

Polymer Institut

Forschungsinstitut für polymere Baustoffe
Dr. Stenner und Dr. Boué GmbH

Quellenstraße 3 6093 Flörsheim 3 Telefon 061 45/5971-0 Telefax 061 45/59719

Von der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)
durch das BAM-AKKREDITIERUNGS-SYSTEM (BAS)



akkreditiertes Prüflaboratorium.

Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren (Registrier-Nr. BAS-01.004-00-89).

Prüfbericht

P 042

Prüfungsauftrag: Funcosil Betonimprägnierung
 Grundprüfung nach
 ZTV-SIB, TL/TP, OS A

Auftraggeber: Remmers Chemie GmbH
 Am Priggenbusch
 4573 Lönningen

Bearbeiter: Dr.-Ing. Dipl. Phys. A. Boué
 Dipl.-Ing. N. Treichel
 Kurt Litzius

Der Prüfbericht umfaßt 18 Seiten und Anlagen

Seite 2 zum Prüfbericht Nr. P042 vom 15.05.1991

1. VORGANG

Am 30.10.1990 wurden wir von der Remmers Chemie GmbH & Co Lönigen (AG) beauftragt, an dem Oberflächenschutzsystem

Funcosil Betonimprägnierung

Prüfungen nach den Prüfvorschriften der ZTV-SIB, TL/TP-OS, OS-A auszuführen.

2. PROBENMATERIAL

Am 10.12.1990 wurden in das Polymer Institut folgende Proben per Paketpost eingeliefert:

1 Gebinde Funcosil Betonimprägnierung, Flüssigmuster im Blechkanister mit 5,0 l Inhalt (netto)
Chargen- Nr. 300.589

1 Wirkstofflösung, Flüssigmuster in einer Schraubdeckel-Flasche aus Blech mit rd. 0,5 l Inhalt
Bezeichnung lt. AG: VM 199

Zu den Proben wurden uns vom AG technische Merkblätter gemäß DIN 52 900 - Sicherheitsdatenblatt zur Verfügung gestellt. Ihnen wurden folgende Angaben zu den Proben entnommen:

Seite 3 zum Prüfbericht Nr. P042 vom 15.05.1991

Funcosil Betonimprägnierung
(lt. techn. Merkblatt vom 1.11.1990)

Chem.
Charakterisierung: Alkylalkoxysiloxan und -silan in Kohlenwasserstoffen
Form: flüssig
Farbe: farblos
Gefrierpunkt: $< - 15 \text{ }^\circ\text{C}$
Siedepunkt: $+ 150 \text{ }^\circ\text{C}$
Flammpunkt: $+ 32 \text{ }^\circ\text{C}$
Zündtemperatur: $+ 235 \text{ }^\circ\text{C}$
Dampfdruck: $0,8 \text{ kg/l}$
Löslichkeit: unlöslich in Wasser

Wirkstofflösung
(lt. techn. Merkblatt vom 10.10.1990)

Chem.
Charakterisierung: Alkylalkoxysiloxan und -silan
Form: flüssig
Farbe: gelblich
Dichte: $0,96 \dots 0,97 \text{ g/cm}^3$ (bei $+25 \text{ }^\circ\text{C}$)
Viskosität: $4 \dots 4,5 \text{ mPas}$ (bei $+25 \text{ }^\circ\text{C}$)
Flammpunkt: $+ 35 \text{ }^\circ\text{C}$
Zündtemperatur: $+ 290 \text{ }^\circ\text{C}$

3. PRÜFUNGEN

3.1 Prüfprogramm

Das Prüfprogramm wurde nach Prüfverfahren und Häufigkeit gemäß den o.g. Richtlinien ausgeführt. Eine Zusammenstellung wird in der Tabelle 1 gegeben.

Seite 4 zum Prüfbericht Nr. P042 vom 15.05.1991

Übersicht über die ausgeführten Prüfungen

Abschn. Nr.	Art der Prüfung/ Prüfgröße	Prüfung nach ZTV-SIB TP OS Abschnitt
3.2.1	Wirkstoffgehalt	2.2.1 2.2.2 (A)
3.2.2	IR-Spektrum	2.3
3.2.3	Dichte	2.4
3.3.1	Masseverlust nach Frost-Tausalz Beanspruchung	6.7
3.3.2	Wasseraufnahme und Beständigkeit in alkalischer Umgebung	6.12
3.3.3	Hydrophobierende Wirkung	ZTV SIB Anhang 5

Seite 5 zum Prüfbericht Nr. P042 vom 15.05.1991

3.2 Prüfungen an den Ausgangstoffen

Die Lagerung der Geräte und Stoffe sowie die Durchführung der Prüfungen wurden im Klima 23/50-2 DIN 50014 ausgeführt.

3.2.1 Wirkstoffgehalt

Bei der Wirkstofflösung handelt es sich nach Angaben des technischen Datenblattes um ein Gemisch aus Silan- und Siloxanhaltigen Wirkstoffen mit geringfügiger Zugabe eines Lösungsmittels. Daher wurde die Prüfung des Wirkstoffgehaltes nach den in TP-OS Abschnitt 2.2.1 gravimetrischen und dem in TP-OS Abschnitt 2.2.2 unter A angegebenen gaschromatographischen Verfahren und mittels quantitativer IR-Spektroskopie durchgeführt.

Gravimetrisches Verfahren

Zur Bestimmung des Wirkstoffgehaltes nach dem gravimetrischen Verfahren wurden 5 Einzelproben zu je 5,0 g der flüssigen Probe in eine Petrischale eingewogen und in einem Glasschrank mit luftzugfreier Öffnung im Klima 23/50-2 DIN 50014 aufgestellt und bis zur Gewichtskonstanz nach rd. 10 d gewogen. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 1.1 zusammengestellt:

Tabelle 1.1: Wirkstoffgehalt (gravimetrisch) in M.-%					
Einzelwerte					Mittelwert
9,82	9,75	9,78	9,88	9,84	9,81

Gaschromatographisches Verfahren

Die Prüfung wurde mit einem Hewlett Packard Gaschromatographen Typ HP 5890 Serie II mit FID-Detektor an der Wirkstofflösung und der Betonimprägnierung durchgeführt. Es wurde eine Quarzkapillarsäule von 25 m Länge, Innendurchmesser 0,25 mm, 0,35 µm Filmdicke, Typ HP5 (polare Belegung entsprechend DB5) verwendet. Die Aufheizrate betrug 10 K/min. Der Temperaturbereich umfasste +25°C ... +230°C.

Die Chromatogramme sind in den Bildern 1 und 2 wiedergegeben. Eine Auswertung der Peaks bei 10,75 min ergibt einen Gehalt an Silan von 7,15 %.

Seite 6 zum Prüfbericht Nr. P042 vom 15.05.1991

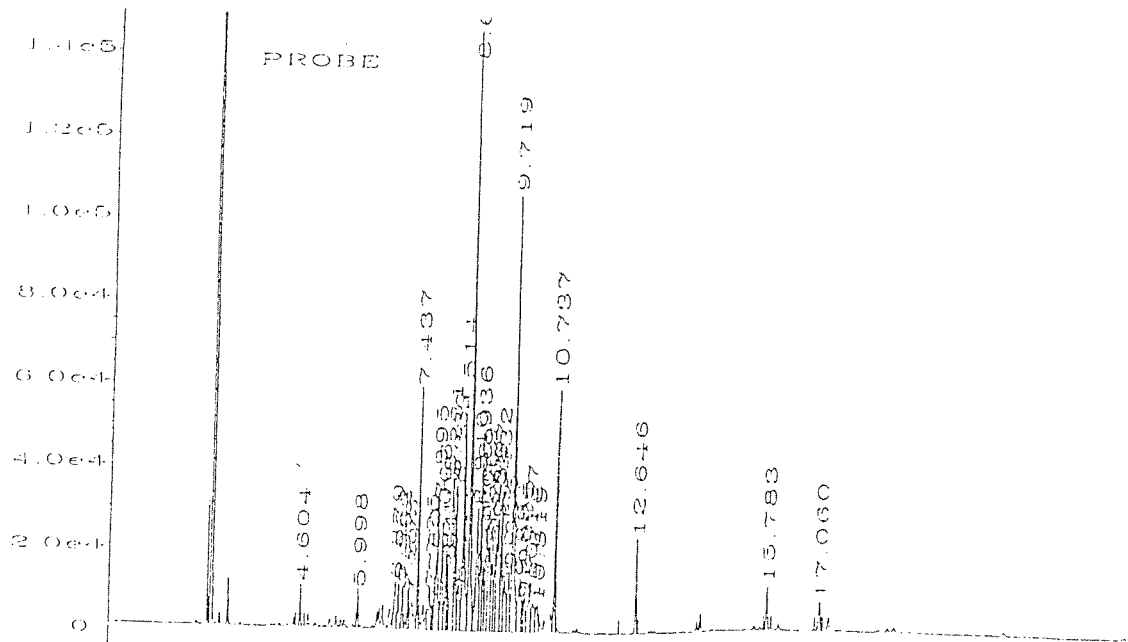


Bild 1: Chromatogramm der Fungosil-Betonimpregnierung.
 Säule HP5, +25°C... +230°C, 10K/min, FID-Detektor.

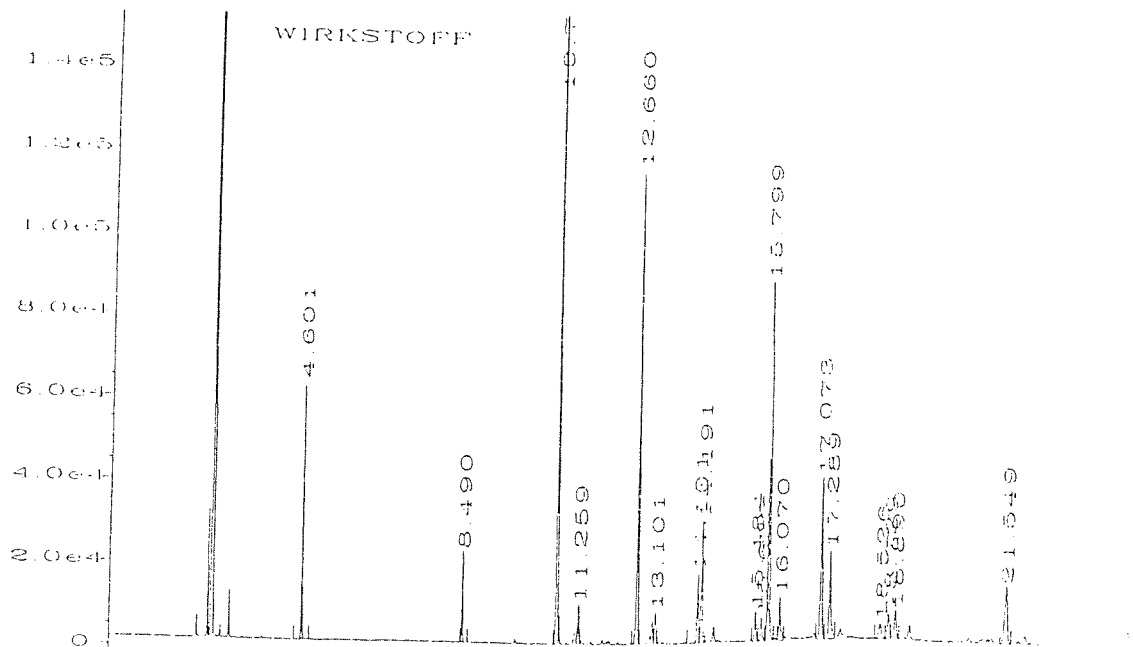


Bild 2: Chromatogramm der Fungosil-Wirkstoffflösung.
 Säule HP5, +25°C... +230°C, 10K/min, FID-Detektor.

Seite 7 zum Prüfbericht Nr. P042 vom 15.5.1991

Infrarot-Spektroskopisches Verfahren

Die infrarotspektroskopische Bestimmung des Gehaltes an Wirkstofflösung wurde mit einem Bio-Rad FTIR- Spektrometer FTS 40 in ATR-Technik durchgeführt. Zur quantitativen Auswertung wurde das Meßprogramm "Specfit-Quant" der Firma Bio-Rad verwendet. Dabei wurden mit einem geeigneten Lösungsmittel in verschiedenen Abmischungen zwischen 5 % und 25 % Gehalt an Wirkstofflösung Kalibrierspektren aufgenommen. Im Wellenlängenbereich 1400 ... 690 cm^{-1} wurden vom Auswertungsprogramm alle Absorptionsintensitäten ausgewertet und ihre Veränderung mit zunehmender Verdünnung untereinander in ein Verhältnis gesetzt. Durch Interpolation aller einzelnen Veränderungen wurde der Gehalt an Wirkstofflösung der Funcosil Betonimprägnierung rechnerisch ermittelt.

In Bild 3 sind die Infrarot-Spektren der Wirkstofflösung, einiger Abmischungen und des Oberflächenschutzsystems wiedergegeben. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 1.2 zusammengefasst.

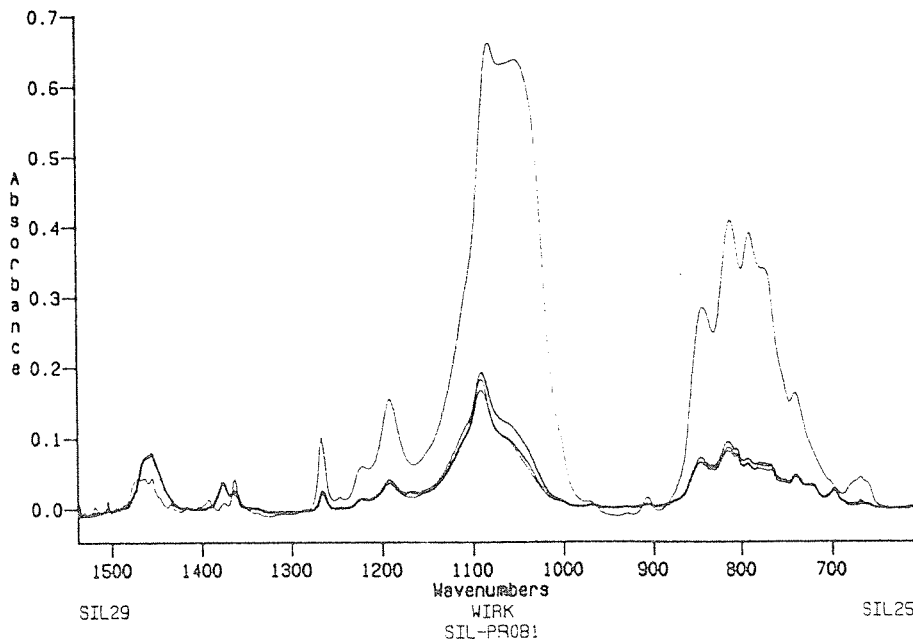


Bild 3: Infrarotspektroskopische Bestimmung des Gehaltes an Wirkstoff-Lösung.

Tabelle 1.2: Gehalt an Wirkstofflösung (IR-spektroskopisch) in M.-%			
Einzelwerte			Mittelwert
18,1	18,6	18,8	18,5

3.2.2 IR-Spektrum

Mit einem FTIR-Spektrometer der Firma Bio-Rad, Typ FTS 40, wurde in TR-Technik ein Infrarot-Spektrogramm im Wellenlängenbereich zwischen 4000 und 500 cm^{-1} , ohne weitere Präparation, aufgenommen.

Das IR- Spektrum ist in Bild 4 wiedergegeben.

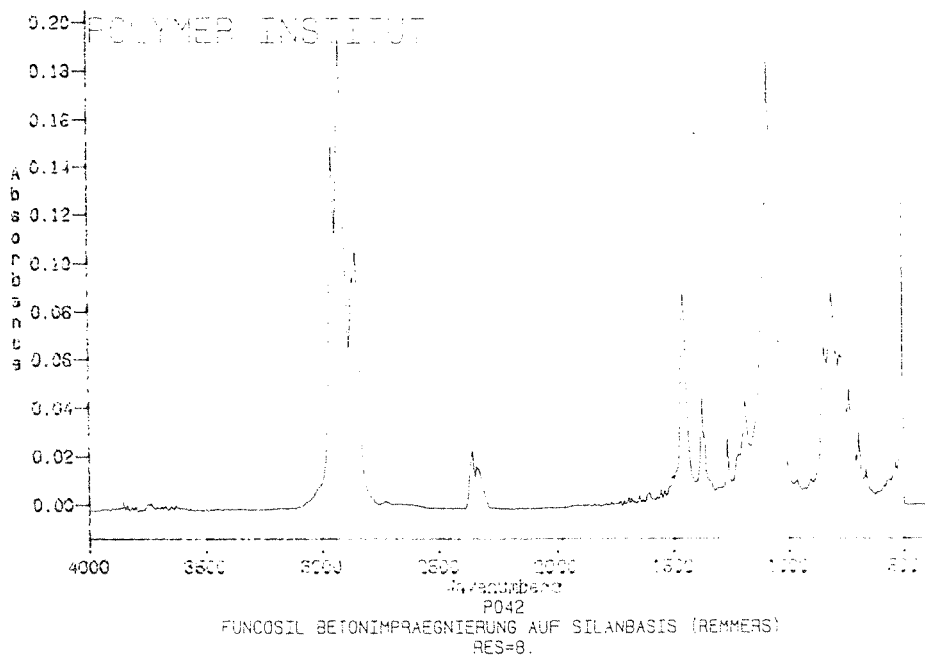


Bild 4: IR-Spektrogramm von Funcosil Betonimprägnierung

Seite 9 zum Prüfbericht Nr. P042 vom 15.5.1991

3.2.3 Dichte

Die Dichte wurde nach DIN 53 217 an den Flüssigmustern der Funcosil Betonimprägnierung Einzelkomponenten in zwei Einzelversuchen ermittelt. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 2 zusammengestellt.

Tabelle 2:		Dichte in g/cm ³	
Einzelwerte		Mittelwert	
0,809	0,808	0,809	

3.3 Prüfungen an Verbundkörpern

3.3.1 Frost-Tausalz-Beanspruchung

Betonwürfel wurden gem. Abschnitt 5.4 der TP-OS mit gebrochenen Kanten aus feuergetrocknetem Quarzzuschlag der Sieblinie AB 16 und ein PZ 35 F mit 300 kg/m³ bei einem w/z-Wert von 0,6 hergestellt. Die Druckfestigkeit der Betonmischung wurde nach DIN 1048 T.5 an drei Würfeln mit 15 cm Kantenlänge nach 28 Tagen zu im Mittel rd. 32 N/mm² bestimmt.

Je drei Betonwürfel wurden im Alter von 28 d für 1 min vollständig in Funcosil Betonimprägnierung eingetaucht. Die Aufnahme an Hydrophobierungsmittel wurde gravimetrisch bestimmt (Tabelle 3). Nach der Hydrophobierung wurden die Würfel über 14 d im Klima 23/50-2 DIN 50 014 gelagert und gewogen. Anschließend wurden die Würfel im Wasserbad bei +20°C über 24 h vorgelagert und die Wasseraufnahme gravimetrisch bestimmt (Tabelle 3).

Zusammen mit drei unbehandelten Würfeln wurde in Abweichung von TP-OS eine Frost-Tau-Beanspruchung durchgeführt. Dabei wurden die Würfel über 50 Zyklen je 2 h bei (-15 ± 2) °C in Salzlösung und 2 h bei (+20 ± 2) °C in Wasser gelagert und der Massenverlust durch Wägung bestimmt. Nach 50 Zyklen wurden die Würfel über 7 d im Klima 23/50-2 gelagert und gewogen. Die Massenveränderungen während der Lagerung in Wasser und den FTW-Zyklen sind bezogen auf das Ausgangsgewicht nach der Hydrophobierung in Tabelle 3 zusammengefasst. Der Zustand der Würfel nach 50 Zyklen wurde photographisch dokumentiert (Bilder 5 - 11).

Seite 10 zum Prüfbericht Nr. P042 vom 15.5.1991

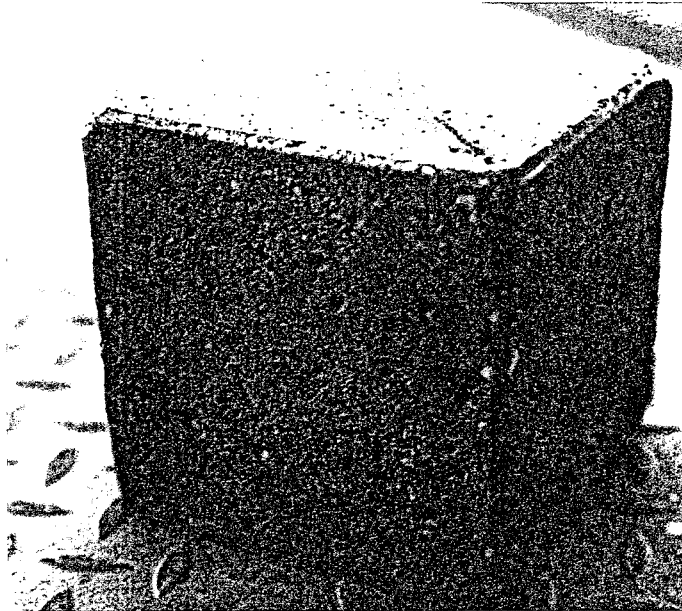


Bild 5: Würfelprobe W1, hydrophobiert mit Funcosil
Betonimprägnierung, nach 50 Frost-Tau-
Wechsel

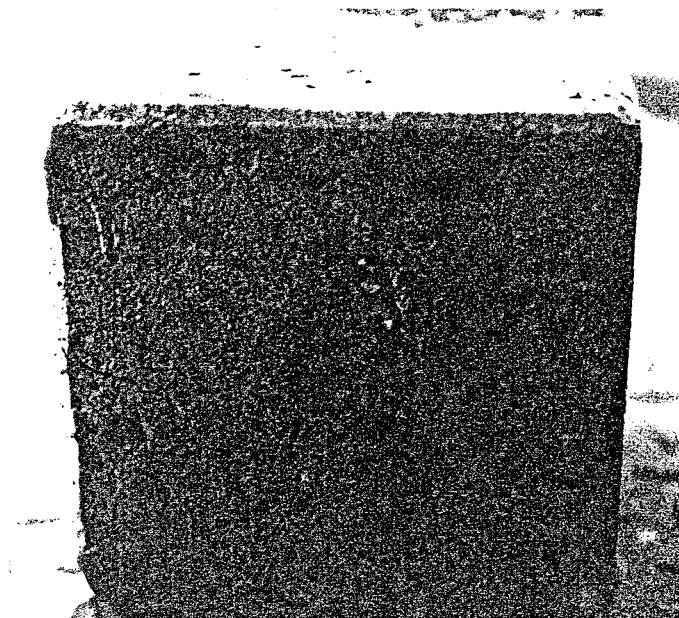


Bild 6: Würfelprobe W2, hydrophobiert mit Funcosil
Betonimprägnierung, nach 50 Frost-Tau-
Wechsel

Seite 11 zum Prüfbericht Nr. P042 vom 1.5.1991

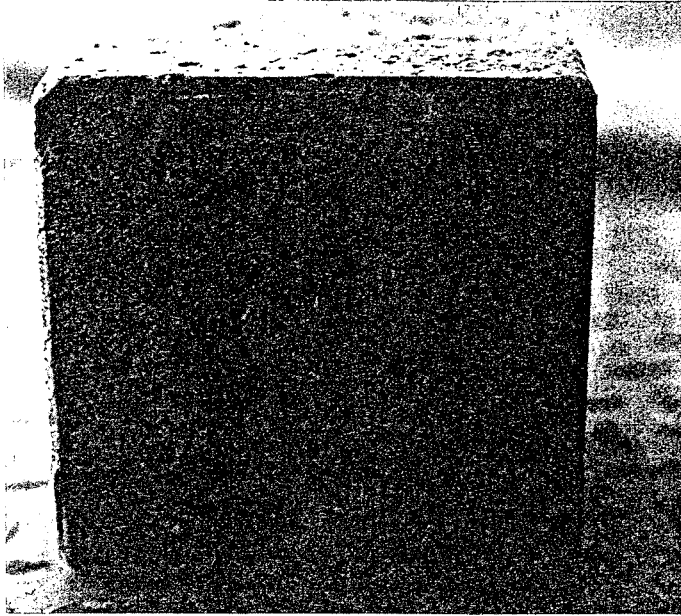


Bild 7: Würfelprobe W3, hydrophobiert mit Funcosil
Betonimprägnierung, nach 50 Frost-Tau-
Wechsel

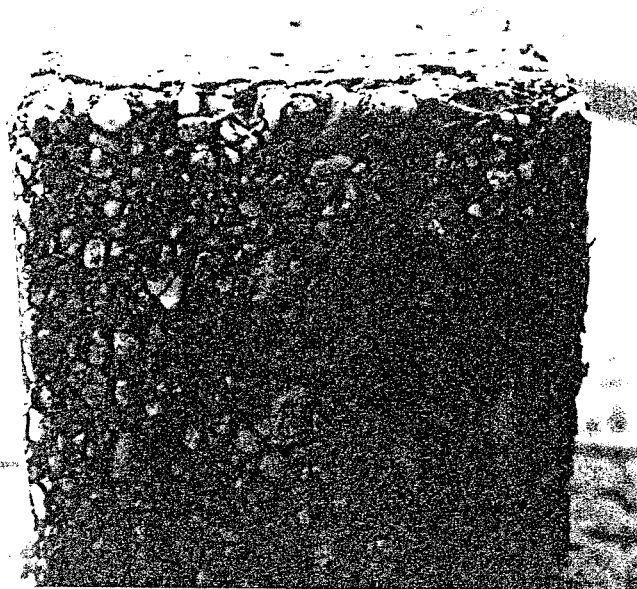


Bild 8: Würfelprobe W4, ohne Hydrophobierung nach 50
Frost-Tau-Wechseln

Seite 12 zum Prüfbericht Nr. P042 vom 1.5.1991

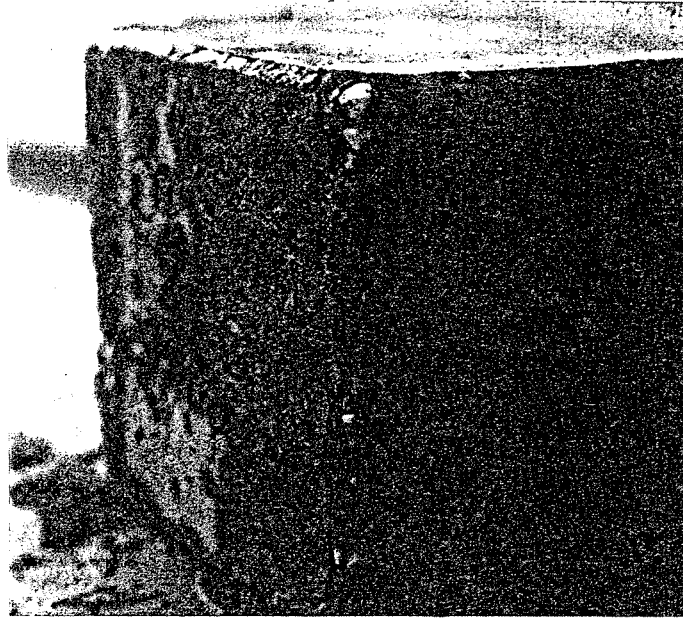


Bild 9: Würfelprobe W5, ohne Hydrophobierung nach 50 Frost-Tau-Wechseln

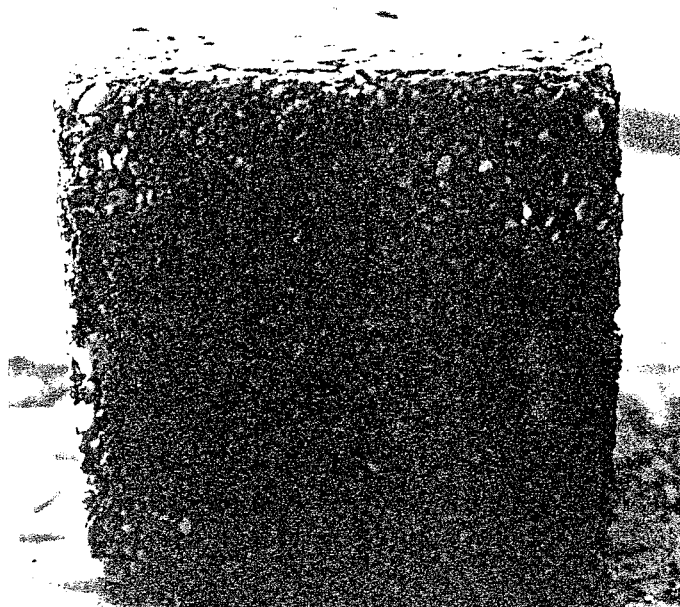


Bild 10: Würfelprobe W6, ohne Hydrophobierung nach 50 Frost-Tau-Wechseln

Tabelle 3:		Frost-Tau- Beanspruchung				
Probe	Hydrophob. Aufnahme in g	Wasser-aufnahme M-% 24h	Masseveränderung nach Zyklen in M.-% nach			
			10	25	50	Trocknen
W 1	28,6	+1,9	+2,8	+3,4	+3,9	+2,5
W 2	31,0	+1,9	+2,9	+3,6	+4,1	+2,6
W 3	30,0	+2,0	+2,9	+3,6	+4,0	+2,3
W 4	-	+3,4	+3,1	+2,6	+1,5	-0,1
W 5	-	+3,1	+3,2	+2,2	+1,2	-0,1
W 6	-	+3,5	+3,1	+3,0	+3,0	+0,9

Die hydrophobierten Probewürfel zeigen nur geringfügige Kantenabplatzungen. Sie wiesen nach 25 FTW-Zyklen Risse von bis zu 0,3 mm Breite auf. Die unbehandelten Betonwürfel zeigten bereits nach 10 Zyklen deutliche Abplatzungen an den Kanten und nach 50 Zyklen vollständige Ablösungen an allen Seitenflächen.

3.3.2 Wasseraufnahme und Beständigkeit in alkalischer Umgebung

Die Prüfungen wurden an Mörtelscheiben von 100 mm Durchmesser und 20 mm Höhe durchgeführt, die gemäß Abschnitt 5.5 der TP-OS unter Verwendung eines PZ 45 F hergestellt wurden. Die Mörtelscheiben wurden nach Vorlagerung und Abbürsten 2 min in Wasser getaucht, in Folie eingeschlagen, nach 12 h ausgeschlagen und 2 h im Klima 23/50-2 DIN 50 014 gelagert. 10 Mörtelscheiben wurden anschließend über 1 min. in Funcosil Betonimprägnierung getaucht. Die Aufnahme an Hydrophobierung wurde gravimetrisch bestimmt (Tabelle 4). Anschließend wurden alle Probescheiben über 14 d im Normalklima 23/50-2 DIN 50 014 gelagert.

Seite 14 zum Prüfbericht Nr. P042 vom 15.05.1991

Zur Prüfung der Beständigkeit in alkalischer Umgebung wurden fünf getränkte und fünf unbehandelte Mörtelscheiben über 48 h in 0,1n KOH-Lösung gelegt. Die aufgenommene Flüssigkeitsmenge wurde gravimetrisch bestimmt (Tabelle 4). Anschließend wurden die Mörtelscheiben abgewaschen und 7d im Normalklima gelagert und über 24 h bei +75°C im Wärmeschrank getrocknet.

Die Wasseraufnahme wurde durch Lagerung in demineralisiertem Wasser mit einer Leitfähigkeit von 4,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ über 28 d an hydrophobierten und nicht behandelten Scheiben mit und ohne Lagerung in KOH-Lösung bestimmt. Die Proben wurden in regelmäßigen Intervallen gewogen. Ihre Massenveränderung ist in den Bildern 11-14 dargestellt.

Zur Prüfung der Wirkungstiefe der Hydrophobierung wurden die Mörtelscheiben über 2 d bei +75°C im Wärmeschrank gelagert. Die Proben wurden anschließend gebrochen und die Wirkungstiefe durch Benässen festgestellt.

Die Ergebnisse der Prüfung sind in der Tabelle 4 zusammengefasst.

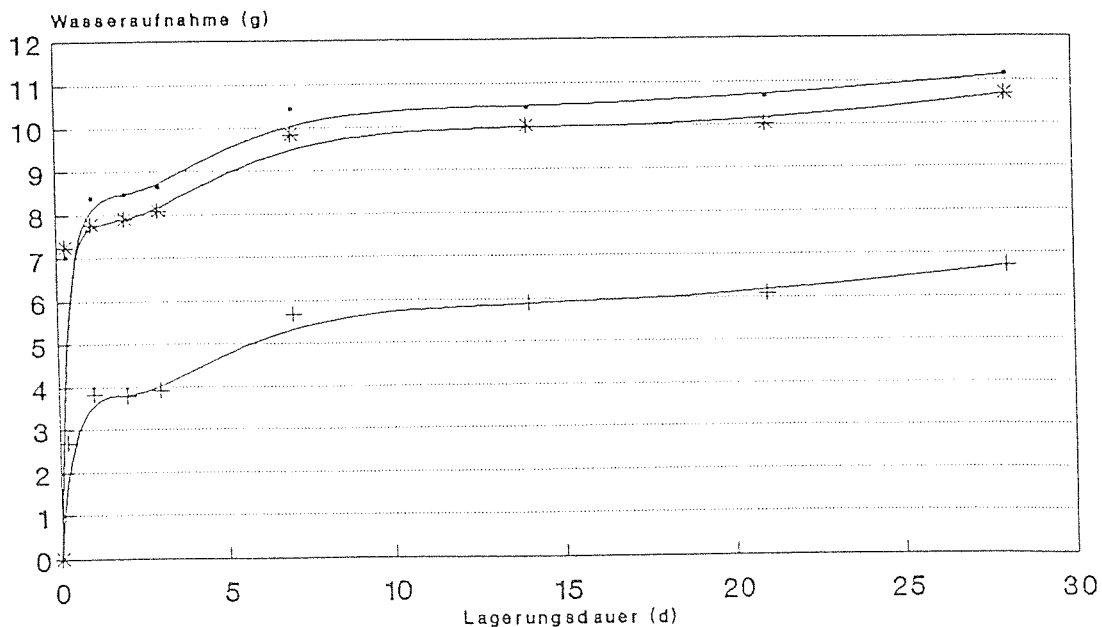


Bild 11: Massezunahme durch Aufnahme von Wasser der Mörtelscheiben ohne Hydrophobierung

Seite 15 zum Prüfbericht Nr. P042 vom 15.05.1991

Tabelle 4: Beständigkeit in alkalischer Umgebung				
Probe Nr.	Hydrophob. Aufnahme in g	KOH-Aufnahme in g	Wasseraufnahme nach 28 d Lagerung in M.-%	Wirkungstiefe ¹⁾ in mm
1	-	-	1,07	-
2	-	-	1,12	-
3	-	-	0,92	-
4	2,48	-	0,60	1-2 / 4-6
5	2,52	-	0,75	1-2 / 2-4
6	1,78	-	0,84	1-2 / 2-5
7	1,81	-	1,49	0,5-1/ 1-2
8	1,75	-	1,43	0,5-1/0,5-6
Mittel	2,07	-	1,02	1 / 3
9	1,86	0,60	1,88	0,5-1/ 3-7
10	1,71	0,86	1,65	0,5-1/ 1-7
11	1,86	0,76	1,71	0,5-1/ 3-5
12	2,07	0,68	1,62	0,5-2/ 3-5
13	1,98	0,95	1,64	1-2 / 3-4
Mittel	1,90	0,77	1,70	0,7 / 4
14	-	1,02	0,78	-
15	-	0,98	0,75	-
16	-	1,08	1,06	-
17	-	0,89	1,23	-
18	-	1,02	1,12	-
Mittel	-	1,00	0,99	-

1): Schalungsseite/ abgeriebene Seite

Seite 16 zum Prüfbericht Nr. P042 vom 15.05.1991

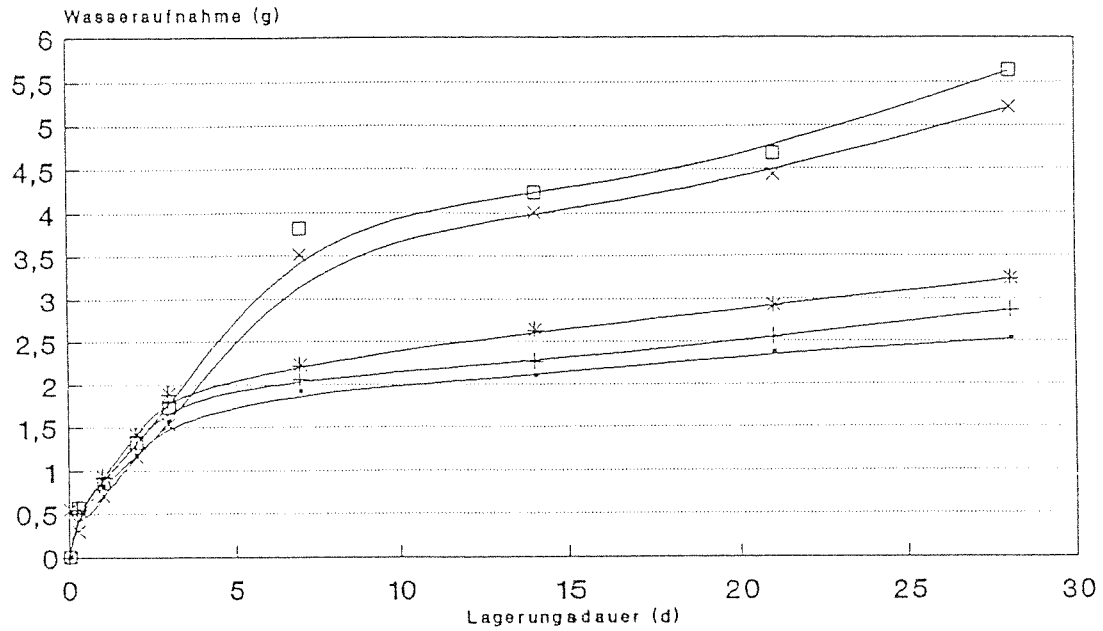


Bild 12: Massezunahme durch Aufnahme von Wasser der hydrophobierten Mörtelscheiben

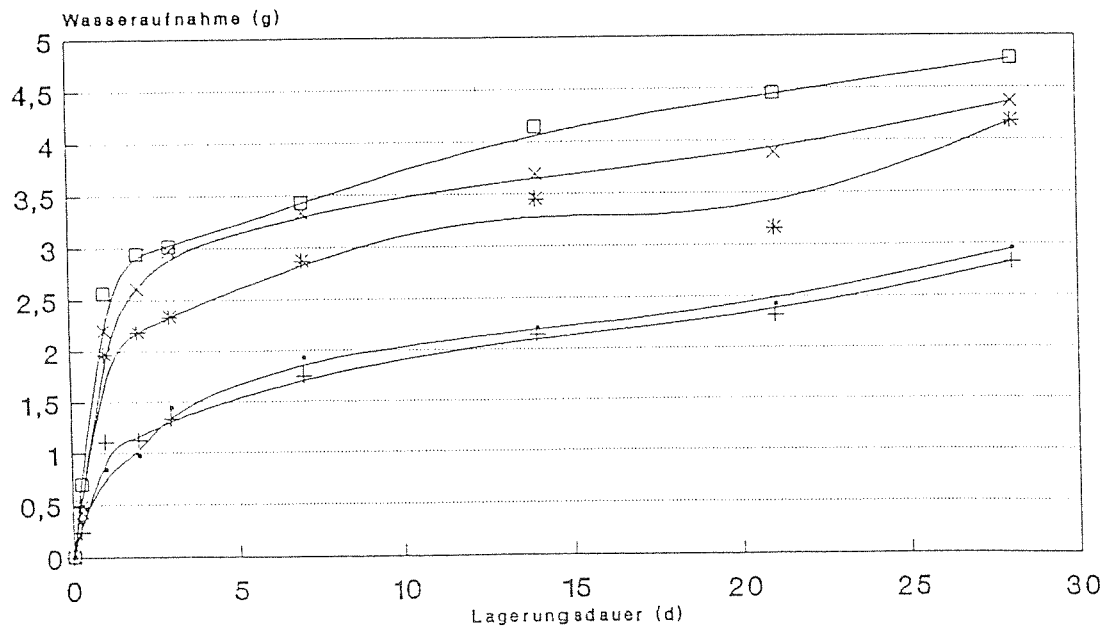


Bild 13: Massezunahme durch Aufnahme von Wasser der Mörtelscheiben ohne Hydrophobierung nach Lagerung in 0,1 n KOH-Lösung

Seite 17 zum Prüfbericht Nr. P042 vom 15.05.1991

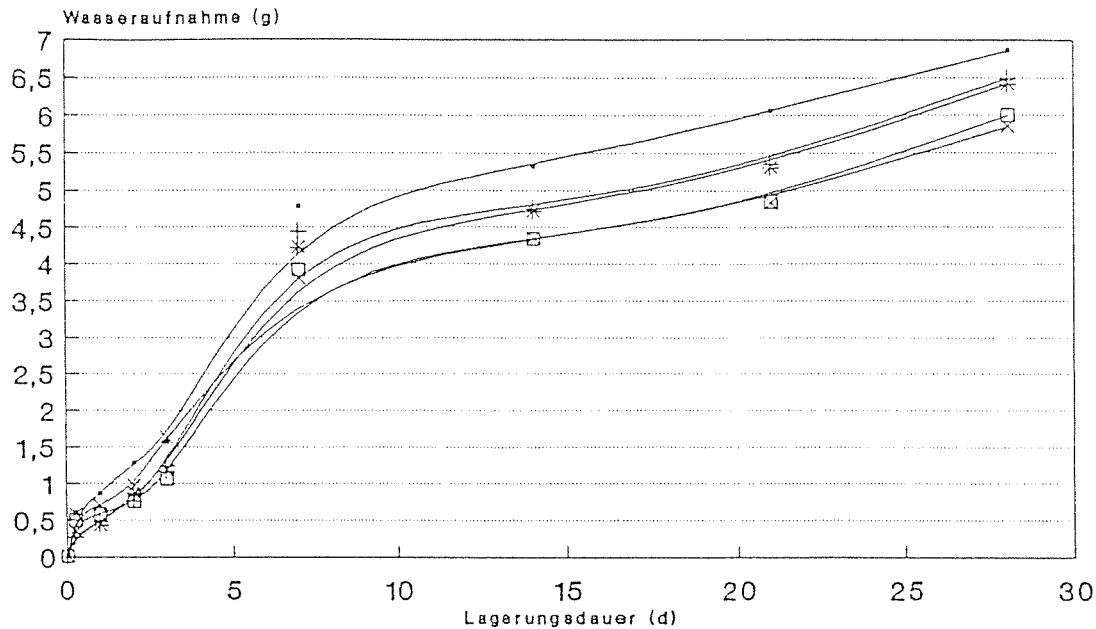


Bild 14: Massezunahme durch Aufnahme von Wasser der hydrophobierten Mörtelscheiben nach Lagerung in 0,1 n KOH-Lösung

3.3.4 Prüfung der Hydrophobierenden Wirkung

Die hydrophobierende Wirkung wurde nach Anhang 5 der ZTV SIB an hydrophobierten Betonplatten von 40x40x5 cm eines B25 mit 300kg/m³ PZ 35 F, Sieblinie AB 16 bei einem w/z-Wert von 0,6 festgestellt. Es wurden Auftragsmengen von 225, 450 und 600 g/m² mit einer Schaumstoffrolle auf die senkrecht stehende Platte aufgetragen.

Die Ergebnisse der Messungen sind in der Tabelle 5 wiedergegeben.


Seite 18 zum Prüfbericht Nr. P042 vom 15.05.1991

Auftragsmenge in g/m ²	Ablesung nach Minuten in mV					
	1	5	15	30	60	90
225	214	254	305	363	424	502
450	311	361	405	457	508	571
600	204	229	271	304	349	400

4. ANFORDERUNGEN NACH ZTV-SIB, TP-OS FÜR OS A

Für eine Hydrophobierung OS-A sind gemäß TL-OS, Ausgabe 1990, noch keine Anforderungen formuliert.

Wicker, den 15.05.1991


Dr.-Ing. Andreas Boué

