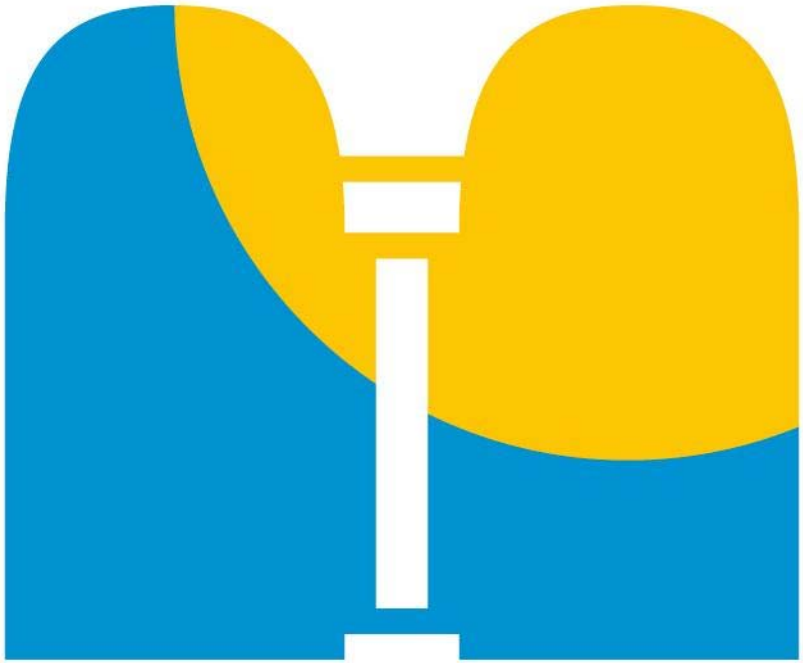


D8.9 Educational Material for University Studies

Old Building Renovation - Driving rain

Dr.-Ing. Rudolf Plagge
Bauphysikalisches Forschungs- und Entwicklungslabor
Institut für Bauklimatik der TU Dresden

The research leading to these results has received funding from the European Community's Seventh Framework Programme (FP7/2007-2013) under grant agreement n° 260162

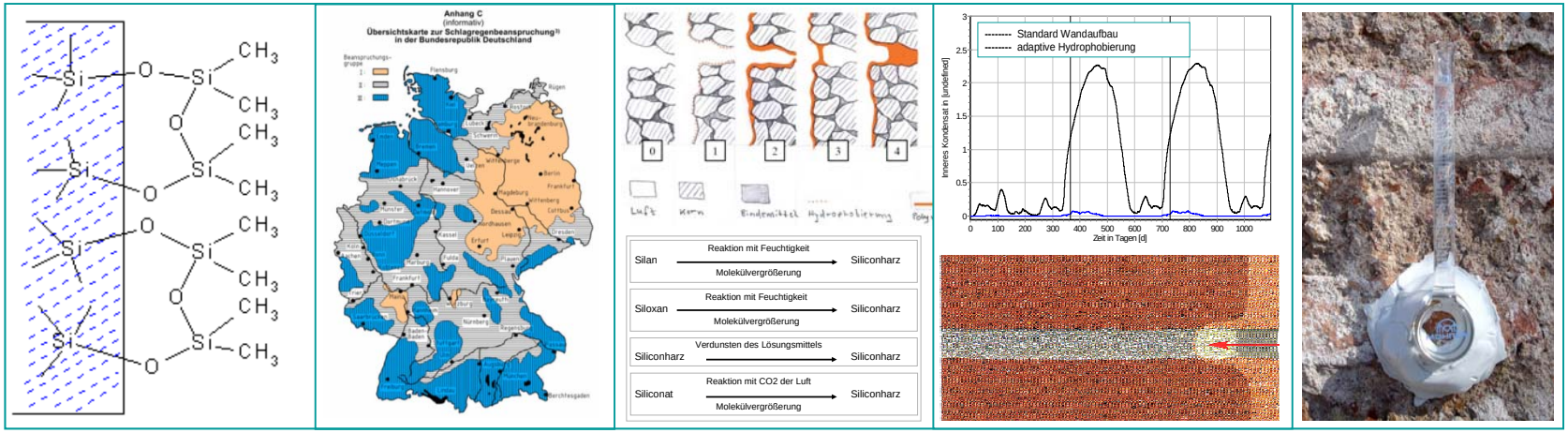
This document reflects only the author's views. The European Union is not liable for any use that may be made of the information contained therein.

Guiding principle

Presentation 7
Author: Rudolf Plagge
Partner: TU Dresden
University course: Altbausanierung, Hauptstudium (Refurbishment, post graduate)
Date: 13.05.2013 and 19.05.2014 (planned)
Place: Dresden, Bauphysikalisches Forschungs und Entwicklungslabor, Institut für Bauklimatik der TU Dresden
Title of the lesson: “Protection of driving rain”
Description of the contents: the lesson describes the problems of deterioration of building caused by water in masonries, roofs and basement. Then are illustrated the intervention techniques to ensure sanitation. Are finally are described the laboratory test that can be used to investigate these issues.
Name of the file: WP8_D8.9_20131007_TUD-Lessons 5

Blended Learning „Altbausanierung“

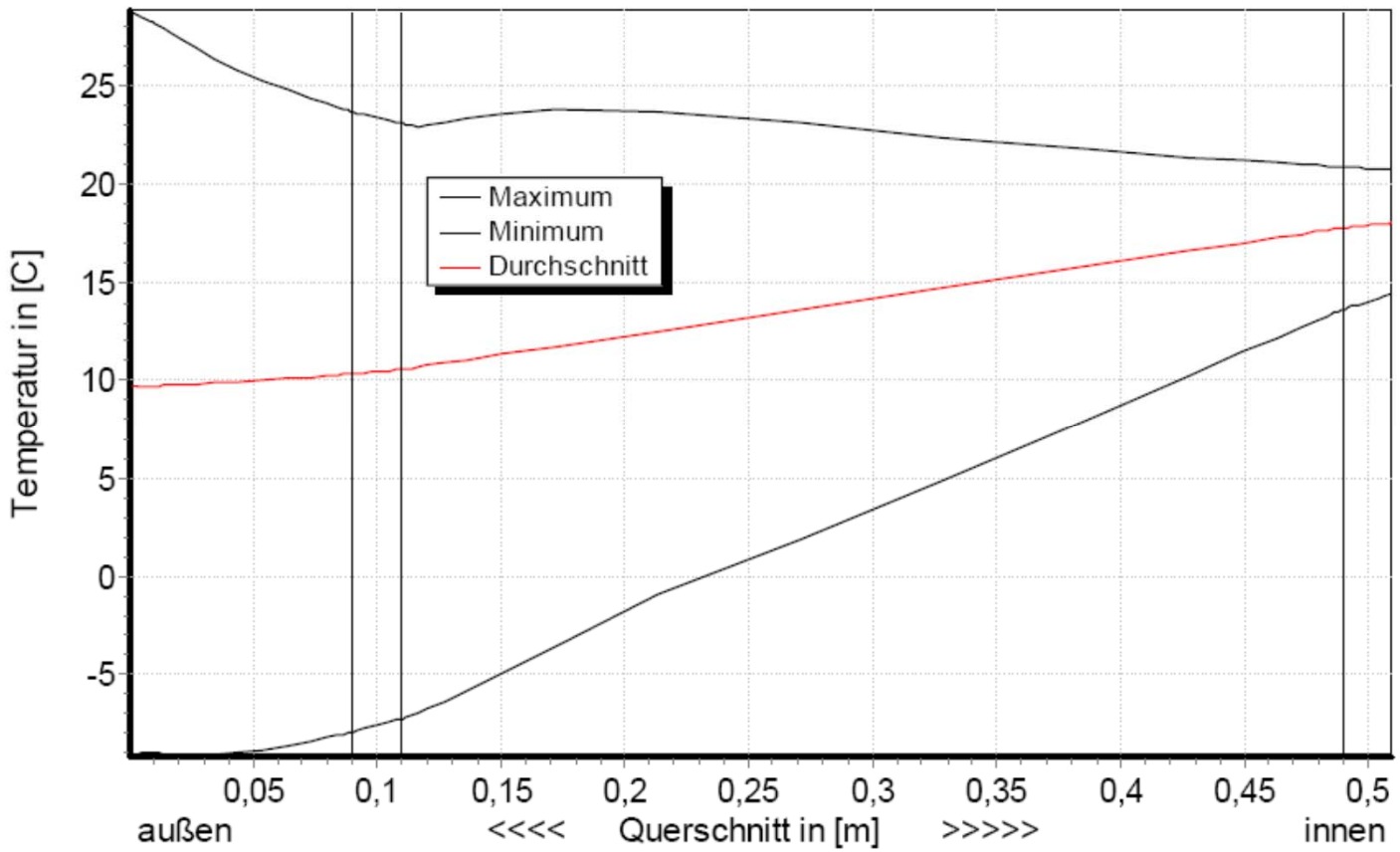
Altbausanierung 5, Schlagregenschutz



Dr.-Ing. Rudolf Plagge
Bauphysikalisches Forschungs- und Entwicklungslabor
Institut für Bauklimatik der TU Dresden

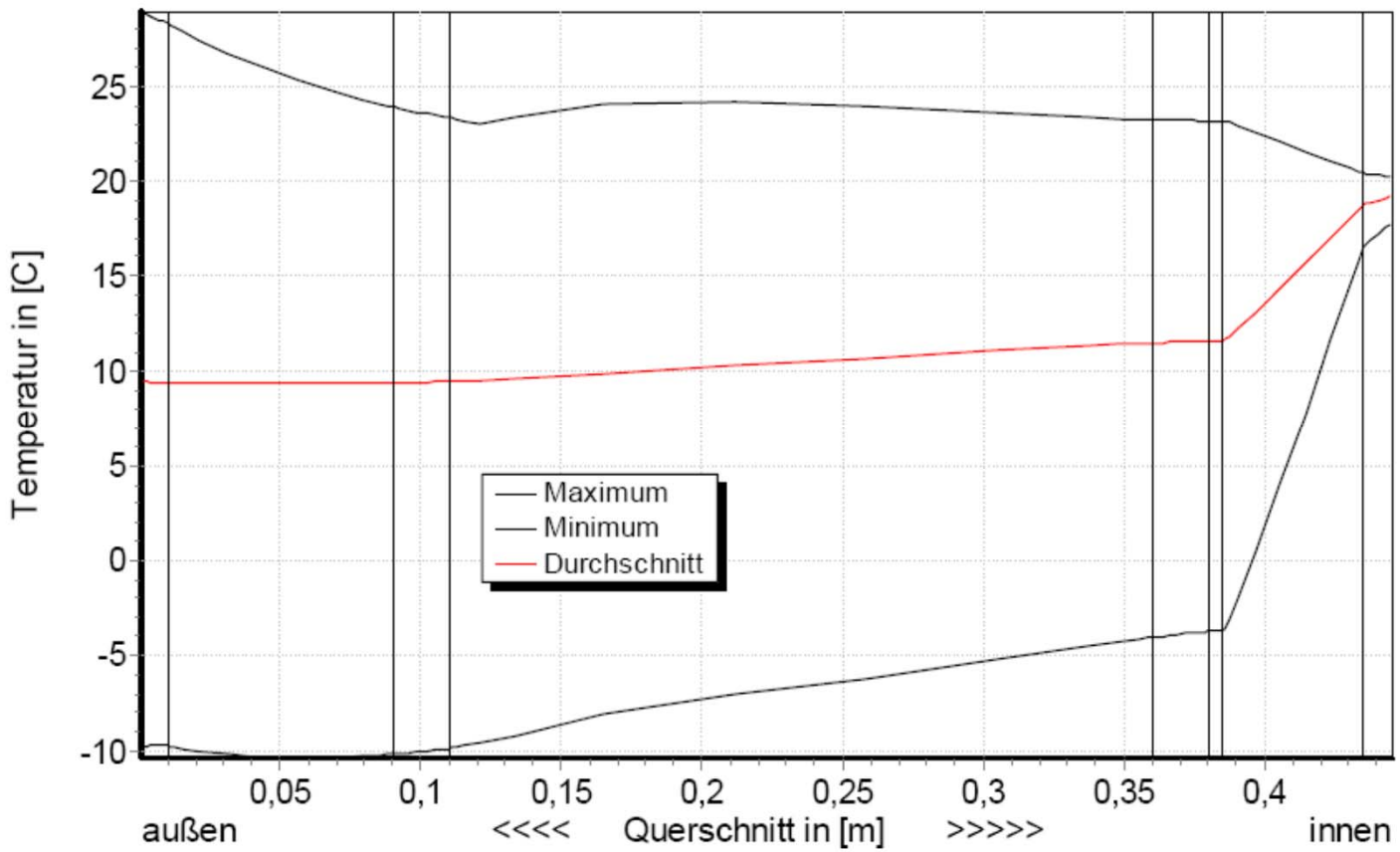
URBAN-Krankenhaus in Berlin Kreuzberg

Bewertung unsanierte Konstruktion



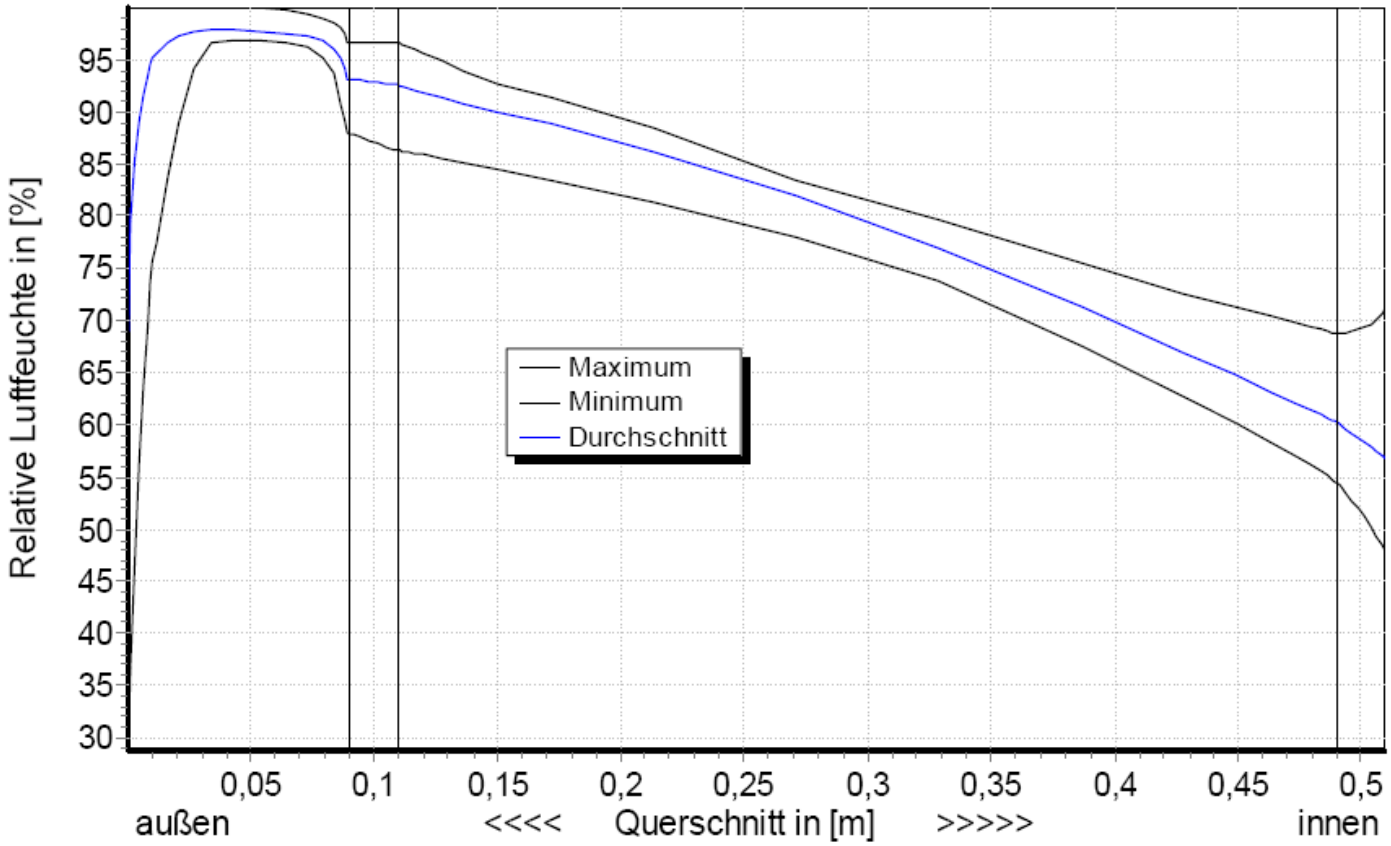
Charakteristische Temperatur-Profile beim Außenwandaufbau d=51 cm ohne Hydrophobierung der Fassade (TRY Potsdam)

Bewertung sanierte Konstruktion



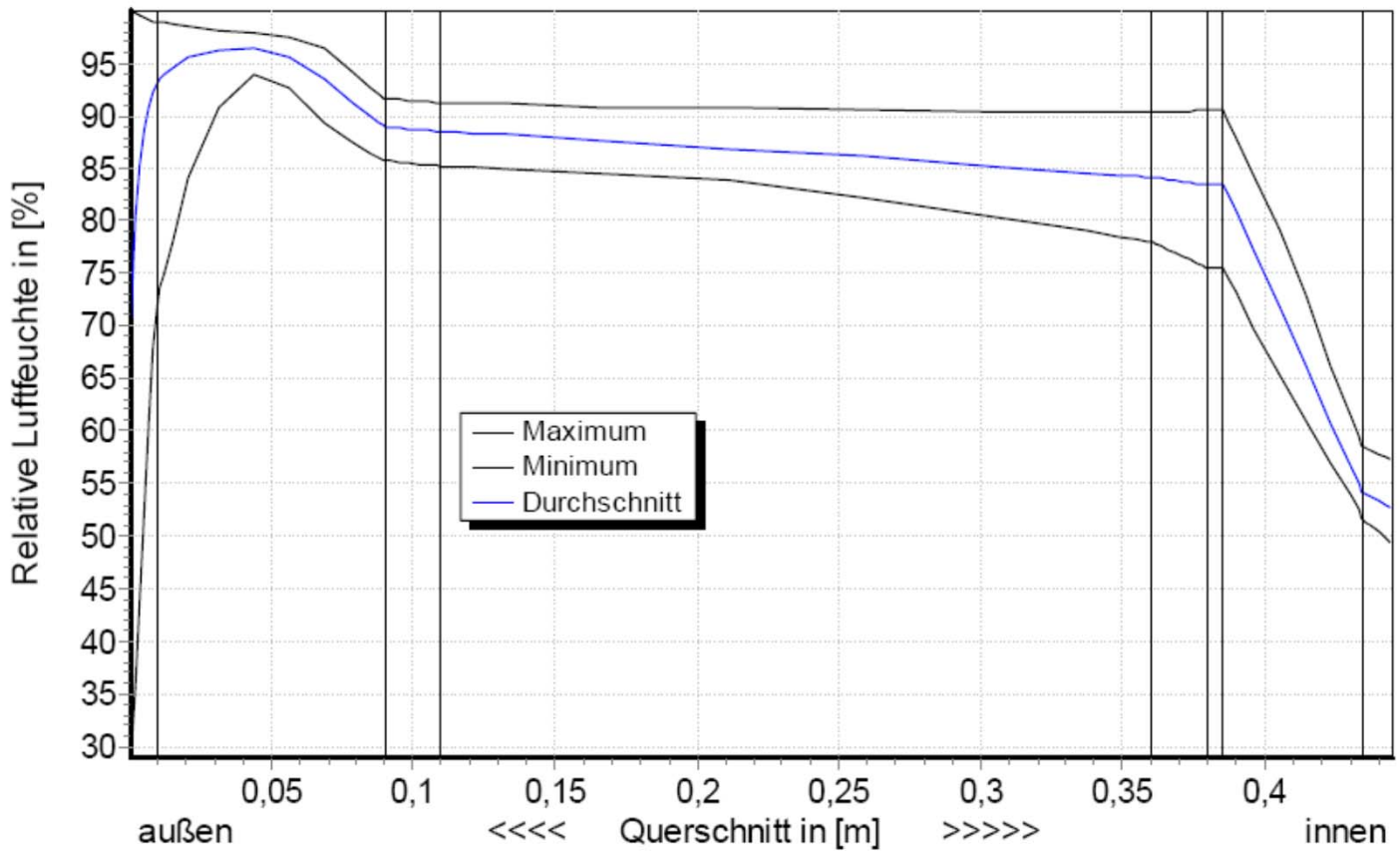
Charakteristische Temperatur-Profile beim Außenwandaufbau d=51 cm mit adaptiver Hydrophobierung der Fassade (TRY Potsdam)

Bewertung unsanierte Konstruktion



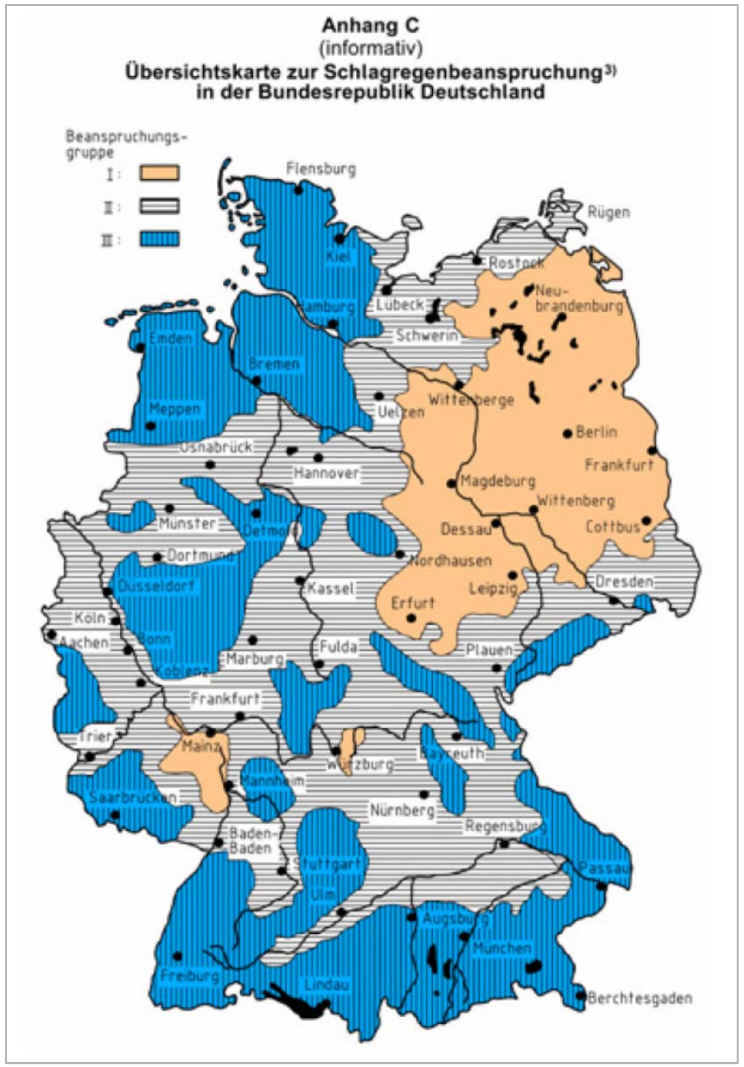
Charakteristische Luftfeuchte-Profile beim Außenwandaufbau d=51 cm ohne Hydrophobierung der Fassade (TRY Potsdam)

Bewertung sanierte Konstruktion



Charakteristische Luftfeuchte-Profile beim Außenwandaufbau d=51 cm mit adaptiver Hydrophobierung der Fassade (TRY Potsdam)

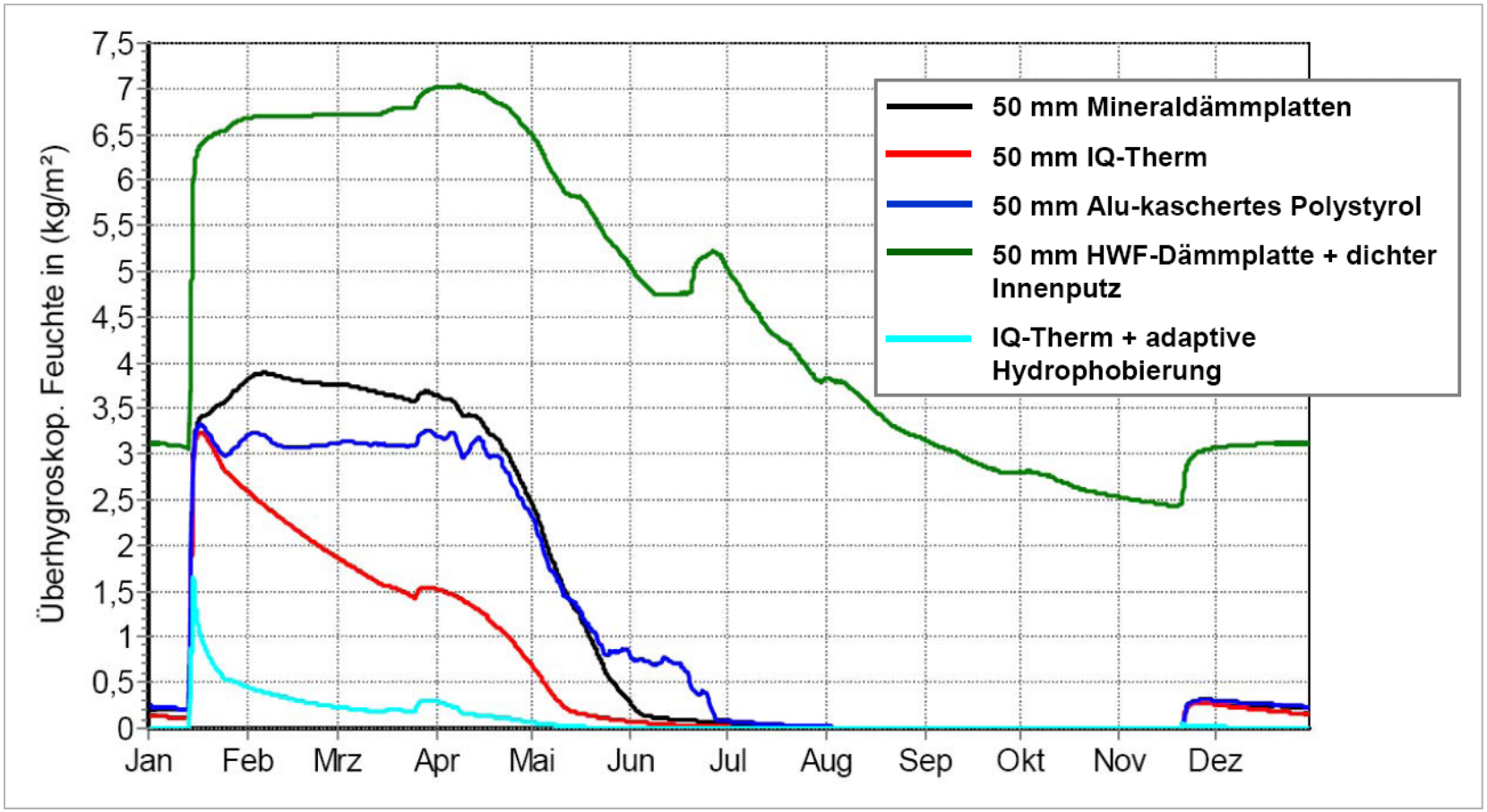
Schlagregenproblematik



Außenklima

Übersichtskarte der BRD zur Darstellung der Schlagregen-beanspruchungs-gruppe nach DIN 4108

Vergleich unterschiedlichen Innendämmsysteme bei Schlagregenbelastung

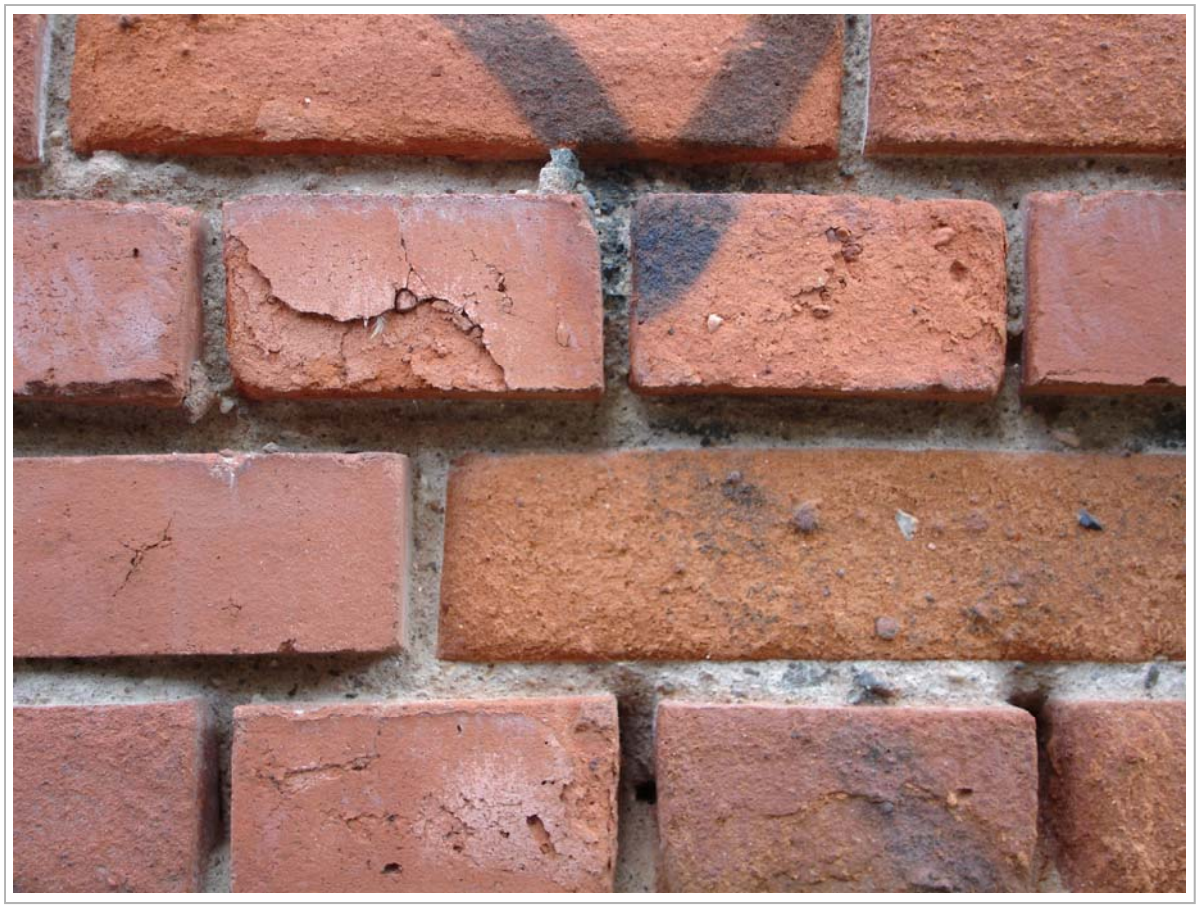


ca. 900 mm Schlagregen (Klasse 2 → 3)

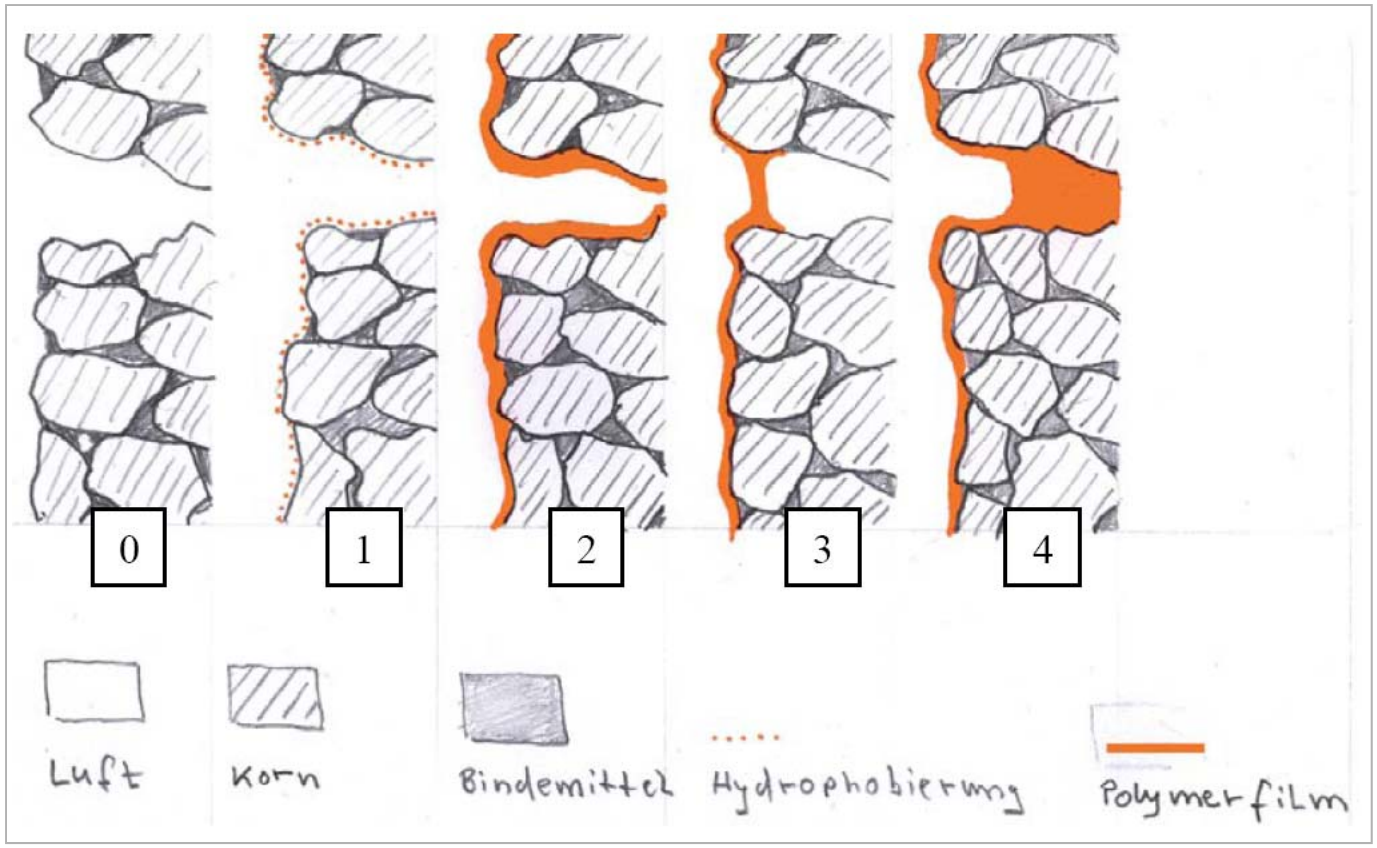
Konstruktiver Aufbau, Schlagregenschutz

Verfugung

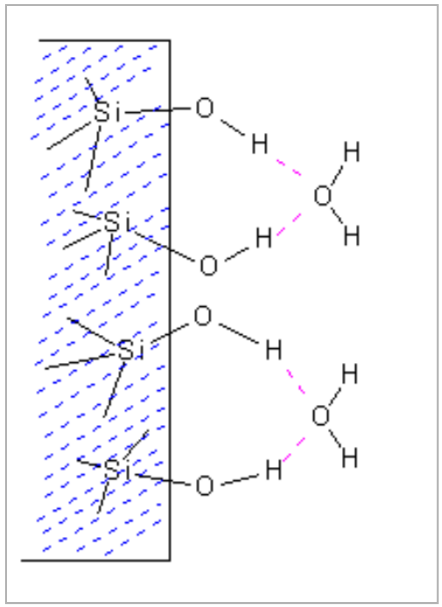
Frostsprengung



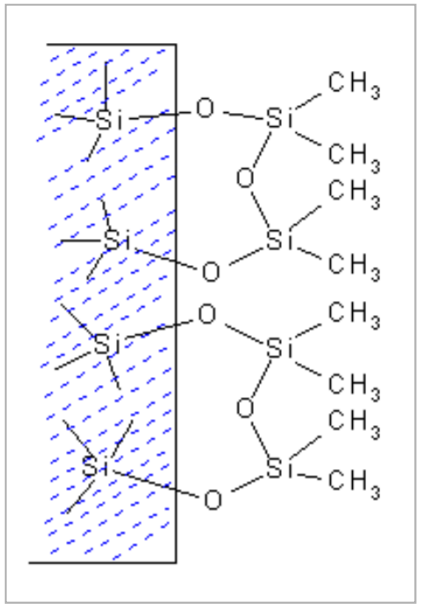
Schematische Darstellung verschiedener Steinschutzmaßnahmen



Wirkungsprinzip



Hydrophobierung



unbehandelte Baustoffoberfläche

(mit adsorbierten Wassermolekülen)

hydrophobierte Baustoffoberfläche

(Siloxanmoleküle fest gebunden und ihre wasserabstossenden Molekülteile (hier vereinfacht nur CH3-Gruppen) nach aussen gerichtet)

verschiedenen Wirkstoffe

Marktübliche Hydrophobierungsmittel
- Gemisch mehrerer Wirkstoffe mit diversen Hilfsstoffe
- vorwiegend organische Harze, Kieselsäureester, Titanester u.a.

Alkoxysilane (vereinfacht oft "Silane" genannt)
- gelöst in wasserfreien Alkoholen (z.B. Isopropanol)
- gelöst in aliphatischen Lösemitteln
- emulgiert in Wasser (z.B. das Triethoxyoctylsilan)

Alkoxysiloxane (oft einfach nur "Siloxane" genannt)
- Unterscheidung in oligomere und polymere Siloxane (kleine und große Moleküle)
- Gelöst in aliphatischen Lösemitteln
- Emulgiert in Wasser

Microemulsionskonzentrat (Silan und oligomere Alkoxysiloxan Gemisch)
Silicon-Mikroemulsionskonzentraten (SMK) = 100%iges Siliconprodukt, mit Wasser verdünnbar und dabei spontan eine Microemulsion bildet

verschiedenen Wirkstoffe

Siliconharze (Alkylpolysiloxane)

- gelöst in wasserfreien Alkoholen (z.B. Isopropanol)
- gelöst in aliphatischen Lösemitteln

Alkalisiliconate

- hochalkalische Lösungen von Kaliumsiliconat, reagieren mit dem Kohlendioxid der Luft, Zwischenstufe Silanol und dann zum Silikonharz

  → Kaliumcarbonat (Pottasche, K_2CO_3) als Nebenprodukt, (weißer Belag auf der Oberfläche)

  → werkseitigen Imprägnierung von Ziegeln, Gasbeton und ähnlichen Baustoffen

  → Injektagemitteln für nachträgliche Horizontalsperren enthalten (dort meist in Kombination mit Wasserglas).

verschiedenen Wirkstoffe

Silan —(Reaktion mit Feuchtigkeit / Molekülvergrößerung)→ Siliconharz

Siloxan —(Reaktion mit Feuchtigkeit / Molekülvergrößerung)→ Siliconharz

Siliconharz —(Verdunsten des Lösungsmittels)→ Siliconharz

Siliconat —(Reaktion mit CO_2 der Luft / Molekülvergrößerung)→ Siliconharz

Zubereitungsformen

Imprägnier-Emulsionen, wässrig

- lösemittelfreie, **wasserbasierte Emulsionen** aus Kombinationen von Silanen und/oder Siloxanen
- wasser- und lösemittelfreie **Konzentrate**, vor der Verarbeitung mit Wasser verdünnt und dabei emulgiert (sogen. Mikroemulsionen)

Imprägnier-Paste

- hochviskose (thixotrope) Emulsionen von Siloxanen und Silanen in Wasser
- Verarbeitung der Creme mittels Rolle, Bürste oder Airless- Spritze aufgebracht werden, ohne dass sie abläuft (Methylsiliconharz, Emulgatoren, Wasser und Octyltriethoxysilan)

Imprägnier-Lösungen, lösungsmittelhaltig

- hochalkylierte Alkoxysiloxane, lösen sich nur in Benzin oder ähnlichen organischen Lösungsmitteln

Imprägnier-Lösungen, wässrig

wässrige Lösung = Kalium-Methylsiliconate oder Kalium-Propylsiliconate eingeschränkten Anwendungsbereich

richtige Anwendungstechnik

Wirksamkeit der Imprägnierung von der Höhe der Eindringtiefe bestimmt, optimale Eindingtiefe → 6-8 mm, materialabhängig
erzielbare Eindringtiefe abhängig von:

- **Saugfähigkeit** des zu imprägnierenden Baustoffes
- **Feuchtegehalt** zum Zeitpunkt der Imprägnierung
- **chemisch-physikalischen Wechselwirkungen** zwischen Baustoff und Wirkstofflösung
- **Art des Wirkstoffes** (u.a. der Größe der Moleküle, chemische Struktur)
- **Konzentration des Wirkstoffes** (zu viel Wirkstoff schadet eher)
- **Art des Lösungsmittels** (je nach Wirkstoff und Untergrundgegebenheiten wechselt das optimale Lösungsmittel)
- **Anwendungstechnik** (Verarbeitungsweise, Auftragsmenge, Kontaktzeit, Anzahl der einzelnen Arbeitsgänge und Zeitabstände

Verarbeitung

Wie feucht darf der Untergrund sein

- Oberfläche relativ trocken, Baustoff im Inneren sehr feucht → ok
- trockener Baustoff, nach einem Regenschauer oberflächennaß → nein
- moderne Imprägniermittel (Cremes)selbst bei feuchter Witterung verarbeitbar, siehe Herstellerangaben im Technischen Merkblatt!

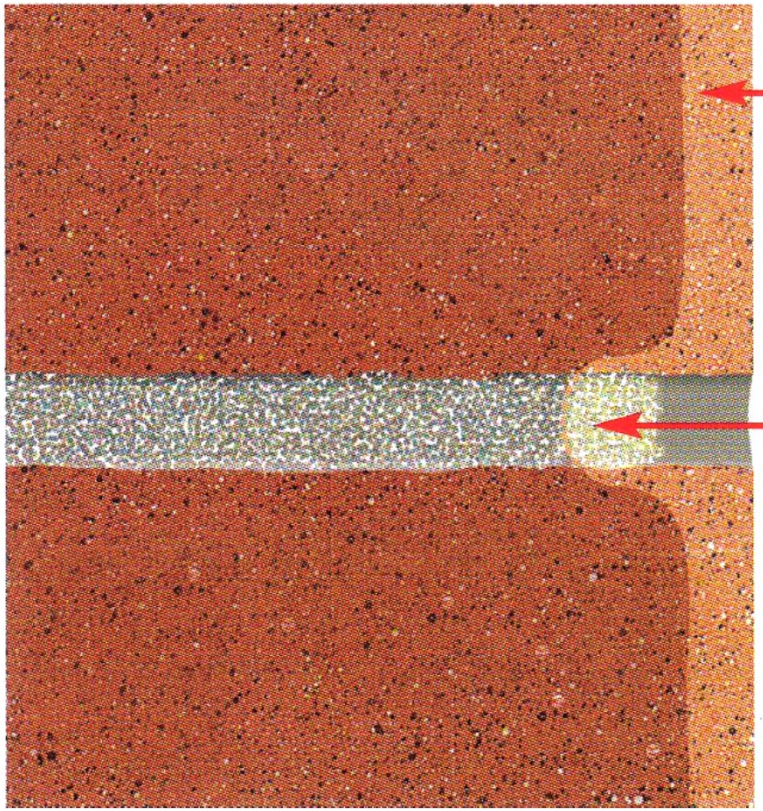
Verarbeitung:

- malerüblichen **Airlessgeräte**
- **Quast** (Bürste), Fellrolle oder weicher Pinsel (Flutung mit dem erforderlichen Materialüberschuss nur bei kleinen Flächen sinnvoll)
- **Flutverfahren** an senkrechten Flächen, sattes tränken der Fläche (herunterlaufen der Lösung bis zu einem halben Meter an der Fläche)
- → mehrmaliger Auftrag größere Eindringtiefen
  → zweimal kurz besser als einmal lang gespritzt
  → immer nass in nass

Also: Zügig arbeiten, große Fläche in viele kleine unterteilen

Wirkstoffgruppe	Wirkstoffe (Beispiele)	Lösungsmittel	Untergrund	Bemerkungen	typische Handelsprodukte
	anhydrolisiertes Silan (niedermolekulares)	wasserfreier Alkohol (Isopropanol)	Beton, KS, Naturstein, Putz, Ziegel, Gips?	aufgrund des Isopropanols speziell für Fassadenbauteile mit lösemittelempfindlichen Baustoffen wie z. B. Polystyrol, Bitumen,	Funcosil SN (Remmers)
		aliphatische Lösungsmittel			wird nur in Gemischen mit Siloxanen angeboten (s.u.)
Silan	Octyltriethoxysilan	Emulsion in Wasser	KS, Naturstein, Putz, Ziegel, Porenbeton, Leichtbeton; Gips?		Funcosil WS (Remmers)
Siloxan	oligomeres Alkylalkoxysiloxan	aliphatische Lösungsmittel	Beton, KS, Naturstein, Putz, Ziegel, (alkalische Untergründe bei manchen Produkten nur mit		Funcosil SNL (Remmers); Ceretec CT 12 (Ceresit); Vesterol Siloxan (Hahne)
Siliconharz	polymere Siloxane	aliphatische Lösungsmittel			
Siliconat	Kalium-Methylsiliconat	Wasser	nicht für Fassaden einsetzbar; für nachträgliche Hydrophobierung von z.B. Gipskarton- oder Gipswandbauplatte jedoch brauchbar	stark alkalische Lösung (pH=13); wird als Hydrophobierungsmittel so gut wie nicht eingesetzt; dafür um so öfter in Komb. mit Wasserglas als Bohrlochinjektagemittel für	kein Handelsprodukt bekannt; Produzenten sind u.a. die Wacker Chemie: "Wacker Bautenschutzmittel BS 15" und GE-Silicones: "Baysilone Imprägniermittel SK"
Silan-Siloxan-Gemisch	Silane und oligomere Alkoxysiloxane	aliphatische Lösungsmittel	Beton, KS, Naturstein, Putz, Ziegel, auch frische hochalkalische Untergründe (Beton, Kalksandstein, frische		Ceretec CT 11 (Ceresit); Siloxan Fassadenimprägnierung (Colfirmit Rajasil)
		Emulsion in Wasser (Mikroemulsion)	Beton, KS, Naturstein, Putz, Ziegel; Gips?	Konzentrat; muss vor der Anwendung mit Wasser verdünnt werden	Unil SMK (Kulba); Hydrophobierung LF (Ispo); Fassadenschutz conc. (Kertscher); Sikagard 702 W-Aquaphob (Sika)
		Emulsion in Wasser	Beton, KS, Naturstein, Putz, Ziegel; Gips?		PCI-Siliconal W (PCI Augsburg); Vesterol SSW (Hahne); Trock'ne Mauer Silicon-Imprägnierung (Lugato);
	+ Octyltriethoxysilan oder Alkylalkoxysilan + Alkylalkoxysiloxan	pastöse Emulsion in Wasser	Beton, KS, Naturstein, Putz, Ziegel; Gips?	als Pasten, keine fließende Lösung aber trotzdem mit gutem Eindringverhalten; der Vorteil gegenüber den Lösungen: Die Paste kann auch über Kopf verarbeitet werden.	StoCryl HC 100 (StoCretec); Infos auch unter den Rohstoffen: "Baysilone Impregnating Cream TP 3803" (GE-Silicones) oder unter WACKER BS® "Creme C" und "Creme D"

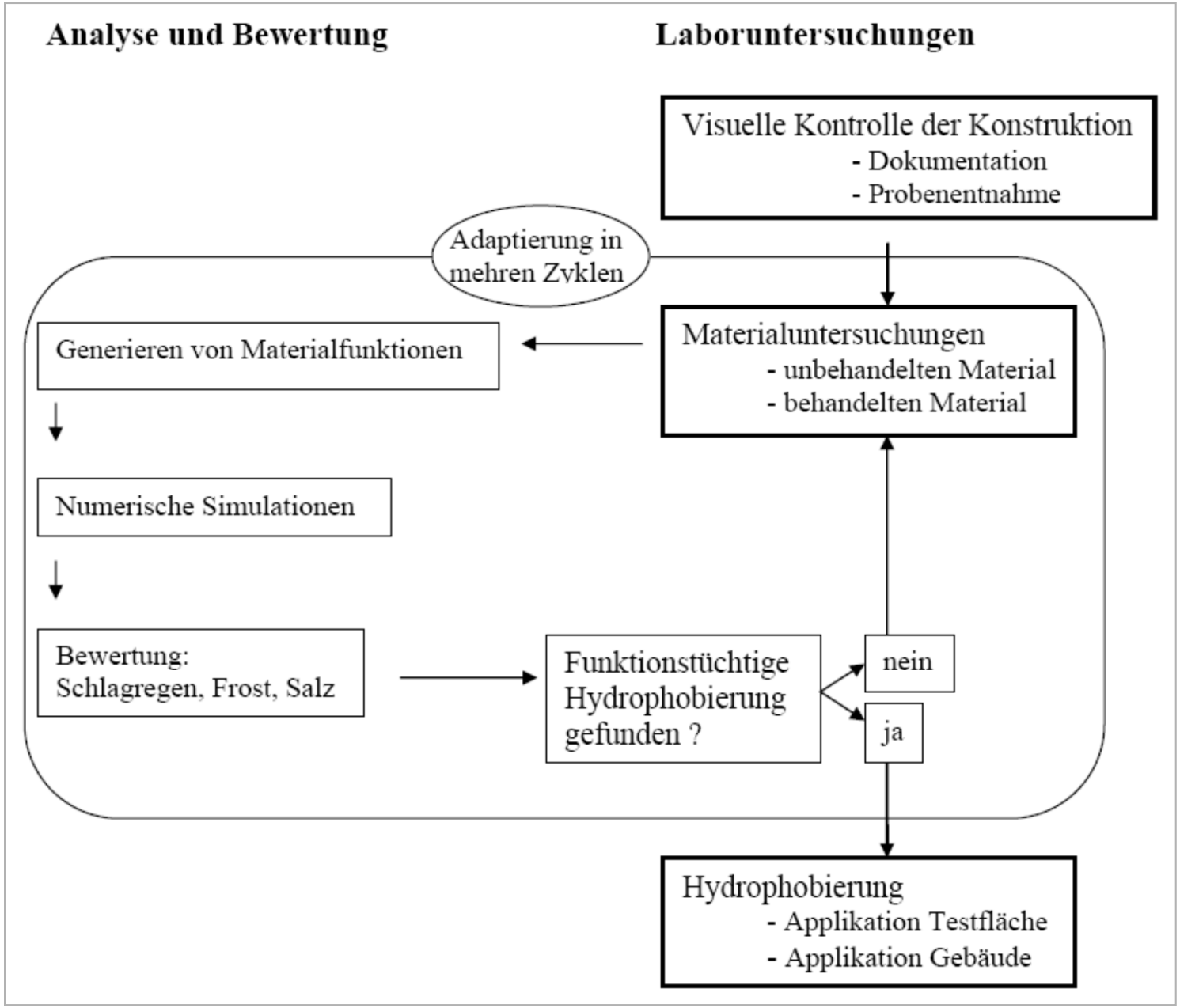
Wirkungsweise einer hydrophoben Imprägnierung



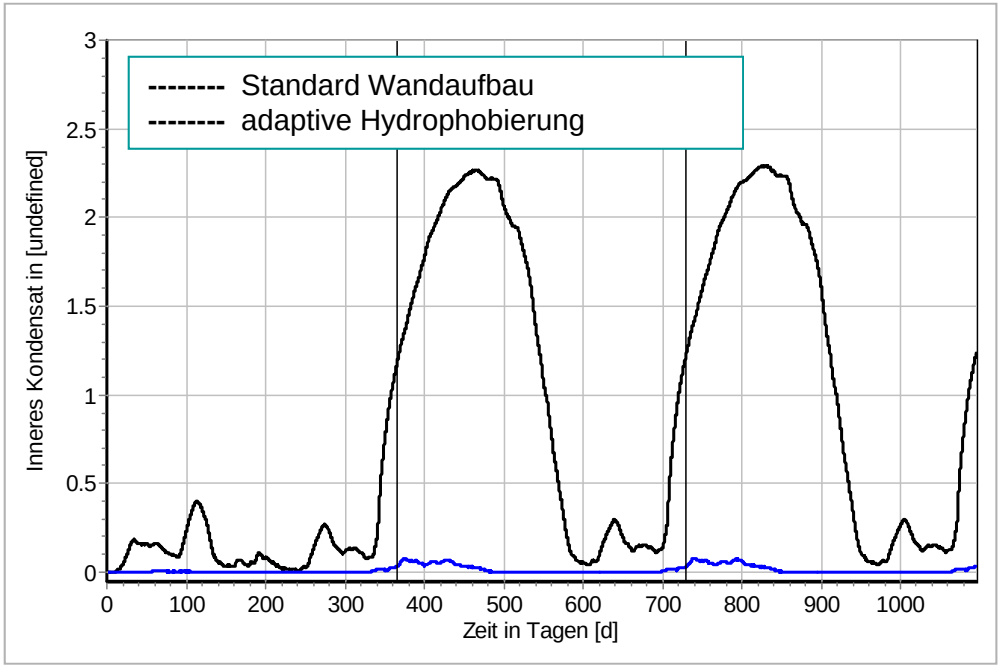
Hydrophobe Zone, Ziegel wasserabweisend ausgerüstet

Fuge und Ziegel oberflächenbündig (keine Risse, Kanten und Angriffsflächen mehr

Fuge kraftschlüssig instandgesetzt, auch der ursprüngliche Mauermörtel ist wasserabweisend ausgerüstet

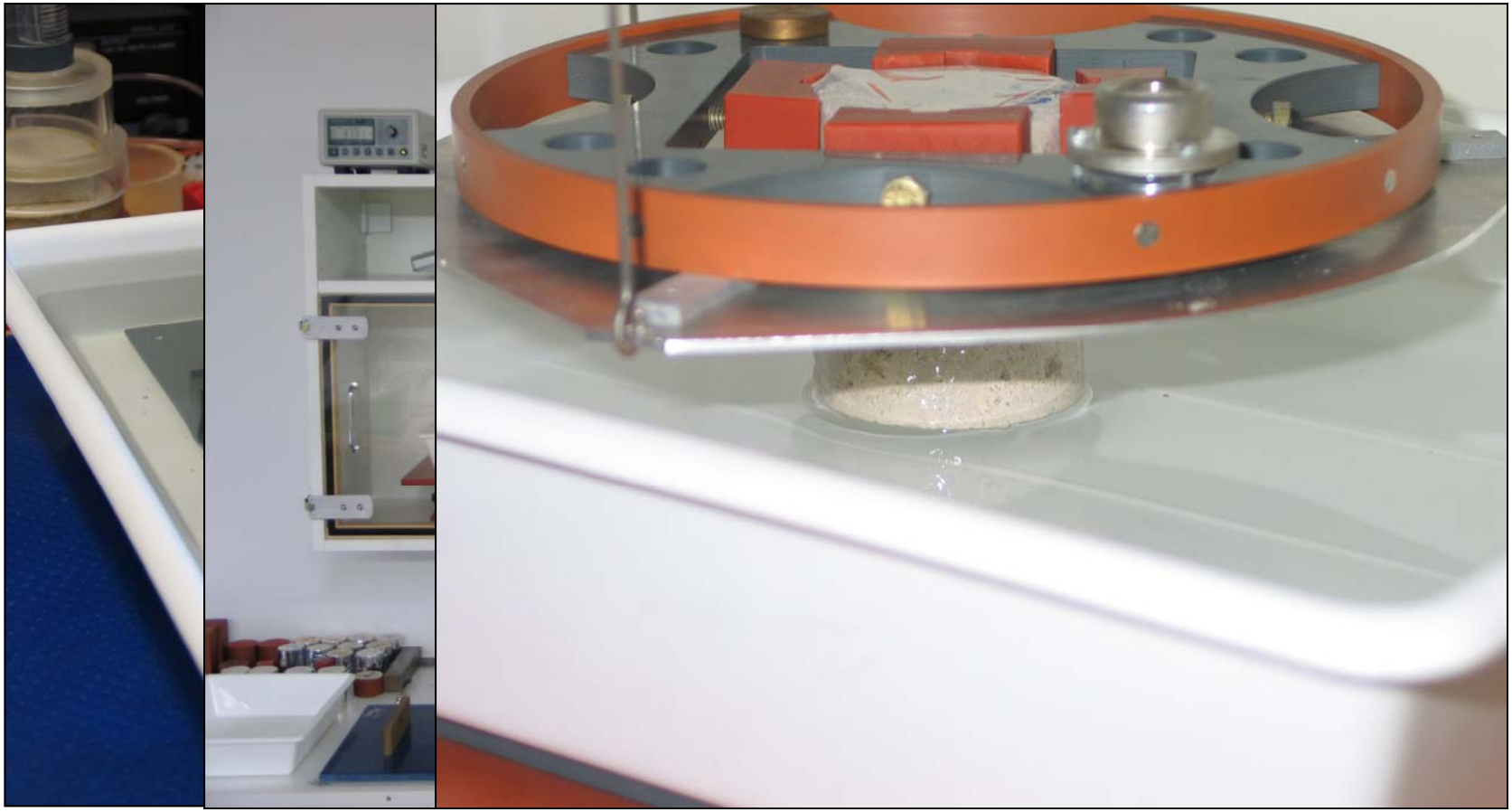

Analyse und Bewertung
Laboruntersuchungen
Visuelle Kontrolle der Konstruktion
- Dokumentation
- Probenentnahme
Adaptierung in mehren Zyklen
Materialuntersuchungen
- unbehandelten Material
- behandelten Material
Generieren von Materialfunktionen
Numerische Simulationen
Bewertung:
Schlagregen, Frost, Salz
Funktionstüchtige Hydrophobierung gefunden ?
nein
ja
Hydrophobierung
- Applikation Testfläche
- Applikation Gebäude

Adaptive Hydrophobe Imprägnierung



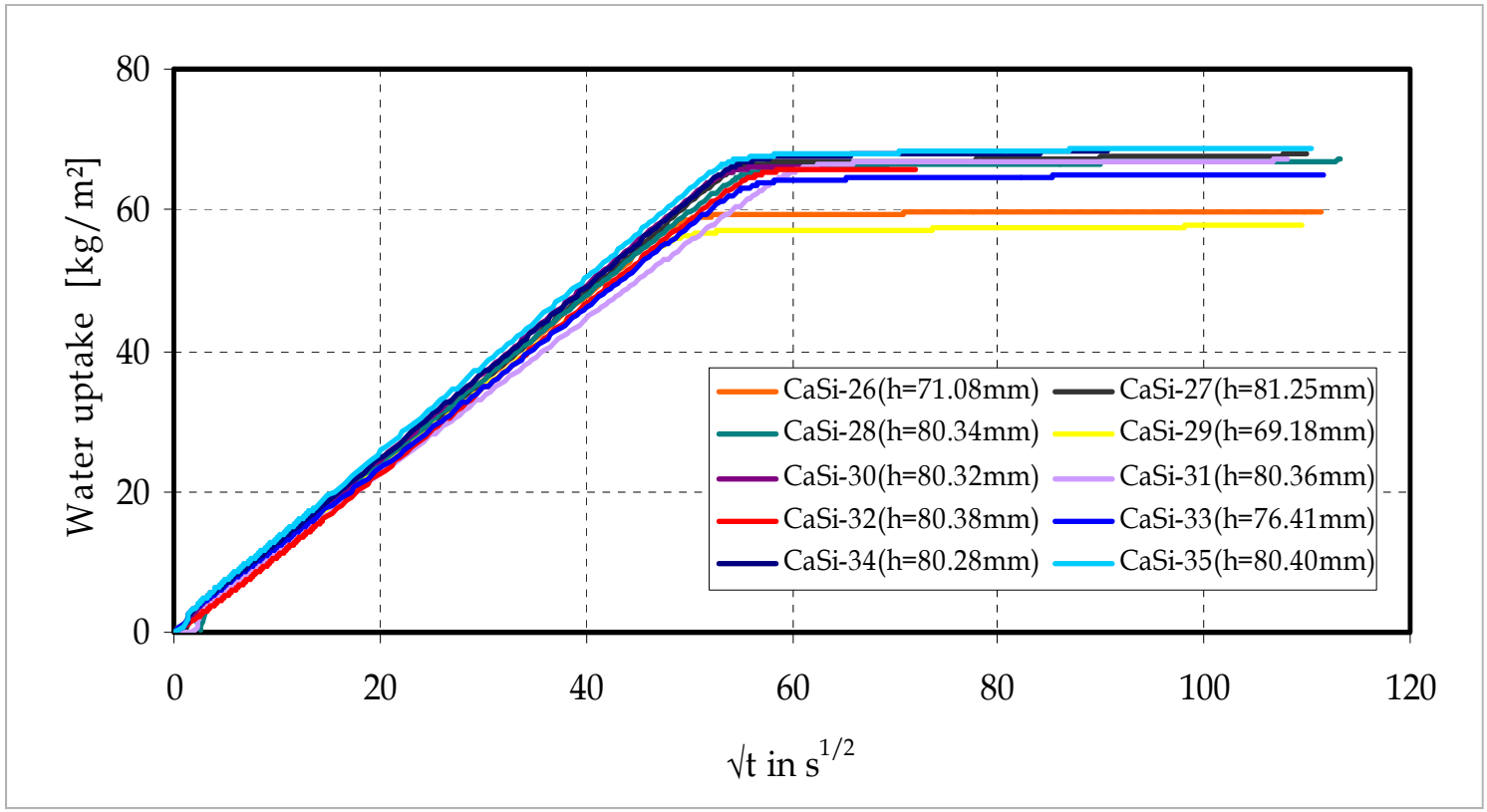
- hohe Funktionssicherheit und Dauerhaftigkeit des Schlagregenschutzes,
- homogenes Eindringen bis in 15mm Tiefe,
- Einsatz auch auf feuchten Untergründen → Emulsionscreme
- Erhalt des Trocknungspotentials nach Innen mit kapillaraktiven Dämmstoffen,
- unveränderter optischer Eindruck nach der Maßnahme

Hygrothermische Stoffkennwerte: Wasseraufnahme Experiment

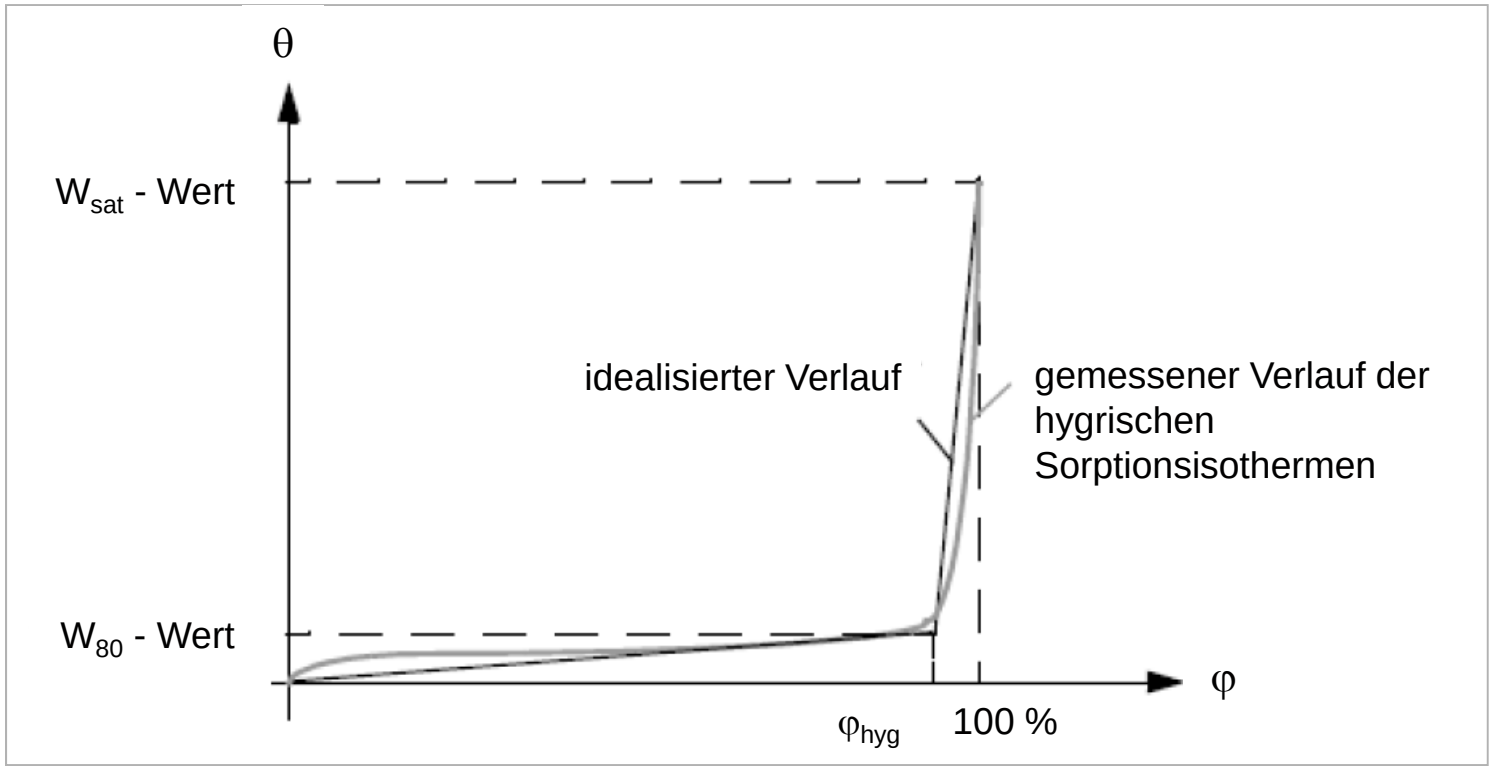


Manuelle Bestimmung des Wasseraufnahmekoeffizienten **Automatische Bestimmung des Wasseraufnahmekoeffizienten**

Reproduzierbarkeit, Wasseraufnahmeexperiment



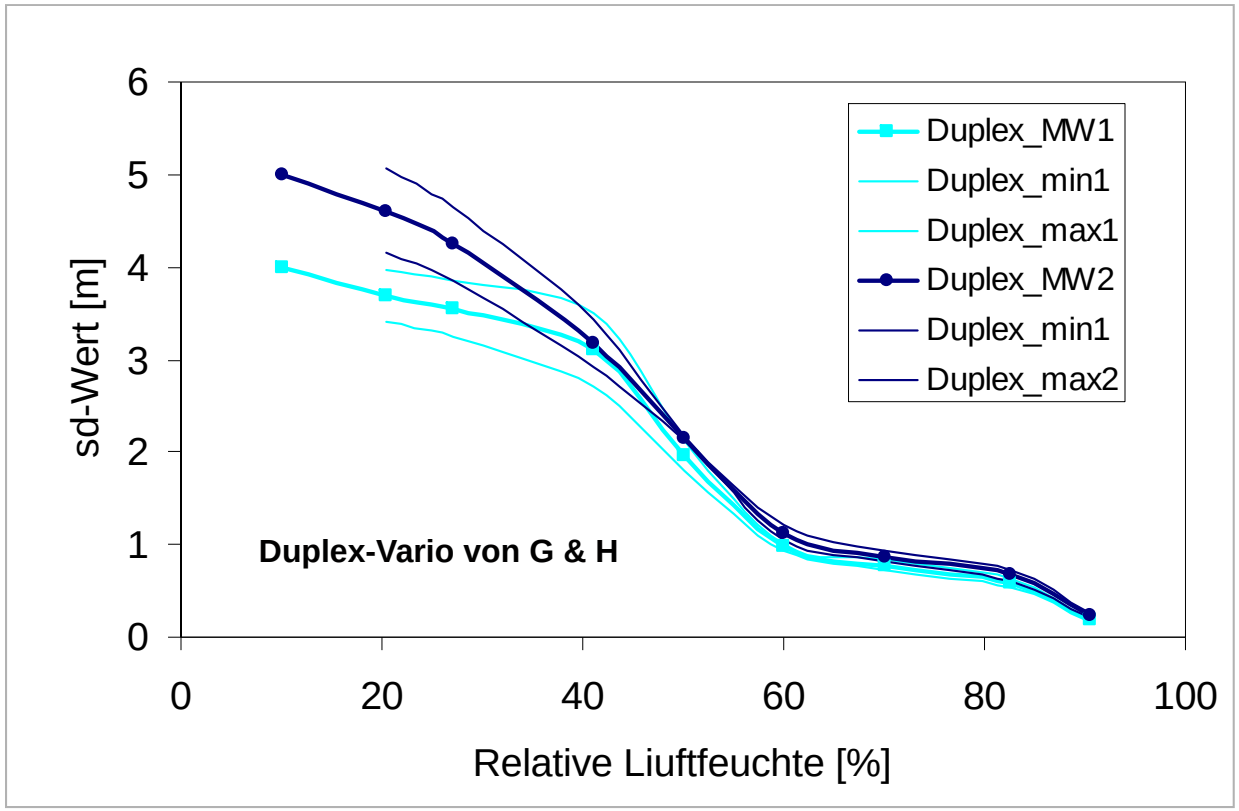
Hygrothermische Stoffkennwerte: Ausgleichsfeuchte und Sättigungsfeuchtegehalt



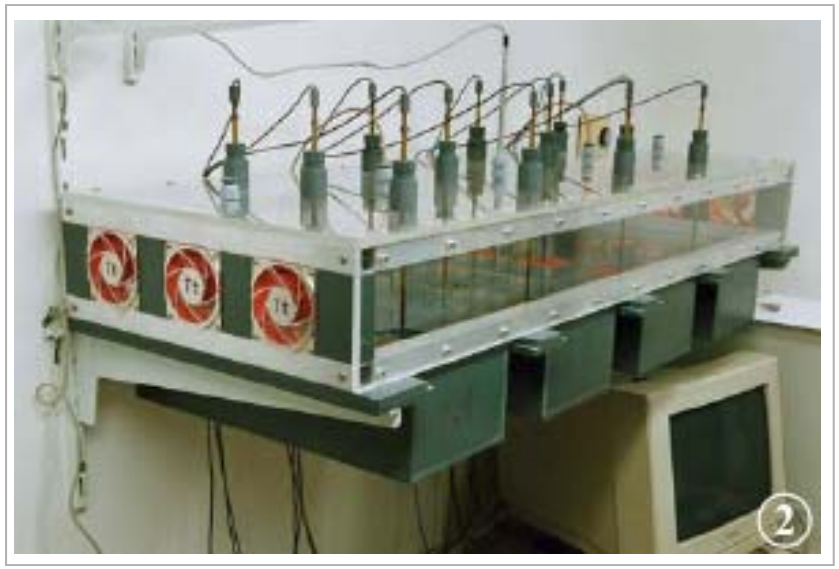
Hygrothermische Stoffkennwerte: Wasserdampf-Diffussionsexperiment

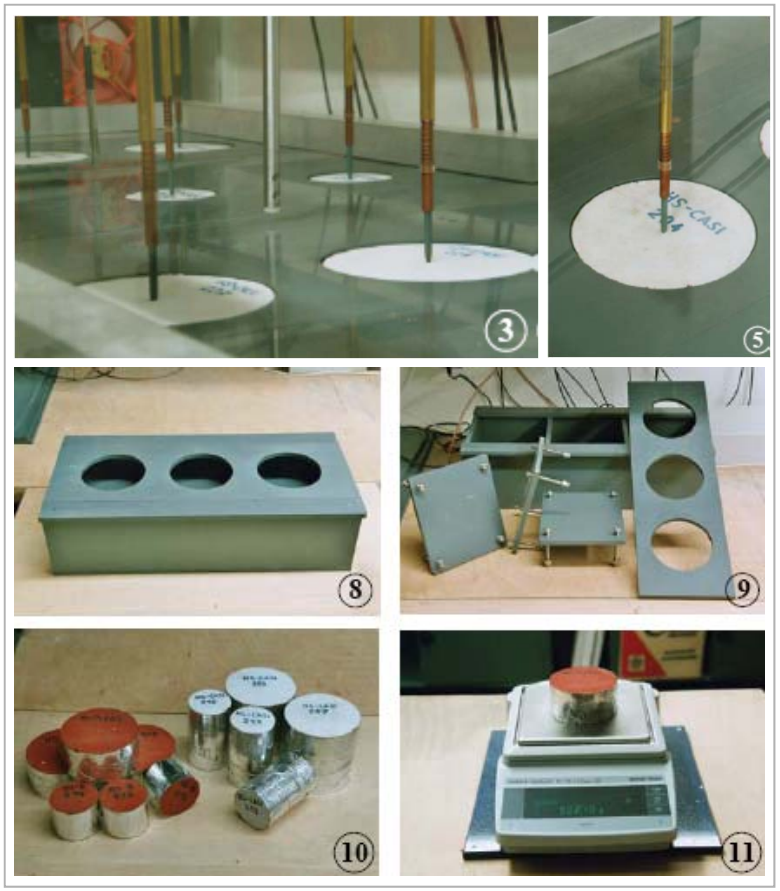
Bestimmung der Wasserdampfdiffusion
(dry-cup und wet-cup Messungen)

Feuchteabhängige Wasserdampfdiffussion



Verdunstungsexperimente

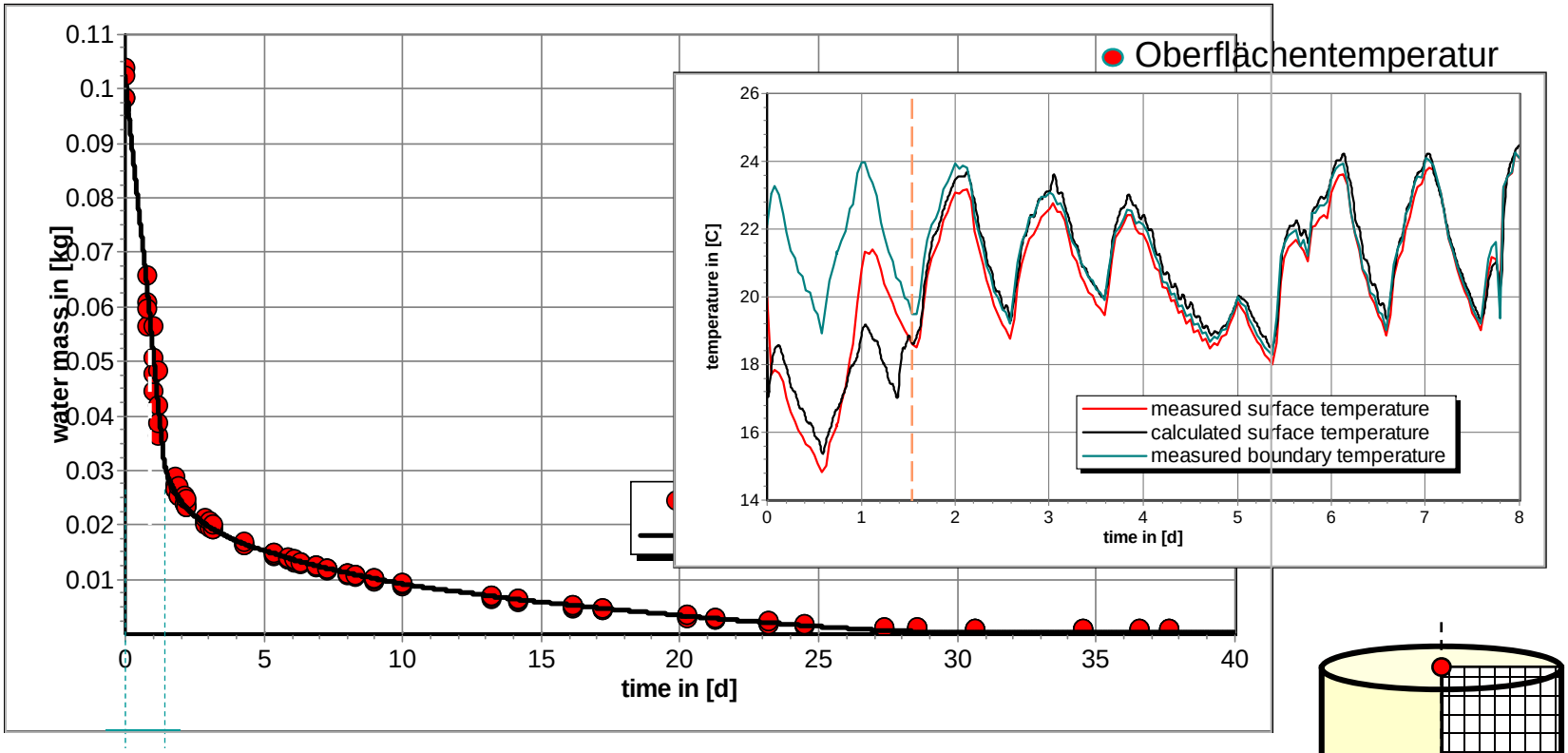


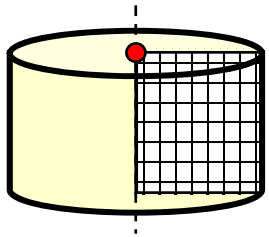


Bestimmung von:

- Oberflächenaustauschkoeffizient
- Trocknungszeiten
- Verdunstungdpotential

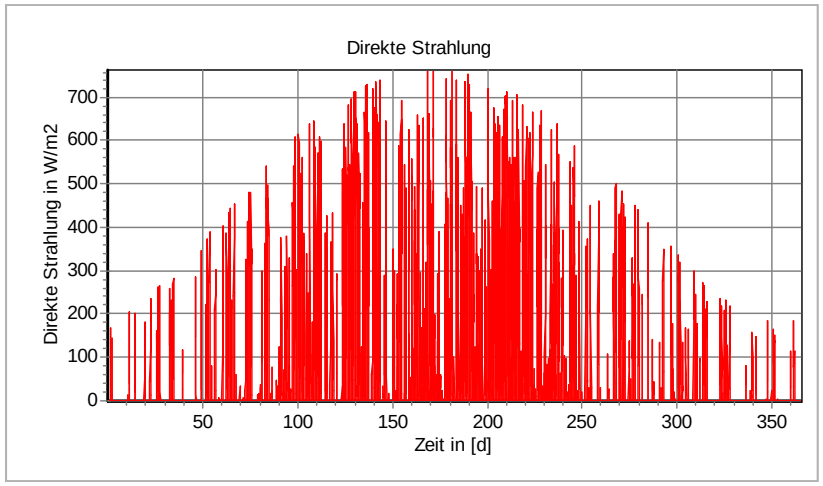
Simulation von Verdunstungsexperimenten

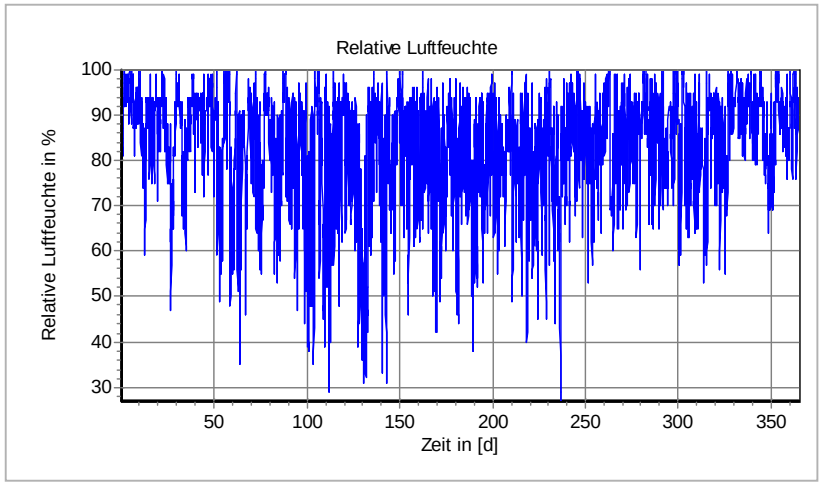


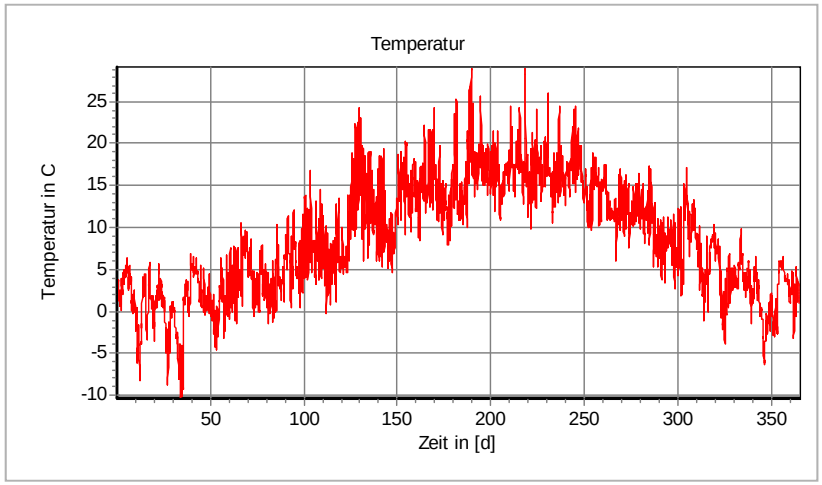


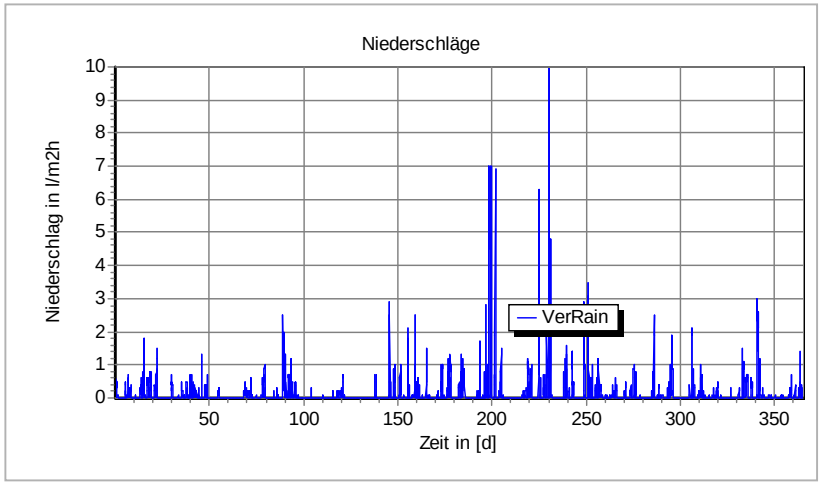
Informationen zum Oberflächenaustauschkoeffizienten
Vergleich: Trocknung einer Probe gemessen und berechnet

Reale Klimabelastung

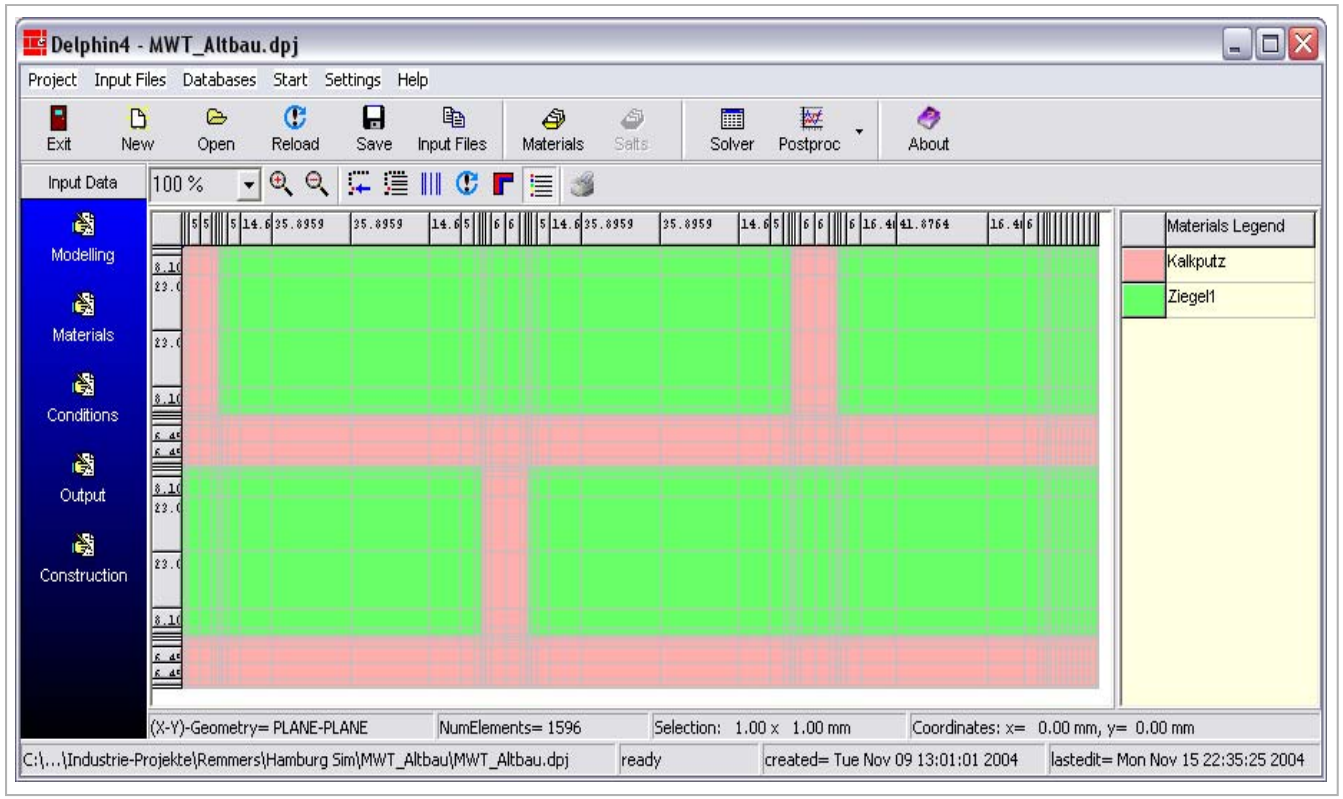








Ziegelkonstruktion - 36ger Wandaufbau



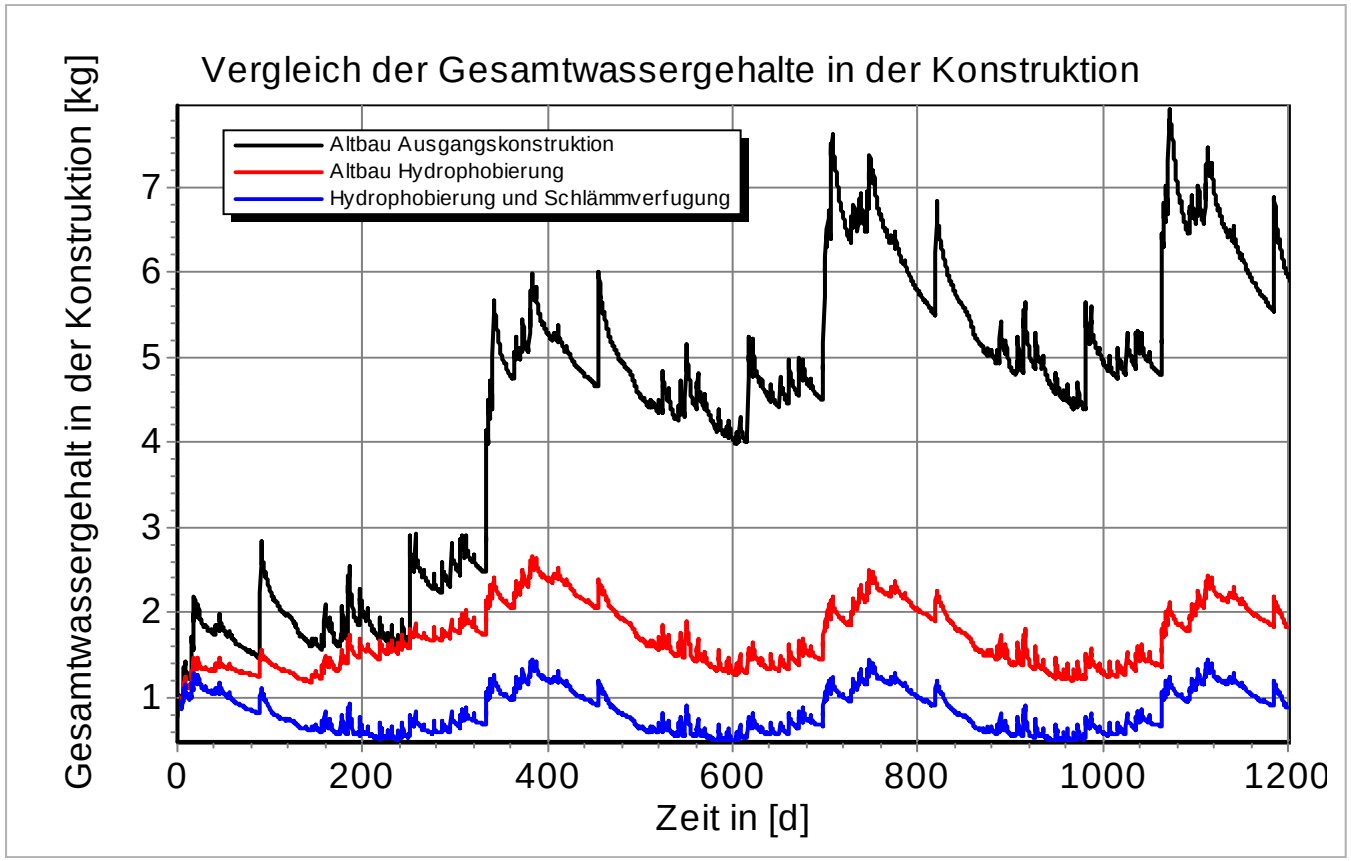
Hygrothermische Simulation unter Realklima

Simulationen

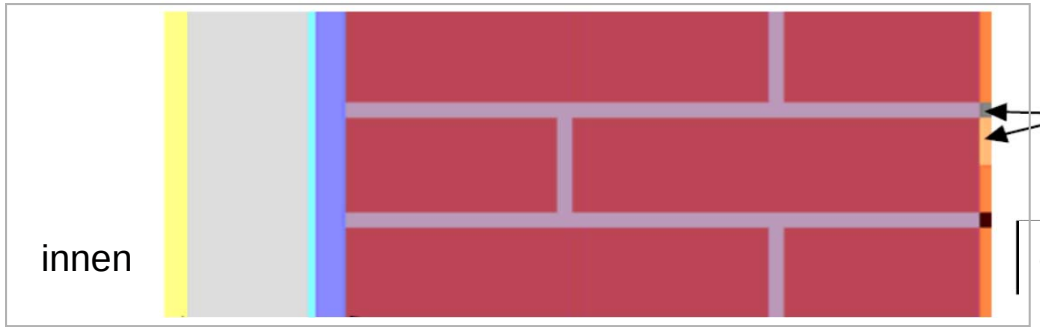
Bestandsgebäude

Gebäude mit adaptiver hydrophober Imprägnierung

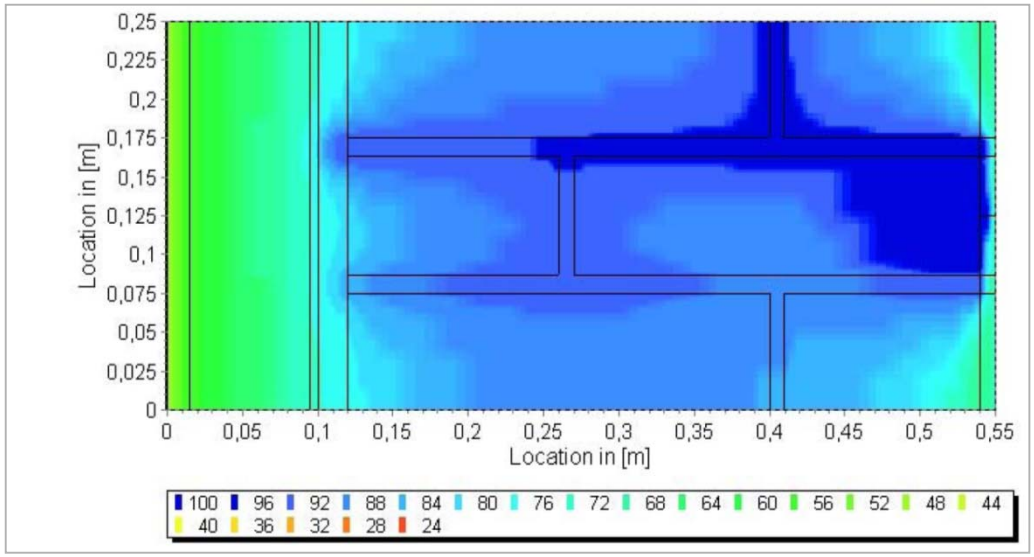
Systemvergleich: Altbau, Imprägnierung und Schlämmverfugung



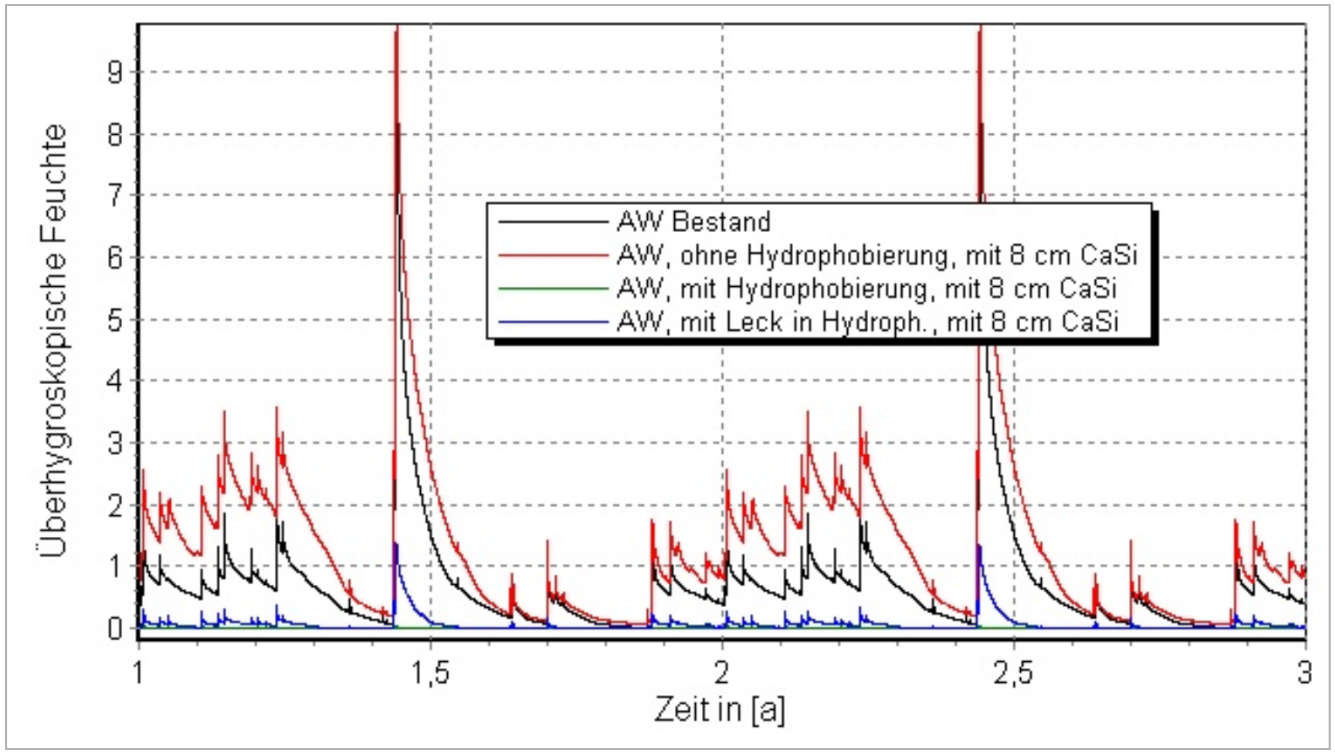
Hydrophobierung mit Fehlstellen, Außenwand mit 80 mm Calciumsilikat



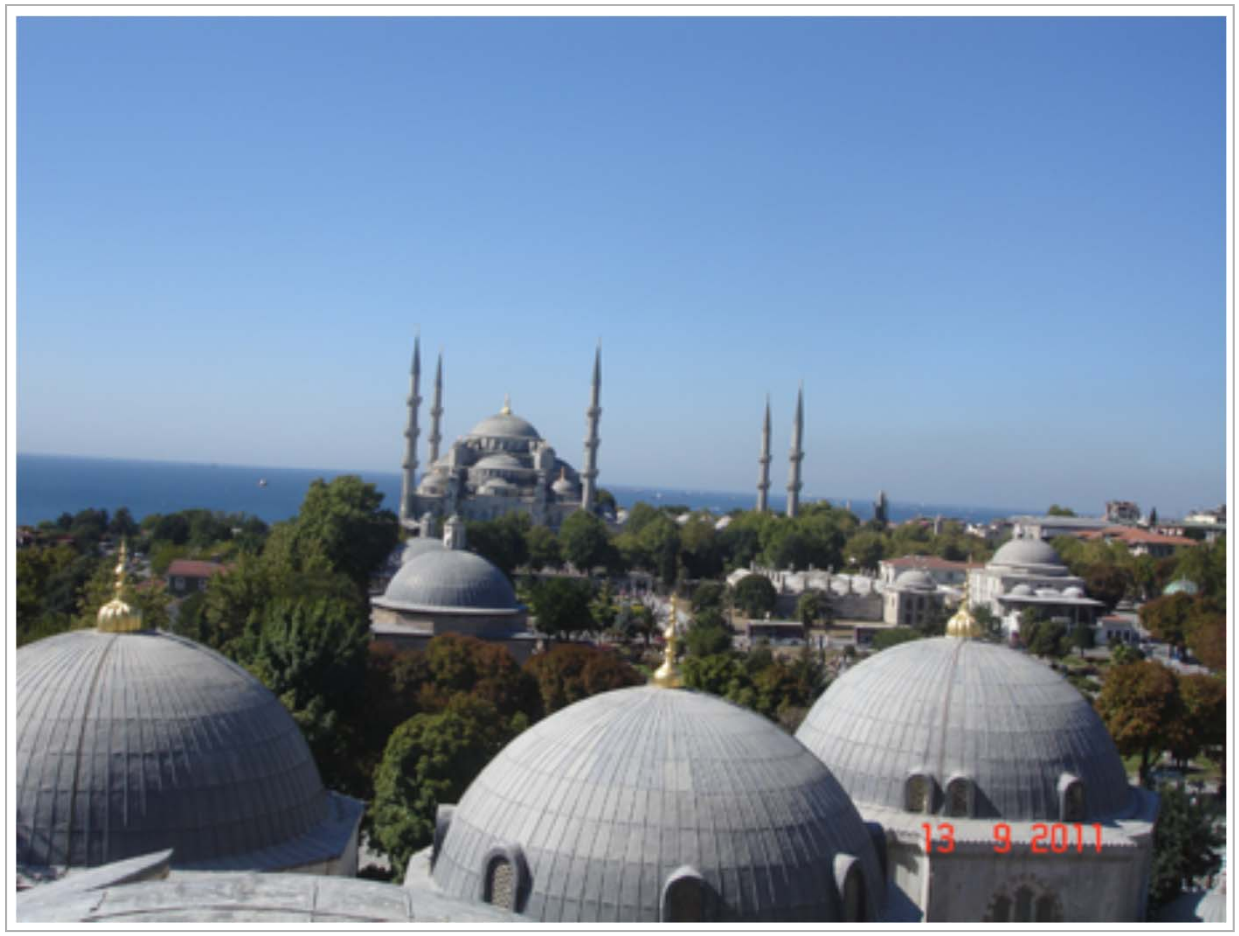
Fehlstellen mit adaptiver hydrophober Imprägnierung



Hydrophobierung mit Fehlstellen, Außenwand mit 80 mm Calciumsilikat

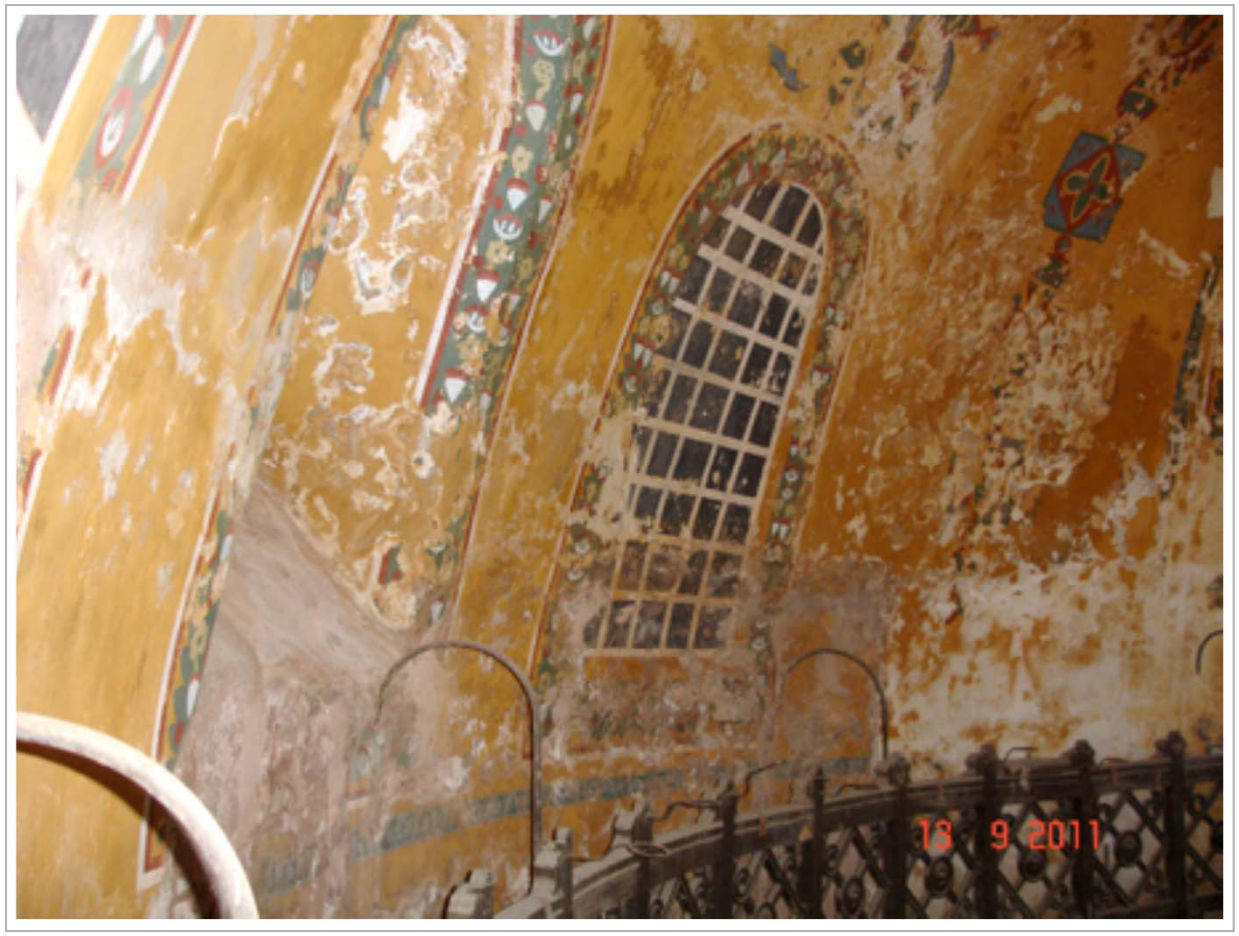


Hagia Sofia



Hagia Sofia ohne Putz, Schlagregen dringt ein, massive Schäden innenseitig

Hagia Sofia, Feuchte und Salzschäden



Hagia Sofia

Hagia Sofia, die Fassade von Außen

Hagia Sofia, Bestimmung der Wasseraufnahme mit dem „Karstenschen Prüfröhrchen“

Hagia Sofia

Messen der Wasseraufnahme einer Fassade nach Wahl

Hagia Sofia: **WSW, 2. floor**

13.09.2011

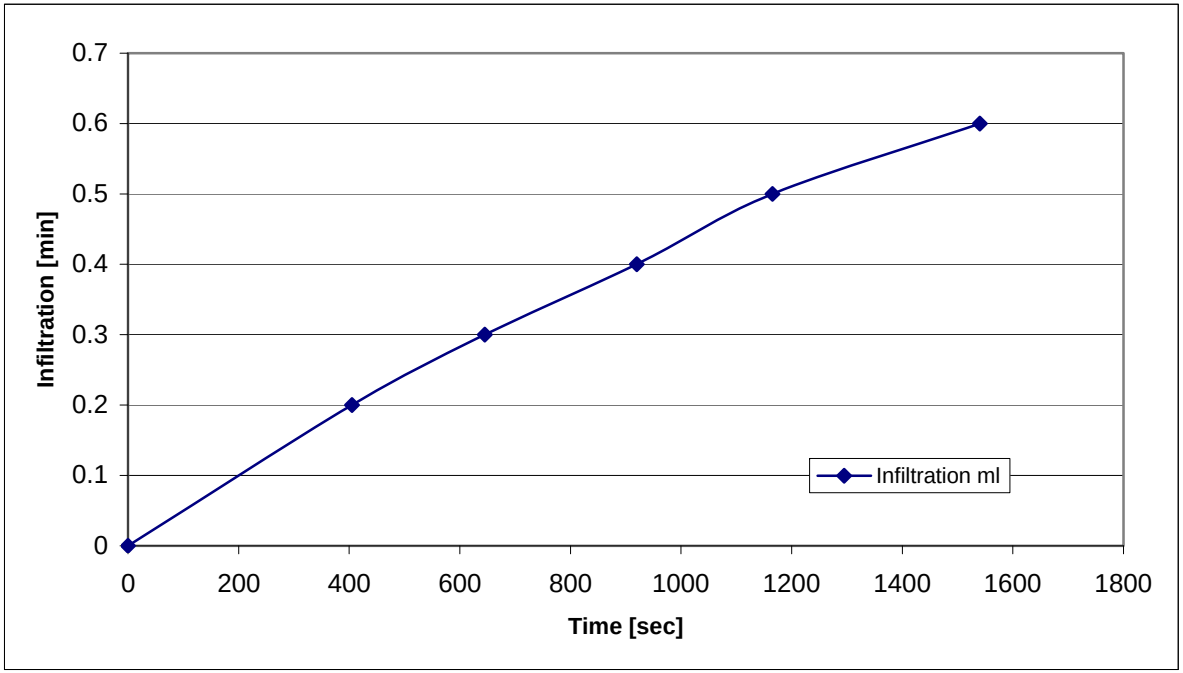
brick and plaster cover, intact skin of brick

surface area 1.3 cm^2

Faktor 7.746

Zeitdauer sec	Start	Infiltration ml
0	16:37:00	0
405	16:43:45	0.2
645	16:47:45	0.3
920	16:52:20	0.4
1165	16:56:25	0.5
1540	17:02:40	0.6

measured data

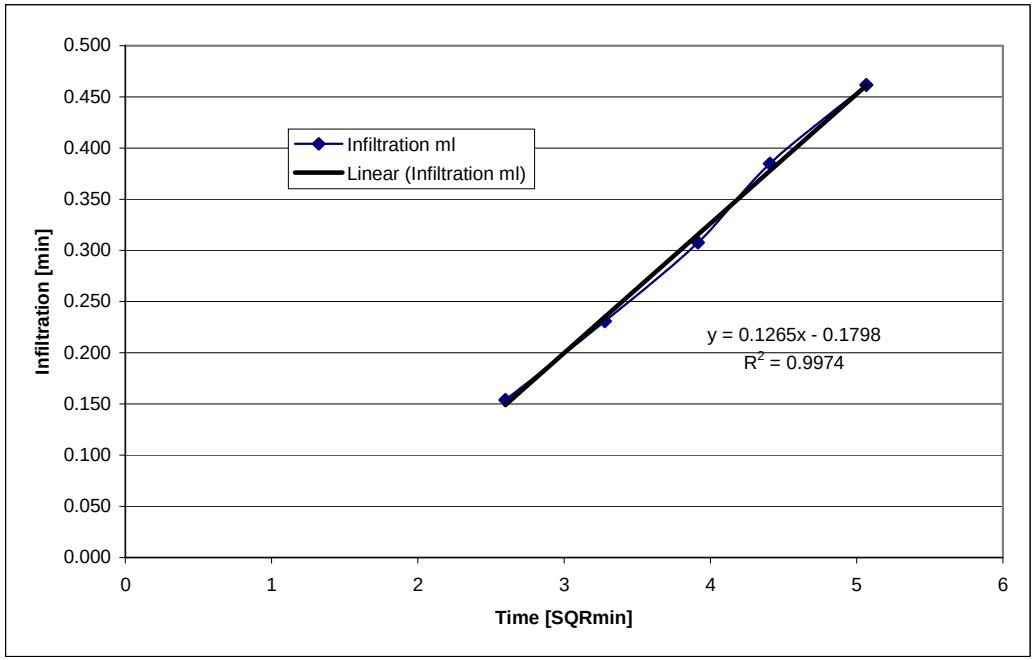


Auswertung: Hagia Sofia, Messen der Wasseraufnahme einer Fassade

Zeitdauer min	Start 0	Infiltration ml	Infiltrationsrate ml/min
0.0	0.0	0	
6.8	2.6	0.154	0.0228
10.8	3.3	0.231	0.0215
15.3	3.9	0.308	0.0201
19.4	4.4	0.385	0.0198
25.7	5.1	0.462	0.0180
			0.0204

Aw = **0.1265** SQR min

Aw = **0.0163** SQR sec



Gemeinsame Auswertung

Abgabe der Hausarbeit

- Bild vom gemessenen Gebäude
- kurze Beschreibung des Gebäudes (welcher Putz, Ziegel, Klinker) Was interessiert Sie an der Untersuchung?
- Bild vom Messaufbau
- Abgabe einer Tabelle (bevorzugt Excel) mit der Wasseraufnahme als Funktion der Zeit
- In das Opalsystem hochladen

- Name und Matrikelnummer nicht vergessen!

- Abgabetermin: Juli 2012

→ 9% der Gesamtnote basiert auf dieser Hausarbeit