

Langzeituntersuchungen an
kerngedämmtem Mauerwerk.
Schlußbericht zum Forschungsvorhaben

T 1986

T 1986

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

**INSTITUT FÜR BAUSTOFFKUNDE UND MATERIALPRÜFUNG
DER UNIVERSITÄT HANNOVER
AMTLICHE MATERIALPRÜFANSTALT FÜR DAS BAUWESEN**

Schlußbericht

zum Forschungsvorhaben

"Langzeituntersuchungen an kerngedämmtem Mauerwerk"

Auftraggeber: Institut für Bautechnik
Reichpietschufer 72-76
1000 Berlin 30
Az.: IV 1-5-489/86

Sachbearbeiter:
Metje
Dr.-Ing. W.-R. Metje

Leiter des Forschungsvorhabens:
Kirtschig
Professor Dr.-Ing. K. Kirtschig

20.01.88.

Der Bericht umfaßt 48 Seiten und einen Anhang von 17 Seiten.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	2
2. Versuchsprogramm (Übersicht)	3
2.1 Beobachtungen an den Kerndämmstoffen beim Abbau der Prüfkörper	3
2.2 Langzeitverhalten der Kerndämmstoffe	3
2.3 Korrosion der Maueranker	3
3. Beim Herstellen der Wandprüfkörper verwendete Baustoffe	3
3.1 Allgemeines	3
3.2 Vormauersteine	4
3.3 Hintermauersteine	4
3.4 Mauermörtel	4
3.5 Dämmstoffe	5
3.6 Herstellung der Mauerwerksprüfkörper	5
4. Beobachtungen beim Abbau der Prüfkörper	9
5. Untersuchungen an den entnommenen Baustoffproben	23
5.1 Feuchtegehalte der Dämmstoffe, der Vormauer- und der Hintermauersteine	23
5.2 Prüfung der Beständigkeit der wasserabweisenden Eigenschaften der Dämmstoffe	27
6. Diskussion der Versuchsergebnisse	36
6.1 Rohdichten der Dämmstoffe	36
6.2 Beobachtungen beim Abbau der Wände	39
6.3 Beständigkeit der wasserabweisenden Eigenschaften	45
6.3.1 Allgemeines	45
6.3.2 Auswertung der Versuchsergebnisse	45
6.4 Schlußbemerkung	47
7. Zusammenfassung	47

1. Einleitung

In einem vom Bundesministerium für Forschung und Technologie geförderten Forschungsvorhaben "Zum Langzeitverhalten kerngedämmten Mauerwerks" wurde die Beständigkeit der wasserabweisenden Eigenschaften von Kerndämmstoffen in Laborversuchen und an künstlich beregneten Wänden untersucht. Weiterhin wurden zur Beurteilung des Korrosionsverhaltens der Maueranker Laborversuche und Versuche an den künstlich beregneten Wänden mit verschiedenen Ankermaterialien durchgeführt. Über die Ergebnisse der Untersuchungen liegt der Forschungsbericht T 85 - 073, des Bundesministeriums für Forschung und Technologie, 1985, vor. Er wird nachstehend als "Forschungsbericht 1985" bezeichnet. Sein Inhalt wird im wesentlichen als bekannt vorausgesetzt.

Im Rahmen des genannten Forschungsvorhabens wurden auch Mauerwerkskörper auf einem Freigelände errichtet. Dabei waren die Vormauerschalen nach Westen orientiert. Die Dämmstoffe und die Ankermaterialien wurden dabei mit durch die Vormauerschale dringendes Regenwasser natürlich beaufschlagt.

Ursprünglich wurde vorgesehen nach einer Zeit von ca. 2 - 3 Jahren die Dämmstoffe und die Ankermaterialien auszubauen und zu beurteilen. Da die ersten 3 Jahre nach Herstellung der Wände relativ "regenarm" waren, wurde festgelegt, die Wände weitere 3 Jahre frei zu bewittern. Es wurden jedoch keine wesentlichen Unterschiede der Versuchsergebnisse zu den künstlich beregneten Wänden erwartet.

Beim Abbruch einiger Versuchswände (Alter ca. 6 Jahre) wurden allerdings z.T. erhebliche Veränderungen der Kerndämmstoffe festgestellt. Daher wurde es für erforderlich gehalten, die Beobachtungen zu dokumentieren und die Beständigkeit der wasserabweisenden Eigenschaften der Kerndämmstoffe aus den frei bewitterten Wänden zu prüfen und mit entsprechenden Ergebnissen aus den Laborversuchen und den künstlich beregneten Wänden zu vergleichen. Weiterhin sollten Ergebnisse über das Korrosionsverhalten gewonnen werden.

Ein entsprechender Forschungsantrag wurde vom Erstverfasser beim Institut für Bautechnik in Berlin gestellt. Die erforderlichen Mittel wurden in dankenswerter Weise zur Verfügung gestellt. Nachstehend wird über die Ergebnisse der o.a. Untersuchungen berichtet.

2. Versuchsprogramm (Übersicht)

2.1 Beobachtungen an den Kerndämmstoffen beim Abbau der Prüfkörper

2.2 Langzeitverhalten der Kerndämmstoffe

Die Beständigkeit der wasserabweisenden Eigenschaften der Kerndämmstoffe aus den frei bewitterten Wänden wurde geprüft und mit den entsprechenden Ergebnissen aus den Laborversuchen und künstlich berechneten Wänden verglichen.

2.3 Korrosion der Maueranker

Das Korrosionsverhalten der verschiedenen Ankermaterialien

- bereits ankorrodierte Stahlanker
- verzinkte Stahlanker
- Anker aus nichtrostendem Stahl

wird an den frei bewitterten Wänden im Vergleich zu den künstlich berechneten Wänden und den Laborversuchen beurteilt.

3. Beim Herstellen der Wandprüfkörper verwendete Baustoffe

3.1 Allgemeines

Um nicht beim Lesen dieses Berichtes unbedingt auf den "Forschungsbericht 1985" zurückgreifen zu müssen, werden nachstehend einige Angaben über die verwendeten Kerndämmstoffe, die verwendeten Mauersteine und Mauermörtel und das Herstellen der Wandprüfkörper gebracht.

3.2 Vormauersteine

Es wurde ein saugfähiger roter Vollziegel als Vormauerstein verwendet. Die Abmessungen der Ziegel (Format NF) wurden im M. zu $l/b/h = 242/114/69$ mm bestimmt.

Die Druckfestigkeit betrug im Mittel 11.5 N/mm^2 und die Trockenrohddichte war i.M. $1,62 \text{ kg/dm}^3$.

Die Hallerzahl betrug i.M. $34.0 \text{ g}/(\text{dm}^2 \cdot \text{min})$.

Die Ziegel zeigten bei der Prüfung der Frostbeständigkeit nach DIN 105 außer geringen Absandungen keine erkennbaren Veränderungen.

Der Stein ist nach der Norm als

VMZ 1,8/10 (100) NF DIN 105 zu bezeichnen.

3.3 Hintermauersteine

Als Hintermauersteine wurden Kalksandvollsteine mit Griffloch (Format 2DF) gewählt.

Die Abmessungen der Kalksandsteine wurden im Mittel zu $l/b/h = 240/114/111$ mm bestimmt.

Die Druckfestigkeit der Kalksandsteine betrug im Mittel $30,4 \text{ N/mm}^2$ und die Trockenrohddichte war $1,61 \text{ kg/dm}^3$. Die Hallerzahl betrug im Mittel $14,2 \text{ g}/(\text{dm}^2 \cdot \text{min})$.

Die Kalksandsteine sind danach wie folgt zu bezeichnen:

KSV 1,8/20 2 DF DIN 106

3.4 Mauermörtel

Für die Vermauerung der Steine der Vormauerschale und der Hintermauerung wurde ein Baustellenmörtel der Mörtelgruppe IIa nach DIN 1053 mit einem Mischungsverhältnis Kalkhydrat : Zement : Sand = 1 : 1 : 6 in Raumteilen gewählt. Der Mörtel wurde in einem Freifallmischer hergestellt. Die Wasserzugabe erfolgte so, daß nach Angabe des ausführenden Maurers der Mörtel kellengerecht war.

3.5 Dämmstoffe

In 19 der 22 Wandprüfkörper waren in die Luftschicht zwischen Vormauer- und Hintermauersteinen Dämmstoffe eingebaut bzw. eingebracht.

Folgende Dämmstoffe wurden ausgewählt:

- 4 verschiedene Harnstoff-Formaldehydharz-Ortschäume (UF-Schäume) nach DIN 18159 Teil 2
- 7 verschiedene Mineralfaserplatten, davon 4 hydrophobiert und 3 nicht hydrophobiert
- 2 verschiedene Hartschaumplatten (Polystyrol-Partikelschaum bandgeschäumt und geschnitten)
- 1 Schaumglasplatte
- 5 verschiedene Schüttungen:
 - 1 Bläherlit-Schüttung hydrophobiert,
 - 1 Bläherlit-Schüttung nicht hydrophobiert,
 - 1 Mineralfasergranulat hydrophobiert,
 - 1 Mineralfasergranulat nicht hydrophobiert,
 - 1 Polystyrol-Perlen-Schüttung

In der Zahlentafel 1 sind die verwendeten Dämmstoffe zusammengestellt. In der Zahlentafel 1 sind ebenfalls die nach den jeweiligen Stoffnormen ermittelten mittleren Dicken und Rohdichten bzw. für die Schüttungen die mittleren Schüttdichten angegeben.

3.6 Herstellung der Mauerwerksprüfkörper

Für die Herstellung der Mauerwerksprüfkörper wurde zunächst ein Betonfundament $b/h = 35/80$ cm erstellt. Auf dem Fundament wurden Betonsockel mit einer Länge von jeweils 1,25 m aufbetoniert. In diesen Betonsockel wurde eine Kunststoffrinne im mittleren Bereich eingelegt, in der das durch die Vormauerschale gedrungene Regenwasser aufgefangen werden konnte. In die Kunststoffrinne wurde gewaschener Drainagekies eingebracht. Auf den Betonsockel wurde dann zunächst die Hintermauerschale mit den Abmessungen $l/d/h = 124/11,5/125$ cm im Läuferverband gemauert mit den Kalksandvollsteinen (2 DF). Auf die 1. Schicht wurde eine horizontale Sperrschicht eingelegt, die bis in die Kunststoffrinne hineinragte. Beim Aufmauern wurden die vorgesehenen Maueranker mit eingesetzt.

Zahlentafel 1: Zusammenstellung der verwendeten Dämmstoffe

Wand Nr.	Dämmstoff	Dicke	Rohdichte	Bemerkungen
-	-	mm	kg/m ³	-
1	2	3	4	5
1	ohne; Luftschicht 6 cm	-	-	"O"-Wand zur pH-Messung
2	UF-Schaum "B"	-	12,2	nachträgl. ausgeschäumt am 24.11.1980
3	Mineralfaser- platte "C" (hydrophobiert)	63	23	-
4	UF-Schaum "E"	-	12,8	nachträgl. ausgeschäumt am 27.11.1980
5	Schüttung "B" Blähperlit (hydr.)	-	110 *	beim Aufmauern der Vor- mauerschale eingebracht
6	Mineralfaser- platte "D" (hydrophobiert)	62	39	-
7	UF-Schaum "A"	-	12,2	nachträgl. ausgeschäumt am 1.12.1980
8	Schüttung "A" Blähperlit (n.h.)	-	110 *	beim Aufmauern der Vor- mauerschale eingebracht
9	UF-Schaum "D"	-	22,1	nachträgl. ausgeschäumt am 16.12.1980
10	Schüttung "D" Mineralfaser- granulat (h.)	-	75 *	beim Aufmauern der Vor- mauerschale lagenweise eingebracht
11	ohne; Luftschicht 6 cm	-	-	"O"-Wand
12	Mineralfaser- platte "A" (nicht hydrophob.)	61	23	-
13	Mineralfaser- platte "G" (hydrophobiert)	60	37	-
14	Mineralfaser- platte "B" (nicht hydrophob.)	62	44	-
15	Mineralfaser- platte "F" (nicht hydrophob.)	60	45	-
16	Hartschaumplatte "A"	49	16	PS-Schaum; bandgesch.

Zahlentafel 1: Zusammenstellung der verwendeten Dämmstoffe
(Fortsetzung)

Wand Nr.	Dämmstoff	Dicke	Rohdichte	Bemerkungen
-	-	mm	kg/m ³	-
1	2	3	4	5
17	Schaumglas	60	128	-
18	Hartschaumplatte "B"	50	18	PS-Schaum; geschnitten
19	Schüttung "C" Mineralfasergranulat (n.h.)	-	75*	beim Aufmauern der Vormauerschale lagenweise eingebracht
20	Schüttung "E" Polystyrolperlen	-	11	beim Aufmauern der Vormauerschale lagenweise eingebracht
21	ohne; Luftschicht 6 cm	-	-	-
22	Mineralfaserplatte "E" (hydrophobiert)	62	49	-

* = Schüttdichte

Es wurde vollfugig gemauert. Die Fugen wurden beim Aufmauern mit einem Stück Schlauch geglättet (Fugenglattstrich). Die Dicke der Lagerfugen betrug im Mittel 12 mm. Die Stoßfugen waren 10 mm dick. Nach der Fertigstellung der Hintermauerung wurden die Mineralfaserplatten, die Hartschaumplatten bzw. die Schaumglasplatten eingebaut. Dann wurde die Vormauerschale nach dem Anbringen der Tropfscheiben auf die Maueranker unmittelbar vor den Dämmplatten errichtet. Die Vormauerschale wurde ebenfalls im Läuferverbund aus Vormauerziegeln (d= 11,5 cm) mit einem Mörtel der MG IIa vollfugig errichtet.

Auf die erste Schicht wurde eine horizontale Sperrschicht eingebaut, die bis in die Kunststoffrinne hineinragte. Die Fugen wurden mit einem Stück Schlauch "im eigenen Saft" glattgestrichen. Bei den Schüttungen wurde die Hohlschicht (d = 60 mm) alle 25 cm (3 Schichten) ausgefüllt und durch Stochern verdichtet. Die Wände für die UF-Schäume wurden mit einer Hohlschicht von im Mittel 60 mm hergestellt. Im Bild 1 ist die Ansicht der Vormauerschale und der Verband der Mauerwerksprüfkörper dargestellt. Im Bild 2 ist die Lage der Maueranker eingezeichnet.

Bild 1: Ansicht und Draufsicht der Mauerwerksprüfkörper

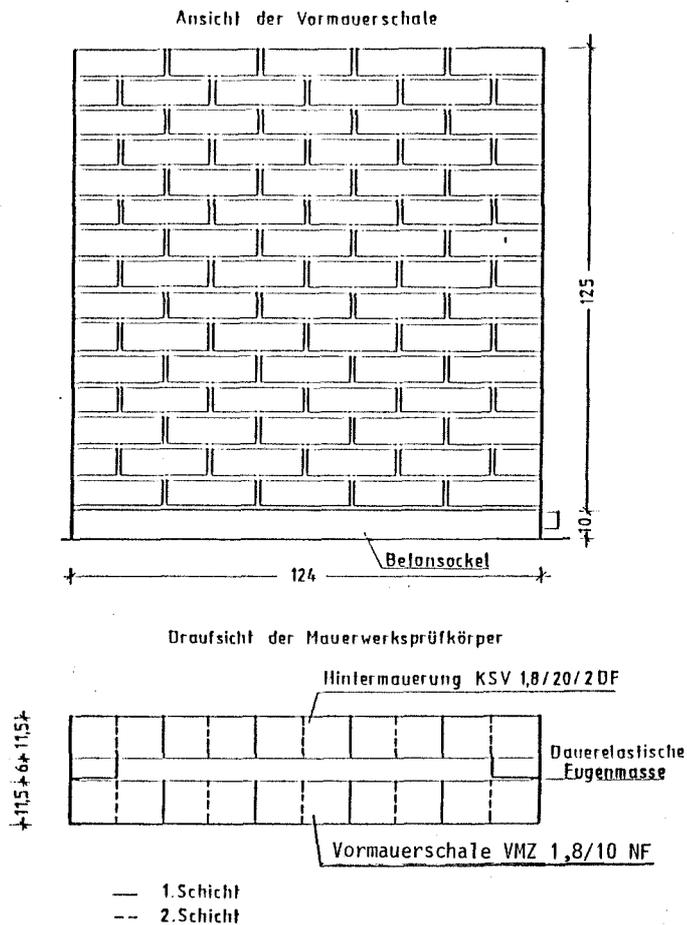
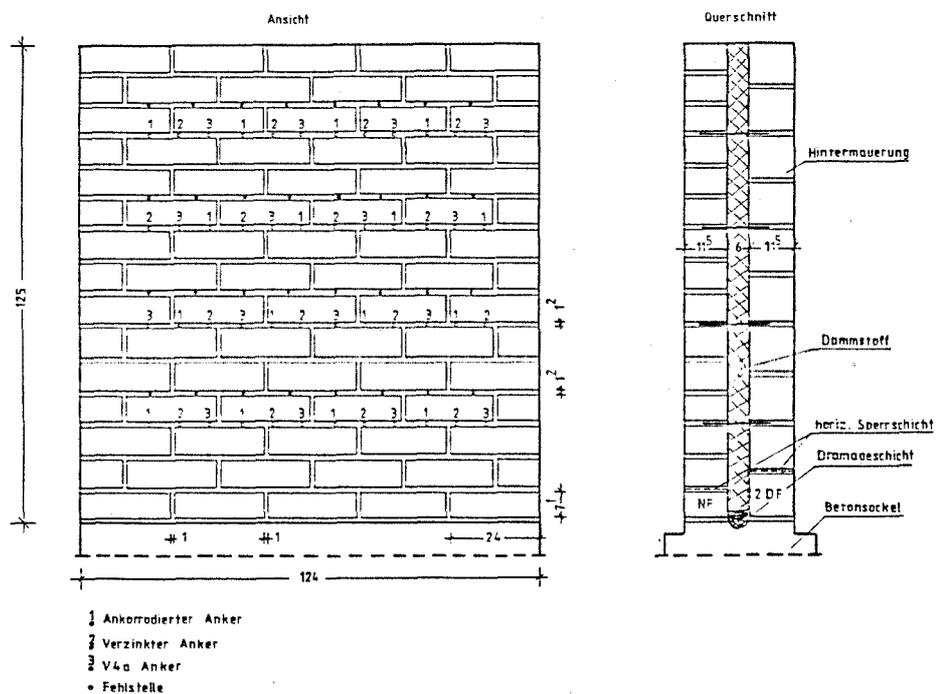


Bild 2: Lage der Anker und der Fehlstellen in den Prüfwänden



Nach Fertigstellung der Wände wurde eine Abdeckung aus verzinktem Blech auf die Wände montiert.

Die Wände, die für das Einbringen der UF-Schäume vorgesehen waren, wurden 25 cm höher hergestellt, um ca. 28 Tage nach Einbringen des UF-Schaumes die Rohdichte des UF-Schaumes festzustellen. Dazu wurden dann die oberen Schichten (25 cm) abgetragen und die UF-Schaum-Scheibe freigelegt und Proben entnommen.

Nach der Fertigstellung aller Wände und dem nachträglichen Einbringen des UF-Schaumes in die dafür vorgesehenen Wände wurden "Fehlstellen" in Form von Bohrlöchern ($d = 6 \text{ mm}$) in die Vormauerschalen gebohrt. Die Lage der Fehlstellen ist im Bild 2 der Anlage wiedergegeben. Damit sollten wegen der vollfugigen Vermörtelung "Schwachstellen" in der Vermörtelung nachgeahmt werden, und es sollte gewährleistet werden, daß die Dämmstoffe mit Wasser beaufschlagt werden.

4. Beobachtungen beim Abbau der Prüfkörper

Am 28.5., 3.6., 10.6 und 23.6.1986 wurden die Mauerwerkskörper abgebaut. Am 28.5 wurden alle Mauerwerkskörper mit UF-Schäumen (Wände 2, 4, 7 und 9) und zum Vergleich Wand 1 mit Luftschicht abgebaut.

Am 3.6. wurden alle Mauerwerkskörper mit Schüttungen (Wände 5, 10, 19 und 20) und zum Vergleich Wand 11 mit Luftschicht abgebaut.

Am 10.6. wurden die Mauerwerkskörper mit Mineralfaserplatten (Wände 3, 6, 12, 13, 14, 15 und 22) abgebaut.

Am 23.6 erfolgte der Abbau der Wände mit den Hartschaumplatten (Wände 16 und 18) und der Schaumglasplatte sowie zum Vergleich Wand 21 mit Luftschicht.

Beim Abbau der Wände wurden Dämmstoff- und Mauersteinproben entnommen und in gasdichte Folienbeutel eingeschweißt. Die Entnahme der Proben erfolgte im oberen (mit "oben" bezeichnet), im mittleren (mit "Mitte" bezeichnet) und unteren (mit "unten" bezeichnet) Drittel der Wandprüfkörper. Die beim Abbau der Wände gemachten Beobachtungen sind in Tafel 2 zusammengestellt.

Tafel 2: Beobachtungen beim Abbruch der Wände

Wand Nr.	Dämmstoff	Beobachtungen
1	ohne; Luftschicht ca. 60 mm	Keine sichtbare Durchfeuchtung der Hintermauerschale; die Vormauersteine wiesen teilweise (ca. 20%) einen grünlichen Belag auf. Die ankorrodierten Anker wiesen im Bereich hinter der Vormauerschale deutliche Querschnittsminderungen auf.
2	UF-Schaum "B"	Keine sichtbare Durchfeuchtung der Hintermauerschale; die Vormauersteine wiesen teilweise (ca. 30%) einen grünlichen Belag (Moosbildung) auf. Der UF-Schaum wies deutliche Risse bis zu ca. 3 cm Breite auf. Eine Teilansicht und die Gesamtansicht des UF-Schaumes nach Entfernen der Vormauerschale sind in den Bildern 3 und 4 dargestellt. Der UF-Schaum haftete z.T. an der Vormauerschale. Zwischen Schaum und Hintermauerschale war ein Spalt von ca. 3 mm zu erkennen. Die verzinkten Anker und die ankorrodierten Anker wiesen z.T. punktuelle Schädigungen im Schaumbereich auf.
3	Mineral- faserplatte "C" (hydroph.)	Keine sichtbare Durchfeuchtung der Hintermauerschale; die Vormauersteine wiesen teilweise (ca. 20%) einen grünlichen Belag auf. Die ankorrodierten Anker wiesen z.T. zwischen Vormauerschale und Dämmstoff Querschnittsminderungen auf.

Tafel 2: (Fortsetzung)

Wand Nr.	Dämmstoff	Beobachtungen
4	UF-Schaum "E"	<p>Keine sichtbare Durchfeuchtung der Hintermauerschale; die Vormauersteine wiesen teilweise (ca. 30%) einen grünlichen Belag auf.</p> <p>Der UF-Schaum wies deutliche Fehlstellen auf. Bis zu 8 cm in einer Richtung war der Schaum geschrumpft. Der Hohlraum war beim Ausschäumen der Wände bis zur Oberkante mit Schaum gefüllt. Beim Abbau war der Schaum bis zu 8 cm geschrumpft (siehe Bild 5, Teilansicht des Schaumes nach Entfernen der Vormauerschale).</p> <p>Die Bilder 6 bis 8 zeigen Teilansichten und eine Gesamtansicht des UF-Schaumes nach Entfernen der Vormauerschale.</p> <p>Auch in Dickenrichtung war eine Verminderung der Dicke bis zu 2 cm festzustellen.</p> <p>Ca. 20 bis 25% der Wandfläche waren Hohlstellen.</p> <p>Die verzinkten Anker und die ankorrodierten Anker wiesen z.T. punktuelle Schädigungen im Schaumbereich auf.</p>
5	Schüttung "B" (hydroph.)	<p>Keine sichtbare Durchfeuchtung der Hintermauerschale; die Vormauersteine wiesen teilweise (ca. 15 - 20%) einen grünlichen Belag auf.</p> <p>Ein Zusammensacken der Schüttung wurde nicht festgestellt.</p> <p>Die ankorrodierten Anker wiesen z.T. Querschnittsminderungen im Übergangsbereich Vormauerschale und Schüttung auf.</p>

Tafel 2: (Fortsetzung)

Wand Nr.	Dämmstoff	Beobachtungen
-	-	-
6	Mineral- faserplatte "D" (hydroph.)	Keine sichtbare Durchfeuchtung der Hintermauerschale; die Vormauersteine wiesen teilweise (ca. 15 - 20%) einen grünlichen Belag auf. Die Mineralfaserplatte war an der Seite zur Vormauerschale nicht fühlbar feucht. Die ankorrodierten Anker wiesen z.T. Querschnittsminderungen im Bereich Vormauerschale/Dämmstoff auf.
7	UF-Schaum "A"	Keine sichtbare Durchfeuchtung der Hintermauerschale; die Vormauersteine wiesen teilweise (ca. 30%) einen grünlichen Belag an der Oberfläche auf. Der UF-Schaum wies Fehlstellen und Risse (bis zu max. 3 cm) auf. Die Ansicht des UF-Schaumes nach Entfernen der Vormauerschale ist in Bild 9 zu erkennen. Der UF-Schaum haftete teilweise an der Vormauerschale. Zwischen Schaum und Hintermauerung war ein Spalt bis zu 3 mm erkennbar. Im Schaum nisteten Ameisen. Die verzinkten und ankorrodierten Anker wiesen z.T. punktuelle Schädigungen im Schaumbereich auf.
8	Schüttung "A" (nicht hydroph.)	Bei einzelnen Steinen der Hintermauerung war eine sichtbare Durchfeuchtung zu erkennen; die Vormauersteine wiesen teilweise (ca. 40%) einen grünlichen Belag an der Oberfläche auf. Die Schüttung war fühlbar feucht und ca. 10 mm zusammengesackt. Die verzinkten und ankorrodierten Anker wiesen z.T. flächige Schädigungen im Bereich der Schüttung auf.

Tafel 2: (Fortsetzung)

Wand Nr.	Dämmstoff	Beobachtungen
-	-	-
9	UF-Schaum "D"	Keine sichtbare Durchfeuchtung der Hintermauerschale; die Vormauersteine wiesen teilweise (ca. 30%) einen grünlichen Belag an der Oberfläche auf. Der UF-Schaum wies einige Fehlstellen und Risse (bis zu max. 3 cm) auf. Die Ansicht des UF-Schaumes nach Entfernen der Vormauerschale ist in Bild 10 wiedergegeben. Der UF-Schaum haftete überwiegend an der Vormauerschale. Zwischen Schaum und Hintermauerung war ein Spalt bis zu 2 mm erkennbar. Die verzinkten und ankorrodierten Anker wiesen z.T. punktuelle Schädigungen im Schaumbereich auf.
10	Schüttung "D" (hydroph.)	Keine sichtbare Durchfeuchtung der Hintermauerschale; die Vormauersteine wiesen teilweise (ca. 20%) einen grünlichen Belag an der Oberfläche auf. Die Schüttung war nicht zusammengesackt und nicht fühlbar feucht. Die ankorrodierten Anker wiesen z.T. im Bereich Vormauerschale/Schüttung Querschnittsminderungen auf.
11	ohne; Luftschicht ca. 60 mm	Keine sichtbare Durchfeuchtung der Hintermauerschale; die Vormauersteine wiesen zu einem geringen Teil (ca. 5%) einen grünlichen Belag an der Oberfläche auf. Die ankorrodierten Anker wiesen im Bereich hinter der Vormauerschale deutliche Querschnittsminderungen auf.

Tafel 2: (Fortsetzung)

Wand Nr.	Dämmstoff	Beobachtungen
-	-	-
12	Mineral- faserplatte "A" (nicht hydroph.)	Keine sichtbare Durchfeuchtung der Hintermauerschale; die Vormauersteine wiesen teilweise (ca. 30%) einen grünlichen Belag an der Oberfläche auf. Die Mineralfaserplatte war im unteren Drittel an der Vormauerseite fühlbar feucht. Die ankorrodierten Anker wiesen im Bereich des Dämmstoffes und im Bereich Vormauerschale/Dämmstoff z.T. Schädigungen auf.
13	Mineral- faserplatte "G" (hydroph.)	Keine sichtbare Durchfeuchtung der Hintermauerschale; die Vormauersteine wiesen teilweise (ca. 15%) einen grünlichen Belag an der Oberfläche auf. Es war keine fühlbare Feuchtigkeit bei der Mineralfaserplatte festzustellen. Die ankorrodierten Anker wiesen z.T. punktuelle Schädigungen im Bereich Vormauerschale/Dämmstoff auf.
14	Mineral- faserplatte "B" (nicht hydroph.)	Keine sichtbare Durchfeuchtung der Hintermauerschale; die Vormauersteine wiesen z.T. (ca. 20%) einen grünlichen Belag an der Oberfläche auf. Die Mineralfaserplatte war im unteren Bereich an der Vormauerseite fühlbar feucht. Die ankorrodierten Anker wiesen z.T. im Bereich des Dämmstoffes (unteres Drittel der Wand) und im Bereich Vormauerschale/Dämmstoff z.T. Schädigungen auf.

Tafel 2: (Fortsetzung)

Wand Nr.	Dämmstoff	Beobachtungen
-	-	-
15	Mineral- faserplatte "F" (nicht hydroph.)	Keine sichtbare Durchfeuchtung der Hintermauerschale; die Vormauersteine wiesen teilweise (ca. 20%) einen grünlichen Belag an der Oberfläche auf. Es war keine fühlbare Feuchtigkeit bei der Mineralfaserplatte festzustellen. Die ankorrodierten Anker wiesen z.T. punktuelle Schädigungen im Bereich Vormauerschale/Dämmstoff auf.
16	Hartschaum- platte "A"	Keine sichtbare Durchfeuchtung der Hintermauerschale; die Vormauersteine wiesen teilweise (ca. 20%) einen grünlichen Belag an den Sichtflächen auf. Die Hartschaumplatte war nicht fühlbar feucht. Die ankorrodierten Anker wiesen z.T. punktuelle Schädigungen im Bereich Vormauerschale/Dämmstoff auf.
17	Schaumglas- platte	Keine sichtbare Durchfeuchtung der Hintermauerschale; die Vormauersteine wiesen teilweise (ca. 30%) einen grünlichen Belag an den Sichtflächen auf. Die Schaumglasplatte war nicht fühlbar feucht. Die ankorrodierten Anker wiesen im Bereich Vormauerschale/Schaumglas z.T. punktuelle Schädigungen auf.
18	Hartschaum- platte "B"	Keine sichtbare Durchfeuchtung der Hintermauerschale; die Vormauersteine wiesen teilweise (ca. 20%) einen grünlichen Belag an den Sichtflächen auf. Die Hartschaumplatte war nicht fühlbar feucht. Die ankorrodierten Anker wiesen z.T. punktuelle Schädigungen im Bereich Vormauerschale/Dämmstoffe auf.

Tafel 2: (Fortsetzung)

Wand Nr.	Dämmstoff	Beobachtungen
19	Schüttung "C" (nicht hydroph.)	Keine sichtbare Durchfeuchtung der Hintermauerschale; die Vormauersteine wiesen teilweise (ca. 20%) einen grünlichen Belag auf. Ein Zusammensacken der Schüttung wurde nicht festgestellt. Im unteren Drittel der Wand wurden "Mäusegänge" (anhand der Kotrückstände) festgestellt (siehe Bilder 11 und 12) Die ankorrodierten Anker wiesen z.T. punktuelle Schädigungen im Bereich Vormauerschale/Schüttung auf.
20	Schüttung "E"	Keine sichtbare Durchfeuchtung der Hintermauerschale; die Vormauersteine wiesen teilweise (ca. 20%) einen grünlichen Belag an den Sichtflächen auf. Die Schüttung war bis zu 8 cm, im Mittel 5 cm zusammengesackt bei einer Höhe von ca. 1,25 m. Die Schüttung war durch eine Abdeckung vor Auswehverlusten geschützt. Die Schüttung war nicht fühlbar feucht. Die ankorrodierten Anker wiesen z.T. punktuelle Schädigungen im Bereich Vormauerschale/Schüttung auf.
21	ohne; Luftschicht ca. 60 mm	Keine sichtbare Durchfeuchtung der Hintermauerschale; die Vormauersteine wiesen zu einem geringem Teil (ca. 5%) einen grünlichen Belag an den Sichtflächen auf. Die ankorrodierten Anker wiesen z.T. im Bereich hinter der Vormauerschale Querschnittsminderungen auf.

Tafel 2: (Fortsetzung)

Wand Nr.	Dämmstoff	Beobachtungen
-	-	-
22	Mineral- faserplatte "E" (hydroph.)	Keine sichtbare Durchfeuchtung der Hintermauerschale; die Vormauersteine wiesen teilweise (ca. 20%) einen grünlichen Belag an den Sichtflächen auf. Die Mineralfaserplatte war nicht fühlbar feucht. Die ankorrodierten Anker wiesen z.T. punktuelle Schädigungen im Bereich Vormauerschale/Dämmstoff auf.

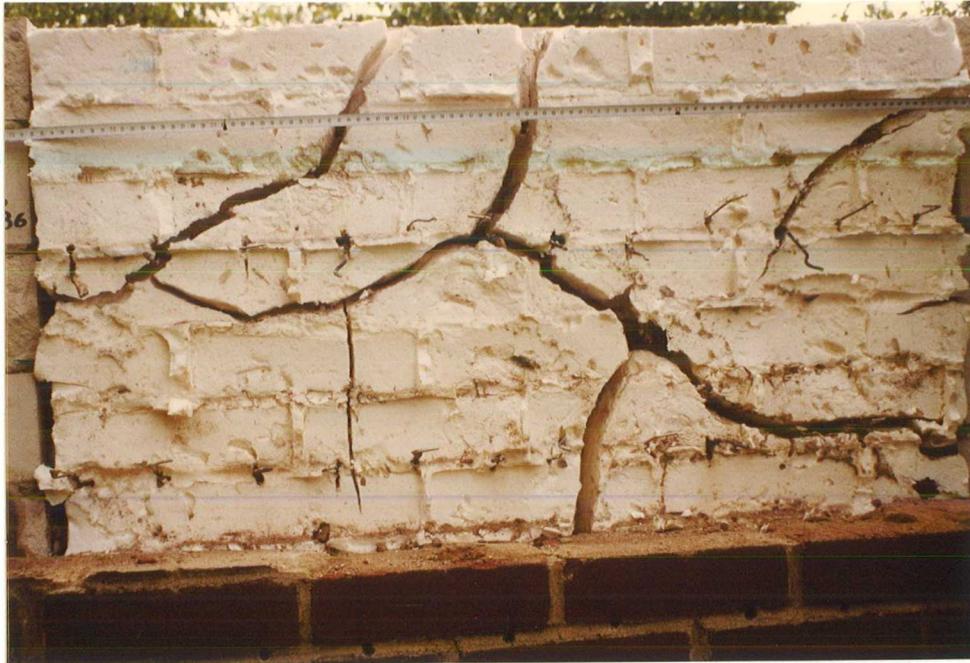


Bild 3: Teilansicht des UF-Schaumes "B" in Wand 2 nach Entfernen der Vormauerschale

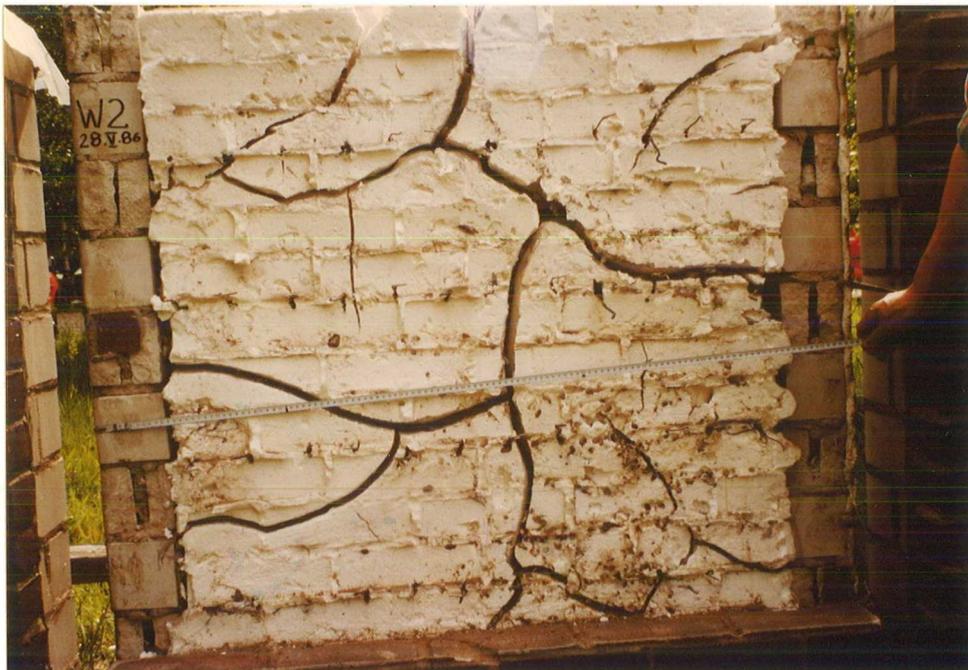


Bild 4: Ansicht des UF-Schaumes "B" in Wand 2 nach Entfernen der Vormauerschale



Bild 5: Teilansicht des UF-Schaumes "E" in Wand 4 nach teilweisem Entfernen der Vormauerschale



Bild 6: Teilansicht des UF-Schaumes "E" in Wand 4 nach Entfernen der Vormauerschale



Bild 7: Ansicht des UF-Schaumes "E" in Wand 4 nach Entfernen der Vormauerschale

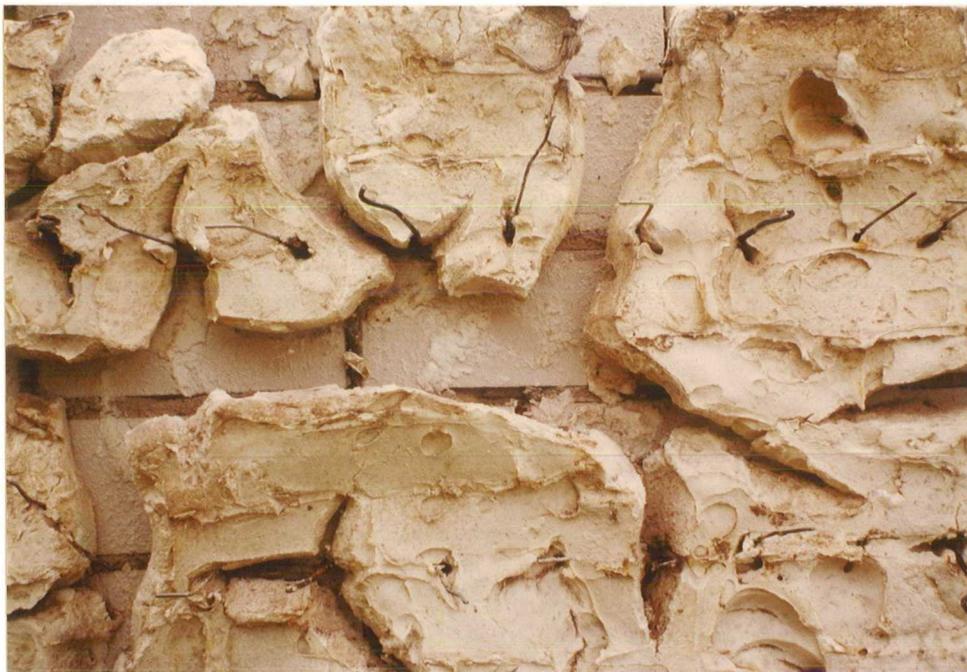


Bild 8: Teilansicht des UF-Schaumes "E" in Wand 4 nach Entfernen der Vormauerschale



Bild 9: Ansicht des UF-Schaumes "A" in Wand 7 nach Entfernen der Vor-
mauerschale



Bild 10: Ansicht des UF-Schaumes "D" in Wand 9 nach Entfernen der Vor-
mauerschale



Bild 11: Ansicht der Schüttung C in Wand 19 nach Entfernen der Hintermauerung



Bild 12: Teilansicht der Schüttung C in Wand 19 nach Entfernen der Hintermauerung

5. Untersuchungen an den entnommenen Baustoffproben

5.1 Feuchtegehalte der Dämmstoffe, der Vormauer- und der Hintermauersteine

Im Institut wurden die nach Abschnitt 4 entnommenen Proben aus den Folienbeuteln genommen, gewogen, anschließend bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und wieder gewogen. Die Steinproben wurden bei 105 °C und die Dämmstoffproben bei 70 °C getrocknet. Die Ergebnisse der Untersuchungen (Feuchtegehalte) sind in Zahlentafel 3 zusammengestellt.

Zahlentafel 3: Feuchtegehalte der Steine der Vormauerschale, der Hintermauerung und der Dämmstoffe

Wand	Dämmstoff	Lage	Feuchtegehalt			
			Vormauer- stein	Dämmstoff		Hinter- mauer- stein
-	-	-	Gew.-%	Gew.-%	Vol.-%	Gew.-%
1	2	3	4	5	6	7
1	ohne; Luft- schicht 60 mm	oben	8,3	-	-	2,8
		Mitte	13,3	-	-	2,9
		unten	13,3	-	-	3,8
		i.Mittel	11,6	-	-	3,2
2	UF-Schaum "B"	oben	9,2	10,8	0,15	3,6
		Mitte	13,5	20,7	0,29	4,8
		unten	13,8	62,5	0,89	5,0
		i.Mittel	12,2	31,3	0,44	4,5
3	Mineral- faserpl. "C" (hydroph.)	oben	10,2	1,1	-	3,8
		Mitte	17,8	0,9	-	5,1
		unten	16,9	1,0	-	5,2
		i.Mittel	12,2	1,0	-	4,7
4	UF-Schaum "E"	oben	10,3	15,6	0,16	3,6
		Mitte	12,4	16,3	0,16	4,1
		unten	13,9	35,4	0,35	4,9
		i.Mittel	12,2	22,4	0,22	4,2

Wand	Dämmstoff	Lage	Vormauer- stein	Feuchtegehalt		Hinter- mauer- stein
				Dämmstoff		
-	-	-	Gew.-%	Gew.-%	Vol.-%	Gew.-%
1	2	3	4	5	6	7
5	Schüttung "B" (hydroph.)	oben	5,5	3,6	0,40	3,5
		Mitte	12,7	7,0	0,78	3,6
		unten	14,6	12,1	1,33	3,9
		i.Mittel	10,9	7,6	0,84	3,7
6	Mineral- faserpl. "D"	oben	12,1	3,6	-	4,4
		Mitte	15,8	8,6	-	5,4
		unten	13,5	21,5	-	4,4
		i.Mittel	13,8	11,2	-	4,7
7	UF-Schaum "A"	oben	8,9	16,4	0,23	3,7
		Mitte	10,3	34,9	0,49	5,9
		unten	12,8	46,7	0,66	5,6
		i.Mittel	10,7	32,7	0,46	5,1
8	Schüttung "A" (n.hydro- phobiert)	oben	1,6	200,0	22,0	6,6
		Mitte	10,7	295,0	32,5	6,8
		unten	14,5	340,0	37,4	7,4
		i.Mittel	8,9	278,0	30,6	6,9
9	UF-Schaum "D"	oben	9,0	16,4	0,24	3,6
		Mitte	10,3	21,8	0,32	3,9
		unten	13,2	29,3	0,43	4,3
		i.Mittel	10,8	22,5	0,33	3,9
10	Schüttung "D" (hydroph.)	oben	10,0	0,5	0,04	4,9
		Mitte	13,1	2,2	0,17	5,0
		unten	14,4	3,8	0,29	5,4
		i.Mittel	12,5	2,2	0,17	5,1
11	ohne; Luft- schicht 60 mm	oben	3,9	-	-	4,0
		Mitte	7,3	-	-	4,3
		unten	14,2	-	-	4,5
		i.Mittel	8,5	-	-	4,3

Wand	Dämmstoff	Lage	Feuchtegehalt			
			Vormauer- stein	Dämmstoff		Hinter- mauer- stein
-	-	-	Gew.-%	Gew.-%	Vol.-%	Gew.-%
1	2	3	4	5	6	7
12	Mineral- faserpl. "A" (n.hydro- phobiert)	oben	3,7	7,4	-	4,1
		Mitte	9,6	20,2	-	4,8
		unten	15,8	33,4	-	5,1
		i.Mittel	9,7	20,3	-	4,7
13	Mineral- faserpl. "G" (hydroph.)	oben	7,3	0,5	-	4,3
		Mitte	13,2	0,5	-	4,6
		unten	15,5	1,4	-	4,6
		i.Mittel	12,0	0,8	-	4,5
14	Mineral- faserpl. "B" (n.hydro- phobiert)	oben	2,2	7,3	-	5,2
		Mitte	15,8	13,5	-	5,2
		unten	16,1	14,5	-	5,5
		i.Mittel	11,4	11,8	-	5,3
15	Mineral- faserpl. "F" (n.hydro- phobiert)	oben	0,4	0,5	-	3,8
		Mitte	3,9	1,0	-	4,6
		unten	4,3	1,1	-	5,6
		i.Mittel	2,9	0,9	-	4,7
16	Hart- schaumpl. "A"	oben	1,3	5,0	-	3,1
		Mitte	8,7	8,2	-	3,0
		unten	11,1	8,2	-	3,8
		i.Mittel	7,0	7,1	-	3,3
17	Schaum- glas	oben	9,8	1,9	-	1,8
		Mitte	13,8	4,8	-	3,7
		unten	12,3	4,8	-	5,4
		i.Mittel	12,0	3,8	-	3,6
18	Hart- schaumpl. "B"	oben	1,1	2,2	-	2,9
		Mitte	10,0	6,3	-	3,1
		unten	11,8	7,0	-	4,7
		i.Mittel	7,6	5,2	-	3,6

Wand	Dämmstoff	Lage	Vormauer-	Feuchtegehalt		Hinter-
			stein	Dämmstoff	Dämmstoff	
-	-	-	Gew.-%	Gew.-%	Vol.-%	Gew.-%
1	2	3	4	5	6	7
19	Schüttung "C" (n.hydro- phobiert)	oben	1,3	3,0	0,22	3,8
		Mitte	4,7	3,4	0,26	4,3
		unten	11,3	4,1	0,31	4,7
		i.Mittel	5,8	3,5	0,26	4,3
20	Schüttung "E" Polystyrol- perlen	oben	4,3	1,0	-	1,6
		Mitte	8,9	3,1	-	3,0
		unten	11,7	5,8	-	3,3
		i.Mittel	8,3	3,3	-	2,6
21	ohne; Luft- schicht 6 cm	oben	2,8	-	-	2,5
		Mitte	2,6	-	-	4,4
		unten	6,4	-	-	3,5
		i.Mittel	3,9	-	-	3,5
22	Mineral- faserpl. "E" (hydroph.)	oben	0,8	1,7	-	2,4
		Mitte	15,7	1,8	-	5,5
		unten	15,8	2,8	-	5,4
		i.Mittel	10,8	2,1	-	4,4

5.2 Prüfung der Beständigkeit der wasserabweisenden Eigenschaften der Dämmstoffe

Aus den ausgebauten Dämmstoffen waren aus dem oberen, mittleren und unteren Drittel der Wand Proben entnommen worden. Bei den Platten wurden Proben mit einer Grundfläche von ca. 150 mm x 150 mm herausgeschnitten und bei den Schüttungen jeweils 1000 cm³ entnommen. Die Proben wurden - nach Trocknung bis zur Gewichtskonstanz - in einem Klimaraum bei 20 °C und 65% rel. Feuchte bis zur Prüfung (28 Tage) gelagert. Die Prüfung der Proben erfolgte dann wie im "Forschungsbericht 1985" beschrieben. D.h. im wesentlichen Eintauchen der Proben in eine Prüfliquidität bei einem pH-Wert von 9,0 ± 0,5 und Messen der Flüssigkeitsaufnahme der Proben in Abhängigkeit von der Zeit.

Bei den Platten wurde jeweils die Seite geprüft, die an der Vormauerschale lag.

Es wurden jeweils mindestens 1 Probe (in der Regel 2) aus dem oberen, mittleren und unteren Drittel der Wand geprüft.

Die Prüfergebnisse sind in den Zahlentafeln A1 bis A17 der Anlage zusammengestellt. Dort sind jeweils auch in der Spalte 6 die Rohdichten bzw. Schüttdichten der Proben angegeben.

In den Bilder 13 bis 29 sind die Mittelwerte der Untersuchungen (Wasseraufnahmen) - bezeichnet als "Proben aus der Wand (Freiland)" - und zum Vergleich die Ergebnisse der "Proben aus der Wand", das sind die Wasseraufnahmen der Dämmstoffe in den künstlich berechneten Wandprüfkörpern nach dem "Forschungsbericht 1985", sowie der zugehörigen Vergleichsproben, die nicht eingebaut waren, dargestellt.

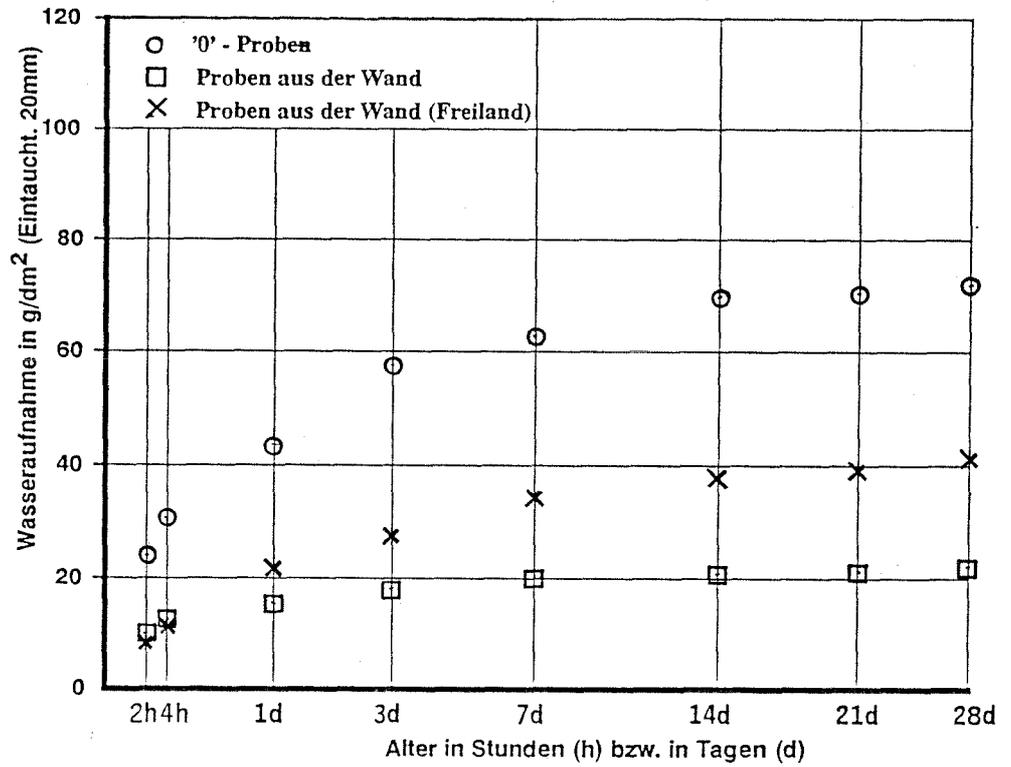


Bild 13: Mittlere Wasseraufnahme in Abhängigkeit von der Zeit vom UF-Schaum "A"

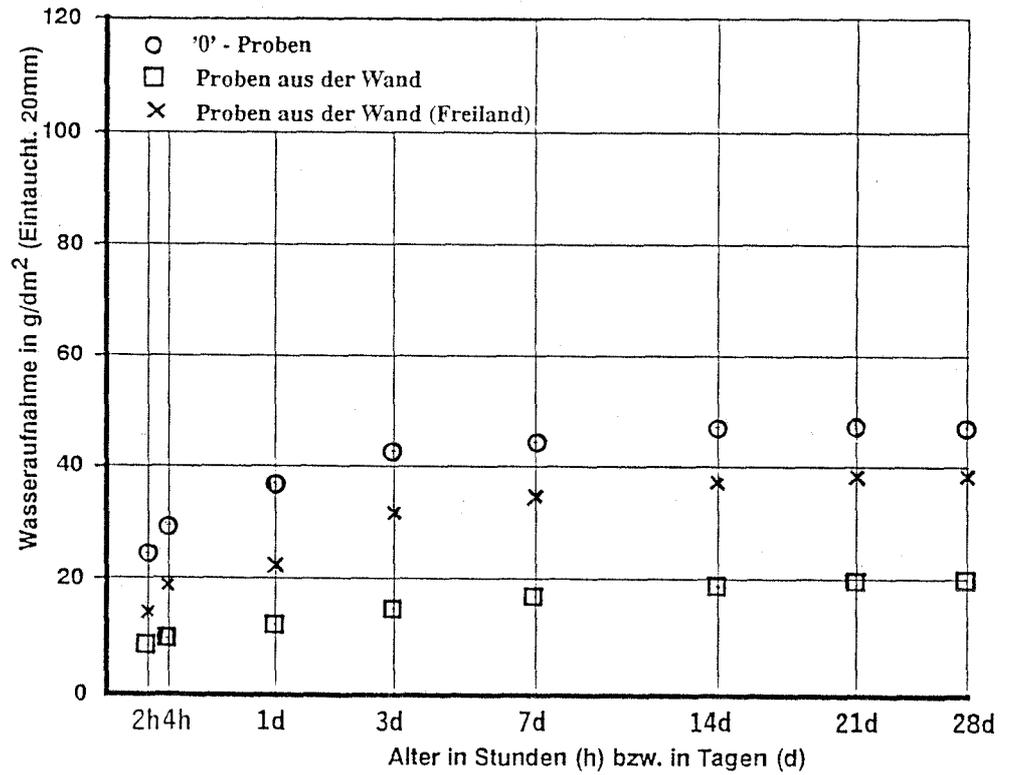


Bild 14: Mittlere Wasseraufnahme in Abhängigkeit von der Zeit beim UF-Schaum "B"

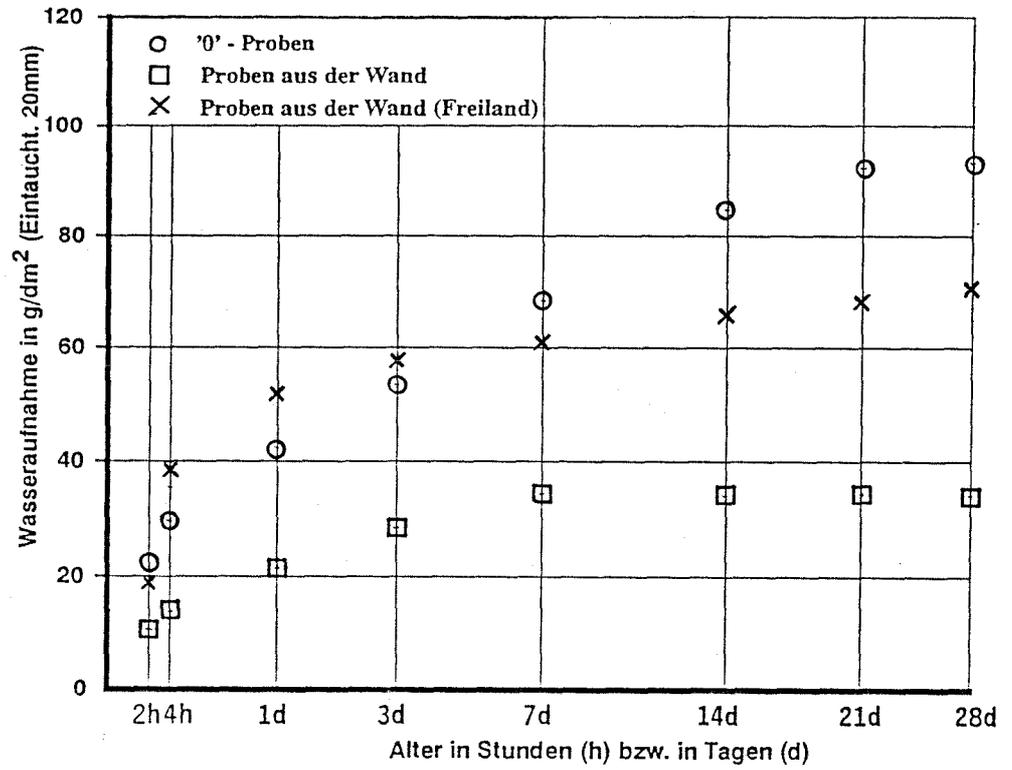


Bild 15: Mittlere Wasseraufnahme in Abhängigkeit von der Zeit beim UF-Schaum "D"

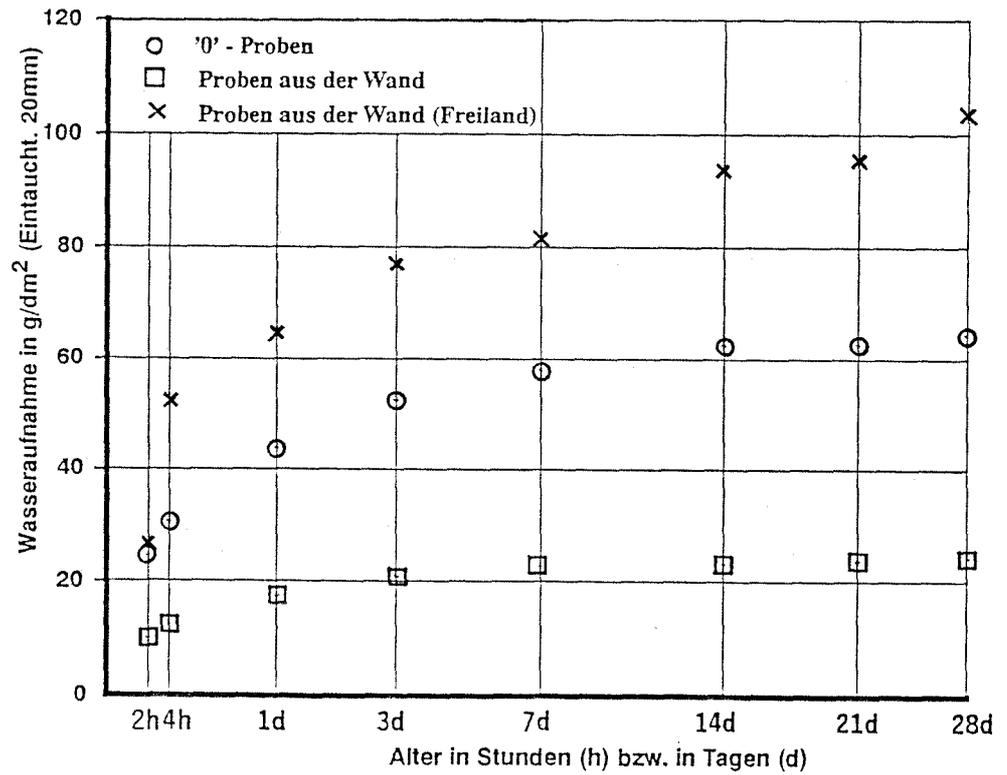


Bild 16: Mittlere Wasseraufnahme in Abhängigkeit von der Zeit beim UF-Schaum "E"

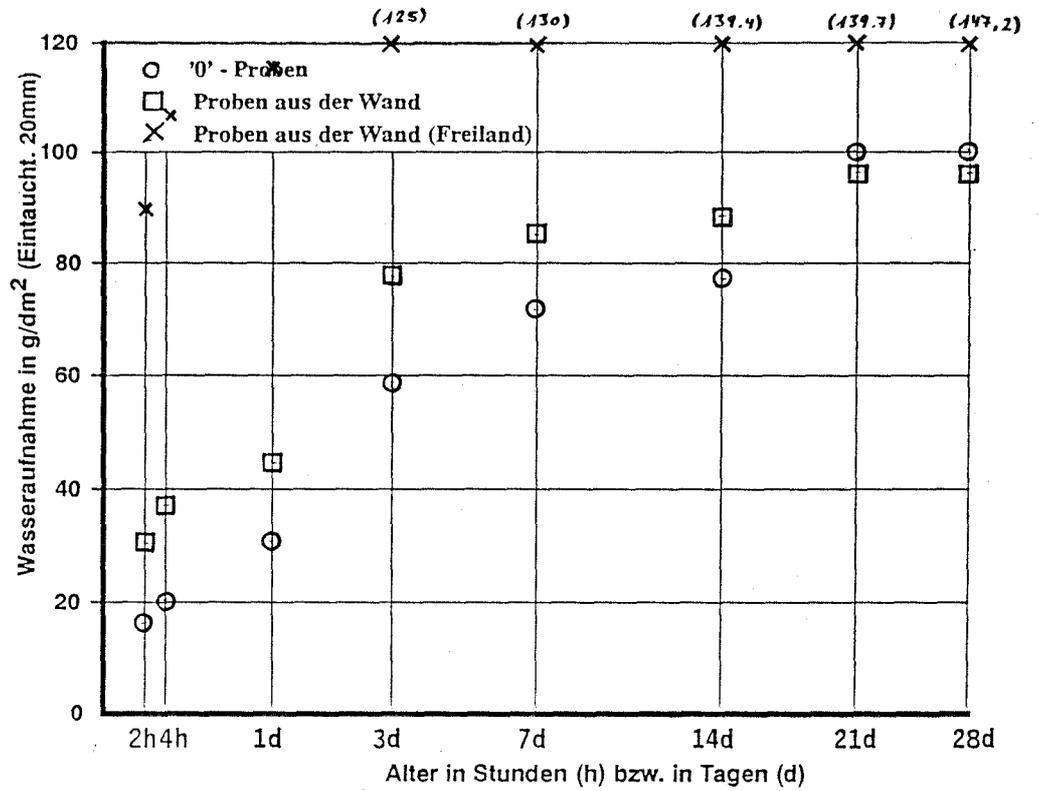


Bild 17: Mittlere Wasseraufnahme in Abhängigkeit von der Zeit bei der Mineralfaserplatte "B" (nicht hydrophobiert)

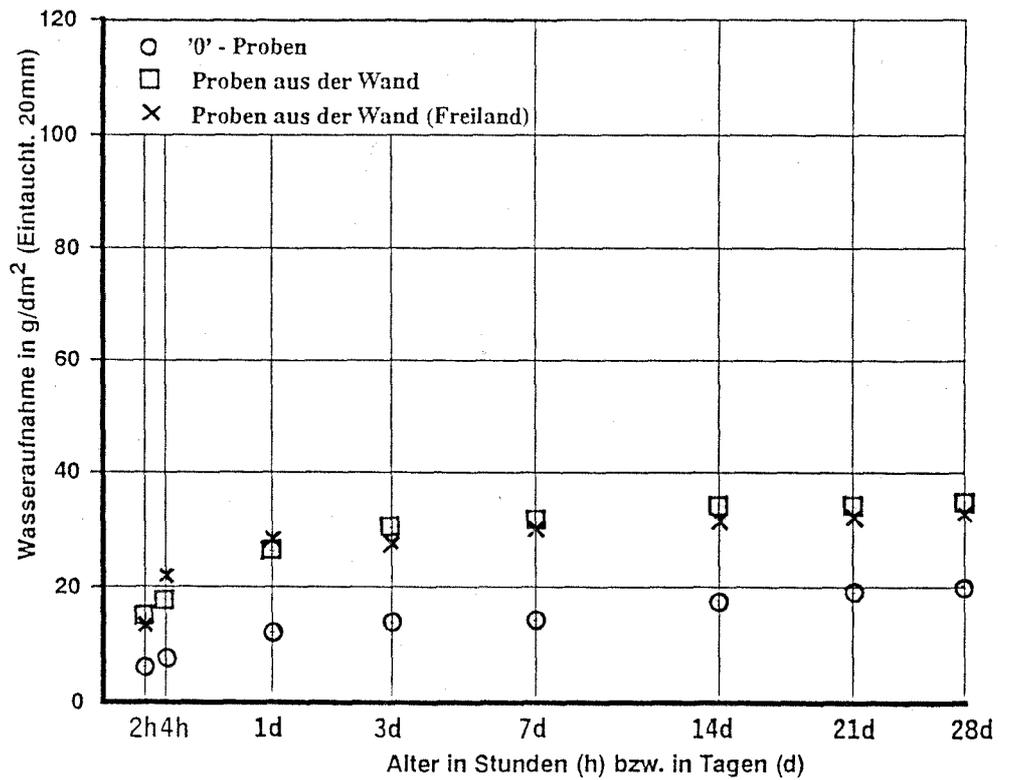


Bild 18: Mittlere Wasseraufnahme in Abhängigkeit von der Zeit bei der Mineralfaserplatte "C" (hydrophobiert)

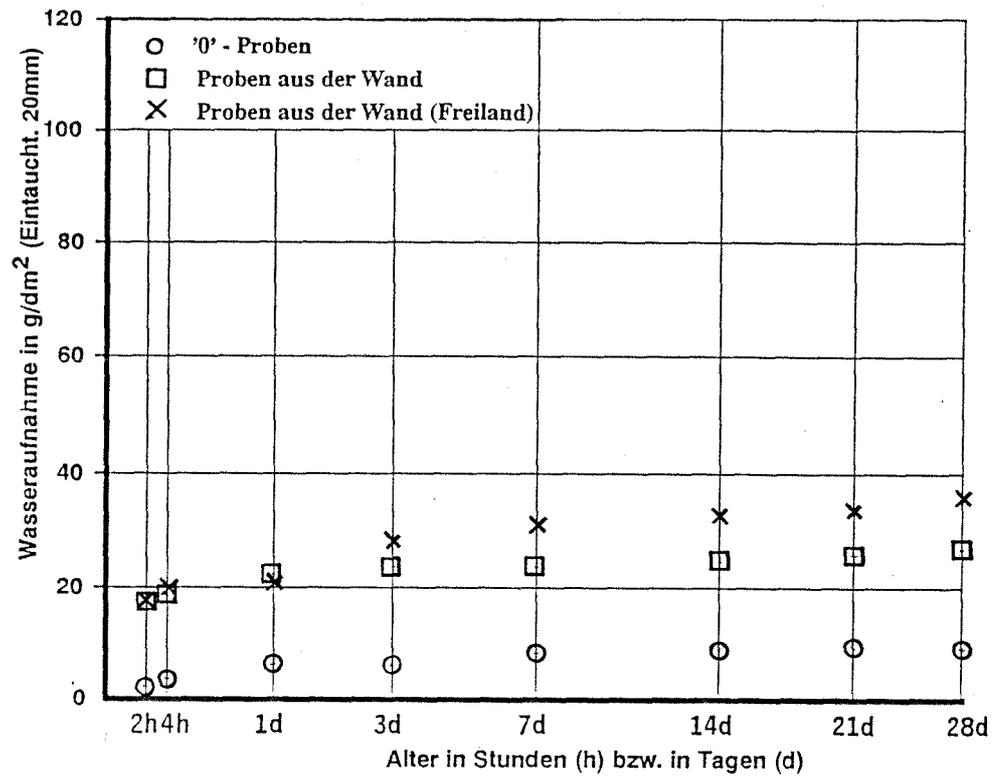


Bild 19: Mittlere Wasseraufnahme in Abhängigkeit von der Zeit bei der Mineralfaserplatte "D" (hydrophobiert)

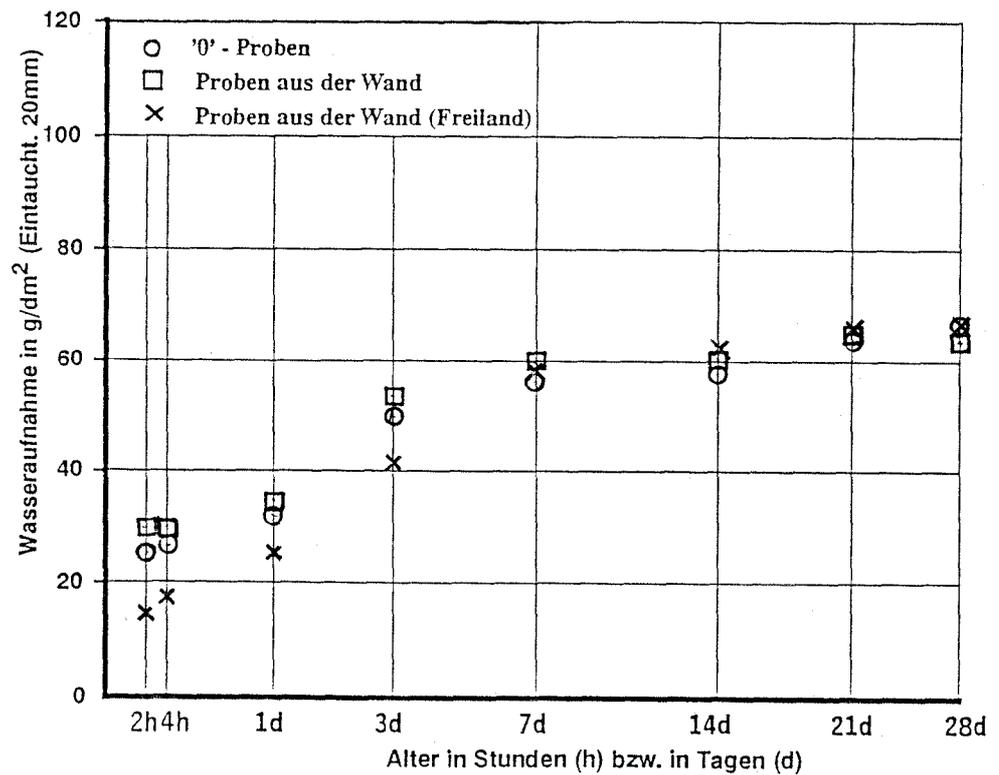


Bild 20: Mittlere Wasseraufnahme in Abhängigkeit von der Zeit bei der Mineralfaserplatte "E" (hydrophobiert)

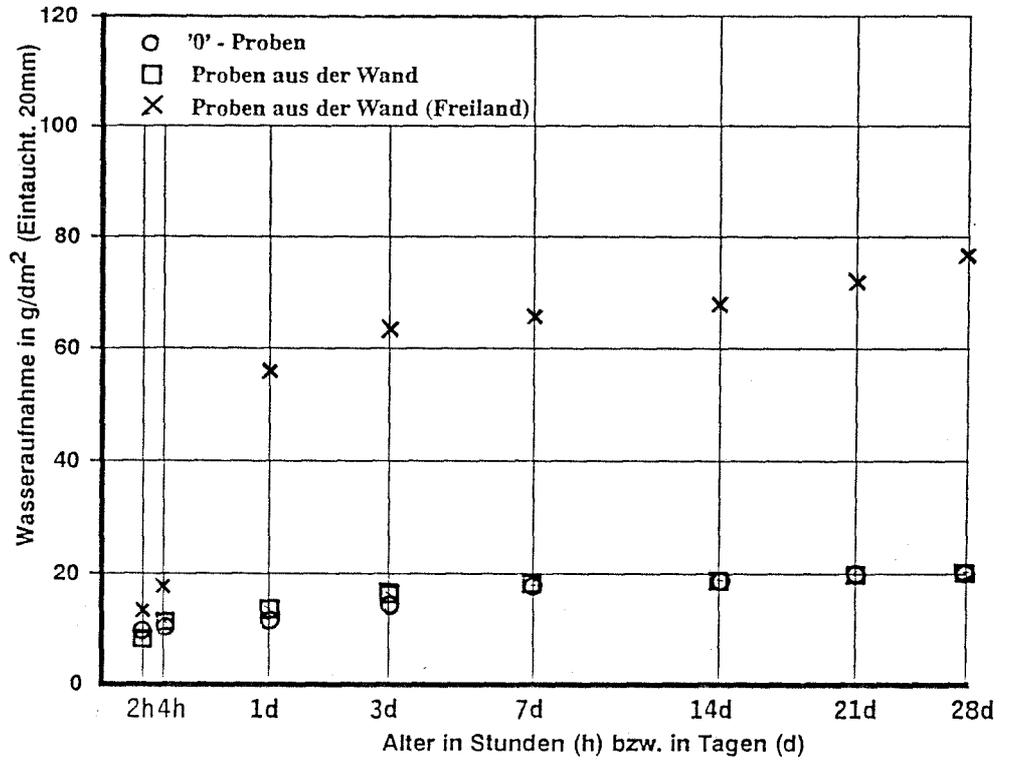


Bild 21: Mittlere Wasseraufnahme in Abhängigkeit von der Zeit bei der Mineralfaserplatte "F" (nicht hydrophobiert)

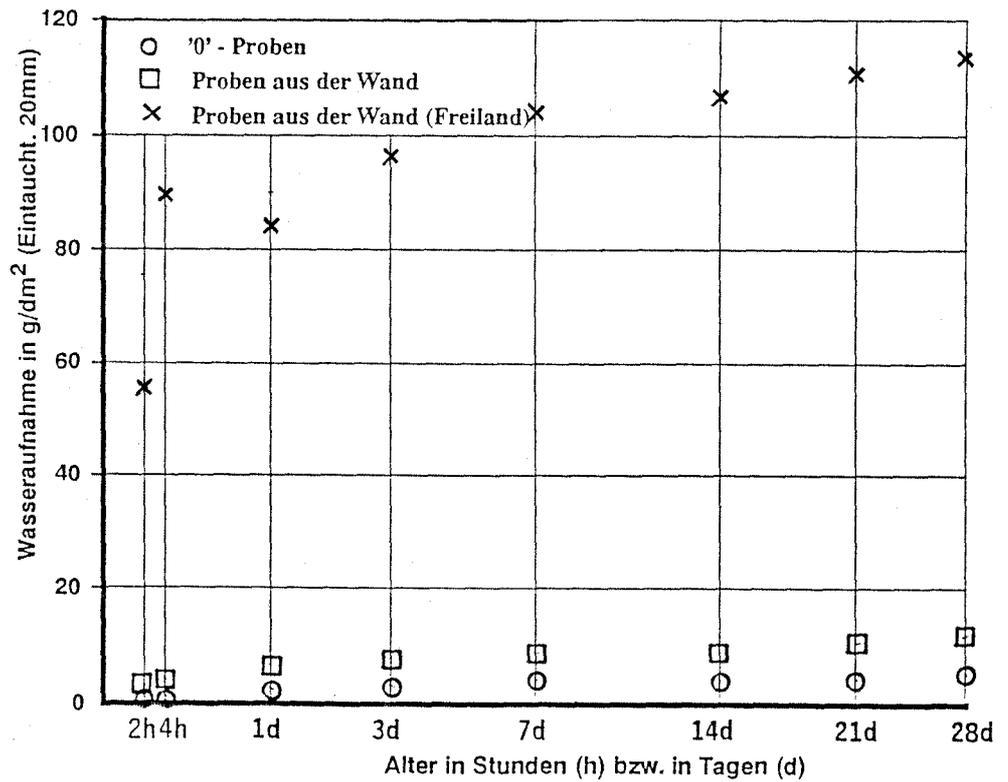


Bild 22: Mittlere Wasseraufnahme in Abhängigkeit von der Zeit bei der Mineralfaserplatte "G" (hydrophobiert)

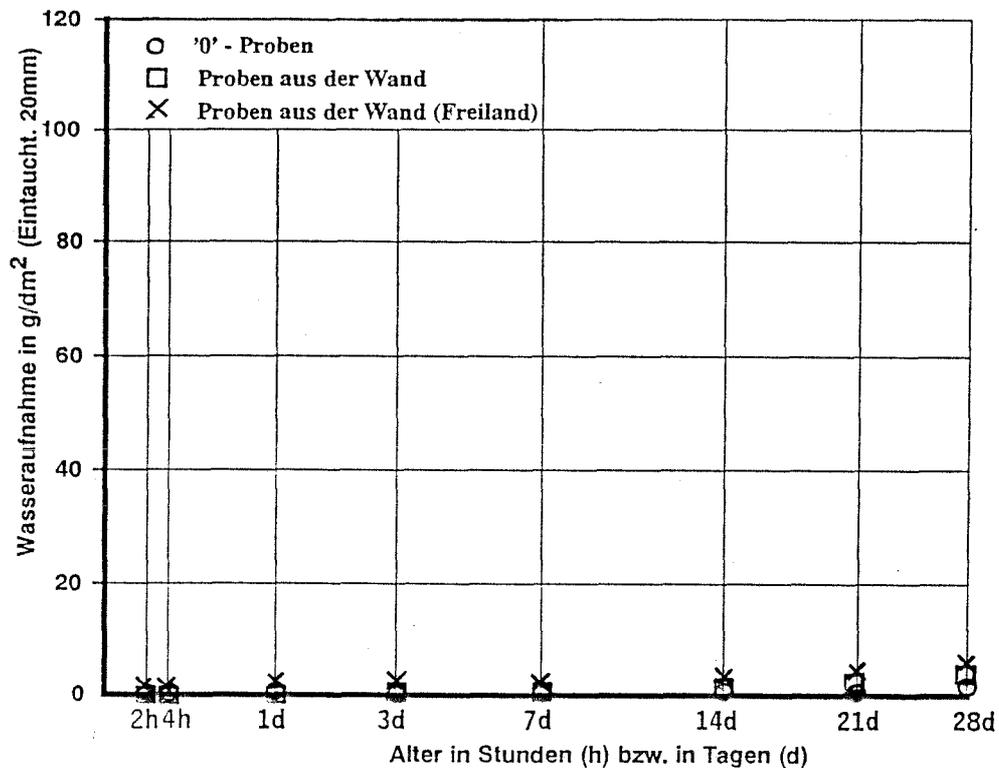


Bild 23: Mittlere Wasseraufnahme in Abhängigkeit von der Zeit der Hartschaumplatte "A"

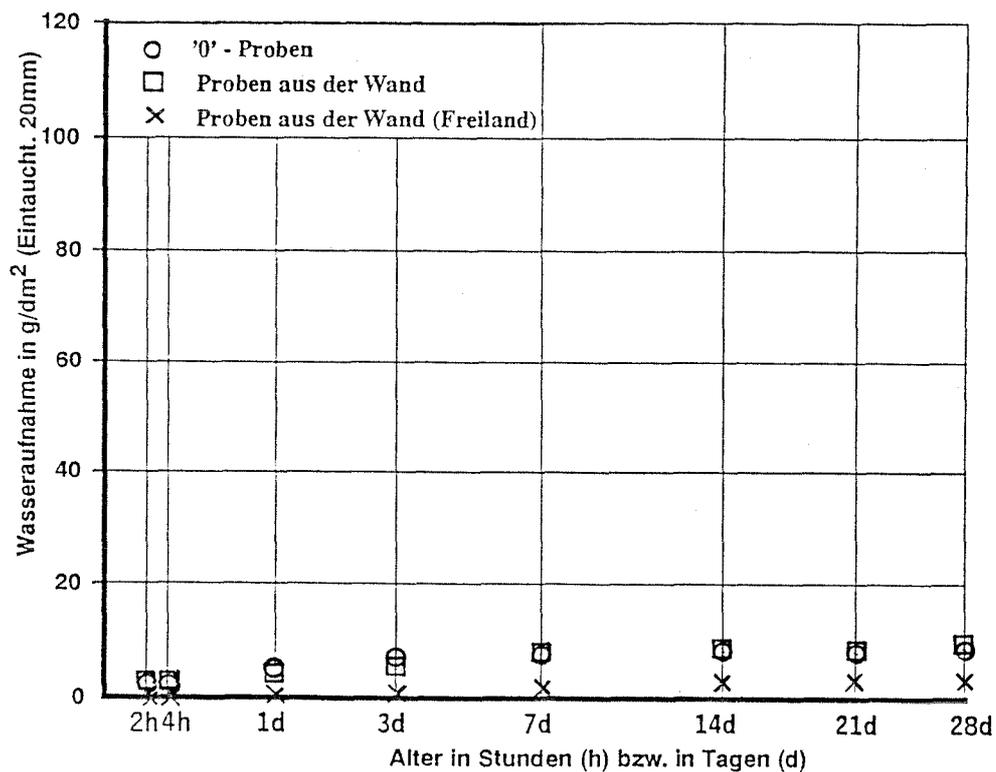


Bild 24: Mittlere Wasseraufnahme in Abhängigkeit von der Zeit der Hartschaumplatte "B"

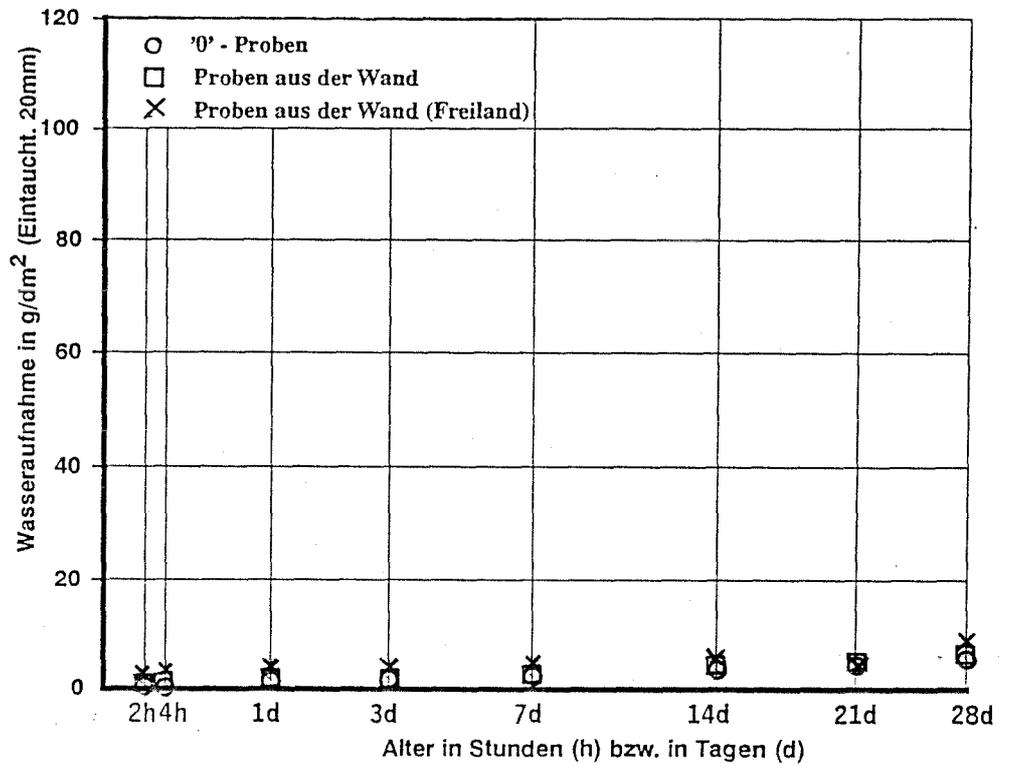


Bild 25: Mittlere Wasseraufnahme in Abhängigkeit von der Zeit der Schaumglasplatte

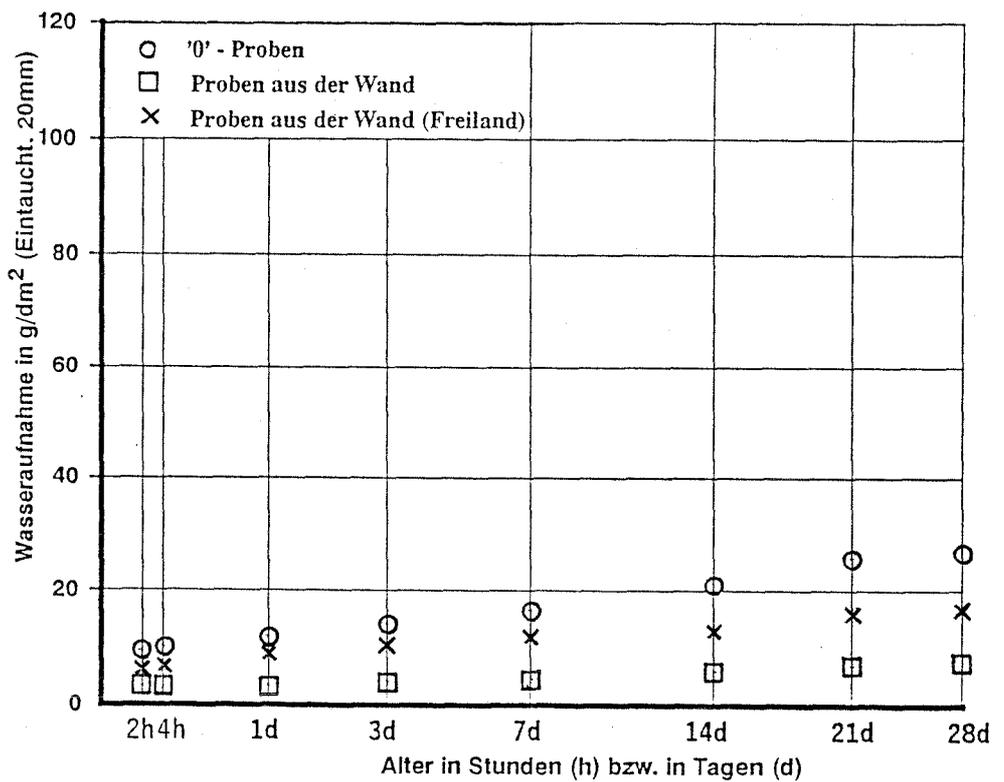


Bild 26: Mittlere Wasseraufnahme in Abhängigkeit von der Zeit der Schüttung "B"

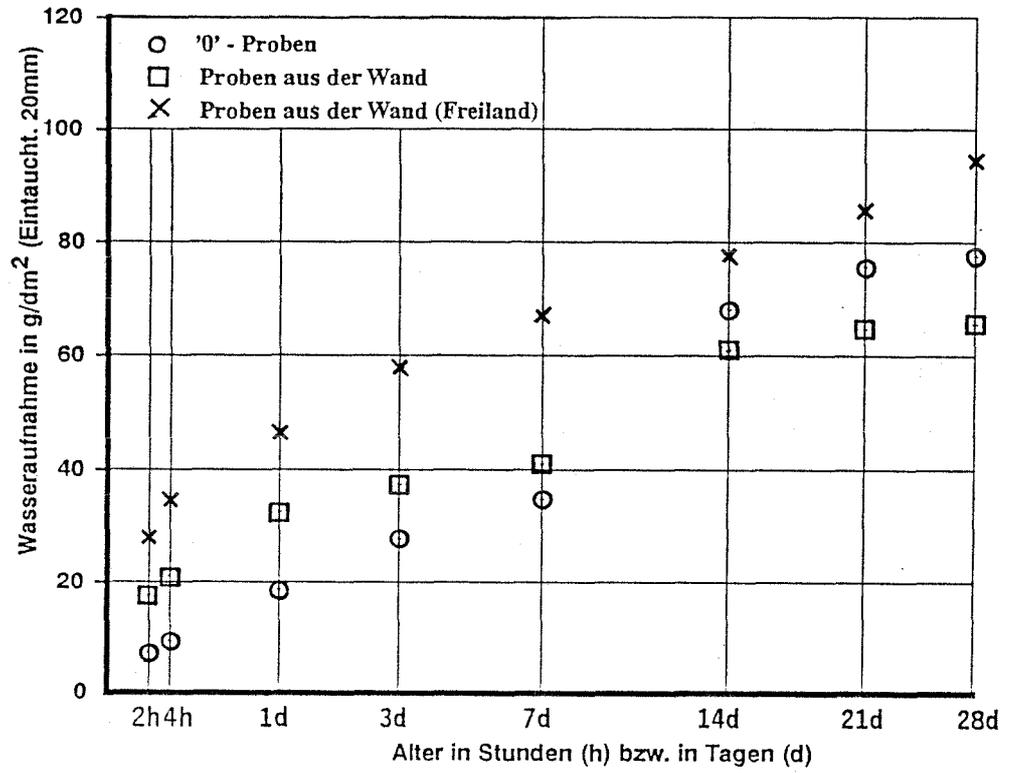


Bild 27: Mittlere Wasseraufnahme in Abhängigkeit von der Zeit der Schüttung "D" (hydrophobiert)

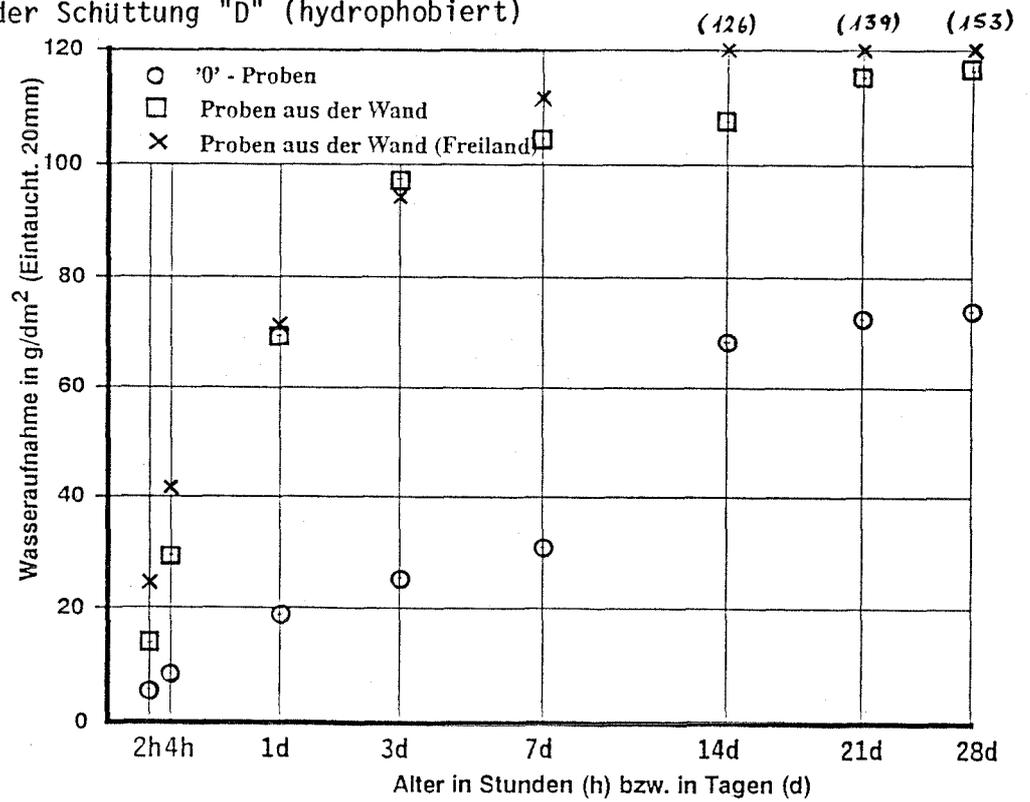


Bild 28: Mittlere Wasseraufnahme in Abhängigkeit von der Zeit der Schüttung "C" (nicht hydrophobiert)

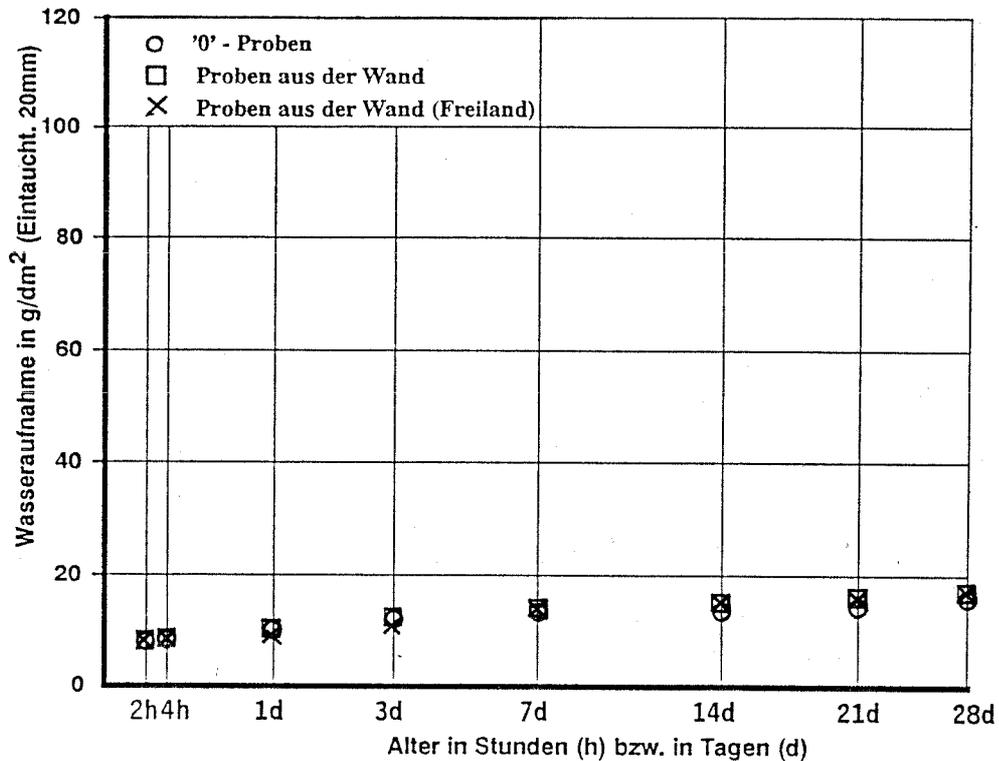


Bild 29: Mittlere Wasseraufnahme in Abhängigkeit von der Zeit der Schüttung "E"

6. Diskussion der Versuchsergebnisse

6.1 Rohdichten der Dämmstoffe

In Zahlentafel 4 sind die Rohdichten der verschiedenen Dämmstoffe zusammengestellt. Es sind dies Rohdichten aus folgenden Untersuchungen:

Spalte 3: Rohdichten aus Zahlentafel 1 dieses Berichtes. Diese Tafel ist identisch mit der Zahlentafel 25 S. 43 im "Forschungsbericht 1985". Es sind dies die nach den jeweiligen Dämmvorschriften ermittelte Werte.

Spalte 4: Die Rohdichten der Null-Proben zur Prüfung der wasserabweisenden Eigenschaften der Dämmstoffe aus den Zahlentafeln 34 bis 46 des "Forschungsberichtes 1985"

Spalte 5: Die Rohdichten der aus den künstlich berechneten Wandproben entnommenen Dämmstoffproben zur Feststellung deren wasserabweisenden Eigenschaften. Die Werte sind ebenfalls aus den Zahlentafeln 34 bis 46 des "Forschungsberichtes 1985" entnommen.

Spalte 6: Die Rohdichten der Dämmstoffproben nach 6-jähriger Freibewitterung in den Wänden. Die Zahlen sind den Tabellen A1 bis A13 entnommen.

Es mag auffallen, daß in Zahlentafel 4 keine Angaben für die Schüttungen enthalten sind. Die Ursache ist darin zu sehen, daß hier die in den Wandproben erreichten Schüttdichten nicht ermittelbar sind.

Bei der Diskussion der in Zahlentafel 4 zusammengestellten Rohdichten ist zunächst darauf hinzuweisen, daß beim UF-Schaum D gemäß Spalte 3 der Zahlentafel eine relativ große Rohdichte im Vergleich zu den anderen Schäumen aber auch im Vergleich zu den Rohdichten entsprechend Spalte 4 der Zahlentafel 4 festgestellt wurde. Dies war bereits bei den früheren Untersuchungen aufgefallen und konnte nicht geklärt werden. Diese von den anderen Schäumen abweichende Rohdichte ist nun allerdings in dem hier zu erörternden Zusammenhang - nämlich Änderung der Rohdichten - von geringerer Bedeutung, da es hier eher auf den Vergleich der in den Wandproben - und nicht nach Normen - vorhandenen Rohdichten ankommt. Bei diesem Vergleich fällt nun bei allen 4 Schäumen auf, daß deren Rohdichte bei den freilandbewitterten Proben (Spalte 6) größer geworden ist. Dabei sind die Abweichungen unterschiedlich groß, rechtfertigen aber wohl die Aussage, daß insgesamt die Unterschiede als signifikant anzusehen sind. Entsprechende Unterschiede sind bei den anderen untersuchten Stoffen nicht erkennbar. Das Ansteigen der Rohdichten dürfte wohl auf das teilweise starke Schwinden der Schäume (s. die Bilder 3 bis 10) zurückzuführen sein. Im zuständigen Sachverständigenausschuß des Instituts für Bautechnik wird zu diskutieren sein, ob hieraus sich Folgerungen für die Größe des Rechenwertes der Wärmeleitfähigkeit ergeben.

Zahlentafel 4: Zusammenstellung der Rohdichten der Dämmstoffe

Wand-Nr.	Dämmstoff	Rohdichten aus			
		Zahlentafel 1	Zahlentafeln Nullproben	34 bis 46 berechnet	Zahlentafeln A1 bis A13
-	-	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³
1	2	3	4	5	6
7	UF-Schaum A	12,2	11,6	10,7	14,2
2	UF-Schaum B	12,2	10,2	9,3	15,8
9	UF-Schaum D	22,1	12,0	14,1	17,4
4	UF-Schaum E	12,8	9,7	10,2	18,4
14	Mineralfaser- pl. nicht hydr.	44,0	39,4	37,1	39,1
3	Mineralfaser- pl. C hydr.	23,0	23,3	22,4	24,4
6	Mineralfaser- pl. D hydr.	39,0	37,4	37,9	33,0
22	Mineralfaser- pl. E hydr.	49,0	45,8	46,8	51,7
15	Mineralfaser- pl. F n. hydr.	45,0	44,1	43,3	44,4
13	Mineralfaser- pl. hydr.	37,0	36,3	37,8	37,9
17	Schaumglas- platte	128,0	125,2	125,3	128,8
16	Hartschaum- platte A	16,0	15,7	15,6	16,9
18	Hartschaum- platte B	18,0	16,0	15,8	17,0

6.2 Beobachtungen beim Abbau der Wände

Die Beobachtungen beim Abbau der Wände lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- a) Bei allen UF-Schäumen wurde während der Versuchsdauer und beim Abriß der Wände keine Durchfeuchtung der Hintermauerschale beobachtet. Die UF-Schäume wiesen alle deutlich größere Risse und Fehlstellen auf, als bei den künstlich berechneten Wänden. Die Risse waren durchgehend und z.T. 3 cm breit. Beim UF-Schaum E (vgl. Bild 7) waren ca. 20-25% der Wandfläche Hohlstellen bzw. Risse. Der Schaum war von der Oberkante der Wand bis zu 8 cm geschrumpft. D.h. die Schrumpfmaße der UF-Schäume sind in den Wänden deutlich größer als bisher angenommen wurde bzw. wie sie nach DIN 18159 Teil 2 gemessen werden. Ob diese Schrumpfmaße auch in größeren Wänden auftreten, müßte durch Objektuntersuchungen geklärt werden.
Inwieweit die Wärmeleitfähigkeit durch die z.T. hohen Schrumpfmaße in den Wänden beeinträchtigt wird, müßte ebenfalls und in Verbindung mit der Zunahme der Rohdichte gemäß Abschn. 6.1 untersucht werden.

- b) Bei allen Mineralfaserplatten (hydrophobiert und nicht hydrophobiert) wurde keine sichtbare Durchfeuchtung der Hintermauerung festgestellt. Allerdings wurde bei einigen nicht hydrophobierten Mineralfaserplatten im unteren Bereich der Wände an der Vormauerseite eine fühlbare Feuchtigkeitsanreicherung beobachtet. Dies weisen auch die in der Spalte 5 der Zahlentafel 3 über die Höhe der Prüfkörper angegebenen Verteilungen der Feuchtegehalte aus. Es hat sich bestätigt, daß bei Mineralfaserplatten davon ausgegangen werden kann, daß es lediglich im Bereich Vormauerschale/Dämmstoff insbesondere im Fußpunktbereich zu Feuchtigkeitsanreicherungen kommen kann und die Feuchtegehalte bei den nicht hydrophobierten Mineralfaserplatten größer sind als bei den hydrophobierten Platten. Letzteres weist die in Zahlentafel 5 gegebene Zusammenstellung aus. In dieser ist geordnet nach der Größe der Feuchtegehalte der Mineralfaserplatten (s. Spalte 2) die Zuordnung gegeben, ob die Platten hydrophobiert waren. Die Feuchtegehalte wurden aus Spalte 5 der Zahlentafel 3 entnommen. Man sieht, daß die beiden nicht hydrophobierten Platten A und B den größten Feuchtege-

Zahlentafel 5: Feuchtegehalte der Mineralfaserplatten

Mineralfaser- platte	mittlerer Feuchtegehalt	
	des Dämmstoffes	der Vormauersteine
-	Gew.-%	Gew.-%
1	2	3
G, hydr.	0,8	12,0
F, n.hydr.	0,9	2,9
C, hydr.	1,0	12,2
E, hydr.	2,1	10,8
D, hydr.	11,2	13,8
B, n.hydr.	11,8	11,4
A, n.hydr.	20,3	9,7

halt hatten. Nicht in die Reihung paßt allerdings die nicht hydrophobierte Platte F, die mit 0,9 Gew.-% Feuchte an zweiter Stelle steht. Bei dieser Platte scheint allerdings von Bedeutung zu sein, daß sie hinter einer Verblendschale mit einem Feuchtegehalt von nur 2,9 Gew.-% eingebaut war. Dies liegt, wie die Werte der Spalte 3 in Zahlentafel 5 zeigen, weit unter den in den anderen Verblendschalen angetroffenen Feuchtegehalten. Da die Feuchtegehalte von Verblendschalen weitgehend von der Güte der Vormauerung abhängig sind, zeigt sich auch hier recht deutlich, wie nötig es ist, eine handwerklich gut ausgeführte Verblendschale herzustellen.

Auffallend in Zahlentafel 5 ist der große Sprung in den Feuchtegehalten der Platten G, F, C und E mit Werten bis etwa 2 Gew.-% zu denen der Platten D, B und A mit Feuchtegehalten mehr als 11,2 Gew.-%. Dabei handelt es sich bei der Platte D noch um eine hydrophobierte Platte mit keiner etwa besonders ungünstigen Charakteristik der Beständigkeit der wasserabweisenden Wirkung (s. Bild 19). Auffallend ist allerdings, daß entsprechend Zahlentafel 3 der mittlere Feuchtegehalt durch einen besonders hohen Wert im unteren Drittel der Wand (21,5 Gew.-%) besonders "hochgezogen" ist.

Für die weiteren Dämmstoffe sind die Feuchtegehalte geordnet nach den einzelnen Dämmstoffarten in Zahlentafel 6 zusammengestellt. In den Spalten 6 und 5 sind auch die Feuchtegehalte der Vormauer- und Hintermauerschale eingetragen. Hier sieht man deutliche Unterschiede. Von besonderem Interesse ist der Vergleich der Feuchtegehalte in der Hintermauerung bei den nicht gedämmten Wänden (letzte 3 Zeilen in Zahlentafel 6) und den mit Kerndämmstoffen ausgefüllten Luftschichten. Wegen der vorhandenen Streuungen ist es schwierig, hier eindeutige Tendenzen herzuleiten. Der größte Feuchtegehalt in der Hintermauerung wurde bei der nicht hydrophobierten Schüttung A mit 6,9 Gew.-% festgestellt. Bei dieser Schüttung war auch in der Hintermauerung eine Durchfeuchtung sichtbar (s. Tafel 2, Wand 8). Es wird z.T. die Meinung vertreten, daß bei kerngedämmtem Mauerwerk die Vormauerschale langsamer austrocknen würde als bei Mauerwerk mit Luftschicht. Diese Meinung kann anhand der entsprechenden Vergleiche der Feuchtegehalte der Spalte 6 in Zahlentafel 6 nicht unbedingt als bestätigt angesehen werden. Dabei muß beachtet werden, daß die unterschiedlichen Feuchtegehalte in der Vormauerung einmal mit Sicherheit auf ungleichmäßige Vormauerung zurückzuführen sind und erst in zweiter Linie durch die Kerndämmfüllung beeinflußt sein dürfte.

- c) Bis auf bei der nicht hydrophobierten Schüttung A wurde bei den anderen Schüttungen keine sichtbare Durchfeuchtung des Hintermauerwerks festgestellt.

Bei der Schüttung "E" wurde ein deutliches "Zusammensacken" der Schüttung (i.M. 5 cm bei einer Höhe von ca. 125 cm) beobachtet. Eine

eindeutige Erklärung hierfür kann nicht angegeben werden, zumal die Wand vor Auswehverlusten geschützt war und größere Erschütterungen (evtl. Nachverdichtung) durch den Standort der Wände ausgeschlossen werden können. Es kommt hinzu, daß alle Schüttungen lagenweise (nicht durch Einblasen) und lunkerfrei eingebracht und soweit möglich verdichtet wurden.

Zahlentafel 6: Feuchtegehalte der Dämmstoffe (außer Mineralfaserplatten)

Wand Nr.	Dämmstoff	mittlerer Feuchtegehalt der			
		Dämmstoffe		Hintermauerung	Vormauerung
		Gew.-%	Vol.-%	Gew.-%	Gew.-%
1	2	3	4	5	6
7	Schaum A	32,7	0,46	5,1	10,7
2	" B	31,3	0,44	4,5	12,2
9	" D	22,5	0,33	3,9	10,8
4	" E	22,4	0,22	4,2	12,2
8	Schüttung A n.hy.	278	30,6	6,9	8,9
5	" B hy.	7,6	0,84	3,7	10,9
19	" C n.hy.	3,5	0,26	4,3	5,8
10	" D hy.	2,2	0,17	5,1	12,5
20	" E -	3,3		2,6	8,3
16	Hartschaumpl. A	7,1		3,3	7,0
18	" B	5,2		3,6	7,6
17	Schaumglaspl.	3,8		3,6	12,0
1	Luftschicht	-	-	3,2	11,6
11	"	-	-	4,3	8,5
21	"	-	-	3,5	3,9

- d) Bei den Hartschaumplatten und der Schaumglasplatte war keine fühlbare Feuchtigkeit an der Seite zur Hintermauerung festzustellen. Ebenso waren keine Durchfeuchtungen des Hintermauerwerks erkennbar. In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, daß die Löcher für die Maueranker in die Schaumglasplatten gebohrt wurden und somit keine Fehlstellen etwa durch teilweise Zerstörung der Platten beim "Drücken" über die Anker entstehen konnten.
- e) In Tafel 7 sind die in Tafel 2 gemachten Angaben über den Zustand der Maueranker zusammengefaßt. Es ist in den Spalten 3 und 4 nach Schadensarten unterschieden, wobei die Legende für die Schadensarten am Fuß der Tafel 7 angegeben ist. Von den Ankerarten sind nur die "ankorrierten Anker" und die verzinkten Anker aufgenommen, da bei der dritten Ankerart, d.h. den V4a-Ankern, an keiner Stelle Schäden aufgetreten sind. Aus Tafel 7 kann man grob folgende Zusammenhänge erkennen.
- 1) Bei den verzinkten Ankern sind erwartungsgemäß weniger Schäden aufgetreten als an den bereits beim Einbau ankorrierten Ankern. Insbesondere ist hervorzuheben, daß keine Schäden bei den verzinkten Ankern bei vorhandener Luftschicht (also keine Kerndämmung) festgestellt wurden und daß durchweg aber Schäden bei den UF-Schäumen und dort im gesamten Dämmstoffbereich aufgetreten sind. Ebenfalls keine Schäden sind bei den verzinkten Ankern, bei den Hartschaumplatten und den Schaumglasplatten beobachtet worden. - Aus dem Ergebnis, daß bei vorhandener Luftschicht an den verzinkten Ankern keine Schäden aufgetreten sind, sollte nicht geschlossen werden, daß abweichend von der derzeitigen DIN 1053 Teil 1, Ausgabe Nov. 1974, nun wieder verzinkte Anker verwendet werden könnten. Hiergegen sprechen nicht veröffentlichte Bestandsaufnahmen an ausgeführten Gebäuden. Diese zeigen nämlich, daß die verzinkten Anker - bei nur entsprechend langer Beanspruchung und abhängig vom Einbaugebiet - als nicht ausreichend korrosionssicher anzusehen sind.

Tafel 7: Übersicht über Korrosionsschäden an den Mauerankern

Wand Nr.	Dämmstoff		Schadensart bei	
			ankorrodieren Anker	verzinkten Anker
1	2		3	4
1	Luftschicht		2	-
11	"		2	-
21	"		2	-
7	UF-Schaum A		3	3
2	"	B	3	3
9	"	D	3	3
4	"	E	3	3
12	Mineralfaserpl. A n.h.		1,3	-
14	"	B n.h.	1,3	-
15	"	F n.h.	1	-
3	"	C h.	2	2
6	"	D h.	2	-
22	"	E h.	1	-
13	"	G h.	1	-
8	Schüttung A n.h.		4	4
19	"	C n.h.	1	-
5	"	B h.	2	-
10	"	D h.	2	-
20	"	E -	1	-
16	Hartschaumpl. A		1	-
18	"	B	1	-
17	Schaumglasplatte		1	-

Legende

- Schadensart 1 : punktuelle Schädigungen im Bereich Vormauerschale/
Dämmstoff
" 2 : Querschnittsverminderung im Bereich Vormauerschale/
Dämmstoff
" 3 : punktuelle Schädigungen im Dämmstoffbereich
" 4 : flächige Schädigungen im Dämmstoffbereich

- 2) In allen Fällen wurden bei den ankorrodierten Ankern "Korrosionsschäden" festgestellt. Dies überrascht nicht. Eine eingehende Analyse, die zeigt, in welchem Fall stärkere oder weniger starke Schädigungen aufgetreten sind, erübrigt sich.

6.3 Beständigkeit der wasserabweisenden Eigenschaften

6.3.1 Allgemeines

Hier ist daran zu erinnern, daß der Ausgangspunkt zu entsprechenden Untersuchungen über die Beständigkeit der wasserabweisenden Eigenschaften die Überlegung war, daß die Kerndämmstoffe ihre wasserabweisenden Eigenschaften im Laufe der Zeit verlieren könnten, da das durch die Vormauerschale eindringende Regenwasser durch Berührung mit dem Mauer-
mörtel basisch werden könnte und das basische Milieu zu einem Abbau der wasserabweisenden Eigenschaften führen könnte. Hierauf bauen auch die Versuche auf, die bei einem Teil der Kerndämmstoffe im Rahmen des Zulassungsverfahrens beim Institut für Bautechnik, Berlin durchzuführen sind. Durch Langzeiteinwirkung wie im vorliegenden Fall könnte nun die wasserabweisende Wirkung bereits nachgelassen haben. D.h., daß die Lagerung der Proben in einer entsprechenden Prüfflüssigkeit zu einer größeren Wasseraufnahme führen könnte als vor der Beanspruchung durch die freie Bewitterung. Dieser Möglichkeit war nachzugehen.

6.3.2 Auswertung der Versuchsergebnisse

Heranzuziehen sind hier die in den Anlagen Zahlentafeln A1 bis A17 wiedergegebenen Versuchsergebnisse. Da zur Beurteilung aber nicht nur die in den Zahlentafeln A1 bis A17 gebrachten Versuchsergebnisse maßgebend sind, sind die Ergebnisse besser anhand der in den Bildern 13 bis 29 dargestellten Versuchswerte zu diskutieren. Dort sind nämlich außer den in den Zahlentafeln A1 bis A17 niedergelegten Versuchsergebnissen auch die Wasseraufnahmen eingetragen, die bei den Null-Proben und auch

bei den Proben nach der künstlichen Beregnung wie sie im "Forschungsbericht 1985" vorgenommen wurde, eingetragen.

Die Bilder 13 bis 29 lassen erkennen:

- 1) Bei den Schäumen (Bilder 13 bis 16) hat mit Ausnahme der Proben aus der Wand mit dem Schaum E die wasserabweisende Wirkung zugenommen. Dabei sei daran erinnert, daß der Schaum E der Schaum ist, bei dem das größte Schwundmaß beim Abbau der Versuchswände festgestellt wurde (vgl. die Bilder 5 bis 8).
- 2) Bei den Mineralfaserplatten (Bilder 17 bis 22) zeigt sich kein einheitliches Bild. Dabei fällt insbesondere auf, daß hier kein Unterschied auszumachen ist zwischen den hydrophobierten und den nicht hydrophobierten Platten. Sieht man sich etwa das Bild 17 an, das die Ergebnisse an einer nicht hydrophobierten Platte wiedergibt, und im Vergleich dazu das Bild 22, das zu einer hydrophobierten Platte gehört, so sieht man, daß in beiden Fällen ein enormer Verlust der wasserabweisenden Eigenschaften eingetreten ist. Andererseits gibt es Fälle - und hierzu gehören die Bilder 18 und 20 -, die zeigen, daß die Freiland-Bewitterung die Wasseraufnahme im alkalischen Milieu nicht beeinflußt hat.
- 3) Bei den Hartschaumplatten A und B (Bilder 23 und 24) und der Schaumglasplatte (Bild 25) hat sich die Wasseraufnahme praktisch nicht verändert.
- 4) Die Schüttungen reagieren unterschiedlich. Die Schüttungen B (Bild 26) und E (Bild 29) sind unempfindlich, bei den Schüttungen D und insbesondere aber bei C (eine Schüttung, die ohnehin nicht hydrophobiert eingestellt ist) ist eine deutliche Zunahme der Wasseraufnahme festzustellen.

Aus den hier aufgezeigten Zusammenhängen ergibt sich, daß die wasserabweisende Wirkung der Dämmstoffe z.T. nachgelassen hat. Da damit, und das zeigen auch die Feuchtegehalte der Dämmstoffe (s. Zahlentafel 5), eine

Verschlechterung des Wärmeschutzes verbunden ist, wird zu diskutieren sein, ob weitere Anforderungen zu stellen sind.

6.4 Schlußbemerkung

Hier soll noch einmal darauf hingewiesen werden, daß die Versuchswände extrem harten Bedingungen unterworfen waren. Hierzu zählt vor allem, daß sie voll dem Frost und auch der Wärme ausgesetzt waren. Dies können für den einen oder anderen Dämmstoff zu große Beanspruchungen gewesen sein. Immerhin aber hat sich gezeigt, daß einige Dämmstoffe auch diesen Beanspruchungen standhalten. Auch können die hohen Beanspruchungen als zeit-
raffende Bedingungen angesehen werden.

7. Zusammenfassung

Es wird über Versuchsergebnisse an Wärmedämmstoffen berichtet, die als Kerndämmung in frei bewitterten Mauerwerksprobekörpern etwa 6 Jahre lang eingebaut waren. Als Dämmstoffe waren verwendet:

Platten (Hartschaum, Mineralfaser, Schaumglas), UF-Schäume sowie Schüttungen (mineralisch, organisch). Die wichtigsten Ergebnisse sind:

- 1) Bei den Schäumen hat die Rohdichte zugenommen (Abschn. 6.1).
- 2) Die Schäume waren z.T. stark gerissen (Abschn. 6.2a).
- 3) Die hydrophobierten Mineralfaserplatten hatten einen geringeren Feuchtegehalt als die nicht hydrophobierten Platten (Abschn. 6.2b).
- 4) Es kann nicht eindeutig bestätigt werden, daß Kerndämmstoffe die Austrocknung der Vormauerschale behindern (Abschn. 6.2b).
- 5) Eine sichtbare Durchfeuchtung der Hintermauerung wurde nur in einem Falle und zwar bei Verwendung einer nicht hydrophobierten Schüttung festgestellt (Abschn. 6.2c).
- 6) An den Mauerankern wurden Korrosionsschäden nur bei der Verwendung "ankorrodiertes" oder verzinkter Drahtanker festgestellt. Die Schäden an den ankorrodierten Ankern waren stärker als bei den verzinkten Ankern. Die stärksten Schäden bei den verzinkten Ankern waren bei den mit den UF-Schäumen gedämmten Wänden (Abschn. 6.2c).

7) Die Beständigkeit der wasserabweisenden Wirkung der verschiedenen Dämmstoffe kann wie folgt charakterisiert werden:

Schäume - i.d.R. beständiger geworden;

Mineralfaserplatten - kein einheitliches Bild;

Hartschaumplatten - keine Veränderung;

Schaumglasplatte - keine Veränderung;

Schüttungen - kein einheitliches Bild;

(Abschn. 6.3).

Anlagen

Zahlentafeln A1 bis A17

Zahlentafel A 2 : Gewichtszunahme in g/dm^2 in Abhängigkeit von der Zeit des UF-Schaumes "B"

Probe Nr.	Lage der Probe in der Wand	Abmessungen			Rohdichte	2 h	4 h	1 d	3 d	7 d	14 d	21 d	28 d
		Länge	Breite	Höhe		g/dm^2							
-	-	cm	cm	cm	kg/m^3								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	oben	15,1	14,6	5,7	17,3	17,8	27,3	40,2	48,2	52,2	55,9	57,3	59,1
2	oben	15,1	15,1	5,8	17,4	13,0	19,6	31,7	43,5	46,6	54,0	55,2	56,3
3	mitte	15,1	15,1	5,8	14,8	11,9	19,9	25,7	28,6	29,6	31,5	31,2	29,8
4	mitte	15,1	14,5	6,0	15,1	12,3	18,5	20,4	25,1	25,5	24,4	24,5	24,5
5	unten	15,0	14,9	5,5	14,6	10,4	13,9	16,2	16,6	17,1	17,7	18,0	18,4
im Mittel					15,8	13,1	19,8	22,4	32,4	34,2	36,7	37,2	37,6

Zahlentafel A 3: Gewichtszunahme in g/dm^2 in Abhängigkeit von der Zeit des UF-Schaumes "D"

Probe Nr.	Lage der Probe in der Wand	Abmessungen			Rohdichte	2 h	4 h	1 d	3 d	7 d	14 d	21 d	28 d
		Länge	Breite	Höhe		g/dm^2							
-	-	cm	cm	cm	kg/m^3								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	oben	15,1	15,0	6,0	19,5	36,4	71,3	88,5	100,6	106,0	114,5	119,7	122,4
2	oben	15,1	15,1	6,0	18,8	42,1	91,5	117,1	130,8	136,7	148,8	156,0	162,2
3	mitte	15,1	12,1	6,2	15,4	10,9	23,0	45,5	50,8	53,9	56,3	58,1	60,1
4	mitte	15,1	15,1	6,2	15,0	10,8	20,6	31,4	32,5	35,0	40,4	40,5	40,5
5	unten	15,1	15,0	6,1	17,5	7,5	10,9	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16,7
6	unten	15,1	15,0	6,2	17,9	8,0	13,6	15,0	16,1	17,8	17,6	17,5	17,4
im Mittel					17,4	19,3	38,5	52,4	57,9	61,0	65,7	68,1	69,9

Zahlentafel A 5 : Gewichtszunahme in g/dm² in Abhängigkeit von der Zeit der Mineralfaserplatte "B" (nicht hydrophobiert)

Probe Nr.	Lage der Probe in der Wand	Abmessungen			Rohdichte								
		Länge	Breite	Höhe		2 h	4 h	1 d	3 d	7 d	14 d	21 d	28 d
-	-	cm	cm	cm	kg/m ³	g/dm ²							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	oben	14,9	14,8	65	39,5	144,7	160,8	168,7	173,4	180,2	183,3	183,9	183,9
2	oben	15,0	14,9	67	38,5	142,2	169,8	166,8	183,5	184,1	188,0	198,3	223,1
3	mitte	14,9	14,9	66	40,8	87,2	97,4	103,9	113,5	114,9	115,8	119,4	124,3
4	mitte	14,9	15,0	66	39,4	74,7	96,4	105,6	113,0	114,4	121,5	124,6	128,3
5	unten	15,1	15,0	67	37,6	49,0	61,1	74,1	82,0	89,0	92,5	103,1	112,5
6	unten	15,0	15,0	66	38,6	38,9	54,9	72,7	85,5	95,5	108,0	109,1	111,6
				im Mittel	39,1	89,5	106,7	115,3	125,2	129,7	134,9	139,7	147,2

Zahlentafel A 6: Gewichtszunahme in g/dm^2 in Abhängigkeit von der Zeit der Mineralfaserplatte "C" (hydrophobiert)

Probe Nr.	Lage der Probe in der Wand	Abmessungen			Rohdichte	2 h	4 h	1 d	3 d	7 d	14 d	21 d	28 d
		Länge	Breite	Höhe		g/dm^2							
-	-	cm	cm	cm	kg/m^3								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	oben	14,9	15,0	5,1	23,0	24,5	33,0	36,8	38,0	45,5	46,0	46,2	46,4
2	oben	14,9	14,8	4,7	23,3	16,7	22,3	25,8	34,1	27,3	27,6	29,5	33,2
3	mitte	14,9	15,0	4,6	24,3	13,1	18,1	18,6	25,0	28,9	29,1	31,0	33,3
4	mitte	15,0	15,0	5,3	23,5	9,3	15,9	20,4	23,8	29,2	29,4	29,9	30,6
5	unten	14,7	15,0	5,3	26,0	12,2	17,9	19,0	22,0	25,3	34,7	33,8	31,8
6	unten	14,8	15,0	4,4	26,0	6,7	11,6	12,9	15,9	19,2	23,8	24,6	25,7
im Mittel					24,4	13,8	19,8	22,3	26,5	29,2	31,8	32,5	33,5

Zahlentafel A 7 : Gewichtszunahme in g/dm^2 in Abhängigkeit von der Zeit der Mineralfaserplatte "D" (hydrophobiert)

Probe Nr.	Lage der Probe in der Wand	Abmessungen			Rohdichte	2 h	4 h	1 d	3 d	7 d	14 d	21 d	28 d
		Länge	Breite	Höhe		g/dm^2							
-	-	cm	cm	cm	kg/m^3								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	oben	15,0	15,0	6,4	29,2	17,0	17,6	23,7	24,0	25,4	26,6	30,7	35,7
2	oben	15,0	14,8	6,4	29,6	16,2	18,5	18,4	39,2	37,6	42,0	39,5	37,3
3	mitte	14,8	14,8	6,1	37,7	29,1	30,5	32,4	33,1	34,1	33,7	36,0	37,3
4	mitte	14,9	15,0	6,4	35,7	25,4	28,1	30,0	35,3	44,6	44,1	44,4	44,5
5	unten	15,0	15,1	5,6	30,4	14,5	21,5	21,4	24,8	31,4	34,1	36,9	38,1
6	unten	15,1	15,0	6,6	35,3	7,1	10,2	11,9	12,8	16,4	17,1	19,9	22,8
im Mittel					33,0	18,2	21,1	23,0	28,2	31,6	32,9	34,6	36,0

Zahlentafel A 8 : Gewichtszunahme in g/dm^2 in Abhängigkeit von der Zeit der
Mineralfaserplatte "E" (hydrophobiert)

Probe Nr.	Lage der Probe in der Wand	Abmessungen			Rohdichte	2 h	4 h	1 d	3 d	7 d	14 d	21 d	28 d
		Länge	Breite	Höhe		g/dm^2							
-	-	cm	cm	cm	kg/m^3								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	oben	14,9	14,6	6,0	52,3	30,0	36,4	47,7	54,4	55,7	55,9	55,8	57,0
2	oben	14,9	14,8	6,2	51,4	19,7	20,2	27,4	43,9	58,7	62,3	64,6	63,1
3	mitte	14,8	14,7	6,1	52,1	5,9	6,7	12,7	36,6	60,7	67,3	68,0	76,5
4	mitte	15,0	14,9	6,1	52,0	4,0	4,0	12,8	30,8	57,2	58,3	62,2	63,3
5	unten	14,7	14,7	6,2	51,5	13,8	17,6	21,8	47,6	59,8	61,3	64,4	70,0
6	unten	14,7	14,6	6,2	50,9	11,9	15,4	26,1	33,1	58,4	65,2	68,7	79,8
im Mittel					51,7	14,2	16,7	24,8	41,1	58,4	61,7	64,0	68,3

Zahlentafel A 9 : Gewichtszunahme in g/dm² in Abhängigkeit von der Zeit der Mineralfaserplatte "F" (nicht hydrophobiert)

Probe Nr.	Lage der Probe in der Wand	Abmessungen			Rohdichte	2 h	4 h	1 d	3 d	7 d	14 d	21 d	28 d
		Länge	Breite	Höhe		g/dm ²							
-	-	cm	cm	cm	kg/m ³								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	oben	14,8	14,8	5,8	43,0	18,0	35,8	94,5	100,6	103,4	105,4	106,4	115,5
2	oben	15,0	14,7	6,0	43,3	22,9	24,4	111,0	140,4	141,0	144,7	145,9	146,4
3	mitte	14,9	14,8	5,8	46,4	1,5	1,9	7,8	9,3	10,7	13,1	15,1	17,6
4	mitte	15,0	14,8	5,8	45,6	1,1	1,3	7,3	8,0	10,2	11,9	14,8	23,8
5	unten	15,0	14,8	6,0	45,1	16,5	23,7	59,6	62,5	72,1	77,4	79,7	85,6
6	unten	14,8	14,7	6,1	42,9	17,7	18,6	58,9	59,9	62,0	63,9	66,0	67,8
im Mittel					44,4	13,0	17,6	56,5	63,5	66,6	68,4	71,3	76,1

Zahlentafel A 10: Gewichtszunahme in g/dm^2 in Abhängigkeit von der Zeit der Mineralfaserplatte "G" (hydrophobiert)

Probe Nr.	Lage der Probe in der Wand	Abmessungen			Rohdichte	2 h	4 h	1 d	3 d	7 d	14 d	21 d	28 d
		Länge	Breite	Höhe		g/dm^2							
-	-	cm	cm	cm	kg/m^3								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	oben	14,6	14,9	5,8	39,5	55,2	105,0	109,0	112,2	112,5	112,9	118,6	119,8
2	oben	14,6	15,0	5,9	38,6	71,3	97,3	105,0	120,6	128,4	128,9	133,5	134,6
3	mitte	14,9	14,9	5,9	38,0	78,5	91,9	98,2	116,0	122,2	132,1	135,1	137,8
4	mitte	14,8	15,0	5,9	37,8	54,3	73,2	84,4	92,2	95,7	98,9	102,6	109,3
5	unten	15,0	15,0	5,9	36,9	30,8	51,6	57,2	58,7	71,6	74,4	74,9	76,7
6	unten	15,0	14,8	5,8	36,5	41,6	45,0	54,7	73,9	93,6	92,1	102,3	102,7
im Mittel					37,9	55,3	77,3	84,8	95,6	104,0	106,6	111,2	113,5

Zahlentafel A 11: Gewichtszunahme in g/dm^2 in Abhängigkeit von der Zeit der Hartschaumplatte "A"

Probe Nr.	Lage der Probe in der Wand	Abmessungen			Rohdichte	2 h	4 h	1 d	3 d	7 d	14 d	21 d	28 d
		Länge	Breite	Höhe		g/dm^2							
-	-	cm	cm	cm	kg/m^3	7	8	9	10	11	12	13	14
1	oben	14,8	14,8	4,9	16,5	1,2	1,6	2,5	3,9	4,2	4,8	5,4	6,6
2	oben	14,8	14,8	4,9	17,0	1,1	1,9	2,5	3,0	3,3	3,7	4,0	4,2
3	mitte	14,8	14,8	4,8	16,5	0,8	1,2	2,4	3,0	3,7	4,1	4,7	4,7
4	mitte	14,8	14,8	4,8	17,5	1,1	2,1	3,1	3,3	3,4	4,4	5,2	5,4
5	unten	14,7	14,7	4,8	17,7	0,7	1,6	1,8	2,0	2,6	4,0	4,4	4,6
6	unten	14,8	14,8	4,8	16,2	2,4	2,6	2,8	3,1	3,3	3,5	3,5	4,4
im Mittel					16,9	1,2	1,8	2,5	3,1	3,4	4,1	4,5	5,0

Zahlentafel A 12: Gewichtszunahme in g/dm^2 in Abhängigkeit von der Zeit der Hartschaumplatte "B"

Probe Nr.	Lage der Probe in der Wand	Abmessungen			Rohdichte	2 h	4 h	1 d	3 d	7 d	14 d	21 d	28 d
		Länge	Breite	Höhe		g/dm^2							
-	-	cm	cm	cm	kg/m^3								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	oben	14,8	14,8	4,9	17,2	1,2	1,2	2,0	3,3	3,4	4,1	4,2	4,3
2	oben	14,7	14,7	4,9	17,1	1,6	1,8	2,6	3,4	3,9	4,6	4,6	4,8
3	mitte	14,9	14,8	4,9	16,5	1,4	1,5	2,9	4,6	4,6	5,3	5,4	5,4
4	mitte	14,8	14,7	4,9	16,8	1,3	1,4	2,7	3,4	4,2	4,4	4,5	4,5
5	unten	14,7	14,7	4,9	17,3	1,2	1,2	2,2	2,8	2,8	3,1	3,2	3,3
6	unten	14,7	14,7	4,9	17,2	1,1	1,2	1,8	2,1	2,7	2,7	2,9	2,9
im Mittel					17,0	1,3	1,4	2,4	3,3	3,6	4,0	4,1	4,2

Zahlentafel A 13 : Gewichtszunahme in g/dm^2 in Abhängigkeit von der Zeit der
Schaumglasplatte

Probe Nr.	Lage der Probe in der Wand	Abmessungen			Rohdichte	2 h	4 h	1 d	3 d	7 d	14 d	21 d	28 d
		Länge	Breite	Höhe		g/dm^2							
-	-	cm	cm	cm	kg/m^3								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	oben	14,7	14,7	6,0	124,8	1,9	2,4	2,9	4,3	4,8	5,5	5,7	6,4
2	oben	14,7	14,7	6,0	132,1	2,5	3,0	3,6	4,6	5,7	5,8	6,4	6,7
3	mitte	14,7	14,8	6,0	131,8	3,5	4,1	5,4	6,3	8,0	8,0	9,4	9,3
4	mitte	14,7	14,7	6,0	128,8	2,7	3,4	4,4	5,1	6,7	6,7	8,0	8,0
5	unten	14,7	14,7	5,9	124,8	3,0	3,0	4,4	5,2	6,1	6,3	7,5	7,6
6	unten	14,7	14,7	6,0	130,7	3,1	3,7	4,6	5,5	6,1	6,2	7,2	7,3
				im Mittel	128,8	2,8	3,3	4,2	5,2	6,2	6,4	7,4	7,6

Zahlentafel A 14: Gewichtszunahme in g/dm^2 in Abhängigkeit von der Zeit der Schüttung B (hydrophobiert)

Probe Nr.	Lage der Probe in der Wand	Volumen		Schüttdichte	2 h	4 h	1 d	3 d	7 d	14 d	21 d	28 d
		cm^3			g/dm^2							
-	-			kg/m^3								
1	2	3		4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	oben	1000		110	4,6	5,1	6,2	7,5	8,9	11,2	12,0	13,2
2	oben	1000		110	3,4	4,4	6,0	7,1	8,2	10,5	11,2	12,6
3	mitte	1000		110	5,3	6,8	8,3	9,2	10,1	12,3	14,1	15,6
4	mitte	1000		110	6,2	7,1	8,6	9,9	10,8	13,5	15,3	16,9
5	unten	1000		110	7,9	8,9	10,5	12,2	14,1	16,2	18,0	19,9
6	unten	1000		110	8,3	10,2	12,9	14,2	15,8	17,3	19,6	21,0
			im Mittel	110	6,0	7,1	8,8	10,0	11,3	13,5	15,0	16,5

Zahlentafel A 15 : Gewichtszunahme in g/dm^2 in Abhängigkeit von der Zeit der Schüttung "D" (hydrophobiert)

Probe Nr.	Lage der Probe in der Wand	Volumen		Schüttdichte	2 h	4 h	1 d	3 d	7 d	14 d	21 d	28 d
		cm ³	kg/m ³		g/dm ²							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	oben	1000	75	17,2	19,8	28,3	34,5	38,2	48,5	56,8	63,7	
2	oben	1000	75	19,0	21,4	29,9	37,0	43,2	51,3	59,4	68,2	
3	mitte	1000	75	28,0	32,3	38,9	52,0	58,9	66,8	72,3	79,8	
4	mitte	1000	75	29,0	32,9	39,8	56,0	67,2	72,6	79,1	88,3	
5	unten	1000	75	44,4	57,2	74,1	89,3	101,6	118,7	125,6	132,3	
6	unten	1000	75	39,9	48,4	67,6	78,0	92,1	104,5	118,3	128,9	
		im Mittel	75	29,6	35,3	46,4	58,1	66,8	77,1	85,3	93,5	

Zahlentafel A 16: Gewichtszunahme in g/dm^2 in Abhängigkeit von der Zeit der Schüttung "C" (nicht hydrophobiert)

Probe Nr.	Lage der Probe in der Wand	Volumen		Schüttdichte	2 h	4 h	1 d	3 d	7 d	14 d	21 d	28 d
		cm ³	kg/m ³		g/dm ²							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	oben	1000	75	17,4	28,5	59,4	88,3	97,4	99,5	114,3	126,7	
2	oben	1000	75	16,8	26,7	55,8	79,4	93,2	101,3	109,5	118,8	
3	mitte	1000	75	22,5	34,9	62,8	89,5	103,5	121,4	132,8	145,3	
4	mitte	1000	75	24,0	38,5	71,3	92,7	112,8	135,4	156,3	163,4	
5	unten	1000	75	38,9	64,8	91,0	113,4	139,3	152,7	168,9	184,7	
6	unten	1000	75	35,8	54,9	82,4	104,3	127,5	148,3	161,6	178,3	
		im Mittel	75	25,9	41,4	70,5	94,6	112,2	126,4	140,6	152,9	

Zahlentafel A 17 : Gewichtszunahme in g/dm^2 in Abhängigkeit von der Zeit der Schüttung "E"

Probe Nr.	Lage der Probe in der Wand	Volumen		Schüttdichte	2 h	4 h	1 d	3 d	7 d	14 d	21 d	28 d
		cm^3			kg/m^3	g/dm^2						
1	2	3		4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	oben	1000		11	8,2	9,1	10,8	11,9	12,7	13,6	14,5	15,3
2	oben	1000		11	7,4	8,8	9,6	10,9	11,8	12,9	13,7	14,6
3	mitte	1000		11	9,8	10,6	11,5	12,4	13,3	14,6	15,6	16,3
4	mitte	1000		11	6,9	7,8	8,7	9,5	10,7	12,1	13,4	14,3
5	unten	1000		11	10,1	12,1	13,6	14,8	15,7	16,3	17,0	18,2
6	unten	1000		11	9,0	10,2	11,8	12,9	14,4	15,3	16,0	16,7
			im Mittel	11	8,6	9,8	11,0	12,1	13,1	14,1	15,0	15,9

Abstract
On the Research Project

"On the Longterm Behaviour of Cavity Walls Filled with
Insulating Materials for Thermal Insulation"

It is reported on the behaviour of insulating materials which were used in cavity walls and on the corrosion resistance of ties which were in the same specimens. The cavity walls were exposed to the weather during a period of 6 years. The most important results are:

- 1) A noticeable wetness of the inner leaf was stated in one case only. In this case the insulating material was not hydrophobised.
- 2) The in situ foamed plastics had a higher density than 6 years before and there were partly considerable cracks due to shrinkage.
- 3) The hydrophobised mineral wall plates had significant less moisture content, than the non-hydrophobised plates.
- 4) None of the insulating materials has been used as food for mice or other animals.
- 5) In one of the loose filled insulating materials there was on top of the specimen a gap of about 5 cm in height.
- 6) The durability of the hydrophobising effect was different for the insulating materials: in situ foamed plastics = increase; foamed plastics and foam glass = no change; mineral wool plates and loose filled materials = no uniform behaviour.
- 7) Ties which were already partly corroded when put into the walls and galvanised ties were partly corroded.

Courte Version
sur le projet de recherche
Comportement à long terme des murs à double cloisons
remplis de matériaux pour l' isolation thermique

On a mis en jeu, le comportement des matériaux isolants utilisés, dans les murs à double cloison et pour la résistance à la corrosion des ancrées de ces murs. Ces murs ont été exposés aux intempéries durant une période de 6 années.

Les importants résultats sont:

- 1) Une remarquable humidité à la surface intérieure du mur pour le seul cas dans lequel les matériaux isolants utilisés ne sont pas hydrophobes.
- 2) Les mousses plastiques "in Situ" ont une densité plus élevée que celle avant 6 ans; on considère partiellement quelques fissures dues au retrait du matériau employé, mais cet effet doit être mieux éclairci.
- 3) Les fibres des plaques minérales hydrophobes ont une remarquable faible teneur en humidité que les plaques non hydrophobes.
- 4) A aucun des matériaux employés n' a été attaqué par les souris ou d' autres animaux.
- 5) On a constaté avec l' un des matériaux versés employés dans l' un des murs un vide de 5 cm en haut de ce mur.
- 6) La durabilité de l'effet hydrophobe (capacité de repoussement d'eau) diffère selon les matériaux:
 - pour les mousses plastiques:
augmentation de durabilité,

- pour les mousses plastiques et les mousses de verre: aucun changement.
- Fibres de plaques minérales et matériaux versés: aucun comportement uniforme.

7) Dans les ancrées subissant déjà une faible corrosion avant leur utilisation et les ancrées galvanisés, on constate une partielle corrosion.