	Durchführung.....	67
7.3	Ergebnis der Umfrage	68
8	Bewertungskriterien.....	69
8.1	Ökologische Verträglichkeit	70
8.1.1	Einsparpotenzial Primärenergie	70
8.1.2	CO ₂ -Bilanz und Ressourcenverbrauch.....	72
8.2	Betriebskosten für den Energiebezug	72
8.3	Technische Qualität	74
8.3.1	Behaglichkeit	74
8.3.2	Werthaltigkeit	77
8.3.3	Schadensrisiko	77
8.4	Funktionale Qualität.....	78
8.5	Denkmalverträglichkeit	79
8.5.1	Substanz	79
8.5.2	Erscheinungsbild	80
8.5.3	Reversibilität.....	80

9	Maßnahmen und Bewertungen	81
9.1	Generelle Grundannahmen, Herangehensweise	81
9.2	Ausgangsvariante (Variante 0)	83
9.3	Dämmung Kellerdecke bzw. Bodenplatte (Variante 1)	84
9.4	Dämmung der oberen Geschossdecke (Variante 2)	85
9.5	Dämmung des Daches (Variante 3)	85
9.5.1	Dämmung des Daches mit Zwischensparrendämmung (Variante 3a)	86
9.5.2	Dämmung des Daches mittels Aufsparrendämmung (Variante 3b)	87
9.6	Dämmung der Außenwände (Variante 4)	87
9.6.1	Dämmung der Außenwände mit WDVS (Variante 4a+b)	87
9.6.2	Dämmung der Außenwände hinter Verschalung (Variante 4c+d)	89
9.6.3	Außenwand Außendämmung mit Wärmedämmputz (Variante 4e+f)	89
9.6.4	Innendämmung der Außenwände (Variante 4g)	90
9.7	Gebäude abdichten, Infiltration reduzieren (Variante 5)	91
9.7.1	Infiltrations-Luftwechsel von 0,5 auf 0,3/h reduzieren (Variante 5a).....	91
9.7.2	Austausch von Fenstern und Türen, inkl. Abdichtung (Variante 5b+c)	92
9.7.3	Einbau einer zusätzlichen Fensterebene (Variante 5d+e).....	92
9.7.4	Mechanische Lüftung mit WRG (Variante 5f)	93
9.8	Verringerung der Anlagenverluste (Variante 6)	94
9.9	Kombination von Einsparmaßnahmen	94
9.10	Einsatz erneuerbarer Energien.....	96
9.10.1	Thermische Solaranlagen (Variante 7a+b)	97
9.10.2	Photovoltaik-Anlagen (Variante 8a+b)	98
9.10.3	Nah-/Fernwärme aus Groß-KWK (Variante 9)	100
9.10.4	Anlagen zur Nutzung von Umweltwärme (Variante 10).....	101
9.11	Zusammenfassender Vergleich der Maßnahmen.....	104
10	Diskussion und Vergleich.....	105
10.1	Zusammenführung der Gebäudedaten u. Kennwerte, Typisierung.....	105
10.2	Zusammenstellung der Ergebnisse in der Bewertungsmatrix.....	106
10.3	Bilanz und Ausblick	119

11	Projektbeteiligte	121
11.1	Projektbearbeitung	121
11.2	Kolloquium Beurteilung des Schadensrisikos.....	121
11.3	Denkmalbehörden	121
11.4	Hauseigentümer, Verwalter, Planer.....	122
12	Quellen.....	123
12.1	Literatur	123
12.2	Internetquellen	126
13	Anhang	127
13.1	Anhang 1 – Objektliste	127
13.2	Anhang 2 – Gebäudesteckbriefe	127
13.3	Anhang 3 – Gebäudekenndaten	127
13.4	Anhang 4 – Denkmalbegründungen	127
13.5	Anhang 5 – Fotodokumentationen	127

2 Vorwort

Das Modellprojekt „Energetische Sanierung von Baudenkmalern“ ist eine Maßnahme für den Sektor „Gebäude und Haushalte“ im Kapitel „Klimaschutz und Energie“ des Aktionsplanes „Klima und Energie“ des Freistaates Sachsen vom 17. Juni 2008.

Im Rahmen dieses Modellprojektes beauftragte das Sächsische Staatsministerium des Innern zwei Professuren an der Technischen Universität Dresden, die Professur für Bauphysik sowie die Professur für Denkmalpflege und Entwerfen mit der Durchführung eines Pilotprojektes. Darin sollten beispielhaft energieeinsparende Maßnahmen an denkmalgeschützten Wohnbauten in Sachsen nach energetischen, bauklimatischen und konstruktiven Gesichtspunkten untersucht, zum anderen einer Beurteilung ihrer Denkmalverträglichkeit unterzogen werden. Die Bearbeitung erfolgte von November 2009 bis Mai 2010. Die hier vorgelegten Ergebnisse der Studie sollen im Rahmen eines vom Staatsministerium geplanten Leitfadens zur Beurteilung solcher Maßnahmen im denkmalgeschützten Gebäudebestand Verwendung finden.

Für fachliche Beratung, Unterstützung und Auskünfte bei der Projektbearbeitung danken wir den Mitarbeitern, Planern, Fachkollegen und Denkmaleigentümern, die in Kapitel 11 genannt sind. Unser besonderer Dank gilt Herrn Dr. Ralf-Peter Pinkwart vom Landesamt für Denkmalpflege Sachsen.

Dem Sächsischen Ministerium des Innern als Auftraggeber, insbesondere der Referatsleiterin Frau Anita Eichhorn, Referat Denkmalpflege und Denkmalschutz, danken wir für die Möglichkeit zur Bearbeitung dieser Studie. Wir hoffen, dass sie ihren Zweck erfüllen und zur sachgerechten Berücksichtigung der Kulturdenkmale bei der energetischen Sanierung des Wohnungsbestandes in Sachsen beitragen kann.

Prof. Dr.-Ing. John Grunewald Prof. Thomas Will

Professur für Bauphysik Professur für Denkmalpflege und Entwerfen

November 2010

3 Zusammenfassung

3.1 Aufgabenstellung und Methodik

Aufgabe dieser Pilotstudie war es, Maßnahmen zur Steigerung der baulichen Energieeffizienz daraufhin zu untersuchen, ob bzw. inwieweit sie für die Gruppe der denkmalgeschützten Wohnbauten in Frage kommen.

Bekanntermaßen müssen viele der bislang verfügbaren energetischen Ertüchtigungsmaßnahmen für den historischen Baubestand als problematisch eingestuft werden, vor allem in ästhetischer, aber auch in baukonstruktiver Hinsicht. Die Studie hatte deshalb zwei Schwerpunkte:

- einerseits die Beurteilung des **energetischen Einsparpotenzials** am Gebäude, dargestellt als prozentualer Beitrag zur Kostensenkung der Energiebezugskosten (Betriebskosten),
- andererseits die Beurteilung der **Denkmalverträglichkeit** dieser Maßnahmen, dargestellt anhand der Kriterien
 - *Verlust an historischer Bausubstanz,*
 - *Beeinträchtigung des Erscheinungsbildes und*
 - *Reversibilität der Maßnahme.*

Die Ergebnisse wurden einander gegenübergestellt, um das Für und Wider anschaulich aufzuzeigen und die Formulierung von Leitlinien für den Abwägungsprozess im Einzelfall zu ermöglichen.

Dieser Abwägungsprozess erfordert die Berücksichtigung weiterer Kriterien. Neben den schon genannten sind hier – im Sinne der Nachhaltigkeitsfelder des ökologischen, des ökonomischen und des sozialen/kulturellen Kapitals – Fragen der Gesamtenergiebilanz, des Ressourcenverbrauchs, der bautechnischen Verträglichkeit (Behaglichkeit, Werthaltigkeit, Schadensrisiko) und des Gebrauchswertes relevant. Diese Aspekte wurden in die Studie methodisch einbezogen, auch wenn sie nicht alle gleichermaßen zu beantworten sind. Insbesondere konnte die Untersuchung nur für den laufenden Energieverbrauch durchgeführt werden, nicht aber für die – energiepolitisch wichtigere – CO₂-Gesamtbilanz, die auch den Energieverbrauch für Baustoffe, Verkehr, Infrastruktur und Entsorgung umfasst. Solange diese externen Faktoren nicht einbezogen werden, greifen allgemeine Aussagen hinsichtlich der energetischen Bilanz des historischen Baubestands zu kurz. Sie können wohnungswirtschaftlich berechtigt sein, für das politische Ziel der Ressourceneinsparung sind sie aber nur von begrenztem Wert.

Die Aufgabe gehört ihrer Natur nach in den Bereich großer kultureller und technischer Transformationsprozesse, für die es keine eindeutigen, finiten Lösungen gibt. So lassen sich die Ergebnisse der nach unterschiedlichen Kriterien erfolgten Beurteilungen nicht gegeneinander aufrechnen. Sie sind in einem kontinuierlichen Prozess von Wertsetzungen und Risikobilanzierungen aufeinander abzustimmen bzw. als öffentliche Belange gegeneinander abzuwägen und auszuhandeln. Die Studie beleuchtet deshalb nur einen fachspezifischen Ausschnitt. Sie sucht darüber hinaus jedoch den größeren Motivations- und Wirkungsrahmen aufzuzeigen und benennt weiteren Forschungsbedarf.

Der Beitrag, den Baudenkmale zur Reduzierung des Energieverbrauchs oder der CO₂-Emissionen leisten können, hängt von ihrer Anzahl ab. Innerhalb eines Gesamtbestands von ca. 19,5 Mio. baulichen Anlagen im Bundesgebiet sind etwa 3-5% als Kulturdenkmale erfasst (Schätzungen 2002); in Sachsen liegt der Prozentsatz deutlich höher. Von den hier erfassten ca. 105.000 Kulturdenkmälern sind etwa 73 % Wohnbauten. Mit ca. 7-8% Anteil am Gesamtbaubestand Sachsens und >10% am Wohnungsbestand ist das eine zwar kleine, aber energiewirtschaftlich doch nicht ganz zu vernachlässigende Gruppe.

Je nach Gebäudetyp und Alter weisen Wohnbauten unterschiedliche energetische Eigenschaften auf. Neben der Baukonstruktion ist hier vor allem Ausschlag gebend, ob es sich um eine offene Bauweise (freistehende Häuser), halboffene Bauweise (Hausgruppen, Zeilenbauten u. ä.) oder geschlossene Bauweise (Blockrandbebauung) handelt. Dies findet in der Studie durch die Bildung folgender Fallgruppen Berücksichtigung:

- *A.1 – Freistehende Wohnstallhäuser auf dem Land (18./19. Jh.)*
- *A.2 – Freistehende Mietshäuser (1850-1900)*
- *B.1 – Doppel- oder Reihenhäuser, halboffene Bauweise (wurde nicht untersucht)*
- *B.2 – Siedlungsbauten (1920-1950), halboffene Bauweise*
- *C.1 – Mehrgeschossige Reihenwohnhäuser in Blockrandbebauung (vorindustriell, bis ca. 1870)*
- *C.2 – Mehrgeschossige Reihenwohnhäuser in Blockrandbebauung (1870-1920)*

Diese fünf für den Denkmalbestand Sachsens besonders relevanten Gruppen wurden jeweils anhand von zwei beispielhaften Gebäuden betrachtet, die in letzter Zeit energetisch saniert worden sind. Die dort durchgeführten Maßnahmen bestimmten die Auswahl bzw. Festlegung der Materialeigenschaften (u. a. Dämmstoffe und -stärken), welche in die weitere Untersuchung mittels rechnerischer Gebäudesimulation einfließen.

Das gewählte Vorgehen machte eine getrennte Betrachtung von Einzelmaßnahmen möglich und erforderlich, auch wenn diese in der Praxis stets im Verbund vorkommen.

Untersucht wurden die Wärmedämmung der Kellerdecke bzw. der Bodenplatte (1), die Dämmung der oberen Geschossdecke (2), die Zwischen- (3a) sowie die Aufsparrendämmung des Daches (3b). Als Dämmmaßnahmen an den Außenwänden wurde das Wärmedämmverbundsystem (WDVS) (4a, b), die Wärmedämmung hinter einer Holzverschalung (4c,d) und der Wärmedämmputz (4e,f) untersucht, wobei jeweils zwischen Straßenseite (4a,c) und Hofseite (4b,d) unterschieden wurde. Außerdem wurde die Innendämmung der Außenwände (4g) in die Untersuchung einbezogen. Als Maßnahmen zur Senkung der Lüftungswärmeverluste wurde das Aufarbeiten von Fenstern (5a), der Austausch von Fenstern/Türen an der straßenseitigen (5b) und hofseitigen Fassade (5c), bzw. zusätzliche Fensterebene einbauen (5d) sowie der Einbau einer mechanischen Lüftung mit WRG (Wärmerückgewinnung) (5e) beurteilt. Die Steigerung Anlageneffizienz (6), der Einsatz von thermischen Solaranlagen (7) und Photovoltaik (8), der Anschluss an Nah- bzw. Fernwärmenetze aus Groß-KWK (Kraft-Wärme-Kopplung > 2000 kW_e) (9) wurden ebenso untersucht wie die Nutzung von Umweltwärme (z.B. Geothermie) (10).

Die Beurteilung jeder Maßnahme erfolgte durch Vergleich mit einer definierten Ausgangsvariante, bei der noch keine energetische Ertüchtigung erfolgt ist. Um zu vergleichbaren Werten über realistische Einsparmöglichkeiten zu gelangen, wurden im Rechenmodell einheitliche Randbedingungen (Klimadaten, Nutzerverhalten) anhand von

vorliegenden Erfahrungswerten angenommen. Diese sind zurückhaltend angesetzt, das heißt, je nach Situation und Nutzerverhalten können in der Praxis auch deutlich höhere Verbrauchswerte auftreten. In solchen Fällen sind u.U. auch höhere Einsparungen erzielbar. Im Hinblick auf die Vergleichbarkeit der Fallbeispiele mussten zudem bei den Ausgangsvarianten bestehende Bauschäden außer Acht gelassen werden, obgleich der individuelle Erhaltungszustand eines Baudenkmals den Spielraum für Sanierungsmaßnahmen erheblich mitbestimmt.

Die Untersuchungsergebnisse sind für jede Fallgruppe in einer detaillierten Bewertungsmatrix zusammengefasst, um den Abwägungsprozess für den konkreten Fall zu erleichtern. Die Ergebnisse nach den Hauptkriterien *Einsparpotenzial* (Betriebskosten) und *Denkmalverträglichkeit* sind in den Diagrammen wie folgt zusammengeführt:

- Entsprechend ihrem *energetischen Einsparpotenzial*:
 - I niedrige Energieeffizienz
 - II mittlere Energieeffizienz
 - III hohe Energieeffizienz

- Entsprechend ihrer *Denkmalverträglichkeit*:
 - kaum verträglich
 - ~ bedingt verträglich
 - + gut verträglich

Demnach wurden etwa der **Kategorie I+** jene Maßnahmen zugeordnet, die in der Regel für Baudenkmale verträglich sind, jedoch für sich genommen noch wenig Energieeinsparung bewirken. Beispiele hierfür sind die Dämmung der obersten Geschosdecke [Maßnahme 2], die Zwischensparrendämmung des Daches [3a], die Nutzung von Geothermie [10] oder von Groß-Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) [9], die zwar CO₂-Einsparungen, jedoch bislang keine signifikante Senkung der Betriebskosten bringt. Um nennenswerte Energieeinsparungen zu erzielen, sind Kombinationen aus diesen Maßnahmen sinnvoll.

In der **Kategorie III~** finden sich energieeffiziente Maßnahmen, die bei der Bewertung der Denkmalverträglichkeit weniger gut abschneiden, beispielsweise die Dämmung der Außenwände [4].

In der besten **Kategorie III+** landete die Steigerung der Anlageneffizienz [6], die als einzige Maßnahme in allen Fallgruppen in jeweils beiden Kategorien (Energieeinsparpotenzial, Denkmalverträglichkeit) positiv abschneidet.

3.2 Ergebnisse anhand der Fallgruppen

A.1 – Wohnstallhäuser auf dem Land (18./19. Jh.)

Bauweise

Die zweigeschossigen Wohngebäude mit Dachgeschoss der Fallgruppe A.1 sind oft Bestandteil zusammenhängender Baugruppen, z.B. Wohngebäude auf Wirtschaftshöfen. Sie verfügen deshalb häufig über seitliche Anbauten wie Stallgebäude oder Scheunen. Unter einem kleinen Teil des Erdgeschosses, dessen Außenwände meist aus Naturstein- oder Mischmauerwerk bestehen, sind häufig Kriechkeller anzutreffen. Die Wände im Obergeschoss bestehen in der Regel aus sichtbar belassenem oder verschaltem Fachwerk. Auf dem Einfirstdach sorgen Schleppegauen für die Belichtung des Dachraums, der oft erst nachträglich zu Wohnzwecken ausgebaut wurde.

Beurteilung

Der große Anteil von Fachwerk als Außenwandkonstruktion führt bei diesen Gebäuden unter den heutigen Komfort- und Heizgewohnheiten zu hohen Wärmeverlusten. Der durchschnittliche Jahresheizwärmebedarf wurde mit den zugrundeliegenden Randbedingungen mit 155 kWh/m² errechnet.



Abb.1: Beispielgebäude Fallgruppe A.1 (LfD, 2006)

Hier lässt sich durch Dämmung der Außenwände die größte Einsparung aller Fallgruppen erzielen (22-34%). Die energetisch effektivste Maßnahme ist die Außenwanddämmung hinter einer Verschalung [4c,d] bzw. mit Wärmedämmverbundsystem (WDVS) [4a,b], das hier aber wegen seiner ungünstigen Bewertung bei der Denkmalverträglichkeit kaum in Frage kommt. Erstaunlich knapp dahinter liegen der Einsatz von Innendämmung [4g] oder Wärmedämmputz [4e,f] (Kat. III~).

Der Austausch von Fenstern und Türen [5b,c] wird, auch wenn er aus anderen Gründen oft unvermeidbar ist, in Bezug auf die Denkmalverträglichkeit als negativ eingestuft (Kategorie II-). Die Auf-Sparrendämmung des Daches [3b] und die Dämmung der Kellergeschoßdecke bzw. der Bodenplatte [1] schneiden bei sehr geringer Energieeffizienz nur wenig besser ab (Kat. I~).

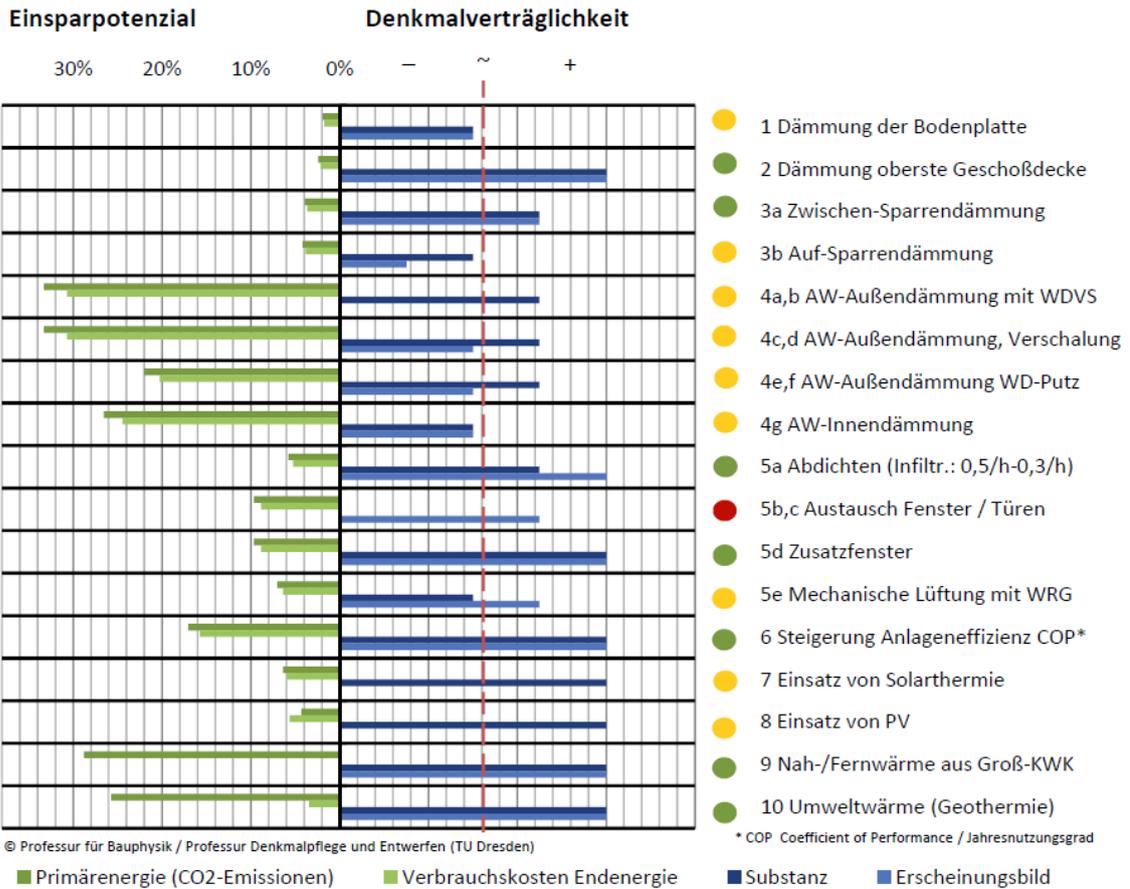
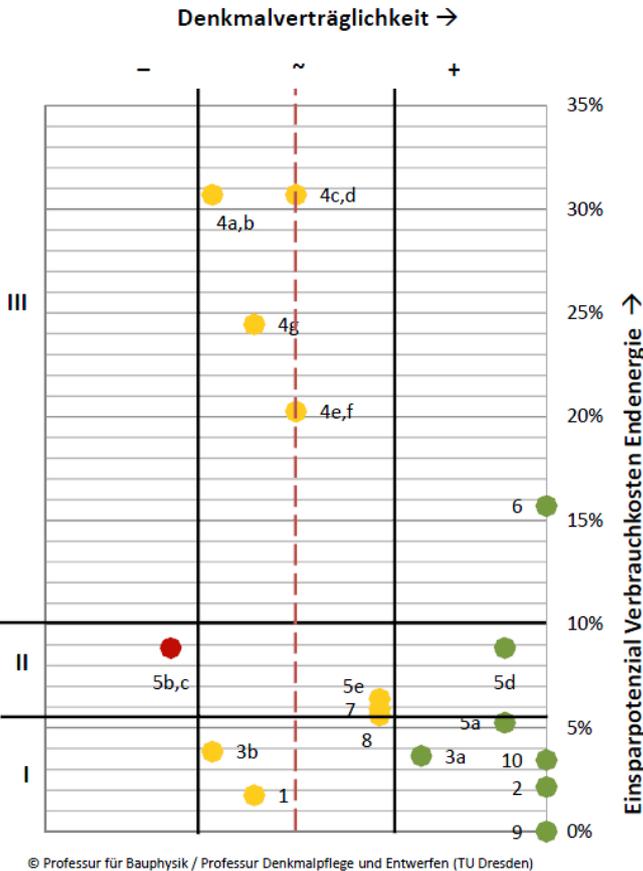


Abb.2: Einsparpotenzial und Denkmalverträglichkeit, Fallgruppe A.1



Einsparpotenzial Verbrauchskosten:

- I niedrige Energieeffizienz
- II mittlere Energieeffizienz
- III hohe Energieeffizienz

Denkmalverträglichkeit:

- kaum verträglich
- ~ bedingt verträglich
- + gut verträglich

Mittelwerte der Untersuchungsergebnisse von jeweils zwei Beispielen der Fallgruppe.

Abb.3: Vergleichende Beurteilung untersuchter Maßnahmen, Fallgruppe A.1

A.2 – Freistehende Mietshäuser (1850-1900)

Bauweise

Als Vertreter der Fallgruppe A.2 wurden freistehende, zweigeschossige Mietwohngebäude untersucht, deren ausgebaute flache Satteldächer bzw. Mansarddächer durch Dachgaupen belichtet sind. Ihre Massivkonstruktion besteht aus Ziegelmauerwerk, im Kellergeschoss häufig auch aus Sandstein. Meist sind die Decken über dem Kellergeschoss als preußische Kappen ausgebildet, alle übrigen Geschossdecken als Holzbalkendecken. Die Gliederung der Schauffassaden erfolgt durch Werksteinrahmungen und Gesimse oder Verblendungen mit farbigen Klinkern.



Abb.4: Beispielgebäude Fallgruppe A.2 (LfD, 2009)

Beurteilung

Die energetischen Ergebnisse für diese Fallgruppe liegen auf Grund der massiveren Bauweise im Vergleich zur vorhergehenden Fallgruppe niedriger. Der berechnete Jahresheizwärmebedarf liegt hier bei ca. 90 kWh/m². Das Einsparpotenzial der Außenwanddämmung ist wegen der massiveren Baukonstruktionen im Vergleich zu Fallgruppe A.1 aber nur etwa halb so hoch. Aufgrund der Profilierungen ist auch die Denkmalverträglichkeit von Außendämmungen gering (Kat. III-). Solarthermie [7] und Photovoltaik [8] werden hier hingegen etwas positiver beurteilt (Kat. I+), weil die Beeinträchtigung des Erscheinungsbildes bei der Montage von Modulen auf nicht einsehbaren Dachflächen weniger ins Gewicht fällt als bei freistehenden Gebäuden außerhalb der Ballungszentren. Der energetische Gewinn ist gleichwohl gering.

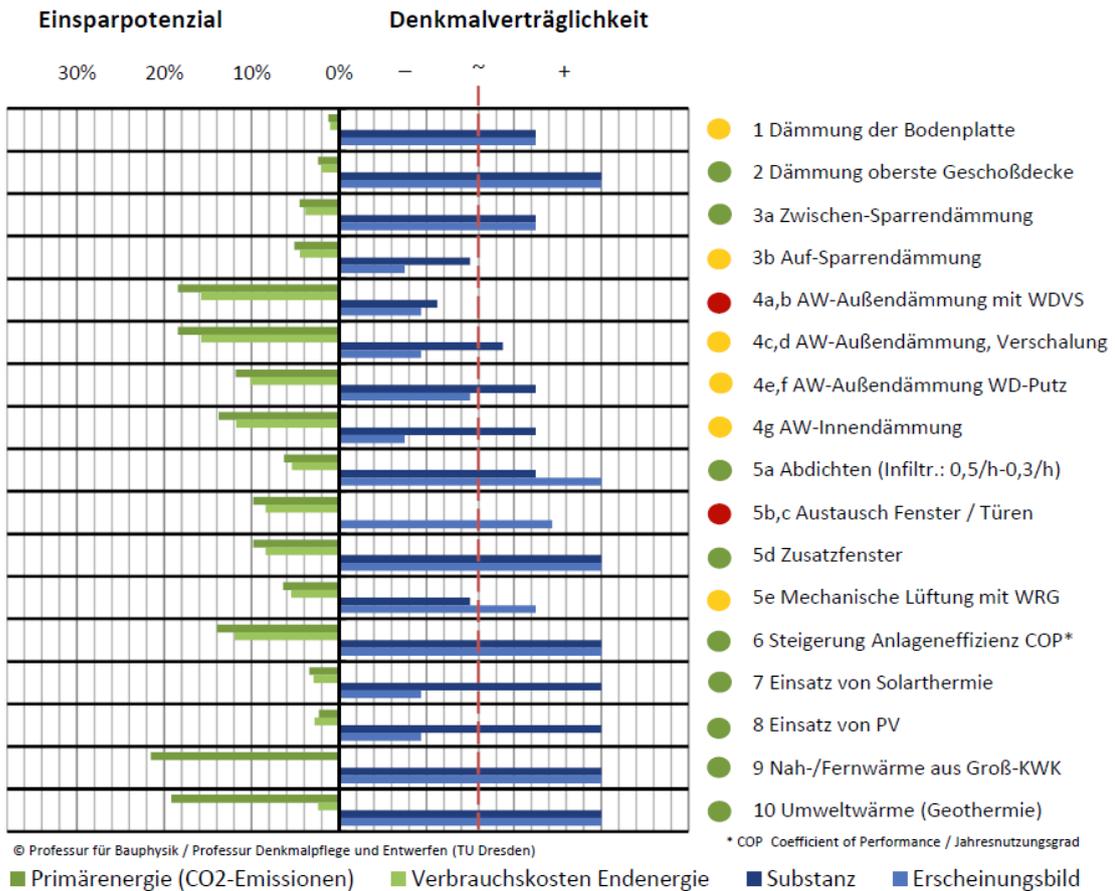
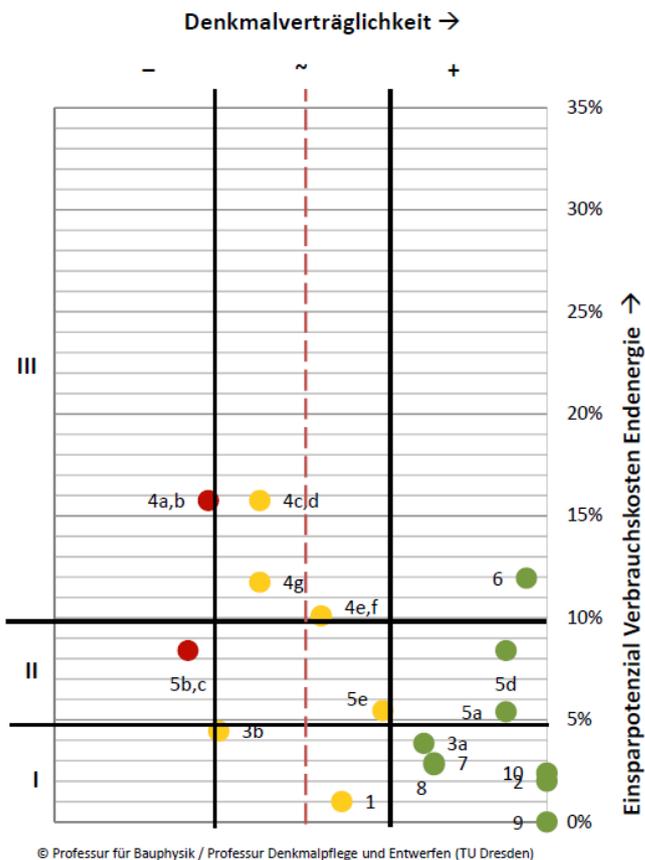


Abb.5: Einsparpotenzial und Denkmalverträglichkeit, Fallgruppe A.2



Einsparpotenzial Verbrauchskosten:

- I niedrige Energieeffizienz
- II mittlere Energieeffizienz
- III hohe Energieeffizienz

Denkmalverträglichkeit:

- kaum verträglich ●
- ~ bedingt verträglich ●
- + gut verträglich ●

Mittelwerte der Untersuchungsergebnisse von jeweils zwei Beispielen der Fallgruppe.

Abb.6: Vergleichende Beurteilung untersuchter Maßnahmen, Fallgruppe A.2

B.2 – Siedlungsbauten (1920-1950), halboffene Bauweise

Bauweise

Vertreter der Fallgruppe B.2 sind typische Mietwohngebäude der Reformarchitektur seit den 1920er Jahren, mit drei Vollgeschossen, ausgebautem Dachgeschoss und unbeheiztem Spitzboden. Kennzeichnend sind hier sparsamere Massivkonstruktionen, hauptsächlich aus Ziegelmauerwerk; als Gestaltungselement der Fassaden wurde auch Werkstein verwendet. Daneben sind ornamentale Gestaltungen des Außenputzes ein häufiges Stilelement. Die Geschossdecken wurden als typisierte Holzbalkendecken ausgeführt, die Decke über dem Kellergeschoss häufig als Stahlbeton-Hohldielenkonstruktion.



Abb.7: Beispielgebäude Fallgruppe B.2 (LfD, 2010)

Beurteilung

Die sparsamen Konstruktionen dieser Bauepoche führen im Vergleich zu den älteren Gebäuden der Fallgruppe C zu höheren Energieverlusten. Der Jahres-Heizenergiebedarf wurde unter den festgelegten Randbedingungen hier mit ca. 110 kWh/m² errechnet.

Die Transmissionswärmeverluste durch die Außenwände im Ausgangszustand führen zu leicht höheren Einsparpotenzialen durch Dämmmaßnahmen an den Außenwänden [4].

Sie sind gemeinsam mit der WRG [5e] in Kat. III~ einzuordnen. Maßnahmen zur Senkung der Lüftungswärmeverluste [5a-d] weisen ein durchschnittliches Energieeinsparpotenzial bei unterschiedlicher Denkmalverträglichkeit auf. Die restlichen Maßnahmen [1-3a und 7-10] können in ihrer Verträglichkeit durchwegs positiv beurteilt werden, ihre Energieeffizienz liegt aber jeweils unter 4% (Kat. I+), so dass es hier auf eine sinnvolle Kombination ankommt. Die Auf-Sparrendämmung des Daches [3b] wird bei mittlerem Einsparpotenzial als wenig denkmalverträglich eingestuft. (Kat. II-).

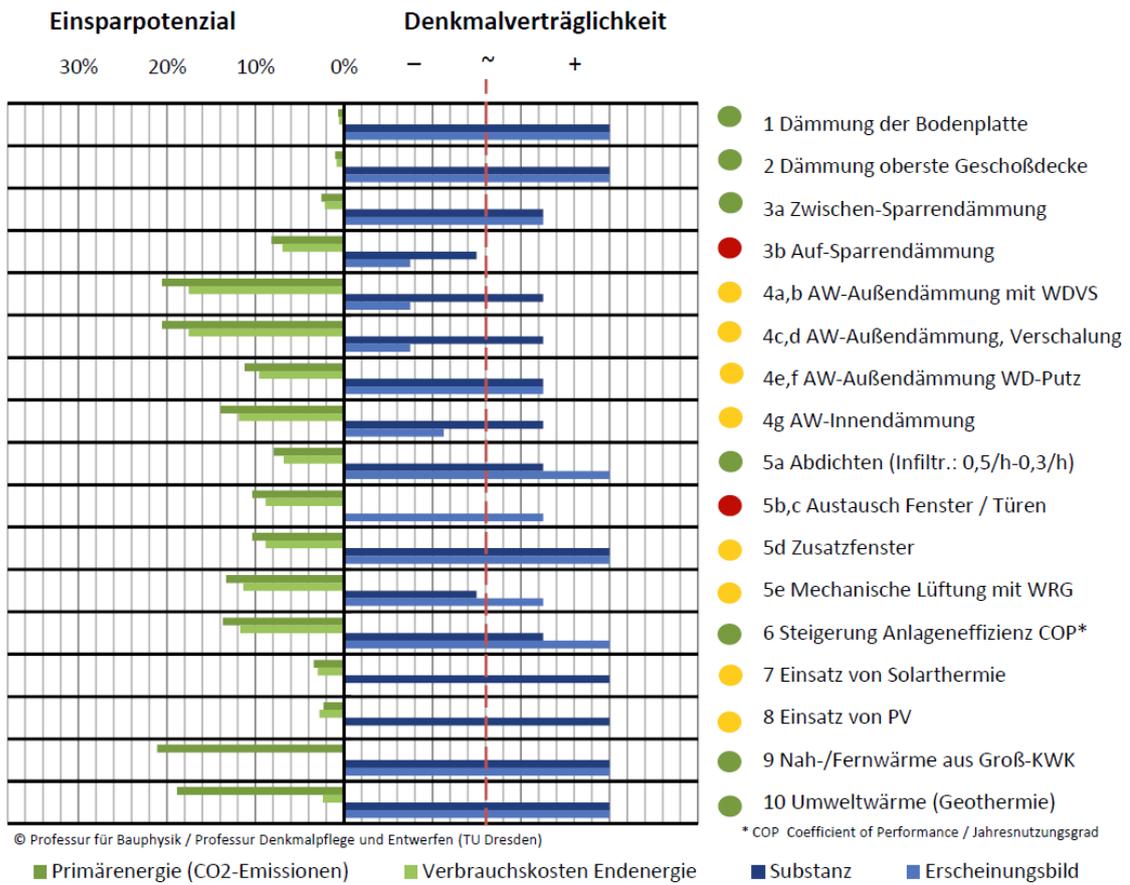
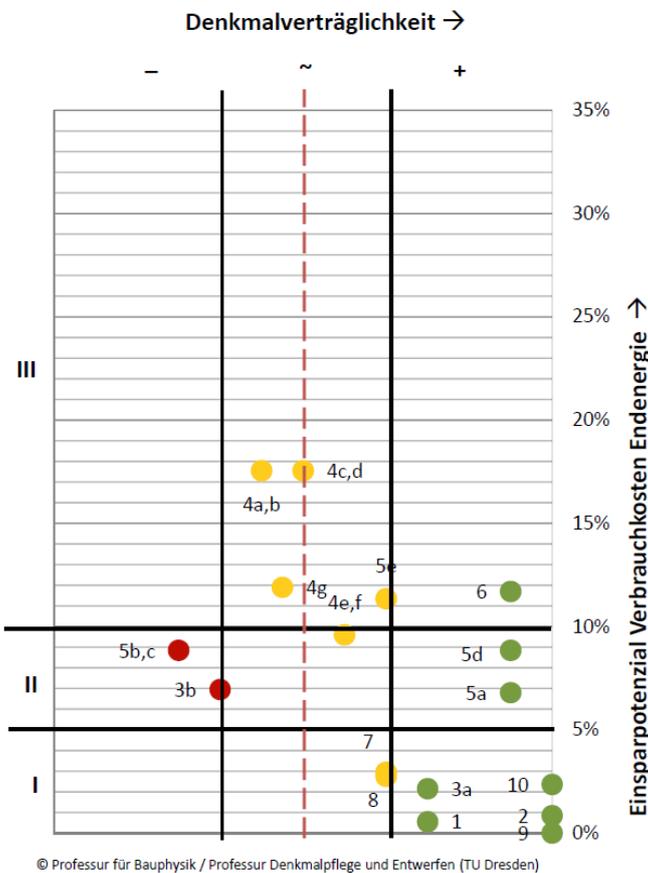


Abb.8: Einsparpotenzial und Denkmalverträglichkeit, Fallgruppe B.2



Einsparpotenzial Verbrauchskosten:

- I niedrige Energieeffizienz
- II mittlere Energieeffizienz
- III hohe Energieeffizienz

Denkmalverträglichkeit:

- kaum verträglich
- ~ bedingt verträglich
- + gut verträglich

Mittelwerte der Untersuchungsergebnisse von jeweils zwei Beispielen der Fallgruppe.

Abb.9: Vergleichende Beurteilung untersuchter Maßnahmen, Fallgruppe B.2

C.1 – Mehrgeschossige Reihenwohnhäuser in Blockrandbebauung (19. Jahrhundert bis ca. 1870)

Bauweise

Untergruppe C.1 enthält meist zweigeschossige, städtische Wohngebäude aus vorindustrieller Zeit mit ausgebautem Dachgeschoss und Spitzboden. Zu dieser Gruppe zählen zahlreiche Gebäude in den Zentren sächsischer Mittel- und Kleinstädte, welche einst als Heim- und Arbeitsstätte von Handwerkern und Kaufleuten entstanden. Ihre Konstruktion besteht aus massivem Ziegel- oder Mischmauerwerk, nach außen weisen sie schlichte Putzfassaden auf. Im Innenraum finden sich oft Reste älterer, zum Teil kunsthistorisch bedeutsamer Ausstattungen.



Abb.10: Beispielgebäude Fallgruppe C.1 (Quelle: die STEG)

Beurteilung

Da die Blockrandbebauungen einen geringeren Außenwandanteil als die vorangehenden, freistehenden Fallgruppen aufweisen, sind diese Bauten bereits im Ausgangszustand energieeffizienter. Das Ergebnis der Simulation ergibt einen durchschnittlichen Jahres-Heizenergiebedarf von ca. 80 kWh/m². Damit ist auch das Einsparpotenzial von Dämmmaßnahmen geringer. Bei dieser Fallgruppe wird die höchste Einsparung durch den Einbau einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (WRG) [5e] erzielt. Sie resultiert zum Teil aus der dafür notwendigen Abdichtung der Gebäudehülle, deren Realisierung bei historischen Gebäuden aber als konstruktiv problematisch anzusehen ist. Ähnlich hohe bzw. sogar leicht höhere Einsparungen liefern der Einbau von Zusatzfenstern [5d] und die Optimierung der Anlagentechnik [6], deren Denkmalverträglichkeit noch positiver beurteilt wird (Kat. III+).

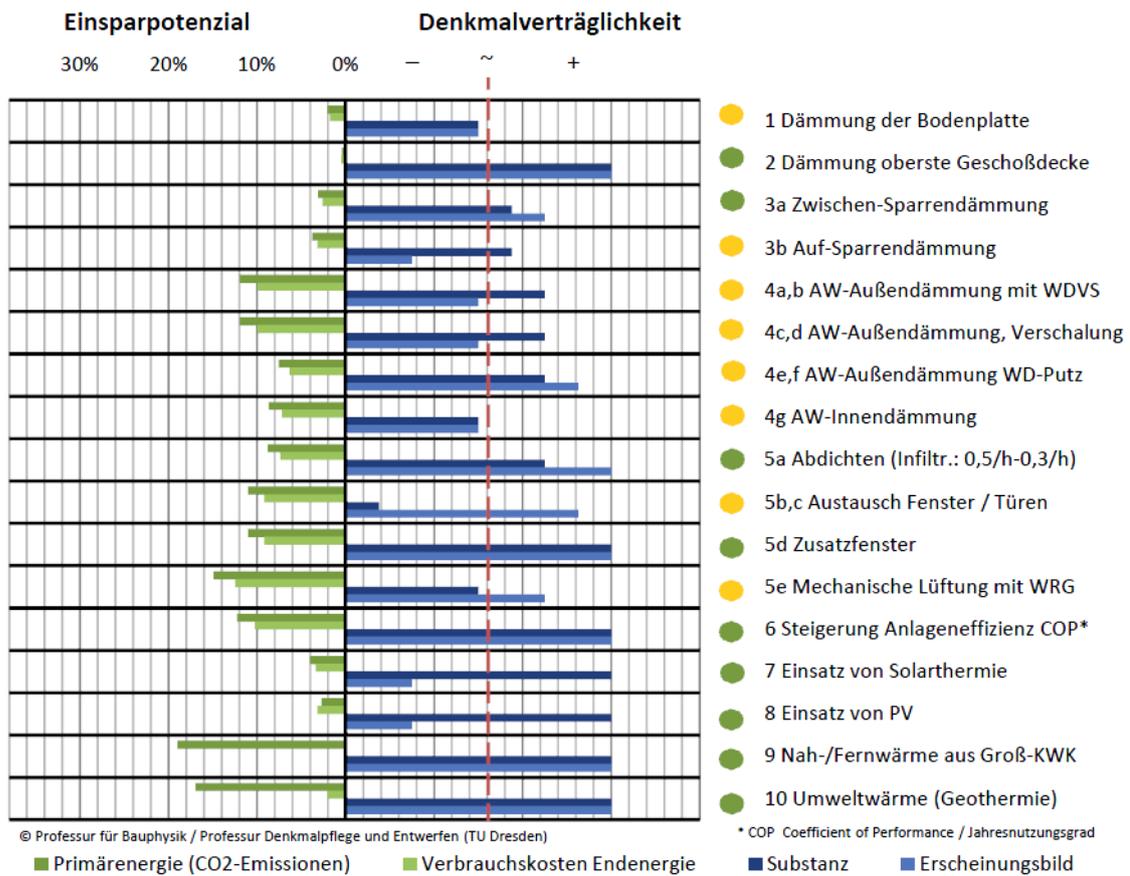
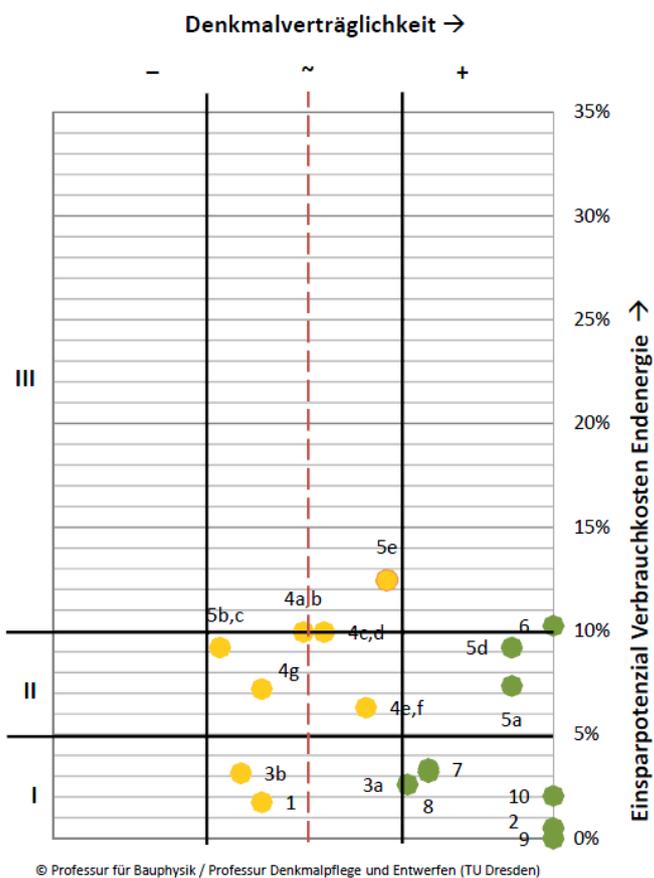


Abb.11: Einsparpotenzial und Denkmalverträglichkeit, Fallgruppe C.1



Einsparpotenzial Verbrauchskosten:

- I niedrige Energieeffizienz
- II mittlere Energieeffizienz
- III hohe Energieeffizienz

Denkmalverträglichkeit:

- kaum verträglich (red dot)
- ~ bedingt verträglich (yellow dot)
- + gut verträglich (green dot)

Mittelwerte der Untersuchungsergebnisse von jeweils zwei Beispielen der Fallgruppe.

Abb.12: Vergleichende Beurteilung untersuchter Maßnahmen, Fallgruppe C.1

C.2 – Mehrgeschossige Reihenwohnhäuser in Blockrandbebauung (1870-1920)

Bauweise

Untergruppe C.2 umfasst die typischen Blockrandbebauungen der Gründerzeit. Die materialintensiven Massivkonstruktionen der drei- oder mehrgeschossigen Gebäude bestehen hauptsächlich aus Ziegelmauerwerk, in den Kellergeschossen z. T. auch aus Natursteinmauerwerk. Bis auf die Kappendecke über dem Kellergeschoss sind die Geschossdecken als typisierte Holzbalkendecken ausgeführt. Als Dachkonstruktionen kommen oft Mansarddächer, aber auch einfache Satteldächer vor. Die repräsentativen Straßenfassaden weisen dekorative Gliederungen aus Sandstein auf und sind in den Obergeschossen oft mit Klinkern verblendet. An der Rückseite zum Hof finden sich dagegen oft nur einfache Putzfassaden mit Sandstein-Fenstergewänden.



Abb.13: Beispielgebäude Fallgruppe C.2 (LfD, 2010)

außen liegenden Außenwanddämmung sind zudem im Bereich der Straßenfassade nur bedingt denkmalverträglich; anders sieht es bei den oft schlichten Hoffassaden aus, Energetisch effizient und denkmalverträglich schneidet die Abdichtung der Gebäudehülle [5a] ab, höhere Einsparungen liefern der Einbau von Zusatzfenstern [5d] und die Optimierung der Anlagentechnik [6], deren Denkmalverträglichkeit noch positiver beurteilt wird (Kat. III+).

Beurteilung

Da Blockrandbebauungen einen geringeren Außenwandanteil als die freistehenden Bauweisen aufweisen, sind diese Bauten bereits im Ausgangszustand energieeffizienter. Der Jahres-Heizenergiebedarf wurde unter den festgelegten Randbedingungen hier mit ca. 90 kWh/m² errechnet. Darüber hinaus zeichnen sich die Bauten der Fallgruppe C.2 gegenüber der Gruppe C.1 durch massivere Konstruktionen und größere Haustiefen aus. Damit ist auch das absolute Einsparpotenzial von Dämmmaßnahmen hier nochmals etwas geringer. Die Maßnahmen zur

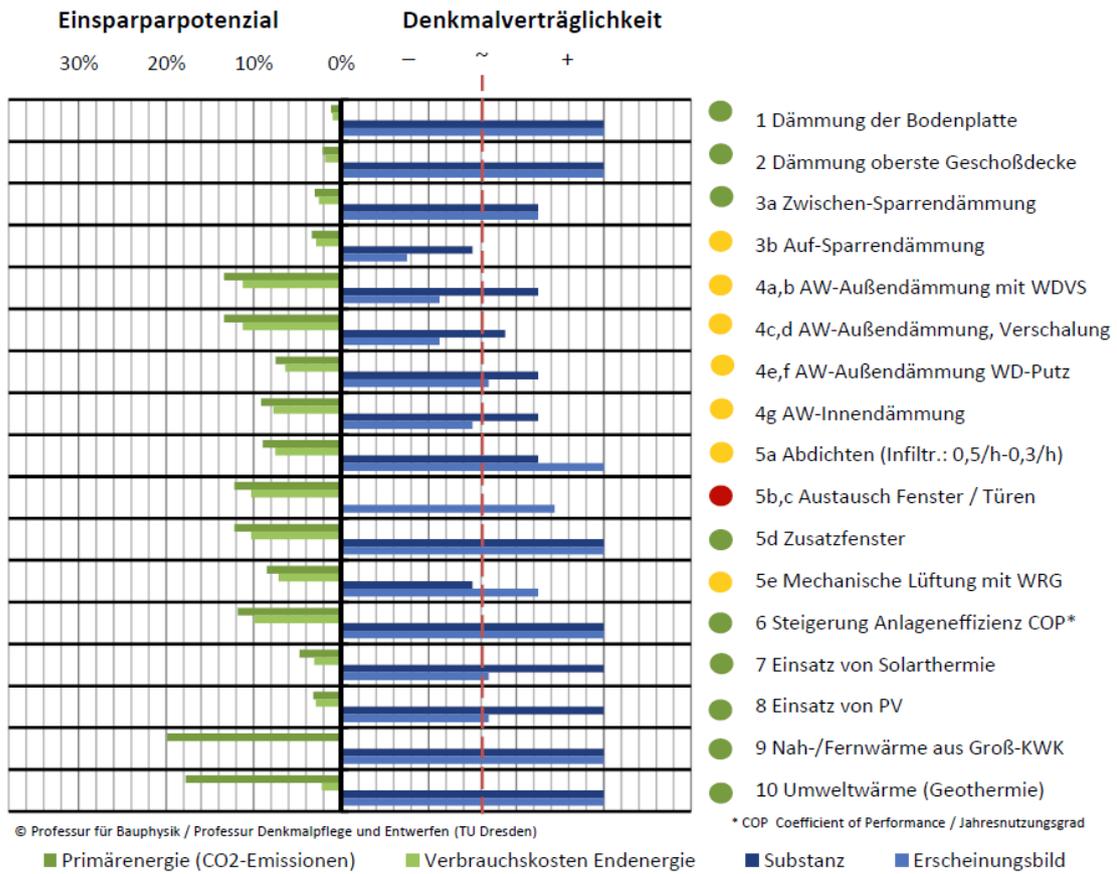
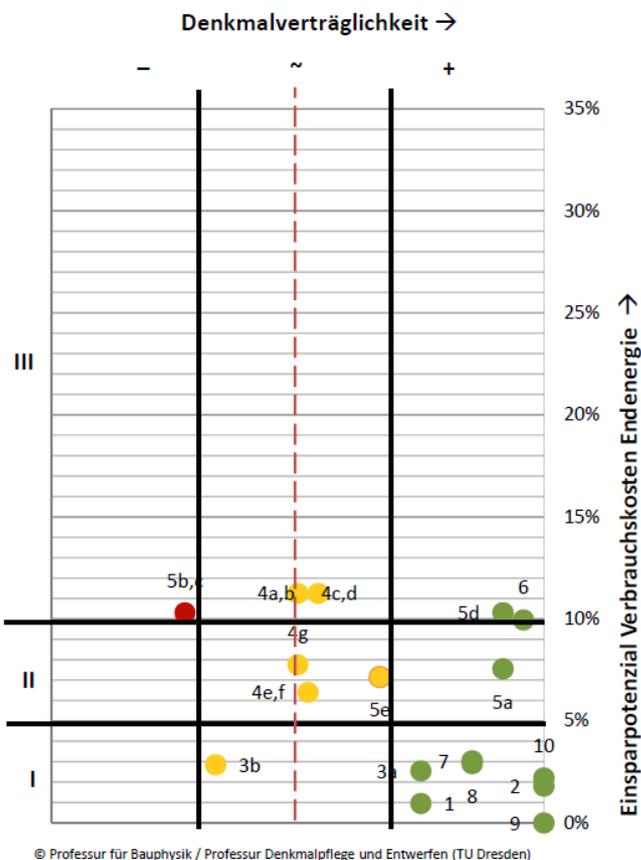


Abb. 14: Einsparpotenzial und Denkmalverträglichkeit, Fallgruppe C.2



Einsparpotenzial Verbrauchskosten:

- I niedrige Energieeffizienz
- II mittlere Energieeffizienz
- III hohe Energieeffizienz

Denkmalverträglichkeit:

- kaum verträglich ●
- ~ bedingt verträglich ●
- + gut verträglich ●

Mittelwerte der Untersuchungsergebnisse von jeweils zwei Beispielen der Fallgruppe.

Abb. 15: Vergleichende Beurteilung untersuchter Maßnahmen, Fallgruppe C.2

3.3 Zusammenfassende Schlussfolgerungen

Hohes Einsparpotential nach Möglichkeit ausschöpfen!

Der Energiebedarf denkmalgeschützter Wohnbauten in den untersuchten Fallgruppen ist unterschiedlich. Er lässt sich auch unter Berücksichtigung denkmalpflegerischer Ansprüche durch eine Kombination geeigneter Maßnahmen um 20 bis 50% senken. Die Anforderungen der geltenden EnEV 2009 werden dabei allerdings selten erreicht. Die dort enthaltene Ausnahmeregelung für Baudenkmale ist deshalb richtig. Sie sollte aber nicht dazu führen, solche Maßnahmen pauschal außer Betracht zu lassen. Vielmehr sind alle Möglichkeiten der Energieeinsparung zu prüfen, um sie nach sorgfältiger Abwägung mit den Erfordernissen des Denkmalschutzes angemessen auszuschöpfen.

Denkmalförderung und Energiesparprogramme sollten sich ergänzen, nicht konkurrieren.

Wenn für die untersuchten Denkmalgruppen eine behutsame energetische Modernisierung möglich ist, sollten sich damit auch neue Förderwege eröffnen. Die Möglichkeiten der Kombination von Denkmalförderung und Energiesparförderung sind hier sinnvoll auszubauen. Damit könnte für besonders gefährdete Denkmalgruppen und Quartiere ein positiver Anreiz erzielt werden, der den Leerstand verringern hilft.

Denkmalspezifische Vor- und Nachteile abwägen

Auch aus anderen Gründen ist es ratsam, Baudenkmale bei der energetischen Sanierung der Wohnbauten nicht von vornherein auszuschließen. Da gerade Wohnbauten in aller Regel nur erhalten werden können, wenn sie genutzt werden, spielen die aufzubringenden Betriebskosten hier eine kritische Rolle; sie nimmt mit steigenden Energiekosten noch laufend zu, denn Häuser mit ungünstigen Energiekennwerten geraten gegenüber solchen mit verbesserter Energieeffizienz in eine nachteilige Lage auf dem Wohnungsmarkt. Besonders gilt das in Gebieten mit hoher Leerstandsquote. Wenn hierin ein wachsendes Manko für authentisch erhaltene, denkmalgeschützte Wohnhäuser erkennbar wird, darf allerdings nicht übersehen werden, dass dieselben Bauten damit auch Qualitäten besitzen, die sie auf dem Wohnungs- bzw. Immobilienmarkt positiv auszeichnen. Ästhetischer Reichtum des Wohnquartiers, harmonische städtebauliche Einbindung und ein hohes Identifikations- und Repräsentationspotential sind Faktoren, die den Menschen nachweislich etwas wert sind. Mit zunehmend normiert „verpackten“ Gebäuden wird sich die Attraktivität historischer Baudenkmale, sofern diese verträglich behandelt werden, verstärkt auf dem Markt widerspiegeln.

Nicht alles, was technisch am Kulturdenkmal möglich ist, ist dort auch sinnvoll.

Sanierungstechnisch ist bei Baudenkmalen im Prinzip das Gleiche möglich wie beim normalen Baubestand. Denkmale sind jedoch meist besonders empfindlich hinsichtlich ihres Erscheinungsbildes. Um sie wertschätzen zu können, bedarf es ihrer Wirkungsmöglichkeit, die in der Regel über die ästhetische Wahrnehmung funktioniert. Bei Eingriffen in die Substanz und Veränderungen des Erscheinungsbildes von Denkmalen sollte man deshalb besonders rücksichtsvoll vorgehen – im Interesse ihrer langfristigen Werthaltigkeit. Gleichwohl ist für die Abwägung mit anderen öffentlichen Belangen nicht festgelegt, dass Baudenkmale grundsätzlich nicht in ihrem Erscheinungsbild verändert werden dürften.

Der Wert des Kulturdenkmals bestimmt den Spielraum.

Größere Freiheiten bei der Umsetzung von Konzepten zur Energieeinsparung bestehen dann, wenn das Gebäude bereits stark vorgeschädigt und nur noch wenig ausagefähige Bausubstanz erhalten ist – wenn also hinsichtlich des Denkmalwerts nicht mehr viel zu verlieren ist. Hingegen sind bei gut erhaltenen Gebäuden mit reichhaltigen Details und Ausstattungen die Eingriffsmöglichkeiten genau deshalb beschränkt, weil man diese historischen und ästhetischen Werte nicht aufs Spiel setzen sollte.

Die beste Lösung im Einzelfall liegt im Kompromiss und in der geschickten Kombination – sie erfordert Sachverstand und Augenmaß bei allen Beteiligten.

Um den Fortbestand der Wohnbauten mit Denkmalwert für die nächsten Generationen zu sichern und damit auch die Wohnstandorte in Sachsen auf attraktivem Niveau zu halten, sind Kompromisse zwischen höchstmöglicher Energieeffizienz und Bewahrung der überlieferten Denkmalwerte nötig. Aufgrund der individuellen Vielfalt der Gebäude kann es keine allgemeingültigen Konzepte zur energetischen Optimierung denkmalgeschützter Wohnbauten geben. Die optimale Lösung ist fallweise zu bestimmen. Sie besteht aus einer Kombination verschiedener Einzelmaßnahmen an unterschiedlichen Bauteilen der Gebäudehülle und/oder der Anlagentechnik. Die zur Auswahl stehenden Maßnahmen bedingen sich häufig wechselseitig, so dass die Umsetzung jedes Einzelschrittes (z. B. Fensteraustausch) meist auch technische bzw. konstruktive Anpassungen an weiteren Teilen des baulichen Gesamtsystems erfordert.

Besser mehrere kleine und verträgliche Schritte als große Eingriffe!

Die tabellarische Übersicht aller Ergebnisse soll es ermöglichen, für jeden Einzelfall jene Maßnahmen vorab auszuwählen, die sich für eine optimierte Kombination eignen. Maßnahmen, die bei der Denkmalverträglichkeit mit Minus bewertet wurden, sollte man im Regelfall meiden, auch wenn sie energetische Einsparungen versprechen. Solche, die nur bedingt denkmalverträglich sind (Kat. ~), wird man sinnvoller Weise nur in Erwägung ziehen, wenn sie in punkto Energieeffizienz wirklich viel bringen (Kat. III~). Für Maßnahmen, die energetisch weniger ergiebig, aber gut denkmalverträglich sind (Kat. I+, II+), sollte man hingegen prüfen, ob sie nicht in der Kombination eine akzeptable Einsparung ermöglichen.

Außenwanddämmung – hohe Einspareffekte, doch oft mit Risiken und Verlusten verbunden.

Das höchste Einsparpotenzial unter den untersuchten Maßnahmen weist die Wärmedämmung der Außenwände auf (8-36%), unabhängig davon, ob die Dämmung außen hinter einer Verschalung, als Verbundsystem, als Wärmedämmputz oder über ein Innendämmsystem erfolgt. In jedem Fall sind dabei unterschiedliche, teils schwierige baukonstruktive und bauphysikalische Fragen zu lösen. Je nach Dämmstoff und Materialstärke kann die Einsparung auch noch höher ausfallen. Außenwanddämmungen wirken sich jedoch mit zunehmender Abmessung negativ auf das architektonische Erscheinungsbild aus. Nimmt man diese Abstriche in Kauf, beispielsweise bei freistehenden Wohnbauten ohne signifikante Architekturgliederungen, so erscheinen auch sogenannte „Faktor-vier“-Sanierungen mit Einsparungen von 75% realistisch.

Verbesserte Anlagentechnik – effektiv und denkmalschonend.

Ein sehr hohes Einsparpotenzial von 12-18% birgt auch die Verbesserung der Effizienz der Anlagentechnik [6], deren Denkmalverträglichkeit sehr positiv bewertet wurde. Dies trifft auch auf die Nutzung von Abwärme durch Fern- oder Nahwärmenetze (Gross-KWK) [9] und Geothermie mit Wärmepumpe [10] zu. Hier steht einer hohen Einsparung von Primärenergie (18-22%) allerdings bislang nur selten eine entsprechende Senkung der Betriebskosten gegenüber.

Solare Energiegewinne, eine sinnvolle Kompensation - meist besser an anderen Standorten.

Der Verzicht auf unverträgliche Sanierungsmaßnahmen kann für Denkmale erhöhten Energieverbrauch bedeuten. Dies kann vorzugsweise durch den Einsatz von Sonnenenergie (ggf. auch anderer emissionsfreier Energieformen) kompensiert werden. Auf Baudenkmalen installierte solarthermische oder photovoltaische Anlagen weisen jedoch, abhängig von der verfügbaren Aufstellfläche, ein geringes energetisches Potenzial auf. Sie werden zudem in Bezug auf ihr Erscheinungsbild oft negativ beurteilt. Da die photovoltaische Energieerzeugung nicht an den Standort des Verbrauchs gebunden ist, sind Baudenkmale hierfür grundsätzlich wenig geeignet. Denn die zur Kompensation erwünschten Energiegewinne lassen sich ökonomischer und ortsbildverträglicher über großflächige Sammelanlagen an anderen Standorten realisieren. Dies sollte bei kommunalen Energiekonzepten Berücksichtigung finden.

Den Blick öffnen – vom Einzeldenkmal und seinen Betriebskosten zur volkswirtschaftlichen und energiepolitischen Perspektive.

Um bei der energetischen Sanierung einerseits die Beeinträchtigung der Baudenkmale, andererseits ökologische und ökonomische Fehlentscheidungen systematisch minimieren zu können, muss über die hier (vorrangig) untersuchten Faktoren der Energieeinsparung und der Denkmalverträglichkeit hinaus die Gesamtenergiebilanz ermittelt und herangezogen werden. Nur wenn auch die externen, vor allem die städtebaulichen Faktoren einbezogen werden, können wirklich nachhaltige, umweltschonende, volkswirtschaftlich sinnvolle und risikoarme Lösungen identifiziert und zur Anwendung empfohlen werden.

Werthaltigkeit – Zukunftsoptionen durch Reversibilität offen halten!

Das Thema der energetischen Gebäudesanierung ist noch relativ jung, deshalb liegen kaum Langzeiterfahrungen mit hocheffizienten Konstruktionen und Materialien vor. Die bislang zur Verfügung stehenden energetischen Sanierungsmethoden sind also weiter zu entwickeln. Der Neubausektor liefert hier nicht ausreichend schonende und erprobte Verfahren, um allen Anforderungen der Kulturdenkmale gerecht zu werden. Forschungsbedarf besteht deshalb auch hinsichtlich der im historischen Baubestand selbst überlieferten Methoden und Materialien, für die, anders als für neuere Lösungen, solche Langzeiterfahrungen vorliegen. Da für eine Vielzahl der in der Praxis heute angewendeten Verfahren noch große Unsicherheiten bestehen, sollte man an den Baudenkmalen eher auf reversible, teils auch vorübergehende Lösungen setzen. Man wird sie dann ohne bleibende Schäden durch zukünftig deutlich verbesserte, werthaltigere Methoden und Materialien ersetzen können.

4 Grundlagen

4.1 Hintergrund

Bezogen auf die Einwohnerzahl verfügt Sachsen über die größte Anzahl an Baudenkmalen aller deutschen Bundesländer. Nach Anzahl und Fläche werden die meisten von ihnen als Wohngebäude an innerstädtischen Standorten genutzt. Unter den gewandelten Bedingungen für die Überlebensfähigkeit der Städte und Siedlungsräume bedeutet der historische Gebäudebestand eine Herausforderung, aber ebenso ein einzigartiges Kapital. Wo Entwicklungs- und Standortentscheidungen nicht länger an regionale oder nationale Märkte, an Bodenschätze oder Handelsrouten gebunden sind, stellt die gebaute Umwelt entscheidende Elemente und Merkmale zur Verfügung, mit denen Städte und Regionen ihre Zukunft gestalten können.

Die demographische Entwicklung und wirtschaftliche Situation führt in vielen sächsischen Orten zu Leerstand am Wohnungsmarkt, der diesen Bestand gefährdet. Ein ungepflegtes Erscheinungsbild trägt dazu bei, dass die Potentiale solcher Stadtquartiere als wirtschaftliches und kulturelles Kapital nicht ausreichend genutzt werden. Auf Grund ihrer Kostennachteile sind zahlreiche Denkmale Sachsens bereits jetzt davon betroffen, so dass im Interesse des Erhalts für eine Nutzung dieses kulturell bedeutsamen Gebäudebestandes gesorgt werden muss.¹ Dazu sind diese Gebäude in einen Zustand zu versetzen, der das Wohnen in Baudenkmalen attraktiv macht.

Die gesetzlichen Anforderungen an den energetischen Wärmeschutz von Neubauten werden in Zukunft ebenso wie die Energiepreise weiter ansteigen.² Da Denkmale von diesen Anforderungen ausgenommen sind, werden sie in Bezug auf die Betriebskosten für den Energiebezug gegenüber Neubauten oder energetisch sanierten Gebäuden zunehmend schlechter abschneiden. Daraus resultiert eine Gefährdung für das baukulturelle Erbe, der nicht mit Auflagen, sondern von den Ursachen her und ggf. durch kompensatorische Förderung zu begegnen ist.

Vor allem bei Baudenkmalen ist ein verantwortungsvolles Abwägen der Gewinne und Verluste durch Einzelentscheidungen gefordert. Nicht alles, was technisch machbar ist, darf auch realisiert werden. Maßnahmen sind dann abzulehnen, wenn der Verlust an schützenswerter Bausubstanz oder die Beeinträchtigung des Erscheinungsbildes zu groß oder aber der energetische Gewinn im Vergleich zu den Investitionskosten zu klein wären.

Als ein möglicher Anreiz zur besseren Vermietung und dadurch zur Erhaltung des älteren Wohnungsbestandes wird die Senkung der Energiekosten durch Maßnahmen zur Energieeinsparung oder optimierte Energieerzeugung angesehen. Auf historische Baudenk-

¹ Publikationen u.a. Monumente [11], Ausgaben 5/6 2009 o. 7/8-2009

² Eine neuerliche Novellierung der EnEV ist für 2012 vorgesehen [81]

male angewendet, besteht allerdings die Gefahr, diesen wertvollen Baubestand dadurch zu schädigen.³

Es geht also um Verhältnismäßigkeit und Verträglichkeit. Auch bisher ist dies im Einzelfall zu prüfen. Das Modellprojekt „Energetische Sanierung von Baudenkmalern“ sollte zu Empfehlungen führen, wie bzw. inwieweit bei den großen, d. h. volkswirtschaftlich und energiepolitisch relevanten Denkmalgruppen eine energetisch effiziente Sanierung so erfolgen kann, dass ein langfristig wirksamer Beitrag zur Energieeinsparung (und damit zu den Betriebskosten) erfolgt, ohne dabei die wesentlichen Denkmalwerte zu verlieren. Um hier praktikable und zügig einschlagbare Wege aufzuzeigen, müssen grundsätzliche Fragen geklärt werden.

Die Ergebnisse der beispielhaften Anstrengungen, die in Deutschland z. B. durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie auf dem Sektor des energieeffizienten Bauens im Bestand und im Neubau unternommen werden (siehe „www.enob.info“), finden mit Hilfe von Demonstrationsprojekten aus den Bereichen „EnSan“ und „EnBau“ ihre praktische Anwendung und Verbreitung. Durch die Implementierung des Modellprojektes „Energetische Sanierung von Baudenkmalern“ könnte Sachsen stellvertretend für Deutschland diese Aktivitäten auf den Bereich der denkmalgeschützten Gebäude ausdehnen.

Altbaubestand und Baudenkmalern

Energieoptimierte Sanierungs- bzw. Modernisierungsverfahren betreffen den gesamten genutzten Baubestand, zahlreiche Forschungsprojekte hierzu sind weltweit in Arbeit. Für die vorrangige Frage der Reduktion von CO₂-Emissionen sind ganzheitliche Ansätze nötig, die sich nicht auf die Verbrauchswerte allein (Betriebskosten), sondern auf die energetische Gesamtbilanz der jeweiligen Bestände beziehen (Lebenszyklusbetrachtung).⁴

Für die konstruktiv-technischen Fragen gilt zunächst: Baudenkmale unterscheiden sich hierin nicht vom normalen Altbaubestand. Die Denkmaleigenschaft beruht nur selten auf bautechnischen Merkmalen. Es gibt deshalb sowohl Denkmale mit äußerst schlechter Energiebilanz als auch solche mit sehr guter. Zwischen den bauphysikalischen Kennwerten und der Denkmalbedeutung besteht in der Regel kein Zusammenhang.

Baudenkmale sind deshalb auch nicht grundsätzlich energetisch problematischer oder besser als andere Altbauten. Selbst die gelegentlich anzutreffende Feststellung, dass

³ Vgl. aktuell: Appell der Ständigen Kultusministerkonferenz der Länder: „Der Klimaschutz muss das kulturelle Erbe achten und bewahren!“, 22. Mai 2010, sowie: „Baudenkmalern fördern und „klimafit“ machen“, sogen. KfW-Appell, Bündnis von Organisationen aus den Bereichen Architektur und Denkmalschutz, Berlin, 17. Mai 2010

⁴ Vgl. insbesondere: Hassler, Uta; Kohler, Niklaus; Wang, Wilfried: Umbau. Über die Zukunft des Baubestandes, Tübingen-Berlin 1999

Baudenkmale in der Regel mehr Energie verbrauchen als Neubauten, dürfte in dieser pauschalen Form schwer belegbar sein. Richtig ist sicher, dass z. B. unsanierte Gründerzeithäuser, zumal freistehende, im Vergleich mit Neubauten nach Passivhaus-Standard ungünstig abschneiden, wenn man nur den Heizenergiebedarf betrachtet. Bezieht man jedoch externe Faktoren wie die eingelagerte Primärenergie/graue Energie, Herstellung, Infrastruktur, Verkehr und Entsorgung in die Energiebilanz mit ein, kann für bestimmte Denkmalgruppen und Standorte diese Rechnung anders ausfallen. Privat- bzw. wohnungswirtschaftliche Anliegen (Senkung der Betriebskosten) sind deshalb zu unterscheiden von den übergeordneten volkswirtschaftlichen bzw. energiepolitischen Zielen der Ressourceneinsparung und der Reduktion von CO₂-Emissionen.

Was spricht gleichwohl dafür, Möglichkeiten der Energieeinsparung modellhaft gerade an Baudenkmalen aufzuzeigen? Drei mögliche Argumentationen sind erkennbar:

- Denkmalgruppen können energiewirtschaftlich relevant sein, wenn sie zwei Bedingungen erfüllen:
 - Sie müssen erstens in nennenswert großer Stückzahl vorhanden sein.
 - Zweitens müssen sich mit einer entsprechenden Sanierung deutliche energetische Verbesserungen in der Gesamtbilanz erzielen lassen.Für diese Denkmalgruppen ist dann zu zeigen, inwieweit es auch unter Berücksichtigung ihrer Denkmaleigenschaften durchaus möglich und sinnvoll ist, sie bautechnisch zu ertüchtigen. In Frage kommen hier vor allem Wohnbauten ab ca.1850, vor allem aber Siedlungsbauten des 20. Jahrhunderts. Dort heißt es dann auch Abschied zu nehmen von der Pauschalvorstellung, ein Baudenkmal dürfe sich im Erscheinungsbild grundsätzlich nicht verändern (und wenn, dann nur in Rückführung auf frühere Zustände).
- Umgekehrt betrachtet, könnte man Baudenkmale als eine Art Lackmustest für energetische Ertüchtigungsverfahren betrachten (angelehnt an die pharmakologische Praxis der Erprobung an Risikogruppen): Wenn ein Produkt oder eine Technik an diesen besonders empfindlichen Objekten besteht, dürfte es auch für den viel größeren Bestand der Altbauten unbedenklich sein. Hier könnte sich allerdings auch zeigen, dass es für den normalen Baubestand anspruchslosere und kostengünstigere Sanierungsverfahren gibt, auf die man an Baudenkmalen aber verzichten sollte. Zu prüfen ist, ob Risiken und Aufwand einer Modelluntersuchung an einer recht kleinen „Risikogruppe“ nicht größer sind als der Erkenntnisgewinn.
- Schließlich kann es sinnvoll sein, an Beispielen aufzuzeigen, dass quantitativ relevante Denkmalgruppen einer energetischen Modernisierung nicht verschlossen sind und damit auch in den Genuss bestimmter Förderprogramme kommen können. Durch die mögliche Kombination von Denkmalförderung und Energiesparförderung könnte für besonders gefährdete Denkmalgruppen und Quartiere ein positiver Anreiz erzielt werden, der den Leerstand verringern hilft.

Denkmalverträglichkeit

Da Baudenkmale sich bauphysikalisch nicht anders verhalten als „normale“ Altbauten, gibt es für sie aus sanierungstechnischer Sicht auch keine Einschränkungen. Besondere Sorgfalt oder Rücksichtnahme bei Baudenkmalen ist aus anderen Gründen geboten: Ihre

historische Substanz ist ein nicht ersetzbares Zeugnis unserer Geschichte, und sie sind in der Regel (nicht immer) besonders empfindlich hinsichtlich ihres Erscheinungsbildes. Um sie als Kulturdenkmale schätzen zu können, bedarf es ihrer Wirkungsmöglichkeit, die zumeist über die sichtbare Wahrnehmung funktioniert.

Sanierungstechnisch ist bei Baudenkmalen also fast alles genauso möglich wie beim normalen Baubestand. Lediglich bei Eingriffen in die Substanz von Denkmalen und bei Veränderungen ihres schützenswerten Erscheinungsbildes muss man dort behutsamer vorgehen. Was dies im Falle energetischer Sanierungsmaßnahmen bedeutet und inwieweit es für bestimmte Denkmalgruppen verallgemeinerbar ist, sollte der denkmalfachliche Beitrag in dem Modellprojekt klären.

4.2 Problemlage am denkmalgeschützten Wohnbaubestand

4.2.1 Energetische Anforderungen und Energiepreisentwicklung

Für die Beheizung und die Trinkwassererwärmung im Gebäudebestand werden etwa 39% des gesamten Endenergieverbrauchs Deutschlands aufgewendet. Hier liegt ein hohes Einsparpotenzial [64]. Dieses lässt sich unter der Voraussetzung erschließen, dass ein ganzheitlicher Ansatz gewählt wird, der alle Komponenten des Systems Gebäude betrachtet, die dessen Energiebedarf beeinflussen [70].

Der Gesetzgeber stellt Anforderungen an die Gebäudeenergieeffizienz, so dass zukünftige Neubauten höhere Effizienz aufweisen und Bestandsgebäude bei Sanierungen energetisch optimiert werden müssen. Bei der Sanierung dürfen derzeit die Anforderungen an den auf die Hüllfläche bezogenen spezifischen Transmissionswärmeverlust im Vergleich zu Neubauten um das 1,4-fache überschritten werden.

Diese Anforderungen sind mit Inkrafttreten der Energieeinspar-Verordnung (EnEV) 2009 um etwa 30 % gestiegen und sollen, Planungen zufolge, im Zuge des nächsten Novellierungsschrittes im Jahr 2012 nochmals um weitere 30 % steigen [81].

Ziel ist eine drastische Verringerung des CO₂-Ausstoßes und des damit verbundenen Primärenergiebedarfs. Die EnEV 2009 lässt offen, an welcher Stelle die Einsparungen erfolgen. Neben der Optimierung der Gebäudehülle können die Einsparungen auch im Bereich der Anlagentechnik oder bei der Art der Erzeugung und Auswahl des Energieträgers erfolgen.

Während bei der Gebäudehülle und der Anlagentechnik große Einsparpotenziale liegen, die wirtschaftlich erschlossen werden können, ist ein schneller Umstieg auf vollständig erneuerbare Energien – auch wenn er aus Gründen anderer umweltpolitischer Ziele vorrangig wäre (Ressourceneinsparung, Energieunabhängigkeit) – in den nächsten Jahren nicht zu erwarten [4]. Vielmehr wird die Energieversorgung der näheren Zukunft vermutlich aus einem Mix verschiedener regenerativer und konventioneller Energieträger bestehen, um die global weiterhin steigende Nachfrage decken zu können. Dies wird vo-

raussichtlich zu dauerhaft steigenden Energiepreisen führen. Deshalb wird die Energieeinsparung auch von der Bundesregierung als richtiger Weg eingeschätzt. Bundesumweltminister Dr. Norbert Röttgen spricht von zukünftigen Vorschriften, die den Energieverbrauch im Gebäudebereich nahe an den eines Null-Energie-Hauses heranführen sollen.⁵

4.2.2 Leerstand im Wohnungsbestand und Auswirkungen auf Baudenkmale

Im Jahr 2007 betrug die Leerstandquote bei sächsischen Mietwohnungen 13%⁶, für das Jahr 2002 wurde sie vom Statistischen Landesamt Sachsen noch mit 17% angegeben [83]. Ein sinkender Trend lässt sich daraus jedoch nicht ableiten, da Abrissquoten diese Zahl beeinflussen. Im Gegenteil, den Prognosen des Statistischen Landesamts zufolge wird sich das Problem des Leerstandes auf Grund der demographischen Entwicklung in Zukunft verschärfen, wobei große quantitative Unterschiede zwischen Land und Stadt bestehen [74].

Kulturdenkmale sind in ihrer Bausubstanz und ihrem Erscheinungsbild geschützt. Sie dürfen nur mit Genehmigung der Denkmalschutzbehörden verändert oder beeinträchtigt oder mit An- und Aufbauten, Aufschriften oder Werbeeinrichtungen versehen werden. Gleiches gilt für bauliche oder garten- und landschaftsgestalterische Anlagen in der Umgebung eines Kulturdenkmals, soweit sie für dessen Erscheinungsbild von erheblicher Bedeutung sind (§12 SächsDSchG). Gegenstand des Denkmalschutzes sind darüber hinaus die durch Satzung ausgewiesenen Denkmalschutzgebiete; Veränderungen an ihrem geschützten Bild bedürfen ebenfalls der Genehmigung (§ 21 SächsDSchG).

Da diese (in den Denkmalschutzgesetzen der Länder jeweils ähnlich formulierten) Schutzziele mit den energetischen Auflagen der EnEV in Konflikt geraten können, sind dort für Baudenkmale generelle Ausnahmestimmungen enthalten.

Der Anteil der Baudenkmale am Gesamtgebäudebestand in der Bundesrepublik wird als vergleichsweise gering angegeben, sowohl nach Gebäudeeinheiten (laut Deutscher Energieagentur (DENA) 4-5%) als auch nach Bauvolumen und Nutzfläche.⁷ Die unter Denkmalschutz stehenden Wohnbauten nehmen jedoch in Sachsen mit knapp 10% einen nicht unerheblichen Anteil am Gesamtbestand der Wohnbauten ein [76]. Sie stellen deshalb für die Energieeinsparung eine zwar kleine, aber durchaus relevante Größe dar.

⁵ Vgl. Handelsblatt Nr. 240, 11.12.2009

⁶ lt. Angaben des GdW (Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen)

⁷ Die Gesamtzahl der baulichen Anlagen in Deutschland lässt sich schwer ermitteln, da für öffentliche Bauten, für halböffentliche Bauten, für Bauten von Wirtschaft, Industrie, Landwirtschaft usw. keine statistischen Zahlen vorliegen. Schätzungsweise kann man von einem Gesamtbestand von 19,5 Mio. baulichen Anlagen in Deutschland ausgehen. Nach älteren länderübergreifenden Schätzungen sind davon im Bundesgebiet zwischen 3% und 10% als Denkmal oder Teil eines Denkmalbereichs unter Schutz gestellt.

Wichtiger erscheint jedoch, dass die generelle Nichteinbeziehung dieser großen Gruppe von Kulturdenkmalen⁸ in die fortschreitende energetische Ertüchtigung des Baubestands in Sachsen (und vielen anderen strukturschwachen Regionen) zu Einbußen in der Vermietbarkeit führen würde, in deren Folge sich der Leerstand erhöht und letztlich der Verlust dieser Denkmale zu befürchten ist. Denn die durch Ausnahmeregelungen geschützten Gebäude sind gleichwohl von den Auswirkungen der Energiepreisentwicklung und den Maßnahmen zum Klimaschutz am Gebäudebestand direkt betroffen, da auch für ihren Erhalt in der Regel eine wirtschaftlich zumutbare Nutzung Voraussetzung ist.

Allgemein steigende Energiepreise einerseits und hohe Leerstandquoten bei Wohngebäuden andererseits führen dazu, dass denkmalgeschützte Gebäude auf dem Wohnungsmarkt in Sachsen benachteiligt sind. Der Leerstand denkmalgeschützter Wohngebäude aufgrund tatsächlicher oder vermuteter Mehrkosten im Betrieb verhindert notwendige Investitionen und führt letztlich zum Verfall gerade dieser kulturhistorisch wertvollsten bzw. besonders ortsbildprägenden Gruppe des Wohnungsbestands. Inwieweit die gesetzlich vorgesehenen Hilfen für (einmalige) denkmalbedingte Mehraufwendungen (Sonderabschreibungsmöglichkeiten nach §7i EStG und Zuwendungen nach SächsDSchG) einsetzbar sind, um laufende Mehrkosten für einen geringeren energetischen Standard auszugleichen, wurde bislang nicht untersucht. Die Struktur dieser Förderinstrumente dürfte dafür nicht geeignet sein.⁹

Unter den gegebenen Bedingungen müssen andere Wege gesucht werden, um den wertvollen historischen Baubestand soweit vertretbar energetisch zu ertüchtigen und damit im Betrieb konkurrenzfähig und dadurch erhaltungsfähig zu machen. Dazu wird es nötig sein, weitsichtige Kompromisse von allen Seiten einzugehen. Es ist das zentrale

Bundesland	Anzahl Einwohner	Anzahl Baudenkmale (2002)	Einwohner / Denkmal
Baden-Württemberg	10.749.506	83.000	129,5
Bayern	12.519.728	120.000	104,3
Berlin	3.431.675	8.000	429
Brandenburg	2.522.493	10.561	238,8
Bremen	661.866	1.500	441,2
Hamburg	1.772.100	1.300	1383,2
Hessen	6.064.953	63.000	96,3
Mecklenburg-Vorpommern	1.664.356	25.000	66,6
Niedersachsen	7.947.244	83.000	95,7
Nordrhein-Westfalen	17.933.064	82.000	218,7
Rheinland-Pfalz	4.028.351	45.000	89,5
Saarland	1.030.324	7.000	147,2
Sachsen	4.192.801	120.000	34,9
Sachsen-Anhalt	2.381.872	90.000	26,5
Schleswig-Holstein	2.834.260	12.344	229,6
Thüringen	2.267.763	30.000	75,6
Deutschland	82.002.366	784.500	104,5

Tab.1: Einwohnerzahl und Anzahl der Denkmale der deutschen Bundesländer im Vergleich, Quellen: [84], [85]

⁸ In Sachsen beträgt der Anteil der Wohnbauten am Gesamtumfang der Kulturdenkmale ca. 73% [76].

⁹ Zumindest für problematische Fälle, in denen mit heute zur Verfügung stehenden konstruktiven Methoden keine hinnehmbare Lösung zu finden ist, sollte dringend über Fördermöglichkeiten nachgedacht werden, mit denen der energetische Mehraufwand für die Erhaltung baukultureller Werte im öffentlichen Interesse kompensiert werden kann. (s. Anm. 3: Appell „Baudenkmäler fördern und „klimafit“ machen“)

Anliegen dieser Studie, hierfür Kriterien zu ermitteln und Leitlinien zu formulieren, die sowohl bauphysikalisch-konstruktiv wie auch denkmalfachlich plausibel und nachvollziehbar sind.

4.3 Aufgabenstellung und Ziel

Für verschiedene Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz im Wohngebäudebestand gibt es langjährig erprobte Lösungen. Ständige Neuentwicklungen bei Materialien und Verarbeitungstechnologien ermöglichen einen noch effizienteren Einsatz von Energie, auch an Baudenkmalen. Sie sind zumeist als Testfälle mit erhöhtem Risiko einzustufen, solange ihre Langzeitbilanz (Gesamtenergiebilanz, Nutzerfreundlichkeit, Schadensfreiheit, Dauerhaftigkeit) nicht hinreichend bekannt ist.

Das erschließbare Einsparpotenzial bei der Sanierung von Wohngebäuden kann über 90% betragen [63]. Bei fehlerfreier Durchführung der Maßnahmen kann damit nicht nur ein Großteil an Energie eingespart werden, sondern meist auch die Behaglichkeit und der Nutzerkomfort gesteigert und die Substanz geschützt werden. In Sachsen gibt es an Baudenkmalen bereits Erfahrungen mit „Faktor-10-Sanierungen“. Zu nennen sind hier die energetischen Sanierungen in Görlitz, Ebersbach oder Pobershau („Weiße Villa“) [88].

Die Umsetzung solcher Maßnahmen am denkmalgeschützten Gebäudebestand ist allerdings nicht in jedem Fall empfehlenswert, sondern nur dann, wenn die Maßnahmen denkmalverträglich sind, d. h. wenn der Verlust wertvoller Bausubstanz oder die Veränderung des Erscheinungsbildes in der fachlichen Gesamtabwägung gegenüber dem langfristigen energetischen Gewinn, der hier auch als Gewinn an Nutzungschancen anzusehen ist, als hinnehmbar oder nachrangig einzustufen sind. Um dazu überprüfbare Aussagen treffen zu können, ist eine vergleichende Auswertung der genannten Projekte aus denkmalfachlicher Sicht vorzunehmen. Dabei sind unterschiedliche energetische Maßnahmen an Baudenkmalen im Hinblick auf ihre energetischen Effekte und die damit verbundene Auswirkungen auf das Kulturdenkmal vergleichend zu beurteilen.

Auf Grund ihres Pilotcharakters muss diese Studie als ergebnisoffen verstanden werden. Ergebnis können insofern auch präzisierende Fragestellungen oder Hinweise sein, die einen weiteren Forschungsbedarf, zum Beispiel im Rahmen einer Langzeitstudie, aufzeigen.

4.4 Arbeitsgrundlagen

4.4.1 Auswertung kooperativer Aktivitäten

Um die Studie in ihrem sehr knappen Zeitrahmen ergiebig zu machen, erschien es geboten, ähnliche Forschungsinitiativen, die bereits erfolgen oder geplant sind, im Hinblick auf einen möglichen Erfahrungsaustausch einzubeziehen. Auch auf Erfahrungen durchgeführter Pilotprojekte kann inzwischen zurückgegriffen werden, die energetisch saniert

und anschließend messtechnisch untersucht wurden.¹⁰ Dabei konnten auch für den Denkmalbestand hohe Einsparpotenziale durch energetische Ertüchtigung der Gebäude nachgewiesen werden [63], [88] u.a.

Die planerischen Vorgaben lassen sich allerdings häufig erst durch eine der Bauphase folgende Betriebsoptimierung erreichen. Bei privat genutztem Wohneigentum ist dies einfacher als im Mietwohnungsbau, da der Energieverbrauch stark von den Gewohnheiten der Nutzer abhängt.

Was bisher fehlt, sind Beurteilungen der Denkmalverträglichkeit einzelner Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz. Deshalb können Rückschlüsse für die Anwendung auf Fallgruppen von Baudenkmalen im Wohnungsbestand bisher nicht gezogen werden. Die mit einigen energetischen Ertüchtigungsmaßnahmen einhergehenden Eingriffe in die Bausubstanz und vor allem die Veränderungen des architektonischen Erscheinungsbildes können zur Beeinträchtigung oder sogar zum Verlust des Denkmalwertes führen. Hier nach der Art der Maßnahme und dem jeweiligen Gebäudetypus nachvollziehbar zu differenzieren, ist vorrangiges Forschungsanliegen dieser Studie.

4.4.2 Literaturrecherche

Die zur Grundlagenrecherche herangezogene und ausgewertete Literatur ist unter Punkt 12.1 Literatur aufgelistet.

Es gibt eine Reihe von Veröffentlichungen, die sich zum Teil bereits seit Jahren mit dem Thema Energieeffizienz an Baudenkmalen beschäftigen. Der Großteil der Literatur schafft entweder einen allgemeinen Überblick oder geht sehr fokussiert auf einzelne Detailaspekte ein. Eher vernachlässigt wird dabei den Gesamtzusammenhang. Was bisher fehlt, ist eine integrierte Betrachtung aller Einflussfaktoren, für deren abschließende Beurteilung jedoch sehr umfangreiche Recherchen, fachübergreifendes Wissen und komplexe Bewertungsverfahren Voraussetzung sind.

Insofern ist das vorliegende Projekt als Ansatz einer methodisch erweiterten, interdisziplinären Betrachtung zu werten. Auf Grund seines begrenzten Umfangs kann es allerdings keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben.

4.4.3 Arbeitskonzept, Arbeitsplan und Zwischenbericht

Grundlagen für die Pilotstudie bildeten in erster Linie die Beiträge von Mitgliedern der SMI-Arbeitsgruppe „Modellprojekt Energetische Sanierung von Baudenkmalen“ und die dort geführten Diskussionen. Im Ergebnis dieser Diskussionen wurden gemeinsam Fallgruppen festgelegt und geeignete Objekte für eine Detailuntersuchung recherchiert.

Als Schema für die Beurteilung wurde der Arbeitsgruppe am 30.10.2009 durch Herrn Worbs (Fa. STEG) und Dr. Pinkwart (LfD) der Entwurf einer Bewertungsmatrix vorge-

¹⁰ Projekte der DBU (Deutsche Bundesstiftung Umwelt) oder EnOB-Projekte (Energieoptimiertes Bauen) des BMWi, an denen das Institut für Bauklimatik der TU Dresden beteiligt ist

stellt, welche wesentliche Fallgruppen sowie zu untersuchende Maßnahmen enthielt. Auf dieser Basis wurde im Rahmen der Studie eine systematische, erweiterte Bewertungsmatrix entwickelt. (Punkt 10.2)

Ebenfalls am 30.10.2009 wurde von den Verfassern ein erstes Arbeitskonzept präsentiert, das die Grundlage für den detaillierten Arbeitsplan vom 3.12.2009 bildete. Er sah eine energetische Detailuntersuchung bestimmter Maßnahmen anhand ausgewählter Fallbeispiele vor, die anschließend fallgruppenspezifisch einer Beurteilung unter denkmalpflegerischen Gesichtspunkten unterzogen worden. Die gewonnenen Ergebnisse sollten mit weiteren, eher summarisch zu bezeichnenden Ergebnissen einer Umfrage zu zusätzlichen Fallbeispielen verglichen werden.

Ein Zwischenbericht vom 22. Dezember 2009 dokumentiert den Arbeitsstand und benennt alle wesentlichen Punkte des vorliegenden Abschlussberichtes.

5 Methodik

Die Methodik der Untersuchung verlangte ein zweistufiges Vorgehen: zunächst die Ermittlung der Energieeffizienz der jeweiligen Maßnahme, anschließend die Beurteilung der Auswirkungen auf das Baudenkmal. Eine vergleichende Betrachtung allein nach den beiden Schlüsselkriterien Energieeffizienz und Denkmalschutz würde allerdings ein isoliertes, sektorales Ergebnis liefern. Es wäre weder den praktischen Erfordernissen noch den übergeordneten umweltpolitischen Zielen dienlich. Deshalb wurden zusätzlich weitere Kriterien, u. a. zur Beurteilung der Baukonstruktion und Funktionalität mit einbezogen. Den methodischen Rahmen zur Bewertung und Darstellung der Ergebnisse (Punkt 10.2) bildet eine Matrix, die auf Grundlage der erwähnten Vorschläge (Punkt 4.4.3) weiterentwickelt und ergänzt wurde. Diese umfassende Beurteilung konnte im Rahmen der Studie nur partiell erfolgen, da sie einen erheblich höheren Zeit- und Datenaufwand sowie erweiterte interdisziplinäre Fachkompetenz erfordert.

5.1 Bewertungsmatrix

Die Bewertungsmatrix (Punkt 10.2) enthält auf der Abszisse eine Auswahl untersuchter Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz am Gebäude (Tab.2), die in Abstimmung mit der Arbeitsgruppe erfolgte. Im Detail werden die Maßnahmen in Punkt 0 beschrieben.

Maßnahmen zur energetische Optimierung der Gebäudehülle

<i>Keller</i>	Dämmung der Kellerdecke oder des EG-Fußbodens
<i>Dach</i>	Dämmung der oberen Geschoßdecke
	Zwischensparrendämmung
	Aufsparrendämmung
<i>Fassade</i>	WDVS (verputzt)
	Dämmung mit hinterlüfteten Verschalungen
	Wärmedämmputz
	Innendämmung
	Mehrschalige Fassaden / Kerndämmung
<i>Luftdichtheit</i>	Abdichten (Aufarb.) Fenster+Konstr.
<i>Fenster</i>	Neue Fenster (WSV)
	Zusatzfenster
<i>Lüftungsanlage</i>	Abdichtung+mech. Lüftung mit WRG

Maßnahmen zur Steigerung Anlageneffizienz / Nutzung von Energie-Erzeugungspotenzialen

<i>Haustechnik</i>	Steigerung der Effizienz der Heizungsanlage
<i>Solarthermie</i>	Aufstellungsort Dach
	Aufstellungsort Fassade
<i>Photovoltaik</i>	Aufstellungsort Dach

	Aufstellungsort Fassade
<i>Kraft-Wärme-Kopplung</i>	Mini BHKW
	Nah-/Fernwärme mit KWK
<i>Geothermie</i>	Erdwärme mit Wärmepumpe

Tab.2: Aufstellung der im Rahmen der Studie untersuchten Maßnahmen

Die im oberen Tabellenteil dargestellten baulichen Maßnahmen sind unter energetischen und denkmalpflegerischen Gesichtspunkten anhand von nachfolgenden Bewertungskriterien zu beurteilen (Tab.3).

Ökologische Verträglichkeit

<i>CO2-Bilanz</i>	CO2-Bilanz über den gesamten Lebenszyklus
<i>Ressourcen</i>	Ressourcenverbrauch, Stoffkreislauf, Toxizität verwendeter Materialien
<i>Primärenergie</i>	Einsparpotential Primärenergie (Q_p), Ermittlung gemäß geltender Primärenergiefaktoren (f_p)

Wirtschaftliche Verträglichkeit (Betriebskosten für Energie)

<i>Endenergie</i>	Kosteneinsparung für Endenergie Heizung / Strom (Gas: 0,6Ct/kWh, Fernwärme: 0,9Ct/kWh, Strom: 20Ct/kWh)
-------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------

Technische Verträglichkeit (Bauwerk, Konstruktion)

<i>Behaglichkeit</i>	Verbesserung der thermischen Behaglichkeit anhand der Anzahl von Unbehaglichkeitsstunden
<i>Werthaltigkeit</i>	Verbesserung der Nachhaltigkeit, Zukunfts- und Anpassungsfähigkeit, Werthaltigkeit
<i>Schadensrisiko</i>	Verringerung des Schadensrisikos, Prognostizierbarkeit

Funktionale Qualität

<i>Gebrauchswert</i>	Verbesserung der Funktionalität und Nutzerfreundlichkeit
----------------------	----------------------------------------------------------

Denkmalverträglichkeit

<i>Substanz</i>	Substanzverlust bei Umsetzung der Maßnahme
<i>Erscheinungsbild</i>	Beeinträchtigung von Erscheinungsbild, Lesbarkeit
<i>Reversibilität</i>	Wiederherstellbarkeit des Vorzustandes

Tab.3: Verwendete Bewertungskriterien, Beschreibung siehe Punkt 8

5.2 Methodik und Randbedingungen der bauklimatischen Modellierung

Als Werkzeug zur energetischen Beurteilung der Maßnahmen wurde die computergestützte Gebäudesimulation eingesetzt, um den Gebäudeenergiebedarf vor und nach Realisierung einer zu untersuchenden Maßnahmen zu bestimmen. Das Verhältnis zwischen dem errechneten Energiebedarf der Ausgangsvariante (Punkt 9.2) und dem Energiebedarf der jeweiligen Variante stellt das jeweilige prozentuale Einsparpotenzial durch der Maßnahme dar.

Um dieses mit Hilfe der Gebäudesimulation zu ermitteln, ist zunächst die Festlegung von Randbedingungen erforderlich, die in den folgenden Abschnitten dokumentiert werden.

5.2.1 Gebäudesimulation als Werkzeug

Bereits seit etwa 30 Jahren sind Untersuchungen des Energiebedarfs von Gebäuden mittels Gebäudesimulationen möglich. Durch technologischen Fortschritt sind die dazu notwendigen Ressourcen in der Rechentechnik heute zu günstigen Konditionen verfügbar.

Gebäudesimulationen ermöglichen die rechnerische Bewertung aller Energieflüsse im Gebäude unter realen Bedingungen, denen man durch die freie Wahl geeigneter Parameter möglichst nahe zu kommen versucht. Im Unterschied dazu gelten für gängige Nachweisverfahren gemäß DIN feste Bedingungen, welche bewusst gewählt sind und dabei Sicherheitszuschläge enthalten.

Die große Menge an Eingabeparametern und die Simulationsergebnisse werden von der Software verwaltet. Eine vollständige Dokumentation ist umfangreich und aus diesem Grund nicht vollständig im Abschlussbericht enthalten, kann aber bei Bedarf angefordert werden. Ersatzweise werden gewählte Parameter und Eingabedaten zur Dokumentation in den folgenden Punkten beschrieben. Dazu gehören:

- Gebäudezonierung mit Nutzungsrandbedingungen (Nutzerverhalten, Beheizung, Belüftung, Belichtung/Beleuchtung, Nutzung von Haushaltsgeräten, Anforderungen an Behaglichkeit, Warmwasserbedarf, Technische Anlagen)
- verwendete Materialien und Konstruktionen der Gebäudeteile und Öffnungen (Böden, Wände, Dächer, Decken, Fenster, Türen)
- Gebäudetechnik (Erzeugung, Speicherung, Verteilung und Übergabe von Energie für Heizung, Lüftung, Beleuchtungstechnik)
- Klimadaten, Standort

Relevante Eingabedaten wurden gemeinsam mit den Ergebnissen der Gebäudesimulation in einer zentralen Datenbank zusammengeführt. Darüber hinaus enthält die Datenbank auch allgemeine Gebäudedaten, wie Angaben zum Eigentümer, Verwalter, Baujahr, Nutzung oder Standort usw.

Die Dokumentation dieser Einträge erfolgt in Punkt 13.2 Anhang 2 – Gebäudesteckbriefe sowie nach Fallgruppen geordnet in der Aufstellung von Gebäudekenndaten unter Punkt 13.3 Anhang 3 – Gebäudekenndaten.

5.2.2 Gebäudemodelle und Zonierung

Die Fallgruppenbeispiele dienen als Vorlage zur Entwicklung simulationsfähiger Gebäudemodelle, die stellvertretend die Fallgruppe repräsentieren. Die Auswahl geeigneter repräsentativer Fallbeispiele ist in Punkt 6 beschrieben. Für die Analyse des Energiebedarfs steht der für die Fallgruppen baukonstruktiv repräsentative Charakter der Modelle im Vordergrund. Untypische Besonderheiten und bauphysikalisch irrelevante Details werden vernachlässigt.

Das programminterne dreidimensionale Werkzeug ermöglicht eine genaue Eingabe der Geometrie des Gebäudekörpers sowie die Festlegung von Zonen, welche sich hinsichtlich ihrer Nutzungsrandbedingungen oder der dort vorhandenen Anlagentechnik voneinander unterscheiden. Die Zonierung der Gebäudemodelle erfolgte auf der Grundlage der vorliegenden Zeichnungsunterlagen und den darin enthaltenen Informationen zur Nutzung der einzelnen Räume.

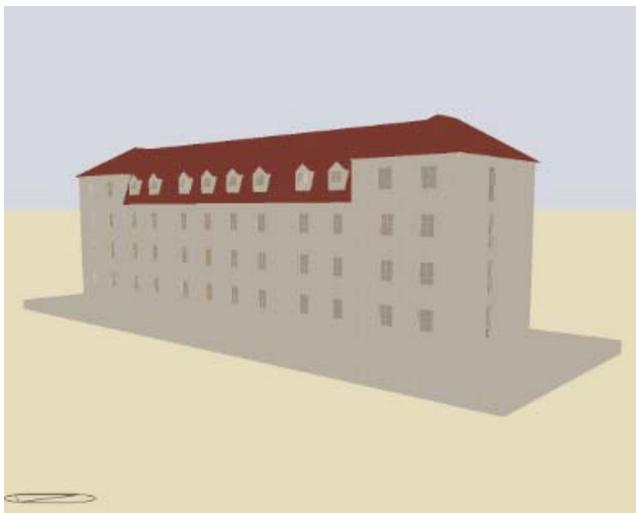


Abb.16: Visualisiertes Gebäudemodell des Fallbeispiels Dresden, Leipziger Str. 286,288,290

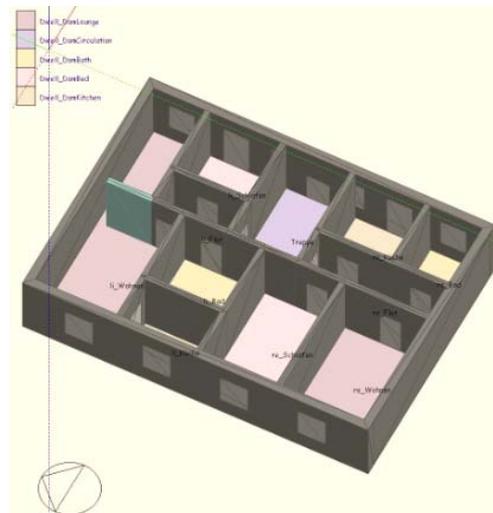


Abb.17: Zonierung (Ausschnitt) des Fallbeispiels Dresden, Leipziger Str. 286,288,290

Das Eingabetool stellt eine fehlerfreie Berechnung des Gebäudevolumens und aller Bauteilflächen sicher. Da in historischen Gebäuden häufig Verformungen, Unebenheiten und wechselnde Wandstärken auftreten, waren bei der Eingabe des Gebäudemodells vereinfachende Annahmen, wie zum Beispiel mittlere Wandstärken zu treffen, welche die rea-

len Verhältnisse am Gebäude abbilden, gleichzeitig aber die Eigenschaften der gesamten Fallgruppe widerspiegeln. Dies führt zum Teil zu Abweichungen zwischen einerseits programmintern ermittelten Flächen und andererseits Angaben von Planern, Verwaltern oder Eigentümern zu den Flächen des konkreten Fallbeispiels, die gemäß DIN 276 ermittelt wurden.

5.2.3 Nutzungsprofile

Für die Nutzungsprofile wurden die Vorgaben des Programms DesignBuilder unverändert verwendet. Sie basieren auf statistischen Untersuchungen und Erfahrungswerten und enthalten eine Fülle von Informationen zu Anforderungen an und Abläufen in der Gebäudezone, die ihrer Nutzung verbunden sind. Dazu gehören die Temperatursteuerung, der Luftbedarf, sowie interne Gewinne durch Mensch und Ausstattung. Sie stimmen nur bedingt mit den Vorgaben der DIN V 18599-10 überein. Untersuchungen des Instituts für Bauklimatik, welche diese Nutzungsanforderungen mit jenen der DIN V 18599 vergleichen, belegen die Vorteile frei definierbarer, nicht genormter Randbedingungen, mit denen sich die Realität häufig genauer abbilden lässt. Hierzu sind aber weitere Untersuchungen notwendig.

Einstellung der Soll-Raumlufttemperaturen

Die Einstellung der Raumsolltemperaturen erfolgt für alle Fallbeispiele in Abhängigkeit von der Nutzung der Gebäudezone gemäß den Vorgaben des Programms. Sie beträgt im Winterfall 21°C für alle Wohnbereiche bzw. 18°C für Nebengebäude wie zum Beispiel Flure. Für die Nutzung Wohnen wurde bei der Kalibrierung am Beispiel Görlitz, Handwerk 15 davon abweichend eine Raumsolltemperatur von 22°C ermittelt, die aber nicht übernommen wurde, weil der Unterschied gering erscheint.

Bei längerer Abwesenheit wird Temperaturniveau im Raum gesenkt. Dies entspricht dem Abdrehen der Heizkörper bei Verlassen der Wohnung. Die Raumlufttemperatur (*setback temperature*) wurde für diesen Fall auf 12°C festgelegt. Sie hat nicht nur Auswirkungen auf den Energiebedarf (etwas zu niedrig), sondern beeinflusst auch die Behaglichkeit im Raum negativ. Diese Festlegung wird als etwas zu niedrig bewertet, die programminterne Vorgabe wurde aber dennoch beibehalten. Eine Temperaturabsenkung (Tag- oder Nachtabsenkung) spart bei schlecht gedämmten Gebäuden Energie ein. Je höher aber der Dämmstandard wird, umso stärker nimmt diese Wirkung ab.

Für den Sommerfall sind Raumluft Solltemperaturen nicht von Belang, weil keines der betrachteten Gebäude über eine Kühlung verfügt. Sie werden also unter Umständen überschritten. Gegenmaßnahmen in Form natürlicher Belüftung zur Kühlung (Fensterlüftung) erfolgen an einer Raumlufttemperatur von 22°C.

Die Steuerung der Heizungsanlage kann entweder über die Raumlufttemperatur (Temperatursensoren) oder die Operativtemperatur erfolgen. Die unterschiedlichen Regelmechanismen haben bei Gebäuden mit niedrigem Dämmstandard einen Einfluss auf den

Energieverbrauch. In Wohngebäuden regelt gewöhnlich der Nutzer die Raumlufttemperatur durch Einstellung der Thermostatventile, wobei seine individuelle Entscheidung durch die gefühlte Temperatur, also die Operativtemperatur beeinflusst wird. Auf Grund des erhöhten Rechenaufwandes dieser Variante erfolgte die Steuerung bei der Simulationsrechnung über die Raumlufttemperaturen. Als Konsequenz daraus ergibt sich bei schlecht gedämmten Gebäuden mit niedrigen Oberflächentemperaturen der Außenwände ein geringerer Energiebedarf, weil zum Erreichen des erforderlichen thermischen Komforts die niedrigen Strahlungstemperaturen der Oberflächen höhere Raumlufttemperaturen erforderlich machen.

Pro-Kopf-Wohnfläche und Anwesenheitssteuerung

Für alle Fallbeispiele wurde auch der Wert der Belegungsdichte von 0,02 Personen/m² für alle Nutzungsprofile einheitlich als Vorgabe vom Programm übernommen, was einer Wohnfläche von 50m² pro Person entspricht. Während der Wert für die Fallgruppen A.1 (Wohnstallhäuser) durchaus zutrifft, ist er für Mietshäuser (z. Bsp. Fallgruppe B.2 - Siedlungsbauten) etwas hoch. Deutschlandweit lag der Durchschnitt 2005 bei 41,2m²/Person, in den neuen Bundesländern lag er noch etwas niedriger bei 38,5 m² [91].

Als Konsequenz daraus ergeben sich für die energetische Betrachtung leicht geringere Lüftungswärmeverluste sowie ein niedrigerer Wärmebedarf für die Warmwasserbereitung, da beides an die Belegungsdichte gekoppelt ist (bedarfsabhängige Lüftung und Warmwasserbereitung). Andererseits treten geringere interne Wärmegewinne durch die Wärmeabgabe der Personen im Raum auf.

Über eine weitere Einstellung wird die Anwesenheit von Personen zeitabhängig gesteuert.

Sie ist von der Nutzung abhängig und wird über Zeitpläne gesteuert.

Tab.4: zeigt beispielhaft einen Anwesenheitszeitplan für den Wohnbereich. Darüber wurden Profile für weitere Nutzungen verwendet: Küche, Bad, Schlafen und Verkehrsfläche (Flur).

<i>Tage \ Zeit</i>	<i>Wochen- tag</i>	<i>Wochen- ende</i>	<i>Feier- tag</i>
<i>0:00-10:00</i>	0%	0%	0%
<i>10:00-17:00</i>	0%	10%	0%
<i>17:00-18:00</i>	0%	25%	0%
<i>18:00-22:00</i>	75%	75%	0%
<i>22:00-23:00</i>	50%	75%	0%
<i>23:00-24:00</i>	0%	50%	0%

Tab.4: Zeitplan für die Anwesenheit von Personen im Nutzungsprofil „Wohnen“

Außerdem gibt es Nutzungsprofile für einige Gewerbeeinheiten die Büronutzung (Radebeul. Robert-Werner-Platz 6) und verschiedene Profile für Nutzung des Cafés/Restaurants (Zittau, Bautzner Str.11).

5.2.4 Materialkennwerte und Baukonstruktionen

Bei den Materialkennwerten und den Baukonstruktionen handelt es sich im Vergleich zu nutzerabhängigen Parametern um recht sichere Einflussgrößen, die sich vergleichsweise genau bestimmen lassen. Aber auch sie unterliegen Unsicherheiten, weil es nicht möglich ist, für alle Bauteile Materialproben im Labor zu untersuchen. Gerade bei Denkmälern gilt eine umfangreiche Bauaufnahme als Voraussetzung für jegliche Baumaßnahmen, eine vollständige Sicherheit zu den vorhandenen Materialparametern gibt es aber selbst damit nicht.

Als Quellen für die bei der Simulation verwendeten Materialkennwerte sind zunächst die Kennwerte der programminternen Bibliothek zu nennen, die mit den Kennwerten der DIN 4108-4:2007-06 Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte, für die Wärmekapazität auch mit DIN EN ISO 10456:2008-04 / EN ISO 10456:2007 (D) abgeglichen wurden. Bei nennenswerten Abweichungen wurden DIN-Werte verwendet. Bei Bedarf, zum Beispiel im Falle von Calciumsilikat, Wärmedämmlehm und Wärmedämmputz wurden als weitere Quelle die Materialkennwerte des IBK-Labors aus der Delphin Datenbank herangezogen.

Die Bestandskonstruktionen der Fallbeispiele wurden aus Plänen und weiteren Unterlagen, die zur Verfügung standen, ermittelt oder durch Telefonumfrage recherchiert. Qualität der Informationen war dadurch unterschiedlich gut, so dass zum Teil fehlende Informationen durch Erfahrungswerte zu ergänzen waren. Die Ergebnisse der Recherche zu vorhandenen Konstruktionen und deren Wärmedurchgangskoeffizienten vor und nach der Sanierung sind im Anhang 3 – Gebäudekenndaten zusammengestellt.

Darüber hinaus wurden abweichende Annahmen getroffen, wenn Vereinfachungen einzelner Details vorgenommen werden mussten, deren Einfluss auf das Gesamtergebnis als gering einzuschätzen war, die Konstruktion für die Fallgruppe nicht als typisch zu beurteilen war oder Informationen nicht verfügbar waren. Ziel dabei war es nicht nur, den Arbeitsaufwand im Rahmen zu halten, sondern auch die Spezifika der Fallgruppe zu berücksichtigen.

Bei der Auswahl der Baukonstruktionen für die Varianten der energetischen Sanierung wurden die tatsächlich realisierten Konstruktionen zugrunde gelegt, sofern diese realisiert worden sind. Die anderen Konstruktionen wurden frei festgelegt, folgten dann aber immer dem gleichen Muster (Punkt 0).

Die Auswahl der Konstruktionen spiegelt daher den aktuellen Standard bei der energetischen Sanierung von Baudenkmalen wider, zeigt aber nicht, was bei Umsetzung des neusten Stands der Technik tatsächlich möglich ist.

Wärmebrücken

Mit dem verwendeten Simulationswerkzeug lassen sich Energieverluste aus geometrischen Wärmebrücken nur berechnen, wenn Wärmedurchgangskoeffizienten angepasst

werden, was aber einen erheblichen Arbeitsaufwand bedeutet. Hierzu müssen die zusätzlichen Wärmeverluste mittels Wärmebrückenprogramm gesondert ermittelt werden, was jedoch nicht Inhalt der Studie war. Für einen Vergleich des Energiebedarfs mit und ohne Maßnahmen konnte der Einfluss der Wärmebrücken vernachlässigt werden, weil er in beiden Fällen (mit und ohne Maßnahmen) als etwa gleich groß angenommen wurde. Für den Gesamtenergiebedarf ist er jedoch von Bedeutung.¹¹

Analysen des Einflusses von Wärmebrücken auf den Energiebedarf eines Gründerzeithauses in Wiesbaden zeigen, dass die getroffenen Annahmen für Wärmebrückenzuschläge in der EnEV 2009 tendenziell eher etwas zu hoch ansetzten, im Grunde aber zumindest für die hier untersuchten Massivbauten brauchbar sind.¹² Während der zusätzliche wärmebrückenbedingte Energiebedarf bei den Simulationsergebnissen der vorliegenden Studie nicht einfließt, wurde er aber bei der Ermittlung der H'_{T} -Werte berücksichtigt. Gemäß EnEV 2009 wurde H'_{T} um $+0,1\text{W/m}^2\text{K}$, bei Innendämmung um $+0,15\text{W/m}^2\text{K}$ erhöht.

Hier ist auf das zusätzliche Schadenspotenzial durch schlecht ausgeführte Details zu verweisen. Um den wärmebrückenbedingten Energiebedarf zu reduzieren und Schäden vermeiden, sollten Wärmebrücken im Zuge energetischer Sanierungen soweit wie möglich entschärft werden. In vielen Fällen sind dafür besondere Fachkenntnisse und der Einsatz spezieller Software zur Wärmebrückenberechnung und hygrothermischen Bauteilsimulationen erforderlich, was zu Mehraufwand und -kosten bei der Planung führt. Wird der erhöhte Planungsaufwand ignoriert, steigt potentiell das Risiko von Bauschäden, was die historische Substanz gefährdet.

5.2.5 Gebäudetechnik und Energieträger

Lüftung

Der prozentuale Anteil der Lüftungswärmeverluste am Gebäudeenergiebedarf hängt vom Dämmstandard der thermischen Hülle ab. Während er bei unsanierten Gebäuden nur ca. 10% beträgt, steigt er nach einer erfolgten energetischen Sanierung der Gebäudehülle an (je nach Dämmstandard ca. 50%), weil damit die Transmissionswärmeverluste reduziert werden, während die Lüftungswärmeverluste stagnieren. Die Relevanz,

¹¹ Abhängig von Dämmstandard, System (Innen-/Außendämmung) und Anschlussdetails betragen die zusätzlichen Wärmebrückenverluste bei historischen Gebäuden bis zu 15%, bei energieoptimierten Gebäuden bis zu 30% [63]. Bedingt durch die Gebäudegeometrie (Innenecken) können rechnerisch auch Energiegewinne auftreten.

¹² vgl. [48] S.23. Der zusätzliche Energiebedarf wird bei Außendämmung mit ca. 8% beziffert (H'_{T} -Wert um $+0,05\text{W/m}^2\text{K}$ erhöht.) Bei Innendämmung er um 13% (H'_{T} -Wert $+0,1\text{W/m}^2\text{K}$) [19] S.91.

auch über eine Verringerung der Lüftungswärmeverluste nachzudenken, nimmt mit steigendem Dämmstandard also tendenziell zu.

Zu deren Berechnung sind die durchschnittliche Luftwechselrate bzw. der Außenluftvolumenstrom ausschlaggebend. Diese setzt sich aus dem Infiltrationsluftwechsel durch Undichtigkeiten der Konstruktion und dem bedarfsabhängigen Außenluftvolumenstrom zusammen und resultiert aus der jeweiligen Nutzung. Während sich zur Infiltration Annahmen treffen lassen, die auf Untersuchungen beruhen [87], unterliegt die bedarfsabhängige Lüftung, die ohne mechanische Lüftungsanlagen über Fensteröffnung gesteuert wird, starken, vom Nutzerverhalten abhängigen Schwankungen.

Zur Berechnung des Lüftungswärmebedarfs gibt die EnEV 2009 bei Fensterlüftung einen durchschnittlichen Gesamtluftwechsel (Luftwechsel inklusive Infiltration) von 0,7/h vor, bei offensichtlichen Undichtigkeiten 1,0/h und für luftdichtheitsgeprüfte Gebäude 0,5/h. Diese Vorgaben wurden kritisch hinterfragt und leicht abgemindert.

Bei historischen Gebäuden ist die Bandbreite der Luftwechselraten sehr groß. Gegenüber den DIN-Vorgaben von 1,0/h können sie, je nach Zustand des Gebäudes, auch bedeutend höher liegen. Andererseits lässt ein Vergleich zwischen Berechnungen und Energieverbrauchdaten häufig vermuten, dass der Lüftungswärmebedarf bei der Berechnung zu hoch angesetzt wird. Die Baukonstruktion mehrgeschossiger Massivbauten ist in vielen Fällen relativ dicht [87]. Ein Unsicherheitsfaktor, der sich kaum vorhersagen lässt ist das Lüftungsverhalten der Nutzer, welches bisher statistisch nicht ausreichend untersucht wurde.

Für die Gebäudesimulation war ein Wert für den Infiltrationsluftwechsel zu bestimmen und Werte für den Personen oder flächenbezogenen Luftbedarf vorzunehmen. Als Infiltrationsluftwechsel wurde für alle Ausgangsvarianten 0,5/h angesetzt. In den Varianten 5 (Punkt 9.7) wurde dieser Wert weiter verringert auf 0,3/h, bei Einsatz einer mechanische Lüftung mit Wärmerückgewinnung (Punkt 9.7.4) sogar nur 0,15/h. Dieser Wert entspricht den Mindestanforderungen an die Gebäudedichtheit beim Einsatz von mechanischen Lüftungsanlagen. Die getroffenen Entscheidungen basieren auch hier auf Erfahrungswerten des Institutes, die u.a. am Beispiel Görlitz, Handwerk 15 gesammelt wurden.

Diese Annahmen für den Mindestluftwechsel wurden auf Übereinstimmung mit den Anforderungen für die Freie Lüftung gemäß DIN 1949-6:2009-05 Tab. 5 geprüft.¹³ Sie enthalten bereits den Mindestluftwechsel, der zum Abtransport von Schadstoffen aus der Raumluft notwendig ist. Für eine Wohneinheit von 90 m² Nutzfläche mit einer Raumhöhe 2,5m entspricht dies 45m³/h oder einer Luftwechselrate von etwa 0,2/h.

¹³ Für Wohneinheiten mit 90 m² Nutzfläche und einer Raumhöhe 2,5m sind in Gebäuden mit geringem Wärmeschutz für die Nennlüftung etwa 0,5/h, für die reduzierte Lüftung (zum Feuchteschutz durch Infiltration und Außenluftdurchlässe) 0,3/h einzuhalten.

Durch das Öffnen von Fenstern haben die Bewohner von Wohngebäuden ohne mechanische Lüftung darüber hinaus für ausreichend frische Luft zu sorgen.

Deshalb werden folgende Annahmen für die Luftmenge pro Person getroffen, die mit den Vorgaben der DIN vergleichbar sind:

- Pro Person 10,0 l/s = 36m³/h (Wohnen, Schlafen, Flur,)
- Pro Person 12,0 l/s = 43,2 m³/h (WC, Bad, Küche, Speisezimmer)

Da die personenbezogene Lüftung von der Belegung der Räume abhängt, werden diese Luftwechselraten nicht pauschal ganzjährig über 24h angesetzt. Deshalb zeigen die Simulationsergebnisse, dass der Einfluss der nutzerabhängigen Fensterlüftung auf den Lüftungswärmebedarf nur gering ist. Im Ergebnis liegen die Luftwechselraten in der Heizperiode unter diesen Annahmen nur leicht über dem Infiltrationsluftwechsel. Bei der Vorgabe für die Infiltration von 0,5/h liegt der errechnete Luftwechsel beispielsweise meist bei 0,55-0,6/h.

Gebäudetechnik, Anlagenaufwandszahl

Gebäudesimulationsprogramme, die bei der vorliegenden Untersuchung Verwendung fanden, haben ihren Schwerpunkt bei der Berechnung aller Energieflüsse innerhalb des Bauwerks und liefern genaue Ergebnisse bei der Bestimmung des Nutzenergiebedarfs von Gebäuden.

Mit speziellen Anlagensimulationsprogrammen lassen sich dagegen komplexe anlagentechnische Systeme im Gebäude beschreiben und somit die Wechselwirkungen zwischen unterschiedlichen Anlagenteilen abbilden und deren Verluste über das Jahr genau bestimmen. Außerdem ermöglichen sie die Bestimmung von Energieeinsparpotentialen durch den Einsatz erneuerbarer Energien, so dass sich mit Hilfe solcher Spezialwerkzeuge der Endenergiebedarf mit hoher Präzision errechnen lässt.

Beim Einsatz der bei einfachen Wohngebäuden üblichen Anlagentechnik erscheint ein Einsatz von Anlagensimulationen im Allgemeinen nicht notwendig. Die Gebäudesimulation liefert genaue Ergebnisse zum Nutzenergiebedarf, von dem über einen Faktor, der die in der Praxis auftretenden Anlagenverluste pauschal berücksichtigt (Jahresarbeitszahl JAZ), auf den Endenergiebedarf geschlossen werden kann. Für die Berechnung der Energieeinsparpotentialen durch den Einsatz von erneuerbaren Energien wurden vereinfachende Annahmen getroffen und die Berechnung in einer externen Tabellenkalkulation vorgenommen.

Die Auslegung der Heizleistung erfolgt automatisch vom Programm, auf Grundlage eines ausgewählten Wintertages bei Abwesenheit der Nutzer, da in diesem Fall keine internen Gewinne aus der Nutzung auftreten. Bei dem gewählten vereinfachten Berechnungsverfahren bleibt auch die Trägheit der Heizungsanlage unberücksichtigt. Es wird eine Vorheizzeit von einer Stunde für Räume angesetzt, die wegen der Temperaturab-

senkung bei Nichtanwesenheit der Nutzer vor Beginn der Nutzung noch nicht die Solltemperatur erreicht haben.

Als Energieträger für alle Fallbeispiele wurde Erdgas ausgewählt. Etwa 40% des Gebäudebestandes ist deutschlandweit mit Gasheizungen ausgestattet, damit ist Gas häufigster Energieträger für die Beheizung von Gebäuden.

Alle untersuchten Baudenkmale verfügten ursprünglich über traditionelle Kohleofenfeuerung. Diese Technik ist nicht mehr zeitgemäß, entspricht weder den Anforderungen des Emissionsschutzes noch denen des Komforts und ist aus denkmalpflegerischen Gesichtspunkten nur in wenigen Fällen schützenswert.

Bei allen Ausgangsvarianten wird davon ausgegangen, dass bei einer Standardsanierung (auch ohne besondere Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz) die Haustechnik und mit ihr die Heizungsanlage an zeitgemäße Mindestanforderungen angepasst wurde. Deshalb konnten die ursprünglich bestehenden Kohleofenfeuerungen außer Acht gelassen werden.

5.2.6 Klimadaten und Standort

Die Gebäudesimulation macht es möglich, gemessene Klimadaten des Standortes anzusetzen. Bei der Berechnung werden in definierten Zeitschritten (stundenweise) die Auswirkungen der Klimadaten auf das Gebäude ermittelt.

Die Auswahl der richtigen Klimadatensätze beeinflusst das Rechenergebnis erheblich. Derzeit werden am Institut für Bauklimatik Abweichungen des berechneten Energiebedarfs in Abhängigkeit von den Klimadatensätzen untersucht.

Der europäische Klimadatenstandard, das *test reference year* (TRY) Zone 13 Würzburg (früher 05), ist als Referenzklima für Deutschland die Grundlage für gültige DIN-Verfahren zur Beurteilung des Gebäudeenergiebedarfs auf der Basis von Monatsmittelwerten (z.B. DIN 4108-6, DIN V 18599), die für jeden Standort in Deutschland anzuwenden sind. Der nebenstehende Ausschnitt aus der Deutschlandkarte Abb.18 zeigt die vier auf Sachsen entfallenden TRY-Regionen (Region 4, 9, 10, 11).



Abb.18: TRY-Regionen mit Repräsentanzstationen Sachsen, (11.04.2006)

Ziel der Arbeit war es, abweichend von der Norm die Klimadaten des tatsächlichen Standortes in hoher zeitlicher Auflösung (Stundenwerte) anzusetzen, weil dadurch genauere Ergebnisse zu erwarten sind. Damit können beispielsweise die täglichen Strahlungsgänge und solaren Wärmegewinne durch Fenster wie auch die Präsenz von Nutzern auf Stundenbasis beschrieben werden. Dazu wurden bisher die ASHRAE Internati-

onal Weather for Energy Calculations (IWEC)-Klimadatensätze¹⁴ für die Region Berlin angesetzt.

5.2.7 Kalibrierung des Gebäudemodells

Um die Realität möglichst genau abzubilden, waren unbekannte Randbedingungen für die Simulation festzulegen. Die Vorgaben des Programms wurden dafür überprüft und falls nötig verändert, wobei nicht nur die Eigenschaften des einzelnen Fallbeispiels, sondern die der gesamten Fallgruppe im Blick zu behalten waren. Die getroffene Auswahl basiert auf Erfahrungen, die bei der fachlichen Begleitung zahlreicher Sanierungsvorhaben, in letzter Zeit am denkmalgeschützten Wohngebäude in Görlitz, Handwerk 15, gesammelt wurden. Hier werden mit über 200 Sensoren laufend Messwerte aufgenommen und ausgewertet, so dass genügend Daten zur Kalibrierung zur Verfügung stehen. Ein Vergleich dieser Messergebnisse mit den Ergebnissen der DesignBuilder-Simulationen sowie Berechnungen gemäß EnEV 2009 mit dem Programm Hottgenroth Energieberater PLUS ermöglicht Rückschlüsse auf die zu wählenden Randbedingungen. Hier ist weiterer Forschungsbedarf im Rahmen einer Langzeitstudie vorhanden¹⁵.

Alternativ dazu lässt sich der reale Verbrauch eines Einzelgebäudes über längere Zeiträume messtechnisch erfassen und auswerten. Die durchgeführte Umfrage zielt darauf ab (Punkt 0). Messergebnisse unterschiedlicher Gebäude sind nur eingeschränkt vergleichbar, da sie schwankenden Randbedingungen unterliegen. Auch DIN V 18599 enthält aus diesem Grund das Referenzgebäudeverfahren.

Am stärksten beeinflusst das Nutzerverhalten die Randbedingungen bei Wohngebäuden, die damit von vielen Faktoren abhängig sind, beispielsweise von der Altersstruktur der Bewohner, dem gewünschten thermischen Komfort, dem Maß relativer An- bzw. Abwesenheiten von Personen oder temporärem Leerstand. Der Einfluss des regionalen und über Jahre schwankenden Klimas spielt ebenso eine Rolle wie die große Vielfalt der Gebäude- und Bauformen, der historischen Baumaterialien usw.

Um diese Unsicherheiten einzugrenzen, ist ein mittleres repräsentatives Nutzerverhalten anzunehmen, das auf langfristigen statistischen Erhebungen basiert. An dieser Stelle besteht noch Forschungsbedarf. Die hier getroffenen Festlegungen von Randbedingungen basieren weitgehend auf Erfahrungswerten des Instituts für Bauklimatik.

¹⁴ http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather_data.cfm

¹⁵ Der aktuelle Forschungsstand wird u. a. auf der Passivhaustagung 2010 in Dresden präsentiert. Vgl. dazu auch [6], [7]

5.3 Beurteilung der Denkmalverträglichkeit

Aufgabe des Denkmalschutzes ist es nicht nur, für den Erhalt eines bestimmten Erscheinungsbildes zu sorgen. Wichtiger – aber auch schwieriger – ist es, darüber hinaus den möglichst langfristigen Erhalt der originalen Bausubstanz zu sichern, um kommenden Generationen nicht nur Abbilder, sondern Kulturdenkmale in ihrer ganzen Zeugnis- und Informationsdichte überliefern zu können. Während sich das Erscheinungsbild eines Gebäudes, das zwischenzeitlich verändert wurde, möglicherweise wieder herstellen lässt, ist die Beseitigung überlieferter Bausubstanz durch Ersatz nicht aufzuwiegen; sie bedeutet den endgültigen Verlust des historischen Zeugniswertes.¹⁶

Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von Baudenkmalen müssen daher drei Bedingungen erfüllen:

1.) Substanzerhalt

Beim Eingriff muss der Substanzerhalt gewährleistet sein. Unvermeidbare Substanzverluste sind nur hinnehmbar, wenn sie in der Gesamtrelation minimiert sind und nachweislich nicht zum schleichenden Verlust weiterer Schichten, sondern zum Erhalt des Denkmals beitragen (z. B. indem sie langfristig eine angemessene Nutzung gewährleisten).

2.) Erscheinungsbild

Das Erscheinungsbild darf nicht dauerhaft deutlich beeinträchtigt (verunstaltet) werden. Bei der Ermittlung von hier akzeptablen Grenzwerten sind städtebauliche Summierungseffekte und damit auch der Aspekt des Präzedenzfalles zu berücksichtigen. Denn eine vielleicht nicht sonderlich störende Verfremdung eines einzelnen Gebäudes kann im Wiederholungsfall zur völligen Verunstaltung bzw. zum Verlust wichtiger, das Ortsbild prägender Qualitäten führen.

3.) Eingriffe

Eingriffe sollten möglichst additiver Natur sein, um sie ohne Verluste wieder rückgängig machen zu können. Dies ist auch deshalb von Bedeutung, weil für einen Großteil der heute zum Einsatz kommenden energetischen Sanierungsverfahren noch keine Langzeiterfahrungen vorliegen. Hier ist von deutlich kürzeren Verschleiß- bzw. Veraltungszeiträumen auszugehen als bei den überlieferten Baukonstruktionen. Gleiches gilt für anlagentechnische Teile.

Diesen Bedingungen entsprechend wurden drei Kriterien der Denkmalverträglichkeit zugrunde gelegt:

- Erhalt der Substanz (des materiellen Zeugniswertes)

¹⁶ Hierin liegt der Grund, weshalb in der Denkmalpflege, anders als in weiten Bereichen des Naturschutzes, die so genannten starken Nachhaltigkeitskriterien gelten müssen [85].

- Erhalt des Erscheinungsbildes (der Wirkungsmöglichkeit durch Gestaltwerte, Lesbarkeit, Identifizierbarkeit)¹⁷
- Reversibilität (Möglichkeit des schadensfreien Rückbaus der Maßnahme)

Die beiden ersten Kriterien sind wesentlich qualitativer Natur (Wertsetzungen). Eine Beurteilung von Veränderungen oder Verlusten an der Denkmalsubstanz oder an dem geschützten Erscheinungsbild kann nur relational in Bezug zum konkreten Denkmalwert – der stets am individuellen Einzelfall zu bestimmen ist – erfolgen.¹⁸

Diese differenzierte Beurteilung der einzelnen Maßnahmen an den konkreten Fallbeispielen wurde am 23.3.2010 im Landesamt für Denkmalpflege Sachsen gemeinsam mit den Fachkollegen Dr. Pinkwart und Dr. Ritschel vorgenommen. Zunächst erfolgte eine detaillierte Vorstellung der Fallbeispiele (Punkt 6.3), wobei die Objekte den Anwesenden bereits bekannt waren. Dabei fanden Denkmalbegründungen des Landesamtes und Fotografien Verwendung, welche die Gebäude vor und nach der Sanierung dokumentieren.

Anhand der konkreten Beispiele wurden für jede Fallgruppe die bei den einzelnen Energieeffizienzmaßnahmen in der Regel zu erwartenden Eingriffe in Substanz, Struktur und Erscheinungsbild der Baudenkmale diskutiert. Größtmögliche Nachvollziehbarkeit sollte durch die Trennung von beschreibenden und bewertenden Aussagen (Sach- und Wertebene) sowie durch klar definierte, gemeinsam festgelegte Kriterien (Punkt 8), erreicht werden.¹⁹

Auf der Sachebene wurden zunächst die in der jeweiligen Fallgruppe normalerweise auftretenden Denkmalwerte (gem. DSchG) betrachtet. Diese sind beispielhaft in den durch das Landesamt für Denkmalpflege erstellten Denkmalbegründungen beschrieben. (Punkt 13.4) Hier waren vor allem diejenigen Charakteristika der Baudenkmale zu berücksichtigen, in denen sich diese innerhalb einer Fallgruppe ähnlich sind oder systematisch weiter untergliedern lassen²⁰. Da es sich jeweils um typische Gebäudegruppen handelt, schieden die Gesichtspunkte der Seltenheit bzw. Einmaligkeit bei der weiteren Betrachtung aus.

Daran schloss sich eine Betrachtung der einzelnen Energieeffizienzmaßnahmen hinsichtlich ihrer Auswirkung auf diese Charakteristika an. Die Bewertung der Einzelmaßnahmen erfolgte auf einer Skala entsprechend der Schutzwürdigkeit/Bedeutung der Bauwerke bzw. ihrer Teile im Hinblick auf den historischen Zeugniswert, auf künstlerische oder

¹⁷ Vgl. den Begriff „sensorieller Wert“ in der UVP [62]

¹⁸ vgl. dazu auch [22], [67], S.32

¹⁹ Vgl. [67], S. 32

²⁰ Analog zu der Anmerkung in der Bewertungsmatrix des SMI

regionaltypische Merkmale und die strukturelle und visuelle Integrität des historischen Bauwerks.

Um eine gut ablesbare Auswertung zu ermöglichen, wurde eine gebräuchliche fünfstufige Beurteilungsskala (++, +, 0, -, --) gewählt. Die Zuordnungen erfolgten als abwägende Einzelfallentscheidungen anhand weitgehend objektiv benennbarer Kriterien, die unter Punkt 8 erläutert werden.

Während der Beurteilung der Einzelfälle stellte sich heraus, dass viele Entscheidungen über die Beispiele und sogar Fallgruppen hinweg sich wiederholten. Deshalb wurden im Rahmen der Expertenrunde nicht alle Objekte vollständig bewertet, mindestens aber ein Objekt jeder Fallgruppe:

- Radebeul, Bischofsweg 30 (Objekt-Nr.:01)
- Dresden, Bautzner Straße 183 (Objekt-Nr.:13)
- Radebeul, Pestalozzistraße13 (Objekt-Nr.:26)
- Dresden, Talstr. 9 (Objekt-Nr.:36)
- Dippoldiswalde, Große Wassergasse 8 (Objekt-Nr.:32)
- Zittau, Bautzner Str. 11 (Objekt-Nr.:37)

Alle weiteren Objekte wurden später analog zu dieser Vorgehensweise beurteilt.

Die erwähnte Wiederholung von Bewertungen betrifft bauteilbezogene Einzeleffekte. Dennoch liegen die typologischen und fallgruppenspezifischen Eigenschaften am konkreten Baudenkmal jeweils in individueller Ausformung vor. Häufig treten auch weitere, nicht typisierbare Eigenschaften hinzu, die z. B. gerade aufgrund ihrer Seltenheit zum Denkmalwert beitragen oder diesen sogar konstituieren. Deshalb soll und kann mit der vorgenommenen Bewertung der Denkmalverträglichkeit typisierter Ertüchtigungsverfahren nicht der Einzelfallentscheidung bei konkreten Maßnahmen vorgegriffen werden.

Um verallgemeinerungsfähige Rückschlüsse und Aussagen für eine Fallgruppe zu ermöglichen, wurden die Bewertungsergebnisse in eine numerische Skala von 0 bis 100% umgerechnet. Daraus wurden Mittelwerte für jede Fallgruppe gebildet. Farbige Pfeile veranschaulichen diese Ergebnisse in der Bewertungsmatrix ebenfalls in 5 Stufen. Während die Farben Rot („nicht zu empfehlen“) und Grün („i. d. R. unbedenklich“) deutliche Ergebnisse signalisieren, bezeichnen drei verschiedene gelbe Pfeile das Prädikat „zu prüfen“ und zeigen darüber hinaus mit der Richtung eine positive (nach oben), gleichbleibende (nach rechts) oder negative (nach unten) Tendenz der Beurteilung an.

5.4 Baukonstruktive Beurteilung

Das Verfahren zur Beurteilung denkmalpflegerischer Aspekte wurde in ähnlicher Form zur Bewertung weiterer Kriterien herangezogen. Entsprechend dem Expertengespräch im LfD fand am 21.4.2010 am Institut für Bauklimatik ein Kolloquium statt. Mit der Unterstützung eingeladener Fachleute diskutierten die Anwesenden darüber, wie der Einfluss der untersuchten Maßnahmen auf das Schadensrisiko der Gesamtkonstruktion zu beurteilen ist. In gleicher Weise fand dabei das fünfstufige Beurteilungsverfahren (++, +, 0, -, --) Verwendung.

Bei der Diskussion kam zum Ausdruck, dass besonders zur Bewertung baukonstruktiver Auswirkungen auf die Substanz eine eindeutige Definition der Kriterien²¹ und deren klare Abtrennung voneinander notwendig ist. Dies erscheint nur dann möglich, wenn die Zuordnung zum jeweiligen Kriterium eindeutig gelingt, was aber nicht immer der Fall ist.

Die Einordnung des Risikos biogenen Befalls (Algen) bei WDVS-Fassaden wurde beispielsweise kontrovers diskutiert. Der Standpunkt, dass es sich dabei nur um eine optische Beeinträchtigung des Erscheinungsbildes handelt, nicht aber um einen Mangel im Sinne eines Bauschadens, konnte nicht von allen Teilnehmern geteilt werden. Die Beurteilung dieses Problems fand deshalb unter dem Kriterium „Werthaltigkeit“ Berücksichtigung.

Nicht eindeutig zuzuordnen war beispielsweise der zusätzlich notwendige Konstruktionsfläche für Innendämmungen (Verringerung der Mietfläche), was sowohl eine Einschränkung der Nutzbarkeit aber auch als ökonomisches Kriterium bewertet werden kann.

Darüber hinaus ist eine baukonstruktive Bewertung der Maßnahmen generell stark abhängig von der Art der Konstruktion und der Qualität der verwendeten Baustoffe. Durch Verwendung minderwertiger Materialien können beispielsweise bei der Einblasdämmung u.U. Setzungen des Dämmstoffes auftreten, welche den Effekt der Dämmung örtlich stark vermindert.

Da nicht alle der untersuchten Maßnahmen Einfluss auf die Baukonstruktion haben, konnten die mit der Optimierung der Anlagentechnik oder der regenerativen Energieerzeugung verbundenen Maßnahmen 7-9 (Punkt 9.10) von der Betrachtung ausgeklammert werden. Sie wurden mit dem Prädikat „unverändert“ bewertet.

²¹ vgl. Definitionen der Kriterien (Punkt 8)

6 Fallgruppen und Fallbeispiele

6.1 Festlegung von Fallgruppen

Der Energiebedarf eines Gebäudes hängt im Wesentlichen von seiner geometrischen Form und Größe, von der Konstruktion der Bauteile sowie den jeweiligen Standort- und Nutzungsbedingungen ab. Soll der Energiebedarf sinken, so sind alle oder einzelne dieser Faktoren zu optimieren.

Zu den festen Größen bei Bestandsgebäuden gehört der Standort mit seinen Klimabedingungen. Variable Größen sind die Nutzungsrandbedingungen und die Baukonstruktion mit den jeweilig verwendeten Materialien. Diese spiegeln bei historischen Gebäuden häufig regionale Besonderheiten der Bauzeit wider.

Bestehen an einem historischen Gebäude keine Eingriffsmöglichkeiten in die Substanz, müssen die Nutzungsrandbedingungen (Raumlufttemperaturen) geändert werden, um den Energiebedarf zu senken. Sollen hingegen Randbedingungen der Nutzung (Wohnen) bestehen bleiben und der thermische Komfort sogar verbessert werden, sind Änderungen an der Bausubstanz nötig, um die gewünschten Einsparungen zu erzielen.

Nur sehr eingeschränkt veränderbar ist die Form und Größe der Gebäude durch An- und Umbauten. Sie beeinflusst den Energiebedarf jedoch stark (Einfluss des A/V-Verhältnisses).

Gestützt auf eine statistische Analyse der Typologie des sächsischen Wohngebäudebestandes²², wurde deshalb in Abstimmung mit der Arbeitsgruppe eine Einteilung in Fallgruppen nach verschiedenen Gebäudetypen mit definierten Kriterien vorgenommen. Im Rahmen der weiteren Bearbeitung wurde diese Einteilung überprüft und in Absprache mit Dr. Pinkwart (LfD) erweitert und differenziert.

Dazu wurden, wie bereits in Punkt 0 beschrieben, drei Hauptgruppen nach der Bauform bzw. der Art der städtebaulichen Anordnung unterschieden, nämlich offene, halboffene und geschlossene Bauweise. Diese Klassifikation ist in der Denkmalpflege unüblich, aber im Hinblick auf eine energetische Bewertung sinnvoll, weil die städtebauliche Anordnung wesentlichen Einfluss auf den Energiebedarf der Gebäude hat.

Die Hauptgruppen sind weiter unterteilt in neun Untergruppen, von denen hier fünf bearbeitet werden konnten. Diese repräsentieren jene Baualtersgruppen, bei denen wesentliche baulich-konstruktive und damit auch energetisch relevante Unterschiede bestehen. Diese Einteilung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie erfasst aber die für Sachsen quantitativ wichtigsten Gruppen historischer Wohnbauten gut und ermöglicht so die Untersuchung von Fallgruppen entsprechend dem Projektziel und -umfang.

Die folgende Aufstellung zeigt die Fallgruppen mit den zugeordneten Fallbeispielen.

²² Studie des Ingenieurbüros ebök [12]

A OFFENE BAUWEISE

A.1	Freistehende Wohnstallhäuser auf dem Land aus dem 18./19. Jh. <i>Ländliche Einfirsthäuser (oft als Teil größerer Anlagen), Massivbau mit Satteldach, teils holzverschalt, Mischformen mit ursprünglich landwirtschaftlicher Nutzung, ohne Sonderkonstruktionen (Umgebinde)</i>		
	Beispiel 1	Radebeul - Zitzschewig	Bischofsweg 30
	Beispiel 2	Nossen OT Eula	Hauptstraße 33
A.2	Dicht angeordnete freistehende Miethäuser, 1850-1900 <i>Drei oder mehr Etagen, teilweise mit ausgebautem Dach, meist einfachere Ausführung in Ziegelbauweise mit Klinker- oder Putzfassade, häufig Kastenfenster</i>		
	Beispiel 1	Dresden - Neustadt	Bautzner Straße 183
	Beispiel 2	Radebeul -	Robert-Werner-Platz 6
A.3	Villenartige Mehrfamilienhäuser, 1890-1920 <i>Freistehende Miethäuser in Garten-Vorstädten, drei oder mehr Etagen mit ausgebautem Mansarddach, quadratischer Grundriß von ca. 15-18m Seitenlänge in Ziegel-Bauweise, Putz- oder auch Klinkerfassaden, meist Kastenfenster</i>		
A.4	Villen / villenartige Wohnbauten des 19. und frühen 20. Jahrhunderts <i>Freistehende Wohnhäuser in Gärten, urspr. oft als Einfamilien-Einheiten errichtet; individuelle, unterschiedlich gestaltete Einzelbauten mit großzügig dimensionierten Raumfolgen, anspruchsvoller Detailsausbildung und Ausstattung, inzwischen häufig zu Mehrfamilienhäusern adaptiert</i>		

B HALBOFFENE BAUWEISE

B.1	Doppel- oder Reihenhäuser, teilweise als Typenhäuser <i>Überwiegend schlichte Wohnbauten, oft als Arbeiterwohnhäuser errichtet, mit ein-zwei Etagen, ausgebautes Satteldach, unterschiedliche Bauweisen (Sandstein, Ziegel, Mischmauerwerk), Putzfassaden, meist Einfachfenster mit Winterfenster</i>		
B.2	Siedlungsbauten 1920-1950er Jahre <i>Schlichte Wohngebäude der Zwischen- und Nachkriegszeit, als Zeilenbebauung, zurückhaltende Gestaltung der Fassaden mit einfach gegliederten Putzfassaden, teilweise akzentuiert mit Ziegelbändern</i>		
	Beispiel 1	Dresden -	Leipziger Straße 286/288/290
	Beispiel 2	Radebeul -	Pestalozzistraße 13

C GESCHLOSSENE BAUWEISE (Blockrandbebauung)

C.1	Mehrgeschossige Reihenhäuser des 19. Jh. bis 1870 <i>Überwiegend schlichtere Wohnhäuser mit drei Etagen und ausgebautem Satteldach, in unterschiedlicher Bauweise (Sandstein, Ziegel, Mischmauerwerk) mit Putzfassade, oft Einfachfenster mit Winterfenster.</i>		
	Beispiel 1	Dippoldiswalde - Altstadt	Große Wassergasse 8
	Beispiel 2	Freiberg - Altstadt	Donatsgasse 21
C.2	Mehrgeschossige Reihenhäuser 1870-1920 <i>Typische Wohnbauten der Gründerzeit in Blockrandbebauung, meist mit Mansarddach, Dachgaupen. Aufwändige Fassadengestaltung an der Straßenseite mit Werksteinornamenten, geliederte Putz oder teilweise Klinkerfassaden, Hofseiten einfache Putzfassaden mit Fenstergewänden aus Werkstein</i>		
	Beispiel 1	Dresden äußere Neustadt	Talstraße 9
	Beispiel 2	Zittau -	Bautzener Straße 11
C.3	Siedlungsbauten 1920er-50er Jahre <i>wie Fallgruppe B. 2 in geschlossener Bauweise</i>		

Abb. 19: Typologie, wichtige / relevante Fallgruppen (1800-1950) mit Einordnung der Fallbeispiele

6.2 Sammlung und Einordnung von Fallbeispielen

Wie beim ersten Treffen der Arbeitsgruppe des SMI am 13.08.2009 vereinbart, benannten die Teilnehmer Objekte (je 2-3 pro Interessenvertretung), die unter wirtschaftlichen, denkmalpflegerischen und energetischen Gesichtspunkten geeignet erschienen. Entsprechende Vorschläge für 45 repräsentative Fallgruppenbeispiele stellten Mitglieder der Arbeitsgruppe bei der Sitzung am 30.10.2009 zur Diskussion.

Aus diese ersten Sammlung denkmalgeschützter Wohngebäude, die in jüngerer Vergangenheit saniert und energetisch ertüchtigt wurden, sollte eine Auswahl geeigneter Projekte für eine genauere Untersuchung unter Energieeffizienz- und Referenzgesichtspunkten erfolgen.

Dafür mussten allerdings detaillierte energetische und denkmalpflegerische Informationen zum Gebäude verfügbar sein, insbesondere:

- Zeichnungen und Planunterlagen
- Fotos (vor und nach Sanierung)
- Antrag auf denkmalpflegerische bzw. Baugenehmigung sowie Bescheid über denkmalpflegerische Auflagen
- gegebenenfalls Energiepass sowie
- Heizenergieverbrauchsdaten

Für eine detaillierte Auswertung und Simulation mussten sämtliche dieser Unterlagen zur Verfügung stehen. Dafür waren Gespräche mit Eigentümern, Verwaltern, Planern und Denkmalpflegern mitunter bei Vorortterminen notwendig. Angesichts des knapp bemessenen Untersuchungszeitraumes war für die Auswahl letztlich auch der Zeitfaktor ausschlaggebend. Zur Verbesserung der Datenlage wurden vom Institut für Bauklimatik weitere Objekte hinzugefügt, wenn dafür bereits alle Informationen zur Verfügung standen. Andererseits standen für die Fallgruppe „Siedlungsbauten der 20er bis 50er Jahre“ (B.2, C.3) am Ende mehrere sehr gut geeignete Objekte zur Auswahl, von denen die zwei Objekte bearbeitet wurden, für die am schnellsten alle Informationen verfügbar waren. Die Einordnung und Auswahl der Untersuchungsobjekte erfolgte wiederum in Absprache mit Dr. Pinkwart (LfD).

Sämtliche Objekte sind in der Objektliste (Anhang 1 – Objektliste, Punkt 13.1) aufgeführt. Die Liste enthält auch eine Begründung zur Auswahl für die Detailuntersuchung bzw. die Umfrage (Punkt 0) und dokumentiert die Recherche notwendiger Informationen.

6.3 Beschreibung der Fallbeispiele

Der folgende Abschnitt stellt die zehn für die Detailuntersuchung ausgewählten Fallbeispiele dar. Obwohl alle gewählten Beispiele die spezifischen Eigenschaften der jeweiligen Fallgruppe in guter Weise repräsentieren, verfügen alle auch über Besonderheiten, die weniger typisch für die Fallgruppe sind.

Beispiel dafür ist u. a. die Vielzahl zusätzlich vorhandener Nutzungen in Wohngebäuden, die insbesondere an innerstädtischen Standorten auftritt. Gewerbeeinheiten im Erdgeschoss enthalten die Objekte Radebeul, Robert-Werner-Platz 6 (Bürofläche) und Zittau, Bautzner Straße 11 (Café/Restaurant). Auch bei den Beispielen in Dresden, Talstraße 9 und Leipziger Straße 186,288,290 waren ursprünglich Läden im Erdgeschoss vorhanden, die derzeit aber als Wohnungen genutzt werden.

Detaillierte Kenndaten der untersuchten Gebäude sind in Datenblättern dokumentiert:

- Anhang 2 – Gebäudesteckbriefe (Punkt 13.2)
- Anhang 3 – Gebäudekenndaten (Punkt 13.3)
- Anhang 4 – Denkmalbegründungen (Punkt 13.4)
- Anhang 5 – Fotodokumentationen (Punkt 13.5)

6.3.1 Fallgruppe A.1 – Wohnstallhäuser (18./19.Jh.)

Radebeul, Bischofsweg 30 (Obj.-Nr. 01)



Abb.20: Radebeul, Bischofsweg 30, Straßenansicht Bestand (03/2008)



Abb.21: Radebeul, Bischofsweg 30, Straßenansicht nach Sanierung (04/2009)

Das zweigeschossige Winzerhaus der Lößnitz auf den Grundmaßen 20 x 7,5m weist die typisch durchgesteckte Erschließung auf. Das Erdgeschoss besteht aus einer Massivkonstruktion aus Sandstein (58cm) oder Mischmauerwerk, das Obergeschoss ist als

Sichtfachwerk ausgeführt. Das mit Biberschwänzen gedeckte Dach enthält Schleppegauen, der Dachraum darunter ist unbeheizt. Das Erdgeschoss erhielt allseits eine Innendämmung (Ziegelvorsatzschale). Im Obergeschoss konnte an der Straßenseite durch diese Konstruktion das Sichtfachwerk erhalten bleiben. Die abseitigen Fassaden des OG wurden außen gedämmt und mit einer hinterlüfteten Holzverschalung versehen. Der seitliche Anbau wird zu Wohnzwecken genutzt. Weitere Informationen über die ausgeführten Maßnahmen enthält die Denkmalbegründung (Punkt 13.4.).

Bei der Gebäudesimulation wurde der vorhandene Kriechkeller weggelassen, da kaum Temperaturunterschiede im Vergleich zu erdreichberührten Bauteilen zu erwarten sind und der Einfluss auf den Energiebedarf damit gering ist. Die angenommenen Konstruktionen beruhen grundsätzlich auf Informationen, die sich aus der Genehmigungsplanung des Planungsbüros Kempe (16.4.2008) ergeben und zum Teil telefonisch erfragt wurden. Nur in einigen Punkten wurden diese Konstruktionen für die Berechnung abgewandelt. An Stelle der Ziegelvorsatzschale wurde Calciumsilikat als Material der Innendämmung (mit $\lambda=0,65 \text{ W/mK}$) gewählt, da dieses in Bezug auf Kapillaraktivität über günstigere Eigenschaften verfügt, die insbesondere bei Fachwerk mit Schlagregenbelastung von Bedeutung sind. Die obere Geschossdecke wurde nur zwischen den Deckenbalken auf den Einschüben mit Zellulose-Flocken (auch Mineralwolle möglich) gedämmt. Damit bleibt der Dachstuhl unberührt, das Höhenniveau des Fußbodens unverändert und einem späteren Dachgeschossausbau steht nichts im Wege.

In der Kombination der Maßnahmen lässt sich der Endenergiebedarf für Heizung von etwa 120.000kWh/a auf ca. 30.000 kWh/a senken („Faktor 4“).

Beim Vergleich der H'_T -Werte fällt auf, dass durch Dämmung des Erdgeschoss-Fußbodens eine größere Verbesserung erzielt wird als durch die Dämmung des Daches. Das Ergebnis ist Folge der Baustoffwahl und zeigt deren Bedeutung für die Gesamtenergieeffizienz.

Nossen, OT Eula, Hauptstraße 33 (Obj.-Nr. 02)



Abb.22: Nossen, OT Eula, Hauptstr. 33, Ansicht Südost vor Sanierung (2002)



Abb.23: Nossen, OT Eula, Hauptstr. 33, Ansicht Südseite nach Sanierung (2010)

Das zweigeschossige Wohnstallhaus auf den Grundmaßen 25 x 8,5m weist im Erdgeschoss eine Massivkonstruktion aus Naturstein oder Mischmauerwerk auf. Das Obergeschoss hingegen ist in Fachwerk ausgeführt, das teilweise sichtbar belassen, zum Teil verschalt ist. Auf dem Einfirstdach sorgen Schleppgaupen für die Belichtung des bewohnten Dachraums. Hier erfolgte eine Nutzungsänderung mit Dachausbau, der bereits bei der Ausgangsvariante Berücksichtigung fand. Seitlich versetzt zum Hauptgebäude befindet sich der Anbau des ehemaligen Stalls, der aber bei der Gebäudesimulation ebenso außer Acht gelassen wurde, wie der Kriechkeller.

Abb.22 zeigt das Gebäude vor der Sanierung 2002. Der schlechte Bauzustand erforderte umfangreiche Maßnahmen. Zur energetischen Ertüchtigung kamen diverse, an die jeweilige Situation angepasste konstruktive Lösungen zum Einsatz. Für die Gebäudesimulation musste das Modell vereinfacht, die Anzahl der Konstruktionen verringert werden.

Trotzdem konnte bei diesem Gebäude eine gute Übereinstimmung zwischen realem Verbrauch (ca. 17.000kWh/a, Angabe des Eigentümers) und den Ergebnissen der Gebäudesimulation gezeigt werden. Bei Verknüpfung der Varianten „Geothermie (Variante 10) sowie „Kombination von Maßnahmen“ (Variante 90) wurde ein Bedarf von 17.233 kWh/a errechnet.

Im Vergleich zum Fallbeispiel in Radebeul, Bischofsweg 30 (Objekt 01) weist dieses Gebäude vor der Sanierung einen bedeutend niedrigeren spezifischen Heizenergiebedarf auf (220 kWh/m²a). Trotz bedeutend größerer Energiebezugsfläche (450 gegen 274m²) liegt der Heizenergiebedarf leicht unter dem des Vergleichsobjektes.

6.3.2 Fallgruppe A.2 – Freistehende Mietshäuser (1850-1900)

Dresden, Bautzner Straße 183 (Obj.-Nr. 13)



Abb.24: Dresden, Bautzner Straße 183, Ansicht vor der Sanierung (ca.2007)



Abb.25: Dresden, Bautzner Straße 183, Ansicht nach der Sanierung (03/2010)

Das vorgründerzeitliche Mietwohngebäude ländlicher Prägung auf den Grundmaßen 15 x 10,5m ist ein in Vorstädten häufig anzutreffendes Beispiel von Wohngebäuden seiner Zeit. Die Massivkonstruktion besteht aus Ziegelmauerwerk, im Kellergeschoss auch aus Sandstein. Die allseitigen Schauffassaden sind wenig gegliedert, die Fenstergewände bestehen aus Sandstein. Das Gebäude wurde 2009 energetisch saniert. Als Grundlage für das rechnerische Gebäudemodell dienten Zeichnungen der Genehmigungsplanung vom 14.2.2007. Diese ging von der Änderung der Dachneigung und einer Innendämmung aus. Davon abweichend wurde aber letztlich nur ein dünnes Wärmedämmverbundsystem (ca. 5cm) an allen Fassadenseiten angebracht. Die Fenstergewände wurde vorgesetzt, um das Erscheinungsbild zu wahren und Anschlussdetails weitgehend wärmebrückenfrei ausführen zu können. Ein Dachboden ist nicht vorhanden, so dass Variante 2 (Obere Geschossdecke) entfällt. Da die Dämmstärke des Fußbodens gegen Erdreich bzw. zum Kellergeschoss nicht ermittelt werden konnte, wurden 8cm Dämmung unter dem Estrich angenommen.

Radebeul, Robert-Werner-Platz 6 (Obj.-Nr. 14)



Abb.26: Radebeul, Robert-Werner-Platz 6, Ansicht Südseite (Straße) vor Sanierung



Abb.27: Radebeul, Robert-Werner-Platz 6, Ansicht Südseite (Straße) nach Sanierung (2009)

Das gründerzeitliche, freistehende Mietwohngebäude auf den Grundmaßen 19 x 11m besteht aus einer Massivkonstruktion aus Ziegelmauerwerk, im Keller teilweise aus Sandstein. Die Fassade ist mit Klinker dekorativ verblendet und enthält reiche Werksteingliederungen. Doppelgaupen dienen zur Belichtung des bewohnten Mansardgeschosses. Der Dachboden darüber ist unbeheizt.

Bei der Sanierung 2007 wurden das Dachgeschoss und die obere Geschosdecke gemäß den Anforderungen der EnEV2007 gedämmt, die Fußböden im Erdgeschoss mit einer 12cm starken Dämmschicht unter dem Estrich und die hofseitige Fassade mit einem WDVS (8cm) versehen. An den übrigen Außenwänden wurden keine Maßnahmen vorgenommen. Bei der Simulation von Kombinationen von Maßnahmen ist für die Außenwände eine Innendämmung (6cm) angenommen worden, die alternativ realisierbar gewesen wäre.

6.3.3 Fallgruppe B.2 – Siedlungsbauten (1920-1950)

Dresden, Leipziger Straße 286, 288, 290 (Obj.-Nr. 25)



Abb.28: Dresden, Leipziger Straße 286, 288, 290, Straßenansicht vor Sanierung



Abb.29: Dresden, Leipziger Straße 286, 288, 290, Straßenansicht nach Sanierung (03/2010)

Das typische Mietwohngebäude aus den 1920er Jahren auf den Grundmaßen 44 x 11m besitzt drei Vollgeschosse und ein Mansarddach mit darüber liegendem unbeheiztem Dachboden. Die drei Hausabschnitte (mit drei Eingängen) wurden als ein Gebäude betrachtet und bewertet. Deshalb wurde das Gebäude in die Kategorie halboffene Bebauung (Fallgruppe B) eingeordnet.

Die Massivkonstruktion besteht aus Ziegelmauerwerk, die Geschossdecken sind als typische Holzbalkendecken ausgeführt, die aus Schallschutzgründen zusätzlich mit einer abgehängten Konstruktion (Dämmung 5cm) aufgerüstet wurden. Im Falle der oberen Geschossdecke zum unbeheizten Dachboden wurde zwischen die Balken zusätzlich eine Wärmedämmung eingebracht (ca. 8cm). Die Decke über dem Kellergeschoss ist eine Stahlbeton-Hohldielenkonstruktion. Die Dämmung der Kellerdecke erfolgte von unten mit 6cm Kematherm, einem zementgebundenen Faserdämmstoff, der aufgespritzt wurde. Die Außenwände wurden nicht gedämmt, Untersuchungen zu Einsatzmöglichkeiten einer Innendämmung erfolgten zwar, es kam aber nicht zu Ausführung, so dass seitens des Planers²³ Feuchteprobleme befürchtet werden.

²³ Telefongespräch mit Herrn Wiesner am 11.2.2010

Radebeul, Pestalozzistraße 13 (Obj.-Nr. 26)



Abb.30: Radebeul, Pestalozzistraße 13, Ansicht Straßenseite vor der Sanierung



Abb.31: Radebeul, Pestalozzistraße 13, Ansicht Straßenseite nach Sanierung

Ein weiteres Beispiel für Mietwohngebäude der 1920er Jahre ist das dreigeschossige Gebäude mit teilweise ausgebautem Dachgeschoss und Spitzboden auf den Grundmaßen 14 x 11m. Die Massivkonstruktion besteht aus Ziegelmauerwerk, die Geschossdecken sind einfache Holzbalkendecken. Bei der Sanierung 2009 wurde das Dach zwischen den Sparren mit 10-12cm Dämmung versehen, die Wände zu unbeheizten Bereichen im Dachgeschoss mit ca. 5cm. Die obere Geschossdecke wurde mit Zellulosefasern (Isoloc) gedämmt, wofür die Dielung aufgenommen wurde. Die Kellerdecke besteht aus einer Stahlbeton-Hohldielendecke, die mit 6cm Wärmedämmung von unten versehen wurde. Die rückwärtigen Fassaden wurden mit einem dünnen WDVS (4-5cm) versehen, die Straßenseite mit einem Wärmedämmputz (5cm). Die Fenster waren bereits 2001 ersetzt worden. Die zurückhaltenden Putzornamente wurden nachgebildet bzw. übertragen (Anhang 5 – Fotodokumentationen, Punkt 13.5).

Für das Gebäude standen nur wenig aussagekräftige Zeichnungen zur Verfügung, die aber zur Erstellung eines Gebäudemodells genügten. Ein sehr ausführlicher Energieberatungsbericht²⁴ war Grundlage für die ausgeführten Maßnahmen zur Energieoptimierung. Die darin vorgeschlagenen energetischen Maßnahmen gehen bedeutend weiter als das, was letztlich realisiert wurde.

²⁴ Bericht zur Energiesparberatung des Ingenieurbüro Energie – Umwelt (IBEU) vom 23.2.2006

6.3.4 Fallgruppe C.1 – Mehrgeschossige Reihenwohnhäuser (19.Jh.-1870)

Dippoldiswalde, Große Wassergasse 8 (Obj.-Nr. 32)



Abb.32: Dippoldiswalde, Große Wassergasse 8, Ansicht Straßenseite vor Sanierung



Abb.33: Dippoldiswalde, Große Wassergasse 8, Ansicht Straßenseite nach Sanierung (03/2010)

Das zweigeschossige, städtische Wohngebäude von 1826 mit ausgebautem Dachgeschoss und darüber befindlichem Spitzboden steht stellvertretend für viele in allen Klein- und Mittelstädten vorhandene vorindustrielle Gebäude in Blockrandbebauung. Es diente als Heimstätte von Handwerkern und Kaufleuten. Auf den Grundmaßen 12 x 14m wurde die Massivkonstruktion aus Ziegel- oder Mischmauerwerk errichtet, die sich nach außen mit einer schlichten Putzfassade präsentiert. Das Erdgeschoss enthielt eine gewerbliche Nutzung, seit der Sanierung 2009 wird es aber vollständig von alten Menschen zur Kurzzeitpflege bewohnt. Die typische Wohnnutzung ist damit verändert. Es gibt viele kleine Wohnräume mit Kochnischen, gemeinsame Badezimmer und einen behindertengerechten geräumigen Flurbereich. Diese Nutzung hat Auswirkungen auf den Energiebedarf. Die Belegung ist permanent (im Gegensatz zum verwendeten Nutzungsprofil, Punkt 5.2.3). Um die in Wohngebäuden eigentlich vorhandenen Küchen abbilden zu können, wurden bei der Berechnung die Nutzungseinheiten virtuell unterteilt, so dass aus reinen Wohnbereichen kombinierte Wohnküchen wurden. Die teilweise vorhandenen Gemeinschaftsbäder wurden entsprechend dem derzeitigen Zustand belassen.

Freiberg, Donatsgasse 21 (Obj.-Nr. 33)



Abb.34: Freiberg, Donatsgasse 21, Ansicht Straßenseite vor Sanierung



Abb.35: Freiberg, Donatsgasse 21, Ansicht Straßenseite während der Sanierung 03/2010

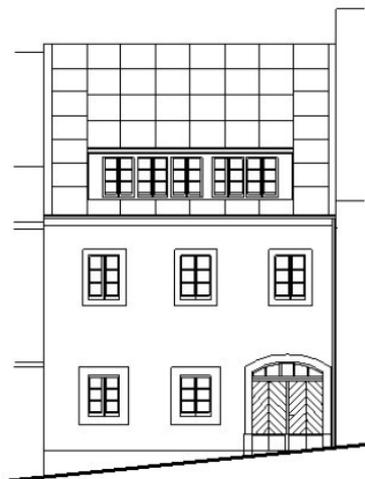


Abb.36: Freiberg, Donatsgasse 21, Ansicht Straßenseite Planung

Das zweigeschossige Wohngebäude in der Altstadt von Freiberg wurde 1850 nach einem Brand wiedererrichtet. Mit den Grundmaßen 8,5 x 10m (Anbau 13,5) im Blockrand der engen Straße gebaut, ähnelt es äußerlich dem anderen Vertreter der Fallgruppe (Objekt 32) sehr. Damit wird deutlich, wie groß die Übereinstimmung der Gebäude diesen Typs ist, der in allen sächsischen Klein- und Mittelstädten vorkommt. Vorindustriell erbaut, war er Heimstätte von Handwerkern und Kaufleuten und wurde zugleich gewerblich genutzt. Das Dachgeschoss ist bis in den Giebel ausgebaut, so dass die Untersuchungsvariante 2 (obere Geschossdecke) hier nicht in Frage kam. Die Massivkonstruktion besteht im unteren Bereich oft aus Naturstein, nach oben hin zunehmend auch aus Misch- oder Ziegelmauerwerk hinter schlichten Putzfassaden. Die Erdgeschosse sind häufig gewerblich genutzt.

Derzeitig wird das Gebäude energetisch auf ein hohes Niveau saniert, das über die gesetzlichen Anforderungen der EnEV 2009 hinausgeht. Gebäudeteile, in denen sich die älteste und damit wertvollste Substanz befindetet, werden in Zukunft zum Größten Teil nur noch extensiv als temperierte Eingangshalle bzw. als Garage genutzt. Eine solche Herangehensweise stellt den Schutz der historischen Konstruktion mit den vorhandenen Wandmalereien aus dem 19. Jahrhundert sicher und ermöglicht es gleichzeitig, starke Eingriffe in die Substanz durch Dämmmaßnahmen zu vermeiden.

Im Hof befindet sich ein weniger bedeutsamer, eingeschossiger Anbau, der im Zuge der Sanierung entkernt, unterkellert (Einbau eines saisonalen Speichers) und aufgestockt wird. Dabei entsteht über dem Zugang zum Hof ein überkragendes Bauteil in moderner Formensprache, dessen Bodenfläche außenluftberührt ist. Dieses ist ebenso wie alle anderen neu hinzugefügten Bauteile nicht als typisch für diese Hausgattung zu betrach-

ten enthält weder historische Konstruktionen noch Materialien und ist aus diesem Grund nicht zum historischen Bestand zu rechnen.

Bei der Gebäudesimulation sind diese modernen Anbauten deshalb fortgelassen oder enthalten, falls dies nicht möglich war, die zeitgemäßen Konstruktionen bereits in der Ausgangsvariante. Damit lässt sich auch hier das Einsparpotenzial durch Umsetzung energetischer Maßnahmen am historischen Teil des Gebäudes bestimmen, das aber durch die extensive Nutzung großer Teile des historischen Bestandes relativ gering ausfällt. Insofern ist die Auswahl dieses Gebäudes kritisch zu betrachten. Andererseits repräsentiert das Fallbeispiel damit zahlreiche denkmalgeschützte Wohnbauten, deren Substanz nur noch in Teilen original erhalten ist, die häufig überformt und in jüngerer Zeit ergänzt wurde.

6.3.5 Fallgruppe C.2 – Mehrgeschossige Reihenwohnhäuser (1870-1920)

Dresden (Äußere Neustadt), Talstraße 9 (Obj.-Nr. 36)



Abb.37: Dresden, Talstraße 9, Ansicht Straßenseite während der Sanierungsarbeiten 1996



Abb.38: Dresden, Talstraße 9, Ansicht Hofseite während der Sanierungsarbeiten 1996

Es handelt sich um ein typisches spätgründerzeitliches Mietwohngebäude in Blockrandbebauung auf den Grundmaßen 19 x 11m. Obwohl auf einem der beiden Nachbargrundstücke (Talstraße 11) eine Baulücke besteht, wurde bei der energetischen Berechnung von einer bestehenden Bebauung ausgegangen, um die Regelsituation der Fallgruppe zu berücksichtigen. Innerhalb dieser Fallgruppe nehmen Eckbebauungen (an Straßenecken) eine Sonderposition ein. Sie verfügen über einen höheren Außenwandanteil und ein davon abweichendes A/V-Verhältnis und werden aus diesem Grund mit diesem Fallbeispiel nicht repräsentiert.

Die Massivkonstruktion des 3-geschossigen Gebäudes mit typischem Mansarddach besteht hauptsächlich aus Ziegelmauerwerk, z. T. auch aus Sandstein (Keller). Außer der Kellerdecke (Kappendecke) sind die Geschosdecken als typische Holzbalkendecken

ausgeführt und der Dachaufbau ist ebenfalls typisch für die Bauzeit. Die Fassaden der Hof- und Straßenseite sind unterschiedlich aufwändig gearbeitet. Während die repräsentative Straßenseite über Werksteinschmuck aus Sandstein verfügt und in den Obergeschossen mit Klinkern verblendet ist, verfügt die Rückseite nur über eine einfache Putzfassade mit Sandstein-Fenstergewänden. Bereits 1997 wurde das Haus energetisch saniert. Dabei wurde Caliciumsilikat als Dämmmaterial erprobt und zwar an der Straßenseite als Innendämmung (3cm) und auf der Hofseite als Außendämmung (5cm) hinter einer hinterlüfteten Vorhangfassade (Schlageregenschutz). Außerdem erfolgte der Anschluss an das zentrale Wärmenetz der DREWAG mit einem Primärenergiefaktor von 0,12. Bei der Bewertung dieser Maßnahme wurde aber davon abweichend der deutschlandweite Durchschnittswert gem. DIN V 18599-1:2007-02, Tab. A.1 angesetzt.

Die Planungs- und Bauzeit sowie anschließende Messungen im Zeitraum 1996-2001 wurden durch das Institut für Bauklimatik der TU Dresden begleitet. Der Verbrauch an Fernwärme lag im Jahresmittel (1997-2000) bei ca. 62.000 kWh/a, was etwa 100kWh/m²a entspricht, während das Ergebnis der Gebäudesimulation bei Kombination verschiedener Maßnahmen ein Jahresheizwärmebedarf von nur 30.000 kWh/a errechnet.

Für die Berechnung des energetischen Einsparpotenzials wurden diese Konstruktionen verändert. Die Innendämmung wurde mit 6cm angenommen, für die Außendämmung auf der Hofseite wurden 10cm EPS mit der WLG035 angesetzt. Die Schmuckelemente an der Straßenseite wurden vernachlässigt.

Zittau, Bautzner Straße 11 (Obj.-Nr. 37)



Abb.39: Zittau, Bautzner Str. 11, Ansicht vor Sanierung (vor 2000)



Abb.40: Zittau, Bautzner Straße 11, Ansicht nach Sanierung (2006)

Die Informationen zu diesem Fallbeispiel wurden von den Kollegen der Fakultät Bauwesen an der Hochschule Zittau-Görlitz, Prof. Dr. Ing. J. Bolsius, Prof. Dr. Ing. H. Löber und seinem Mitarbeiter Herrn M. Zymek freundlich zur Verfügung gestellt. Als Untersuchungsobjekt im Forschungsvorhaben „Energetische Verbesserung der Bausubstanz, Teil 3: Sanierung von Wohngebäuden aus der Gründerzeit (...)“ als Teil des EnSan²⁵ wurde die Sanierung des gründerzeitlichen Wohngebäudes zwischen 2003 und 2006 von ihnen wissenschaftlich begleitet. Teil dieser Arbeit war auch die Entwicklung so genannter „Zuluft-Kastenfenster“, mit dem Langzeitmonitoring zur Betriebsoptimierung und einer Befragung von Mietern. Das Objekt wurde ausgewählt, weil viele Informationen durch die Zusammenarbeit vorlagen und auf die Erfahrungen zurückgegriffen werden konnte.

Mit dem Betrieb einer mechanischen Abluft-Anlage mit Wärmerückgewinnung wurden in diesem Gebäude gute Erfahrungen gesammelt. Eine geregelte Mindestluftmenge wird aus den Feuchträumen (Bäder, Küchen) abgeführt, Frischluft strömt über so genannte Zuluft-Kastenfenster durch die Wohnräume über Überströmöffnungen nach. Die mit Hilfe der Wärmepumpe der Fortluft entzogene Wärmemenge wird zur Trinkwasservorwärmung genutzt. Nachteil dieser Lüftungsanlage ist die eingeschränkte Regelbarkeit nach dem jeweiligen Bedarf einzelner Zonen, da alle Zonen in einem System gekoppelt sind.

Eine Besonderheit, die bei der Beurteilung des Energiebedarfs dieses Gebäudes berücksichtigt werden muss, ist die Nutzung des Erdgeschosses als Café. Der Energiebedarf des Gebäudes wird dadurch stark beeinflusst, insbesondere der Luftwechsel. Für diese Funktionseinheit sind als zusätzlicher Luftbedarf je m² Grundfläche 20m³/h angenommen. Die Kennwerte für den Energiebedarf von Wohngebäuden sind dadurch verfälscht. Darüber hinaus ist auch die in diesem Fall Wohnnutzung spezifisch. Es handelt sich um studentisches Wohnen, bei dem im Mietpreis die Energiekosten enthalten sind (Warmmiete). Dementsprechend gering erscheint nach Angaben der Planer bei einigen Mietern der Wille zum sparsamen Umgang mit Energie.

Beim Vergleich von zwischen Messungen des Heizenergieverbrauchs (88.600 kWh/a, [46] S. 59) und der Berechnung mittels Gebäudesimulation (69.000 kWh/a) zeigt weitgehende Übereinstimmung.

Bei den Baumaßnahmen wurde das Dachgeschoss bis in den Giebel hinein ausgebaut, so dass keine Variante 2 (Obere Geschossdecke) vorhanden ist. Eine weitere bauliche Besonderheit ist ein Lichtschacht, der vom Dachgeschoss bis ins 1. Obergeschoss für die Belichtung des Treppenraumes sorgt. Er wurde als unbeheizter Raum definiert.

Das Gebäude ist giebelständig im Blockrand eingepasst. Der Einsatz von Photovoltaik oder solarthermischen Anlagen kann in solchen Fällen günstiger beurteilt werden, wenn sie vom Straßenraum aus nicht einsehbar sind.

²⁵ EnSan (Energetische Sanierung) ist Teil der EnOB-Forschung (Energieoptimiertes Bauen) des BMWi

6.3.6 Weitere Fallbeispiele

Die nachfolgenden Objekte waren zunächst für eine Untersuchung vorgesehen, konnten aber nicht mehr bearbeitet werden. Die notwendigen Unterlagen waren in diesen Fällen bereits zusammengetragen, fanden aber keine Berücksichtigung mehr, weil für die entsprechende Fallgruppe (Siedlungsbauten der 20er-50er Jahre) bereits an zwei Objekten gearbeitet wurde, bzw. weil die gesamte Fallgruppe zurückgestellt wurde.

- Freiberg, Talstraße 5-9 (Wohnungsbaugesellschaft Freiberg, Herr Siegels)
- Pirna, Rottwerndorfer 77/79 (VGWG Pirna, Herr Schäfer)
- Pirna Lucas-Cranach-Straße (VGWG Pirna, Herr Schäfer)
- Radebeul, Dr.-Külz-Str. 22 (GWG Radebeul, Herr Wendler)
- Dresden, Augsburger Straße 58 (BGV GmbH)

In Punkt 6.2 sind weitere Objekte genannt, die als Fallbeispiele ausgewählt wurden, aber nicht bearbeitet werden konnten.

7 Umfrage zu Erfahrungen bei realisierten Sanierungen

7.1 Ziel der Umfrage

Das Arbeitskonzept vom 3.12.2009 verfolgt eine zweiteilige Strategie. Zum einen sollten Aussagen zu Einsparpotentialen ausgewählter Maßnahmen an konkreten Objekten mit Hilfe des Werkzeuges Gebäudesimulation getroffen werden und diese anschließend einer denkmalpflegerischen Beurteilung unterzogen werden. Dazu war es notwendig, über die zu untersuchenden Fallbeispiele allgemeine, baukonstruktive, energetische und denkmalpflegerische Informationen zu recherchieren.

Andererseits sollten die Ergebnisse der Detailuntersuchung mit Hilfe einer Umfrage zu ca. 20 weiteren Objekten überprüft und damit auf eine breitere statistische Basis gestellt werden. Neben den Informationen über die zehn Untersuchungsobjekte waren deshalb ähnliche Erhebungen für ein bis zwei weitere Objekte pro Fallgruppe erforderlich (Punkt 5.2).

7.2 Durchführung

Ein Fragebogen, der in Abstimmung mit Dr. Pinkwart erstellt wurde, bildete die Grundlage für die Umfrage. Um bei der ohnehin niedrigen Objektanzahl geringe Rücklaufzeiten der Umfrage zu vermeiden, wurde diese unter Eigentümern, Verwaltern und Planern telefonisch durchgeführt oder fand persönlich statt.

Der Fragebogen diente zur Gesprächsvorbereitung und als Leitfaden. Um einen Kompromiss zwischen dem für eine Auswertung wünschenswerten Detaillierungsgrad und dem für die Befragten zumutbaren Aufwand zu finden, mussten Kürzungen erfolgen. Die gesammelten Informationen flossen in eine Datenbank ein, deren wichtigste Kenndaten in Gebäudesteckbriefen zusammengefasst sind.²⁶

Aus einer Vorauswahl von insgesamt 45 Objekten (100%)²⁷ wurden 37 (82%) angefragt. Sechs Objekte entfielen aus Zeitgründen, zwei weitere, weil sie zu nicht betrachteten Fallgruppen gehörten.

Im Ergebnis der Umfrage konnte nur für 17 Fälle (38%) ausreichend Datenmaterial erhoben werden, um sie zur Beurteilung in der Pilotstudie aufzunehmen. Objekte der halboffenen und geschlossenen Bauweise sind dabei überdurchschnittlich repräsentiert. Gründe für den Ausschluss zahlreicher Objekte waren: Ein Gebäude war kein Baudenkmal, bei neun Objekten lag kein ausreichendes Datenmaterial vor, drei weitere gehörten zur nicht betrachteten Gruppe der Villen, sechs waren Umgebendehäuser, die wegen ihrer Spezifik nicht in die Beurteilung einbezogen wurden, ein Objekt entfiel aufgrund seines von der Fallgruppe abweichenden Baualters.

²⁶ Anhang 2 – Gebäudesteckbriefe, Punkt 13.2

²⁷ Anhang 1 – Objektliste, Punkt 13.1

7.3 Ergebnis der Umfrage

Die Ergebnisse der Umfrage zu weiteren Objekten waren wenig ergiebig, da die benötigten Daten häufig nicht verfügbar waren oder nicht über eine ausreichend hohe Qualität verfügten. Die für eine erfolgreiche Umfrage notwendige enge Kooperation mit Eigentümern, Verwaltern und Planern konnte nicht wie erhofft erreicht werden.

Probleme gab es insbesondere bei Fragen zu den Konstruktionen des Bestandes und der Sanierungsvariante. Teilweise lagen die Sanierungen schon sehr lange zurück oder es waren kurzfristig keine Dokumentationen beschaffbar.

Auch die Erhebung von Verbrauchsdaten stellte sich als schwierig dar. Daten zum Energieverbrauch vor der Sanierung sind generell schwer zu ermitteln, wenn es sich bei der bestehenden Heizungsanlage um kohlegefeuerte Einzelöfen handelt, da in diesem Fall Bezug und Abrechnung jedem Mieter selbst überlassen ist und nicht gebäudezentral erfolgt. Verbrauchsdaten nach der Sanierung waren oft noch nicht vorhanden.

Im Übrigen ist die Verlässlichkeit und Relevanz von Verbrauchsdaten zweifelhaft, weil Nutzerstruktur, Leerstand oder auch jährliche Klimaschwankungen diese beeinflussen. Es ist notwendig, Verbrauchsdaten klimabereinigt auszuwerten, was im zeitlichen Rahmen der Studie nicht möglich war. Ein Vergleich zwischen Verbrauchsdaten und Ergebnissen der Gebäudesimulation, wie er anfangs geplant war, gelang deshalb nur in drei Fällen. An zwei Fallbeispielen (Objekt-Nr.: 02, 37) konnte dabei weitgehende Übereinstimmung festgestellt werden, bei einem Beispiel (Objekt-Nr.: 36) lag das Berechnungsergebnis etwa 50% unter dem gemessenen Verbrauchswert.²⁸

Fragestellungen in Bezug auf eine denkmalpflegerische Beurteilung konnten nur ansatzweise vom Eigentümer oder Verwalter beantwortet werden. Deshalb wurden die Akten der Baugenehmigung eingesehen, um Auflagen des Denkmalschutzes zu erfassen. Darüber hinaus lieferten Vertreter des Landesamtes für Denkmalpflege (LfD) für alle Untersuchungsobjekte Denkmalbegründungen.²⁹

Im Rahmen der Gespräche mit Wohnungsgesellschaften (u.a. mit ..., ...) konnte die Richtigkeit der Aussagen in Punkt 9.7.2 belegt werden. Dabei wurde deutlich, dass in der Praxis das Schadensrisiko durch Feuchte (Schimmel) immer dann höher ist, wenn Fenster erneuert, aber keine Maßnahmen zur Wärmedämmung ergriffen wurden. Aus diesem Grund gehen einzelne Gesellschaften dazu über, zumindest die Gebäudeecken nachträglich von außen zu dämmen, um die Wirkung der geometrischen Wärmebrücke zu reduzieren.

²⁸ Vgl. Objektbeschreibungen (Punkte 6.3.1 und 6.3.5)

²⁹ Vgl. Anhang 4 – Denkmalbegründungen, Punkt 13.4

8 Bewertungskriterien

Wie unter Punkt 0 beschrieben, waren die zu untersuchenden Bewertungskriterien methodisch vorab festgelegt worden. In der Bewertungsmatrix (Punkte 4.4 und 5.1) werden diese den untersuchten Maßnahmen gegenübergestellt und als Ergebnisse jeweils einzeln für die betrachtete Fallgruppe dargestellt (Punkt 10.2)

Für eine umfassende Bewertung von Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz an Baudenkmalern sind neben energetischen und denkmalpflegerischen Kriterien eine Vielzahl weiterer, grundsätzlich relevanter Gesichtspunkte zu berücksichtigen. Sie waren im Rahmen der Studie nicht endgültig zu beurteilen, sollten aber zumindest im Blickfeld behalten werden. Dazu gehören die allgemeine ökologische Verträglichkeit, langfristige Auswirkungen auf die gesamte Baukonstruktion und die Nutzerfreundlichkeit.

Mit der Einbeziehung solcher Kriterien nähert sich die Studie der Betrachtungsweise des Nachhaltigen Bauens für Neubauten³⁰ an, bei der die ökologische, ökonomische und soziokulturelle Qualität der Gebäude sowie technische und prozessuale Aspekte über den gesamten Lebenszyklus des Gebäudes berücksichtigt werden. Für die Studie wurden diese Kriterien angepasst und auf die Belange des Denkmalschutzes abgestimmt. Der folgende Abschnitt listet diese auf und legt deren Randbedingungen fest.

Das Thema Wirtschaftlichkeit, das bei einer Beurteilung der Maßnahmen eine zentrale Rolle spielt (Lebenszykluskosten), konnte im Rahmen der Studie nur in einigen Teilaspekten behandelt werden. Es war bewusst nicht Inhalt der Arbeit und muss einer gesonderten bau- und immobilienwirtschaftlichen Beurteilung vorbehalten bleiben.

Nicht ausreichend konnte bisher auch auf das Kriterium „Standortmerkmale“ eingegangen werden, obgleich diesem Aspekt besondere Wichtigkeit zukommt. Ein großer Anteil von Baudenkmalen befindet sich in Ballungszentren (Altstädte), bei denen der Energieaufwand für Infrastruktur, Versorgung und Verkehr in der Regel geringer ausfällt, als bei Neubauten, die an der Peripherie errichtet werden. Dieser Aspekt relativiert auch häufig die Energieeffizienz der Gebäude selbst und muss in einer volkswirtschaftlichen oder ökologischen Gesamtbilanzierung Beachtung finden.³¹

Zur Beurteilung der Maßnahmen anhand der hier beschriebenen Kriterien kamen zwei Verfahren zur Anwendung, deren Methodik unter Punkt 0 beschrieben ist. Während das energetische Einsparpotenzial (8.1 und 8.2) sowie die Verbesserung der Behaglichkeit (8.3.1) jeder Maßnahme sich prozentual errechnen ließen, wurde die Beurteilung aller Folgeaspekte anhand weiterer Kriterien mittels eines fünfstufigen Bewertungsverfahrens in Anlehnung an das Verfahren der Nutzwertanalyse vorgenommen (5.3, 5.4).

³⁰ vgl. Methode zur Bewertung der Nachhaltigkeit des BMVS [90]

³¹ vgl. [73] S. 10-14

8.1 Ökologische Verträglichkeit

Die Ökobilanz bewertet sechs umweltrelevante Auswirkungen der Herstellung, Nutzung und Entsorgung von Stoffen:

- Abiotischer Ressourcenverbrauch (ADP)
- Ozonabbau Potenzial (ODP)
- Treibhauspotenzial (GWP 100a)
- Versauerungspotenzial (AP)
- Eutrophierungspotenzial (EP)
- Sommersmogpotenzial (POCP)

Zur Beurteilung der ökologischen Verträglichkeit der untersuchten Maßnahmen wurden drei als relevant erachtete Kriterien aufgestellt.

Neben dem berechneten Einsparpotenzial an Primärenergie (Q_p) sind die CO_2 -Bilanz bzw. die in den Baumaterialien enthaltene Graue Energie über den gesamten Lebenszyklus³², sowie der Ressourcenverbrauch der jeweiligen Maßnahme zu berücksichtigen.³³

Bei der vorliegenden Untersuchung wurde zunächst auf das primärenergetische Einsparpotenzial fokussiert. Auch zu den anderen Kriterien konnten vereinzelt Aussagen getroffen werden, wohl wissend, dass hierfür eine tiefer gehende Analyse nötig ist.

8.1.1 Einsparpotenzial Primärenergie

Grundlage für die Beurteilung des primärenergetischen Einsparpotenzials der Maßnahmen bilden die mittels Gebäudesimulation ermittelten Endenergiekennwerte der Gebäudevarianten. Unterschieden wird dabei einerseits nach Endenergie für die Heizwärme (Heizung und Trinkwassererwärmung) und andererseits für den Strombedarf (8.2). Die Umrechnung von Endenergie in Primärenergie erfolgt anhand geltender Primärenergiefaktoren. Diese Faktoren werden von unabhängigen Gutachtern geprüft und gem. DIN 4701-10 bewertet. Bei der Interpretation der Ergebnisse muss jedoch Berücksichti-

³² vgl. dazu insbesondere [30]

³³ DIN EN ISO 14040:2006-10 Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen sowie DIN EN ISO 14044:2006-10 Umweltmanagement - Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen

gung finden, dass diese Faktoren veränderlich und in gewisser Weise auch politisch motiviert sind³⁴ (siehe Punkt 9.10.3).

Die spezifischen Energiekennwerte wurden auf die Energiebezugsfläche A_E gemäß VDI 3878 Blatt 1 bezogen, also auf die beheizte Nettogrundfläche (NGF) des Gebäudes.

Das Ergebnis der Berechnung des primärenergetischen Einsparpotenzials zeigt Abb.41.

Besonders groß ist das primärenergetische Einsparpotenzial bei der Kombination unterschiedlicher Maßnahmen (35-65%, Punkt 9.9), gefolgt Verwendung von Fernwärme aus Groß-Kraft-Wärme-Kopplung (19-30%, Punkt 9.10.3) und Umweltwärme (17-27%, Punkt 9.10.4).

Als wirksamste Dämmmaßnahme ist die Außendämmung mit 11-39% zu nennen (Punkt 9.6). Am geringsten wirken sich dagegen die Einsparpotenziale bei Dämmung der Bodenplatte und der oberen Geschosdecke aus, wobei diese Maßnahme in Verbindung mit der Dämmung des Daches zu betrachten ist.

Energetische Einsparpotenziale

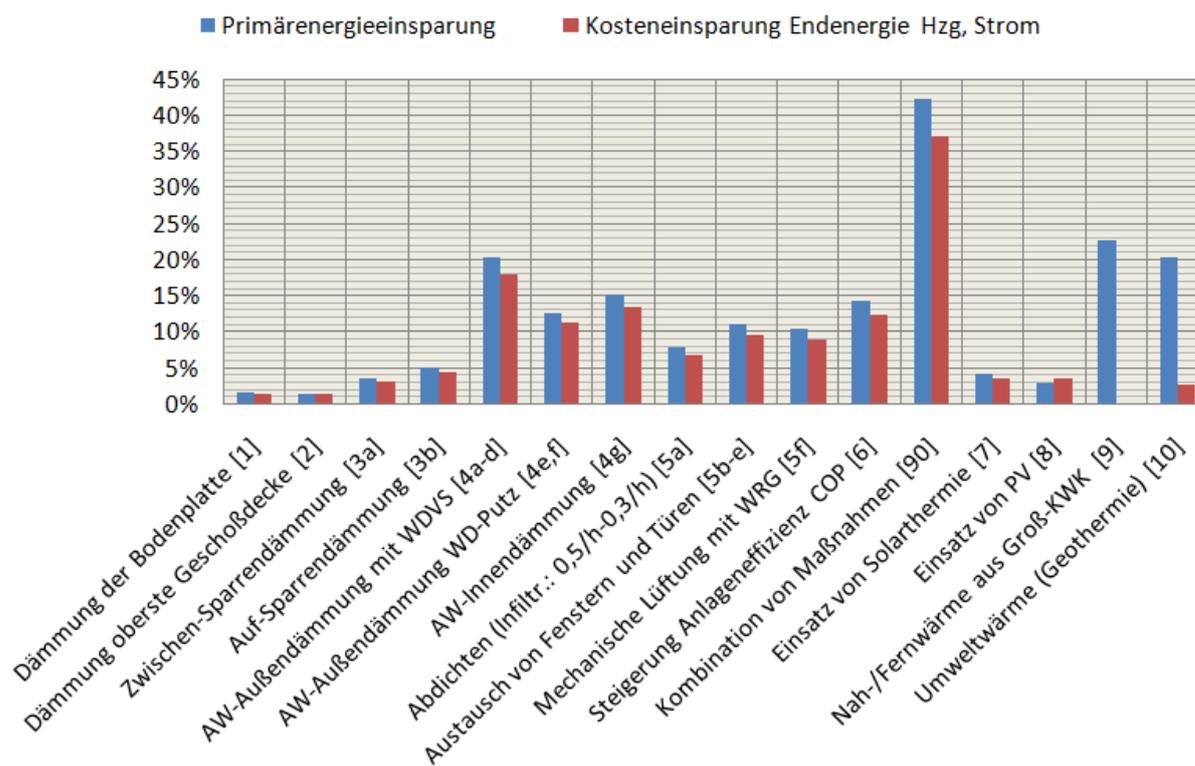


Abb.41: Mittlere Einsparpotenziale für Primärenergie (Q_p) und Kosten für Energiebezug (Gas, Fernwärme, Strom)

³⁴ Der steigende Stromanteil aus erneuerbaren Energiequellen führte mit Einführung der EnEV 2009 zur Senkung des f_p -Faktors für Strom von 2,7 auf 2,6.

8.1.2 CO₂-Bilanz und Ressourcenverbrauch

In den Gruppen CO₂-Bilanz und Ressourcenverbrauch wurden jeweils mehrere Kriterien zusammengefasst. Aus dem Blickwinkel des Klimaschutzes werden in der ersten Kategorie (CO₂-Bilanz) Maßnahmen und die dafür verwendeten Baustoffe über den gesamten Lebenszyklus betrachtet, wobei der energetische Aufwand für Herstellung, Transport, Einbau, Rückbau Recycling und Entsorgung (graue Energie) zu berücksichtigen ist.

In der anderen Kategorie sind Kriterien wie Ressourcenverbrauch, Stoffkreislauf, Rezyklierbarkeit, Toxizität beim Produktionsprozess anfallender Stoffe, Nachhaltigkeit und Effizienz zusammengefasst. Dazu gehören auch gebäudeexterne Faktoren, wie der erhebliche Einfluss von Standort, Städtebau, Erschließung etc. für den Gesamt-Ressourcenverbrauch der Gebäudenutzung.

Beide Themenkreise sind miteinander verbunden, hochkomplex und werden derzeit weltweit bearbeitet. Als Grundlage stehen ansatzweise Informationssammlungen zur Verfügung, die zur Beurteilung des Ressourcenverbrauchs bei Umsetzung ausgewählter Maßnahmen notwendig sind. Diese sind aber längst nicht vollständig. Als Beispiel sei die webbasierte Datenbank zur ökologischen Verträglichkeit von Baustoffen ECOBIS2000 / WECOBIS der Forschungsinitiative Zukunft Bau erwähnt. Auch am Institut für Bauklimatik wurden zu diesem Thema Untersuchungen durchgeführt, in diesem Fall zum Ressourcenverbrauch beim Einsatz von Innendämmungen mit Calciumsilikat³⁵.

Ein Problem, das sich bei dem Versuch einer allgemeinen Beurteilung der hier angesprochenen Kriterien stellt, ist unter anderem die große Auswahl möglicher zu verwendender Baumaterialien. Die Vielfalt ist so groß, dass generalisierende Aussagen, wie sie im Rahmen dieses Projektes ins Auge gefasst wurden, kaum möglich erscheinen.

Im Rahmen der Studie konnte bisher nur eine generalisierende Aussage zum Wärmedämmverbundsystem (WDVS) getroffen werden. Auf Grund seiner Eigenschaften als Verbundwerkstoff, für den es derzeit kein geeignetes Trennverfahren der Komponenten im Recycling-Prozess gibt, wurde die Verwendung dieses Baustoffes in dieser Kategorie negativ bewertet.

8.2 Betriebskosten für den Energiebezug

Dieses Kriterium bewertet die prozentuale Kosteneinsparung für Endenergie, die durch eine Optimierung der Energieeffizienz des Gebäudes möglich wird. Nicht berücksichtigt werden konnten dabei die Investitionskosten für die Durchführung der Maßnahmen, da

³⁵ Die Studie stellt eine Ökobilanz für die CALSITHERM[®]-Klimaplatte auf und bewertet dabei u.a. das Treibhauspotential (GWP 100a). Es wird mit 503 kg CO₂-Äquivalent pro m³ angegeben. Überschläglich lassen sich diese Emissionen nach zwei bis drei Jahren Nutzungszeit am Gebäude einsparen.

diese von vielen Einzelfaktoren (u.a. Gesamtumfang der Baumaßnahme, Kombination mit anderen Modernisierungsschritten) abhängen. Das Ergebnis bezieht sich demnach nur auf die laufenden Betriebskosten für den Energiebezug. Diese Größe hat bedeutenden Einfluss auf die Betriebskosten und die Höhe des Mietpreises und damit auf die Vermietbarkeit der Immobilie.

Die entstehenden Kosten für den Bezug der Energie setzt sich zusammen aus den Bestandteilen für den Bezug von Wärme für Heizung und Trinkwasser (als Energieträger wurde Gas bzw. Fernwärme gewählt) und Strom (Beleuchtung, Haushaltsstrom, Hilfsenergie).

Nach der Bestimmung des Energiebedarfs mittels Gebäudesimulation separat für Gas und Strom konnte anschließend die Summe der Energiebezugskosten für beide Energieträger gebildet werden. Als aktueller Durchschnittspreis für Gas wurden dabei 6Ct/kWh³⁶, für Fernwärme (KWK) 9Ct/kWh und für Strom 20Ct/kWh angenommen, was dem aktuellen Preisniveau nahe kommt.

Ein Vergleich der Ergebnisse der primärenergetischen Untersuchung mit den errechneten Einsparungen von Energiebezugskosten (Abb.41) zeigt, dass der Einsatz erneuerbarer Energien (Varianten 7, 8, 10) oder klimaneutral hergestellte Wärme / Abwärme (Variante 9b KWK) aus wirtschaftlichen Gründen derzeit nicht als Ausgleich für einen höheren Heizwärmebedarf nicht herangezogen werden kann. Maßnahmen, die zu einer Senkung des Primärenergiebedarfes führen, erscheinen zwar als Ausgleich für einen höheren Endenergiebedarfes bei Baudenkmalen aus ökologischer Sicht wünschenswert, wenn etwa Maßnahmen zur Verringerung der Wärmeverluste am Gebäude nicht möglich sind. Sie tragen aber wenig zur Senkung der Betriebskosten für den Energiebezug bei, weil die Energiepreise unabhängig von ihrer Herkunft stets vom Marktpreis abhängig sind.

Besser als diese Maßnahmen kann man die Steigerung der Effizienz bei der Anlagentechnik bewerten. Dennoch liegen hier weniger betriebsökonomische Einsparpotenziale als in der Kombination verschiedener Maßnahmen zur Reduktion der Transmissionswärmeverluste. Aus diesem Grund sollten unter dem Gesichtspunkt der reinen Energiebezugskosten solche Möglichkeiten, die den Verbrauch von Energie tatsächlich verringern und mit den Belangen des Denkmalschutzes vereinbar sind, vorrangig ausgeschöpft werden [68].

³⁶ [20] setzt als Preis für Heizenergie 6,6 Ct/kWh an, so dass die von uns errechneten Einsparpotenziale im Vergleich etwas niedriger ausfallen.

8.3 Technische Qualität

8.3.1 Behaglichkeit

Verschiedene Aspekte der Behaglichkeit wie Wohnhygiene, Wohnphysiologie, Innenraumluftqualität oder thermische Behaglichkeit und Innenraumklima sind getrennt voneinander zu bewerten³⁷ und wurden als Maß für die Nutzerfreundlichkeit eines Gebäudes dem Kriterium der technischen Qualität zugeordnet.

Eine Beurteilung der Raumluftqualität, u.a. der CO₂-Konzentration oder des Schadstoffgehalts in der Raumluft, wurde nicht vorgenommen, weil davon auszugehen ist, dass mit dem Einhalten der Mindestluftwechselraten im Wohnungsbau, unabhängig vom der zu untersuchenden Maßnahme, die maximale Schadstoffkonzentration nicht überschritten wird.³⁸ (Punkt 9.7.4.)

Da sich durch die Optimierung des Wärmeschutzes der Gebäudehülle gleichzeitig die thermische Behaglichkeit verbessert, erfolgte im Rahmen der Studie eine Beurteilung der thermischen Behaglichkeit des Innenraumklimas.

Anhand der Ergebnisse der Gebäudesimulation konnte ermittelt werden, wie groß die Verbesserung der thermischen Behaglichkeit durch die Umsetzung der unterschiedlichen Maßnahmen ist. Eine ganze Reihe von Faktoren u.a. die Raumlufttemperatur, Operativtemperatur, Raumluftfeuchte, Luftgeschwindigkeit, Bekleidungs-, Aktivitätsgrad der Personen fließen in die Untersuchung ein. Die Raumluftfeuchte ist beispielsweise ein Parameter, der vom Außenklima, der inneren Feuchteproduktion und von der Luftwechselrate bestimmt wird. Sie sollte zwischen 45% und 75% liegen, weil zu niedrige Luftfeuchte die Schleimhäute belastet, zu elektrostatischen Aufladungen und zur Erhöhung der Staubkonzentration führt. Überhöhte Raumluftfeuchte dagegen erschwert den menschlichen Wärmeaustausch, fördert Schimmelpilzwachstum und führt zu Schäden an der Baukonstruktion. Ziel der Anforderungen ist es, ein zeitlich konstantes thermisches Feld im Raum zu gewährleisten³⁹.

Gemäß geltender Norm wird als Maß für die thermische Behaglichkeit der PMV-Index (*Predicted Mean Vote*) nach Fanger herangezogen und raumweise getrennt für die Sommer und die Winterzeit bestimmt wird. Sollwert der Behaglichkeit ist ein Index von $-0,5 < PMV < +0,5$, was einem Prozentsatz Unzufriedener (PPD: Predicted Percentage of Dissatisfied) von weniger 10% entspricht.

Das Diagramm Abb.42 stellt die Verbesserung des Fanger-Index durch Realisierung der Maßnahmen im Jahresmittel als Durchschnitt über alle Gebäudezonen und Fallbeispiele dar. Es zeigt die positive Auswirkung von Dämmmaßnahmen auf die thermische Behag-

³⁷ EN 15251:2007 S. 24 sowie [69]

³⁸ Anforderungen gemäß DIN 1946-6:2009-05, Tab.5

³⁹ gemäß DIN EN ISO 7730:2006-03

lichkeit. Diesen Werten wurde das Jahresmittel der Strahlungstemperaturen aller raumschließenden Bauteile gegenübergestellt, die als wichtiges Kriterium in die Berechnung des PMV eingeht und mit dem Fanger-Index gut korreliert.

Eine Bewertung anhand des gemittelten PMV-Index wäre aber irreführend, weil sich positive (entspricht zu warm, im Sommer) und negative (entspricht zu kalt, im Winter) Ergebnisse unter Umständen gegenseitig ausgleichen. Dieser Effekt entsteht nicht nur auf Grund der jahreszeitlichen Mittelwerte (Sommer/Winter), sondern auch durch Verrechnung warmer und kalter Zonen im Gebäude (warmer Dachboden, kühler Keller).

Aus diesem Grund wurde bei der Gebäudesimulation auch die durchschnittliche Unbehaglichkeitsdauer (Anzahl von Unbehaglichkeitsstunden) nach dem ASHRAE Standard 55-2004 (*discomfort hours/unmet load hours*) errechnet und als Mittelwert über das Gebäude zur Bewertung der thermischen Behaglichkeit der Maßnahmen herangezogen. Sie gibt die Zeitdauer an, in der die thermische Behaglichkeit beeinträchtigt ist, es also entweder zu warm oder zu kalt im Raum ist. Alle drei Größen im Diagramm zeigen tendenziell eine gute Übereinstimmung.

Steigerung der therm. Behaglichkeit

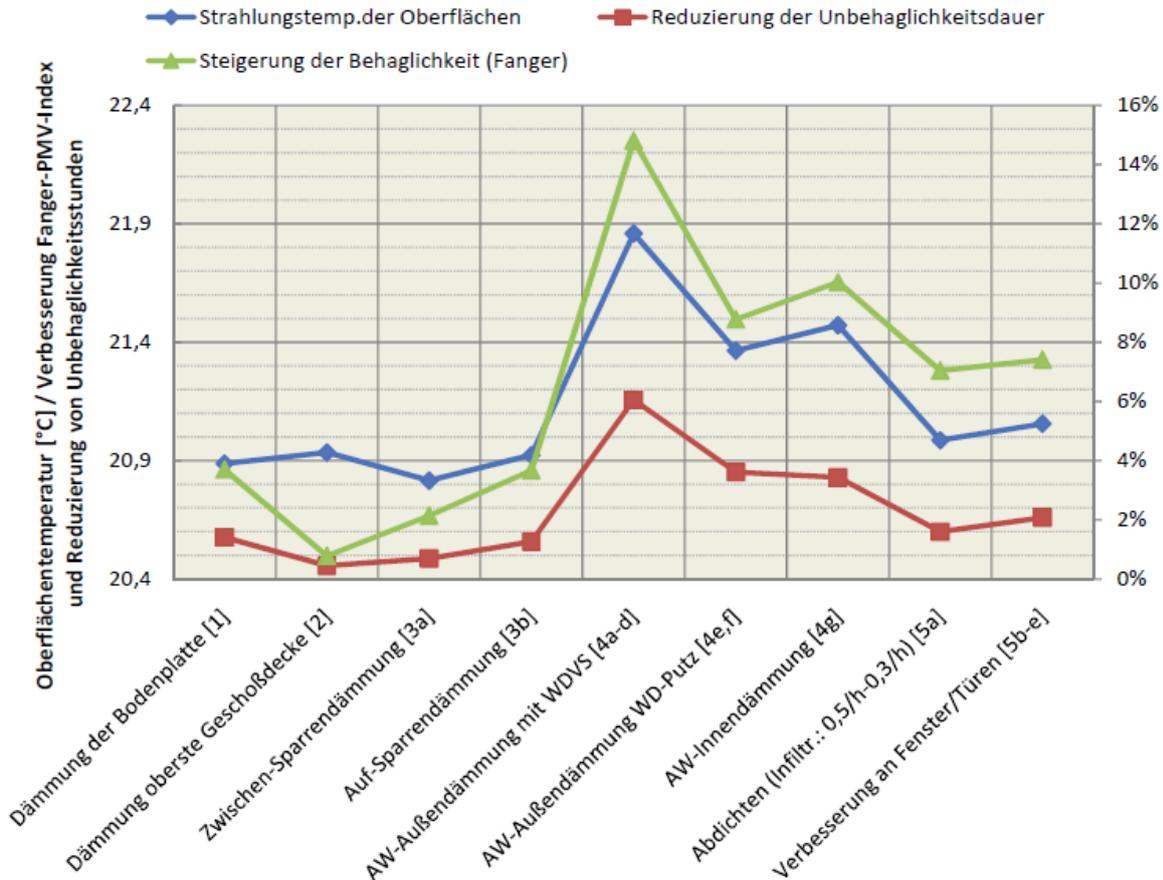


Abb.42: Verbesserung der thermischen Behaglichkeit: Steigerung der jahresmittleren Strahlungstemperaturen der umgebenden Bauteiloberflächen, prozentuale Erhöhung des mittleren Fanger-PMV-Index und Reduzierung der Anzahl Unbehaglichkeitsstunden, Mittelwerte über alle Fallbeispiele

Die untersuchten Fallbeispiele weisen Werte des Fanger-PMV zwischen -2,32 (Ausgangsvariante Dippoldiswalde, Große Wassergasse 8) und -0,41 (Kombination Variante 90: Zittau, Bautzner Straße 11) auf und liegen damit deutlich unter den geforderten Werten (= zu kalt).

Grund dafür ist die Temperaturabsenkung bei Abwesenheit und damit verbundene Wiederaufheizzeiten, die zu großen Differenzen zwischen Raumluft und Oberflächentemperaturen führen, welche sich negativ auf die Behaglichkeit auswirken. Auch die Eingangsparameter für die Heizungssteuerung beeinflussen die Behaglichkeit. Die gewählte Raum-Solltemperatur von 21°C ist eher zu niedrig. Dies entspricht der gewählten Herangehensweise, den Energieverbrauch tendenziell eher niedrig anzusetzen, um Mindestinsparpotenziale verlässlich bestimmen zu können.

Die prozentuale Verbesserung der thermischen Behaglichkeit liegt bei allen untersuchten baulichen Maßnahmen zwischen 0 und 24%, in Kombination bis 68%. Weiterhin verbessern lässt sich die Behaglichkeit u. a. durch Anheben der Solltemperaturen. Das

führt zu höheren Energieverbrauchswerten als den von uns ermittelten. Die prozentuale Veränderung würde dadurch nur geringfügig von den ermittelten Werten abweichen.

8.3.2 Werthaltigkeit

Unter dem Begriff der Werthaltigkeit wurden Aspekte wie Nachhaltigkeit, Zukunftsfähigkeit und Anpassungsfähigkeit, aber auch Amortisation und Dauerhaftigkeit zusammengefasst. Sie beschreiben die Auswirkungen der Maßnahmen auf die Beständigkeit der Gesamtkonstruktion nach dem Eingriff. Solche Fragen betreffen im weiteren Sinne die Wirtschaftlichkeit. Bewertungen in dieser Kategorie können dabei erheblich von den Werten der reinen Betriebskosten abweichen. Für eine vollständige Nutzwertanalyse der betrachteten Maßnahmen sind diese Fragen von erheblicher Bedeutung. Gleichwohl konnten sie im Rahmen dieser Studie nicht behandelt werden, weil die hierfür verfügbaren Daten keine verallgemeinerbaren Aussagen erlauben.

8.3.3 Schadensrisiko

Hier wird die Maßnahme hinsichtlich ihres Risikopotenzials für Schäden an der bestehenden Konstruktion bewertet, die in der Zukunft als Langzeitfolgen zu erwarten sind (Prognostizierbarkeit). (Davon zu unterscheiden ist der als denkmalpflegerisches Kriterium definierte Verlust an originaler Substanz, der direkt durch den Eingriff bei Umsetzung der Maßnahme entsteht, aber keinen konstruktiven Bauschaden darstellen muss. Punkt 8.5.1)

In die Beurteilung des Schadensrisikos fließen Erfahrungswerte ein, die auch im Rahmen von Bauschadensberichten gesammelt wurden.

- Durchschnittstemperatur der Wandkonstruktion
- Schlagregenbelastung
- Schimmelpilzrisiko im Innenraum (Taupunkttemperaturen an Innenoberflächen der Außenwände Statistische Untersuchung von Oswald in IWU-PPT-Vortrag)
- Tauwasserbildung in der Konstruktion, Austrocknungsverhalten behindert?

Hierzu wurden Ergebnisse des am 21.4.2010 im Institut für Bauklimatik durchgeführten Experten-Kolloquiums verwendet.

Durch Einsatz des Verfahrens der Bauteiltemperierung lassen in bestimmten Fällen Bauschäden vermeiden oder kompensieren, insbesondere bei historischen Gebäuden, an denen keine Eingriffe möglich sind. Sie sind aber meist mit zusätzlichem Energiebedarf verbunden und tragen deshalb in der Gesamtbilanz kaum zu einer Verringerung des Energiebedarfs bei.

Die folgende Tabelle zeigt die Kriterien zur Bewertung des Schadensrisikos.

Kriterium	Beurteilung
Konstruktion wird deutlich verbessert und aufgewertet	++
Konstruktion wird tendenziell verbessert und aufgewertet	+
Konstruktion wird weder verbessert noch verschlechtert	0
Konstruktion neigt eher zu Schäden, Risiko niedrig	-
Konstruktion neigt zu Schäden, Risiko hoch	--

Als Ergebnis der Untersuchung wird der Austausch von Fenstern regelmäßig am schlechtesten bewertet, sofern weitere Maßnahmen (Dämmung) an der Gebäudehülle unterbleiben. Die bei der Umfrage (Punkt 0) gesammelten Erfahrungswerte weisen darauf hin, dass selbst die Erhöhung der Fugendurchlässigkeit der Fenster und Einsatz von Lüftungsanlagen hier nicht ausreichend Abhilfe schaffen (Punkt 9.7.2). Dies spiegelt sich in einer kritischen Beurteilung wider.

Besonders positiv bewertet werden regelmäßig die Dämmung der oberen Geschossdecke (Maßnahme 2), die Außendämmung mit hinterlüfteter (Holz-) Verschalung und teilweise auch Wärmedämmputz (Maßnahmen 4c-f).

Innendämmung konnte nicht bewertet werden, weil das Ergebnis zu sehr vom verwendeten Material/System und von der Ausführung der Details abhängt. Wenn Planung und Ausführung mit hoher Qualität umgesetzt werden, ist eine tendenziell positive Bewertung möglich.

Die Maßnahmen zur Verbesserung der Anlagentechnik oder der Energieerzeugung (Maßnahmen 6-10) wurden nicht beurteilt, da zwischen Anlagentechnik und Konstruktion kein direkter Zusammenhang besteht und damit von deren Umsetzung kein Einfluss auf die Bausubstanz ausgeht.

8.4 Funktionale Qualität

Unter diesem Kriterium sind Nutzerfreundlichkeit, Gebrauchswert und Gebrauchsfähigkeit, Bedienbarkeit und Nutzerkomfort zusammengefasst. (Der wohnphysiologische Aspekt der Behaglichkeit, der hier ebenfalls hinzuzählt, wurde bereits unter Punkt 8.3.1 behandelt.) Die Beurteilung erfolgte anhand der im Folgenden dargestellten Kriterien:

Kriterium	Beurteilung
Gebrauchswert wird deutlich verbessert	++
Gebrauchswert wird tendenziell verbessert	+
Gebrauchswert wird weder verbessert noch verschlechtert	0
Gebrauchswert wird tendenziell schlechter	-
Gebrauchswert wird deutlich schlechter	--

Besonders positiv bewertet wurde der Einsatz der mechanischen Lüftung mit Wärmehückgewinnung (Maßnahme 5e), weil das Problem der CO₂-Grenzwerte in der Nacht damit gelöst werden kann. Der Nutzer hat die Möglichkeit, weiterhin über die Fenster zu lüften, ist aber darauf in der kalten Jahreszeit nicht mehr angewiesen. Die Qualität der Raumlufte kann damit gewährleistet werden. Allerdings sind dieser Maßnahme im Bereich der älteren Wohngebäude aus bautechnischen Gründen Grenzen gesetzt (schwer nachrüstbar).

Demgegenüber wird der Austausch der Fenster (insbesondere als alleinige Maßnahme) kritisch bewertet, weil dies häufigeres Lüften erforderlich macht, um Feuchteschäden vermeiden zu können (Punkt 0).

Tendenziell positiv bewertet werden konnte ebenso die Dämmung des Fußbodens im Erdgeschoss, da mit der Steigerung der Oberflächentemperatur (Kriterium der Behaglichkeit) auch eine verbesserte Nutzbarkeit des Raumes einhergeht.

8.5 Denkmalverträglichkeit

Die denkmalschutzrechtlichen Kriterien und die Herangehensweise bei der Beurteilung sind unter Punkt 5.3 erläutert. Im Folgenden werden die Kriterien genauer beschrieben.

8.5.1 Substanz

Mit dem Begriff „Substanz“ wird die materiell aus der Geschichte überlieferte Bausubstanz der Kulturdenkmale bezeichnet, die Träger des historischen Zeugniswert ist. Die Denkmalwerte, die mit der historischen Substanz erhalten und geschützt werden, gehen über die äußere Erscheinung, die ästhetische oder künstlerische Wirkung eines Bauwerks hinaus. Es sind in erster Linie Zeugniswerte, in denen vielfältige historische Eigenschaften wie die Struktur und Typologie eines Gebäudes, seine Konstruktion, die verwendeten Materialien und deren Verarbeitung einschließlich aller Spuren des Alters und der Nutzung gegenwärtig sind. Im Rahmen dieser Studie geht es vornehmlich um Einwirkungen (Veränderung oder Beseitigung) an der äußeren Gebäudekonstruktion bzw. der Gebäudehülle.

Bewertet wird demnach der relative Grad der Substanzverluste bei der Umsetzung der jeweiligen Maßnahme.

Kriterium	Beurteilung
Substanz bleibt vollständig erhalten, kein Verlust historischer Zeugniswerte	++
Substanz bleibt im Wesentlichen erhalten, Ausbesserung, Reparatur und Ersatz beschädigter Teile sind möglich	+
Substanz teilweise erhalten, Reparatur bei zumutbarem Aufwand noch möglich	0
Substanz wird deutlich beschädigt, nur wenige Originalteile bleiben erhalten, spätere Reparatur nur noch bedingt möglich bzw. zumutbar.	-
Weitgehender Substanzverlust durch Ersatz des betreffenden Bauteils, historischer Zeugniswert verloren	--

8.5.2 Erscheinungsbild

Zum schützenswerten gestalterischen Zeugniswert des Kulturdenkmals, seiner ästhetischen bzw. künstlerischen Wirkung gehört auch die (Ab-)Lesbarkeit seiner formalen Aussage, die zugleich kulturhistorische Informationen vermittelt. Die Eingriffe sind hier einerseits gebäudebezogen zu betrachten, andererseits aber – da es sich um verallgemeinerbare Aussagen handeln soll – auch hinsichtlich der möglichen Auswirkungen auf die Umgebung, auf den Stadtraum und andere städtebauliche Charakteristika wie z. B. die Dachlandschaft.

Kriterium	Beurteilung
Gestaltwert/Erscheinungsbild unverändert	++
Gestaltwert/Erscheinungsbild im Wesentlichen erhalten, Beeinträchtigungen im Detailbereich	+
Gestaltwert/Erscheinungsbild teilweise verändert und beeinträchtigt	0
Gestaltwert/Erscheinungsbild deutlich verändert und beeinträchtigt	-
Gestaltwert/Erscheinungsbild schwer beeinträchtigt oder verloren	--

8.5.3 Reversibilität

Für zahlreiche der zu untersuchenden Ertüchtigungsmaßnahmen liegen bislang keine Mittel- oder Langzeiterfahrungen vor. Da es bei Kulturdenkmälern immer auch um die Frage des Weitergebens an spätere Generationen geht, wurden die Maßnahmen auch hinsichtlich ihrer Reversibilität beurteilt.

Kriterium	Beurteilung
vollständig reversibel, ohne Substanzverluste	++
reversibel mit geringen Substanzverlusten	+
zum Teil reversibel mit Substanzverlusten	0
kaum reversibel, nur mit größeren Substanzverlusten	-
nicht reversibel bzw. nur mit weiteren Zerstörungen an der Substanz	--

9 Maßnahmen und Bewertungen

9.1 Generelle Grundannahmen, Herangehensweise

Die Steigerung der Energieeffizienz an Baudenkmalen erfordert ein hochkomplexes Bündel an Maßnahmen. Deren Auswahl ist abhängig von der jeweiligen baulichen Situation, dem Zustand des Denkmals, den wirtschaftlichen Möglichkeiten des Bauherrn und vielem mehr. Sie treten gewöhnlich in vielfältigen Kombinationen und Variationen auf.

Bei der vorliegenden Untersuchung wurden einige solcher Maßnahmen ausgesucht, um exemplarisch daran die Möglichkeiten der gesteigerten Energieeffizienz gegenüber den Belangen des Denkmalschutzes abzuwägen. Im Lauf der Untersuchungen, insbesondere bei den Kolloquien zur Beurteilung der Auswirkungen auf den Denkmalwert und des Schadensrisikos, wurde deutlich, dass eine weitere Unterteilung notwendig ist. Wichtiger als die Maßnahmen generell zu behandeln erscheint es häufig, die verwendeten Materialien, Systeme und Konstruktionen und die Art der technischen Qualität der Ausführung zu definieren, denn diese bestimmen das Ergebnis der Beurteilung stark. Jede Maßnahme kann durch schlechtes Material, falsche Ausführung etc. zu Substanzverlusten führen, ohne damit energetische Einsparungen zu erzielen.

Folgende Maßnahmen wurden in Abstimmung mit dem Auftraggeber ausgewählt und hinsichtlich ihres Einflusses auf den Denkmalwert untersucht⁴⁰:

- Dämmung der Kellerdecke oder der Bodenplatte (1)
- Dämmung der oberen Geschossdecke (2)
- Zwischensparrendämmung des Daches (3a)
- Aufsparrendämmung des Daches (3b)
- Außendämmung der Außenwände mit WDVS (4a-d)
- Außendämmung der Außenwände mit WD-Putz (4e,f)
- Innendämmung der Außenwände (4g)
- Verbesserung der Luftdichtheit der Gebäudehülle (Aufarbeiten von Fenstern) (5a)
- Austausch von Fenstern/Türen (5b,c)
- zusätzliche Fensterebene einbauen (5d)
- Einbau einer mechanischen Lüftung mit WRG (Wärmerückgewinnung) (5e)
- Steigerung Anlageneffizienz (CoP) (6)
- Einsatz von thermischen Solaranlagen (7)
- Einsatz von Photovoltaik-Anlagen (8)
- Nah-/Fernwärme aus Groß-KWK (Kraft-Wärme-Kopplung > 2000 kW_e) (9)
- Anlagen zur Nutzung von Umweltwärme (z.B. Geothermie) (10)
- Kombination von Maßnahmen (90)

⁴⁰ Eine detaillierte Beschreibung sind in [49] und [58] enthalten.

Die Auswahl der untersuchten Maßnahmen als Arbeitsgrundlage wurde in Punkt [4.4] behandelt. Im folgenden Abschnitt werden die Maßnahmen und ihre Randbedingungen detailliert beschrieben und abschließend bewertet.

Baudenkmale als Teil des Kulturerbes sind nicht als Versuchsobjekte für neue Technologien, Materialien oder Konstruktionen geeignet, mit deren Einsatz ein entsprechendes Risiko einhergeht. Aus diesem Grund wurde bei der Auswahl der Maßnahmen für die energetische Untersuchung darauf geachtet, nur solche Verfahren, Systeme oder Materialien zu berücksichtigen, die zum heutigen Zeitpunkt als genügend erprobt gelten und für die einschlägige Erfahrungen auch zum Einsatz an Denkmälern vorliegen. Aus diesem Grund wurde beispielsweise auf die Betrachtung von VIP (Vacuum Insulation Panel) oder NanoGel-Granulat (beide mit ca. $\lambda=0,009-0,012\text{W/m}^2\text{K}$) als Werkstoffe verzichtet, auch wenn es dafür bereits Praxisbeispiele gibt.

Bei der Auswahl der Konstruktionen (Dämmstärken) wurde in Anlehnung an die konkreten Fallgruppenbeispiele moderat vorgegangen, um zeigen zu können, welche Einsparmöglichkeiten bei Einsatz erprobter Lösungen an Denkmälern umsetzbar sind. Auch die Annahmen für Material- und Bauteilkennwerte im Gebäudebestand, die sich im Einzelfall unterscheiden, sind eher zurückhaltend getroffen worden. Für Baustoffkennwerte im Gebäudebestand wurde auf die programminterne Datenbank des Simulationsprogrammes zurückgegriffen, da sonst für genauere Aussagen an jedem Objekt Materialuntersuchungen im Labor notwendig gewesen wären.

Einzelne Modellprojekte wie Görlitz, Handwerk 15 oder Freiberg, Donatsgasse 15 zeigen, dass sich durch weitere Optimierung der Gebäudehülle und der Gebäudetechnik auch deutlich höhere Energieeinsparungen an Denkmälern erschließen lassen. Konkret umgesetzte Maßnahmen sind dort:

- Erneuerung der Fenster, Sanierung der Wände (Innendämmung der Straßenseite, Brandwände, Außendämmung der Hoffassade, Rekonstruktion der Decken, Luftdichte Anschlüsse, Zwischen- und Untersparrendämmung)
- Installation moderner Steuer- und Regeltechnik, Aufbau einer freiprogrammierbaren Universalregelung
- Einbau einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung
- Erneuerung der Heizungsanlage (Festbrennstoffkessel, Kaminheizkessel)
- Speicher- und Trinkwassererwärmung mit Unterstützung durch eine Solaranlage, Zirkulation des Trinkwarmwassers
- Grau- und Regenwassernutzungsanlagen.

Erfahrungen bei der Auswertung von Materialproben ebenso wie der Vergleich von Energieverbrauchs- und Bedarfswerten lässt vermuten, dass in der Literatur zum Teil überzogen ungünstige Annahmen zum energetischen Zustand von Bauteilen im Gebäudebestand getroffen sind, um energetische Sanierungen zu stimulieren (z. Bsp. DENA). Um näher an tatsächlich vorhandene Durchschnittswerte der Wärmedurchgangskoeffi-

zienten im betrachteten Baubestand heranzukommen, flossen deshalb auch eigene Erfahrungswerte ein, was in einigen Fällen zu einer davon abweichenden Annahme von Bauteilkennwerten führt.

9.2 Ausgangsvariante (Variante 0)

Für eine energetische und denkmalschutzrechtliche Beurteilung baulicher Maßnahmen ist eine Ausgangsbasis zu definieren, auf der sich deren Auswirkungen vergleichen lassen. Für diese Bewertungsbasis kann bei einem Baudenkmal nicht dessen „originaler“, d. h. bauzeitlicher Zustand zugrunde gelegt werden, da dieser in der Regel zwischenzeitlich verändert wurde, teils durch bauliche Eingriffe (Reparaturen, Modernisierungen, Nutzungsanpassungen), teils durch Alter und Verschleiß. Bauschäden, die am Gebäude bestehen und somit unabhängig von einer energetischen Optimierung ohnehin einer Sanierung bedürfen, sind als Vergleichsbasis ebenfalls ungeeignet. Aus diesem Grund wurde als Ausgangsvariante ein idealisierter Zustand des betrachteten Gebäudes gewählt, der hier näher definiert wird.

Vor der Sanierung bestehende Schäden an der denkmalgeschützten Bausubstanz sind nicht Gegenstand der Untersuchung, spielen aber eine große Rolle in der Praxis des Abwägungsprozesses, da sie wesentlich die Möglichkeiten für eine Energieoptimierung bestimmen und damit entscheidenden Einfluss auf den späteren Energiebedarf des Gebäudes haben. Gut erhaltene Gebäude (z. Bsp. mit Innenausstattung), die möglichst intakt in diesem überlieferten Zustand bewahrt werden sollten, bieten naturgemäß weniger Eingriffsmöglichkeiten für eine energetische Ertüchtigung als solche Gebäude, deren schlechter Bauzustand ohnehin umfangreiche Maßnahme erforderlich macht.

Nutzungsanpassungen für eine zeitgemäße Nutzung und Anforderungen an den Komfort sind auch an denkmalgeschützten Wohnbauten zu tolerieren (Wohnungswirtschaft), um für den Erhalt des Bauwerks die notwendige Nutzung sicherzustellen. Beispielsweise sind der der Einbau von Bädern oder WC's in Wohnungen deshalb bereits bei der Ausgangsvariante berücksichtigt, auch wenn sie tatsächlich vor der letzten Sanierung noch nicht vorhanden waren.

Auch im Bezug auf die haustechnischen Anlagen ist eine Festlegung notwendig. Die ursprünglich vorhandenen Ofenheizungen werden im Wohnungsbau nicht nur aus Komfortgründen gegen Warmwasserheizungen ersetzt. Auch die Modernisierung der sanitären Ausstattung und die dafür notwendigen Raumzuordnungen (Integration von Bädern und WC-Räumen) verändern die ursprüngliche Gebäudeausstattung und haben auch Einfluss auf den Energiebedarf.

Die rechnerisch und für die Beurteilung zu Grunde gelegte Ausgangsvariante bezieht sich also jeweils auf einen hypothetischen Gebäudezustand, bei dem eventuelle Bauschäden behutsam behoben sind, die technische Ausstattung mit durchschnittlichem Standard erneuert wurde, notwendige Nutzungsanpassungen und Änderungen am Grundriss (Einbau von Bädern, Küchen) durchgeführt wurden, das Erscheinungsbild ansonsten aber im originalen Zustand belassen wurde.

Ein besonderes methodisches Problem für die korrekte Betrachtungsweise stellen Anbauten dar, die sich vom historischen Bauwerk in der Konstruktion und Architektursprache unterscheiden. Großflächige Verglasungen oder überkragende Bauteile (Objekt 33, Freiberg, Donatsgasse 8), sind in der Regel nicht Bestandteil der geschützten Denkmalsubstanz und auch in ihren besonderen energetischen Eigenschaften davon getrennt zu betrachten. In den meisten Fällen verfügen solche neueren Zutaten über einen gegenüber dem Altbestand verbesserten Wärmeschutz. Im Gebäudemodell ist dies für die entsprechenden Bauteile schon in der Ausgangsvariante zu berücksichtigen, was auch zeitgenössische Zutaten (Anbauten) einschließt.

Eine denkmalpflegerische Beurteilung der Ausgangsvariante ergäbe die bestmögliche Bewertung, weil hier alle Anforderungen an den Denkmalschutz optimal erfüllbar sind.

Die Ergebnisse der energetischen Untersuchung der Ausgangsvarianten sind in Anhang 2 – Gebäudesteckbriefe Anhang 3 – Gebäudekenndaten (Punkte 13.2 und 13.3) dokumentiert.

9.3 Dämmung Kellerdecke bzw. Bodenplatte (Variante 1)

Je nach den am Gebäude vorhandenen Möglichkeiten wurden im Gebäudemodell Dämmmaßnahmen am unteren Gebäudeabschluss untersucht. Wärmedämmmaßnahmen lassen sich entweder an der Kellerdecke von unten (meist 6 cm) oder alternativ auch von oben am Erdgeschossfußboden (6-8 cm) durchführen. In diesem Fall müssen die Türen (Durchgangshöhe) angepasst werden, was Umbauten an der Innenausstattung nach sich zieht.

Eine Dämmung der Kelleraußenwände wurde nicht untersucht, weil die Keller bei jedem Fallbeispiel, sofern sie vorhanden waren, ausschließlich als unbeheizte Abstellräume genutzt werden.

Notwendig ist die Ausführung einer Wärmedämmung der Kelleraußenwände dann, wenn der Keller als beheizter Raum genutzt wird. In diesem Fall ist die Maßnahme in Kombination mit der Dämmung der Bodenplatte auszuführen, weil der Keller dann innerhalb der thermischen Gebäudehülle liegt.

Aber auch im anderen Fall ist es ratsam, die Kelleraußenwände mit zu dämmen, da an dieser Stelle Wärmeverluste über Wärmebrücken auftreten, die sich mittels der so genannten Perimeterdämmung verringern lassen. Falls möglich sollte deshalb die Außendämmung der Fassade im Sockelbereich bis ins Erdreich hinuntergeführt werden und im Bereich des Erdreiches nahtlos in eine Perimeterdämmung übergehen. Alternativ dazu ist auch ein horizontal liegender, vom Gebäude fortweisender Dämmstreifen denkbar, der im Winterfall einen „Wärme-See“ des Erdreiches um das Gebäude herum ausbildet, allerdings relativ wenig wirksam ist.

Das Ergebnis der Simulation zeigt hier nur ein sehr geringes energetisches Einsparpotenzial von 1 bis 2%. Bei den anderen Kriterien schneidet diese Maßnahme aber eindeutig positiv ab, so dass sie im Allgemeinen als empfehlenswert zu beurteilen ist.

Schlechter bewertet wird die Maßnahme in der Kategorie Denkmalsubstanz allerdings dann, wenn der Erdgeschossfußboden und Gewölbekeller (falls vorhanden) erhaltenswert sind, u. a. bei dem Fallbeispiel Radebeul, Bischofsweg 30.

9.4 Dämmung der oberen Geschossdecke (Variante 2)

Die Dämmung der oberen Geschossdecke ist eine der drei untersuchten Arten der energetischen Optimierung des oberen Gebäudeabschlusses und tritt nur auf, wenn ein unbeheizter Dachraum existiert. Deshalb ist diese Variante bei Fallbeispiel Zittau, Bautzner Straße 11 und Freiberg Donatsgasse 21 nicht vorhanden.

Bei Mansarddächern treten die Maßnahmen kombiniert auf (Dämmung der oberen Geschossdecke und des Daches). Auf Grund der unterschiedlichen denkmalpflegerischen Beurteilung werden die Maßnahmen auch in diesem Fall nicht kombiniert, sondern einzeln betrachtet.

Die Umsetzung von Dämmmaßnahmen an der Geschossdecke zu unbeheizten Dachräumen kann durch Verlegen von Dämmplatten oberhalb der bestehenden Dielung erfolgen. Für die Simulation wurden ca. 12cm Dämmstärke angenommen. Nachteilig wirkt sich die Maßnahme u.U. durch den Verlust an Raumhöhe aus. Von Vorteil ist, dass sie ohne Substanzverluste umzusetzen ist (Fallbeispiele Radebeul, Robert-Werner-Pl. 6, Dips, Gr. Wassergasse 8).

Als Alternative bietet sich eine Methode an, die ein Aufheben der Dielung und den Ersatz der auf den Einschüben befindlichen Schüttung (Schlacke) durch Dämmmaterial, beispielsweise ca. 10cm Mineralwolle oder Zelluloseflocken erfordert. Die Dielung kann ggf. anschließend wieder eingebaut werden (Beispiele der Fallgruppen A.1, B.2).

Die Maßnahme ist einfach und in vielen Fällen problemlos umsetzbar und wird aus diesem Grund im Allgemeinen positiv bewertet. Abzüge bei der Funktionalität erfolgen nur, falls die Dämmung oberhalb der bestehenden Dielung erfolgt und damit die Raumhöhe eingeschränkt wird. Energetisch fällt die Einsparung durch diese Maßnahme nur gering aus (bis 4%), wobei aber zu beachten ist, dass die Maßnahme gewöhnlich in Zusammenhang mit der Dämmung des Daches betrachtet wird (Mansarddach).

9.5 Dämmung des Daches (Variante 3)

Bei der Ermittlung der energetischen Einsparpotenziale durch Dämmung des Daches wurden nur beheizte Räume berücksichtigt, die meist bereits im Bestand über einen Konstruktionsaufbau verfügen, der sich von Kaldächern über unbeheizten Gebäudeteilen unterscheidet. Diese bleiben weiterhin unberücksichtigt, auch wenn sie tatsächlich durch Nutzungsänderung einen anderen Status erhalten. Die Möglichkeit des späteren Dachausbaues wird als Nutzungsänderung verstanden und daher nicht in die Beurteilung einbezogen.

Die Möglichkeit von Untersparrendämmungen wurde hier außer Acht gelassen, ebenso wie verschiedene Kombinationen aus Auf- und Zwischensparrendämmung und Untersparrendämmung.

Das Einsparpotenzial dieser Maßnahmen liegt zwischen 2 und 13% und ist dabei weniger hoch als erwartet. Allerdings wurden in die Untersuchung nur Dächer über beheizten Räumen einbezogen und auf den Zusammenhang mit der oberen Geschossdecke (Variante 2) sei noch einmal verwiesen.

9.5.1 Dämmung des Daches mit Zwischensparrendämmung (Variante 3a)

Mineralwolle, Einblasdämmung oder andere Dämmstoffe werden in diesem Fall zwischen die Sparren eingebracht. Bei Einblasdämmungen ist die Materialqualität von Bedeutung, damit es nicht nach Jahren zu Setzungen kommt. Außerdem ist die Frage des Brandschutzes offen, falls das beigemischte Borsalz durch Wassereinbruch ausgewaschen wird.

Die Sparrendicke beträgt gewöhnlich zwischen 10 und 14 cm. Die Sparrenzwischenräume können in voller Sparrenhöhe komplett gefüllt werden, wobei auf eine ausreichende Hinterlüftung oberhalb der Unterspannbahn geachtet werden muss.

Bei den Annahmen für die Gebäudesimulation wurde von Dämmstoffstärken von 10 cm ausgegangen, was eher eine untere Grenze darstellt. Wenn ausreichend Platz vorhanden ist, können die Dämmstärken zwischen den Sparren größer ausfallen, ggf. kann der Sparren unterhalb aufgedoppelt und somit die Konstruktionshöhe erhöht werden, um eine bessere Dämmwirkung zu erzielen. Die durch die Sparren entstehenden Wärmebrücken lassen sich in diesem Fall vermindern.

Bei der Ausführung einer Zwischensparrendämmung bestehen verschiedene technische Probleme, die handwerklich gelöst werden müssen. Für die Beurteilung wird von einer einwandfreien Ausführung nach den anerkannten Regeln der Technik ausgegangen. So dürfen beispielsweise keine luftdurchlässigen Fugen zwischen Dämmstoff und Sparren bestehen bleiben, weil an diesen Fugen innerhalb der Konstruktion große Mengen an Kondensationsfeuchte entstehen, die nicht mehr oder nicht schnell genug austrocknen kann.

Ein weiterer Problemkreis ist die fachgerechte Ausführung der Dachabdichtung und die Gewährleistung der Diffusionsoffenheit nach außen hin.

Die denkmalpflegerische Beurteilung fällt tendenziell positiv aus, da der Eingriff weder Einschränkungen beim Erscheinungsbild noch an der Substanz nach sich zieht und reversibel ist. Zwar sollte bei der Ausführung von Zwischensparrendämmungen gleichzeitig die Dachdeckung erneuert werden, um die Unterspannbahn fachgerecht einbringen zu können. Sofern die bestehende Dachdeckung technisch noch in brauchbarem Zustand ist, sind bei einer Dachumdeckung unter teilweiser Verwendung der historischen Dachziegel nur geringe Substanzverluste zu erwarten. Negativ bewertet wird die Maß-

nahme im Bezug auf die Funktionalität nur dann, wenn sich Raum- und Türhöhen durch die Dämmung oberhalb des bestehenden Fußbodens verändern.

9.5.2 Dämmung des Daches mittels Aufsparrendämmung (Variante 3b)

Analog zur Zwischensparrendämmung wird hier nur die Dämmung des Daches über beheizten Räumen bewertet, Kaldächer wurden nicht in die Untersuchung einbezogen. Die Wärmedämmung erfolgt oberhalb der Sparren und wird durch diese nicht unterbrochen. Unter baukonstruktiven Gesichtspunkten ist diese Variante der Dachdämmung deshalb günstiger zu beurteilen, da sich durch die außen liegende Dämmebene Wärmebrücken vermeiden lassen.

Baulich wird jedoch stärker als bei der Zwischensparrendämmung, zum Teil auch irreversibel in die historische Baukonstruktion eingegriffen. Die Kubatur des Daches und damit auch das Gesamterscheinungsbild werden erheblich verändert.

9.6 Dämmung der Außenwände (Variante 4)

Für die Berechnung des energetischen Einsparpotenzials von Außendämmsystemen wurden jeweils alle Außenwände des Gebäudemodells mit dem entsprechenden System gedämmt, unabhängig davon, ob die unterschiedlich ausgebildete Struktur der Fassade dies aus praktischen Überlegungen heraus zulässt. Eine stark stuckierte Straßenfassade beispielsweise wurde bei der Variante WDVS (4a) komplett überdämmt. Die Frage, wie die handwerkliche Umsetzung erfolgt, ist nicht konkret festgelegt und fallabhängig zu betrachten. Bei dem erwähnten Beispiel wäre aus unserer Sicht ein Verlust der Werksteinprofilierungen allerdings unvermeidlich. Dementsprechend fallen die Beurteilungen der Denkmalverträglichkeit negativ aus.

Nicht untersucht wurde bisher die Kombination verschiedener Dämmsysteme, beispielsweise einer Innendämmung mit Wärmedämmputz außen. Eine solche Kombination wurde am Testgebäude in Görlitz, Handwerk 15 realisiert und ist aus bauklimatischer Sicht zu empfehlen. Die Dämmwirkung der Innendämmung lässt sich durch den außen liegenden Wärmedämmputz noch etwas verbessern und sorgt darüber hinaus für eine ausreichende Anhebung des Temperaturniveaus der historischen Bauteils über den Gefrierpunkt, so dass dort Frostschäden vermieden werden können.

9.6.1 Dämmung der Außenwände mit WDVS (Variante 4a+b)

Eine Außendämmung von Außenwänden ist einer Innendämmung vorzuziehen, weil sich dadurch konstruktive Wärmebrücken vermeiden lassen.

Häufig diskutierte Nachteile des WDVS betreffen die Recycling-Fähigkeit sowie den biogenen Befall durch Algen, Pilze, Flechten, Bakterien oder Moose. Dieser stellt zwar eine optische Beeinträchtigung, aber keinen konstruktiven Mangel dar. (Er lässt sich durch den Einsatz biozider Anstriche, IR-Beschichtungen oder durch die Verwendung minerali-

scher Dämmstoffe und alkalischer Putze bekämpfen bzw. vermeiden.) Die Beurteilung erfolgt deshalb nicht baukonstruktiv, sondern in Bezug auf die Beeinträchtigung des Erscheinungsbildes unter Punkt 0.

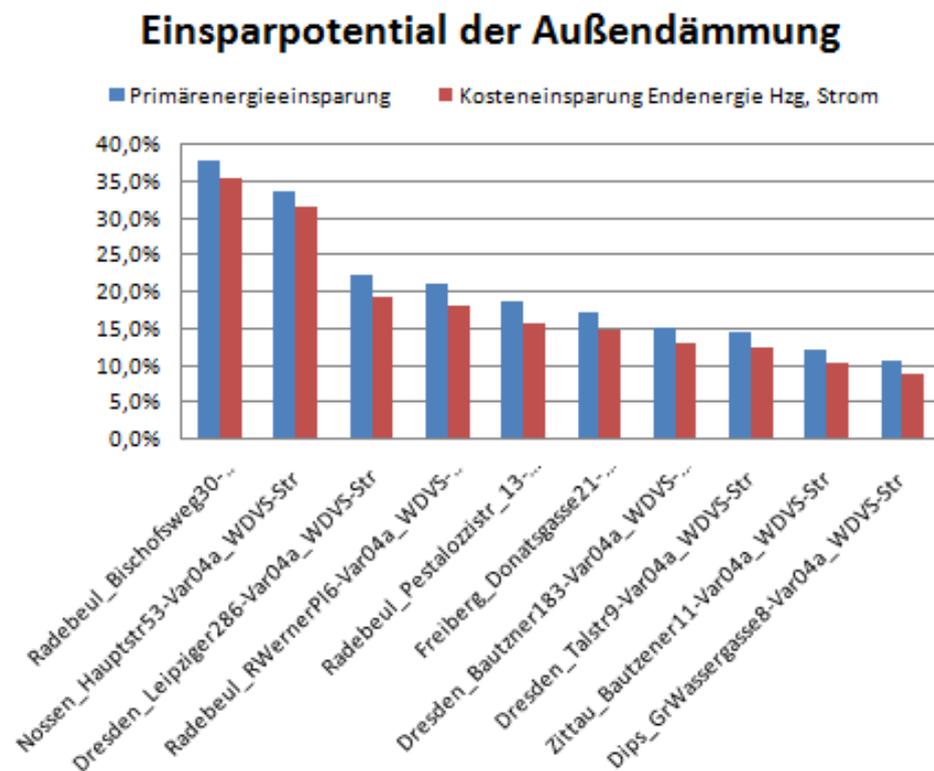


Abb.43: Einsparpotenzial der Außendämmung

Für die Gebäudesimulation wurde in den meisten Fällen für das WDVS eine Dämmstärke von ca.10 cm angesetzt. Aus energetischer Sicht sind solche Dämmstärken als gering zu bezeichnen. Um die Forderungen der EnEV zu erfüllen, sind bedeutend größere Dämmstärken notwendig.⁴¹ Trotz dieser am unteren Ende des Sinnvollen angesetzten Dämmstärke weist die Maßnahme das höchste Einsparpotenzial auf. Bei allen Untersuchungsobjekten lassen sich damit zwischen 10 und 40% Energieeinsparung erzielen. Selbst für das Fallbeispiel Dresden, Bautzner Str. 183 (Objekt 13), bei dem in Anlehnung an die real ausgeführte Konstruktion nur 5 cm Dämmstärke angesetzt wurde, beträgt die Einsparung 13% (Heizkosten) bzw. 15% (Primärenergie).

Aus denkmalpflegerischer Sicht ist die Außendämmung mit WDVS häufig sehr kritisch zu beurteilen. Das beinhaltet den Verlust von Fassadenprofilierungen und Dekorelementen aus Putz oder Werkstein, die Veränderung der Proportionen, Gesims, Dachanschlüsse der Fensteröffnungen u.a.m. Kritisch sind die bisher üblichen Verbund-

⁴¹ Eine Studie des BBR / BMVBS gibt als optimale Dämmstärke der Außenwände 14-32 cm an [20].

systeme auch hinsichtlich ihrer Werthaltigkeit, Dauerhaftigkeit und Recyclierbarkeit einzustufen. Die energetische Gesamtbilanz – unter Einbeziehung der Herstellungs- und Entsorgungsproblematik – erscheint noch nicht hinreichend geklärt.

9.6.2 Dämmung der Außenwände hinter Verschalung (Variante 4c+d)

Energetisch betrachtet, besteht kein Unterschied zwischen einem Wärmedämmverbundsystem (WDVS) und einer hinterlüfteten Fassade, da die Hinterlüftungsebene und Wetterschutzschalung nur unwesentlich zur Verbesserung der Transmissionswärmeverluste beitragen. Die Einschätzung beider Maßnahmen basiert auf der gleichen Gebäudesimulation, sodass sich die Ergebnisse gleichen (Punkt 9.6.1). Allerdings unterscheiden sich beide Maßnahmen erheblich unter baukonstruktiven Gesichtspunkten, bei denen die hinterlüftete Verschalung in der Regel deutlich besser abschneidet.

Diese Form der Außenwanddämmung wurde am Beispiel Radebeul, Bischofsweg 30 an allen Fachwerk-Außenwänden im Obergeschoss außer an der Straßenseite realisiert, beim Fallbeispiel Dresden, Talstraße 9 die hofseitige Fassade, jeweils als Holzverschalung.

Denkmalpflegerisch sind Verschalungen je nach Gebäudetypus sehr unterschiedlich, häufig aber positiv zu bewerten, da auch früher schon Verschalungen und Verkleidungen an Fachwerkwänden häufig als Wetterschutz genutzt waren. Oft besteht die Möglichkeit, bei der Erneuerung solcher Verschalungen moderate Dämmungen zwischen die bestehende Außenwand und die Verschalung einzufügen, wenn darauf verzichtet werden kann, das Fachwerk sichtbar zu belassen. Auch bei Massivbauten lassen sich gestalterisch anspruchsvolle Verkleidungen aufbringen, mit denen sich die verschiedenen Nachteile eines WDVS vermeiden lassen.

9.6.3 Außenwand Außendämmung mit Wärmedämmputz (Variante 4e+f)

Für die Verwendung von Wärmedämmputz stehen verschiedene Materialien zur Verfügung, deren Dämmwirkung allerdings, verglichen mit Mineralwolle oder expandiertem Polystyrol (EPS), nur beschränkt ist. Gewählt wurde ein Wärmedurchgangskoeffizient von 0,080 W/mK. Als mögliche Schichtdicke wurden 4-5 cm angesetzt.

Bei Fachwerkwänden (Fallgruppe A.1) wird davon ausgegangen, dass bei Verwendung von Wärmedämmputz das Erscheinungsbild des Fachwerkes erhalten bleibt, indem der Dämmstoff nur auf die Ausfachungen aufgetragen wird, das Fachwerk selbst dagegen unverdeckt bleibt. Dadurch entstehen allerdings zahlreiche Wärmebrücken, die bei der Festlegung der Konstruktion für die Gebäudesimulation Berücksichtigung fanden.

Die erzielbare Einsparung durch Wärmedämmputz kann je nach Fallgruppe mit knapp 10 bis über 20% angegeben werden. Positiv bewertet wird vor allem die gleichzeitige Verringerung des Schadensrisikos für die Konstruktion, da die Oberflächentemperatur der bedeckten Außenbauteile damit über die Frostgrenze angehoben werden kann. Die Substanzverluste werden nur wenig kritisch gesehen, obwohl der bestehende Putz zu meist vollständig abgeschlagen werden muss.

9.6.4 Innendämmung der Außenwände (Variante 4g)

Wenn Außendämmung als Maßnahme nicht in Frage kommt, dann ist Innendämmung eine mögliche Alternative. Sie wird bis heute baukonstruktiv kritisch angesehen, weil mit ihr, oder besser mit der technischen Ausführung, Gefahren von Bauschäden verbunden sind. Es gibt aber bereits Erfahrungen, welche zeigen, dass Innendämmungen auch langfristig schadensfrei funktionieren können⁴².

Grundsätzlich voneinander zu unterscheiden sind diffusionsdichte und diffusionsoffene Konstruktionen. Vorteilhaft zu bewerten sind diffusionsoffene Innendämmsysteme unter Einsatz entsprechend kapillaraktiver Dämmstoffe⁴³, weil damit das notwendige Austrocknungspotenzial nach innen durch Dampfsperren oder -bremsen nicht beeinträchtigt wird. Dies spielt insbesondere bei Fachwerkgebäuden mit Schlagregenbeanspruchung eine große Rolle. Auch die Verwendung feuchteadaptiver Dampfbremsen löst diesen Kritikpunkt nicht.

Darüber hinaus sind Dampfsperren aus praktischer Sicht kritisch zu betrachten. Eine mechanische Beschädigung birgt ein potentiellies Schadensrisiko, sei es durch Einbau von Steckdosen oder das Befestigen von Regalen, Schränken oder Bildern durch den Nutzer. Ein solches Risiko besteht besonders im Mietwohnungsbau bei häufigem Mieterwechsel. Der Umstand, dass mitunter die Nutzung der innenseitig gedämmten Wände eingeschränkt werden muss, hat einen negativen Einfluss auf die Gebrauchstauglichkeit und Nutzerfreundlichkeit.

Empfehlenswert sind daher solche Dämmstoffe, die ohne sperrende Folien auskommen, wie etwa Calciumsilikat als System (Unterputz, Kleber, Platte, Putz) oder Lehm- baustoffe. Darüber hinaus können auch Vorsatzschalen aus Ziegel oder Porenbeton bauphysikalisch als problemlos eingeschätzt werden, allerdings beanspruchen sie erhebliche Raumanteile.

Die ausführliche Diskussion zur Beurteilung des Schadensrisikos von Innendämmungen ergab, dass eine generelle Aussage zu diesem Kriterium nicht möglich ist. Das Schadensrisiko von Innendämmungen ist zu stark vom System, der Art der Ausführung und einer fehlerfreien Planung aller Anschlussdetails abhängig, als dass hier generelle Aussagen getroffen werden könnten.

Anstelle einer Beurteilung werden deshalb hier weitere Vor- und Nachteile benannt.

Vorteilhaft ist, dass die Maßnahmen raum- oder wandweise durchgeführt werden können. Kosten für Gerüste entfallen. Die Arbeiten sind witterungsunabhängig und können

⁴² Untersuchung einer 15 Jahre alten dampfdichten Innendämmung an einem Gründerzeithaus in Tübingen 1985, [19] S. 107

⁴³ Eine exakte Definition der Kapillaraktivität existiert nicht. Ausgedrückt wird sie durch den A_w -Wert, je größer dieser ist, umso stärker der Rücktransport von Kondensat an die Innenoberfläche des Bauteils, wo es im Raum verdunstet.

das ganze Jahr über ausgeführt werden. Bei Grenzbebauungen bleiben Baugrenzen unangetastet, Probleme mit Abstandsflächen werden vermieden.

Bei kapillaraktiven Dämmsystemen erfolgt eine Pufferung von Feuchtespitzen in der Raumluft. Die Kapillaraktivität sorgt für eine schnelle Verteilung lokaler Feuchtespitzen an den Innenoberflächen und ermöglicht die beschleunigte Verdunstung der Feuchte.

Nachteile der Innendämmung liegen in der anspruchsvolleren Konstruktion (Anschlussdetails) und Ausführung im Vergleich zu Außendämmungen. Grund dafür ist die veränderte Lage der Kondensationsebene zwischen Dämmung und Wand. An keiner Stelle darf die Raumluft die Dämmung hinterströmen. Bei diffusionsdichten Konstruktionen sind Dampfsperren einzubauen, die nicht beschädigt werden dürfen. Wärmebrücken, wie zum Beispiel einbindende Wände, spielen eine große Rolle; sie sind mittels Dämmkeilen zu entschärfen. Kritisch sind auch Fensterlaibungen, die mit zu dämmen sind.

Insgesamt wird die Bestandskonstruktion thermisch stärker belastet, da sie außerhalb der thermischen Hülle liegt und die Bauteiltemperatur damit absinkt. Durch das Einbringen von Innendämmungen verringert sich die Raumfläche, ggf. sind Wasserleitungen in den warmen Bereich umzulegen.

Im Ergebnis der Berechnung wird ein Einsparpotenzial im Mittel von knapp 15% erreicht. Während für Wohnstallhäuser (Fallgruppe A.1) mit über 25% Einsparung das höchste Potenzial errechnet wurde, liegt es bei Gebäuden in geschlossener Bebauung (Blockrand) nur bei knapp 10%. Im Vergleich dazu werden vom Passivhausinstitut die möglichen Einsparungen an Heizwärme mit 39 % angegeben. In diesem Fall wurde in einer diffusionsdichten Konstruktion als Dämmstoff Mineralwolle (4cm) mit besserem Wärmeleitkoeffizienten verwendet [19].

Für Baudenkmale stellt die Innendämmung meist die einzige Alternative dar, wenn von außen keine Dämmung möglich ist (z. Bsp. Klinkerfassaden) und von der Innenausstattung nur wenig erhaltenswert ist. Bis heute wird aber oft darauf verzichtet, Innendämmungen anzuwenden, weil sie höhere Investitionskosten verursachen.

9.7 Gebäude abdichten, Infiltration reduzieren (Variante 5)

In dieser Gruppe sind vier Maßnahmen zusammengefasst, für die es Voraussetzung ist die oder dazu beitragen, den durchschnittlichen Infiltrationsluftwechsel im Gebäude zu senken. Dies ist nicht in allen Fällen vorteilhaft. Manchmal geht die Abdichtung der Gebäudehülle mit einem Anstieg der Radonstrahlung einher, was wiederum eine Erhöhung der Luftwechselraten erfordert. Solche Randbedingungen werden bei der folgenden Beurteilung vernachlässigt.

9.7.1 Infiltrations-Luftwechsel von 0,5 auf 0,3/h reduzieren (Variante 5a)

Für den Ausgangszustand der Gebäude wurde ein Infiltrationsluftwechsel von 0,5/h festgelegt (Punkt 5.2.5, Lüftung). Bei der vorliegenden Maßnahme wird nun untersucht,

welche Auswirkungen die Abdichtung von Fenstern beispielsweise durch den Einbau von Dichtgummis am Fensterrahmen oder das Beseitigen weiterer Undichtigkeiten der Gebäudehülle (Spalten, Risse) hat, wenn sich dabei der Infiltrationsluftwechsel auf 0,3/h verringert.

Diese Maßnahme wird eindeutig positiv bewertet, da keine Substanzverluste auftreten. Das potentielle Schadensrisiko ist gering, wenn ein ausreichender Mindestluftwechsel gewährleistet bleibt. Die Einsparungen sind mit 5 bis 10% sogar bemerkenswert, ebenso wie die Steigerung der Behaglichkeit durch Verringerung der Luftgeschwindigkeiten (Zugluft).

9.7.2 Austausch von Fenstern und Türen, inkl. Abdichtung (Variante 5b+c)

Auch der Austausch von Fenster und Türen ist mit einer Verringerung der Lüftungswärmeverluste verbunden. Der Infiltrationsluftwechsel sinkt ebenfalls.

Die Einordnung dieser Maßnahmen wäre auch in die Kategorie der Dämmmaßnahmen (Verringerung der Transmissionswärmeverluste) möglich gewesen, da die Wärmeschutzverglasung (WSV) auch zur Verbesserung der thermischen Qualität der Gebäudehülle beiträgt.

Erwähnenswert ist aber, dass der Ersatz historischer Fenster durch Zweischeiben-WSV auch die solaren Gewinne reduziert. Diese treten allerdings mehrheitlich im Sommer auf, wenn sie unerwünscht sind. Im Winter dagegen, wenn sie zur Beheizung des Hauses beitragen, sind sie quantitativ nur von geringer Bedeutung.

Das energetische Einsparpotenzial liegt bei 8 bis 12%. Die Beurteilung des Risikopotenzials von Bauschäden fällt sehr kritisch aus. Bei Ersatz der alten Fenster wird die thermische Sollbruchstelle der Gebäudehülle aufgewertet und es kommt häufig zu Feuchteschäden und Schimmel. Solche Erfahrungen wurden durch die Umfrage (... .., ...) bestätigt.

Allerdings tritt dieses Schadensbild nur auf, wenn außer dieser Maßnahme keine weiteren realisiert werden. Im Verbund mit weiteren Dämmmaßnahmen ist die Maßnahme bedeutend besser zu bewerten.

9.7.3 Einbau einer zusätzlichen Fensterebene (Variante 5d+e)

Diese Variante beschreibt die additive Aufbesserung der Fenster unter Erhalt der bestehenden Substanz durch den Einbau einer zweiten Fensterebene.

Energetisch wurde diese Maßnahme ebenso wie Variante 5b+c berechnet. (Punkt 9.7.2) Denkmalpflegerisch hingegen wird diese Maßnahme bedeutend besser bewertet, weil sich damit der Verlust des Erscheinungsbildes und der originalen Substanz der Fenster (bei Kastenfenstern zumindest einer Fensterebene) vermeiden lässt.

Bei Gebäuden mit Innendämmung, z.B. Fachwerkhäusern der Fallgruppe A.1, kann der Einbau einer zweiten, gut isolierten Fensterebene aus konstruktiver Sicht eine Verbesserung bedeuten, da diese nun optimal innerhalb der Dämmebene sitzen.

Die solaren Gewinne werden durch die Maßnahme ebenfalls weiter reduziert.

9.7.4 Mechanische Lüftung mit WRG (Variante 5f)

Bei den untersuchten Fallbeispielen sind gemäß geltender Norm mechanische Abluftanlagen (Zwangslüftung) zur Entlüftung innenliegender WC- und Nassräume eingesetzt. Im Fall Zittau, Bautzner Straße 11 verfügt die Anlage zusätzlich über eine Abluft-Wärmepumpe zur Wärmerückgewinnung (Punkt 6.3.5).

Eine pauschalierte Beurteilung der Energieeinsparpotenziale von Anlagen zur mechanischen Wohnraumlüftung mit oder ohne Wärmerückgewinnung ist kaum möglich, da diverse Bauvarianten existieren. Unterschieden wird nach Anordnung (gebäudezentral, wohnungszentral, dezentral, raumweise) und der Art der Luftbehandlung (nur Abluft, Zu-/Abluft). Auch nach Art der Wärmerückgewinnung sind grundsätzlich zwei Systeme zu unterscheiden. Einerseits sind dies einfache Abluft-Anlagen mit Abluft-Wärmepumpe (Zittau, Bautzner Straße 11), andererseits von Zu- und Abluft-Anlagen mit Wärmetauschern (Wärmerad, Gleichstrom, Kreuzstrom, Gegenstrom).

Auf Grund dieser Spannweite unterschiedlicher Systeme, sind Randbedingungen festzulegen, die auch auf Erfahrungswerten beruhen.

Der Wert für den Infiltrationsluftwechsel wurde auf 0,15/h gesenkt, da ein dichtes Gebäude (n_{50} -Wert von 1,5/h [47]) Voraussetzung zur stabilen Regelung der Luftvolumenströme ist. Im anderen Fall sammelt sich die Abluft ggf. in Räumen an der windabgewandten Gebäudeseite. Außerdem wird der Frischluftbedarf in undichten Gebäuden (Infiltrationsluftwechsel 0,5/h) bereits über die Infiltration vollständig gedeckt, so dass darüber hinaus kein Bedarf für den Einsatz einer mechanischen Lüftungsanlage besteht. Erst bei erhöhter Luftdichtigkeit (ab ca. 0,15/h) steigt die Größe des Förderstroms der Lüftungsanlage an.⁴⁴ Die Ergebnisse Gebäudesimulationen bestätigen diese Annahmen. Ob die Forderung eines maximalen Infiltrationsluftwechsels von 0,15/h mit den Anforderungen des Denkmalschutzes in Übereinstimmung zu bekommen ist, muss als kritisch angesehen werden.

Für die Bewertung der Maßnahme wird der effektive Wärmebereitstellungsgrad⁴⁵ der Anlage, der abhängig ist vom Volumenstrom, der Fläche und dem Material des Wärme-

⁴⁴ An Passivhäuser werden bedeutend höhere Anforderungen an die Luftdichtheit gestellt. Es wird ein n_{50} -Wert von 0,6 gefordert, was in etwa einem natürlichen Luftwechsel von 0,09 bis 0,06/h entspricht.

⁴⁵ Zur Bewertung von Systemen der WRG existieren verschiedene Kennzahlen. Die geänderte EN 13053 definiert den energetischen Wirkungsgrad neu, um auch den Aufwand für Hilfsenergie bewerten zu können. Für Studie kam ein vereinfachtes Verfahren zur Anwendung.

tausches und dem Wirkungsgrad des Ventilators, pauschal mit 60% festgelegt. Diese Annahme ist im Vergleich zu den Angaben einiger Hersteller bewusst zurückhaltend definiert.⁴⁶ Im verwendeten Verfahren wurden die bei der Simulation ermittelten Lüftungswärmeverluste mit diesem Faktor multipliziert, die Energieverluste somit verringert. Der zusätzliche Aufwand für Hilfsenergie wurde nicht berücksichtigt.

Im Ergebnis lassen sich durch Umsetzung dieser Maßnahme 5 bis 20% Primärenergie bzw. Energiebezugskosten einsparen. Alle weiteren Kriterien werden mehrheitlich positiv bewertet, insbesondere aber die Nutzerfreundlichkeit durch die Komfortverbesserung in den Wohnräumen (Nachtlüftung in Schlafräumen). Eigenen Messungen des Instituts zufolge übersteigt der CO₂-Gehalt der Raumluft in Schlafräumen bei geschlossenem Fenster oft vorgegebene Grenzwerte von maximal 1500ppm (Görlitz, Handwerk 15, Messung). Um Energieverluste zu verhindern, die durch dauerhaft geöffnete Fenster während des Schlafens entstehen, sind mechanische Lüftungsanlagen die sinnvollste Lösung.

9.8 Verringerung der Anlagenverluste (Variante 6)

Einbezogen in die Untersuchung wurden auch verschiedene Maßnahmen zur Verringerung der Anlagenverluste bzw. zur Optimierung der Anlagentechnik. Dabei steht die Verbesserung der Anlagen-Aufwandzahlen im Vordergrund, ohne dabei ins Detail zu gehen, wie die Verbesserung erreicht wird. Je nach dem technischen Standard im Bestand lassen sich die Aufwandzahlen zum Teil stark senken. In der Literatur vorgebrachte Angaben zur Verbesserung der e_p -Zahlen im Bestand von 1,4 auf 1,15 werden geprüft.⁴⁷

Für die Gebäudesimulation wurde in der Ausgangsvariante von einer Jahresarbeitszahl (englisch – CoP: Coefficient of Performance) von 0,65 ausgegangen, was einer sehr schlechten Anlage entspricht. Im Rahmen der Optimierung (Variante 6) wurde diese auf 0,85 verbessert. Damit sind ohne Einfluss auf die Bausubstanz (bis auf Verteilungsleitungen) Einsparungen an Primärenergie bzw. Betriebskosten für den Energiebezug von 12 bis 20% erreichbar. Denkmalpflegerisch wird die Maßnahme in der Regel als unbedenklich eingestuft.

9.9 Kombination von Einsparmaßnahmen

Die energetischen Einsparungen, die durch Umsetzung der bisher aufgeführten Maßnahmen erreichbar sind, lassen sich nicht aufaddieren, da sich bei Umsetzung jeder weiteren Maßnahme die jeweils einzusparende Energie verringert. Außerdem handelt es sich teilweise um alternative Maßnahmen, die sich gegenseitig ausschließen.

⁴⁶ vgl. [17] und [53]

⁴⁷ Vgl. [63], Bestimmung der Anlagenaufwandzahl nach DIN 4701-10:2003-08

Um zu zeigen, welche Einsparpotentiale durch die Kombination unterschiedlicher Maßnahmen erschließbar sind, werden die bisher beschriebenen Maßnahmen kombiniert und das Ergebnis mit dem der Ausgangsvariante verglichen und bewertet. Weitere Maßnahmen, die sich auf die Energieerzeugung beziehen (Punkt 9.10) werden in diese Betrachtung nicht einbezogen, weil sie nur bedingt kombinierbar sind, ihre Effektivität sich gegenseitig beeinflusst und die Vielzahl möglicher Steuerungsarten keine klare Bewertung zulässt.

Die hier betrachtete Variante kombiniert unterschiedliche Maßnahmen, die am jeweiligen Fallbeispiel tatsächlich realisiert wurden. Dies beinhaltet die Dämmung der Bodenplatte bzw. Kellerdecke (1) der oberen Geschossdecke (2), des Daches (3), der Außenwände (4), der Fenster sowie der damit verbundenen Verbesserung der Luftdichtheit der Gebäudehülle (5b) und die Verringerung der Anlagenverluste (6). Sie wurde nicht nach den aufgestellten Kriterien bewertet, da als Ziel die Beurteilung der Einzelmaßnahmen ist. Diese Variante macht sichtbar, welches Einsparpotenzial praktisch möglich ist, wenn für das Gebäude ein passendes Paket von Maßnahmen ausgewählt wird, so wie es der Praxis eigentlich entspricht. Gleichzeitig wird deutlich, dass das Aufsummieren der einzelnen Einsparpotenziale nicht möglich ist.

Die energetische Untersuchung der Kombination unterschiedlicher Maßnahmen brachte folgende Ergebnisse (Abb.44). Bei den betrachteten Gebäuden liegen die Einsparpotenziale zwischen 29 und 60 Prozent für die Endenergie, bzw. zwischen 39 und 63 Prozent für Primärenergie. Die höchsten Potenziale können bei Fallgruppe A.1 ausgemacht werden. Im Vergleich dazu wird bei so genannten Faktor-10-Sanierungen davon ausgegangen, dass sich auch an Baudenkmalen 90 Prozent des Energiebedarfs (Weiße Villa, Pobershau) reduzieren lassen und in bestimmten Fällen eine denkmalgerechte Sanierung bis hin zum Passivhaus-Standard möglich ist (Referenzgebäude Görlitz, Handwerk 15).

Potential bei Kombination verschiedener Einsparmaßnahmen

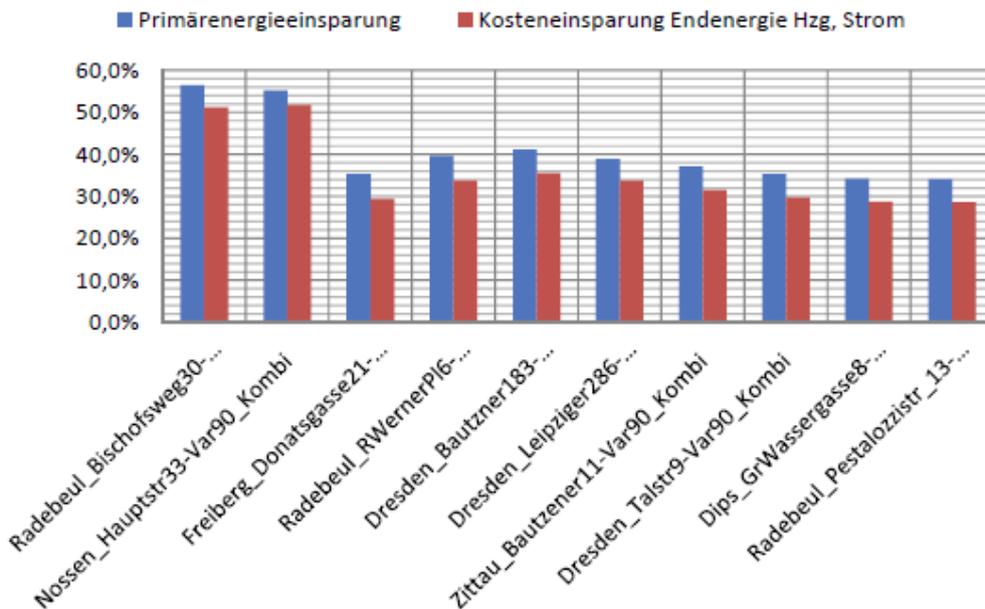


Abb.44: Einsparpotenzial bei Kombination verschiedener Maßnahmen

Bei einer pauschalen Betrachtung ganzer Fallgruppen lassen sich derartig hohe Einsparpotenziale aber nicht attestieren. Durch die Wahl der Randbedingungen (Auswahl der Konstruktionen) schlagen wir einen vorsichtigeren Weg ein, der auch den Einzelfall jedes Baudenkmals berücksichtigt. Denn jede Sanierungsmaßnahme ist abhängig von den Vorbedingungen (Zustand vor Sanierung, Bauschäden) separat auszuwählen und lässt sich nicht pauschal festlegen. Die Abhängigkeit vom Erhaltungszustand hat erheblichen Einfluss auf den möglichen Umfang der Eingriffe, die zur energetischen Sanierung in jedem Fall notwendig sind.

9.10 Einsatz erneuerbarer Energien

Während im vorhergehenden Abschnitt Maßnahmen untersucht wurden, die darauf abzielen, die energetischen Verluste am Gebäude zu verringern, sollen außerdem Maßnahmen untersucht werden, die eine optimierte Erzeugung der Energie sicherstellen. Sie sind im Grund unabhängig von der Bausubstanz zu beurteilen, stehen aber je nach Installationsort in Wechselwirkung mit der Konstruktion.

Der Einsatz regenerativer Energiequellen an Denkmälern kann die ökologische Bilanz von Baudenkmälern durchaus verbessern (Primärenergie), ein Ausgleich der energetisch bedingten betrieblichen Mehrkosten geht damit aber nicht einher. Selbst wenn der gesamte, im Vergleich zum Neubau höhere Energiebedarf eines historischen Gebäudes vollständig aus erneuerbaren Quellen gedeckt werden könnte und damit ökologisch unbe-

denklich ist, konkurriert das Gebäude beim Energiebezug mit anderen Verbrauchern (Gebäude, Industrie, Verkehr). Steigt durch höhere Nachfrage und sinkende Angebote der Energiepreis global an, dann bleiben die Kosten für den Bezug erneuerbarer Energien nicht unter dem Marktniveau. Mehrkosten für den denkmalspezifisch erhöhten Energiebezug lassen sich deshalb mit erneuerbaren Energien nicht mindern.

In die Untersuchung wurden solche Maßnahmen einbezogen, die im Allgemeinen dem Begriff erneuerbare Energien zugeordnet werden. Dazu gehören neben Wärmepumpen und Erdwärmetauschern insbesondere Solaranlagen (Solarthermie, Photovoltaik). Als Aufstellort wurde im Rahmen der Studie dafür bisher nur das Dach berücksichtigt, wobei aber zwischen Straßen- und Hofseite unterschieden wurde, um eine abgestufte denkmalpflegerische Bewertung des Erscheinungsbildes zu ermöglichen, was in vielen Fällen, insbesondere bei der Fallgruppe C (Blockrandbebauung), notwendig erschien. Die Beurteilung des energetischen Einsparpotentials dieser Maßnahmen wurde anhand überschlägiger Kennzahlen vorgenommen.

Der Einsatz von Kleinwindkraftanlagen ist bislang noch kritisch zu betrachten und wurde aus diesem Grund nicht bearbeitet. Der derzeitige Trend im Bereich Windkraft geht hin zu größeren und höheren Windkraftanlagen, um diese effektiver und wirtschaftlich günstiger betreiben zu können. Dieser Umstand spricht eher gegen einen wirtschaftlichen Einsatz von Kleinwindkraftanlagen.

9.10.1 Thermische Solaranlagen (Variante 7a+b)

Thermische Solaranlagen ermöglichen die Nutzung der Sonnenstrahlung zur Gebäudebeheizung und Unterstützung der Warmwasserbereitung. In Mitteleuropa verlaufen die Erträge der solarthermischen Anlage zum Heizwärmebedarf des Gebäudes jedoch jahreszeitlich antizyklisch, d.h. zum Zeitpunkt des höchsten Wärmebedarfes im Winter stehen diesem die niedrigsten Erträge gegenüber. Im Gegenteil dazu muss die Verwendung der im Sommer zur Verfügung stehenden Wärme geklärt sein. Diese könnte, wie am Fallbeispiel Freiberg, in einem saisonalen Jahresspeicherspeicher gesammelt und bei Bedarf (im Winter) abgerufen werden. Aus diesem Grund arbeiten Forscher derzeit intensiv an der Weiterentwicklung solcher Systeme zur thermischen Energiespeicherung⁴⁸.

Aber nicht nur die Frage der Energiespeicherung bestimmt die Effektivität solarthermischer Anlagen. Eine Vielzahl weiterer Einflussfaktoren macht die pauschale Bestimmung des energetischen Einsparpotentials solcher Anlagen unmöglich, bzw. erfordert umfangreichere Untersuchungen im Einzelfall⁴⁹. Zu den Faktoren gehören beispielsweise:

- Standort der Anlage (Gebäude)
- Anordnung, Dachneigung und Ausrichtung

⁴⁸ Innovationsforum „Thermische Energiespeicherung“ am 27./28.5.2010 in Freiberg/Sa.

⁴⁹ Ggf. sind Simulationsrechnungen mit geeigneter Software notwendig

- Bauart der Kollektoren und Wirkungsgrad⁵⁰
- Zeitprofil der Einstrahlung vs. Zeitprofil des Wärmebedarfs (Lastspitzen) usw.
- Saisonaler Speicher (Bauart, Volumen, Verluste)
- Interaktion mit anderen Komponenten der Anlagentechnik (Reglung, Steuerung, Schaltung)

Im Rahmen der Studie wurde deshalb eine vereinfachte Betrachtungsweise gewählt, welche sich auf die Nutzung solarthermischer Anlagen zur Vorerwärmung des Trinkwarmwassers beschränkt und pauschale Annahmen zu Grunde legt.

Ziel der Auslegung solarthermischer Anlagen zur Trinkwassererwärmung sollte es sein, den Wärmebedarf außerhalb der Heizperiode zumindest zeitweise vollständig durch Erträge der Anlage decken zu können, um die Abschaltung des Heizkessels zu ermöglichen und somit dessen Bereitschaftsverluste bei geringer Auslastung bedeutend zu senken.

Deutschlandweit beträgt der tägliche Warmwasserbedarf pro Person ca. 30-40 Liter, was zu einem jährlichen Energiebedarf zur Warmwasserbereitung von ca. 500 bis 800 kWh/a pro Person führt. Setzt man als Jahresertrag ca. 350 kWh pro m² Kollektorfläche an, so lässt sich mit ca. 1,5m² Kollektorfläche pro Person ein solarer Deckungsgrad von etwa 50-60% erreichen.

Zur Bewertung des energetischen Einsparpotentials solcher Anlagen wurden neben solchen Annahmen die am betrachteten Fallbeispiel vorhandene Aufstellfläche auf dem Dach herangezogen und der so bestimmte Jahresertrag dem Energiebedarf für die Trinkwarmwassererzeugung gegengerechnet. Das energetische Einsparpotenzial dieser Maßnahme mit 3 bis 6% bestimmt.

Wegen der Beeinträchtigung des Erscheinungsbildes wird sie bei allen Fallgruppen außer C.2 tendenziell problematisch beurteilt. Nach allen weiteren Kriterien ist die Maßnahme in der Regel weitgehend unbedenklich eingestuft.

9.10.2 Photovoltaik-Anlagen (Variante 8a+b)

Durch die Einspeisevergütung für Solarstrom stimuliert, entstanden in den letzten Jahren deutschlandweit zahlreiche Photovoltaik-Anlagen an Gebäuden, die auf Dächern oder auch an der Fassade installiert wurden. Eine Integration in Dächer ist aus brandschutztechnischen Gründen zu vermeiden. Trotz derzeit zum Teil ungelöster Fragen, z.B. deren Beitrag zur Stabilität des Stromnetzes und Wirtschaftlichkeit, wird der Trend zur dezentralen Anwendung solcher Technologien an Gebäuden (Dach oder Fassade) auch in Zukunft anhalten.

Die energetische Beurteilung erfolgte ebenfalls nach einem vereinfachten Verfahren. Dabei können, ausgehend von einem Ertrag von etwa 700-900 kWh/a pro kWp⁵¹ (je nach

⁵⁰ Wirkungsgrade solarthermischer Anlagen liegen bei ca. 25- 40%.

Wirkungsgrad⁵² ca. 10m² Modulfläche) jährlich etwa 70-100 kWh pro m² Modulfläche geerntet werden. Bei der Berechnung wurde ein Ausgangswert von 100kWh/m² mit der möglichen Aufstellfläche auf dem Dach des Baudenkmals multipliziert. Diese wurde aus den Zeichnungen ermittelt und eher niedrig angesetzt. Der so errechnete Jahresertrag an Strom wurde in der Bilanz gegengerechnet und somit ein Prozentsatz für die Energieeffizienzsteigerung ermittelt. Ausrichtung und Neigung des Daches wurden dabei vernachlässigt, da der Ertrag in gleichem Maß abhängig ist vom Wirkungsgrad der eingesetzten Module, aber mehr noch von der Größe der zur Verfügung stehenden Aufstellfläche. Bei einer detaillierteren Beurteilung müssten solche Faktoren aber Berücksichtigung finden.

Die Ergebnisse liegen primärenergetisch und endenergetisch betrachtet nur zwischen 2 und 4 Prozent. Im Fallbeispiel Nossen (Objekt 02) liegt die Einsparung mit 6-8% höher, weil eine größere Fläche als 30m² angesetzt werden konnte. Tatsächlich wurde bei der Sanierung dieses Gebäudes eine bedeutend größere Modulfläche auf das Scheunendach mit Südausrichtung montiert.

Mit der Installation von PV-Anlagen an Baudenkmalen sind eine Reihe von Problemen und Nachteilen verbunden, die sich nur teilweise abstellen lassen. Aus diesem Grund wird die Installation auf Baudenkmalen bei Fachleuten aus der Denkmalpflege tendenziell eher negativ bewertet oder stößt sogar auf Ablehnung.

Abgesehen von der Frage, inwieweit neuzeitliche Zutaten an Baudenkmalen akzeptabel sind, erschwert im Bezug auf das Erscheinungsbild nicht nur das farbliche Zusammenspiel von Dachhaut und Solarmodul (eher bei Dachziegeln als bei Schiefer), sondern auch die starre Modulgröße eine harmonische Integration in die Dachhaut. Zwar gibt es eine Reihe von Ansätzen, die helfen sollen, diese Nachteile auszugleichen (Modulfarbe oder Form). Eine mit der Installation von PV-Anlagen verbundene Veränderung des Erscheinungsbildes historischer Dachlandschaften ist jedoch unvermeidbar. Die Beurteilung der Auswirkungen auf das Erscheinungsbild fällt daher (bis auf Fallgruppe C.2) sehr negativ aus, während die Reversibilität positiv und die Substanzverluste bei der Installation als geringfügig angesehen werden.

Obwohl das Thema Brandschutz nicht gesondert untersucht wurde, muss hier vermerkt werden, dass bei PV-Modulen auf Grund der hohen Gleichstromspannung im Vergleich zu Wechselstromleitungen die Gefahr von Kabelbränden steigt. Im Brandfall wird das Löschen u. U. unmöglich, wenn das Löschwasser trotz Abschaltung des Wechselrichters weiterhin unter Strom steht.

⁵¹ Die Einheit Kilowatt Peak (kWp) gibt den Nennwert der unter Normbedingungen (Einstrahlung 1000 W/m², Temperatur 25°C und 1,5 Air Mass) gemessenen Leistung des PV-Moduls als Produkt aus den Nennwerten der Spannung und Stromstärke an.

⁵² Der Wirkungsgrad von PV-Modulen liegt zwischen 6 und knapp 18% [88].

Schließlich ist hier die Frage nach der gebäudeunabhängigen Aufstellung der PV-Module anzusprechen. Ihre Platzierung ist weitgehend unabhängig vom Ort der Energienutzung. Technisch ist es deshalb nicht zu begründen, PV-Anlagen dort zu installieren, wo sie anerkannte Werte des baulichen Erscheinungsbildes beeinträchtigen. Vielmehr ermöglicht die Technologie örtlich unabhängige Ersatzmaßnahmen, beispielsweise an nahe gelegenen Nebengebäuden oder auch weiter entfernten Solarparks, z. B. auch im Dachbereich von Gewerbegebieten. Das gegenwärtig zu beobachtende Interesse mancher Denkmalbesitzer, ihr Gebäude mit PV-Anlagen auszustatten, ist nicht energetisch und auch kaum ökologisch zu begründen. Motiv scheint hier einerseits der begründete Wunsch, auch oder gerade bei Baudenkmalen die Einspeisevergütung zu realisieren, andererseits das eher symbolisch zu wertende Bemühen, sich am Thema Energieeinsparung aktiv zu beteiligen, und sei es an einem dafür wenig geeigneten Ort. Dass diese Bemühungen dann wenig effektiv sind und eher zur unnötigen Beeinträchtigung anderer, nämlich kultureller Ressourcen beitragen, muss durch Forschungs- und Aufklärungsarbeit verdeutlicht werden. Anstelle einer Einspeisevergütung für PV-Anlagen im Denkmalsbereich sollte gerade bei diesen Maßnahmen darüber nachgedacht werden, sie nicht gegen die Belange des Denkmalschutzes zu auszuspielen, sondern vielmehr im Einklang mit diesen als flexible Kompensationsmaßnahmen zu fördern. Neuartige Förderprogramme (nach dem Muster des Emissionshandels oder konventioneller baurechtlicher Ausnahmemöglichkeiten für Denkmaleigentümer) könnten hier Möglichkeiten liefern, die im Interesse der Allgemeinheit zu bewahrenden Eigenschaften von Kulturdenkmälern auch bei niedrigerem energetischen Standard zu bewahren, indem der Aufwand für eine PV-Anlage nicht auf das Dach des Baudenkmals, sondern in weniger störende und zugleich viel wirtschaftlichere Anlagen an besser geeigneten Orten gelenkt wird.

9.10.3 Nah-/Fernwärme aus Groß-KWK (Variante 9)

Während Mini-Blockheizkraftwerke (BHKW) im Rahmen der Studie nicht untersucht wurden, sind Fern- oder Nahwärmeschlüsse für verdichtete Räume, zum Beispiel für Innenstädte u.U. zu empfehlen, wenn damit eine Nutzung von Abwärme aus der Erzeugung von Strom oder aus der Produktion verbunden ist. Vorteilhaft wirken sich hohe Wirkungsgrade großer Erzeugungsanlagen aus, nachteilig wirken dagegen Verluste bei der Wärmeverteilung, die mit der Länge der Leitungen zunehmen. Bei dicht bebauten Innenstädten lassen sich diese Verluste minimieren, da die Leitungslängen, bezogen auf die benötigte Anschlussleistung, verhältnismäßig kurz sind.

Derzeitig wird das Thema zentrale versus dezentrale Wärmeversorgungssysteme kontrovers diskutiert. Die Effektivität der Netze kann je nach konkreter Situation sehr unterschiedlich sein. Genaue Angaben über den tatsächlichen energetischen Aufwand für den Netzbetrieb sind im Einzelfall von den zuständigen Energieversorgungsunternehmen zu erfragen.

Die primärenergetische Bewertung von Nah- und Fernwärmenetzen erfolgt anhand von Primärenergiefaktoren, die nach DIN 4701-10 für jedes Netz einzeln bestimmt werden,

wobei u.a. Herstellungs- und Verteilungsverluste sowie die Art der verwendeten Brennstoffe einfließen.

Deutschlandweit ist die Bandbreite groß. Das Wärmenetz der Stadt Bamberg wurde mit 0,0 (Abwärme aus der Müllverbrennung) zertifiziert, die Stadtwerke Zittau GmbH dagegen mit 1,27. Das zentrale Wärmenetz der DREWAG GmbH wurde mit 0,12 zertifiziert.⁵³

Für die Energetische Beurteilung im Rahmen der Studie wurde als Primärenergiefaktor für alle Fallbeispiele die Vorgabe der DIN V 18599-1:2007-02, Tab. A.1 für Nah- oder Fernwärmenetze aus KWK von 0,7 angesetzt. Dieser bildet einen deutschlandweit repräsentativen Mittelwert ab. Daraus ergibt sich ein primärenergetisches Einsparpotenzial, welches im Mittel bei knapp 25% liegt.

Der Einsatz von Mini-BHKW (Block-Heizkraftwerk) wird im Rahmen der Untersuchung nicht bewertet. Während der Jahresnutzungsgrad geringer ist, liegt der Vorteil dezentraler KWK-Anlagen gegenüber Wärmenetzen darin, dass die produzierte Wärme ohne Transportverluste am Ort des Verbrauchers verfügbar ist. Der dabei produzierte Strom ist für den Eigenbedarf bestimmt oder wird in das Stromnetz eingespeist.

Die Wirtschaftlichkeit solcher Anlagen erfordert bei stromgeführten Anlagen die ganzjährige Abnahme der bei der Stromerzeugung anfallenden Abwärme. Dies trifft bei Wohngebäuden in der Regel nicht zu, was einen wärmegeführten Betrieb oder den Einsatz saisonaler Wärmespeicher notwendig macht. Das Fallbeispiel Freiberg, Donatsgasse 21 zeigt, dass solche Maßnahmen realisierbar sind. Hier wird ein Jahreszeitspeicher mit einem Volumen von 80 m³ verwendet, um die sommerlichen Erträge aus der Solarthermie zu speichern. Gleiches ist prinzipiell für die Verwendung von BHKW's denkbar. Ob sich solche Maßnahmen wirtschaftlich darstellen lassen, bleibt zu untersuchen.

9.10.4 Anlagen zur Nutzung von Umweltwärme (Variante 10)

Zur Deckung des Wärmebedarfs von Gebäuden kann die Nutzung vorhandener Umweltwärme im Erdreich (Geothermie), aber auch im Grundwasser (Hydrothermale Anlagen) oder in der Luft auf verschiedene Weise beitragen. Ist das Temperaturniveau des Trägermediums niedriger als die benötigte Vorlauftemperatur im Heizsystem, so lässt es sich mit Hilfe von Wärmepumpen (WP) unter Einsatz von Energie (z.B. Strom) auf ein nutzbares, höheres Level anheben. Die Effizienz der eingesetzten Wärmepumpe und aller dazugehörigen Systemkomponenten im praktischen Betrieb wird durch die Jahresarbeitszahl (JAZ) β beschrieben. Sie wird auch Nutzungsgrad der Anlage genannt und eignet sich als Richtwert zur Bewertung der Energieeffizienz solcher Maßnahmen.

Die große Bandbreite unterschiedlicher Systeme führt dazu, dass die in der Praxis gemessenen JAZ oft von den unter Normbedingungen gemessenen Leistungszahlen der

⁵³ laut Angaben der Arbeitsgemeinschaft Fernwärme (AGFW)

WP abweichen und je nach System und deren Bedingungen stark schwanken. Eine Vielzahl von Einflussfaktoren bestimmen die JAZ wie z.B.:

- Art des Trägermedium (Luft, Grundwasser, Erdreich), Regeneration der Wärmequelle
- Temperatur des Trägermediums
- Vorlauftemperatur Heizsystem
- Aufwand für Pumpen im Heizsystem und Anlagenverluste
- Betriebsweise

Diese Einflüsse erschweren eine allgemeingültige, pauschale Bewertung, so dass weitere vereinfachende Einschränkungen zu treffen sind, um eine Aussagen treffen zu können.

Die Betrachtung wurde eingeschränkt auf die Nutzung oberflächennaher Geothermie mit Hilfe flächiger Erdwärmetauscher unter Einsatz einer elektrisch betriebenen Erdreich- oder Grundwasser-WP, die monovalent (einzige Wärmequelle für das Gebäude) betrieben werden. Diese stellt den benötigten gesamten Jahreswärmebedarf des Gebäudes bereit. Dieser tritt als zusätzlicher Strombedarf des Gebäudes auf, vermindert um den Faktor der Jahresarbeitszahl, während die Endenergie für Heizung und Trinkwarmwasser (Gas) gleich Null ist.

Als Jahresarbeitszahl der Anlage wurde 3,5 angenommen. Diese Annahme basiert auf Untersuchungen von Wärmepumpen im Praxistest an energieeffizienten Büro und Verwaltungsbauten [36]. Als Ergebnis wurde dort eine durchschnittliche Jahresarbeitszahl von 3,7 über alle untersuchten Gebäude bestimmt. Diese unterliegen ebenfalls beträchtlichen Schwankungen.

Anlagen, welche die Außenluft als Medium die Wärme in der nutzen, wurden nicht in die Untersuchung einbezogen. Deren Funktionsweise ist mit der oben beschriebenen vergleichbar. Sie haben jedoch einige Nachteile, die im Grunde darin bestehen, dass immer dann, wenn der höchste Wärmebedarf besteht (Winter) auch die Außenlufttemperaturen sehr niedrig liegen. Damit steigt zu diesem Zeitpunkt der energetische Aufwand zur Erschließung der Wärme stark an. Die Jahresarbeitszahlen solcher Wärmepumpen liegen deshalb bedeutend schlechter als bei Erdreichwärmepumpen.

Einsparpotenzial Geothermie

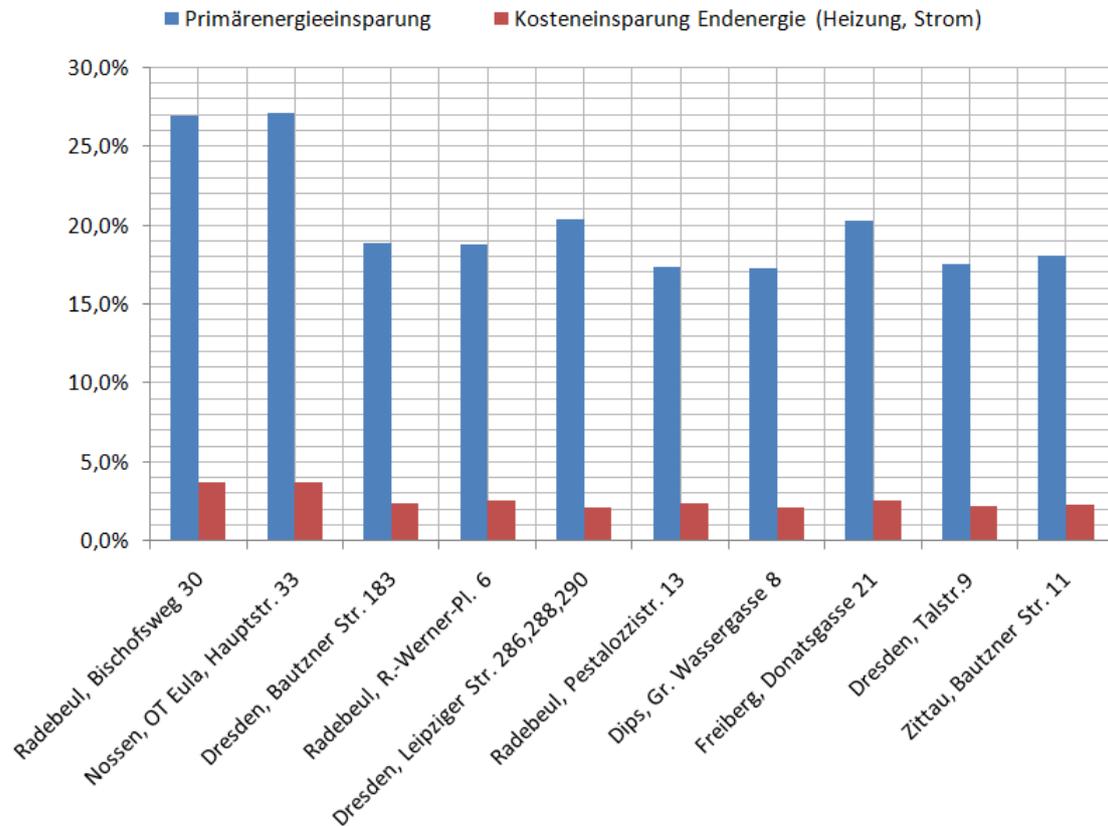


Abb.45: Einsparpotenziale bei Nutzung von Erdwärme mit Wärmepumpe

Für Abluft-Wärmepumpen wiederum, wie sie in Fallbeispiel Zittau, Bautzner Straße 11 zum Einsatz kommen, liegt der Durchschnitt nur geringfügig schlechter bei etwa 3,4. Auch diese Bauart ist nicht Gegenstand der vorliegenden Untersuchung [52].

Das Ergebnis der Untersuchung zeigt ein heterogenes Bild. Bei der primärenergetischen Bewertung dieser Maßnahme spielt der energetische Aufwand zur Herstellung der verwendeten Energieträger eine herausragende Rolle. Trotz der schlechteren Primärenergiefaktoren für elektrischen Strom ($f_{P \text{ Strom}} 2,6$) gegenüber Gas ($f_{P \text{ Gas}} 1,1$) bietet die Maßnahme trotzdem ein relativ hohes primärenergetisches Einsparpotenzial von 15 bis über 25 %, weil der Energiekonsum der Wärmepumpe wesentlich geringer ist als die Wärmemenge, die zur Beheizung des Gebäudes notwendig ist. Das Verhältnis würde sich weiter verbessern, wenn für den Betrieb der Wärmepumpe verstärkt Strom aus erneuerbaren Quellen, zum Beispiel aus Wind oder Wasserkraft zum Einsatz kommt. Insbesondere der derzeit massive Ausbau der Kapazitäten bei Offshore-Windkraft-Anlagen lässt für die Zukunft ein solches Szenario zu erwarten.

Die Einsparung an Endenergie bzw. Energiekosten fällt jedoch bedeutend geringer aus (unter 5%). Grund dafür ist der hohe Preis für Strom im Vergleich zu Gas. Er wurde für Gas mit 6Ct/kWh, für Strom dagegen mit 20Ct/kWh angesetzt, was in etwa dem derzeitigen Energiepreisniveau entspricht.

Aus denkmalpflegerischer Sicht werden solche Anlagen positiv bewertet, weil ein direkter Zusammenhang mit dem Denkmal nicht besteht.

9.11 Zusammenfassender Vergleich der Maßnahmen

Sowohl bei Betrachtung des primärenergetischen Einsparpotenzial als auch der Senkung der Betriebskosten schneidet eine Kombination unterschiedlicher Maßnahmen an der Gebäudehülle und der Anlagentechnik unter den derzeit gegebenen energiewirtschaftlichen Bedingungen am besten ab, selbst wenn sie, wie in den vorliegenden Fällen, nur relativ zurückhaltend ausgeführt sind. Unter den so angenommenen Randbedingungen sind Einsparungen von 30 bis über 60% möglich. Hervorzuheben ist Fallgruppe A.1, bei der die Einsparungen am höchsten sind.

Den größten Anteil daran hat die Dämmung der Außenwände (Maßnahme 4), unabhängig davon, welches System eingesetzt wird. Überraschend gering sind die errechneten Einsparungen dagegen bei Dämmung des Daches und der oberen Geschossdecke. Zum Teil liegt dies darin begründet, dass beide Maßnahmen in vielen Fällen in Kombination auftreten, wie zum Beispiel bei Mansarddächern. Andererseits sind die Eingangsgrößen kritisch zu betrachten. Bei der Auswahl der Konstruktionen für die Dachdämmung wurden lediglich Dämmstärken von 10 bis 16 cm gewählt. Im Vergleich dazu sind für die Erfüllung der EnEV 2009 je nach Dämmstoff Stärken von bis zu 20 cm erforderlich.

Bei Verfügbarkeit eines Nah- oder Fernwärmenetzes kann durch die Nutzung von Abwärme aus der Stromerzeugung oder Industrie ebenfalls ein sehr großes primärenergetisches Einsparpotenzial erschlossen werden (19-30%). Abgesehen vom Problem der Verfügbarkeit außerhalb von Ballungszentren bleiben die Betriebskosten nach Umsetzung der Maßnahme weiterhin hoch. Der Einsatz von Fern- oder Nahwärme führt unter diesem Gesichtspunkt keine Änderung herbei, da die Menge benötigter Endenergie nicht gesenkt wird, der Preis dafür aber an marktübliche Wärmepreise gekoppelt ist. Diese Bewertung könnte erst dann anders ausfallen, wenn das technisch erzielbare primärenergetische Einsparpotenzial der Kraft-Wärme-Kopplung (Fernwärmeversorgung bzw. BHKW) stärker (in Ergänzung oder auch alternativ zu den derzeitigen Prioritäten) in entsprechenden energiewirtschaftlichen Regelungen bzw. Fördermaßnahmen berücksichtigt wird.

10 Diskussion und Vergleich

Deutschlandweit, zum Teil auch in Sachsen, wurden in den letzten Jahren zahlreiche Pilotprojekte zur energetischen Sanierung durchgeführt. Bei einigen dieser Objekte wurde die Wirksamkeit der realisierten Lösungen auch messtechnisch überprüft.

Im Hinblick auf die Steigerung der Energieeffizienz zeigen alle – gewissermaßen unter Laborbedingungen - sehr hohe Einsparpotenziale im Gebäudebestand auf. Die folgende Tabelle zeigt an einigen Beispielen die an denkmalgeschützten Wohngebäuden erreichten Einsparungen des Jahres-Heizwärmebedarfs durch die energetische Sanierung.

<i>Objekt</i>	<i>vor Sanierung [kWh/m²a]</i>	<i>nach Sanierung [kWh/m²a]</i>	<i>Ein- sparung [%]</i>
Fachwerkhaus: Schloßberg 2, Monschau [64]	407	77	81
Gründerzeit: Auenstr. 20, Leipzig [64]	167	64	61
Gründerzeit: Gr. Freiheit 46, Hamburg [77]	260	32*)	88
Gründerzeit: (allgemein Deutschland) [63]	165	29	82
„Weiße Villa“ Pobershau [88]	316	32	90
1920er Jahre Blockrandbebauung [63]	216	36	83
1920er Jahre: Nibelungenring, Leipzig [64]	257	85	67
1930er Jahre: Mannheim-Gartenstadt, Freyastr. 42-52, [77]	210	21,6	90

Tab.5: Vergleich erzielter Einsparungen an Jahres-Heizwärmebedarf durch die energetische Sanierung denkmalgeschützter Wohnbauten *)Endenergie

Derartig hohe Einsparpotenziale konnten bei der vorliegenden Studie allerdings nicht nachgewiesen werden. Die hier ermittelten Ergebnisse bleiben zum Teil beträchtlich hinter dem Standard der genannten Pilotprojekte zurück. Grund dafür ist im Wesentlichen die Auswahl der Konstruktionen, die sich an der tatsächlich realisierten Lösung der Fallbeispiele orientiert.

Insofern spiegelt die Untersuchung unter energetischen Gesichtspunkten eher das aktuell praktizierte/praktizierbare energetische Niveau bei Sanierungen wider. Sie zeigt nicht, welche Einsparungen im optimalen Einzelfall erreichbar wären.

10.1 Zusammenführung der Gebäudedaten u. Kennwerte, Typisierung

Für die Zusammenführung der Ergebnisse wurde eine Tabelle (Anhang 3 – Gebäudekenndaten, Punkt 13.3) entwickelt, in der die Kennwerte und Beurteilungen der rechnerisch untersuchten Einzelbeispiele mit den Ergebnissen der Umfrage abgeglichen und zu fallgruppenspezifischen Aussagen zusammengeführt wurden. Für jede der fünf untersuchten Fallgruppen sind somit die wichtigsten Kennwerte tabellarisch zusammengefasst. Sie umfasst Informationen zum Standort, Geometrie, Konstruktion, Energiekennwerte, die zu beurteilenden Maßnahmen und die Effekte auf die Denkmal- bzw. Ge-

staltwerte, ferner einige Kenndaten zur Häufigkeit/Relevanz des jeweiligen Typus. In der rechten Spalte der Tabelle erfolgt eine Typisierung der Ergebnisse, welche Bandbreiten für die Fallgruppe festschreibt.

10.2 Zusammenstellung der Ergebnisse in der Bewertungsmatrix

Die beiden Haupt-Untersuchungsbereiche der Studie, Energieeinsparungspotenzial im Gebäudebetrieb und Denkmalverträglichkeit, sind Teilaspekte einer notwendigen Gesamtbetrachtung, die eine Untersuchung mit größerem Umfang notwendig macht. Ausgangspunkt des Modellprojektes des Sächsischen Staatsministeriums des Innern ist die klimapolitische Vorgabe zur Reduktion von CO₂-Emissionen durch Einsparungen von Primärenergie im Gebäudesektor. Dazu sind komplexe Betrachtungsansätze nötig, die nicht allein die Verbrauchswerte (Betriebskosten), sondern die energetische Gesamtbilanz der jeweiligen Bestände erfassen (Lebenszyklusbetrachtung [30], [29]).

Diesbezüglich ist vor allem auf den städtebaulichen Aspekt hinzuweisen. Die Untersuchung bezieht sich gemäß der Aufgabenstellung auf energetische Maßnahmen an denkmalgeschützten Wohngebäuden im Hinblick auf deren Übertragbarkeit auf bautypologisch ähnliche Fälle. Wesentliche Potenziale, die eher in der städtebaulichen Dimension des Themas liegen, konnten hier nicht näher behandelt werden. Auf die wichtige Rolle des Standorts, der Dichte und der Infrastruktur (Verkehr) für die Gesamtenergiebilanz wurde hingewiesen (Punkt 8), ebenso auf die mögliche Potenzierung von Beeinträchtigungen des Erscheinungsbildes durch Häufung störender Elemente im Straßenbild (Punkt 5.3.2). Auch im Zusammenhang mit PV-Anlagen, Fernwärmeversorgung und Blockheizkraftwerken wurde die Notwendigkeit einer quartiersbezogenen oder kommunalen Planungsperspektive angesprochen. Diese Betrachtung sollte im Sinne eines (am Modell des Flächennutzungsplans angelegten) kommunalen „Energienutzungsplanes“ forciert werden⁵⁴. Sonderfälle wie Kulturdenkmale, aber auch Brachen, Gewerbegebiete, großmaßstäbliche Nutzungseinheiten u. a. können in einer solchen Gesamtschau ihren jeweiligen Bedürfnissen und Möglichkeiten entsprechend differenziert und optimiert berücksichtigt werden.

Unter dem Leitbegriff der Nachhaltigkeit werden heute die drei Handlungsfelder „Umwelt, Gesellschaft, Wirtschaft“ subsumiert. Man kann auch vom ökologischen, vom ökonomischen und vom sozialen/kulturellen Kapital sprechen, mit dem nachhaltig zu wirtschaften ist. Bei diesem gerne als „Dreiklang“ dargestellten Wirkungsfeld handelt es sich jedoch nicht um überlappende Kreise gleicher Größe und Bedeutung. Vielmehr stellt das ökologische Kapital – die Biosphäre – den übergeordneten Aspekt dar, innerhalb dessen es einen kleineren Kreis gibt, die menschlichen Gesellschaften, und innerhalb dieses Kreises findet sich der nochmals kleinere Kreis der ökonomischen Belange dieser Gesellschaften [65]. Bei der Betrachtung einzelner Aspekte unter der Maßgabe der Reduktion der CO₂-Emissionen – also einer die Biosphäre betreffenden Maßnahme –

⁵⁴ Beispiele hierfür gibt es u. a. in Zürich, München und neuerdings Dessau-Rosslau.

ist diese Reihenfolge und Abhängigkeit im Auge zu behalten, um einseitige Beurteilungen, die sogar kontraproduktiv sein können, zu vermeiden.

Um dem Rechnung zu tragen, wurde die Beurteilung der hier untersuchten Aspekte in einen Gesamtrahmen eingebunden, der die wesentlichen Zusammenhänge und Einflussfaktoren verdeutlicht. Neben den Kriterien der Energieeinsparung und des Denkmalschutzes wurden Aspekte der Nachhaltigkeit in diesem umfassenden Sinne aufgeführt und, soweit im Rahmen des Projektes möglich, bewertet. Eine vollständige und abschließende Bilanzierung dieser erweiterten Bewertungskriterien war nicht beabsichtigt, sie wäre Inhalt deutlich komplexerer Berechnungs- und Evaluationsmodelle. Die Einbettung der Ergebnisse in den Gesamtrahmen soll jedoch vor einer vereinfachenden sektoralen Beurteilung schützen und die Vielschichtigkeit der miteinander verbundenen Probleme und Lösungswege aufzeigen.

Die Matrix ist nach den o. g., sich überlagernden Handlungsfeldern aufgebaut. Dafür wurden in Spalten die wichtigsten Kriterien ausgewiesen, anhand derer sich die wesentlichen Effekte der untersuchten Maßnahmen im Zusammenhang diskutieren und zum Teil auch beurteilen lassen. Für jede Fallgruppe werden Potenziale und Effekte der einzelnen Maßnahmen einander gegenüber gestellt, um das Ineinandergreifen ökonomischer, ökologischer und soziokultureller Belange zu veranschaulichen.

Eine Zusammenfassung aller Einzelbewertungen einer Maßnahme zu einem gemittelten Endergebnis, wie es z. B. Ziel von Nutzwertanalyse [59] ist, die Entscheidungen im Bereich der Wirtschaft ermöglichen, war nicht Ziel der Untersuchung. In der Umsetzung wäre dies auch nicht möglich, weil sich negative Effekte bei einer solchen Auswertung gegenseitig aufheben und das Ergebnis damit verfälschen können (Punkt 0).

Beurteilungen wurden deshalb nicht im Sinne einer einfachen Addition von Punkten angestrebt. In Abhängigkeit von der Art der Werte (numerisch oder deskriptiv) ist die Matrix teils mit numerischen Kennwerten (prozentuale Einsparung bzw. Verbesserung), teils mit Farbsymbolen ausgefüllt. Dabei bedeuten:

- Grüner Pfeil aufwärts (↑): i. d. R. unbedenklich
- Gelber Pfeil aufwärts (↗): zu prüfen aber tendenziell positiv; zu prüfen
- Gelber Pfeil waagerecht (→): zu prüfen
- Gelber Pfeil abwärts (↘): zu prüfen aber tendenziell negativ
- Roter Pfeil abwärts (↓): i. d. R. nicht zu empfehlen

Bedingt durch den fachlichen und zeitlichen Rahmen der Studie enthält die Matrix nicht in allen Punkten Einträge. Gleichwohl sollte die Matrix dazu beitragen können, die komplex miteinander verknüpften Sachverhalte in einer Zusammenschau zu verdeutlichen.

Da zwischen dem energetischen Einsparpotenzial und der Denkmalbedeutung in der Regel kein Zusammenhang besteht, soll die Bewertungsmatrix vor allem aufzeigen, wie sich die unabhängig voneinander ermittelten Werte zueinander verhalten. Die untersuch-

ten Maßnahmen können in der Gesamtbilanz jeweils besser oder schlechter abschneiden, je nachdem, ob die erwünschten Effekte beider Betrachtungsebenen sich addieren oder eher aufheben. Eine bauphysikalisch effektive Maßnahme kann beispielsweise denkmalunverträglich sein (z. Bsp. Variante 4a,b, Punkt 9.6.1), und umgekehrt (z. Bsp. Variante 2, Punkt 9.4). Interessant sind vor allem die Fälle, bei denen die energetische Relevanz aufgezeigt werden kann und zugleich ihre Denkmalverträglichkeit nicht ausgeschlossen werden muss. (z. B. Variante 9b, Punkt 9.10.3)

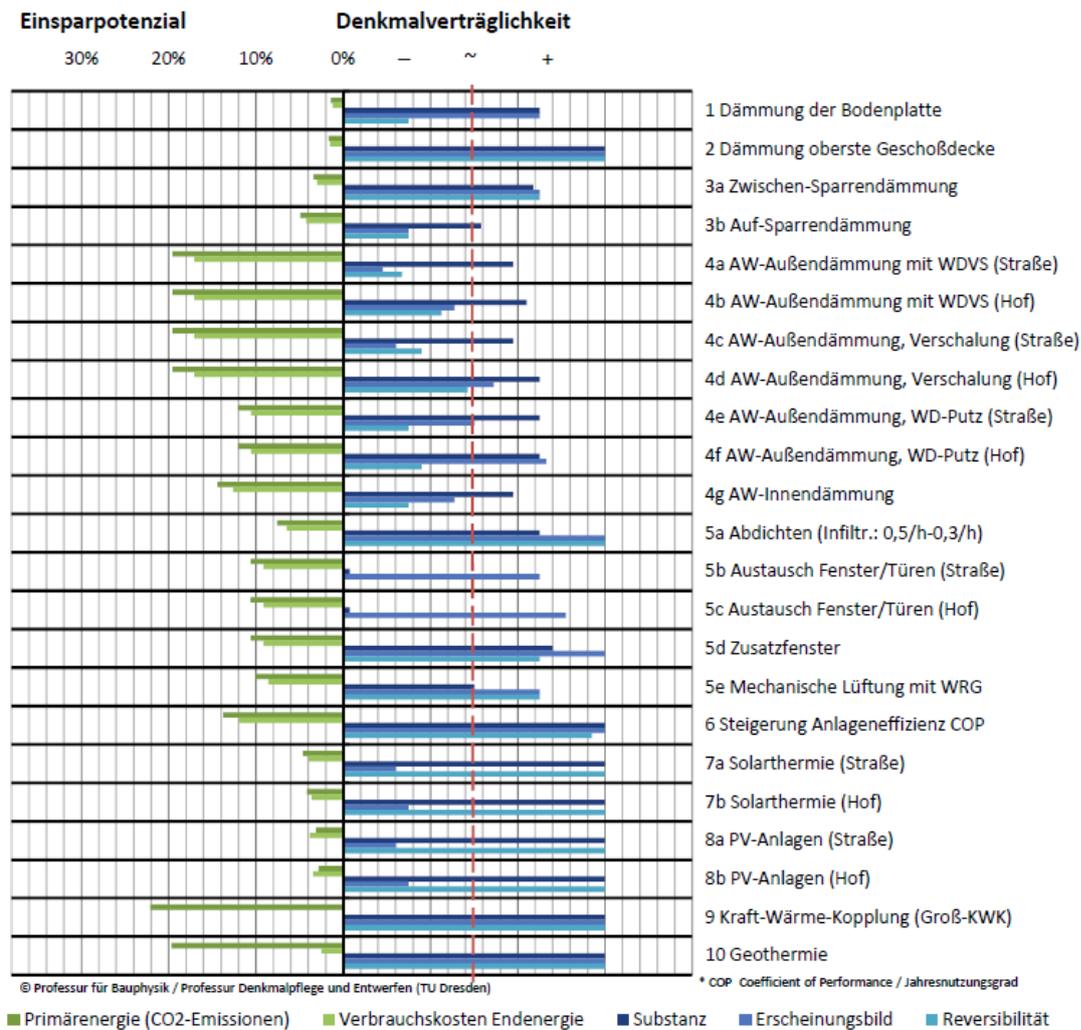


Abb. 46: Mittleres Energetisches Einsparpotential und durchschnittliche Bewertung der Denkmalverträglichkeit aller untersuchten Maßnahmen

Die vorstehende Grafik Abb. 46 fasst die Ergebnisse der beiden wichtigsten Kriterien als Mittelwerte über alle Fallgruppen noch einmal zusammen. Auf der linken Seite zeigt sie das Einsparpotential an Kosten für den Bezug von Endenergie (Wärme und Strom) und stellt dieses den Ergebnissen der Beurteilung der Denkmalverträglichkeit der Maßnahmen der gegenüber.

Die Zusammenfassung der Einsparpotentiale und der Bewertung der Denkmalverträglichkeit ist in Kapitel 3 (Zusammenstellung der Ergebnisse) nach Fallgruppen weiter aufgeschlüsselt.

INTEGRIERTE UND VERGLEICHENDE GESAMTBEWERTUNG

A.2 GEBÄUDE IN OFFENER BAUWEISE - Dicht angeordnete, freistehende Miethäuser (1850-1900)

Charakteristik siehe Anhang 3, Gebäudekenndaten und Typisierung!

Nachhaltigkeitsfelder		Ökologisches Kapital			Ökonomisches Kapital			Soziales / Kulturelles Kapital						
		CO2-Bilanz	Ressourcen	Primärenergie	Wirtschaftliche Verträglichkeit	Bautechnische Verträglichkeit		Funktionale Qualität	Denkmalverträglichkeit					
Bewertungskriterien		Bewertung			Endenergie	Behaglichkeit	Werthaltigkeit	Schadensrisiko	Gebrauchswert	Substanz	Erscheinungsbild	Reversibilität		
Kurzbeschreibung der Bewertungskriterien		CO2-Bilanz über den gesamten Lebenszyklus			Ressourcenverbrauch, Stoffkreislauf, Toxizität verwendeter Materialien	Einsparpotential Primärenergie (Qp), Ermittlung gemäß geltenden Primärenergiefaktoren	Betriebskosteneinsparung Endenergie Heizung (Gas: 0,6Ct/kWh, FW: 0,9Ct/kWh) u. Strom (20Ct/kWh)	Verbesserung der therm. Behaglichkeit, Reduktion der Anzahl von Unbehaglichkeitsstunden	Verbesserung der Nachhaltigkeit, Zukunfts-/Anpassungsfähigkeit, Werthaltigkeit	Verringerung des Schadensrisikos, Prognostizierbarkeit der Maßnahme	Verbesserung der Funktionalität und Nutzerfreundlichkeit	Substanzverlust bei Umsetzung der Maßnahme	Beeinträchtigung von Erscheinungsbild, Lesbarkeit	Wiederherstellbarkeit des Vorzustandes
MASSNAHMEN Effekte:		Einheit	Bewertung	Bewertung	prozentuale Einsparung	prozentuale Einsparung	prozentuale Verbesserung	Bewertung	Bewertung	Bewertung	Bewertung	Bewertung	Bewertung	Bewertung
Positiv		↑	++	↑	100% groß	100% groß	100% besser	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
:		→	+	→	:	:	:	→	→	→	→	→	→	→
Negativ		↓	--	↓	0% klein	0% klein	0% gleich	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Optimierung Gebäudehülle und Anlagentechnik		Variante	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
Keller	1	Perimeterdämmung, KG-Außenwand	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2	Unterer Abschluß: KG-Decke/EG-Fb.	1	k.A.	k.A.	1%	1%	k.A.	→	→	→	→	→	
Dach	3	Oberste Geschoßdecke	2	k.A.	k.A.	2%	2%	k.A.	↑	↑	↑	↑	↑	
	4	Zwischensparrendämmung	3a	k.A.	k.A.	5%	4%	k.A.	→	→	→	→	→	
Fassade	5	Aufsparrendämmung	3b	k.A.	k.A.	5%	4%	k.A.	↑	↑	↑	↑	↑	
	6	WDVS (verputzt) Straßenseite	4a	k.A.	↓	18%	16%	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
	7	WDVS (verputzt) Hofseite	4b	k.A.	↓	18%	16%	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
	8	hinterlüftete Verschalungen Straße	4c	k.A.	k.A.	18%	16%	k.A.	→	→	→	→	→	
	9	hinterlüftete Verschalungen Hof	4d	k.A.	k.A.	18%	16%	k.A.	↑	↑	↑	↑	↑	
	10	Wärmedämmputz Straßenseite	4e	k.A.	k.A.	12%	10%	k.A.	→	→	→	→	→	
	11	Wärmedämmputz Hofseite	4f	k.A.	k.A.	12%	10%	k.A.	↑	↑	↑	↑	↑	
	12	Innendämmung	4g	k.A.	k.A.	14%	12%	k.A.	→	→	→	→	→	
	13	Mehrschalige Fass./Kerndämmung	4h	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	14	VIP, TWD	4i	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Luftdichtheit	15	Abdichten (Aufarb.) Fenster+Konstr.	5a	k.A.	k.A.	6%	5%	k.A.	→	→	→	→	→	
Fenster	16	Neue Fenster (WSV) Straßenseite	5b	k.A.	k.A.	10%	8%	k.A.	↓	↓	↓	↓	↓	
	17	Neue Fenster (WSV) Hofseite	5c	k.A.	k.A.	10%	8%	k.A.	↓	↓	↓	↓	↓	
	18	Zusatzfenster	5d	k.A.	k.A.	10%	8%	k.A.	↓	↓	↓	↓	↓	
Lüftungsanlage	19	Abdichtung+mech. Lüftung mit WRG	5e	k.A.	k.A.	6%	5%	k.A.	→	→	→	→	→	
Haustechnik	20	Effizienz der Heizungsanlage	6	k.A.	k.A.	14%	12%	k.A.	→	→	→	→	→	
Kombination	21	Maßnahmen 1, 2, 3a, 4a-f, 5a-e, 6	90	k.A.	k.A.	40%	35%	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	
Nutzung von Energie-Erzeugungspotentialen														
Solarthermie	22	Dach Straßenseite	7a	k.A.	k.A.	3%	3%	k.A.	→	→	→	→	→	
	23	Dach Hofseite	7b	k.A.	k.A.	3%	3%	k.A.	→	→	→	→	→	
	24	Fassade Straßenseite	7c	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	25	Fassade Hofseite	7d	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Photovoltaik	26	Dach Straßenseite	8a	k.A.	k.A.	2%	3%	k.A.	→	→	→	→	→	
	27	Dach Hofseite	8b	k.A.	k.A.	2%	3%	k.A.	→	→	→	→	→	
	28	Fassade Straßenseite	8c	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Kraft-Wärme-K. (KWK)	30	Mini BHKW	9a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	31	Nah-/Fernwärme aus Groß-KWK	9b	k.A.	k.A.	22%	0%	k.A.	→	→	→	→	→	
Umweltwärme	32	z.B. Geothermie mit Wärmepumpe	10	k.A.	k.A.	19%	2%	k.A.	→	→	→	→	→	
Quartiersbezogene Faktoren														
Externe Faktoren														

Legende: - nicht behandelt k.A.: keine Angabe Maßnahme ist: ↑ i.d.R.unbedenklich → zu prüfen (tendenziell positiv) → zu prüfen bzw. keine Veränderung ↓ zu prüfen (tendenziell negativ) ↓ i.d.R.bedenklich ! : starke Schwankung im Ergebnis

INTEGRIERTE UND VERGLEICHENDE GESAMTBEWERTUNG

B.2 GEBÄUDE IN HALBOFFENER BAUWEISE - Siedlungswohnbauten 1920er-1950er Jahre

Charakteristik siehe Anhang 3, Gebäudekenndaten und Typisierung!

Nachhaltigkeitsfelder

Ökologisches Kapital

Soziales / Kulturelles Kapital

Ökonomisches Kapital

Kriterienklassen		Ökologische Verträglichkeit			Wirtschaftliche Verträglichkeit	Bautechnische Verträglichkeit			Funktionale Qualität	Denkmalverträglichkeit				
		CO2-Bilanz	Ressourcen	Primärenergie		Behaglichkeit	Werthaltigkeit	Schadensrisiko		Gebrauchswert	Substanz	Erscheinungsbild	Reversibilität	
Bewertungskriterien					Endenergie									
Kurzbeschreibung der Bewertungskriterien		CO2-Bilanz über den gesamten Lebenszyklus	Ressourcenverbrauch, Stoffkreislauf, Toxizität verwendeter Materialien	Einsparpotential Primärenergie (Qp), Ermittlung gemäß geltenden Primärenergiefaktoren	Betriebskosteneinsparung Endenergie Heizung (Gas: 0,6Ct/kWh, FW: 0,9Ct/kWh) u. Strom (20Ct/kWh)	Verbesserung der therm. Behaglichkeit, Reduktion der Anzahl von Unbehaglichkeitsstunden	Verbesserung der Nachhaltigkeit, Zukunfts-/Anpassungsfähigkeit, Werthaltigkeit	Verringerung des Schadensrisikos, Prognostizierbarkeit der Maßnahme	Verbesserung der Funktionalität und Nutzerfreundlichkeit	Substanzverlust bei Umsetzung der Maßnahme	Beeinträchtigung von Erscheinungsbild, Lesbarkeit	Wiederherstellbarkeit des Vorzustandes		
MASSNAHMEN Effekte:		Einheit	Bewertung	Bewertung	prozentuale Einsparung	prozentuale Verbesserung	Bewertung	Bewertung	Bewertung	Bewertung	Bewertung	Bewertung		
Positiv		↑	++	↑	100% groß	100% besser	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
:		→	+	→	:	:	→	→	→	→	→	→		
Negativ		↓	--	↓	0% klein	0% gleich	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
Optimierung Gebäudehülle und Anlagentechnik		Variante	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
Keller	1	Perimeterdämmung, KG-Außenwand	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2	Unterer Abschluß: KG-Decke/EG-Fb.	1	k.A.	k.A.	1%	1%	0%	k.A.	→	→	→	→	
Dach	3	Oberste Geschoßdecke	2	k.A.	k.A.	1%	1%	0%	k.A.	→	→	→	→	
	4	Zwischensparrendämmung	3a	k.A.	k.A.	3%	2%	1%	k.A.	→	→	→	→	
Fassade	5	Aufsparrendämmung	3b	k.A.	k.A.	8%	7%	3%	k.A.	→	→	→	→	
	6	WDVS (verputzt) Straßenseite	4a	k.A.	↓	21%	18%	7%	↓	→	→	→	→	
	7	WDVS (verputzt) Hofseite	4b	k.A.	↓	21%	18%	7%	↓	→	→	→	→	
	8	hinterlüftete Verschalungen Straße	4c	k.A.	k.A.	21%	18%	7%	k.A.	→	→	→	→	
	9	hinterlüftete Verschalungen Hof	4d	k.A.	k.A.	21%	18%	7%	k.A.	→	→	→	→	
	10	Wärmedämmputz Straßenseite	4e	k.A.	k.A.	11%	10%	3%	k.A.	→	→	→	→	
	11	Wärmedämmputz Hofseite	4f	k.A.	k.A.	11%	10%	3%	k.A.	→	→	→	→	
	12	Innendämmung	4g	k.A.	k.A.	14%	12%	3%	k.A.	→	→	→	→	
	13	Mehrschalige Fass./Kerndämmung	4h	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	14	VIP, TWD	4i	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Luftdichtheit	15	Abdichten (Aufarb.) Fenster+Konstr.	5a	k.A.	k.A.	8%	7%	2%	k.A.	→	→	→	→	
Fenster	16	Neue Fenster (WSV) Straßenseite	5b	k.A.	k.A.	10%	9%	2%	k.A.	→	→	→	→	
	17	Neue Fenster (WSV) Hofseite	5c	k.A.	k.A.	10%	9%	2%	k.A.	→	→	→	→	
	18	Zusatzfenster	5d	k.A.	k.A.	10%	9%	2%	k.A.	→	→	→	→	
Lüftungsanlage	19	Abdichtung+mech. Lüftung mit WRG	5e	k.A.	k.A.	13%	11%	3%	k.A.	→	→	→	→	
Haustechnik	20	Effizienz der Heizungsanlage	6	k.A.	k.A.	14%	12%	0%	k.A.	→	→	→	→	
Kombination	21	Maßnahmen 1, 2, 3a, 4a-f, 5a-e, 6	90	k.A.	k.A.	38%	32%	8%	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	
Nutzung von Energie-Erzeugungspotentialen														
Solarthermie	22	Dach Straßenseite	7a	k.A.	k.A.	3%	3%	0%	k.A.	→	→	→	→	
	23	Dach Hofseite	7b	k.A.	k.A.	3%	3%	0%	k.A.	→	→	→	→	
	24	Fassade Straßenseite	7c	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	25	Fassade Hofseite	7d	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Photovoltaik	26	Dach Straßenseite	8a	k.A.	k.A.	2%	3%	0%	k.A.	→	→	→	→	
	27	Dach Hofseite	8b	k.A.	k.A.	2%	3%	0%	k.A.	→	→	→	→	
	28	Fassade Straßenseite	8c	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Kraft-Wärme-K. (KWK)	29	Fassade Hofseite	8d	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	30	Mini BHKW	9a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Umweltwärme	31	Nah-/Fernwärme aus Groß-KWK	9b	k.A.	k.A.	21%	0%	0%	k.A.	→	→	→	→	
	32	z.B. Geothermie mit Wärmepumpe	10	k.A.	k.A.	19%	2%	0%	k.A.	→	→	→	→	
Quartiersbezogene Faktoren														
Externe Faktoren														

Legende: - nicht behandelt k.A.: keine Angabe Maßnahme ist: ↑ i.d.R.unbedenklich → zu prüfen (tendenziell positiv) → zu prüfen bzw. keine Veränderung → zu prüfen (tendenziell negativ) ↓ i.d.R.bedenklich ! : starke Schwankung im Ergebnis

INTEGRIERTE UND VERGLEICHENDE GESAMTBEWERTUNG

C.1 GEBÄUDE IN GESCHLOSSENER BAUWEISE - Mehrgeschossige Reihenwohnhäuser (19.Jh.-1870)

Charakteristik siehe Anhang 3, Gebäudekenndaten und Typisierung!

Nachhaltigkeitsfelder		Ökologisches Kapital			Ökonomisches Kapital			Soziales / Kulturelles Kapital					
		CO2-Bilanz	Ressourcen	Primärenergie	Wirtschaftliche Verträglichkeit	Bautechnische Verträglichkeit	Funktionale Qualität	Denkmalverträglichkeit					
Kriterienklassen		Ökologische Verträglichkeit			Endenergie	Behaglichkeit	Werthaltigkeit	Schadensrisiko	Gebrauchswert	Substanz	Erscheinungsbild	Reversibilität	
Bewertungskriterien		CO2-Bilanz über den gesamten Lebenszyklus	Ressourcenverbrauch, Stoffkreislauf, Toxizität verwendeter Materialien	Einsparpotential Primärenergie (Qp), Ermittlung gemäß geltenden Primärenergiefaktoren	Betriebskosteneinsparung Endenergie Heizung (Gas: 0,6Ct/kWh, FW: 0,9Ct/kWh) u. Strom (20Ct/kWh)	Verbesserung der therm. Behaglichkeit, Reduktion der Anzahl von Unbehaglichkeitsstunden	Verbesserung der Nachhaltigkeit, Zukunfts-/Anpassungsfähigkeit, Werthaltigkeit	Verringerung des Schadensrisikos, Prognostizierbarkeit der Maßnahme	Verbesserung der Funktionalität und Nutzerfreundlichkeit	Substanzverlust bei Umsetzung der Maßnahme	Beeinträchtigung von Erscheinungsbild, Lesbarkeit	Wiederherstellbarkeit des Vorzustandes	
Kurzbeschreibung der Bewertungskriterien													
MASSNAHMEN Effekte:		Einheit	Bewertung	Bewertung	prozentuale Einsparung	prozentuale Verbesserung	Bewertung	Bewertung	Bewertung	Bewertung	Bewertung	Bewertung	
Positiv		↑	++	↑	100% groß	100% besser	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
:		→	+	→	:	:	→	→	→	→	→	→	
Negativ		↓	--	↓	0% klein	0% gleich	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
Optimierung Gebäudehülle und Anlagentechnik		Variante	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Keller	1	Perimeterdämmung, KG-Außenwand	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	Unterer Abschluß: KG-Decke/EG-Fb.	1	k.A.	k.A.	2%	2%	k.A.	→	→	→	→	→
Dach	3	Oberste Geschoßdecke	2	k.A.	k.A.	0%	1%	k.A.	→	→	→	→	→
	4	Zwischensparrendämmung	3a	k.A.	k.A.	3%	3%	k.A.	→	→	→	→	→
	5	Aufsparrendämmung	3b	k.A.	k.A.	4%	3%	k.A.	→	→	→	→	→
Fassade	6	WDVS (verputzt) Straßenseite	4a	k.A.	↓	12%	10%	↓	→	→	→	→	→
	7	WDVS (verputzt) Hofseite	4b	k.A.	↓	12%	10%	↓	→	→	→	→	→
	8	hinterlüftete Verschalungen Straße	4c	k.A.	k.A.	12%	10%	k.A.	↑	→	→	→	→
	9	hinterlüftete Verschalungen Hof	4d	k.A.	k.A.	12%	10%	k.A.	↑	→	→	→	→
	10	Wärmedämmputz Straßenseite	4e	k.A.	k.A.	8%	6%	k.A.	↑	→	→	→	→
	11	Wärmedämmputz Hofseite	4f	k.A.	k.A.	8%	6%	k.A.	↑	→	→	→	→
	12	Innendämmung	4g	k.A.	k.A.	9%	7%	k.A.	→	→	→	→	→
	13	Mehrschalige Fass. /Kerndämmung	4h	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	VIP, TWD	4i	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Luftdichtheit	15	Abdichten (Aufarb.) Fenster+Konstr.	5a	k.A.	k.A.	9%	7%	k.A.	→	→	→	→	→
Fenster	16	Neue Fenster (WSV) Straßenseite	5b	k.A.	k.A.	11%	9%	k.A.	↓	↓	↓	↓	↓
	17	Neue Fenster (WSV) Hofseite	5c	k.A.	k.A.	11%	9%	k.A.	↓	↓	↓	↓	↓
	18	Zusatzfenster	5d	k.A.	k.A.	11%	9%	k.A.	↓	↓	↓	↓	↓
Lüftungsanlage	19	Abdichtung+mech. Lüftung mit WRG	5e	k.A.	k.A.	15%	12%	k.A.	→	→	→	→	→
Haustechnik	20	Effizienz der Heizungsanlage	6	k.A.	k.A.	12%	10%	k.A.	→	→	→	→	→
Kombination	21	Maßnahmen 1, 2, 3a, 4a-f, 5a-e, 6	90	k.A.	k.A.	38%	32%	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Nutzung von Energie-Erzeugungspotentialen													
Solarthermie	22	Dach Straßenseite	7a	k.A.	k.A.	4%	3%	k.A.	→	→	→	→	→
	23	Dach Hofseite	7b	k.A.	k.A.	4%	3%	k.A.	→	→	→	→	→
	24	Fassade Straßenseite	7c	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	25	Fassade Hofseite	7d	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Photovoltaik	26	Dach Straßenseite	8a	k.A.	k.A.	3%	3%	k.A.	→	→	→	→	→
	27	Dach Hofseite	8b	k.A.	k.A.	3%	3%	k.A.	→	→	→	→	→
	28	Fassade Straßenseite	8c	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	Fassade Hofseite	8d	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Kraft-Wärme-K. (KWK)	30	Mini BHKW	9a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	31	Nah-/Fernwärme aus Groß-KWK	9b	k.A.	k.A.	19%	0%	k.A.	→	→	→	→	→
Umweltwärme	32	z.B. Geothermie mit Wärmepumpe	10	k.A.	k.A.	17%	2%	k.A.	→	→	→	→	→
Quartiersbezogene Faktoren													
Externe Faktoren													

Legende: - nicht behandelt k.A.: keine Angabe Maßnahme ist: ↑ i.d.R.unbedenklich → zu prüfen (tendenziell positiv) → zu prüfen bzw. keine Veränderung ↓ zu prüfen (tendenziell negativ) ↓ : i.d.R.bedenklich ! : starke Schwankung im Ergebnis

INTEGRIERTE UND VERGLEICHENDE GESAMTBEWERTUNG

C.2 GEBÄUDE IN GESCHLOSSENER BAUWEISE - Mehrgeschossige Reihenwohnhäuser (1870-1920)

Charakteristik siehe Anhang 3, Gebäudekenndaten und Typisierung!

Nachhaltigkeitsfelder		Ökologisches Kapital			Ökonomisches Kapital			Soziales / Kulturelles Kapital						
		CO2-Bilanz	Ressourcen	Primärenergie	Wirtschaftliche Verträglichkeit	Bautechnische Verträglichkeit		Funktionale Qualität	Denkmalverträglichkeit					
Bewertungskriterien		Bewertung			Endenergie	Behaglichkeit	Werthaltigkeit	Schadensrisiko	Gebrauchswert	Substanz	Erscheinungsbild	Reversibilität		
Kurzbeschreibung der Bewertungskriterien		CO2-Bilanz über den gesamten Lebenszyklus	Ressourcenverbrauch, Stoffkreislauf, Toxizität verwendeter Materialien	Einsparpotential Primärenergie (Qp), Ermittlung gemäß geltenden Primärenergiefaktoren	Betriebskosteneinsparung Endenergie Heizung (Gas: 0,6Ct/kWh, FW: 0,9Ct/kWh) u. Strom (20Ct/kWh)	Verbesserung der therm. Behaglichkeit, Reduktion der Anzahl von Unbehaglichkeitsstunden	Verbesserung der Nachhaltigkeit, Zukunfts-/Anpassungsfähigkeit, Werthaltigkeit	Verringerung des Schadensrisikos, Prognostizierbarkeit der Maßnahme	Verbesserung der Funktionalität und Nutzerfreundlichkeit	Substanzverlust bei Umsetzung der Maßnahme	Beeinträchtigung von Erscheinungsbild, Lesbarkeit	Wiederherstellbarkeit des Vorzustandes		
MASSNAHMEN Effekte:		Einheit	Bewertung	Bewertung	prozentuale Einsparung	prozentuale Verbesserung	Bewertung	Bewertung	Bewertung	Bewertung	Bewertung	Bewertung		
Positiv		↑	++	↑	100% groß	100% besser	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
:		→	+	→	:	:	→	→	→	→	→	→		
Negativ		↓	--	↓	0% klein	0% gleich	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
Optimierung Gebäudehülle und Anlagentechnik		Variante	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
Keller	1	Perimeterdämmung, KG-Außenwand	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2	Unterer Abschluß: KG-Decke/EG-Fb.	1	k.A.	k.A.	1%	1%	k.A.	→	→	→	→	→	
Dach	3	Oberste Geschoßdecke	2	k.A.	k.A.	0%	0%	k.A.	→	→	→	→	→	
	4	Zwischensparrendämmung	3a	k.A.	k.A.	3%	3%	k.A.	→	→	→	→	→	
Fassade	5	Aufsparrendämmung	3b	k.A.	k.A.	3%	3%	k.A.	→	→	→	→	→	
	6	WDVS (verputzt) Straßenseite	4a	k.A.	↓	13%	11%	4%	↓	→	→	→	→	
	7	WDVS (verputzt) Hofseite	4b	k.A.	↓	13%	11%	4%	↓	→	→	→	→	
	8	hinterlüftete Verschalungen Straße	4c	k.A.	k.A.	13%	11%	4%	k.A.	→	→	→	→	
	9	hinterlüftete Verschalungen Hof	4d	k.A.	k.A.	13%	11%	4%	k.A.	→	→	→	→	
	10	Wärmedämmputz Straßenseite	4e	k.A.	k.A.	8%	6%	2%	k.A.	→	→	→	→	
	11	Wärmedämmputz Hofseite	4f	k.A.	k.A.	8%	6%	2%	k.A.	→	→	→	→	
	12	Innendämmung	4g	k.A.	k.A.	9%	8%	2%	k.A.	→	→	→	→	
	13	Mehrschalige Fass. /Kerndämmung	4h	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	14	VIP, TWD	4i	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Luftdichtheit	15	Abdichten (Aufarb.) Fenster+Konstr.	5a	k.A.	k.A.	9%	8%	1%	k.A.	→	→	→	→	
Fenster	16	Neue Fenster (WSV) Straßenseite	5b	k.A.	k.A.	12%	10%	2%	k.A.	→	→	→	→	
	17	Neue Fenster (WSV) Hofseite	5c	k.A.	k.A.	12%	10%	2%	k.A.	→	→	→	→	
	18	Zusatzfenster	5d	k.A.	k.A.	12%	10%	2%	k.A.	→	→	→	→	
Lüftungsanlage	19	Abdichtung+mech. Lüftung mit WRG	5e	k.A.	k.A.	9%	7%	1%	k.A.	→	→	→	→	
Haustechnik	20	Effizienz der Heizungsanlage	6	k.A.	k.A.	12%	10%	0%	k.A.	→	→	→	→	
Kombination	21	Maßnahmen 1, 2, 3a, 4a-f, 5a-e, 6	90	k.A.	k.A.	39%	34%	5%	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	
Nutzung von Energie-Erzeugungspotentialen														
Solarthermie	22	Dach Straßenseite	7a	k.A.	k.A.	6%	5%	0%	k.A.	→	→	→	→	
	23	Dach Hofseite	7b	k.A.	k.A.	4%	3%	0%	k.A.	→	→	→	→	
	24	Fassade Straßenseite	7c	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	25	Fassade Hofseite	7d	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Photovoltaik	26	Dach Straßenseite	8a	k.A.	k.A.	4%	5%	0%	k.A.	→	→	→	→	
	27	Dach Hofseite	8b	k.A.	k.A.	2%	3%	0%	k.A.	→	→	→	→	
	28	Fassade Straßenseite	8c	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Kraft-Wärme-K. (KWK)	30	Mini BHKW	9a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	31	Nah-/Fernwärme aus Groß-KWK	9b	k.A.	k.A.	20%	0%	0%	k.A.	→	→	→	→	
Umweltwärme	32	z.B. Geothermie mit Wärmepumpe	10	k.A.	k.A.	18%	2%	0%	k.A.	→	→	→	→	
Quartiersbezogene Faktoren														
Externe Faktoren														

Legende: - nicht behandelt k.A.: keine Angabe Maßnahme ist: ↑ i.d.R.unbedenklich → zu prüfen (tendenziell positiv) → zu prüfen bzw. keine Veränderung → zu prüfen (tendenziell negativ) ↓ i.d.R.bedenklich ! : starke Schwankung im Ergebnis

10.3 Bilanz und Ausblick

Mit dem hier eingeschlagenen Weg wird für die denkmalfachliche Beurteilung von Maßnahmen in einem größeren Wirkungszusammenhang methodisches Neuland beschritten. Angesichts des zunehmenden Regelungsdrucks bei der Gebäudesanierung und der energetischen Ertüchtigung einerseits, eines zugleich immer weniger gut ausgestatteten Denkmalschutzes andererseits, erschien die Entwicklung und Erprobung neuer Bewertungsverfahren geboten, auch wenn absehbar war, dass im Rahmen dieser Pilotstudie keine abgeschlossene Methodik vorgelegt werden kann.

Analyse und Beurteilung wurden so konzipiert (und im Datenanhang belegt), dass Kennwerte und ermittelte Einzeleffekte als Darstellung gesicherten oder plausibel begründeten Wissens betrachtet werden können, wenn auch nicht in der gewünschten Vollständigkeit. Um die Nachvollziehbarkeit der getroffenen Annahmen zu gewährleisten, wurden diese einzeln dokumentiert, so dass die Möglichkeit der Prüfung und Diskussion gegeben ist. Die Grundannahmen (Auswahl der Kriterien, Gewichtung und Beurteilung) bleiben jedoch auch bei sorgfältigster Abwägung und einer guten Datengrundlage subjektiv. Auch die ansatzweise verwendeten Methoden der Nutzwertanalyse (Punktwertung) bzw. Nutzen-Risiko-Abwägung liefern keine Objektivierung von Ergebnissen. Eine Veränderung der Kriterien, der Gewichtung oder der Verteilung der Punkte führt zwangsläufig zu anderen Untersuchungsergebnissen.

Eine über einfache Zusammenhänge hinausreichende, aus der Summe der Einzelergebnisse abgeleitete Prognose oder Handlungsnorm bleibt insofern mit Unsicherheitsfaktoren behaftet. Deshalb sollte die tabellarische Zusammenführung nicht als Entwurf eines normativen Regelungsmodells, sondern als Hilfsmittel für pragmatische, situationsbezogene Handlungsansätze verstanden werden.

Die Ergebnisse sind als Hilfestellung für den individuellen Abwägungs- und Interpretationsprozess und zur Formulierung von Leitlinien mit empfehlendem Charakter gedacht. Sie können eine individuelle Detailplanung bei der Realisierung von energetischen Ertüchtigungsmaßnahmen nicht ersetzen. In der tabellarischen Zusammenführung der energetisch-bauklimatischen mit der denkmalfachlichen Bewertung soll jedoch beispielhaft sichtbar werden, welche energetischen Sanierungsmaßnahmen an diesen Denkmalgruppen verträglich durchgeführt werden können, wo besondere Einsparpotenziale oder aber besondere Risiken existieren, und welche Maßnahmen empfehlenswert sind, weil sie energetische Gewinne bringen, ohne die Denkmalwerte irreversibel und unverhältnismäßig zu beeinträchtigen.

Im Ausblick ist festzustellen, dass die Weiterentwicklung bestehender Technologien sowie Neuentwicklungen von Materialien und Systemen eine noch effizientere energetische Optimierung der Gebäudehülle ermöglichen werden, sowohl durch eine Verringerung von Wärmeverlusten als auch durch eine Steigerung von Wärmegewinnen und durch die Nutzung erneuerbarer Energien (Solarthermie, PV u.a.). Es kann erwartet werden, dass die Kosten für den Einsatz solcher Technologien in Zukunft sinken.

Scheinbar stehen wir aber erst am Anfang einer Entwicklung, in deren Verlauf der Energiebedarf von Gebäuden in den nächsten Jahren stark abnehmen wird, bis hin zu Gebäuden, die mehr Energie generieren als sie im Regelbetrieb verbrauchen [68].

Durch die Mitarbeit an der EnOB-Begleitforschung ist das Institut für Bauklimatik weiterhin direkt in zukünftige Entwicklungen eingebunden und verfügt über Daten von mehr als 30 Demonstrationsprojekten unterschiedlicher Gebäudetypen.⁵⁵ Die Professur für Denkmalpflege und Entwerfen ist gleichzeitig in Forschungs- und Entwicklungsprojekten⁵⁶ sowie in verschiedenen Initiativen und Gremien⁵⁷ mit Fragen befasst, wie sich technische Innovations- und Modernisierungsschübe mit dem Erhalt überlieferter baukultureller Werte verbinden lassen.

⁵⁵ Beispielsweise Sanierung von zwei gründerzeitlichen Wohngebäuden in Hamburg, Große Freiheit 46 (Baujahr 1907), Mannheim-Gartenstadt, (Baujahr 1931) oder [77]

⁵⁶ Neben der energetischen Sanierung vor allem im Bereich des Hochwasserschutzes und der Nutzungsanpassung historischer Bauten und Stadtbereiche

⁵⁷ U. a. in der Exzellenzinitiative der TU Dresden, im Deutschen Nationalkomitee für Denkmalschutz und bei der Initiative des Deutschen Instituts für Stadtbaukunst

11 Projektbeteiligte

11.1 Projektbearbeitung

- Prof. Dr.-Ing. John Grunewald, Wiss. Leitung Bereich Bauphysik
- Prof. Dipl.-Ing. Thomas Will, Wiss. Leitung Bereich Denkmalpflege
- Dipl.-Ing. Martin Pohl (Projektbearbeitung in beiden Forschungsbereichen)
- Dipl.-Ing. Claudia Heinze (Promotionsanwärterin, Projektmitarbeiterin)
- Dipl.-Ing. Christian Conrad (Promotionsstudent, Projektmitarbeiter)

11.2 Kolloquium Beurteilung des Schadensrisikos

Als fachliche Berater unterstützten folgende Personen die Beurteilung des Schadensrisikos der untersuchten Maßnahmen im Rahmen eines Kurzkolloquiums:

- Dipl.-Ing. Jörg Möser (Architektengemeinschaft Milde + Möser, Pirna)
- Dipl.-Ing. Heiko Fechner (Institut für Bauklimatik)
- Dipl.-Ing. Ulrich Ruisinger (Institut für Bauklimatik)

11.3 Denkmalbehörden

Für die fachliche Begleitung, Hilfe und Beratung während des gesamten Projektes bzw. für die anregende Diskussion zur Beurteilung der denkmalschutzrechtlichen Auswirkungen der untersuchten Maßnahmen am 23.3.2010 im LfD danken wir insbesondere:

- Dr. Ralf-Peter Pinkwart (LfD)
- Dr. Hartmut Ritschel (LfD)

Durch persönliche Gespräche und Bereitstellung von Unterlagen halfen die Mitarbeiter der Unteren Denkmalschutzbehörden:

- Frau Weissmann (Dresden) am 05.02.2010
- Frau Löwlein, Frau Ploschitz (Radebeul) am 09.02.2010
- Herr Kirschner (Dresden) am 16.02.2010
- Herr Dietrich von Loh (Dresden) am 09.03.2010
- Herr Dr. Christl (Meißen) (Historische Fotos von Nossen)
- Herr Mitsching (Görlitz)

Von folgenden Mitarbeitern des LfD wurden Denkmalbegründungen für die untersuchten Fallbeispiele geliefert, die im Anhang enthalten sind.

- Herr Lutz Finkler (Dippoldiswalde, Große Wassergasse 8)
- Frau Dr. Ricarda Kube (Pirna, Rottwerndorfer Straße 77/79 - nicht untersucht, Pirna, Lucas-Cranach-Straße 3 -nicht untersucht, Zittau, Bautzner Straße 11)

- Herr Michael Müller (Dresden, OT Trachau, Leipziger Straße 286–290, Dresden, OT Loschwitz, Bautzner Straße 183, Freiberg, Donatsgasse 21, Nossen, OT Eula, Hauptstraße 33, Dresden, OT Äußere Neustadt, Talstraße 9, Radebeul, Robert-Werner-Platz 6, Radebeul, Pestalozzistraße 13, Radebeul, Bischofsweg 30)

Die Recherche zur Relevanz der Fallgruppen (Statistik) am 26.03.2010 im LfD unterstützen freundlich:

- Frau Ditte Koch und Frau Nemack (LfD)

11.4 Hauseigentümer, Verwalter, Planer

Wir danken allen beteiligten Eigentümern, Hausverwaltern und Planern für die Bereitstellung notwendiger Informationen. Für persönliche Gespräche standen bereit:

- ... (...)
- ... (...)
- ... (...)

Für die Bereitstellung von Informationen und Unterlagen zu Fallbeispielen danken wir:

- ...
- ...
- ...
- ...
- ...
- ...

12 Quellen

12.1 Literatur

- [1] BALKOWSKI, M.: *Handbuch der Bauerneuerung. Angewandte Bauphysik für die Modernisierung von Wohngebäuden*. 2., aktualisierte u. erw. Aufl. Köln 2008
- [2] BAUMANN, E.: *Denkmalpflege und Energiesparen – Konfliktsituation oder Ideallösung?* Hsg.: Hochbauamt des Fürstentums Liechtenstein, Denkmalpflege und Archäologie, Triesen (FL) 2006
- [3] BÖHMER, H. (Bearb.): *U-Werte alter Bauteile. Arbeitsunterlagen zur Rationalisierung wärmeschutztechnischer Berechnungen bei der Modernisierung*. Stuttgart 2005.
- [4] BRÄUNINGER, M. / MATTHIES, K. / WEINERT, G.: *Strategie 2030 - Energierohstoffe, Studie der Berenberg Bank und des Hamburgischen WeltWirtschaftsinstituts (HWWI)*, Hamburg 2005
- [5] BUCH, F.: *Solaranlagen in Gesamtanlagen. Eine Einführung in die Problematik*. In: Denkmalpflege in Baden-Württemberg, Nachrichten der Landesdenkmalpflege., Heft 3, 2004, S. 169–174
- [6] CONRAD, Chr., GRUNEWALD, J., BOLSIVUS, J.: *DBU – Abschlussbericht Handwerk 15 in Görlitz - Aktenzeichen 21216*, Dresden 2010
- [7] CONRAD, Chr., GRUNEWALD, J.: *Bauphysikalische Bewertung von Erfahrungen aus der energetisch optimierten Sanierung eines denkmalgeschützten Barockhauses und deren Übertragung in die Praxis*, unveröff. Manuskript für die Passivhaustagung 2010, Dresden 2010
- [8] DEILMANN, C. / MÜLLER, M.: *Altbauten sanieren - energie- und kostenbewusst. Ratgeber*. Dresden 1999
- [9] DENA, Deutsche Energie-Agentur GmbH: *Leitfaden Energieeinsparung und Denkmalschutz. Prüfung von Ausnahmen bei Förderung im KfW-Programm Energieeffizient Sanieren*. Berlin 2009
- [10] DENA, Deutsche Energie-Agentur GmbH: *Energetische Bewertung von Bestandgebäuden. Arbeitshilfe für die Ausstellung von Energiepässen*. Berlin 2004
- [11] DEUTSCHE STIFTUNG DENKMALSCHUTZ: *Monumente, Magazin für Denkmalkultur in Deutschland*. Bonn
- [12] EBÖK, Ingenieurbüro für Energieberatung, Haustechnik und ökologische Konzepte GbR: *Gebäudetypologie in Sachsen*, unveröffentlichte Kurzfassung, Tübingen 2004
- [13] ESCHENFELDER, D. (Hsg.) *Altbausanierung mit moderner Haustechnik. Gesetzliche Grundlagen, Sanierungskonzepte, ökologische und ökonomische Aspekte*. München 2005.
- [14] ESSMANN, F. / GÄNSSMANTEL, J. / Gerd GEBURTIG, G.: *EnEV und das Bauen im Bestand. Energieeffiziente Gebäudeinstandsetzung*. Berlin 2006.
- [15] FANGER, P.O., OSTERGAARD, J., OLESEN, O., MADSEN, Th., LUND (1974): *The effect on man.s comfort of auniform air flow from different directions*. ASHRAE Transactions, vol. 80, 2, pp.142-157
- [16] FANSLAU-GÖRLITZ, D. u.a.: *Atlas Bauen im Bestand. Katalog für nachhaltige Modernisierungslösungen im Wohnungsbaubestand. Mit 168 Tabellen*. Institut für Bauforschung e.V. Köln 2008.
- [17] FEIST, W.: Protokollband Nr. 4. *Lüftung im Passivhaus*. Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Darmstadt 1997
- [18] FEIST, W.: Protokollband Nr. 30. *Lüftung bei Bestandsanierung: Lösungsvarianten*. Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Phase III, Darmstadt 2004
- [19] FEIST, W.: Protokollband Nr. 32. *Faktor 4 auch bei sensiblen Altbauten: Passivhauskomponenten + Innendämmung*. Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Darmstadt 2005
- [20] FEIST, W.: Protokollband Nr. 39. *Schrittweise Modernisierung mit passivhaus-Komponenten*. Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Phase IV, Darmstadt 2009
- [21] GÄRTNER, G., LOTZ, A.: *Wärmeschutz in der Praxis-Energetische Optimierung v. Gebäuden*, Stuttgart 2010

- [22] GASSNER, E./WINKELBRAND, A.: *UVP. Umweltverträglichkeitsprüfung in der Praxis*. Leitfaden München/Berlin 1997
- [23] GIEBELER, G. (u.a.): *Atlas Sanierung, Instandhaltung, Umbau, Ergänzung*. 1.Aufl. Basel (u.a.) 2008.
- [24] GERNER, Manfred: *Praktische Möglichkeiten denkmalverträglicher Energieeinsparung bei historischen Fachwerkbauten* in: *Energieeinsparung bei Baudenkmalern* Schriftenreihe des Deutschen Nationalkomitees für Denkmalschutz, Band 67, Bonn 2002
- [25] GIERGA, M.: *EnEV 2009. Energie-Einsparverordnung. Leitfaden für Wohngebäude*, Hsg.: Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel, Bonn 2009
- [26] GLÜCK, Bernd: *Wärmetechnisches Raummodell - gekoppelte Berechnungen und wärmehysiologische Untersuchungen*, Heidelberg 1997
- [27] GONZALO, R.: *Energieeffiziente Architektur. Grundlagen für Planung und Konstruktion*. Basel 2006.
- [28] HAAS-ARNDT, D. / Fred RANFT, F.: *Altbauten sanieren - Energie sparen. Informationspaket 2.*, vollständig überarbeitete Auflage, Berlin 2008.
- [29] HALDER-HASS, N. / WOLF, B.: *Zukunft denkmalgeschützter und privater Siedlungen*, Schriftenreihe des Deutschen Nationalkomitees für Denkmalschutz, Bd. 72, Bonn 2007
- [30] HASSLER, U./KÖHLER, N./WANG, W.: *Umbau. Über die Zukunft des Baubestandes*, Tübingen-Berlin 1999
- [31] HÄUPL, P.: *Bauphysik. Klima, Wärme, Feuchte, Schall ; Grundlagen, Anwendungen, Beispiele*. Berlin 2008
- [32] HÄUPL, P., ROLOFF, J.: *10. Bauklimatisches Symposium, Tagungsbeiträge, Band2*. Dresden 1999
- [33] HÄUPL, P., ROLOFF, J.: *12. Bauklimatisches Symposium, Tagungsbeiträge, Band2*. Dresden 2007
- [34] HAUSLADEN, G. / DE SALDANHA, M. /LIDL, P.: *ClimaSkin. Konzepte für Gebäudehüllen, die mit weniger Energie mehr leisten*. München 2006.
- [35] HEGGER, M.: *Energie-Atlas. Nachhaltige Architektur*. 1. Aufl. Basel [u. a.] 2008.
- [36] HOFFMANN, C., VOSS, K.: *Energieeffiziente Büro- und Verwaltungsbauten*, HLH, Bd. 58 (2007) Nr. 8
- [37] HORNING, D. (u.a.): *Energie sparen in Baudenkmalen. Bundeswettbewerb – Die Preisträger. Innovative Techniken und Ideen zur Reduzierung des Energieverbrauches in historischer Bausubstanz*. Bonn 2002
- [38] KAISER, R.: *Stehen Denkmalschutzauflagen im Widerspruch zur Energieeffizienz?*, in: *Denkmalpflege in Westfalen-Lippe* H. 2/2009, S. 68-70
- [39] KEMNER, R. u.a.: *Wärmebrückenkatalog. Für den Fensteraustausch im Gebäudebestand*. iBat Instituts-Gesellschaft für Betriebs- und Arbeitstechnik des Tischlerhandwerks mbH. Hannover 2006.
- [40] KERSCHBERGER, A. / BRILLINGER, M. / BINDER, M.: *Energieeffizient sanieren. Mit innovativer Technik zum Niedrigenergiestandard*. 1.Aufl. Berlin 2007.
- [41] KIRSCHBAUM, J. / KLEIN, A.: *Energieeinsparung bei Baudenkmalen* Schriftenreihe des Deutschen Nationalkomitees für Denkmalschutz, Bd. 67, Bonn 2002
- [42] KLAUß, S (u.a.): *Katalog regionaltypischer Materialien im Gebäudebestand mit Bezug auf die Baualterklasse und Abteilung typischer Bauteilaufbauten*, ZUB, Kassel 2009
- [43] KÖNIGSTEIN, T.: *Ratgeber energiesparendes Bauen. Auf den Punkt gebracht. Neutrale Fachinformationen für mehr Energieeffizienz*. 4., bearb. u. erw. Aufl. Taunusstein 2009.
- [44] MARTIN, D.J., KRAUTZBERGER, M.: *Handbuch Denkmalschutz und Denkmalpflege, einschließlich Archäologie. Recht, fachliche Grundsätze, Verfahren, Finanzierung*. München 2006
- [45] KRIMMLING, J.: *Energieeffiziente Gebäude. Grundwissen und Arbeitsinstrumente für den Energieberater*. Stuttgart 2007.
- [46] LÖBER, H., BOLSIVUS, J.: *Schlussbericht zum Förderprojekt Energetische Verbesserung der Bausubstanz, Teilkonzept 3: Sanierung von Wohngebäuden aus der Gründerzeit am Beispiel der Bautzner Straße 11 in Zittau*, Zittau 2007

- [47] LOGA, T., DIEFENBACH, N., ENSELING, A., HACKE, U., u.a.: *Querschnittsbericht Energieeffizienz im Wohngebäudebestand - Techniken, Potenziale, Kosten und Wirtschaftlichkeit*, IWU-Studie des im Auftrag des Verbandes der Südwestdeutschen Wohnungswirtschaft e.V. (VdW südwest), Darmstadt 2007
- [48] LOGA, T., FELDMANN, R., DIEFENBACH, N., GROßKLOS, M., BORN, M.: *Wiesbaden-Lehrstraße 2. Energetische Modernisierung eines Gründerzeithauses*, IWU-Studie im Auftrag der Stadt Wiesbaden und Klimaschutz-Agentur Wiesbaden e.V., Darmstadt 2003
- [49] MAIER, J.: *Energetische Sanierung von Altbauten*, Stuttgart 2009
- [50] MEISEL, U. (Bearb.): *Handbuch Altbaumodernisierung. Methoden für die Energie sparende und nachhaltige Entwicklung von Baubeständen*. Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung und Bauwesen des Landes Nordrhein-Westfalen. Dortmund 2005.
- [51] NEUMANN, H.-H.: *Praxis-Handbuch Wärmedämm-Verbundsysteme. Baustoffkunde, Verarbeitung, Schäden, Sanierung*. Mit 109Tabellen. Köln 2009.
- [52] OCHSNER, K.: *Wärmepumpen in der Heizungstechnik. Praxishandbuch für Installateure und Planer*. 4., überarb. und erw. Aufl. Heidelberg 2007.
- [53] PAUL, E.: *Kontrollierte Wohnungslüftung mit WRG Paul*, Mülsen 2004
- [54] PFEIFFER, M.: *Energetische Gebäudemodernisierung*. Stuttgart 2008.
- [55] PÖSCHK, M. (H g.): *Energieeffizienz in Gebäuden. Jahrbuch 2006*. Berlin 2006.
- [56] RICHARZ, C., SCHULZ, C., ZEITLER, F.: *Energet. Sanierung – Grundlagen, Details, Beispiele*, München 2006
- [57] RIETZ, A. (u.a.): *Modernisierung historisch wertvoller Wohngebäude*. Berlin 2007
- [58] SAENA-Sächsische Energie Agentur: *Gebäudedämmung – Baustoffe mit Potenzial*, Dresden 2010
- [59] SCHILLER, K.: *Qualifizierung der betriebswirtschaftlichen Effektivitätsrechnung durch Objektivierung der Aggregation und Vergleichbarmachung von heterogenen Kriterien*, Diss. Dresden, 1981
- [60] SCHRAMEK, E.-R., RECKNAGEL, H., SPRENGER, E.: *Taschenbuch für Heizung und Lüftung*, München 2009
- [61] SCHULZE, J.: *Energetische Modernisierung im Bestand – Erhaltungsbeitrag oder Gefährdungspotential?* In: Energieeinsparung bei Baudenkmalern. Dokumentation der Tagung des Deutschen Nationalkomitees für Denkmalschutz am 19. März 2002 in Bonn. Schriftenreihe des Deutschen Nationalkomitees, Band 67, S. 7-14
- [62] SCHULZE, J.: *Energieeinsparung am Baudenkmal – Herausforderung für Architekten, Ingenieure und Denkmalpfleger. Positionen der Denkmalpflege und des Denkmalschutzes*. In: Energieeffiziente Sanierung von Baudenkmalen und Nichtwohngebäuden. Technische Universität Dresden, Fakultät Bauingenieurwesen, Institut für Baukonstruktion und Institut für Gebäude- und Solartechnik (Hg.) Dresden 2007, S. 15–21.
- [63] SCHULZE-DARUP, B.: *Energetische Gebäudesanierung mit Faktor 10*. Osnabrück 2008
- [64] STADERMANN, G.: *Energieeffizientes und Solares Bauen. Jahrestagung des Forschungsverbunds Erneuerbare Energien*. 29.-30.9.2008. Berlin 2009
- [65] STADT OLDENBURG: *Energieeffizientes Haus, Sanieren von Wohngebäuden*, Tagungsmappe zum Kongress für ArchitektInnen, PlanerInnen, HandwerkerInnen 22./23. 01. 2010 in Oldenburg
- [66] SUZUKI, D./TAYLOR, D.: *The Big Picture: Reflections on Science, Humanity, and a Quickly Changing Planet*, Vancouver 2009
- [67] UVP-Gesellschaft e.V.: *Kulturgüter in der Planung. Handreichung zur Berücksichtigung des kulturellen Erbes bei Umweltprüfungen*. Hamm o.J. (ca.2008)
- [68] VOSS, K., KRAMP, M.: *Nullenergie-/Nullemissionsgebäude: Hintergründe, Beispiele und Bilanzierungsmodelle*, Teilnehmerinformation EnOB Monitor Workshop in Eberswalde, Wuppertal 2007
- [69] VOSS, K., PFAFFERROTT, J.: *Energieeinsparung kontra Behaglichkeit*, in: Forschungen Heft 121, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung BMVBS, Bonn 2007

- [70] WEIZSÄCKER, E. U. v., HARGROVES, K., SMITH, M.: *Faktor fünf. Die Formel für nachhaltiges Wachstum*. München 2010
- [71] WELLER, B. / FISCH, N. (u.a.): *Energieeffiziente Sanierung von Baudenkmalen und Nichtwohngebäuden*, Fakultät Bauingenieurwesen, Dresden 2007
- [72] WERNER, J. (u.a.): *Energetische Sanierung von Gründerzeitgebäuden in Frankfurt*, Frankfurt am Main 2009
- [73] WILL, T. (u.a.): *Zukunftsmarkt Energie sparer Denkmalchutz?* Tagungsband zum Kolloquium der Deutschen Stiftung Denkmalschutz , der Deutschen Bundesstiftung Umwelt und der TU Dresden, Dresden 2005

12.2 Internetquellen

- [74] Agenda21 - Begriffe der Nachhaltigkeit <http://www.agenda21-treffpunkt.de/info/nachhalt.htm> (15.12.2009)
- [75] BIALLY, M.: U-Werte typischer Bestandkonstruktionen bei Altbauten <http://www.smul.sachsen.de/umwelt/download/klima/bauteile.pdf> (24.03.2010)
- [76] Denkmalschutz und Denkmalpflege in Deutschland. <http://www.denkmalschutz.ws/links/themen/thema8.htm>
- [77] ENOB - Energieoptimiertes Bauen, Initiative des BMWi <http://www.enob.info/>
- [78] HERRMANN, D.: Gebäudewärmedämmung – Energetische Sanierung als Chance! <http://www.web-immob.de/cmstest/cmsweb/web37/files/WDVS.pdf> (29.03.2010)
- [79] KOHLER, Stephan: Energieeffizienz zur Bewahrung wertvoller Bausubstanz. Kongress Herausforderung Energieeffizienz für Denkmalschutz und Stadtumbau, Leipzig, 20.11.2008.
- [80] KOZIOL, M.: Energetische Stadterneuerung http://www.fh-nordhausen.de/uploads/media/9_Koziol.pdf
- [81] SCHETTLER-KÖHLER, Horst-P.: Weiterentwicklung der EnEV. Kaiserslautern 2008, http://www.eor.de/fileadmin/eor/docs/aktivitaeten/2008/Energieberaterntag/Vortraege/02_Schettler-Koehler.pdf (16.12.2009)
- [82] Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen: Bevölkerungsentwicklung im Freistaat Sachsen 1955 bis 2020, http://www.statistik.sachsen.de/21/02_00/20_03_analysenliste.asp (16.12.2009)
- [83] Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen: Wohnungsleerstand in Sachsen, 2002, <http://www.statistik.sachsen.de/12/pressearchiv/archiv2004/pm16904.htm> (16.12.2009)
- [84] Statistische Ämter des Bundes und der Länder http://www.statistik-portal.de/Statistik-Portal/de_ib01_jahrtab1.asp (Abfrage 28.4.2010, Stand 2002)
- [85] The European Heritage Network http://www.european-heritage.net/sdx/herein/national_heritage/voir.xsp?id=8.1_DE_en&qid=sdx_q1 (Abfrage 28.4.2010, Stand 31.12.2008)
- [86] http://www.dena.de/fileadmin/user_upload/Download/Veranstaltungen/2008/10/BAU/Vortraege_denkmal-Kogress/Stephan_Kohler.pdf (20.12.2009)
- [87] Reichel, D., Hartmann, T.: *Luftdichtheit der Gebäudehülle*, TU-Dresden, Institut für Thermodynamik, <http://www.winddichtheit.de/windcht.pdf> 26.4.2010
- [88] Sächsische Energie-Agentur: Referenzobjektdatenbank für Energieeffizientes Bauen http://www.saena.de/Saena-Themen/Steigerung-Energieeffizienz/SdE_Bauen_und_Sanieren/Eeffizienz-Referenzen.html (20.12.2009)
- [89] DWD Deutscher Wetterdienst, Testreferenzjahre-Karte der TRY-Regionen <http://www.dwd.de/TRY> (10.4.2010)
- [90] Internetportal des Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung BMVS zum nachhaltigen Bauen des Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung BMVS <http://www.nachhaltigesbauen.de/baustoff-und-gebaeuedaten.html> (15.4.2010)
- [91] IFS Städtebauinstitut: *Pro-Kopf-Wohnfläche weiter gestiegen – Deutschland international im Mittelfeld* <http://www.ifs-staedtebauinstitut.de/hi/hi2006/hi02.pdf>
- [92] Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages: Nachhaltigkeit. Der aktuelle Begriff, 06/2004 http://www.bundestag.de/wissen/analysen/2004/2004_04_06.pdf

13 Anhang

13.1 Anhang 1 – Objektliste

Aufstellung aller zur Auswahl stehenden Objekte (41 Stück) mit Dokumentation der Recherche 1 Blatt

13.2 Anhang 2 – Gebäudesteckbriefe

Gebäudekenndaten für alle untersuchten Varianten 250 Blatt

13.3 Anhang 3 – Gebäudekenndaten

Kenndatenvergleich u. Typisierung der betrachteten Fallgruppe 5 Blatt

13.4 Anhang 4 – Denkmalbegründungen

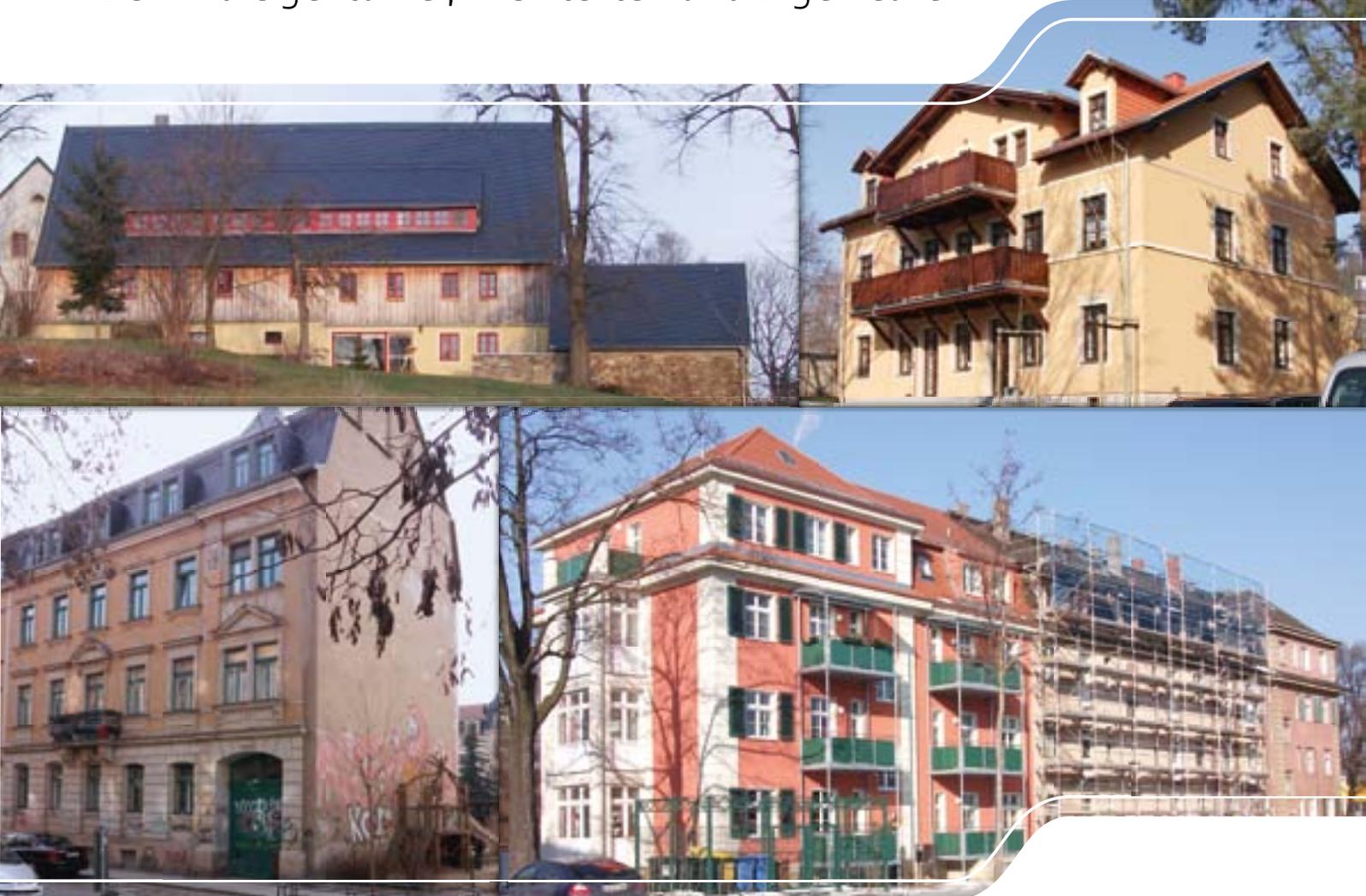
Denkmalbegründung der 10 Fallbeispiele 10 Blatt

13.5 Anhang 5 – Fotodokumentationen

Fotodokumentation der 10 Fallbeispiele 10 Blatt

Energetische Sanierung von Baudenkmalen

Handlungsanleitung für Behörden,
Denkmaleigentümer, Architekten und Ingenieure



Energetische Sanierung von Baudenkmalen

Handlungsanleitung
für Behörden, Denkmaleigentümer,
Architekten und Ingenieure

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	05
1. Einleitung	06
1.1 Ausgangssituation	06
1.2 Energie- und Klimaschutzpolitische Zielsetzung des Freistaates Sachsen	07
1.3 Denkmalschutz und Denkmalpflege im Freistaat Sachsen	08
1.4 Zielkonflikt Denkmalschutz / Energieeffizienz und Klimaschutz	08
1.5 Nachhaltigkeit	08
1.6 Rechtliche Rahmenbedingungen	09
1.6.1 Sächsisches Denkmalschutzgesetz (SächsDSchG)	09
1.6.1.1 Verfahrensrechtliche Vorgaben	09
1.6.1.2 Inhaltliche Anforderungen	10
1.6.2 Energieeinsparungsgesetz (EnEG)	10
1.6.3 Energieeinsparverordnung (EnEV 2009)	11
2. Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz	11
2.1 Baukonstruktive Maßnahmen- Dämmung der Gebäudehülle	12
2.2 Anlagentechnische Maßnahmen	12
2.3 Nutzung erneuerbarer Energien	12
2.4. Schadensrisiken und Nutzerverhalten	13
2.4.1 Schäden durch Veränderung der Baukonstruktion	13
2.4.2 Schäden durch Nutzerverhalten	13
2.4.2.1 Zum Schadensrisiko	14
2.4.2.2 Empfehlungen zur Schadensvermeidung nach einer Sanierung/ Modernisierung	14
3. Denkmalpflegerische Analyse und Bewertung der Maßnahmen	15
3.1 Anzuwendende Bewertungskriterien	16
3.1.1 Substanz (materieller Zeugniswert)	16
3.1.2 Erscheinungsbild (Gestaltwert)	16
3.1.3 Reversibilität	16
3.2 Gesamtbetrachtung	16
4. Ergebnisse der Pilotstudie zum Modellprojekt „Energetische Sanierung von Baudenkmalen“	17
4.1 Aufgabenstellung und Methodik	17
4.2 Ergebnisse anhand der Fallgruppen	20
4.2.1 A – Wohnstallhäuser auf dem Land (18./19. Jh.)	20
4.2.2 B – Freistehende Mietshäuser (1850-1900)	22
4.2.3 C.1 - Mehrgeschossige Reihenwohnhäuser in Blockrandbebauung (19. Jh. – 1870)	24
4.2.4 C.2 – Mehrgeschossige Reihenwohnhäuser in Blockrandbebauung (1870-1920)	26
4.2.5 D – Siedlungsbauten (1920-1950)	28
4.3 Zusammenfassende Schlussfolgerungen	30
5. Bewertungsmatrix für denkmalgeschützte Gebäude bzw. Gebäudeteile	32
5.1 Bewertungsmatrix	32
5.2 Erläuterungen zur Anwendung der Bewertungsmatrix	32
6. Wirtschaftlichkeit energetischer Maßnahmen	34
6.1 Begriff der wirtschaftlichen Unzumutbarkeit	35
6.2 Hinweise zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von energieeffizienten Maßnahmen an Baudenkmalen	35
7. Beratung und Förderung	36
7.1 Beratung	36
7.2 Förderung	36
8. Quellen / Fundstellen	37
Anlage: Fördermöglichkeiten	38

Vorwort



Sachsen steht für einen modernen Denkmalschutz. Nur wenn Leben in Gebäuden ist, wenn sie heutigen Ansprüchen genügen, werden sie bestehen können. Das gehört zur Tradition unseres Landes: Wir öffnen uns der Zukunft, ohne die Vergangenheit auszuschließen. Deshalb wollen wir soviel Bausubstanz wie möglich als das Gesicht unseres kulturellen Erbes erhalten und gleichzeitig die heutigen Möglichkeiten einer umweltgerechten, nachhaltigen Energienutzung besonders bei Wohngebäuden nutzen. Beides gehört zu einer generationengerechten, die Interessen ausgleichenden Politik. Auf der einen Seite bewahren wir die Leistungen unserer Vorfahren und auf der anderen Seite akzeptieren wir die Notwendigkeit eines schonenden Umgangs mit unseren natürlichen Ressourcen und des Schutzes der Umwelt als Lebensraum. Das kommt auch und besonders unseren Kindern und Enkeln zu Gute.

Der vorliegende Leitfaden bringt diese Ziele zusammen. Er zeigt Wege auf, wie Denkmal- und Umweltschutz verbunden werden können. Ich danke den Mitgliedern der Arbeitsgruppe für die intensive Auseinandersetzung mit diesem komplexen Thema. Sie haben damit bundesweite Pionierarbeit geleistet, die nun der Öffentlichkeit vorgestellt wird. Energieeffizienz und Denkmalschutz zu vereinen ist ein Spagat. Das wird bei der Lektüre der Handlungsanleitung deutlich. Ich unterstütze die Bemühungen um ausgewogene Lösungen, die wirtschaftlich, kulturhistorisch und energiepolitisch überzeugen. Der Erfolg dabei hängt von Eigentümern, Architekten und Denkmalschützern ab. In diesem Sinne hoffe ich, dass die Handlungsanleitung als Service des Sächsischen Staatsministeriums des Innern eine Hilfe im täglichen Umgang mit den ökologischen und denkmalpflegerischen Herausforderungen am Bau ist.

Markus Ulbig
Staatsminister des Innern

1. Einleitung

1.1 Ausgangssituation

Sachsen hat einen der höchsten Altbaubestände im Vergleich aller Bundesländer. So wurden etwa zwei Drittel des sächsischen Gebäudebestandes vor 1948 errichtet. In diesen Gebäuden befinden sich mehr als die Hälfte aller Wohnungen. Nach 1990 ist der überwiegende Anteil der Wohngebäude zwar saniert worden. Aufgrund fortschreitender Sanierungsstandards, Energieerzeugungs- und Anwendungstechnologien sowie einer verbesserten Wirtschaftlichkeit energetischer Sanierungsmaßnahmen gibt es jedoch noch erhebliche Energieeinsparpotenziale.

Denkmalschutz und die Denkmalpflege haben sich neben dem demografischen Wandel der Bevölkerung, strukturellen Problemen, wie leer stehenden und brach liegenden Flächen in den Innenstädten, der Alterung sowie den gestiegenen Ansprüchen unserer Gesellschaft auch den Fragen des Klimaschutzes und der Ressourcenknappheit zu widmen und gangbare Wege aufzuzeigen. Für den Freistaat Sachsen wird ein weiterer Anstieg des Wohnungsleerstandes prognostiziert. Davon werden auch Baudenkmale, je nach Lage sowohl im sanierten als auch unsanierten Zustand, zunehmend betroffen sein. Die Höhe der Kosten ist mit ausschlaggebend, ob bzw. welche Bestandsimmobilien zu Wohn- oder Arbeitszwecken einer Nutzung noch zugeführt werden können. Die Bevölkerungsprognose für den Freistaat Sachsen sieht bezogen auf das Referenzjahr 2006 bis zum Jahre 2050 einen Bevölkerungsrückgang um fast ein Drittel vor. Von ursprünglich 4,2 Mio. Einwohnern wird sich demnach die Einwohnerzahl im Jahr 2050 voraussichtlich auf rund 3 Mio. Einwohner reduzieren.¹

Gleichzeitig setzt sich die Überalterung der Bevölkerung fort mit zum Teil erheblichen regionalen Unterschieden. Aufgrund dieser Entwicklung ist die Anpassung von Wohngebäuden, Wohnumfeld und Infrastruktur an generationengerechtes Wohnen und demografischen Wandel neu zu hinterfragen. Auf Grund der Altersstruktur der Eigentümer stellen sich zunehmend Fragen der Nachfolge bzw. der Altersabsicherung.

Im Freistaat Sachsen bestehen typischer Weise die Städte aus dem historischen Stadtkern, gründerzeitlichen Erweiterungsgebieten sowie den Großwohnsiedlungen inklusive der Plattenbauten. Dabei sind in Bezug auf Sanierungs- und Leerstandsgebietebezogen Unterschiede festzustellen. Im historischen Stadtkern besteht teilweise Leerstand aber mit überwiegend saniertem öffentlichen Raum. In den gründerzeitlichen Erweiterungsgebieten gibt es dagegen z. T. hohen Leerstand und der öffentliche Raum ist kaum saniert. Demgegenüber gibt es in den Großwohnsiedlungen kaum Leerstand und auch der öffentliche Raum ist eher gut saniert.

Die Förderstrategie des Freistaates Sachsen sieht im Bereich der Städtebau- und Wohnraumförderung vor, dass zukünftig vorrangig die Innenstädte mit ihrem wertvollen bauhistorischen Bestand nachhaltig gestärkt werden. Im ländlichen Raum stellen Industriedenkmale, Schlösser, Herrenhäuser, Villen, große bäuerliche Höfe sowie Umgebendehäuser Denkmalpfleger vor große Herausforderungen. Diese oft leer stehenden Objekte sind häufig in einem sehr schlechten Zustand. Ein großer Teil der Denkmale wird in den nächsten 10 Jahren unwiederbringlich verloren gehen, wenn nicht intelligente Lösungen gefunden werden. Ein erster Schritt wird auch hier sein, Schwerpunkte bei der Erhaltung der Objekte zu setzen.

Dieser Befund sowie die Erkenntnis, dass der Gebäudebereich einen Sektor darstellt, der besonders große Energieeinsparpotenziale aufweist, führten dazu, dass auf der Grundlage des Aktionsplans „Klima und Energie“ des Freistaates Sachsen ein Modellvorhaben „Energetische Sanierung von Baudenkmalen“ ins Leben gerufen wurde. Ziel war es, gemeinsam mit Experten der betroffenen Fachrichtungen praxistaugliche Lösungsansätze zu finden, die tragfähig sind und letztendlich die Klima- und energiepolitische Zielstellung, die angemessene Beachtung wirtschaftlicher Erfordernisse als auch die Zukunftsfähigkeit des bauhistorischen Erbes im Freistaat Sachsen gewährleisten.

Die Ergebnisse des Modellprojektes wurden in den vorliegenden Leitfaden eingearbeitet, der sich sowohl an die Behörden als auch an Denkmaleigentümer, Architekten und Ingenieure richtet. Mit dem Leitfaden werden keine zusätzlichen Anforderungen an energetische Sanierungen im Denkmalsbereich eingeführt, vielmehr sollen auf der Grundlage der vorhandenen rechtlichen und technischen Vorgaben Hilfestellungen angeboten werden.



Abb.1 Görlitz, Handwerk 15, vor Sanierung



Abb. 2 Görlitz, Handwerk 15, nach Sanierung

¹ www.statistik.sachsen.de

Der Klimawandel stellt die Menschheit vor eine ihrer wohl größten Herausforderungen. Wir stehen vor bedeutenden Veränderungen des Klimas und müssen darauf reagieren, um die Auswirkungen beherrschbar zu halten.

Neben dem Klimaschutz gehören vor allem die weltweit steigende Energienachfrage, die Endlichkeit der fossilen Energieressourcen und die damit einhergehende Verteuerung von Energie zu den drängenden Aufgaben. Eine bedarfsgerechte, sichere, bezahlbare, umwelt- und klimaverträgliche Bereitstellung von Energie ist Voraussetzung für die wirtschaftliche und soziale Entwicklung. Energie muss sparsam und so effizient wie möglich verwendet werden. Zukunftsorientierte Energiepolitik orientiert sich am Leitbild einer nachhaltigen Entwicklung und berücksichtigt ökonomische, ökologische und soziale Belange gleichrangig.

Die Europäische Union hat sich ambitionierte Ziele gesetzt, um eine Erhöhung der mittleren globalen Temperatur um mehr als 2 Grad gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu verhindern. Ansonsten drohen nach vorherrschender wissenschaftlicher Auffassung irreversible Änderungen des Klimas und damit gravierende Auswirkungen für Mensch und Natur. Daraufhin hat die Bundesregierung mit dem Integrierten Energie- und Klimaprogramm die erforderlichen Maßnahmen eingeleitet, die den deutschen Beitrag zur Erfüllung der europäischen Klimaschutzziele erbringen sollen.

Der Freistaat Sachsen unterstützt die Klimaschutzziele der Bundesregierung im Rahmen der EU-Beschlüsse und des Kyoto-Protokolls. Deshalb hat sich auch die Staatsregierung ambitionierte Klimaschutzziele gesetzt: Reduzierung der gesamten jährlichen CO₂-Emissionen in Sachsen bis 2020 um mindestens 23,4 % (13,4 Mio. Tonnen) gegenüber 2006 (Minderung des Nicht-Emissionshandelssektors um 26,5 % oder 6,5 Mio. Tonnen); Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch bis 2020 auf mindestens 24 %. Das CO₂-Minderungsziel soll insbesondere durch die Senkung des fossilen Heizenergiebedarfs bis 2020 um 20 % erreicht werden.

Um diese Ziele zu erreichen, sieht der von der Staatsregierung beschlossene Aktionsplan Klima und Energie die Umsetzung von fast 300 Maßnahmen vor. Der Aktionsplan konzentriert sich auf kurz- und mittelfristig umsetzbare Maßnahmen zum Klimaschutz und für eine nachhaltige Energiewirtschaft sowie auf Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel. Die Steigerung der Energieeffizienz und der Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien können aber nur erfolgreich sein, wenn sie nachhaltig und kosteneffizient sind und die wirtschaftlichen Grundlagen nicht gefährden. Deshalb stehen Maßnahmen im Mittelpunkt des Aktionsplans „Klima und Energie“, die Anreize setzen und hinsichtlich der Verminderung von Treibhausgasemissionen und Energieverbrauch die größten Effekte bei möglichst geringen Kosten erbringen.

40 % der Endenergie werden in Deutschland für Heizung und Warmwasser aufgewandt. Das verursacht etwa ein Fünftel der CO₂-Emissionen. Deshalb gehört die Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden zu einem der wichtigsten Handlungsfelder zukunftsfähiger Energie- und Klimaschutzpolitik. Energieeffiziente Häuser sind nicht nur gut für Umwelt und Klima, sie bieten den Bewohnern auch einen Komfort und niedrigere Nebenkosten. Auch die Eigentümer profitieren: Ein guter Energiestandard steigert den Marktwert einer Immobilie.

Durch gute Dämmung und moderne Anlagentechnik kann der Heizenergieverbrauch eines Wohngebäudes um bis zu 90 % verringert werden. Typische Altbauten wie etwa Gründerzeithäuser verbrauchen in der Regel zwischen 100 und 250 kWh/ m² a in Abhängigkeit vom Nutzungsverhalten und Sanierungsstand.² Demgegenüber weisen energieoptimierte Passivhäuser nur noch 15 kWh/ m² a auf.

Die Staatsregierung hat sich angesichts dieser Ausgangssituation bereits frühzeitig das Ziel gesetzt, die Transparenz des Immobilienmarktes hinsichtlich der energetischen Qualität von Wohngebäuden zu erhöhen, Investitionsanreize zur energetischen Sanierung von Wohngebäuden zu setzen und vor allem auch zur Qualitätssicherung bei Planung und Bauausführung beizutragen. Dazu findet sich im Aktionsplan „Klima und Energie“ eine Vielzahl von Maßnahmen zur Förderung, Information und Beratung von Bauherren und im Bausektor tätigen Akteuren.³

² VDI 3807/2 (Juni 1998) Energieverbrauchswerte für Gebäude: Heizenergie- und Stromverbrauchskennwerte; VDI 3807/1 (März 2007) Energie- und Wasserverbrauchskennwerte für Gebäude: Grundlage

³ <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/klima/18591.htm>

1.3 Denkmalschutz und Denkmalpflege im Freistaat Sachsen

Denkmale sind einzigartige und unwiederholbare Zeugnisse der Vergangenheit und besitzen damit einen unersetzlichen Wert. In der 1964 formulierten Charta von Venedig heißt es dazu: „Als lebendige Zeugnisse jahrhundertalter Traditionen der Völker vermitteln die Denkmäler in der Gegenwart eine geistige Botschaft der Vergangenheit. Die Menschheit, die sich der universellen Geltung menschlicher Werte mehr und mehr bewusst wird, sieht in den Denkmälern ein gemeinsames Erbe und fühlt sich kommenden Generationen gegenüber für ihre Bewahrung gemeinsam verantwortlich. Sie hat die Verpflichtung, ihnen die Denkmäler im ganzen Reichtum ihrer Authentizität weiterzugeben.“ Diese Wertschätzung gilt heute unvermindert fort.

Zweck des Denkmalschutzes und der Denkmalpflege ist es daher, den Bestand eines geschützten Bauwerks als Sinn stiftendes historisches Dokument zu erhalten. Jeder Verlust mindert die Aussagekraft dieses einmaligen Dokuments und widerspricht deshalb dem Grundanliegen des Denkmalschutzes und der Denkmalpflege. Denkmalpflegerisch wichtige Merkmale eines Gebäudes sollten daher grundsätzlich nur wenig oder gar nicht verändert werden.

Andererseits sind Veränderungen am Baudenkmal oftmals unvermeidbar, da nur so eine zeitgemäße oder neue Nutzung ermöglicht wird oder beispielsweise zwingende hygienische oder baurechtliche Vorgaben eingehalten werden können. Insoweit wird das denkmalpflegerische Ziel, Einzeldenkmale und Ensembles in ihrem materiellen Bestand und ihrem Erscheinungsbild zu erhalten, schon heute relativiert. Eine Weiterentwicklung des Denkmalbestandes entsprechend den Herausforderungen des jeweiligen Zeitalters ist daher unumgänglich, um letztendlich seine Zukunftsfähigkeit zu gewährleisten. Diese Weiterentwicklung hat in besonderer Verantwortung für das kulturelle Erbe zu geschehen.

1.4 Zielkonflikt Denkmalschutz / Energieeffizienz und Klimaschutz

Grundsätzlich stehen die beiden gesellschaftspolitischen Interessen Energieeffizienz und Klimaschutz auf der einen Seite sowie Denkmalschutz auf der anderen nicht ohne Widerspruch zueinander. Ersteres hat das Bestreben, die vorhandene Altbausubstanz dahingehend zu verändern, zu ertüchtigen und umzubauen, dass sie mit möglichst geringem Energieeinsatz beheizbar und damit nutzbar ist und dass in der Folge davon auch nur möglichst geringe CO₂-Emissionen an die umgebende Atmosphäre abgegeben werden. Der daraus für die Altbauten und somit auch für die Kulturdenkmale erwachsende Veränderungsdruck ist erheblich. Der Denkmalschutz auf der anderen Seite will die Ursprünglichkeit, den möglichst unveränderten Weitererhalt von Substanz und Erscheinungsbild historischer Gebäude gewährleisten. Dabei bedeutet jedes Mehr an Veränderung zugunsten energiewirtschaftlicher Belange ein Weniger an Originalerhalt und jede Anspruchserhöhung an den Zeugniswert beschneidet umgekehrt die Möglichkeiten zur Reduzierung des Energieverbrauchs. Die Bedienung beider gegenläufiger Interessen im jeweils an sich gewünschten Maße schließt sich demzufolge aus. Die Überwindung dieses Antagonismus ist nur durch einen Kompromiss möglich, bei dem die Ansprüche moderiert werden. Der Verzicht auf Maximalforderungen der einen Seite erlaubt es dann der anderen, wenigstens anteilig ihre Interessen zu verfolgen und umgekehrt.

Dieses Prinzip ist in der Denkmalpflege allerdings nicht neu, sondern kommt gleichermaßen im Urkonflikt zwischen Originalerhalt und Nutzung zum Tragen, den der vorgenannte Konflikt im Grunde auch nur in einer neuen, speziellen Ausdrucksform variiert.

Jede neue Nutzung wirkt auf ein Denkmal ein und verändert es – notgedrungen –, weil kaum ein Denkmal ohne Nutzung erhalten werden kann. Die in diesem Zusammenhang bereits oben beschriebene Relativierung bedeutet damit nichts anderes als die Relativierung des Denkansatzes, dass das Original einen dauerhaft festgeschriebenen Zustand X bedeuten würde, was aber zweifellos nicht der Fall ist. Denn eine historische Betrachtung des Denkmals kann nur seiner Entstehung und seiner Entwicklung, seinem Werden einschließlich sämtlicher Veränderungen über die Zeit hinweg gelten und zu diesen werden zukünftig auch alle diejenigen Veränderungen gehören, die in der Gegenwart aus wichtigen Gründen erfolgen müssen.

1.5 Nachhaltigkeit

Energieeinsparpotenziale im Gebäudebetrieb und Denkmalverträglichkeit sind Teilaspekte einer Gesamtbetrachtung, die sich zwingend aus den klimapolitischen Vorgaben der CO₂-Reduktion durch Einsparung des Primärenergieverbrauchs im Gebäudesektor ergibt. Im Blickpunkt steht neben den Verbrauchswerten (Betriebskosten) dabei die Gesamtbilanz der jeweiligen Bestände (Lebenszyklusbetrachtung).

Unter dem Leitbegriff der Nachhaltigkeit werden drei Handlungsfelder (Umwelt, Gesellschaft, Wirtschaft) verstanden. Dabei handelt es sich nicht um überlappende Kreise gleicher Größe und Bedeutung. Vielmehr stellt das ökologische Kapital – die Biosphäre – den übergeordneten Aspekt dar, innerhalb dessen es einen kleineren Kreis gibt, die menschlichen Gesellschaften, und innerhalb dieses Kreises findet sich der nochmals kleinere Kreis der ökonomischen Belange dieser Gesellschaften. Bei der Betrachtung einzelner Aspekte unter der Maßgabe der CO₂-Einsparung ist diese Reihenfolge und Abhängigkeit im Auge zu behalten. Eine vollumfängliche Gesamtbilanzierung wird dabei jedoch nur in Ansätzen möglich sein, da die entsprechenden komplexen Berechnungs- und Evaluationsmodelle fehlen und im Übrigen die Zielstellung dieses Leitfadens durchbrochen würde. Mit dem Hinweis auf die Vielschichtigkeit der miteinander verbundenen Probleme und Lösungswege soll jedoch vor vereinfachenden sektoralen Beurteilungen gewarnt werden.

Bezogen auf Altbauten und im speziellen auf Baudenkmale ist festzustellen, dass sie bei der systematischen Analyse des Energieverbrauchs und der Umweltbelastung von Baumaterialien im Verlauf ihres gesamten Lebenszyklus ohne weiteres eine positive Bilanz aufweisen können. Besonders unter Berücksichtigung der bei der Herstellung der Baumaterialien entstehenden Emissionen in die Umwelt, der für die Produktionsprozesse erforderlichen Energieströme sowie der notwendigen Material- und Energietransporte und auch der kulturellen und wissenschaftlichen Leistungen wird deutlich, dass in den Altbauten die sogenannte graue Energie (indirekter, d.h. kumulierter Energiebedarf für Herstellung, Vertrieb, Montage, Entsorgung) enthalten ist. Diese wird über Generationen weitergegeben. In der Trebsener Erklärung „Die graue Energie erhalten – Denkmalpflege als Beitrag zum Ökologischen Bauen“ haben sächsische Denkmalpfleger bereits 2001 auf diese Tatsache hingewiesen.

1.6 Rechtliche Rahmenbedingungen

1.6.1 Sächsisches Denkmalschutzgesetz (SächsDSchG)⁴

Handlungen, die ein Kulturdenkmal in seiner Substanz oder in seinem Erscheinungsbild gemäß § 12 SächsDSchG verändern, sind genehmigungspflichtig. Darunter fallen auch Maßnahmen der energetischen Gebäudesanierung, da sie regelmäßig mit baulichen Veränderungen am jeweiligen Gebäude verbunden sind.

1.6.1.1 Verfahrensrechtliche Vorgaben

Das zu beschreibende Genehmigungsverfahren hängt davon ab, ob für die Durchführung der Maßnahme neben der denkmalschutzrechtlichen Genehmigung auch eine Baugenehmigung erforderlich ist. So nimmt die Sächsische Bauordnung (SächsBO) bestimmte Baumaßnahmen von der Baugenehmigungspflicht aus.

Hierzu gehören insbesondere die in § 61 SächsBO aufgeführten sog. verfahrensfreien Bauvorhaben wie etwa das Aufbringen von Außenwandverkleidungen oder der Einbau von Türen und Fenstern nach Maßgabe des § 61 Abs. 1 Nr. 10 SächsBO.

Bedarf eine Sanierungsmaßnahme lediglich der denkmalschutzrechtlichen Genehmigung, ist der Antrag schriftlich bei der örtlich zuständigen unteren Denkmalschutzbehörde zu stellen. Untere Denkmalschutzbehörden sind die Landkreise und kreisfreien Städte sowie einzelne weitere größere Städte. Mit dem Genehmigungsantrag sind alle für die Beurteilung des Vorhabens und die Bearbeitung des Antrags erforderlichen Unterlagen, insbesondere Pläne, Dokumentationen, Fotografien, Gutachten, Kosten- und Wirtschaftlichkeitsberechnungen, einzureichen.

Handelt es sich hingegen um eine baugenehmigungspflichtige Maßnahme, bedarf es keines gesonderten Antrages bei der unteren Denkmalschutzbehörde. Hier gilt der denkmalschutzrechtliche Genehmigungsantrag kraft Gesetzes als mit dem Antrag auf Baugenehmigung gestellt (§ 13 Abs. 1 S. 2 SächsDSchG). Die Bauaufsichtsbehörde beteiligt sodann die untere Denkmalschutzbehörde von Amts wegen. An die Stelle der denkmalschutzrechtlichen Genehmigung tritt dabei die (verwaltungsinterne) Zustimmung der Denkmalschutzbehörde gegenüber der Bauaufsichtsbehörde.

Da in diesem Fall die Feststellung der denkmalschutzrechtlichen Unbedenklichkeit zum Gegenstand der Baugenehmigung wird, sind die zur denkmalschutzrechtlichen Beurteilung erforderlichen Unterlagen zusammen mit dem Bauantrag und den Bauvorlagen einzureichen.

Soweit die untere Denkmalschutzbehörde nach dem Sächsischen Denkmalschutzgesetz nur im Einvernehmen mit der zuständigen Fachbehörde entscheiden darf, bezieht sie das Landesamt für



Abb.3/4 Pirna, Rottwerndorfer Straße

⁴ www.revosax.sachsen.de

Denkmalpflege in das Verfahren ein. Für den Fall, dass beide Behörden sich nicht einigen können (Dissensfall), entscheidet die zuständige Landesdirektion als obere Denkmalschutzbehörde im Benehmen mit dem Landesamt für Denkmalpflege.

In allen übrigen Fällen entscheidet die untere Denkmalschutzbehörde in alleiniger Zuständigkeit.⁵

1.6.1.2 Inhaltliche Anforderungen

Ob eine energetische Sanierungsmaßnahme genehmigungsfähig ist, ist im Rahmen einer Gesamtabwägung festzustellen. Eine Einzelschrift, die die Voraussetzungen für die Erteilung oder Ablehnung der denkmalschutzrechtlichen Genehmigung abschließend regelt, enthält das Sächsische Denkmalschutzgesetz nicht.

Der zu beachtende rechtliche Rahmen wird zunächst durch das dem Kulturdenkmalbegriff bereits innewohnende öffentliche Erhaltungsinteresse geprägt, mit dem die individuelle Verpflichtung des Denkmaleigentümers korrespondiert, Kulturdenkmale pfleglich zu behandeln und sie im Rahmen des Zumutbaren denkmalgerecht zu erhalten und vor Gefährdung zu schützen (§ 8 Abs. 1 SächsDSchG). Damit sind Veränderungen an einem Kulturdenkmal nicht ausgeschlossen; sie müssen allerdings denkmalverträglich erfolgen.

Insoweit bedarf es eines umfassenden Abwägungsvorganges der berührten öffentlichen Belange und schutzwürdiger Eigentümerinteressen. Auf der Seite der öffentlichen Belange treten neben das öffentliche Interesse am Erhalt des Kulturdenkmals staatliche Klimaschutzziele einer nachhaltigen Reduzierung von CO₂-Emissionen und eines sparsamen Umgangs mit Energie-Ressourcen; auch die Versorgung der Bevölkerung mit zeitgemäßem Wohnraum gehört dazu. Zu berücksichtigen sind zudem Eigentümerinteressen, soweit sie schutzwürdig sind.

Dieser Einschränkung bedarf es, da die in diesem Zusammenhang zu beachtende Eigentums-garantie des Art. 14 Grundgesetz einer Sozialbindung unterliegt. Insbesondere ergibt sich daraus, dass der Eigentümer eines Kulturdenkmals keinen Anspruch auf eine möglichst rentable Nutzung hat.

Die Grenze der Sozialpflichtigkeit des Eigentums ist jedoch dort überschritten, wo sie für den Pflichtigen unzumutbar ist. Unzumutbarkeit ist beispielsweise zu unterstellen bei Wegfall der Privatnützigkeit des Objekts, weil für das Baudenkmal keine sinnvolle Nutzungsmöglichkeit mehr besteht. Auch ist der Eigentümer nicht verpflichtet, sein sonstiges Vermögen für den Erhalt des Kulturdenkmals zu opfern oder auf Dauer zuzuschließen.

Einen Vorrang bestimmter Belange gibt es nicht. Sie sind vielmehr jeweils zu gewichten unter Berücksichtigung aller Umstände des konkreten Einzelfalls, wozu gerade auch z.B. die Wertigkeit des Kulturdenkmals, seine bautechnischen Besonderheiten, die bauphysikalische Verträglichkeit der beabsichtigten Maßnahme oder mögliche Alternativ-Technologien gehören. Dabei ist nicht ausgeschlossen, dass bestimmte Fallgestaltungen typischerweise zu einem bestimmten Abwägungsergebnis führen. Diese Falltypen und ihre Behandlung werden im Rahmen des Leitfadens noch aufgezeigt.

1.6.2 Energieeinsparungsgesetz (EnEG)⁶

Das Gesetz zur Einsparung von Energie in Gebäuden (Energieeinsparungsgesetz – EnEG vom 22.7.1976, zuletzt geändert am 28.3.2009) bildet die gesetzliche Grundlage der Energieeinsparverordnung. Geregelt werden der Wärmeschutz und die energiesparende Anlagentechnik sowie ihr Betrieb (§§ 1-3). Nach § 4 sind Ausnahmen von den Anforderungen an die Energieeinsparung zugelassen, insbesondere wenn es sich um „besonders erhaltenswerte Gebäude“ handelt. Grundsätzlich sind Ausnahmen nur dann erlaubt, „soweit der Zweck des Gesetzes, vermeidbare Energieverluste zu verhindern, dies erfordert oder zulässt“. Die Energiesparmaßnahmen müssen generell „zu einer wesentlichen Verminderung der Energieverluste beitragen, und die Aufwendungen müssen durch die eintretenden Einsparungen innerhalb angemessener Fristen erwirtschaftet werden können“.

In den Rechtsverordnungen ist gemäß § 5 Abs. 2 vorzusehen, dass auf Antrag von den Anforderungen befreit werden kann, soweit diese im Einzelfall wegen besonderer Umstände durch einen unangemessenen Aufwand oder in sonstiger Weise zu einer unbilligen Härte führen.



Abb. 5 Radebeul, Bischofsweg 30, vor Sanierung



Abb. 6 Radebeul, Bischofsweg 30, nach Sanierung

⁵ Verwaltungsvorschrift des Sächsischen Staatsministeriums des Innern zur Herstellung des Einvernehmens gemäß § 4 Abs.2 SächsDSchG zwischen den unteren Denkmalschutzbehörden und dem Landesamt für Denkmalpflege Sachsen (VwV-Einvernehmen) vom 12. März 2001

⁶ <http://bundesrecht.juris.de/eneg>

Die Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV vom 24.7.2008, zuletzt geändert am 29.4.2009) regelt in den §§ 9 ff. die Anforderungen an bestehende Gebäude und Anlagentechnik. Energieausweise werden in § 16 ff. behandelt. Anforderungen an den Wärmeschutz sind immer dann zu erfüllen, wenn Änderungen von Außenbauteilen mehr als 10 % der gesamten jeweiligen Bauteilfläche des Gebäudes betrifft. Die Vorgaben der EnEV 2009 können erfüllt werden, indem

- die Wärmedurchgangskoeffizienten in Anlage 3 der EnEV 2009 nicht überschritten werden oder
- der Jahres-Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes und der Höchstwert des spezifischen Transmissionswärmeverlustes bzw. die Höchstwerte der mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten um nicht mehr als 40 % überschritten werden.

Für Baudenkmale gilt dabei Folgendes:

Grundsätzlich sind Baudenkmale, d.h. die nach dem jeweiligen Landesdenkmalschutzgesetz geschützten Gebäude vom Gültigkeitsbereich der EnEV 2009 nicht ausgenommen, es sei denn, sie gehören zu den Gebäudetypen, die generell ausgenommen sind nach § 1 Absatz 2 EnEV 2009. Gemäß § 24 EnEV 2009 kann bei baulichen Änderungen von den Anforderungen der Verordnung jedoch ohne weiteren Antrag des Eigentümers abgewichen werden, soweit bei Baudenkmalen oder sonstiger besonders erhaltenswerter Bausubstanz durch die Erfüllung der EnEV-Anforderungen die Substanz oder das Erscheinungsbild beeinträchtigt wird oder andere Maßnahmen zu einem unverhältnismäßig hohen Aufwand führen würden.

Nach § 16 Absatz 4 EnEV 2009 müssen Energieausweise bei Baudenkmalen weder Kaufinteressenten noch Mietern, Pächtern oder Leasingnehmern vorgelegt werden. Bei öffentlich genutzten Baudenkmalen müssen Energieausweise nicht ausgehängt werden. Damit soll ein denkmalschädlicher Modernisierungsdruck vermieden werden.

2. Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz

Die Energieeffizienz eines Gebäudes kann durch die Dämmung der Gebäudehülle, durch den Austausch bzw. die Optimierung von Heizungs- und Lüftungsanlage sowie durch eine effiziente Beleuchtung gesteigert werden. Es gibt folgende Dämmstoffe und Produktformen (Maier, Josef: Energetische Sanierung von Altbauten, München 2009, S.210):

■ Anorganische Dämmstoffe

Kalzium-Silikat, Glaswolle, Perlit, Steinwolle, Vermikulit (als Platten und Matten);
 Beton, Gips, Glas und Perlit (als Schäume);
 Glaswolle und Steinwolle (als Einblasprodukte) sowie Blähton, Glaswolle, Perlit, Steinwolle und Vermikulit (als Schüttungen und Stopfmasse)

■ Organische Dämmstoffe

Flachs, Hanf, Kokos, Kork, Holzweichfaserplatte, Holzwolle-Leichtbauplatte, Polyester, Schafwolle, Zellulose (als Platten und Matten);
 Melaminharz, Phenolharz, Polystyrol, Polyurethan (als Hartschaumplatten);
 Harnstoff-Formaldehyd, Polyurethan (als Ortschäume);
 Flachs, Hanf, Zellulose, Holzwolle und Holzspäne (als Einblasprodukte);
 Flachs, Hanf, Holzwolle, Hobelspäne, Kokos, Kork, Jute, Schafwolle und Zellulose (als Schüttungen und Stopfmassen)

■ Weitere Produktformen

Hartschaum- und Mineralfaserplatten Mehrschicht- Leichtbau, Wärmedämmverbundsysteme (EPS, Mineralwolle), beschichtete Foliensysteme, Vakuumsysteme

Mit den genannten Dämmstoffen können die Gebäudehülle bzw. einzelne Bauteile je nach Beschaffenheit und nach den jeweiligen Anforderungen gedämmt werden.

Aufgrund der Vielzahl und Unterschiedlichkeit der immer leistungsfähiger ausgestatteten Baustoffe ist die Hinzuziehung von Fachleuten bereits in der Planungsphase ratsam.



Abb. 7 Lehmündämmung aus Lehmbausteinen



Abb. 8 Ausbau Dachgeschoss, Zwischensparrendämmung aus Glaswolle

⁷ <http://www.bmvbs.de/cae/servlet/contentblob/34850/publicationFile/1044/enev-2009-aenderungsverordnung-nichtamtliche-fassung.pdf>

2.1 Baukonstruktive Maßnahmen- Dämmung der Gebäudehülle

Dach

Die Dämmung des Daches kann als Zwischensparren-, Untersparren- oder Aufsparrendämmung sowie in Kombination derselben erfolgen.

Fassade

Die Dämmung der Außenwände kann auf der Außenseite, der Innenseite und/oder im Kern erfolgen (Außen-, Innen-, Kerndämmung). Auf der Außenseite kann sie hinter einer traditionellen Vorsatzschale (z.B. hinterlüftete Holz- oder Schieferverschalung) oder als Wärmedämmverbundsystem (WDVS) aufgebracht werden. Alternativ kann auf der Außen- und/oder Innenseite ein Dämmputz vorgesehen werden. Schließlich kann die Dämmung der Innenseite mit kapillaraktiven Dämmstoffen in Platten- oder Schalenform erfolgen.⁸

Wird der Dachboden eines Gebäudes nicht beheizt, kann alternativ zur Dämmung des Daches kostengünstiger, einfacher und wärmetechnisch effektiver die oberste Geschossdecke gedämmt werden. In der Regel wird auf oder unter dem Dielenboden gedämmt. Um Wärmeverluste zum Keller bzw. zum Erdreich zu minimieren, wird auf oder unter dem Erdgeschossfußboden gedämmt.

Fenster und Türen

Zur Minimierung von Transmissionswärmeverlusten besteht die Möglichkeit der Instandsetzung der originalen Fenster und Türen, des Einbaues einer Wärmeschutzverglasung, eines zusätzlichen Kastenfensters auf der Innenseite oder schließlich des Austausches der Fenster und Türen.

Die „Bagatellgrenze“ der EnEV 2009 regelt in § 9 Absatz 3 für Bestandsgebäude: Wenn weniger als 10 % der Fensterfläche des gesamten Gebäudes erneuert werden sollen, müssen die Mindest-U-Werte für diese Bauteile nicht eingehalten werden; die Werte dürfen allerdings nicht schlechter sein als die der Bestandsfenster. Sind mehr als 10 % der Fensterfläche vom Umbau betroffen, werden für diesen Anteil die geforderten U-Werte wirksam. Die Bestimmung besagt dabei nicht, dass bei mehr als 10 % Flächenanteil alle Fenster des Gebäudes erneuert werden müssen.⁹



Abb. 9 Nossen, Hauptstraße 33, ein gelungenes Beispiel der Integration einer Photovoltaikanlage auf dem Dach der Scheune

2.2 Anlagentechnische Maßnahmen

Heizungsanlagen

Mit dem Einbau einer modernen Heizungsanlage, wie z.B. eines Brennwertkessels, können 10 % bis 40 % Heizenergie eingespart werden. In Wohngebieten mit Nah- oder Fernwärme bietet sich ein Anschluss an das Netz an. Blockheizkraftwerke (BHKW) bzw. Kraft- Wärme- Kopplungs- Anlagen (KWK- Anlagen), die durch Gewinnung von elektrischer Energie und Wärme einen höheren Gesamtwirkungsgrad erzielen, bieten eine Alternative für quartiersbezogene Anlagen.

Lüftungsanlagen

Als weitere technische Anlagen sind Lüftungsanlagen möglich. Man unterscheidet reine Abluftanlagen, Zu- und Abluftanlagen sowie Lüftungsanlagen mit oder ohne Wärmerückgewinnung.



Abb. 10 Nossen, Hauptstraße 33, Detail Photovoltaikanlage

2.3 Nutzung erneuerbarer Energien

Erneuerbare bzw. regenerative Energien werden aus Quellen bezogen, die sich kurzfristig selbst regenerieren, d.h. aus nachwachsenden Rohstoffen (Biomasse) oder deren Quelle sich durch die Nutzung nicht erschöpft (Sonne, Wind, Wasser, Erdwärme). Die Nutzung erneuerbarer Energien trägt absolut nicht zur Energieeinsparung bei, wohl aber dazu, die endlichen Energievorräte zu schonen. Für die bauliche Energieoptimierung ist zu unterscheiden in Formen der Energiegewinnung, die am Ort des Verbrauchs sinnvoll sind (Wärmerückgewinnung, Solarthermie, z.T. Geothermie), und solche, deren Standort verbrauchsunabhängig ist (Photovoltaik, Wind u. a.).



Abb. 11 Freiberg, Helmertplatz, Photovoltaikanlage auf der Dachgaube, Oberste Geschossdecke und Kellerdecke

⁸ Die Innendämmung der Außenwände als Alternative zur Außendämmung birgt neben bekannten bauphysikalischen Problemen auch wirtschaftliche und mieterrechtliche Nachteile für den Vermieter. Jede Innendämmung führt zu Flächenverlusten, was insbesondere bei bestehenden Mietverträgen ein relevantes mieterrechtliches Problem für den Vermieter darstellt. Diese Mietverträge sind mit Zustimmung des Mieters anzupassen. In Abhängigkeit der baulichen Ausführung der Konstruktion der Innendämmung (dampfdicht bzw. diffusionsoffen) sind vom Mieter gewisse Regeln zu beachten, um nicht durch Fehlverhalten nachhaltige Schädigungen der Bausubstanz zu verursachen.

⁹ Vgl. Martin Paal und Irmelin Ehrig: Altbaufenster im EnEV-Rahmen. Trotz verschärfter Wärmeschutzauflagen können bei Sanierungen oft die vorhandenen Fenster erhalten werden, in: Deutsches Architektenblatt 03/2010, S. 35 ff.

Solarthermie / Photovoltaik Dach

Die Errichtung von Solarthermie- und Photovoltaikanlagen ist aus energetischer bzw. umweltrelevanter Sicht positiv zu sehen, führt auf den Dächern von Kulturdenkmälern jedoch in der Regel zu erheblichen Veränderungen, die nicht selten auch starke Beeinträchtigungen sein können (z.B. in den durch rote Ziegel geprägten Dachlandschaften alter Stadtkerne).

Solarthermie / Photovoltaik Fassade

Ähnlich der Dachvariante – nach dem gegenwärtigen Stand der Technik ist bei einer senkrechten Anbringung mit einem verminderten Solarertrag zu rechnen. Die Beeinträchtigungen des Erscheinungsbildes sind hier noch gravierender.

Außenluftwärmeübertrager/ Lüftungsanlage

Als Energiequelle kann auch die Außenluft oder die Abluft genutzt werden.

Erdwärme

Die im Erdinneren gespeicherte Wärme kann zu Heizzwecken und zur Stromerzeugung verwendet werden. Es gibt oberflächennahe Systeme sowie Systeme mit Tiefenbohrungen.

Windkraftanlagen

Durch Windkraftanlagen wird die kinetische Energie des Windes in Strom umgewandelt. Die Anlagen können auf und außerhalb von Gebäuden platziert werden, stellen jedoch im Falle der Dachmontage wiederum Beeinträchtigungen des Erscheinungsbildes dar.



Abb. 12 Fassade nach Sanierung mit Wärmedämmverbundsystem, Algenbildung

2.4. Schadensrisiken und Nutzerverhalten

Die häufigsten Schäden sind durch die Veränderung des bauphysikalischen Ist-Zustandes bzw. durch die Änderung der Nutzungsumstände zu verzeichnen.

2.4.1 Schäden durch Veränderung der Baukonstruktion

Schäden treten gehäuft z.B. an folgenden Bauteilen auf (siehe Abb. 12 -14):

- Feuchte-, Tauwasser- und Schimmelschäden an diversen Bauteilen,
- Außenwände / Fassaden / Dächer – feuchtetechnisches Verhalten,
- Wärmedämmungen,
- Fenster / Außentüren – Luft - und Feuchtedurchdringungen,
- Erdberührte Bauteile – Abdichtungen,
- Schäden durch haustechnische Installationen z.B. Heizungs- und Wasserinstallationen.

Empfehlungen zur Schadensvermeidung bei einer Sanierung / Modernisierung:

- Sorgfältige und fachkundige Planung der Sanierung / Modernisierung,
- Genaue Bestandsanalyse als Voraussetzung für die Auswahl einer geeigneten Baumethode,
- Eindeutige Klärung der Schadensursachen,
- Bauphysikalische Bewertung der Situation vor und nach der Sanierung/Modernisierung,
- Prüfung der Dauerhaftigkeit und Funktionstüchtigkeit der geplanten Maßnahmen.

Eine frühzeitige integrale Planung mit allen Beteiligten und Fachdisziplinen ist ebenso unerlässlich, wie eine konstruktive und verantwortungsvolle Zusammenarbeit sowie der Nachweis besonderer Fachkenntnisse z.B. durch Referenzen. Die Einschaltung erfahrener Fachleute (Architekten mit besonderer Qualifikation im Bereich Altbau Sanierung bzw. Denkmalpflege) bereits in der Planungsphase ist jedoch empfehlenswert.

2.4.2 Schäden durch Nutzerverhalten

Die Erfahrung zeigt, dass die historische Bausubstanz, durch zeitgemäße Nutzungsanforderungen stark beansprucht, oftmals überfordert wird. Insbesondere für denkmalgeschützte Gebäude ist es auf Grund der bauphysikalischen Eigenschaften der verwendeten Baustoffe und Baukonstruktionen besonders wichtig, einen sach- und fachgerechten Umgang mit der Wohnung und dem Gebäude zu pflegen.



Abb. 13 Detail, Schimmel in einer Außenwanddecke nach Sanierung



Abb. 14 Detail, Schimmel an einer Fensterlaibung nach Fensteraustausch

Nach der energetischen Sanierung sind die Gebäude „luftdichter“ als vor der Sanierung. Durch eine hohe Luftdichtheit sind Heiz- und Lüftungsverhalten der Nutzer von entscheidender Bedeutung, um eine Schädigung des Gebäudes bzw. der Bausubstanz zu verhindern.

2.4.2.1 Zum Schadensrisiko

Der Einbau einer modernen Heizungsanlage gehört zum allgemeinen Standard einer Modernisierung. Mit dem Wegfall der Ofenheizung kommt es zu einer erheblichen Veränderung der raumklimatischen Bedingungen. Eine Ofenbeheizung bezieht sich auf einzelne Zimmer und erwärmt diese u. a. durch Strahlungswärme.

Die für die Verbrennung notwendige Luft wird aus dem Aufstellraum des Ofens angesaugt. Gleichzeitig strömt trockene Außenluft über die Undichtheiten der Gebäudehülle in den Aufstellraum. Mit dem Betrieb des Ofens ist ein nutzerunabhängiger Luftwechsel gewährleistet. Die Raumluft ist in ofenbeheizten Räumen daher oftmals relativ trocken. Feuchtigkeitsbedingte Schäden wie Schweißwasser, Schimmelbildung und diffusionsbedingte Durchfeuchtungen der Baukonstruktionen sind weitgehend vermieden.

Ein verändertes Umweltbewusstsein und steigende Energiepreise beeinflussen das Nutzerverhalten. Viele Nutzer kompensieren hohe Energiekosten durch eine sparsamere Beheizung und eine deutliche Reduzierung der Lüftung. Beides erhöht die relative Luftfeuchte in den Räumen signifikant. Die Auswirkungen eines sparsamen Lüftungsverhaltens werden durch eine luftdichte Bauweise verschärft, da dann auch der Luftaustausch über die Gebäudefugen nahezu unterbunden ist. Die Luftfeuchte steigt bei sparsamer Lüftung durch die Wasserdampfabgabe der Personen und durch die Nutzung (Zimmerpflanzen, Kochen, Reinigung etc.) relativ schnell auf bauphysikalisch problematische Werte. In historischen Bauwerken ist bereits bei relativen Luftfeuchten von dauerhaft über 50 % ein hohes Bauschadensrisiko gegeben.

Für den Nutzer herkömmlicher Gebäude sind bauphysikalisch problematische Luftfeuchten durch die Kondensation an den Fensterscheiben erkennbar. Bei modernen Fenstern kondensiert der Wasserdampf aufgrund der guten Wärmedämmeigenschaften der Verglasungen nicht mehr oder nur noch bei extremen Luftfeuchten. Da das menschliche Empfinden gegenüber der Raumluftfeuchte sehr unsensibel ist, fehlen Reize für zu hohe Luftfeuchten. Es ist schwierig, bedarfsgerecht zu lüften. Bei der energetischen Sanierung ist daher unbedingt zu prüfen, inwieweit im Interesse des Bauwerkserhaltes eine nutzerunabhängige Lüftung gewährleistet werden kann. Oftmals genügen hierfür einfache Abluftanlagen. Es wird die Beachtung des einschlägigen Technischen Regelwerkes – DIN 1946/6 – dringend empfohlen.

Das Wohlbefinden des Nutzers ist abhängig von Raumtemperatur, Luftfeuchte und Zugluft. Mit einer sachgerechten Nutzung der Wohnung kann der Nutzer ein angenehmes Wohnklima bei gleichzeitigem Erhalt der Bausubstanz und vertretbaren Heizkosten erreichen.

2.4.2.2 Empfehlungen zur Schadensvermeidung nach einer Sanierung/ Modernisierung ¹⁰

Richtig Heizen

Alle genutzten Räume sollten möglichst gleichmäßig temperiert werden. Bei Wohnnutzungen ist ein Mindestwert von 16 °C anzustreben. Unbeheizte Räume sind gründlich und regelmäßig zu lüften. Innentüren zu diesen Räumen sind geschlossen zu halten. Keinesfalls dürfen Räume durch die warme Luft anderer Räume mitbeheizt oder temperiert werden! Ein Absenkbetrieb der Heizungsanlage in der Nacht oder während der Abwesenheitszeiten ist möglich. Es bietet sich an, derartige Betriebszeiten an der Wärmeerzeugungsanlage (Heizkessel) einzustellen.

Bei schützenswerten temperatur- und feuchtesensiblen Inneneinrichtungen aus Holz (Vertäfelungen, Möbel, Figuren) oder Gemälden ist die Änderung der Temperatur zu begrenzen. In der Regel ist eine Begrenzung der Aufheizgeschwindigkeit auf max. 0,5 K/h zielführend. Im Einzelfall können auch deutlich strengere Anforderungen sachgerecht sein.

Richtig Lüften

Lüften ist die wirkungsvollste Maßnahme, um Wasserdampf aus einem Gebäude abzuführen. Darüber hinaus werden durch den Luftwechsel Riech- und Ekelstoffe verdünnt. Ein hinreichender Luftwechsel ist daher auch aus raumlufthygienischen Gründen unverzichtbar. Anzustreben ist eine bedarfsgerechte Lüftung, bei der die einzelnen Räume in Abhängigkeit von der Nutzung gelüftet werden. Darüber hinaus ist auch in nicht genutzten Räumen eine ständige Grundlüftung erforderlich.

¹⁰ Künzel, Helmut: Richtiges Heizen und Lüften in Wohnungen, IRB Verlag Stuttgart 2009.

Werden die Fenster zum Lüften verwendet, dann ist eine Stoß- und/oder Querlüftung zweckmäßig. Dazu sind die Fenster möglichst weit zu öffnen.

Bei geringen Außentemperaturen ist nach wenigen Minuten das gesamte Luftvolumen erneuert, so dass die Fenster bereits nach 3 bis 5 Minuten wieder geschlossen werden können. Bei höheren Außentemperaturen dauert der Luftaustausch etwas länger. Hier sind Lüftungszeiten von 5 bis 10 Minuten angemessen. Eine dauerhafte Kippstellung von Fenstern ist zu vermeiden. Beim Lüften von Räumen mit einem hohen Wasserdampfanteil (Bad, Küche) sollten die Türen zu anderen Räumen geschlossen sein, um eine Verschleppung von Wasserdampf in andere Räume zu vermeiden. Räume sind grundsätzlich belastungsnah zu lüften. Für die Schlafräume gilt, dass die Lüftung möglichst nach dem Aufstehen erfolgen muss.

Für das Badezimmer ist eine gründliche Lüftung nach dem Duschen oder Baden angezeigt.

Werden die Luftdichtheitswerte der Energieeinsparverordnung erfüllt, dann ist ein hinreichender Luftwechsel in den Wohnungen nur gegeben, wenn der Lüftungsvorgang täglich drei bis sechsmal wiederholt wird.

Ist eine Nutzungseinheit mit einer Lüftungsanlage ausgestattet, so sind die Fenster in Abhängigkeit von der Art der Lüftungsanlage zu nutzen: Realisiert die Lüftungsanlage lediglich die Grundlüftung, ist das Öffnen der Fenster bei normalem Anspruch an die Raumlufthygiene in Abhängigkeit von der Nutzungsintensität notwendig. Nur wenn die Lüftungsanlage auch den durch die Nutzung bedingten Bedarfsanteil realisiert, ist eine Fensterlüftung weitgehend verzichtbar. Bei Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung sollte darüber hinaus eine unnötige Fensterlüftung eingeschränkt werden, um den energetischen Effekt der Wärmerückgewinnung möglichst vollumfänglich zu nutzen. Bei Planung, Errichtung und Betrieb einer Lüftungsanlage ist zu beachten, dass zu geringe Luftvolumenströme eine zu hohe Raumlufftfeuchte bedingen. Unnötig hohe Luftvolumenströme hingegen sind oftmals Ursache für eine zu geringe Raumlufftfeuchte. Die physiologischen Wirkungen von trockener Luft (trockene Schleimhäute, ggf. trockene Augen, vor allem Kontaktlinsenträger) vermindern die Akzeptanz der Lüftungsanlage. Zu geringe Feuchte kann außerdem Schwindrisse in Hölzern verursachen. Bei feuchtesensiblen und schützenswerten Ausstattungsstücken (Möbel, Vertäfelungen, Gemälde etc.) sind unnötige Feuchteschwankungen in jedem Fall zu vermeiden. Eine Fachplanung ist hier unverzichtbar. Lüftungsanlagen mit Zuluftfunktion sind mit Filtern auszurüsten. Damit soll eine Verschmutzung der Wärmeübertrager und des Kanalnetzes verhindert werden. Für Allergiker interessant ist darüber hinaus die Verminderung der Pollenbelastung der Raumlufft. Filter sind regelmäßig, mindestens einmal jährlich, zu wechseln.¹¹

Richtig Nutzen

Die Wasserdampfabgabe an die Raumlufft ist grundsätzlich zu begrenzen. In diesem Sinne ist das offene Trocknen von Wäsche in Wohnungen zu vermeiden. Bei der Verwendung von Ablufttrocknern ist die Abluft direkt ins Freie zu führen. Bei Verdunstungsmengen, die durch eine spezielle Gebäudenutzung verursacht sind (Aquarien, exzessive Grünpflanzen), ist eine erhöhte Grundlüftung unverzichtbar.

Bei der Einrichtung und Möblierung der Wohnung ist auf eine ausreichende Belüftung hinter Möbelstücken zu achten. Insbesondere bei Außenwänden ist diese Belüftung unverzichtbar, da nur so eine hinreichende Erwärmung der Wandoberfläche möglich ist. Traditionelle Möbelstücke mit Füßen oder Schränke mit Schlitzfenstern oder Lüftungsgittern in den Sockeln unterstützen die erforderliche Hinterlüftung.

Weitere Informationen sind zu finden in: Künzel, Helmut: Richtiges Heizen und Lüften in Wohnungen IRB Verlag Stuttgart 2009.

¹¹ vgl. VDI 6022/1, Abs. 5.4.8

3. Denkmalpflegerische Analyse und Bewertung der Maßnahmen

Gemäß § 8 Abs. 1 SächsDSchG sind Veränderungen an einem Kulturdenkmal nicht ausgeschlossen, sie müssen allerdings denkmalverträglich erfolgen (s. unter 1.6.1).

Die Denkmalverträglichkeit als unbestimmter Rechtsbegriff umfasst dabei nicht nur die Frage, ob die Maßnahme nach denkmalpflegerischen Grundsätzen erfolgt, insbesondere geeignet (u. a. formgerecht, werkgerecht, materialgerecht) und notwendig ist (Minimierung des Eingriffs). Denkmalverträglichkeit ist auch zu bejahen, wenn das Vorhaben den Denkmalwert zwar beeinträchtigt, aber bei Berücksichtigung aller Umstände noch hinnehmbar, d.h. angemessen ist. Dies folgt aus dem Grundsatz der Verhältnismäßigkeit, der bei jeder hoheitlichen Entscheidung zu beachten ist.

3.1 Anzuwendende Bewertungskriterien

Für die denkmalpflegerische Analyse und Bewertung der Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz sind zunächst deren Auswirkungen auf das Kulturdenkmal zu untersuchen. Hierfür wird im Wesentlichen nach drei Kategorien unterschieden (Sachebene):

3.1.1 Substanz (materieller Zeugniswert)

Das Kulturdenkmal ist als materielles Zeugnis Träger der Botschaften und Spuren der Geschichte. Als Werk, das objektiv die Geschichte bezeugt (und nicht, wie ein Abbild oder ein Nachbau, nur auf sie verweist), ist das historische Gebäude unmittelbar aussagefähig, vergleichbar mit Archivalien. Zum materiellen Zeugniswert eines Baudenkmals gehören seine besondere Struktur und Typologie, seine Konstruktionen und Ausgestaltungen, die verwendeten Materialien und deren Verarbeitung.

Aufgabe der Denkmalpflege ist es, diejenigen Objekte auszuwählen, die so aussagekräftig sind, dass sie eine Unterschutzstellung im öffentlichen Interesse rechtfertigen und diese Objekte so aussagefähig wie möglich zu erhalten. Dieser Anspruch ist bei Umbaumaßnahmen und selbst bei reinen Erhaltungszielen nie vollständig zu erreichen. Jede Nutzungsänderung, Instandsetzung oder auch nur reine Konservierungsmaßnahme verändert die zu schützende Substanz und damit deren Aussagewert - wenn auch in unterschiedlichem Ausmaß. Ziel der Denkmalpflege ist es, diesen Wandel so zu minimieren und zu moderieren, dass die Kulturdenkmale trotz notwendiger Eingriffe in ihrer Zeugnis- und Aussagefähigkeit fortbestehen können.

Die weitestgehende Aussagefähigkeit besitzt die unveränderte originale bzw. die aus der Geschichte überlieferte Substanz, auf die deshalb der wesentliche Teil der denkmalpflegerischen Bemühungen bezogen ist. Im Zusammenhang mit energieeinsparenden Maßnahmen wird es dabei vorrangig um Einwirkungen an der äußeren Gebäudekonstruktion bzw. der Gebäudehülle gehen.

3.1.2 Erscheinungsbild (Gestaltwert)

Hierzu gehören das Erscheinungsbild des Kulturdenkmals und die Lesbarkeit seiner formalen, ästhetisch wirksamen Aussage, die zugleich kulturhistorische Informationen vermittelt.

Jedes Denkmal hat eine ästhetisch, vor allem optisch erlebbare Qualität in einem bestimmten, vorzugsweise seinem identitätsprägenden Zustand. Es soll daher in der Regel in einem „historischen“ Zustand erlebbar sein, um dem Betrachter einen möglichst vorbildgerechten Eindruck von seiner Eigenart zu vermitteln. Der Zustand wechselt jedoch bei den meisten Denkmälern im Laufe der Zeit. Er ist Einflüssen unterworfen, die zum Beispiel in veränderten Nutzungen oder veränderten Wertschätzungen begründet sind.

Bei Eingriffen sind hier einerseits die gebäudespezifischen Wirkungen zu betrachten, andererseits die möglichen Auswirkungen auf die Umgebung, auf den Stadtraum und andere städtebauliche Charakteristika, soweit sie unter denkmalschutzrechtlichen Gesichtspunkten relevant sind.

Über das Erscheinungsbild müssen die Erkennbarkeit, die Erlebbarkeit und das Verständnis des Denkmals gewährleistet werden.

3.1.3 Reversibilität

Da es bei Kulturdenkmälern immer auch um die Frage des Weitergebens an spätere Generationen geht, ist als weiteres Kriterium auch die Reversibilität der Maßnahme zu betrachten.

Eingriffe zur Nutzungsanpassung oder zur Bestandssicherung sind möglichst reversibel vorzunehmen, d. h. sie sollen sich wieder rückbauen lassen, ohne dass das Denkmal nachhaltige Beeinträchtigungen zurückbehält. Bei der Abwägung unterschiedlicher Sanierungskonzeptionen ist derjenigen der Vorzug zu geben, die das Ziel mit reversiblen Methoden erreicht oder ihr wenigstens nahe kommt.



Abb. 15 Radebeul, Robert- Werner-Platz 6, vor der Sanierung



Abb. 16 Radebeul, Robert- Werner-Platz 6, nach der Sanierung: Weitestgehender Erhalt von Substanz und Erscheinungsbild der Fassade

3.2 Gesamtbetrachtung

Nach der Darstellung der möglichen Auswirkungen der Maßnahmen anhand der vorgenannten Bewertungskriterien, ist deren Denkmalverträglichkeit zu beurteilen (Wertebeane).

Die Bewertung der Einzelmaßnahmen erfolgt dabei entsprechend der Schutzwürdigkeit und Bedeutung des Bauwerks bzw. seiner Teile im Hinblick auf historischen Zeugniswert, auf künstlerische oder regionaltypische Merkmale und das Erscheinungsbild (strukturelle und visuelle Integrität) des Kulturdenkmals.

Soweit eine Maßnahme unter den vorgenannten Kriterien als denkmalbeeinträchtigt einzuordnen ist, kann im Rahmen der Vertretbarkeitsprüfung, d.h. in einer Gesamtbetrachtung aller Umstände dennoch nach dem Denkmalschutzgesetz diese noch hinnehmbar sein. Dies folgt aus dem Grundsatz der Verhältnismäßigkeit, der bei jedem Verwaltungshandeln zu beachten ist.

4. Ergebnisse der Pilotstudie zum Modellprojekt „Energetische Sanierung von Baudenkmalen“

Im Rahmen des Aktionsplanes „Klima und Energie“ des Freistaates Sachsen beauftragte das Sächsische Staatsministerium des Innern, Referat Denkmalpflege und Denkmalschutz den Lehrstuhl-inhaber für Bauphysik Prof. Dr.-Ing. John Grunewald und den Lehrstuhl für Denkmalpflege und Entwerfen Prof. Thomas Will, beide an der TU Dresden mit der Durchführung einer Pilotstudie. Untersucht wurden repräsentative Beispiele folgender in Sachsen häufig vorkommender Gebäudegruppen:

Typ A	Wohnstallhäuser auf dem Land (18./19. Jh.),
Typ B	Freistehende Mietshäuser (1850 -1900),
Typ C.1	Mehrgeschossige Reihenwohnhäuser in Blockrandbebauung (19. Jh. bis 1870),
Typ C.2	Mehrgeschossige Reihenwohnhäuser in Blockrandbebauung (1870 – 1920) und
Typ D	Siedlungsbauten (1920 bis 1950)

4.1 Aufgabenstellung und Methodik

Aufgabe dieser Pilotstudie war es, Maßnahmen zur Steigerung der baulichen Energieeffizienz daraufhin zu untersuchen, ob bzw. inwieweit sie für die Gruppe der denkmalgeschützten Wohnbauten in Frage kommen. Bekanntermaßen müssen viele der bislang verfügbaren energetischen Ertüchtigungsmaßnahmen für den historischen Baubestand als problematisch eingestuft werden, vor allem in ästhetischer, aber auch in baukonstruktiver Hinsicht. Die Studie hatte deshalb zwei Schwerpunkte:

- Einerseits die Beurteilung des energetischen Einsparpotenzials am Gebäude, dargestellt als prozentualer Beitrag zur Kostensenkung der Energiebezugskosten (Betriebskosten),
- andererseits die Beurteilung der Denkmalverträglichkeit dieser Maßnahmen, dargestellt anhand der Kriterien
 - Verlust an historischer Bausubstanz,
 - Beeinträchtigung des Erscheinungsbildes und
 - Reversibilität der Maßnahme

Die Ergebnisse wurden einander gegenübergestellt, um das Für und Wider anschaulich aufzuzeigen und die Formulierung von Leitlinien für den Abwägungsprozess im Einzelfall zu ermöglichen. Dieser Abwägungsprozess erfordert die Berücksichtigung weiterer Kriterien. Neben den schon genannten sind hier – im Sinne der Nachhaltigkeitsfelder des ökologischen, des ökonomischen und des sozialen/kulturellen Kapitals – Fragen der Gesamtenergiebilanz, des Ressourcenverbrauchs, der bautechnischen Verträglichkeit (Behaglichkeit, Werthaltigkeit, Schadensrisiko) und des Gebrauchswertes relevant. Diese Aspekte wurden in die Studie methodisch einbezogen, auch wenn sie nicht alle gleichermaßen zu beantworten sind. Insbesondere konnte die Untersuchung nur für den laufenden Energieverbrauch durchgeführt werden, nicht aber für die – energiepolitisch wichtigere – CO₂-Gesamtbilanz, die auch den Energieverbrauch für Baustoffe, Verkehr, Infrastruktur und Entsorgung umfasst. Solange diese externen Faktoren nicht einbezogen werden, greifen allgemeine Aussagen hinsichtlich der energetischen Bilanz des historischen Baubestandes zu kurz. Sie können wohnungswirtschaftlich berechtigt sein, für das politische Ziel der Ressourceneinsparung sind sie aber nur von begrenztem Wert.

Die Aufgabe gehört ihrer Natur nach in den Bereich großer kultureller und technischer Transformationsprozesse, für die es keine eindeutigen, finiten Lösungen gibt. So lassen sich die Ergebnisse der nach unterschiedlichen Kriterien erfolgten Beurteilungen nicht gegeneinander aufrechnen. Sie sind in einem kontinuierlichen Prozess von Wertsetzungen und Risikobilanzierungen aufeinander abzustimmen bzw. als öffentliche Belange gegeneinander abzuwägen und auszuhandeln. Die Studie beleuchtet deshalb nur einen fachspezifischen Ausschnitt. Sie sucht darüber hinaus jedoch den größeren Motivations- und Wirkungsrahmen aufzuzeigen und benennt weiteren Forschungsbedarf.

Der Beitrag, den Baudenkmale zur Reduzierung des Energieverbrauchs oder der CO₂-Emissionen leisten können, hängt von ihrer Anzahl ab. Innerhalb eines Gesamtbestands von ca. 19,5 Mio. baulichen Anlagen im Bundesgebiet sind etwa 3-5 % als Kulturdenkmale erfasst (Schätzungen 2002); in Sachsen liegt der Prozentsatz deutlich höher. Von den hier erfassten ca. 105.000 Kulturdenkmälern sind etwa 73 % Wohnbauten. Mit ca. 7-8 % Anteil am Gesamtbaubestand Sachsens und >10 % am Wohnungsbestand ist das eine zwar kleine, aber energiewirtschaftlich nicht zu vernachlässigende Gruppe.

Je nach Gebäudetyp und Alter weisen Wohnbauten unterschiedliche energetische Eigenschaften auf. Neben der Baukonstruktion ist hier vor allem Ausschlag gebend, ob es sich um eine offene Bauweise (freistehende Häuser), halboffene Bauweise (Hausgruppen, Zeilenbauten u. ä.) oder geschlossene Bauweise (Blockrandbebauung) handelt. Dies findet in der Studie durch die Bildung folgender Fallgruppen Berücksichtigung:

- A – Freistehende Wohnstallhäuser auf dem Land (18./19. Jh.)
- B – Freistehende Mietshäuser (1850-1900)
- C.1 – Mehrgeschossige Reihenwohnhäuser in Blockrandbebauung (vorindustriell, bis ca. 1870)
- C.2 – Mehrgeschossige Reihenwohnhäuser in Blockrandbebauung (1870-1920)
- D – Siedlungsbauten (1920-1950), halboffene Bauweise

Diese fünf für den Denkmalbestand Sachsens besonders relevanten Gruppen wurden jeweils anhand von zwei beispielhaften Gebäuden betrachtet, die in letzter Zeit energetisch saniert worden sind. Die dort durchgeführten Maßnahmen bestimmten die Auswahl bzw. Festlegung der Materialeigenschaften (u.a. Dämmstoffe und -stärken), welche in die weitere Untersuchung mittels rechnerischer Gebäudesimulation einfließen.

Das gewählte Vorgehen machte eine getrennte Betrachtung von Einzelmaßnahmen möglich und erforderlich, auch wenn diese in der Praxis stets im Verbund vorkommen.

Untersucht wurden die Wärmedämmung der Kellerdecke bzw. der Bodenplatte (1), die Dämmung der oberen Geschossdecke (2), die Zwischen- (3a) sowie die Aufsparrendämmung des Daches (3b). Als Dämmmaßnahmen an den Außenwänden wurde das Wärmedämmverbundsystem (WDVS) (4a, b), die Wärmedämmung hinter einer Holzverschalung (4c,d) und der Wärmedämmputz (4e,f) untersucht, wobei jeweils zwischen Straßenseite (4a,c) und Hofseite (4b,d) unterschieden wurde. Außerdem wurde die Innendämmung der Außenwände (4g) in die Untersuchung einbezogen. Als Maßnahmen zur Senkung der Lüftungswärmeverluste wurde das Aufarbeiten von Fenstern (5a), der Austausch von Fenstern/Türen an der straßenseitigen (5b) und hofseitigen Fassade (5c), bzw. zusätzliche Fensterebene einbauen (5d) sowie der Einbau einer mechanischen Lüftung mit WRG (Wärmerückgewinnung) (5e) beurteilt. Die Steigerung Anlageneffizienz (6), der Einsatz von thermischen Solaranlagen (7) und Photovoltaik (8), der Anschluss an Nah- bzw. Fernwärmenetze aus Groß-KWK (Kraft-Wärme-Kopplung > 2000 kWel) (9) wurden ebenso untersucht wie die Nutzung von Umweltwärme (z.B. Geothermie) (10).

Die Beurteilung jeder Maßnahme erfolgte durch Vergleich mit einer definierten Ausgangsvariante, bei der noch keine energetische Ertüchtigung erfolgt ist. Um zu vergleichbaren Werten über realistische Einsparmöglichkeiten zu gelangen, wurden im Rechenmodell einheitliche Randbedingungen (Klimadaten, Nutzerverhalten) anhand von vorliegenden Erfahrungswerten angenommen. Diese sind zurückhaltend angesetzt, das heißt, je nach Situation und Nutzerverhalten können in der Praxis auch deutlich höhere Verbrauchswerte auftreten. In solchen Fällen sind u.U. auch höhere Einsparungen erzielbar. Im Hinblick auf die Vergleichbarkeit der Fallbeispiele mussten zudem bei den Ausgangsvarianten bestehende Bauschäden außer Acht gelassen werden, obgleich der individuelle Erhaltungszustand eines Baudenkmal den Spielraum für Sanierungsmaßnahmen erheblich mitbestimmt.

Die Untersuchungsergebnisse sind für jede Fallgruppe in einer detaillierten Bewertungsmatrix zusammengefasst, um den Abwägungsprozess für den konkreten Fall zu erleichtern. Die Ergebnisse nach den Hauptkriterien Einsparpotenzial (Betriebskosten) und Denkmalverträglichkeit sind in den Diagrammen wie folgt zusammengeführt:

- Entsprechend ihrem energetischen Einsparpotenzial:
 - I niedrige Energieeffizienz
 - II mittlere Energieeffizienz
 - III hohe Energieeffizienz
- Entsprechend ihrer Denkmalverträglichkeit:
 - kaum verträglich
 - ~ bedingt verträglich
 - + gut verträglich

Demnach wurden etwa der Kategorie I+ jene Maßnahmen zugeordnet, die in der Regel für Baudenkmale verträglich sind, jedoch für sich genommen noch wenig Energieeinsparung bewirken. Beispiele hierfür sind die Dämmung der obersten Geschossdecke [Maßnahme 2], die Zwischensparrendämmung des Daches [3a], die Nutzung von Geothermie [10] oder von Groß-Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) [9], die zwar Primärenergie- und CO₂-Einsparungen, jedoch bislang keine signifikante Senkung der Betriebskosten bringt. Um nennenswerte Energieeinsparungen zu erzielen, sind Kombinationen aus diesen Maßnahmen sinnvoll.

In der Kategorie III~ finden sich energieeffiziente Maßnahmen, die bei der Bewertung der Denkmalverträglichkeit weniger gut abschneiden, beispielsweise wie die Dämmung der Außenwände [4]. In der besten Kategorie III+ landete die Steigerung der Anlageneffizienz [6], die als einzige Maßnahme in allen Fallgruppen in jeweils beiden Kategorien (Energieeinsparpotenzial, Denkmalverträglichkeit) positiv abschneidet.

4.2 Ergebnisse anhand der Fallgruppen

4.2.1 A – Wohnstallhäuser auf dem Land (18./19. Jh.)

Bauweise

Die zweigeschossigen Wohngebäude mit Dachgeschoss der Fallgruppe A sind oft Bestandteil zusammenhängender Baugruppen, z.B. Wohngebäude auf Wirtschaftshöfen. Sie verfügen deshalb häufig über seitliche Anbauten wie Stallgebäude oder Scheunen. Unter einem kleinen Teil des Erdgeschosses, dessen Außenwände meist aus Naturstein- oder Mischmauerwerk bestehen, sind häufig Kriechkeller anzutreffen. Die Wände im Obergeschoss bestehen in der Regel aus sichtbar belassenem oder verschaltem Fachwerk. Auf dem Einfirstdach sorgen Schleppegauern für die Belichtung des Dachraums, der oft erst nachträglich zu Wohnzwecken ausgebaut wurde.

Beurteilung

Der große Anteil von Fachwerk als Außenwandkonstruktion führt bei diesen Gebäuden unter den heutigen Komfort- und Heizgewohnheiten zu hohen Wärmeverlusten. Der durchschnittliche Jahresheizwärmebedarf wurde bei den zugrundegelegten Randbedingungen mit 155 kWh/m² Wohnfläche ermittelt.

Hier lässt sich durch Dämmung der Außenwände die größte Einsparung aller Fallgruppen erzielen (22-34 %). Die energetisch effektivste Maßnahme ist die Außenwanddämmung hinter einer Verschalung [4c,d] bzw. mit Wärmedämmverbundsystem (WDVS) [4a,b], das hier aber wegen seiner ungünstigen Bewertung bei der Denkmalverträglichkeit kaum in Frage kommt. Erstaunlich knapp dahinter liegen der Einsatz von Innendämmung [4g] oder Wärmedämmputz [4e,f] (Kat. III-).

Der Austausch von Fenstern und Türen [5b,c] wird, auch wenn er aus anderen Gründen oft unvermeidbar ist, in Bezug auf die Denkmalverträglichkeit als negativ eingestuft (Kategorie II-). Die Auf-Sparrendämmung des Daches [3b] und die Dämmung der Kellergeschoßdecke bzw. der Bodenplatte [1] schneiden bei sehr geringer Energieeffizienz nur wenig besser ab (Kat. I-).



Abb. 17 Nossen, Hauptstraße 33, vor der Sanierung



Abb.18 Nossen, Hauptstraße 33, nach der Sanierung

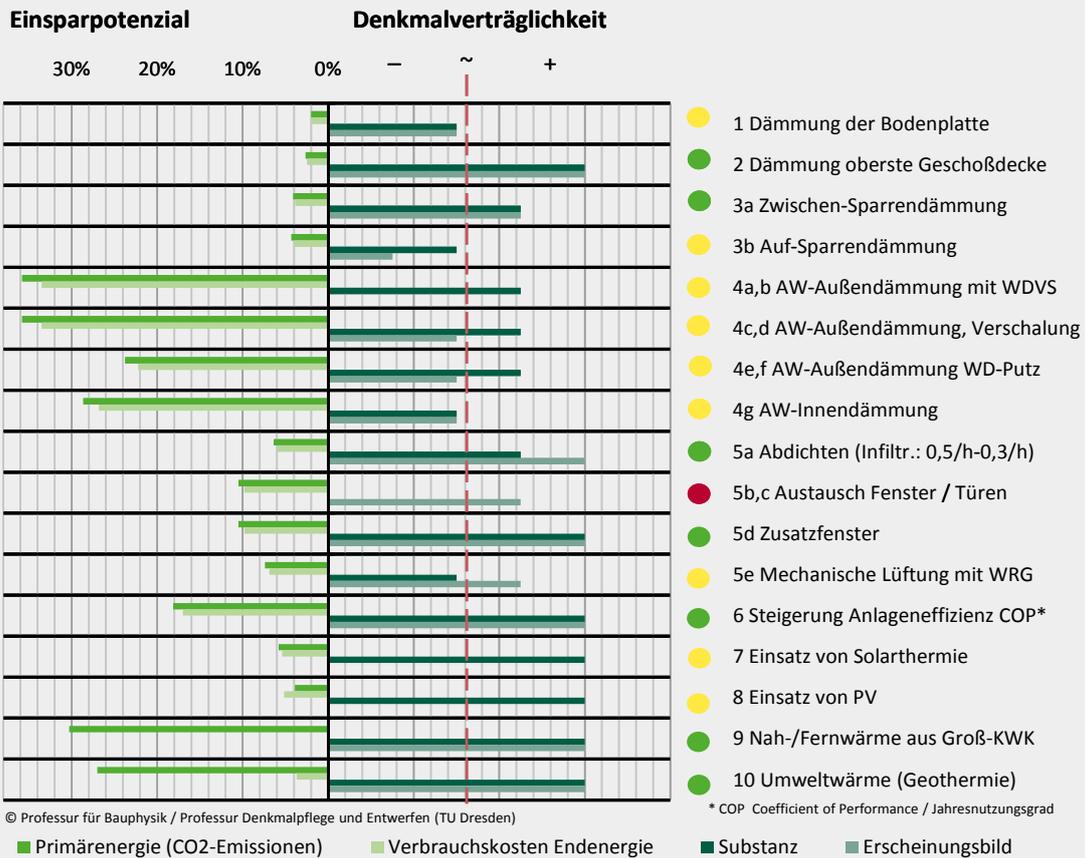


Abb. 19 A Wohnstallhäuser auf dem Land (18./19. Jh.) Einsparpotenzial und Denkmalverträglichkeit der Maßnahmen



Abb. 20 A Wohnstallhäuser auf dem Land (18./19. Jh.) Vergleichende Beurteilung der untersuchten Maßnahmen

Einsparpotenzial
Verbrauchskosten Endenergie:

- I niedrige Energieeffizienz
- II mittlere Energieeffizienz
- III hohe Energieeffizienz

Beurteilung der Denkmalverträglichkeit:

- kaum verträglich ●
- ~ bedingt verträglich ●
- + gut verträglich ●

Mittelwerte der Untersuchungsergebnisse von jeweils zwei Fallbeispielen der Fallgruppe.

Bauweise

Als Vertreter der Fallgruppe B wurden freistehende, zweigeschossige Mietwohngebäude untersucht, deren ausgebaute flache Satteldächer bzw. Mansarddächer durch Dachgaupen belichtet sind. Ihre Massivkonstruktion besteht aus Ziegelmauerwerk, im Kellergeschoss häufig auch aus Sandstein. Meist sind die Decken über dem Kellergeschoss als preußische Kappen ausgebildet, alle übrigen Geschosdecken als Holzbalkendecken. Die Gliederung der Schauffassaden erfolgt durch Werksteinrahmungen und Gesimse oder Verblendungen mit farbigen Klinkern.

Beurteilung

Die energetischen Ergebnisse für diese Fallgruppe liegen auf Grund der massiveren Bauweise im Vergleich zur vorhergehenden Fallgruppe niedriger. Der berechnete Jahresheizenergiebedarf liegt hier bei ca. 90 kWh/m². Das Einsparpotenzial der Außenwanddämmung ist wegen der massiveren Baukonstruktionen im Vergleich zu Fallgruppe A aber nur etwa halb so hoch. Aufgrund der Profilierungen ist auch die Denkmalverträglichkeit von Außendämmungen gering (Kat. III-). Solarthermie [7] und Photovoltaik [8] werden hier hingegen etwas positiver beurteilt (Kat. I+), weil die Beeinträchtigung des Erscheinungsbildes bei der Montage von Modulen auf nicht einsehbaren Dachflächen weniger ins Gewicht fällt als bei freistehenden Gebäuden außerhalb der Ballungszentren. Der energetische Gewinn ist gleichwohl gering.



Abb. 21 Dresden, Bautzner Str.183, frei stehendes Mietshaus vor der Sanierung



Abb. 22 Dresden, Bautzner Str. 183, nach der Sanierung

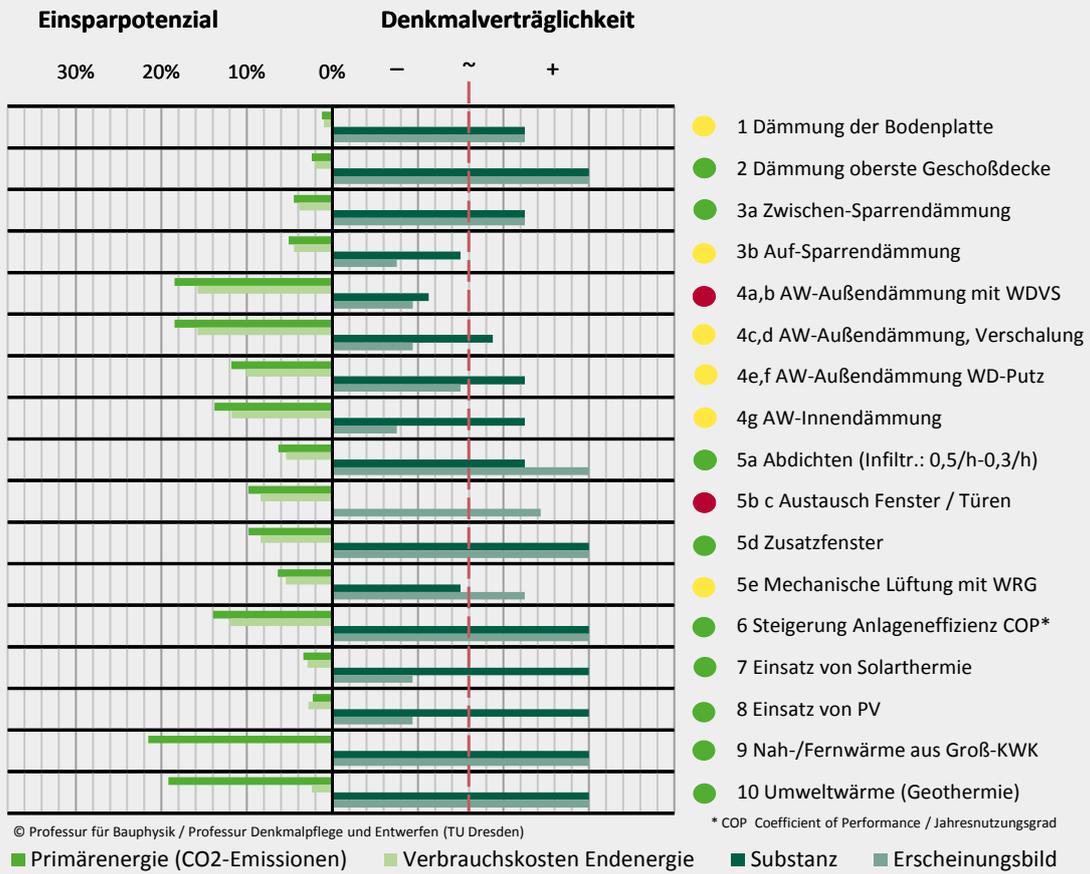


Abb. 23 B Freistehende Mietshäuser (1850-1900), Einsparpotenzial und Denkmalverträglichkeit der Maßnahmen

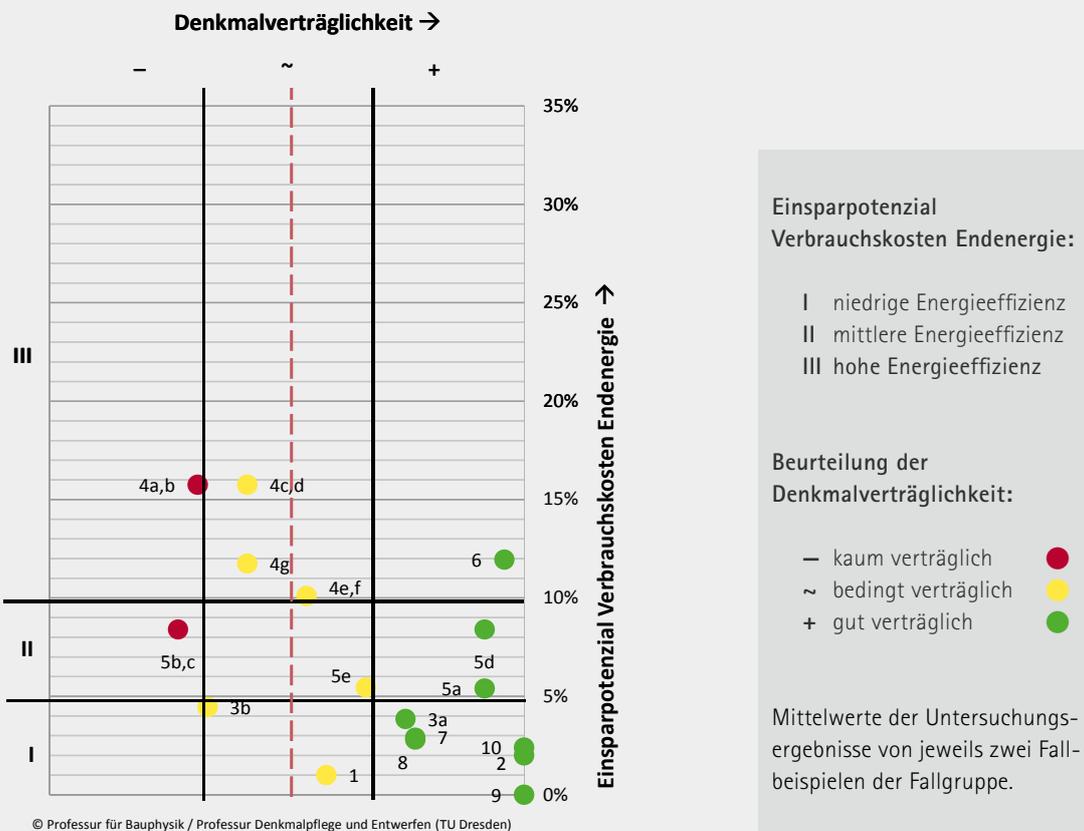


Abb. 24 B Freistehende Mietshäuser (1850-1900)
Vergleichende Beurteilung der untersuchten Maßnahmen

Bauweise

Untergruppe C.1 enthält meist zweigeschossige, städtische Wohngebäude aus vorindustrieller Zeit mit ausgebautem Dachgeschoss und Spitzboden. Zu dieser Gruppe zählen zahlreiche Gebäude in den Zentren sächsischer Mittel- und Kleinstädte, welche einst als Heim- und Arbeitsstätte von Handwerkern und Kaufleuten entstanden. Ihre Konstruktion besteht aus massivem Ziegel- oder Mischmauerwerk, nach außen weisen sie schlichte Putzfassaden auf. Im Innenraum finden sich oft Reste älterer, zum Teil kunsthistorisch bedeutsamer Ausstattungen.

Beurteilung

Da die Blockrandbebauungen einen geringeren Außenwandanteil als die vorangehenden, freistehenden Fallgruppen aufweisen, sind diese Bauten bereits im Ausgangszustand energieeffizienter. Das Ergebnis der Simulation ergibt einen durchschnittlichen Jahres-Heizenergiebedarf von ca. 80 kWh/m². Damit ist auch das Einsparpotenzial von Dämmmaßnahmen geringer. Bei dieser Fallgruppe wird die höchste Einsparung durch den Einbau einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (WRG) [5e] erzielt. Sie resultiert zum Teil aus der dafür notwendigen Abdichtung der Gebäudehülle, deren Realisierung bei historischen Gebäuden aber als konstruktiv problematisch anzusehen ist. Ähnlich hohe bzw. sogar leicht höhere Einsparungen liefern der Einbau von Zusatzfenstern [5d] und die Optimierung der Anlagentechnik [6], deren Denkmalverträglichkeit noch positiver beurteilt wird (Kat. III+).



Abb. 25/26 Dippoldiswalde, Große Wassergasse 8, vor und nach der Sanierung

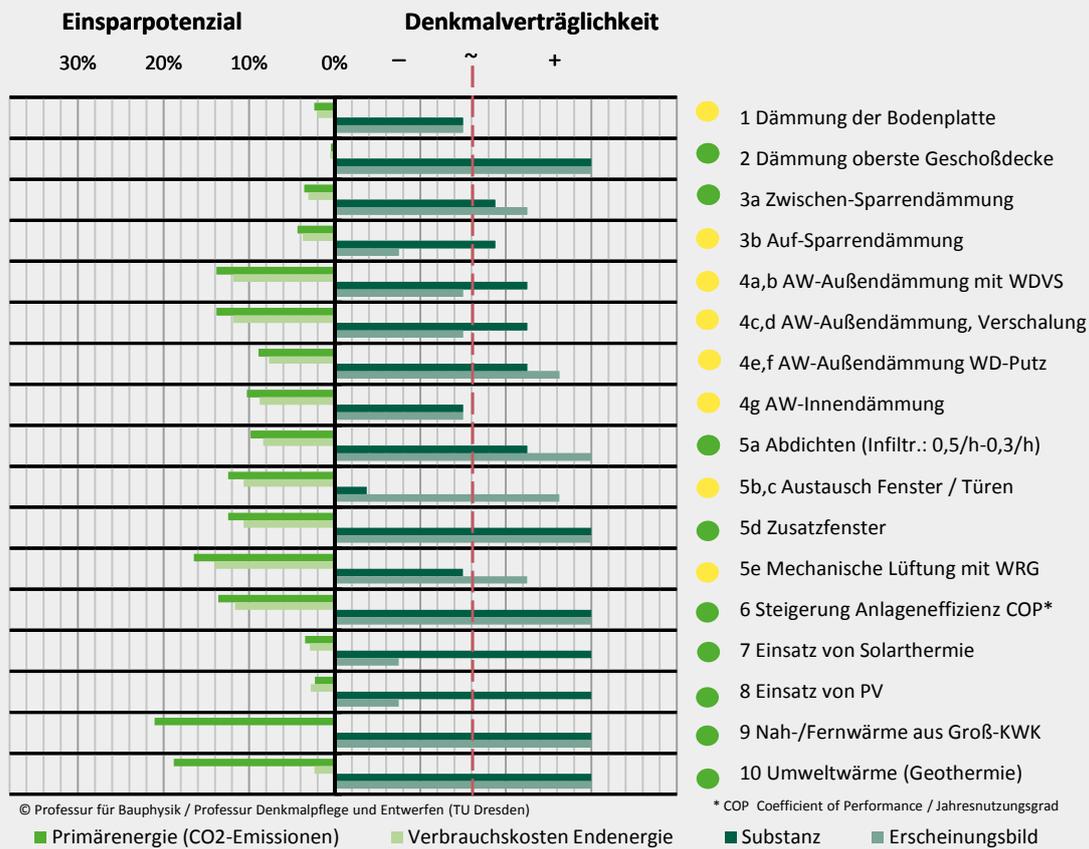


Abb. 27 C.1 Mehrgeschossige Reihenwohnhäuser in Blockrandbebauung (19. Jh. – 1870), Einsparpotenzial und Denkmalverträglichkeit

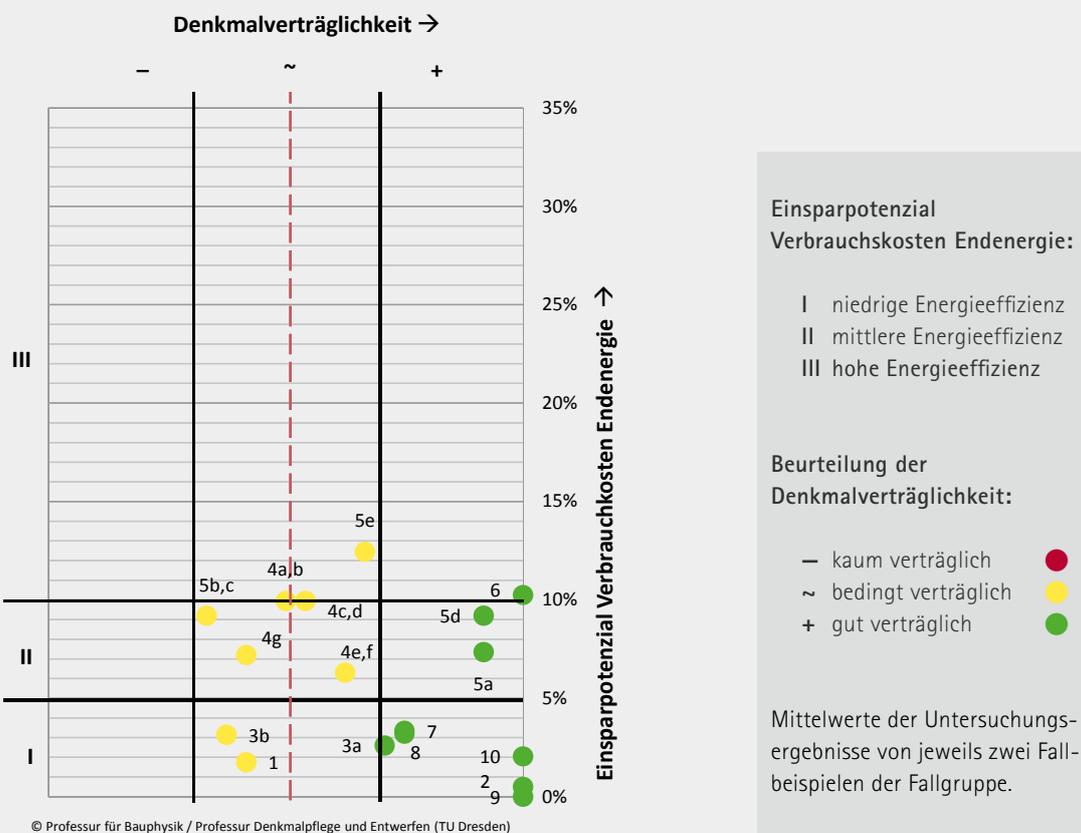


Abb. 28 C.1 Mehrgeschossige Reihenwohnhäuser in Blockrandbebauung (19. Jh. – 1870) Vergleichende Beurteilung der Maßnahmen

Bauweise

Untergruppe C.2 umfasst die typischen Blockrandbebauungen der Gründerzeit. Die materialintensiven Massivkonstruktionen der drei- oder mehrgeschossigen Gebäude bestehen hauptsächlich aus Ziegelmauerwerk, in den Kellergeschossen z. T. auch aus Natursteinmauerwerk. Bis auf die Kappendecke über dem Kellergeschoss sind die Geschossdecken als typisierte Holzbalkendecken ausgeführt. Als Dachkonstruktionen kommen oft Mansarddächer, aber auch einfache Satteldächer vor. Die repräsentativen Straßenfassaden weisen dekorative Gliederungen aus Sandstein auf und sind in den Obergeschossen oft mit Klinkern verblendet. An der Rückseite zum Hof finden sich dagegen oft nur einfache Putzfassaden mit Sandstein-Fenstergeränden.



Beurteilung

Da Blockrandbebauungen einen geringeren Außenwandanteil als die freistehenden Bauweisen aufweisen, sind diese Bauten bereits im Ausgangszustand energieeffizienter. Der Jahres-Heizenergiebedarf wurde unter den festgelegten Randbedingungen hier mit ca. 90 kWh/m² errechnet. Darüber hinaus zeichnen sich die Bauten der Fallgruppe C.2 gegenüber der Gruppe C.1 durch massivere Konstruktionen und größere Haustiefen aus. Damit ist auch das absolute Einsparpotenzial von Dämmmaßnahmen hier nochmals etwas geringer. Die Maßnahmen zur außen liegenden Außenwanddämmung sind zudem im Bereich der Straßenfassade nur bedingt denkmalverträglich; anders sieht es bei den oft schlichten Hoffassaden aus, Energetisch effizient und denkmalverträglich schneidet die Abdichtung der Gebäudehülle [5a] ab, höhere Einsparungen liefern der Einbau von Zusatzfenstern [5d] und die Optimierung der Anlagentechnik [6], deren Denkmalverträglichkeit noch positiver beurteilt wird (Kat. III+).



Abb. 29/30 Dresden, Talstraße 9, vor und nach der Sanierung, keine wesentlichen Änderungen im Erscheinungsbild

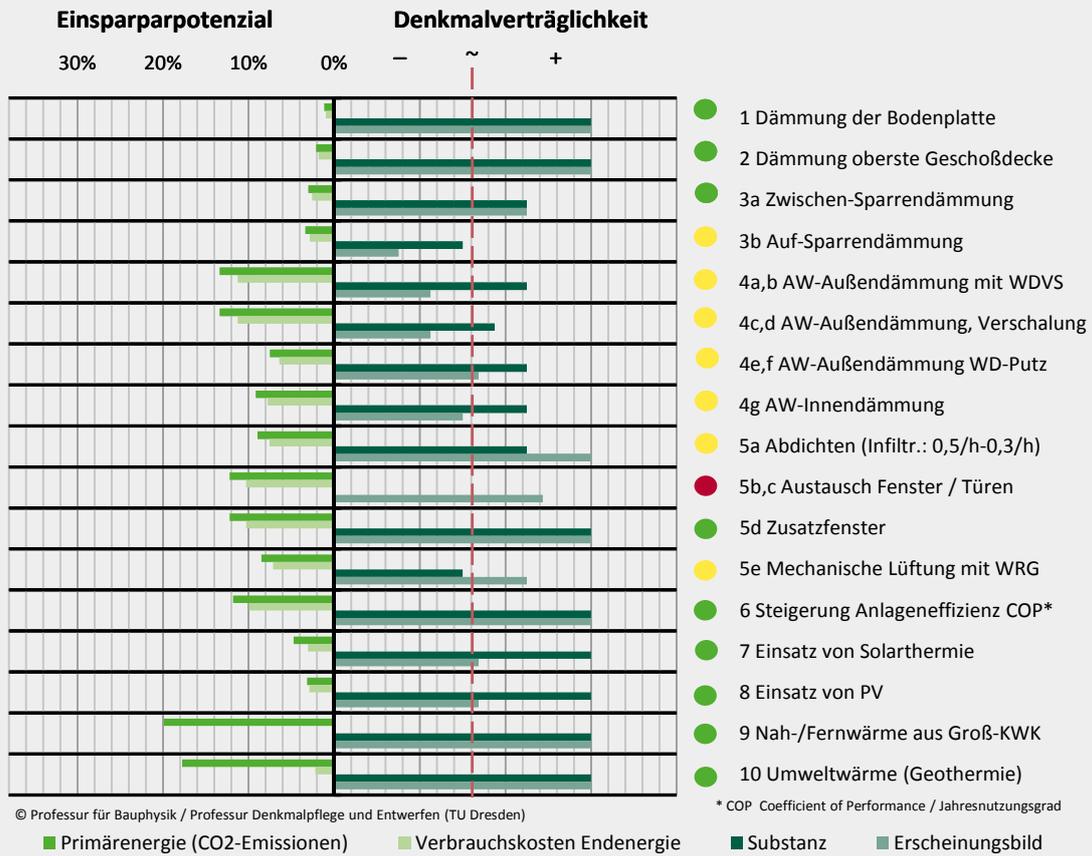


Abb. 31 C.2 Mehrgeschossige Reihenhäuser in Blockrandbebauung (1870-1920), Einsparpotenzial und Denkmalverträglichkeit

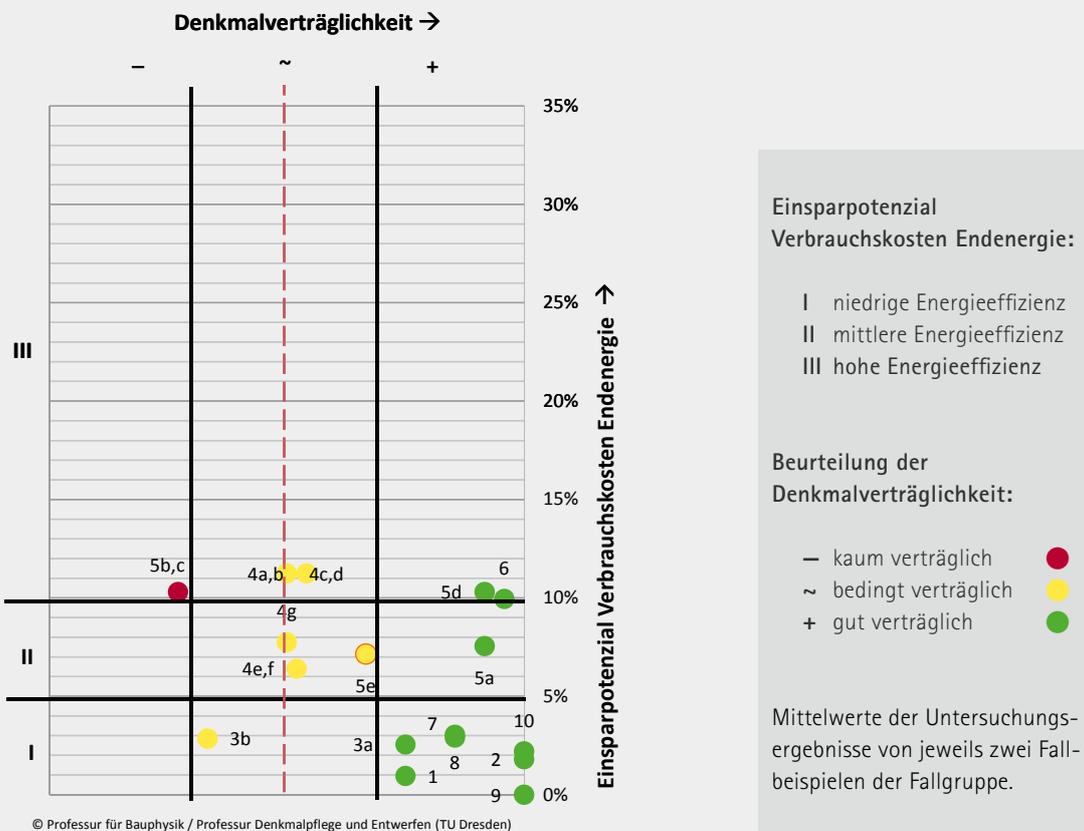


Abb. 32 C.2 Mehrgeschossige Reihenhäuser in Blockrandbebauung (1870-1920), Vergleichende Beurteilung der Maßnahmen

Bauweise

Vertreter der Fallgruppe D sind typische Mietwohngebäude der Reformarchitektur seit den 1920er Jahren, mit drei Vollgeschossen, ausgebautem Dachgeschoss und unbeheiztem Spitzboden. Kennzeichnend sind hier sparsamere Massivkonstruktionen, hauptsächlich aus Ziegelmauerwerk; als Gestaltungselement der Fassaden wurde auch Werkstein verwendet. Daneben sind ornamentale Gestaltungen des Außenputzes ein häufiges Stilelement. Die Geschossdecken wurden als typisierte Holzbalkendecken ausgeführt, die Decke über dem Kellergeschoss häufig als Stahlbeton-Hohldiehlenkonstruktion.

Beurteilung

Die sparsamen Konstruktionen dieser Bauepoche führen im Vergleich zu den älteren Gebäuden der Fallgruppe C zu höheren Energieverlusten. Der Jahres-Heizenergiebedarf wurde unter den festgelegten Randbedingungen hier mit ca. 110 kWh/m² errechnet.

Die Transmissionswärmeverluste durch die Außenwände im Ausgangszustand führen zu leicht höheren Einsparpotenzialen durch Dämmmaßnahmen an den Außenwänden [4]. Sie sind gemeinsam mit der WRG [5e] in Kat. III~ einzuordnen. Maßnahmen zur Senkung der Lüftungswärmeverluste [5a-d] weisen ein durchschnittliches Energieeinsparpotenzial bei unterschiedlicher Denkmalverträglichkeit auf. Die restlichen Maßnahmen [1-3a und 7-10] können in ihrer Verträglichkeit durchwegs positiv beurteilt werden, ihre Energieeffizienz liegt aber jeweils unter 4 % (Kat. I+), so dass es hier auf eine sinnvolle Kombination ankommt. Die Auf-Sparrendämmung des Daches [3b] wird bei mittlerem Einsparpotenzial als wenig denkmalverträglich eingestuft. (Kat. II-).



Abb. 33 Radebeul, Pestalozzistraße 13, vor der Sanierung



Abb. 34 Radebeul, Pestalozzistraße 13, nach der Sanierung

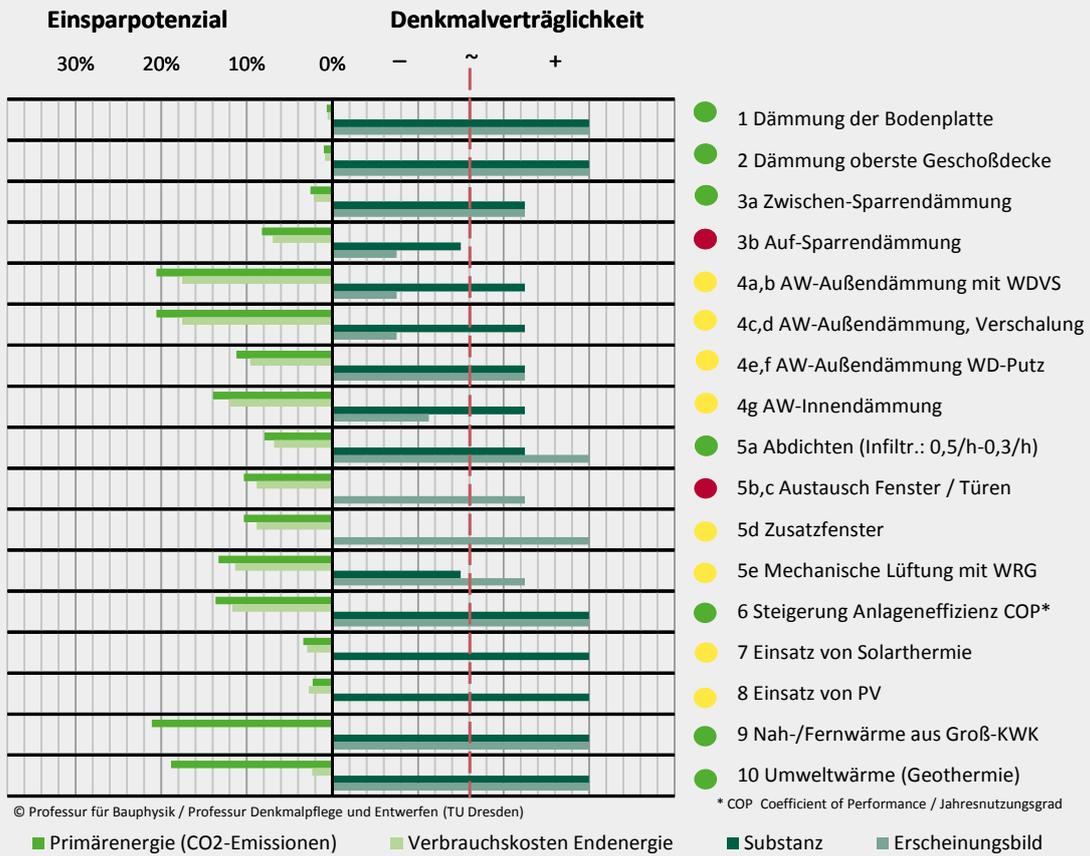


Abb. 35 D Siedlungsbauten (1920-1950), Einsparpotenzial und Denkmalverträglichkeit der Maßnahmen

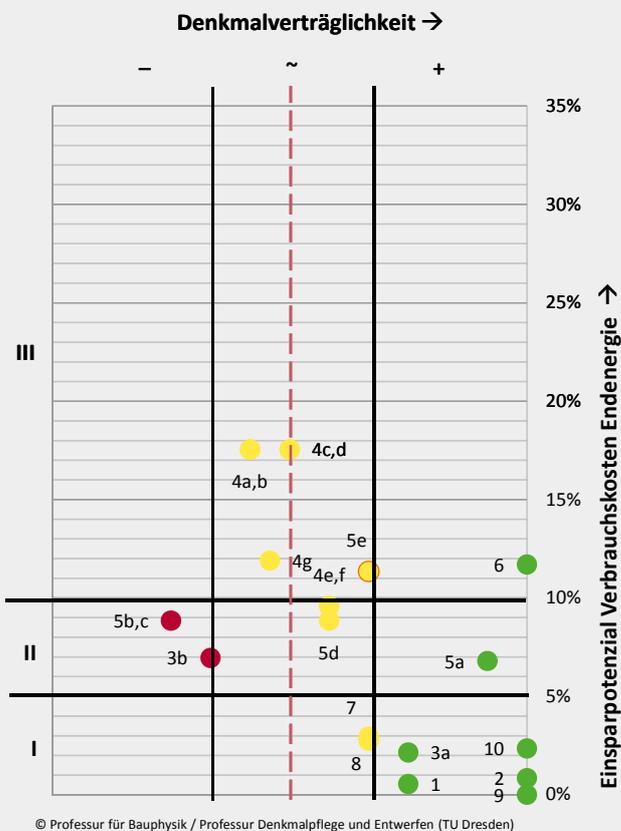


Abb. 36 D Siedlungsbauten (1920-1950) Vergleichende Beurteilung der untersuchten Maßnahmen

Einsparpotenzial
Verbrauchskosten Endenergie:

- I niedrige Energieeffizienz
- II mittlere Energieeffizienz
- III hohe Energieeffizienz

Beurteilung der Denkmalverträglichkeit:

- kaum verträglich ●
- ~ bedingt verträglich ●
- + gut verträglich ●

Mittelwerte der Untersuchungsergebnisse von jeweils zwei Fallbeispielen der Fallgruppe.

4.3 Zusammenfassende Schlussfolgerungen

Hohes Einsparpotential nach Möglichkeit ausschöpfen!

Der Energiebedarf denkmalgeschützter Wohnbauten in den untersuchten Fallgruppen ist unterschiedlich. Er lässt sich auch unter Berücksichtigung denkmalpflegerischer Ansprüche durch eine Kombination geeigneter Maßnahmen um 20 bis 50 % senken.

Die Anforderungen der geltenden EnEV 2009 werden dabei allerdings selten erreicht. Die dort enthaltene Ausnahmeregelung für Baudenkmale ist deshalb richtig. Sie sollte aber nicht dazu führen, solche Maßnahmen pauschal außer Betracht zu lassen. Vielmehr sind alle Möglichkeiten der Energieeinsparung zu prüfen, um sie nach sorgfältiger Abwägung mit den Erfordernissen des Denkmalschutzes angemessen auszuschöpfen.

Denkmalförderung und Energiesparprogramme sollten sich ergänzen, nicht konkurrieren.

Wenn für die untersuchten Denkmalgruppen eine behutsame energetische Modernisierung möglich ist, sollten sich damit auch neue Förderwege eröffnen. Die Möglichkeiten der Kombination von Denkmalförderung und Energiesparförderung sind hier sinnvoll auszubauen. Damit könnte für besonders gefährdete Denkmalgruppen und Quartiere ein positiver Anreiz erzielt werden, der den Leerstand verringern hilft.

Denkmalspezifische Vor- und Nachteile abwägen.

Auch aus anderen Gründen ist es ratsam, Baudenkmale bei der energetischen Sanierung der Wohnbauten nicht von vornherein auszuschließen. Da gerade Wohnbauten in aller Regel nur erhalten werden können, wenn sie genutzt werden, spielen die aufzubringenden Betriebskosten eine kritische Rolle; sie nimmt mit steigenden Energiekosten noch laufend zu; denn Häuser mit ungünstigen Energiekennwerten geraten gegenüber solchen mit verbesserter Energieeffizienz in eine nachteilige Lage auf dem Wohnungsmarkt. Besonders gilt das in Gebieten mit hoher Leerstandsquote. Wenn hierin ein wachsendes Manko für authentisch erhaltene, denkmalgeschützte Wohnhäuser erkennbar wird, darf allerdings nicht übersehen werden, dass dieselben Bauten damit auch Qualitäten besitzen, die sie auf dem Wohnungs- bzw. Immobilienmarkt positiv auszeichnen. Ästhetischer Reichtum des Wohnquartiers, harmonische städtebauliche Einbindung und ein hohes Identifikations- und Repräsentationspotenzial sind Faktoren, die den Menschen nachweislich etwas Wert sind. Mit zunehmend normiert „verpackten“ Gebäuden wird sich die Attraktivität historischer Baudenkmale, sofern diese verträglich behandelt werden, verstärkt auf dem Markt widerspiegeln.

Nicht alles, was technisch am Kulturdenkmal möglich ist, ist dort auch sinnvoll.

Sanierungstechnisch ist bei Baudenkmalen im Prinzip das Gleiche möglich wie beim normalen Baubestand. Denkmale sind jedoch meist besonders empfindlich hinsichtlich ihres Erscheinungsbildes. Um sie wertschätzen zu können, bedarf es ihrer Wirkungsmöglichkeit, die in der Regel über die ästhetische Wahrnehmung funktioniert. Bei Eingriffen in die Substanz und Veränderungen des Erscheinungsbildes von Denkmalen sollte man deshalb besonders rücksichtsvoll vorgehen – im Interesse ihrer langfristigen Werthaltigkeit. Gleichwohl ist für die Abwägung mit anderen öffentlichen Belangen nicht festgelegt, dass Baudenkmale grundsätzlich nicht in ihrem Erscheinungsbild verändert werden dürften.

Der Wert des Kulturdenkmals bestimmt den Spielraum.

Größere Freiheiten bei der Umsetzung von Konzepten zur Energieeinsparung bestehen dann, wenn das Gebäude bereits stark vorgeschädigt und nur noch wenig aussagefähige Bausubstanz erhalten ist. Hingegen sind bei gut erhaltenen Gebäuden mit reichhaltigen Details und Ausstattungen die Eingriffsmöglichkeiten genau deshalb beschränkt, weil man diese historischen und ästhetischen Werte nicht aufs Spiel setzen sollte.



Abb. 37 Fassade, Dämmputz mit nachgebildetem Simsband aus aufgeklebten Klinkerplatten (schwieriger Kompromiss)



Abb. 38 Fassade, WDVS mit nachgebildetem Simsband aus aufgeklebten Klinkerplatten (schwieriger Kompromiss)

Die beste Lösung im Einzelfall liegt im Kompromiss und in der geschickten Kombination – sie erfordert Sachverstand und Augenmaß bei allen Beteiligten.

Um den Fortbestand der Wohnbauten mit Denkmalwert für die nächsten Generationen zu sichern und damit auch die Wohnstandorte in Sachsen auf attraktivem Niveau zu halten, sind Kompromisse zwischen höchstmöglicher Energieeffizienz und Bewahrung der überlieferten Denkmalwerte nötig. Aufgrund der individuellen Vielfalt der Gebäude kann es keine allgemeingültigen Konzepte zur energetischen Optimierung denkmalgeschützter Wohnbauten geben. Die optimale Lösung ist fallweise zu bestimmen. Sie besteht aus einer Kombination verschiedener Einzelmaßnahmen an unterschiedlichen Bauteilen der Gebäudehülle und/oder der Anlagentechnik. Die zur Auswahl stehenden Maßnahmen bedingen sich häufig wechselseitig, so dass die Umsetzung jedes Einzelschrittes (z.B. Fensteraustausch) meist auch technische bzw. konstruktive Anpassungen an weiteren Teilen des baulichen Gesamtsystems erfordert.

Besser mehrere kleine und verträgliche Schritte als große Eingriffe!

Die tabellarische Übersicht aller Ergebnisse soll es ermöglichen, für jeden Einzelfall jene Maßnahmen vorab auszuwählen, die sich für eine optimierte Kombination eignen. Maßnahmen, die bei der Denkmalverträglichkeit mit Minus bewertet wurden, sollte man im Regelfall meiden, auch wenn sie energetische Einsparungen versprechen. Solche, die nur bedingt denkmalverträglich sind (Kat. ~), wird man sinnvoller Weise nur in Erwägung ziehen, wenn sie in punkto Energieeffizienz wirklich viel bringen (Kat. III~). Für Maßnahmen, die energetisch weniger ergiebig, aber gut denkmalverträglich sind (Kat. I+, II+), sollte man hingegen prüfen, ob sie nicht in der Kombination eine akzeptable Einsparung ermöglichen.

Außenwanddämmung – hohe Einspareffekte, doch oft mit Risiken und Verlusten verbunden.

Das höchste Einsparpotenzial unter den untersuchten Maßnahmen weist die Wärmedämmung der Außenwände auf (8-36 %), unabhängig davon, ob die Dämmung außen hinter einer Verschalung, als Verbundsystem, als Wärmedämmputz oder über ein Innendämmsystem erfolgt. In jedem Fall sind dabei unterschiedliche, teils schwierige baukonstruktive und bauphysikalische Fragen zu lösen. Je nach Dämmstoff und Materialstärke kann die Einsparung auch noch höher ausfallen. Außenwanddämmungen wirken sich jedoch mit zunehmender Abmessung negativ auf das architektonische Erscheinungsbild aus. Nimmt man diese Abstriche in Kauf, beispielsweise bei freistehenden Wohnbauten ohne signifikante Architekturgliederungen, so erscheinen auch sogenannte „Faktor vier“- Sanierungen mit Einsparungen von 75 % realistisch.

Verbesserte Anlagentechnik – effektiv und denkmalschonend.

Ein sehr hohes Einsparpotenzial von 12-18 % birgt auch die Verbesserung der Effizienz der Anlagentechnik [6], deren Denkmalverträglichkeit sehr positiv bewertet wurde. Dies trifft auch auf die Nutzung von Abwärme durch Fern- oder Nahwärmenetze (Gross- KWK) [9] und Geothermie mit Wärmepumpe [10] zu. Hier steht einer hohen Einsparung von Primärenergie (18-22 %) allerdings bislang nur selten eine entsprechende Senkung der Betriebskosten gegenüber.

Solare Energiegewinne, eine sinnvolle Kompensation – meist besser an anderen Standorten.

Der Verzicht auf unverträgliche Sanierungsmaßnahmen kann für Denkmale erhöhten Energieverbrauch bedeuten. Dies kann vorzugsweise durch den Einsatz von Sonnenenergie (ggf. auch anderer emissionsfreier Energieformen) kompensiert werden. Auf Baudenkmalen installierte solarthermische oder photovoltaische Anlagen weisen jedoch, abhängig von der verfügbaren Aufstellfläche, ein geringes energetisches Potenzial auf. Sie werden zudem in Bezug auf ihr Erscheinungsbild oft negativ beurteilt. Da die photovoltaische Energieerzeugung nicht an den Standort des Verbrauchs gebunden ist, sind Baudenkmale hierfür grundsätzlich wenig geeignet. Denn die zur Kompensation erwünschten Energiegewinne lassen sich ökonomischer und ortsbildverträglicher über großflächige Sammelanlagen an anderen Standorten realisieren. Dies sollte bei kommunalen Energiekonzepten Berücksichtigung finden.



Abb. 39 Moderne, an der Wand hängende Gasbrennwerttherme

Den Blick öffnen – vom Einzeldenkmal und seinen Betriebskosten zur volkswirtschaftlichen und energiepolitischen Perspektive.

Um bei der energetischen Sanierung einerseits die Beeinträchtigung der Baudenkmale, andererseits ökologische und ökonomische Fehlentscheidungen systematisch minimieren zu können, muss über die hier (vorrangig) untersuchten Faktoren der Energieeinsparung und der Denkmalverträglichkeit hinaus die Gesamtenergiebilanz ermittelt und herangezogen werden. Nur wenn auch die externen, vor allem die städtebaulichen Faktoren einbezogen werden, können wirklich nachhaltige, umweltschonende, volkswirtschaftlich sinnvolle und risikoarme Lösungen identifiziert und zur Anwendung empfohlen werden.

Werthaltigkeit – Zukunftsoptionen durch Reversibilität offen halten!

Das Thema der energetischen Gebäudesanierung ist noch relativ jung, deshalb liegen kaum Langzeiterfahrungen mit hocheffizienten Konstruktionen und Materialien vor. Die bislang zur Verfügung stehenden energetischen Sanierungsmethoden sind also weiter zu entwickeln. Der Neubausektor liefert hier nicht ausreichend schonende und erprobte Verfahren, um allen Anforderungen der Kulturdenkmale gerecht zu werden. Forschungsbedarf besteht deshalb auch hinsichtlich der im historischen Baubestand selbst überlieferten Methoden und Materialien, für die, anders als für neuere Lösungen, solche Langzeiterfahrungen vorliegen. Da für eine Vielzahl der in der Praxis heute angewendeten Verfahren noch große Unsicherheiten bestehen, sollte man an den Baudenkmalen eher auf reversible, teils auch vorübergehende Lösungen setzen. Man wird sie dann ohne bleibende Schäden durch zukünftig deutlich verbesserte, werthaltigere Methoden und Materialien ersetzen können.

5. Bewertungsmatrix für denkmalgeschützte Gebäude bzw. Gebäudeteile

5.1 Bewertungsmatrix

Die nachfolgende Bewertungsmatrix berücksichtigt die Ergebnisse der Pilotstudie sowie Erkenntnisse der Expertenrunde des Modellprojekts „Energetische Sanierung von Baudenkmalen“. Mit Hilfe der Bewertungspraxis soll die Genehmigungsfähigkeit der betreffenden Ertüchtigungs- bzw. Nachrüstungsmaßnahmen bei den dargestellten Gebäudegruppen bzw. Denkmalarten in Verbindung mit bestimmten Außenwandausbildungen im Vorfeld leichter abschätzbar werden. Sie bezeichnet die statistische Wahrscheinlichkeit, dass mit einer denkmalschutzrechtlichen Genehmigung zu rechnen ist.

Grundsätzlich stellt jedes Kulturdenkmal einen Einzelfall dar, der einer Einzelfallprüfung unterzogen wird, die wiederum immer zu einem individuellen Ergebnis kommt. Da trotz vorhandener Spezifik regelmäßig wiederkehrende Gemeinsamkeiten zwischen Kulturdenkmalen ein- und desselben Typs bestehen, die zu Vergleichbarkeiten führen, versucht die Matrix zu erwartende Entscheidungen einzugrenzen, um subjektive Anteile an der Beurteilung zu reduzieren und damit Entscheidungsprozesse transparenter zu machen.

5.2 Erläuterungen zur Anwendung der Bewertungsmatrix

Die Farbmarkierungen bedeuten:

Rot	-	in der Regel nicht genehmigungsfähig
Orange	-	Genehmigungsfähigkeit variierend, hängt von den konkreten Rahmenbedingungen ab
Grün	-	in der Regel genehmigungsfähig
Weiß	-	keine praktische Relevanz

In diesem Sinne bedeuten die Farben Prognosen unter durchschnittlichen Rahmenbedingungen und erlauben demzufolge keine einfachen logischen Schlussfolgerungen auf die zu erwartende Entscheidung.

Insofern besteht beispielsweise bei grüner Markierung kein einfordersames Anrecht auf eine denkmalschutzrechtliche Genehmigung. Vergleichbar mit der Sicherheit der in der Meteorologie üblichen Niederschlagswahrscheinlichkeit ist die Aussage aber statistisch von Bedeutung. Sie

Abb. 40 Bewertungsmatrix für denkmalgeschützte Gebäude und Gebäudeteile

Gebäudetypologie	Energieseffizienzmaßnahmen										Erneuerbare Energien / Wärmerückgewinnung						
	Dach		Fassade				Haustechnik				Solartermianlagen/ Photovoltaikanlagen		Wärmetauscher		Geothermie	Kleinwindkraftanlagen	
	Zwischen- und Untersparrendämmung	Aufsparrendämmung	WDVS	Dämmputz	Innen-dämmung	wärmedämmende Fenster und Türen	innovative Heiztechnik	Ablufttechnik	Zu- und Ablufttechnik	Dach	Fassade	Außen	Lüftung	Geothermie	Dach	Außen	
(A) Wohnstahlhäuser auf dem Land (18./19. Jh.)																	
Massivwand mit schlichter Putzfassade mit Werksteingewänden																	
Massivwand mit gegliederter Putzfassade (Simse, Lisenen, Bossierungen, Nütungen, Stuck, Bemalungen)																	
Massivwand mit Klinkerfassade																	
Sichtfachwerkwand																	
Fachwerkwand mit Verschalung																	
(B) Freistehende Mietshäuser (1850–1900)																	
Massivwand mit schlichter Putzfassade mit Werksteingewänden																	
Massivwand mit gegliederter Putzfassade (Simse, Lisenen, Bossierungen, Nütungen, Stuck, Bemalungen)																	
Massivwand mit Klinkerfassade																	
Werksteinfassade																	
Sichtfachwerkwand																	
(C) Mehrgeschossige Reihenwohnhäuser in Blockrandbebauung (19. Jh. – 1920)																	
Massivwand mit schlichter Putzfassade ohne Besonderheiten																	
Massivwand mit schlichter Putzfassade mit Werksteingewänden																	
Massivwand mit gegliederter Putzfassade (Simse, Lisenen, Bossierungen, Nütungen, Stuck, Bemalungen)																	
Massivwand mit Klinkerfassade																	
Werksteinfassade																	
(D) Siedlungsbauten (1920–1950)																	
Massivwand mit schlichter Putzfassade ohne Besonderheiten																	
Massivwand mit gegliederter Putzfassade (Simse, Lisenen, Bossierungen, Nütungen, gestaltete Oberflächen)																	
Massivwand mit Klinkerfassade																	
Werksteinfassade																	



keine Genehmigungsrelevanz



genehmigungsfähig



nicht genehmigungsfähig

Genehmigungswahrscheinlichkeit:

enthält eine mittelbare Aussage darüber, wie die übergroße Mehrheit der Entscheidungen bei den betreffenden Ertüchtigungs- bzw. Nachrüstungsmaßnahmen in Verbindung mit den dargestellten Außenwandausbildungen ausfallen wird.

Weicht der betreffende Entscheidungsträger davon ab, schuldet er dem Antragsteller eine Begründung, die diejenigen außergewöhnlichen Argumente enthalten muss, die für die Abweichung maßgeblich sind.

Eine derartige Matrix ist demzufolge nur sinnvoll bei häufig vorkommenden Denkmalarten und auch hier nur bei den typischen Außenwandausbildungen, weil nur eine große Fallzahl eine solche Eingrenzung ermöglicht. Die unter den ca. 105.000 erfassten Kulturdenkmälern am häufigsten vorkommenden Gruppen sind die Wohngebäude der oben dargestellten Typen und Altersklassen. Beispielhaft erläutert heißt das, dass ein Wärmedämmputz auf einer massiven Außenwand mit schlichter Putzfassade und mit Werksteingewänden eines freistehenden Wohnstallhauses auf dem Land aus dem 18./19. Jh. in der Regel genehmigungsfähig ist. Auch wenn dafür an den Übergängen zu den Gewänden nicht selten Verzierungen oder Phasen erforderlich werden. Das schließt jedoch nicht aus, dass es auch das eine oder andere besonders wertvolle Gebäude in dieser Gruppe geben kann, bei dem aufgrund einer bestimmten vorhandenen Spezifik die Genehmigung dafür zu verwehren ist. Umgekehrt ist bei einem Wärmedämmverbundsystem auf derselben Wand, wenn diese Lisenen, Simse oder Quaderungen aus Putz oder Stuck zeigt, mit einer Ablehnung zu rechnen. Das schließt wiederum nicht aus, dass im einen oder anderen Fall bei einfacherer Ausbildung und leichter Möglichkeit der Wiederherstellung derselben auf der neuen Oberfläche auch dafür eine Genehmigung erteilt werden kann.

Eine gesonderte Kommentierung erfordern die Rotmarkierungen für die Auf-Sparrendämmung bei vier verschiedenen Außenwandausbildungen bei freistehenden villenartigen Wohnbauten aus dem 19. und 20. Jh. Diese wurden gewählt, um auf die z.T. erheblichen gestalterischen Konsequenzen dieser Maßnahme an den Dachrändern (Traufen und insbesondere Ortgängen) zu verweisen, die bei den meisten einfacheren Wohnbauten und unter der Bedingung einer qualitativollen Planung und Ausführung in der Regel noch beherrschbar und damit genehmigungsfähig sind, bei wertvolleren Villen mit architektonischem, d. h. künstlerischem Wert jedoch die vorhandene hohe Gestaltqualität häufig beeinträchtigen oder gar zerstören. Das schließt natürlich die Genehmigungsfähigkeit im Einzelfall wiederum nicht aus.

6. Wirtschaftlichkeit energetischer Maßnahmen

Angesichts erheblicher Kosten bei der Sanierung von Baudenkmalen ist die Wirtschaftlichkeit von energetischen Maßnahmen ein wichtiger Aspekt, den es nicht zu vernachlässigen gilt.

So ist in § 5 EnEG das Gebot der Wirtschaftlichkeit gesetzlich verankert. Danach ist die Wahrung der wirtschaftlichen Vertretbarkeit und Zumutbarkeit von energetischen Anforderungen auch zwingende – weil verfassungsrechtlich gefordert – Voraussetzung für die aus der EnEV 2009 resultierenden Investitionspflichten. Demzufolge kann vom Eigentümer die Durchführung unwirtschaftlicher und daher unzumutbarer energetischer Maßnahmen nicht verlangt werden, da sie ansonsten zu einer Vermögensvernichtung führen würden.

Das Wirtschaftlichkeitsgebot hat ebenfalls Eingang in das Sächsische Denkmalschutzgesetz gefunden. Gemäß § 8 Abs. 1 SächsDSchG besteht für den Eigentümer oder Besitzer eines Kulturdenkmals eine Erhaltungspflicht. Entsprechend dieser gesetzlichen Formulierung ist der Eigentümer oder Besitzer eines Kulturdenkmals verpflichtet, dieses „... im Rahmen des Zumutbaren denkmalgerecht zu erhalten und vor Gefährdung zu schützen.“ Die Erhaltungspflicht wird somit durch die wirtschaftliche Zumutbarkeit begrenzt. Wenn die Grenze der Zumutbarkeit überschritten wird (siehe auch zum Begriff der wirtschaftlichen Unzumutbarkeit unter 6.1), so besteht für den Eigentümer oder Besitzer eines Kulturdenkmals keine Erhaltungspflicht, d.h. Maßnahmen zur Erhaltung können von Seiten der Behörde nicht gefordert werden. Je nach Sachlage, d.h. wenn die Grenze der Zumutbarkeit überschritten ist, hat der Eigentümer eines Kulturdenkmals sogar einen Anspruch auf Erteilung einer denkmalschutzrechtlichen Abrissgenehmigung (siehe dazu auch die Ausführungen unter 1.4.1.2).

6.1 Begriff der wirtschaftlichen Unzumutbarkeit¹²

Nach ständiger Rechtsprechung liegt eine wirtschaftliche Unzumutbarkeit der Erhaltung eines Baudenkmal vor, wenn die Kosten für die Erhaltung eines Denkmals die Erträge einer möglichen und angestrebten Nutzung übersteigen. Dabei ist dem Eigentümer ein Zuschussbedarf nicht zuzumuten. Dies würde dazu führen, dass die staatlichen Aufgaben des Denkmalschutzes vom privaten Eigentümer aus dessen Vermögen zu finanzieren wären.

Bei der Ermittlung der Zumutbarkeit sind auf der Einnahmeseite demnach die erzielbaren Nettoeinnahmen nach erfolgter Sanierung des Gebäudes unter Berücksichtigung gewährter denkmalpflegerischer Zuschüsse und Steuererleichterungen den Aufwendungen gegenüber zu stellen. Zu den Aufwendungen gehören die Renovierungskosten einschließlich Architektenkosten, eine Reparaturrückstellung, die jährlichen Refinanzierungskosten und die Bewirtschaftungskosten. Dabei ist eine objektive Betrachtung vorzunehmen. Auf subjektive Elemente, insbesondere die finanzielle Leistungsfähigkeit des Eigentümers, z. B. im Sinne einer Querfinanzierung des defizitären Kulturdenkmals aus den Erträgen anderer Immobilien oder sonstiger Vermögen, kommt es nicht an. Vielmehr ist eine „grundstücks- bzw. objektbezogene“ Betrachtungsweise geboten.

6.2 Hinweise zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von energieeffizienten Maßnahmen an Baudenkmalen

Zur sachgerechten Beurteilung der Wirtschaftlichkeit ist grundsätzlich eine objektbezogene Einzelfallbetrachtung vorzunehmen unter Berücksichtigung der rechtlichen, wirtschaftlichen, sozialen, energie- und klimapolitischen Rahmenbedingungen.¹³ Die nachfolgenden Hinweise sollen dabei eine Hilfestellung leisten ohne Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben.

Bei der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit und Zumutbarkeit von energetischen Sanierungsmaßnahmen ist zwischen selbst genutzten Immobilien (Selbstnutzer) und vermieteten Immobilien zu differenzieren.

Bei selbst genutztem Eigentum besteht eine Identität von Investor und Nutzer. Damit werden Kapitalkosten für die energetische Investition direkt über die eingesparten Energiekosten refinanziert.¹⁴

Anders ist es bei vermietetem Wohnbestand auf einem Markt, auf dem mehr Mietwohnungen angeboten werden als nachgefragt sind. Dann besteht für den Immobilieneigentümer bei energetischen Investitionen kein direkter Kompensationseffekt von Aufwendungen durch Energieeinsparungen. Der Vermieter kann nur Investitionskosten direkt in Form von Mieterhöhungen nach dem Bürgerlichen Gesetzbuch (BGB) realisieren. Nur wenn die gesetzlich eingeräumten Mieterhöhungen bzw. die Anpassung des Mietniveaus bei Neuvermietung auch tatsächlich am Markt realisiert werden können, besteht für den Vermieter die Möglichkeit der angemessenen Refinanzierung.

Gemäß § 24 EnEV 2009 gelten Baudenkmale als Ausnahmetatbestand, wonach ein Abweichen von den Anforderungen der Rechtsverordnung gestattet ist. Der Mietmarkt verlangt jedoch in Zeiten steigender Betriebskosten und des Überhangs an Mietwohnungen die energetische Sanierung von Baudenkmalen, um deren Marktfähigkeit zu erhalten und nachhaltig zu sichern (siehe auch die Ausführungen unter 1.2).

Die energetische Investition muss für den Immobilieneigentümer eine Mindestverzinsung zur Risikokompensation seines Eigenkapitaleinsatzes hervorbringen, ansonsten unterbleiben solche Investitionen. Ob eine avisierte Mindestkapitalverzinsung erreicht wird oder nicht, bestimmt sich im Wesentlichen durch das Verhältnis von Miete zu Baukosten.

Bei der energetischen Sanierung von Baudenkmalen kann die Verwirklichung bautechnisch sinnvoller Maßnahmen auf Grund von Denkmalschutzaufgaben verhindert werden. Wenn sich die Unwirtschaftlichkeit der energetischen Investitionsmaßnahme für den Immobilieneigentümer herausstellt, bleibt die Fragestellung zu prüfen, ob ein Bestandsersatz bzw. der Rückbau wirtschaftlich und energetisch sinnvoll ist.

Die öffentliche Förderung energetischer Investitionen erfolgt auf Bundes- und Landesebene vor allem in Form von zinsverbilligten Darlehen oder Zuschüssen. Die energetische Sanierung von

¹² Vgl: Füller/Kreuter, Die Abbruchgenehmigung im Denkmalrecht der neuen Bundesländer, LKV (Landes und Kommunal Verwaltung) 2008, S. 102 ff.

¹³ Vgl. Arbeitshilfe 64 des GdW, Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen, Energieeffizientes Bauen und Modernisieren.

¹⁴ Nicht selten sind aufgrund früherer Sanierungsmaßnahmen noch Kredite zu tilgen, so dass vorrangig zu prüfen ist, ob bzw. in welchem Umfang für energetische Investitionen finanzielle Spielräume bestehen.

Baudenkmalen kann nicht unerhebliche Baukosten zur Folge haben, welche die Förderbeträge übersteigen. Die Erhaltung der Denkmaleigenschaft kann zudem einige energetische Ertüchtigungsmaßnahmen ausschließen, so dass die für andere Gebäude geforderten Mindestwerte (z. B. der EnEV 2009) nicht eingehalten werden können. Für den Immobilieneigentümer besteht dann unter Umständen (bislang) kein oder nur ein reduzierter Anspruch auf Fördermittelgewährung für energetische Investitionen.

Die Finanzierung von Baukosten setzt voraus, dass auch die Banken nachhaltige Beleihungswerte ansetzen, die eine Finanzierung der Fremdkapitalanteile in der benötigten Höhe erlauben. Dies erscheint bei den derzeit typischerweise in Sachsen erzielbaren Mieten nicht in jedem Fall möglich.¹⁵ Die Lücke ist entweder durch erhöhte Eigenmittel oder ggf. durch nachrangbereite zinsgünstige Fördermittel zu schließen.

Die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von energetischen Investitionen in Baudenkmalen ist stets einzelfallbezogen durchzuführen. Berechnungsergebnisse können nicht pauschalisiert werden. Zur Wirtschaftlichkeitsberechnung von energetischen Maßnahmen sind moderne dynamische Investitionsrechenverfahren, wie zum Beispiel die Methode der Vollständigen Finanzpläne (VoFi) oder Kapitalwertmethode, einzusetzen.

7. Beratung und Förderung

7.1 Beratung

Wichtige Ansprechpartner sind Architekten und Ingenieure, die Kommunen, Denkmalbehörden sowie die Sanierungsträger.

Die Sächsische Energieagentur saena bietet in Fragen der Energieeffizienz Beratungen an und führt Informationskampagnen wie z.B. das Informationsportal „bau nachhaltig“ durch.¹⁶

Darüber hinaus bieten auch die zuständigen regionalen Verbraucherzentralen¹⁷ sowie der BINE Informationsdienst¹⁸ Energieberatungen an.

7.2 Förderung

Der Freistaat Sachsen hat in den letzten 20 Jahren durch ein erhebliches finanzielles Engagement zum Erhalt, dem Schutz und der Pflege von Kulturdenkmalen beigetragen. Dennoch besteht weiterhin ein erheblicher Finanzierungsbedarf. Eine im Jahre 2009 durchgeführte landesweite Bedarfsanalyse hat beispielsweise für die Jahre 2011 bis 2015 ein Investitionsvolumen von ca. 167 Mio. Euro ergeben. Neben dem speziell auf die Förderung des denkmalbedingten Mehraufwandes ausgerichteten Landesprogramm Denkmalpflege gibt es weitere Förderprogramme, die die notwendigen Erhaltungs- und Sanierungsmaßnahmen an Kulturdenkmalen flankieren können. Besonders hinzuweisen ist hierbei auf die Städtebau- und Wohnbauförderprogramme. Einen Überblick zu den Fördermöglichkeiten bietet nachfolgende Übersicht, die jedoch eine Beratung durch die zuständigen Bewilligungsstellen nicht ersetzen kann.

Im Übrigen wird auf die Anlage 1 verwiesen, in der die einzelnen Förderprogramme weiter erläutert sind.

¹⁵ Beispielsweise beträgt die im Durchschnitt des Verbandsgebietes des vdw Sachsen erzielbare monatliche Miete nach Sanierung zwischen ca. 4,00 - 6,00 €/m² Wohnfläche.

¹⁶ www.aksachsen.org; www.ing-sn.de; www.lfd.sachsen.de; www.saena.de

¹⁷ www.verbraucherzentrale-energieberatung.de und www.verbraucherzentrale.info

¹⁸ www.energiefoerderung.info; kostenfreie Förderhotline des BINE Informationsdienstes unter Tel. 0228 9237914

Integriertes Energie- und Klimaschutzprogramm der Bundesregierung (IEKP)

Förderprogramme

- Förderprogramm für Kommunen und andere Einrichtungen
- Impulsprogramm Mini-KWK-Anlagen
- Marktanreizprogramm zur Förderung erneuerbarer Energien
- Förderprogramm „Vor-Ort-Beratung“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie
- Experimenteller Wohnungs- und Städtebau
- Förderung von Klimaschutzprojekten in Kommunen sowie sozialen und kulturellen Einrichtungen (siehe Förderschwerpunkte)
- Förderprogramm zur Weiterentwicklung der Nationalen Klimaschutzinitiative
- Sozial Investieren – Energetische Gebäudesanierung
- Energieeffizient Sanieren (Kredit, Sonderförderung, Kommunen)

Förderschwerpunkte

- Klimaschutzkonzepte und „Klimaschutzmanager“
- Klimaschutztechnologien bei Stromnutzung
- Klimaschutzmodellprojekte mit Leitbild CO₂-Neutralität
- „IT goes green“ – Förderung effizienter Computertechnologie

EU / Bund / Landesprogramme

- Nachhaltige Stadtentwicklung
- Förderprogramme der KfW-Förderbank
- Städtebauförderungsprogramme
- Wohneigentum
- Energetische Sanierung – Sächsisches Energiesparleihen
- Mehrgenerationenwohnen
- Energieeffizienz und Klimaschutz (EuK)
- SAB-KfW-Wohneigentumsprogramm
- Eigentumsförderung – SAB – Förderergänzungsdarlehen
- Integrierte Ländliche Entwicklung (ILE)
- Landesprogramm Denkmalpflege

Einspeisevergütungen

Kommunale Förderprogramme

Förderprogramme der Energieversorgungsunternehmen (MITGAS-Mitteldeutsche Gasversorgung GmbH, E.ON Thüringen Energie AG, ENSO Energie Sachsen Ost AG, Erdgas Südsachsen GmbH)

8. Quellen / Fundstellen

Arbeitshilfe 64 des GdW, Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen, Energieeffizientes Bauen und Modernisieren.

DIN 1946/6: Raumluftechnik: Lüftung von Wohnungen – Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe/Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung, Mai 2009.

Fachwerkinstandsetzung nach WTA, Merkblätter 8-1 bis 8-10 der Wissenschaftlich-Technischen Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V. (WTA), Referat 8: Fachwerk / Holzkonstruktionen.

Füßer/Kreuter, Die Abbruchgenehmigung im Denkmalrecht der neuen Bundesländer, LKV (Landes und Kommunal Verwaltung) 2008, S. 102 ff.

Innendämmung nach WTA: Planungsleitfaden; Merkblatt 6-4-09 der Wissenschaftlich-Technischen Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V. (WTA), Referat 6: Bauphysik / Bauchemie

Künzel, Helmut: Richtiges Heizen und Lüften in Wohnungen, IRB Verlag Stuttgart 2009.

Sachsen Treuhand GmbH, Stellungnahme zur Wirtschaftlichkeit und Zumutbarkeit der energetischen Sanierung von Baudenkmalen, 2010.

VDI 6022/1: Hygiene-Anforderungen an Raumluftechnische Anlagen und Geräte, April 2006.

VDI 3807/2 (Juni 1998) Energieverbrauchswerte für Gebäude: Heizenergie- und Stromverbrauchskennwerte.

VDI 3807/1 (März 2007) Energie- und Wasserverbrauchskennwerte für Gebäude: Grundlage.

Förderprogramm für Kommunen und andere Einrichtungen

Förderprogramme der Nationalen Klimaschutzinitiative des Bundesumweltministeriums speziell für Kommunen sowie soziale und kulturelle Einrichtungen

**Förderung von Klimaschutzprojekten
in sozialen, kulturellen und öffentlichen Einrichtungen**
(novellierte Richtlinie ist am 1. Januar 2011 in Kraft getreten)

Inhaltliche Anforderungen:

Mit der Förderung sollen die Potenziale zur Emissionsminderung durch die Steigerung der Energieeffizienz und die Nutzung regenerativer Wärme kostengünstig und breitenwirksam erschlossen werden. Um eine Multiplikatorwirkung zu entfalten, zielt die Förderung auf Einrichtungen mit hoher gesellschaftlicher Vorbildfunktion und Öffentlichkeitswirkung. Im Mittelpunkt stehen die Bereiche Kommunen, Kirchen, Bildung und Kultur, soweit die antragstellenden Einrichtungen nicht gewinnorientiert tätig sind.

Fördergegenstände:

1. Erstellung von Klimaschutzkonzepten, die alle klimarelevanten Bereiche umfassen sowie Teilkonzepten, die sich auf wichtige Schwerpunktbereiche oder –maßnahmen in Kommunen beziehen
2. Beratende Begleitung bei der Umsetzung von Klimaschutzkonzepten bzw. Teilkonzepten („Klimaschutzmanager) sowie die Durchführung einer ausgewählten Klimaschutzmaßnahme zur Umsetzung des Konzeptes
3. Beratende Begleitung bei der Einführung von Energiesparmodellen an Schulen und Kindertagesstätten (zum Beispiel die so genannten fifty/fifty-Modelle).
4. Anwendung von Klimaschutztechnologien bei der Stromnutzung, die kurzfristig zu einer nachhaltigen Reduzierung von Treibhausgasemissionen führen, z. B.
 - der Einbau hocheffizienter Beleuchtungs-, Steuer- und Regelungstechnik bei der Sanierung der Innen- und Hallenbeleuchtung mit einem CO₂-Minderungspotenzial von mindestens 50 %,
 - der Einbau hocheffizienter LED-Beleuchtungs-, Steuer- und Regelungstechnik bei der Sanierung der Außen- und Straßenbeleuchtung mit einem CO₂-Minderungspotenzial von mindestens 60 %,
 - die Sanierung und Nachrüstung von raumluftechnischen Anlagen im Bestand von Nichtwohngebäuden mit hohen Effizienzanforderungen.
5. Erstellung von "Masterplänen 100 % Klimaschutz" sowie die beratende Begleitung bei deren Umsetzung (Kommunen, die einen Masterplan 100 % Klimaschutz verfolgen, verpflichten sich dem Ziel, bis 2050 eine Reduktion der Treibhausgasemissionen von 95 % gegenüber 1990 zu erreichen.

Ansprechpartner:

Projekträger Jülich
Forschungszentrum Jülich GmbH
Geschäftsbereich Umwelt, Fachbereich Klimaschutz
Zimmerstraße 26-27, 10969 Berlin
Telefon: 030 20 199 - 577
Telefax: 030 20 199 - 3100
E-Mail: ptj-ksi@fz-juelich.de

Inhaltliche Anforderungen

Anlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) erzeugen gleichzeitig Strom und Wärme und nutzen damit die eingesetzte Energie besonders effektiv. Mini-KWK-Anlagen können besonders dort eingesetzt werden, wo an vielen Stunden eines Jahres Wärme gebraucht wird. Dies sind Wohngebäude (Warmwasserbereitung), Gewerbebetriebe, Schulen, Hotels, Altenheime, Sportstätten usw. Die BMU-Klimaschutzinitiative fördert den Einsatz von Mini-KWK-Anlagen durch Zuschüsse zu Investitionen in Neuanlagen mit einer Leistung bis maximal 50 kWel. Einen Bonus erhalten KWK-Anlagen mit besonders geringen Schadstoffemissionen.¹⁹

Basisförderung

Die Basis-Förderung erhalten alle neuen Mini-KWK-Anlagen, die die oben genannten Anforderungen einhalten. Weil kleinere Anlagen pro kWel vergleichsweise teuer sind, sind die Fördersätze dort am höchsten - mit steigender Anlagengröße sinkt der Förderbetrag pro kWel entsprechend.

Basisfördersätze je kWel

Leistung		Euro je kW _{el} , addiert je Leistungsstufe
Von [kW]	Bis [kW]	
> 0	= < 4	1.550 €
> 4	= < 6	775 €
> 6	= < 12	250 €
> 12	= < 25	125 €
> 25	= < 50	50 €

Bonusförderung

Die Bonusförderung wird für Anlagen mit besonders geringen Schadstoffemissionen gewährt, die jeweils den halben Wert der Vorgaben der gültigen TA-Luft für NO_x und CO einhalten.

Die Bonusfördersätze je kWel betragen:

Leistung		Euro je kW _{el} , addiert je Leistungsstufe
Von [kW]	Bis [kW]	
> 0	= < 12	100 €
> 12	= < 50	50 €

Ansprechpartner:

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)
 Referat 433-436
 Frankfurter Str. 29-35
 65760 Eschborn
 Telefon: 06196 908-625

¹⁹ Das Förderprogramm für kleine Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung (Mini-KWK) ist derzeit ausgesetzt, da hierfür die Mittel bereits vollständig ausgeschöpft sind.

Inhaltliche Anforderungen

Das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) fördert Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Rahmen des Marktanreizprogramms des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.²⁰

Förderung

durch Investitionszuschüsse förderfähig sind

- Solarkollektoren zur kombinierten Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung
- Solarkollektoren zur Kälteerzeugung oder zur Prozesswärmeerzeugung
- innovative Solarkollektoranlagen (Innovationsförderung für große Solarkollektoranlagen auf Mehrfamilienhäusern zur Trinkwassererwärmung und/oder Heizungsunterstützung)
- Pelletkessel
- Pelletöfen mit Wassertasche (Speicher)
- Holzhackschnitzelkessel
- Visualisierungstechnik

Wärmepumpen werden nur noch gefördert, wenn sie folgende Jahresarbeitszahlen (JAZ) erreichen:

- JAZ von mind. 3,7 bei Luft/Wasser-Wärmepumpen
- JAZ von mind. 4,3 bei Wasser/Wasser-Wärmepumpen sowie Sole/Wasser-Wärmepumpen
- JAZ von mind. 1,3 bei gasbetriebenen Wärmepumpen

Kesseltauschbonus, Kombinationsbonus, Effizienzbonus und Solarpumpenbonus können zusätzlich zur Basisförderung gewährt werden.

Für folgende Anlagen wird keine Förderung mehr gewährt:

- Anlagen, die in Neubauten errichtet werden
- Solarkollektoranlagen, die der ausschließlichen Warmwasserbereitung dienen
- luftgeführte Pelletöfen und Scheitholzvergaserkessel²¹

Antragsberechtigigt:

- Privatpersonen
- freiberuflich Tätige
- kleine und mittlere private gewerbliche Unternehmen nach der Definition der Europäischen Gemeinschaften
- Unternehmen, an denen mehrheitlich Kommunen beteiligt sind und die gleichzeitig die KMU-Schwellenwerte unterschreiten sowie Kommunen, kommunale Gebietskörperschaften, kommunale Zweckverbände
- gemeinnützige Investoren
- Großunternehmen nur bei einer besonderen Förderwürdigkeit der Maßnahmen

Ansprechpartner:

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)
Referat 433-436
Frankfurter Str. 29-35
65760 Eschborn
Telefon: 06196 908-625

²⁰ Die Haushaltssperre vom 03. Mai 2010 wurde zum 07. Juli 2010 aufgehoben, so dass wieder Anträge auf Förderung beim BAFA gestellt werden können. Grundlage sind die Richtlinien zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt vom 09. Juli 2010.

²¹ Eine Übersicht zu den verschiedenen Fördermöglichkeiten bietet www.bafa.de.

Förderprogramm „Vor-Ort-Beratung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWI)

Die Richtlinie des BMWI zur Förderung der Beratung zur sparsamen und rationellen Energieverwendung in Wohngebäuden vor Ort (Vor-Ort-Beratung) wurde zum 01.10.2009 überarbeitet und bis zum 31.12.2014 verlängert.

Die Zuwendung wird in Form eines nicht rückzahlbaren Zuschusses zu den in Rechnung gestellten Beratungskosten gewährt. Die Höhe des Zuschusses für eine Vor-Ort-Beratung beträgt 300 Euro für Ein-/Zweifamilienhäuser bzw. 360 Euro für Wohnhäuser mit mindestens drei Wohneinheiten. Für die Integration von Hinweisen zur Stromeinsparung wird ein zusätzlicher Bonus von 50 Euro gezahlt.

Ansprechpartner:

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)

Referat 424

Frankfurter Straße 29-35

65760 Eschborn

Email: energiesparberatung@bafa.bund.de

Telefon: +49 6196 908-880

Telefon: +49 6196 908-211 (nur für fachtechnische Fragestellungen)

Telefax: +49 6196 908-800

Experimenteller Wohnungs- und Städtebau

Inhaltliche Anforderungen

Mit dem Forschungsprogramm „Experimenteller Wohnungs- und Städtebau“ (ExWoSt) unterstützen das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung seit 1987 innovative Planungen und Maßnahmen in den Bereichen Wohnungs- und Städtebau mit der wissenschaftliche Begleitung von Planungs- und Bauvorhaben (Modellvorhaben), Fachgutachten, Initiativen und Fachveranstaltungen und der Dokumentation guter Beispiele.

Das BMVBS schlägt zusammen mit dem BBSR Themen vor und stimmt diese mit den Ländern ab. Akteure im Bereich des Wohnungs- und Städtebaus können sich, in Abstimmung mit ihren Ländern, zur Teilnahme an den Modellvorhaben der Forschungsfelder bewerben.

Ansprechpartner:

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung

Internet: www.bbsr.bund.de

Förderung von Klimaschutzprojekten in Kommunen sowie sozialen und kulturellen Einrichtungen

Inhaltliche Anforderungen

Antragsberechtigt sind Gemeinden sowie Gemeindeverbände; öffentliche und gemeinnützige Träger, einschließlich Religionsgemeinschaften, im Bereich des öffentlichen Erziehungs-, Bildungs- und Hochschulwesens (mit Ausnahme von Einrichtungen zur medizinischen Behandlung), der Kinder- und Jugendhilfe sowie Alten- und Behindertenpflege; kulturelle Einrichtungen in privater und gemeinnütziger Trägerschaft, in der Regel mit gesamtstaatlicher Bedeutung. Für kirchliche Antragsteller gelten besondere Voraussetzungen.

Förderfähige Maßnahmen

- die Erstellung von Klimaschutzkonzepten und Teilkonzepten, wie z.B. integrierte Wärmekonzepte.
Der Zuschuss beträgt bis zu 80 % der zuwendungsfähigen Kosten.
- die begleitende Beratung bei der Umsetzung von Klimaschutzkonzepten und Teilkonzepten („Klimaschutzmanager“). Förderfähig sind Sach- und Personalkosten bis zu 3 Jahren für sachkundige Dritte oder Personal, das im Rahmen des Projekts zusätzlich eingestellt wird. Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) gewährt hierfür Zuschüsse in Höhe von bis zu 80 % der zuwendungsfähigen Kosten.
- die Nutzung hocheffizienter Technologien bei der Sanierung der Innen- und Hallenbeleuchtungsanlagen und bei der Optimierung von Heizungssystemen. Die Investitionen und Installation werden mit 25 % der Kosten gefördert.
- die Umsetzung von Modellprojekten mit dem Leitbild der CO₂-Neutralität; im Gebäudebereich ausschließlich die modellhafte, klimaschützende Sanierung von Nichtwohngebäuden (Rathäuser, Theater, Schwimm- und Sporthallen, Schulen, Kindergärten etc.). Bemessungsgrundlage für die Förderung sind die nachgewiesenen Mehrausgaben bzw. -kosten für den Klimaschutz (die maximale Förderhöhe beträgt 60 %). Entscheidende Kriterien für eine Förderung sind u.a. die angestrebten Treibhausgasminderungen (über eine Nutzungsdauer bis zu 30 Jahre), der Modellcharakter und die Multiplikatorwirkung des Projekts. Förderfähig sind nur einzelne Vorhaben.
- die Erstellung von Konzepten für Modellprojekte mit dem Leitbild der CO₂-Neutralität (Vorplanungsphase) in verschiedenen Handlungsfeldern. Der Zuschuss beträgt in der Regel bis zu 80 % der zuwendungsfähigen Kosten.

Ansprechpartner:

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
Internet: www.bmu.de

EU-Programm zur Stadtentwicklung

Inhaltliche Anforderungen

Benachteiligte Städte und Stadtgebiete sollen bei der Entwicklung und Umsetzung baulicher, infrastruktureller, energetischer und bildungsorientierter Strategien und Maßnahmen zur Bekämpfung städtebaulicher, demografischer, wirtschaftlicher, ökologischer, kultureller und sozialer Problemlagen unterstützt werden.

Höhe der Förderung

Der Bund und Freistaat beteiligen sich an der Finanzierung der Maßnahmen in der Regel mit 75 % der förderfähigen Kosten.

Ansprechpartner:

Sächsisches Staatsministerium des Innern
Internet: www.smi.sachsen.de

Städtebauförderungsprogramme

Inhaltliche Anforderungen

Die Städtebauförderung dient der nachhaltigen Stadtentwicklung und der Stärkung der Innenstädte und Ortsteilzentren.

Zuwendungsempfänger können Kommunen und private Dritte sein. Dabei erfolgt die Umsetzung dieses Programms über die Kommunen.

Zur Förderung städtebaulicher Maßnahmen stellen der Bund und der Freistaat Sachsen Finanzhilfen für folgende Programme zur Verfügung:

- Soziale Stadt (SSP)
- Stadtumbau Teil Aufwertung (SUO)
- Städtebaulicher Denkmalschutz (SDP)
- Aktive Stadt- und Ortsteilzentren (SOP)
- Städtebauliche Sanierungs- und Entwicklungsmaßnahmen (SEP)

Höhe der Förderung

Der Bund, Freistaat und Kommune beteiligen sich an der Finanzierung der Maßnahmen in der Regel mit einem Drittel der förderfähigen Kosten.

Ansprechpartner:

Servicecenter SAB

Telefon: 0351 4910 4920

Telefax: 0351 4910 4105

Email: servicecenter@sab.sachsen.de

Internet: www.sab.sachsen.de

Förderprogramme der KfW-Förderbank

KfW-Programm „Energieeffizient Sanieren“

Es sind seit dem 01. September 2010 ausschließlich komplexe Sanierungen zum Energieeffizienzhaus möglich. Ab 01. März 2010 sind auch wieder hocheffiziente Einzelmaßnahmen (Dämmung, Fenster, Heizungs- und Lüftungstechnik) förderfähig. Die Sonderförderung (Optimierung Wärmeverteilung, Abbau Nachtspeicher- Heizungen) wurde zum 31.08.2010 eingestellt.

Energieeffizient Sanieren (Programmnummern 151 und 430)

Von der Förderung energetischer Sanierungen von Bestandsgebäuden wird seit dem 01. Juli 2010 das KfW-Effizienzhaus 130 nicht mehr erfasst - KfW-Effizienzhäuser 70 und 55 wurden neu in die Förderung aufgenommen.

Dabei gilt weiterhin: Je besser der erreichte energetische Standard ist, desto höher ist der Zuschuss oder der Tilgungszuschuss. Die Prozentsätze der Tilgungszuschüsse werden gegenüber der bisherigen Regelung reduziert.

Mit der Wiedereinführung der Förderung hocheffizienter Einzelmaßnahmen (Dämmung, Fenster, Heizungs- und Lüftungstechnik) zum 01.03.2011 wird wieder eine schrittweise energetische Modernisierung ermöglicht. In diesem Zusammenhang werden die technischen Anforderungen künftig im Durchschnitt um etwa 20 % erhöht.

Energieeffizient Sanieren – Sonder-Bonus für Beratungen (Programmnummer 431)

Gefördert wird die professionelle Baubegleitung durch Sachverständige während der Sanierung zum KfW-Effizienzhaus in Höhe von 50 % der Kosten (bis zu 2.000 Euro pro Vorhaben). Ab 01. März 2011 wird auch jede durchzuführende Einzelmaßnahme gefördert, bisher waren mindestens zwei Einzelmaßnahmen notwendig. Die Sonderförderung zur Optimierung der Wärmeverteilung und der Zuschuss zum Abbau von Nachtspeicherheizungen wurden zum 31. August 2010 eingestellt.

Energieeffizient Bauen (Programmnummer 153)

Die KfW-Effizienzhaus 85-Förderung für Bau oder Kauf eines Neubaus entfällt zukünftig. Die bisherigen KfW-Effizienzhäuser 70 und Passivhäuser werden um die KfW-Effizienzhäuser 55 und 40 erweitert. Neu ist, dass die besten energetischen Standards erstmalig mit einem Tilgungszuschuss belohnt werden. Das Passivhaus wird dabei dem Effizienzhaus 50 gleichgesetzt. Mit Nachweis nach Energieeinsparverordnung kann jedoch auch der Beweis erbracht werden, dass das geplante Passivhaus auch die Kriterien des Effizienzhauses 40 erreicht.

Wohnraum modernisieren (Programmnummer 141)

Gefördert wird jeder, der in die Modernisierung selbstgenutzter oder vermieteter Wohngebäude investiert. Die Förderung erfolgt durch ein langfristiges, zinsgünstiges Darlehen mit Festzinssätzen und tilgungsfreien Anlaufjahren.

Mit dem Programm 141 fördert die KfW die Modernisierung und Instandsetzung von Wohnungen bzw. Wohngebäuden oder den Kauf eines neu sanierten Wohngebäudes oder einer Eigentumswohnung.

Das KfW-Darlehen umfasst 100 % der förderfähigen Kosten, bis zu 100.000 Euro pro Wohneinheit. Bei Mehrfamilienhäusern ab 3 Wohneinheiten wird auch die Verbesserung der Außenanlagen finanziert, z.B. von Grünanlagen und Spielplätzen.

Programm zur Förderung Erneuerbarer Energien

Dieses KfW-Programm dient der langfristigen Finanzierung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien zu einem günstigen Zinssatz. Das Programm gliedert sich in zwei Programmteile:

Der Teil „Standard“ fördert die Nutzung erneuerbarer Energien zur Erzeugung von Strom bzw. Strom und Wärme in KWK. Dieses Programm fördert z.B. Solaranlagen, Wärmepumpen und kombinierte Anlagen zur Strom- und Wärmeerzeugung.

Im Programmteil „Premium“ werden besonders förderwürdige größere Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Wärme gefördert. Dazu gehören folgende Anlagen:

- Anlagen zur Verfeuerung fester Biomasse
- Anlagen zur Nutzung der Tiefengeothermie
- Nahwärmenetze
- große Solarkollektoranlagen
- große Wärmespeicher
- Anlagen zur Aufbereitung von Biogas auf Erdgasqualität und Biogasleitungen für unaufbereitetes Biogas
- Absicherung des Fündigkeitsrisikos geothermischer Tiefenbohrungen

Die Fördermittel werden als langfristige, zinsgünstige Darlehen der KfW mit Tilgungszuschüssen aus Bundesmitteln ausgegeben.

Ansprechpartner:

KfW-Beratungszentrum Berlin
Behrenstraße 31
10117 Berlin
Telefon: 030 20264 5050
Telefax: 030 20264 5779
Email: infocenter@kfw.de
Internet: www.kfw-foerderbank.de

Wohneigentum

Inhaltliche Anforderungen

Die Bildung von selbst genutztem, innerstädtischem Wohneigentum ist Ziel dieses sächsischen Landesförderprogramms. Dazu zählen der Bau oder der Erwerb von Eigenheimen oder Eigentumswohnungen.

Förderfähige Maßnahmen

- Erwerb eines bestehenden Wohngebäudes/ Eigentumswohnung oder eines zur Umnutzung vorgesehenen Gebäudes in Verbindung mit Um- und Ausbau sowie Sanierungsmaßnahmen
- Errichtung eines Wohngebäudes/ Eigentumswohnung zur Schließung einer Baulücke oder die Wohnbebauung einer Freifläche, die dem städtebaulichen Lückenschluss dient einschließlich des Erwerbs des Grundstückes

Gebietskulisse

Förderung nur in Gemeinden mit Funktionen eines Ober- oder Mittelzentrums gemäß der Verordnung der Sächsischen Staatsregierung über den Landesentwicklungsplan Sachsen (LEP 2003) und Grundzentren gemäß den jeweiligen Regionalplänen der Regionalen Planungsverbände.

Die zuständige Gemeinde muss bestätigen, dass das Wohngebäude

- zum Zeitpunkt der Antragstellung in einem Gebiet liegt, das nach dem Städtebaulichen Entwicklungskonzept als integrierte Lage ausgewiesen ist oder
- in einem Gebiet liegt, das vor 1949 erschlossen und bebaut ist.

Höhe der Zuwendung

Die Förderung erfolgt über ein zinsgünstiges öffentliches Darlehen. Die Förderung beträgt max. 50.000,00 €. Für jedes zum Haushalt gehörende Kind erhöht sich die Förderung um 35.000,00 €. Der Zinssatz ist der geltenden Förderrichtlinie zu entnehmen.²²

Besonderheiten Denkmalschutz

Vorgaben der EnEV müssen eingehalten werden, Energieberater muss dies bestätigen.

Ausnahmeregelung in §24 EnEV à bei Baudenkmalen kann von Anforderung der EnEV abgewichen werden.

Von Ausnahmeregelung machen Energieberater Gebrauch, d. h. Bestätigung wird erteilt, obwohl Anforderungen der EnEV nicht erfüllt werden, jedoch wenn möglich, werden Anforderungen für Teilmaßnahmen eingehalten, z. B. bei Austausch der Fenster.

Ansprechpartner:

Servicecenter SAB

Telefon: 0351 4910 4920

Telefax: 0351 4910 4105

Email: servicecenter@sab.sachsen.de

Internet: www.sab.sachsen.de

²² www.bauen-wohnen.sachsen.de

Inhaltliche Anforderungen

Ziel des sächsischen Landesförderprogramms ist die Verbesserung der Energieeffizienz von bestehenden, innerstädtischen Wohngebäuden. Gefördert wird die Durchführung von Sanierungsmaßnahmen an bestehenden Wohngebäuden auf der Basis einer energetischen Bewertung mit einem öffentlichen Darlehen. Für die energetische Bewertung wird ein Zuschuss gewährt.

Förderfähige Maßnahmen

- Verbesserung der Wärmedämmung (z. B. Außenwände, Fenster, Dach)
- Nutzung erneuerbarer Energien (z. B. Einbau solarthermischer Anlagen)
- Verbesserung der Effizienz der Energienutzung
(z. B. Austausch von Kohleheizungen durch Brennwerttechnik)

Gebietskulisse

Förderung nur in Gemeinden mit Funktionen eines Ober- oder Mittelzentrums gemäß der Verordnung der Sächsischen Staatsregierung über den Landesentwicklungsplan Sachsen (LEP 2003) und Grundzentren gemäß den jeweiligen Regionalplänen der Regionalen Planungsverbände.

Die zuständige Gemeinde muss bestätigen, dass das Wohngebäude

- zum Zeitpunkt der Antragstellung in einem Gebiet liegt, das nach dem Städtebaulichen Entwicklungskonzept als integrierte Lage ausgewiesen ist oder
- in einem Gebiet liegt, das vor 1949 erschlossen und bebaut ist.

Höhe der Zuwendung

Die Förderung erfolgt über ein zinsgünstiges öffentliches Darlehen. Sie beträgt max. 50.000,00 € pro Wohneinheit. Der Zinssatz ist der geltenden Förderrichtlinie zu entnehmen.²³

Besonderheiten Denkmalschutz

Mindestanforderungen der EnEV müssen nach Sanierung unterschritten werden, Energieberater muss dies bestätigen.

Ausnahmeregelung in § 24 EnEV à bei Baudenkmalen kann von Anforderung der EnEV abgewichen werden.

Von Ausnahmeregelung machen Energieberater Gebrauch, d. h. Bestätigung wird erteilt, obwohl Anforderungen der EnEV nicht erfüllt werden, jedoch wenn möglich werden Anforderungen für Teilmaßnahmen eingehalten, z. B. bei Austausch der Fenster.

Neubaustandard wird fast nie erreicht à d. h. von dem in der Förderrichtlinie zusätzlich vergünstigten Zins kann das Baudenkmal nicht profitieren.

Ansprechpartner:

Servicecenter SAB

Telefon: 0351 4910 4920

Telefax: 0351 4910 4105

Email: sevicecenter@sab.sachsen.de

Internet: www.sab.sachsen.de

²³ www.bauen-wohnen.sachsen.de

Inhaltliche Anforderungen

Gefördert werden im Freistaat Sachsen investive Maßnahmen zur nachträglichen bedarfsgerechten Anpassung bestehender, innerstädtischer Wohngebäude für integrative generationenübergreifende Wohnformen.

Förderfähige Maßnahmen

- Aufzugeinbau
- Anpassung von Grundrissen
- Schaffung von Gemeinschaftsräumen
- Balkonanbau
- Einbau von Notrufanlagen, Wechselsprechanlagen, elektrischen Türöffnern
- bauliche Veränderungen im Sanitär- und Küchenbereich
- Anpassung von elektrischen Anlagen
- Anpassung von Türen, Entfernung von Schwellen und Treppen
- Schaffung von Rollstuhl- und Kinderwagenabstellplätzen
- Schaffung geeigneter Gebäudezugänge
- Anpassung des Wohnumfeldes

Gebietskulisse

Förderung nur in Gemeinden mit Funktionen eines Ober- oder Mittelzentrums gemäß der Verordnung der Sächsischen Staatsregierung über den Landesentwicklungsplan Sachsen (LEP 2003) und Grundzentren gemäß den jeweiligen Regionalplänen der Regionalen Planungsverbände.

Die zuständige Gemeinde muss bestätigen, dass das Wohngebäude

- zum Zeitpunkt der Antragstellung in einem Gebiet liegt, das nach dem Städtebaulichen Entwicklungskonzept als integrierte Lage ausgewiesen ist oder
- in einem Gebiet liegt, das vor 1949 erschlossen und bebaut ist.

Höhe der Zuwendung

Die Förderung erfolgt über ein zinsgünstiges öffentliches Darlehen. Die Förderung beträgt max. 50.000,00 € pro Wohneinheit/Gemeinschaftsraum. Der Zinssatz ist der geltenden Förderrichtlinie zu entnehmen.²⁴

Besonderheiten Denkmalschutz

Keine Anforderung zur Einhaltung der EnEV. Umsetzung der Maßnahmen z. B. Anbau Balkone oder Einbau Fahrstuhl könnte aus denkmalschutzrechtlichen Gesichtspunkten schwierig sein.

- bei Mietwohnraum muss Maßnahmebündel (mindestens 3 Maßnahmen) umgesetzt werden,
- wenn jedoch aufgrund Denkmalschutz nur eine Maßnahme möglich ist, z. B. Einbau von Notrufanlage, könnte dies dazu führen, dass das Vorhaben nicht förderfähig ist,
- jedoch Einzelfallentscheidung durch SMI wäre möglich und somit auch Einzelmaßnahmen förderfähig.

Ansprechpartner:

Servicecenter SAB

Telefon: 0351 4910 4920

Telefax: 0351 4910 4105

Email: servicecenter@sab.sachsen.de

Internet: www.sab.sachsen.de

²⁴ www.bauen-wohnen.sachsen.de

Inhaltliche Anforderungen

Die Verbesserung der Energieeffizienz und die nachhaltige Minderung der CO₂-Emissionen sind Schwerpunkte der sächsischen Energie- und Klimaschutzpolitik. Im Rahmen dieses Förderprogramms werden Maßnahmen zur Umsetzung dieser Ziele gebündelt.

Anmerkung: Nachfolgend werden nur die Fördergegenstände der Richtlinie dargestellt, die Gebäude betreffen.

Gefördert werden

- Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz
- Maßnahmen mit Modell- und Demonstrationscharakter sowie thematisch verbundene Maßnahmen verschiedener Anwendungsbereiche und Technologien zur
 - Nutzung erneuerbarer Energien,
 - Einführung innovativer Energietechniken

Bei den genannten Maßnahmen werden auch Sachverständigenleistungen, soweit diese zur Vorbereitung, Durchführung und Auswertung unerlässlich sind, sowie die Evaluierungen zur Messung und Dokumentation von Ergebnissen gefördert.

Ausgaben sind zuwendungsfähig, soweit sie in unmittelbarem Zusammenhang mit der Maßnahme stehen sowie notwendig und angemessen sind, insbesondere für Investitionsgüter, Planungsleistungen und Bau- und Installationsarbeiten.

Höhe der Zuwendung

Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz und Maßnahmen mit Modell- und Demonstrationscharakter sowie thematisch verbundene Maßnahmen verschiedener Anwendungsbereiche und Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien oder Einführung innovativer Energietechniken

- für natürliche Personen und juristische Personen des öffentlichen und privaten Rechts, die nicht wirtschaftlich tätig sind: bis zu 75 % der zuwendungsfähigen Ausgaben
- für KMU bis zu 50 %
- für Unternehmen, die keine KMU sind und deren Anteile mehrheitlich von der öffentlichen Hand gehalten werden: bis zu 30 % zuwendungsfähigen Ausgaben

Ansprechpartner:

Fachliche Beratung:

Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH

Telefon: 0351 4919 3152

Telefax: 0351 4910 3155

Email: info@saena.de

Internet: www.saena.de

Zur Förderung:

Servicecenter SAB

Telefon: 0351 4910 4920

Telefax: 0351 4910 4105

Email: servicecenter@sab.sachsen.de

Internet: www.sab.sachsen.de

SAB – KfW – Wohneigentumsprogramm

Inhaltliche Anforderungen

Antragsberechtigt sind Privatpersonen, die selbst genutztes Wohneigentum erwerben. Dabei wird der Bau oder Erwerb von selbst genutzten Eigenheimen oder Eigentumswohnungen sowie der Erwerb von Anteilen an Wohnungsgenossenschaften.

Gefördert werden

- beim Bau: Kosten des Baugrundstücks, Baukosten einschließlich Baunebenkosten sowie Kosten der Außenanlage
- beim Erwerb: Kaufpreis einschließlich Kaufpreisnebenkosten und eventuell anfallenden Modernisierungs-, Instandsetzungs- und Umbaukosten
Finanziert werden bis zu 30 % der angemessenen Gesamtkosten, maximal 100.000 Euro.
- Erwerb von Genossenschaftsanteilen: Finanziert werden bis zu 100 % des Genossenschaftsanteils maximal 100.000 Euro. Die Zinskonditionen unterliegen dem Kapitalmarkt.

Ansprechpartner:

Servicecenter SAB

Telefon: 0351 4910 4920

Telefax: 0351 4910 4105

Email: servicecenter@sab.sachsen.de

Internet: www.sab.sachsen.de

Eigentumsförderung – SAB – Förderergänzungsdarlehen

Inhaltliche Anforderungen

Die Sächsische Aufbaubank (SAB) gewährt Ergänzungsdarlehen für Privatpersonen, die ein Eigenheim bzw. eine Eigentumswohnung zur Selbstnutzung bauen, kaufen oder um- und ausbauen oder selbstgenutztes Wohneigentum modernisieren wollen.

Höhe der Zuwendung

Die Förderung erfolgt in Form eines Darlehens. Die Höhe des Darlehens und die Dauer der Zinsfestschreibung werden mit der SAB im Einzelfall vereinbart. Der Zinssatz wird zum Zeitpunkt der Darlehenszusage festgelegt. Das Darlehen ist durch Eintragung einer Grundschuld im Grundbuch abzusichern. Der Eigenanteil an der Finanzierung beträgt in der Regel 15 % der Gesamtkosten. Davon ist mindestens die Hälfte als Barmittel einzusetzen. Im Einzelfall kann auch ein höherer Eigenanteil erforderlich sein. Das Darlehen dient der Ergänzung der Baufinanzierung und kann nur in Kombination mit anderen Förderdarlehen über die SAB in Anspruch genommen werden.

Ansprechpartner:

Servicecenter SAB

Telefon: 0351 4910 4920

Telefax: 0351 4910 4105

Email: servicecenter@sab.sachsen.de

Internet: www.sab.sachsen.de

Integrierte Ländliche Entwicklung (ILE) – Umnutzung, Wiedernutzung oder Erhaltung ländlicher Bausubstanz

Inhaltliche Anforderungen

Antragsberechtigt sind Gemeinden und Gemeindeverbände; natürliche Personen und Personengesellschaften sowie juristische Personen des privaten Rechts (land- und forstwirtschaftliche Betriebe). Die Umsetzung des Programms erfolgt über den Freistaat.

Förderfähige Maßnahmen

- Investitionen in Nahwärme- und Biogasleitungen zur dezentralen Versorgung mit erneuerbaren Energien
- notwendige Vorarbeiten (Behebungen, Untersuchungen, Planungen) einschließlich Leistungen von Architekten und Ingenieuren

Höhe der Zuwendung

Der Zuschuss für Gemeinden und Gemeindeverbände beträgt bis zu 45 % der förderfähigen Kosten. Einzelbetriebe können mit bis zu 25 % gefördert werden. Die Fördersätze können für Maßnahmen, die der Umsetzung eines integrierten ländlichen Entwicklungskonzeptes (ILEK) dienen oder im Rahmen eines LEADER- Programms stattfinden, um bis zu 10 % erhöht werden. Die Förderung erfolgt nach der Deminimis-Verordnung. Der Gesamtwert der einem Unternehmen gewährten Deminimis-Beihilfe ist innerhalb von 3 Jahren auf 200.000 Euro begrenzt.

Ansprechpartner:

Ansprechpartner sind die jeweils für die Bewilligung zuständigen Kreisfreien Städte bzw. Landratsämter.

Landesprogramm Denkmalpflege

Inhaltliche Anforderungen

Grundlage für die Förderung ist die Sächsische Denkmalschutzförderungsverordnung (Sächs-DSchfVO) vom 18. Februar 2009. Mit Antragstellung sind bereits notwendige Genehmigungen oder Zustimmungen (u. a. Baugenehmigung und denkmalschutzrechtliche Genehmigung) vorzulegen. Der Antrag ist unter Verwendung der entsprechenden Antragsformulare schriftlich bis zum 30. September des Vorjahres bei der zuständigen Bewilligungsbehörde einzureichen. Maßnahmen, die der Notsicherung eines Kulturdenkmales dienen, sind an diese Antragsfrist nicht gebunden. Soweit der Rechtsträger der betreffenden Liegenschaft nicht selbst der Landkreis, die Stadt oder die Gemeinde ist, ist der Antrag auf Förderung bei der unteren Denkmalschutzbehörde des Landkreises bzw. der Stadt einzureichen.

Förderfähige Maßnahmen

Förderfähig sind alle Maßnahmen, die der Sicherung, Erhaltung, Nutzbarmachung, Pflege oder Dokumentation an Kulturdenkmälern dienen. Antragsberechtigt sind Eigentümer oder Besitzer eines Kulturdenkmales im Freistaat Sachsen. Kulturdenkmäler im Eigentum der Länder, des Bundes oder ausländischer Staaten sind von der Förderung ausgeschlossen.

Höhe der Zuwendung

Die Zuwendung wird im Wege der Projektförderung als nicht rückzahlbarer Zuschuss gewährt. Zuwendungsfähige Ausgaben können bis in Höhe von 60 % des denkmalbedingten Mehraufwandes gefördert werden. In besonderen Ausnahmefällen ist eine Erhöhung des Fördersatzes bis zu 85 % möglich.

Ansprechpartner:

Ansprechpartner sind die jeweils für die Bewilligung zuständigen unteren Denkmalschutzbehörden.

Einspeisevergütungen

Indirekte Förderung in Form einer erhöhten Einspeisevergütung für Strom aus Photovoltaik-, Biogas- oder Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen.

Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz

Den KWK-Zuschlag für den Strom aus KWK-Anlagen, z.B. BHKW (Blockheizkraftwerken) < 50 kWel in Höhe von 5,11 Cent für den eingespeisten und selbstgenutzten Strom, zusätzlich zum EEX-Strompreis bzw. zum eingesparten Strompreis beim Eigenverbrauch, zahlt der zuständige Stromnetzbetreiber. Weitere Komponenten der KWK-Förderung sind die Rückerstattung der Energiesteuer und des vermiedenen Netznutzungsentgeltes sowie die Stromsteuerbefreiung.

Ansprechpartner:

Internet: www.bafa.de
Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
Referat 432 – Kraft-Wärme-Kopplung –
Frankfurter Straße 29 – 35
65760 Eschborn
Telefon: 06196 908-437
Telefax: 06196 908-11437

EEG-Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien

Einspeisevergütung für die Errichtung und Betreibung von Anlagen zur Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien; Einspeisevergütung richtet sich nach dem Jahr der Inbetriebnahme und wird für einen festgelegten Zeitraum, teilweise in der Höhe gestaffelt, garantiert; Abhängig von der Energieart.

Ansprechpartner:

Zuständiges Energieversorgungsunternehmen oder Netzbetreiber
Internet: www.erneuerbare-energien.de

Der Arbeitsgruppe zur Erarbeitung des Leitfadens unter Leitung von Frau Anita Eichhorn gehörten an:

Bernd Augsburg, Sächsisches Staatsministerium des Innern, Referat 53
Dr. Norbert Baron, Stadt Leipzig, Amt für Bauordnung und Denkmalpflege Leipzig
Dr. Udo Bode, Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt
Steffen Bieder, BFW Landesverband Sachsen
Prof. Dr.-Ing. Jens Bolsius, Hochschule Zittau-Görlitz (FH), Fakultät Bauwesen
Christian Conrad, TU Dresden, Institut für Bauklimatik
Clemens Deilmann, Leibnitz-Institut für ökologische Raumordnung
Jan Fischer, Sächsisches Staatsministerium des Innern, Referat 51
Freia Frankenstein-Krug, SAENA Sächsische Energieagentur
Prof. Dr.-Ing. John Grunewald, TU Dresden, Institut für Bauklimatik
Claudia Heinze, TU Dresden, Institut für Bauklimatik
Andrea Kittel, Sächsisches Staatsministerium des Innern, Referat 55
Michael Köppl, Sächsisches Staatsministerium des Innern, Referat 54
Dr. Dietrich von Loh, Stadt Dresden, Amt für Kultur und Denkmalschutz
Christian Micksch, SAENA Sächsische Energieagentur
Constanze Miller, Sächsisches Staatsministerium des Innern, Referat 55
Thomas Morgenstern, Stadt Chemnitz, Untere Denkmalschutzbehörde
Elke Mühlbauer, Staatsbetrieb Sächsisches Immobilien- und Baumanagement (SIB)
Werner Peper, Haus und Grund e.V.
Dr. Ralf-Peter Pinkwart, Landesamt für Denkmalpflege Sachsen
Martin Pohl, TU Dresden, Institut für Bauklimatik
Olaf Reiter, Architektenkammer Sachsen
Michael Risch, Ingenieurkammer Sachsen
Steffi Ritter, Verband Sächsischer Wohnungsgenossenschaften e.V.
Sven Rüdiger, Landkreis Görlitz, Untere Denkmalschutzbehörde
Steffen Schneider, vdw Sachsen, Verband der Wohnungs- und Immobilienwirtschaft e.V.
Gabriele Schumann, Sächsisches Staatsministerium des Innern, Referat 55
Werner Sommer, Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Referat 52
Prof. Dr.-Ing. Jürg Sulzer, TU Dresden, Görlitz Kompetenzzentrum
Frank Wachno, Landesdirektion Chemnitz, Obere Denkmalschutzbehörde
Kerstin Weißmann, Stadt Dresden, Amt für Kultur und Denkmalschutz
Prof. Thomas Will, TU Dresden, Lehrstuhl Denkmalpflege und Entwerfen
Katrjn Wolf, Sächsisches Staatsministerium des Innern, Referat 55
Dr. Bernd Wolters, Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft und Arbeit, Referat 44
Andreas Worbs, STEG Stadtentwicklung GmbH

Stand Dezember 2010

**Herausgeber:**

Sächsisches Staatsministerium des Innern
Abteilung 5 – Stadtentwicklung, Bau- und Wohnungswesen
Referat 51 – Denkmalpflege und Denkmalschutz
Wilhelm-Buck-Straße 4, 01097 Dresden
Telefon: +49 351 5640
Telefax: +49 351 5643509
E-Mail: info@smi.sachsen.de
Internet: www.smi.sachsen.de

1. Auflage Februar 2011

Fotos:

Projektfotos: mit freundlicher Unterstützung der jeweiligen Projektbeteiligten,
Landesamt für Denkmalpflege, TU Dresden

Gestaltung und Satz:

Druck- und Verlagsgesellschaft Marienberg mbH
Industriestraße 7, 09496 Marienberg
Telefon: +49 3735 91640
Telefax: +49 3735 23486
E-Mail: info@druckerei-marienberg.de
Internet: www.druckerei-marienberg.de

Redaktionsschluss:

14. Januar 2011

Bezug:

Diese Druckschrift kann kostenfrei bezogen werden bei:
Zentraler Broschürenversand der Sächsischen Staatsregierung
Hammerweg 30, 01127 Dresden
Telefon: +49 351 213671 oder +49 351 2103672
Telefax: +49 351 2103681
E-Mail: publikationen@sachsen.de

Verteilerhinweis

Diese Broschüre wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des Sächsischen Staatsministeriums des Innern (SMI) herausgegeben.

Sie darf weder von Parteien noch von Wahlhelfern zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Auch ohne einen zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme des SMI zugunsten einzelner Gruppen verstanden werden könnte.

Den Parteien ist es gestattet, diese Druckschrift zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.

Copyright

Diese Veröffentlichung ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, auch die des Nachdruckes von Auszügen und der fotomechanischen Wiedergabe, sind dem Herausgeber vorbehalten.