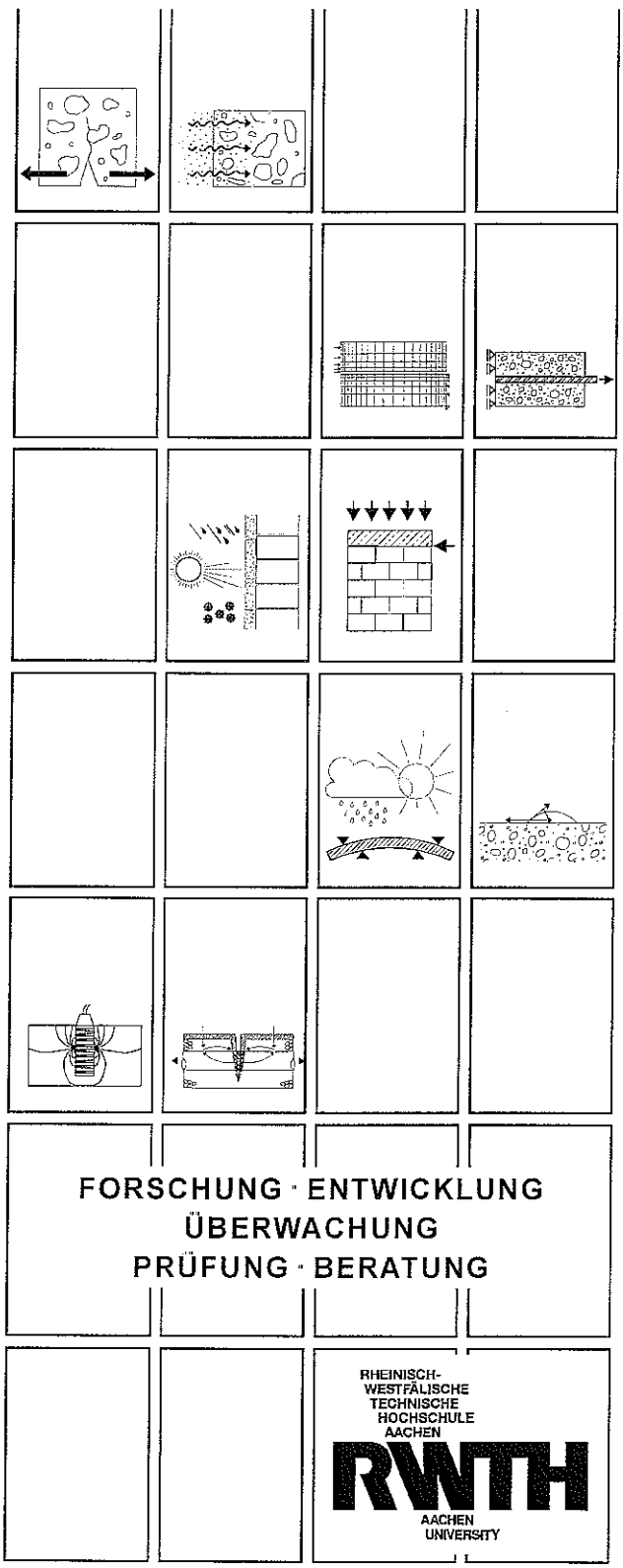
INSTITUT FÜR BAUFORSCHUNG AACHEN



FORSCHUNG · ENTWICKLUNG
ÜBERWACHUNG
PRÜFUNG · BERATUNG

RHEINISCH-
WESTFÄLISCHE
TECHNISCHE
HOCHSCHULE
AACHEN

RWTH

AACHEN
UNIVERSITY

Prüfbericht
M 640/2

Eignungsprüfung des Mörtels Funcosil Betofix RM und des Korrosionsschutzstoffes Funcosil Mineral-Rostschutz für die Beanspruchbarkeitsklasse M1 nach RL SIB

RWTH RHEINISCH-WESTFÄLISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE AACHEN

ibac INSTITUT FÜR BAUFORSCHUNG AACHEN

Bn/Sc
1. Ausfertigung

THEMA

Eignungsprüfung des Mörtels Funcosil Betofix RM und des Korrosionsschutzstoffes Funcosil Mineral-Rostschutz für die Beanspruchbarkeitsklasse M1 nach RL SIB

Prüfbericht Nr.

M 640/2
vom 17.08.2005

Projektbearbeitung

Dipl.-Ing. G. Rößler

R. Braun

Auftraggeber/ Förderer

Remmers Baustofftechnik AG
Bernhard-Remmers-Str. 13

49624 Löningen

Auftragsdatum
12.08.2004
Aktenzeichen
-

Dieser Bericht umfasst 16 Seiten, davon 5 Textseiten.

Soweit Versuchsmaterial nicht verbraucht ist, wird es nach 4 Wochen vernichtet. Eine längere Aufbewahrung bedarf einer schriftlichen Vereinbarung. Die auszugsweise Veröffentlichung dieses Berichtes, seine Verwendung für Werbezwecke sowie die inhaltliche Übernahme in Literaturdatenbanken bedürfen der Genehmigung des ibac

Institut für Bauforschung Aachen
Univ.-Prof. Dr.-Ing. W. Brameshuber
Univ.-Prof. Dr.-Ing. M. Raupach

Postfach, 52056 Aachen
Schinkelstraße 3, 52062 Aachen
Deutschland / Germany

Telefon +49 (0) 2 41 80-9 51 00
Telefax +49 (0) 241 80-9 21 39
www.ibac.rwth-aachen.de

1 AUFTRAG, GEGENSTAND UND GRUNDLAGE DER UNTERSUCHUNGEN

Mit Vertrag vom 12.08.2004, erweitert am 20.01.2005, beauftragte die Fa. Remmers Baustofftechnik, Löningen (AG) das Institut für Bauforschung, Aachen (ibac) mit der Grundprüfung

des Mörtels „Funcosil Betofix RM" für die Beanspruchbarkeitsklasse M1 und

des Korrosionsschutzstoffes „Funcosil Mineral-Rostschutz"

nach der Richtlinie „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen" (RL SIB) des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton, Ausgabe Oktober 2001.

2 AUSGANGSMATERIAL UND HERSTELLEN DES MÖRTELS UND DES KORROSIONSSCHUTZSTOFFES

Für die Untersuchungen wurde der am 21.03.2005 in vier Säcken à 25 kg mit der Chargen-Nr. 02070305 ins ibac eingelieferte Werk-Trockenmörtel und die am 13.01.2005 in zwei Flaschen à 1 Liter ins ibac eingelieferte Dispersion verwendet.

Der Mörtel wurde für alle Untersuchungen mit 5 kg Wasser auf 25 kg Werk-Trockenmörtel angemischt. Dabei wurde das Wasser vorgelegt und der Werk-Trockenmörtel bei laufendem Mischwerkzeug langsam zugegeben. Zur Herstellung der Probekörper wurde immer ein komplettes Gebinde und als Mischwerkzeug ein Quirl (500 Umdrehungen pro Minute) verwendet. Für die Ermittlung der Ausbreitmaße in Abhängigkeit von Temperatur und Zeit wurde der Mörtel im Mischer nach DIN EN 196-1 gemischt. Dazu wurde aus einem homogenisierten Trockenmörtel-Gebinde jeweils eine Teilmenge von 2 kg verwendet, die dem vorgelegten Wasser bei laufendem Mischer (niedrige Stufe) zugegeben wurde. Die Mischzeit betrug in allen Fällen insgesamt 3 Minuten.

Der Korrosionsschutzstoff wurde mit 300 g Werk-Trockenmörtel „Funcosil Betofix RM" und 165 g Dispersion „Funcosil Mineral-Rostschutz" angemischt. Dabei wurde die Dispersion vorgelegt und der Werk-Trockenmörtel bei laufender Dissolverscheibe (375 Umdrehungen pro Minute) langsam zugegeben. Die Mischzeit betrug insgesamt 2 Minuten.

3 UNTERSUCHUNGEN UND PRÜFERGEBNISSE

3.1 Ausgangsstoffe

Die Kornzusammensetzung des Trockenmörtels wurde gemäß RL SIB, Teil 4, Abschnitt 2.2.2, ermittelt. Die Ergebnisse sind in der Tabelle A1, Seite A1, dokumentiert und im Bild B1, Seite B1, dargestellt.

Der Festkörpergehalt der Dispersion wurde gemäß RL SIB, Teil 4, Abschnitt 2.2, ermittelt. Er betrug im Mittel 47,8 M.-% (Einzelwerte: 47,8 und 47,8).

Die thermogravimetrische Analyse des Trockenmörtels und der Dispersion wurde gemäß RL SIB, Teil 4, Abschnitt 2.2.4, durchgeführt. Die Ergebnisse sind in den Bildern B2 und B3, Seiten B2 und B3, dargestellt.

Der Trockenmörtel und die Dispersion wurden infrarotspektroskopisch gemäß RL SIB, Teil 4, Abschnitt 2.2.5, untersucht. Die Spektrogramme sind in den Bildern B4 und B5, Seite B4, dargestellt.

3.2 Stoffe im frisch gemischten Zustand

Die Kennwerte Rohdichte, Luftgehalt und Ausbreitmaß des M1-Frischmörtels wurden gemäß RL SIB, Teil 4, Abschnitt 2.4.2, ermittelt, wobei mit dem Vibrationsverfahren verdichtet wurde. Einzel- und Mittelwerte sind in der Tabelle A2, Seite A1, dokumentiert.

Das Ausbreitmaß des M1-Frischmörtels sowie dessen Änderung über die Zeit bei 5, 23 und 30 °C wurde gemäß RL SIB, Teil 4, Abschnitt 2.4.3, ermittelt. Dokumentiert sind die Ergebnisse in der Tabelle A3, Seite A2, sowie im Bild B6, Seite B5.

Zur Bestimmung der Ablaufneigung in Anlehnung an RL SIB, Teil 4, Abschnitt 2.4.4, wurde der Korrosionsschutzstoff mit einem Spaltrakel mit 1000 µm Spaltbreite auf zwei Stahlplatten nach DIN EN 13 062 aufgebracht. Eine Platte wurde horizontal gelagert, die andere unmittelbar nach dem Beschichten senkrecht gestellt. 24 Stunden nach dem Beschichten wurde die Schichtdicke 5 mm vom oberen (senkrechte Lagerung) Rand an 10 Stellen gemessen. Die Messergebnisse sind in der Tabelle A4, Seite A2, dokumentiert. Die Ablaufneigung wurde berechnet als Quotient der beiden Mittelwerte.

Die Verarbeitbarkeit des Korrosionsschutzstoffes wurde gemäß RL SIB, Teil 4, Abschnitt 2.4.5, anhand der Streichfähigkeit ermittelt. Der Korrosionsschutzstoff lässt sich bis zu 15 Minuten nach dem Mischen verstreichen.

3.3 Erhärtete Stoffe

Biegezug- und Druckfestigkeit nach 28 Tagen Lagerung B (Luftlagerung) wurden gemäß RL SIB, Teil 4, Abschnitt 2.5.4, an zwei Mischungen aus jeweils einem Gebinde bestimmt. Einzel- und Mittelwerte sind in der Tabelle A5, Seite A3, dokumentiert.

Der Gesamtgehalt an Halogenen wurde gemäß RL SIB, Teil 4, Abschnitt 2.4.8, ermittelt. Er betrug beim M1-Mörtel im Mittel 0,011 % und beim Korrosionsschutzstoff im Mittel 0,006 %.

Die Prüfung auf korrosionsfördernde Stoffe wurde gemäß RL SIB, Teil 4, Abschnitt 2.5.9, durchgeführt. Für die Prüfung des Korrosionsschutzstoffes wurden die Elektroden mit Korrosionsschutzstoff beschichtet (Nasschichtdicke: 1000 µm) und dann in Mörtel eingebettet. Vor Beginn der Prüfung im Alter von 28 Tagen lagerten die Proben entsprechend Lagerung B (nach dem Ausschalen trocken). Die Stromdichten über die Zeit sind in den Bildern B7 und B8, Seite B6, dargestellt. Alle Einzelwerte der Stromdichten nach 1, 24 und 72 Stunden betrugen 0,05 µA/cm².

3.4 Verbundkörper

Zur Herstellung der Verbundkörper wurde der Mörtel in einer Dicke von 2 cm auf die trokkenen Betonplatten (Konditionierung im Normalklima DIN 50 014 23/50-2) aufgebracht und danach nicht abgedeckt weiter im Normalklima DIN 50 014 23/50-2 gelagert. Nach 20 Minuten wurde die Mörteloberfläche mit einem Schwammbrett abgerieben.

Die Haftzugfestigkeit nach 7 Tagen Lagerung B (Luftlagerung) wurde gemäß RL SIB, Teil 4, Abschnitt 2.7.4, ermittelt. Die Ergebnisse sind in der Tabelle A6, Seite A4, dargestellt. Die Mörteloberflächen der drei Platten waren rissfrei.

Die Haftzugfestigkeit nach Frost-Tau-Beanspruchung wurde gemäß RL SIB, Teil 4, Abschnitt 2.7.5, ermittelt. Die Ergebnisse sind in der Tabelle A7, Seite A5, dargestellt. Die Mörteloberflächen der drei Platten wiesen keine Risse über 0,05 mm Breite auf.

Der Widerstand der Korrosionsschutzbeschichtung wurde gemäß RL SIB, Teil 4, Abschnitt 2.7.10, ermittelt. Der Korrosionsschutzstoff wurde in zwei Lagen mit einer mittleren Nassschichtdicke von jeweils 1,3 mm in einem zeitlichen Abstand von 1 Stunde auf die Stahlteile aufgetragen. Mit der Schwitzwasser-SO_2-Salzsprüh-Beanspruchung wurde im Beschichtungsalter von 4 Wochen begonnen. Nach dieser Beanspruchung waren die nicht eingemörtelten Stabstähle korrosionsfrei und die Unterrostung an der freigeschliffenen Kante des nicht eingemörtelten Bleches < 1 mm.

4 ZUSAMMENFASSUNG

Die Anforderungen der RL SIB werden erfüllt vom M1-Mörtel (baustellengerechte Verarbeitbarkeit gegeben, Druckfestigkeit nach 28 Tagen ≥ 10 N/mm², Halogengehalt ≤ 0,05 %, keine korrosionsfördernde Wirkung, keine Risse auf der Mörteloberfläche der Verbundplatten) und vom Korrosionsschutzstoff (hinreichend streichfähig, Trockenschichtdickenverhältnis senkrecht/horizontal ≥ 60 %, Halogengehalt ≤ 0,05 %, keine korrosionsfördernde Wirkung, Stabstähle korrosionsfrei, Unterrostung an der freigeschliffenen Kante ≤ 1 mm).

Der Sachbearbeiter

R. Braun

Institut für Bauforschung RHEIN.-WESTFÄLISCHE TECHN. HOCHSCHULE AACHEN

Der Prüfstellenleiter

Dipl.-Ing. G. Rößler

Tabelle A1: Kornzusammensetzung des Trockenmörtels

Wertetyp	Siebdurchgang durch das Sieb				
	0,063	0,125	0,25	0,5	1
	mm				
	M.-%				
1	2	3	4	5	6
Siebung 1, Gebinde 1	39,3	46,0	72,0	100,0	100,0
Siebung 2, Gebinde 1	39,0	45,8	71,1	100,0	100,0
Siebung 3, Gebinde 2	39,8	46,6	72,7	100,0	100,0
Siebung 4, Gebinde 2	39,4	46,2	71,6	100,0	100,0
Mittelwert	39,4	46,2	71,9	100,0	100,0
Siebung 1 - Mittelwert	-0,1	-0,2	0,1	0,0	0,0
Siebung 2 - Mittelwert	-0,4	-0,4	-0,8	0,0	0,0
Siebung 3 - Mittelwert	0,4	0,4	0,8	0,0	0,0
Siebung 4 - Mittelwert	0,0	0,0	-0,3	0,0	0,0
Wertetyp	Kornklassen				
	0 - 0,063	0,063 - 0,125	0,125 - 0,25	0,25 - 0,5	0,5 - 1
			mm		
Siebung 1, Gebinde 1	39,3	6,7	26,0	28,0	0,0
Siebung 2, Gebinde 1	39,0	6,8	25,3	28,9	0,0
Siebung 3, Gebinde 2	39,8	6,8	26,1	27,3	0,0
Siebung 4, Gebinde 2	39,4	6,8	25,4	28,4	0,0
Mittelwert	39,4	6,8	25,7	28,2	0,0
Siebung 1 - Mittelwert	-0,1	-0,1	0,3	-0,2	0,0
Siebung 2 - Mittelwert	-0,4	0,0	-0,4	0,7	0,0
Siebung 3 - Mittelwert	0,4	0,0	0,4	-0,9	0,0
Siebung 4 - Mittelwert	0,0	0,0	-0,3	0,2	0,0

Tabelle A2: Frischmörtelkennwerte

Mischung Nr.	Wertetyp	Ausbreitmaß	Rohdichte	Luftgehalt
		cm	kg/dm³	%
1	2	3	4	5
1	Einzelwert	13,3	1,694	16,0
2		13,4	1,722	15,5
1-2	Mittelwert	13,4	1,708	15,8

Tabelle A3: Ausbreitmaß des Mörtels in Abhängigkeit von Temperatur und Zeit

Prüfzeit nach Mischende	Ausbreitmaß		
	5 °C	23 °C	30 °C
min	cm		
1	2	3	4
0	16,8	14,4	14,1
15	14,6	10,3	-
30	13,8	-	-
45	12,4	-	-
60	-	-	-

Tabelle A4: Schichtdicken zur Bestimmung der Ablaufneigung

Messstelle	Trockenschichtdicke	
	senkrecht	horizontal
	µm	
1	2	3
1	650	650
2	705	650
3	775	600
4	700	600
5	600	700
6	550	850
7	650	850
8	600	900
9	500	850
10	650	650
Mittelwert	638	730

Schichtdickenverhältnis (senkrecht/horizontal) = 87 %

Tabelle A5: Biegezug- und Druckfestigkeit nach 28 Tagen Lagerung B

Mischung Nr.	Prisma Nr.	Wertetyp	Einheit	Biegezug-festigkeit	Druckfestigkeit	
1	2	3	4	5	6	7
1	1	Einzelwert	N/mm²	7,0	20,2	19,8
	2			6,7	20,2	19,8
	3			6,2	20,3	19,6
	1-3	Mittelwert		6,6	20,0	
2	4	Einzelwert		6,7	20,6	20,3
	5			7,2	21,9	21,1
	6			7,7	20,9	21,5
	4-6	Mittelwert		7,2	21,1	
1-2	1-6	Mittelwert		6,9	20,5	
		s		0,51	0,71	
		v	%	7,4	3,5	

s: Standardabweichung

v: Variationskoeffizient

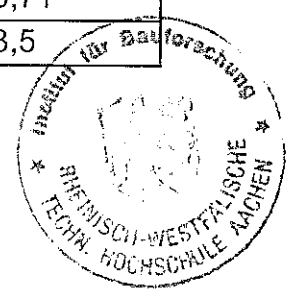


Tabelle A6: Ergebnisse der Haftzugprüfung nach 7-tägiger Lagerung im Normalklima 23/50-2; Mischung Nr. 2

Platte Nr.	Prüfstelle	Haftzug-festigkeit	Bruchflächenanteil		
			B	BE	ABE
		N/mm²	%		
1	2	3	4	5	6
1	1	0,75	0	0	100
	2	0,85	0	0	100
	3	0,94	0	0	100
	4	0,75	0	0	100
	5	0,75	0	0	100
	kEW	0,75	-		
	MW	0,81	0	0	100
	s	0,09	-		
2	1	0,74	0	0	100
	2	0,61	0	0	100
	3	0,99	0	0	100
	4	0,63	0	0	100
	5	0,65	0	0	100
	kEW	0,61	-		
	MW	0,72	0	0	100
	s	0,16	-		
3	1	0,57	0	0	100
	2	0,56	0	0	100
	3	0,87	0	0	100
	4	0,87	0	0	100
	5	0,58	0	0	100
	kEW	0,56	-		
	MW	0,69	0	0	100
	s	0,16	-		
1-3	kEW	0,56	-		
	MW	0,74	0	0	100
	s	0,14	-		

ABE: Versagen in der Bindeebene PCC/Beton
B: Versagen im Beton
BE: Versagen im PCC
kEW: kleinster Einzelwert
MW: Mittelwert
s: Standardabweichung

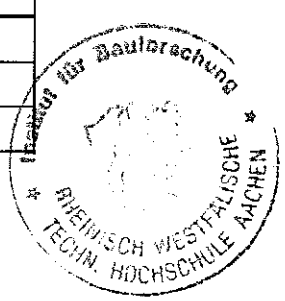
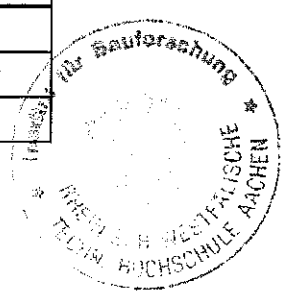


Tabelle A7: Ergebnisse der Haftzugprüfung nach Frost-Tau-Beanspruchung; Mischung Nr. 1

Platte Nr.	Prüfstelle	Haftzug-festigkeit	Bruchflächenanteil		
			B	BE	ABE
		N/mm²	%		
1	2	3	4	5	6
1	1	0,00	0	0	100
	2	0,85	0	0	100
	3	0,85	0	0	100
	4	0,86	0	0	100
	5	0,75	0	0	100
	kEW	0,00	-		
	MW	0,66	0	0	100
	s	0,37	-		
2	1	0,00	0	0	100
	2	0,72	0	0	100
	3	0,65	0	0	100
	4	0,64	0	0	100
	5	0,73	0	0	100
	kEW	0,00	-		
	MW	0,55	0	0	100
	s	0,31	-		
3	1	0,74	0	0	100
	2	0,58	0	0	100
	3	0,80	0	0	100
	4	0,78	0	0	100
	5	0,75	0	0	100
	kEW	0,58	-		
	MW	0,73	0	0	100
	s	0,09	-		
1-3	kEW	0,00	-		
	MW	0,65	0	0	100
	s	0,27	-		

ABE: Versagen in der Bindeebene PCC/Beton
B: Versagen im Beton
BE: Versagen im PCC
kEW: kleinster Einzelwert
MW: Mittelwert
s: Standardabweichung



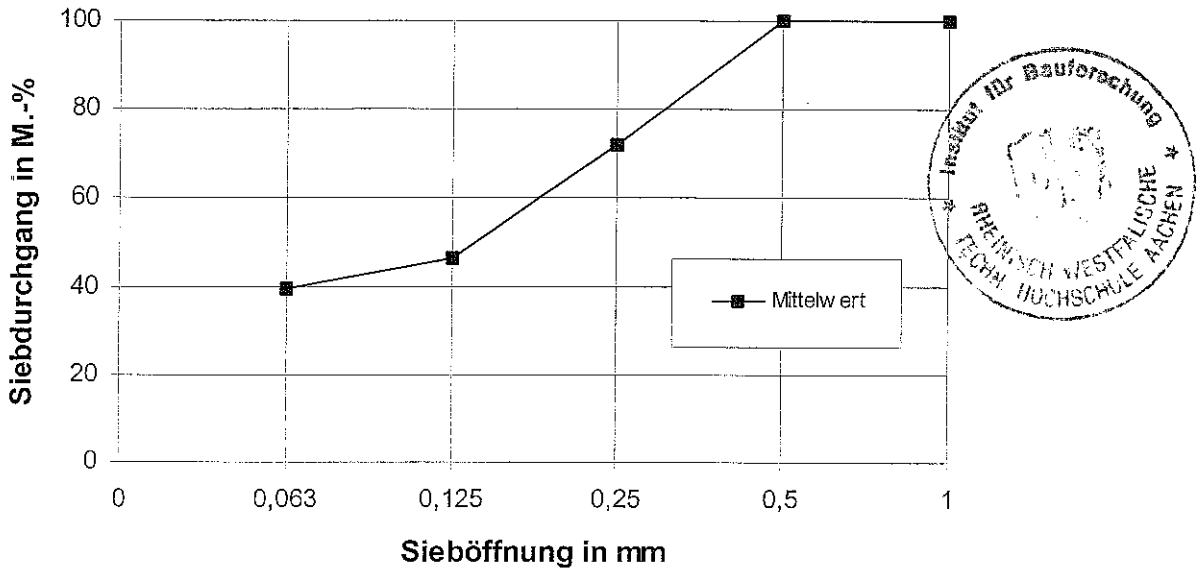
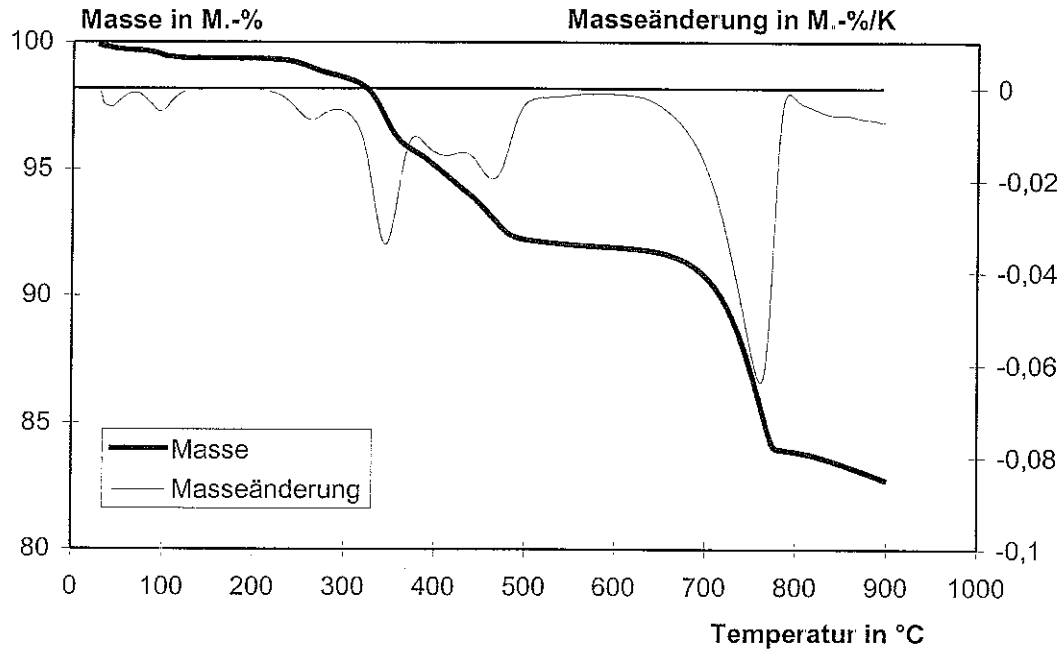


Bild B1: Sieblinie des Trockenmörtels

TAB05841.001 Einwaage: 049 mg Heizrate: 10 K/min

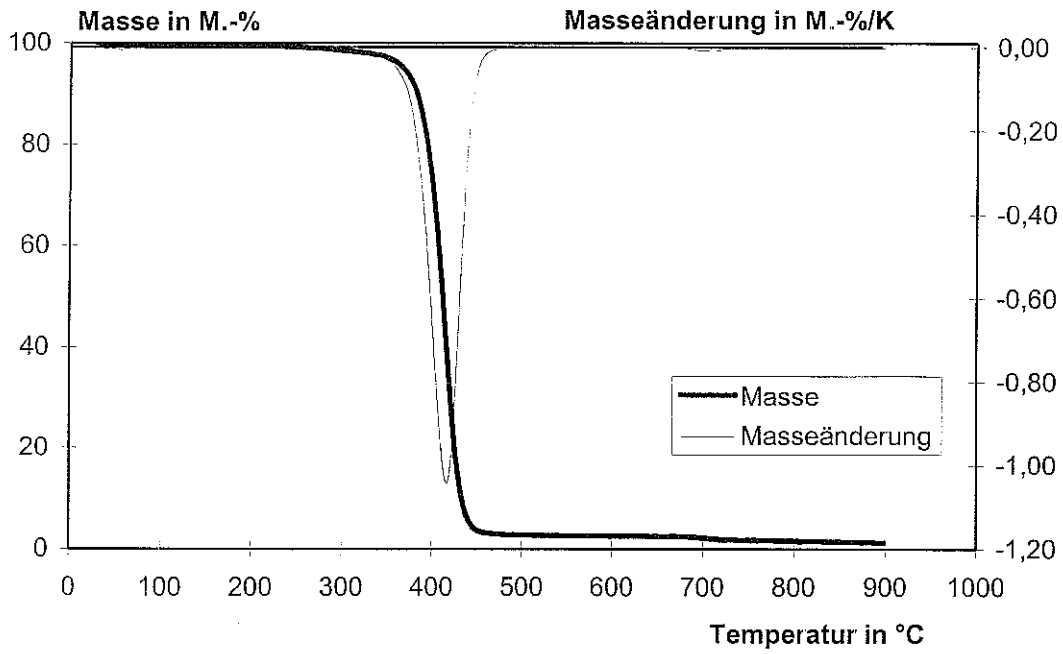


Nummer		1	2	3	4	5	6
Masse-verlust	M -%	0,43	0,10	4,32	3,12	7,98	17,09
Temperatur-bereich	°C	30-102	102-201	201-402	402-600	30-600	30-894
Temperatur des Maximums	°C	96,00	105,00	345,00	462,00	345,00	762,00

Bild B2: Thermogravimetrische Kurven des Trockenmörtels

Institut für Bauforschung
RHEINISCH-WESTFÄLISCHE TECHN. HOCHSCHULE AACHEN

TAB05850 001 Einwaage: 046 mg Heizrate: 10 K/min



Nummer		1	2	3	4	5
Masse-verlust	M -%	0,88	96,43	0,20	97,51	98,77
Temperatur-bereich	°C	30-252	252-501	501-600	30-600	30-894
Temperatur des Maximums	°C	54,00	417,00	504,00	417,00	417,00

Bild B3: Thermogravimetrische Kurven der Dispersion

Institut für Bauforschung
RHEINISCH-WESTFÄLISCHE TECHN. HOCHSCHULE AACHEN

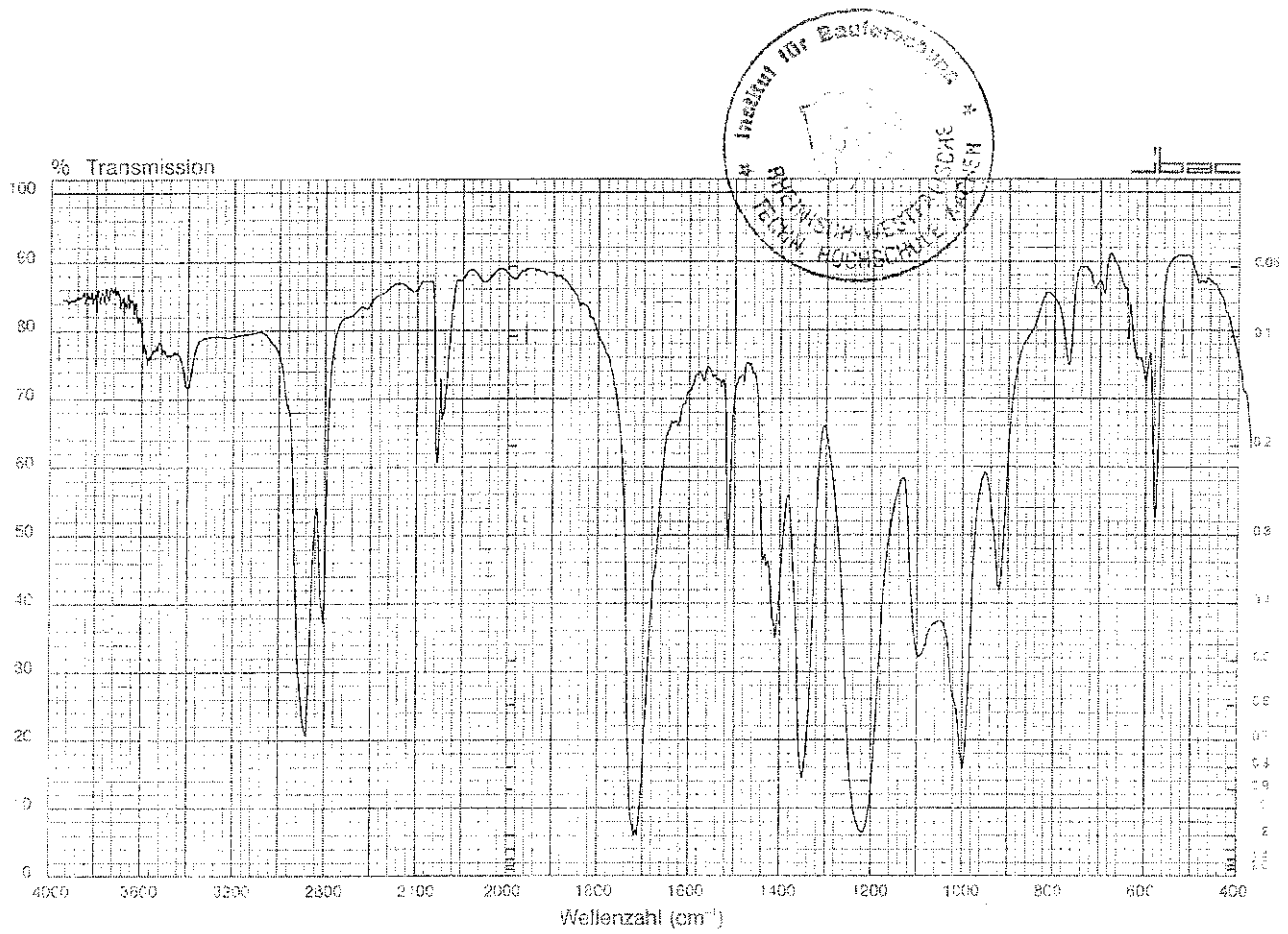


Bild B4: Infrarotspektrogramm des Trockenmörtels

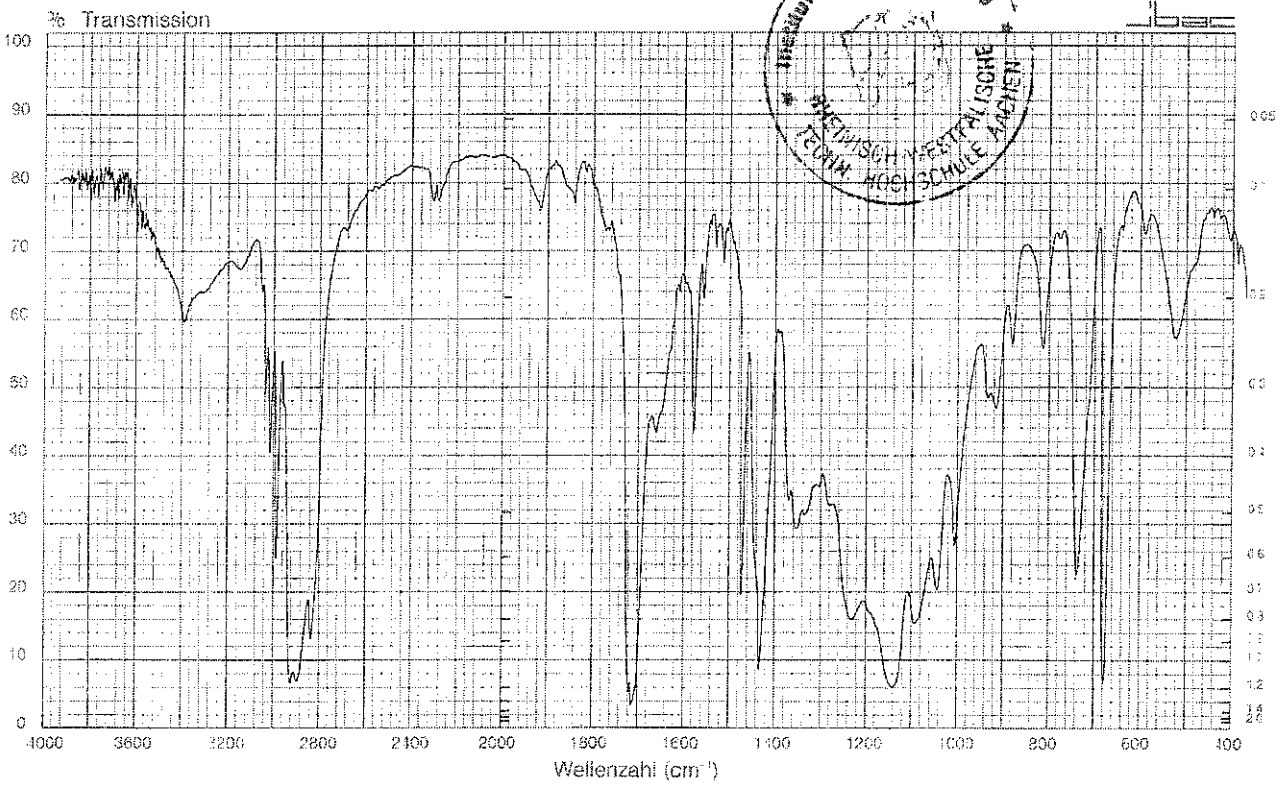


Bild B5: Infrarotspektrogramm der Dispersion

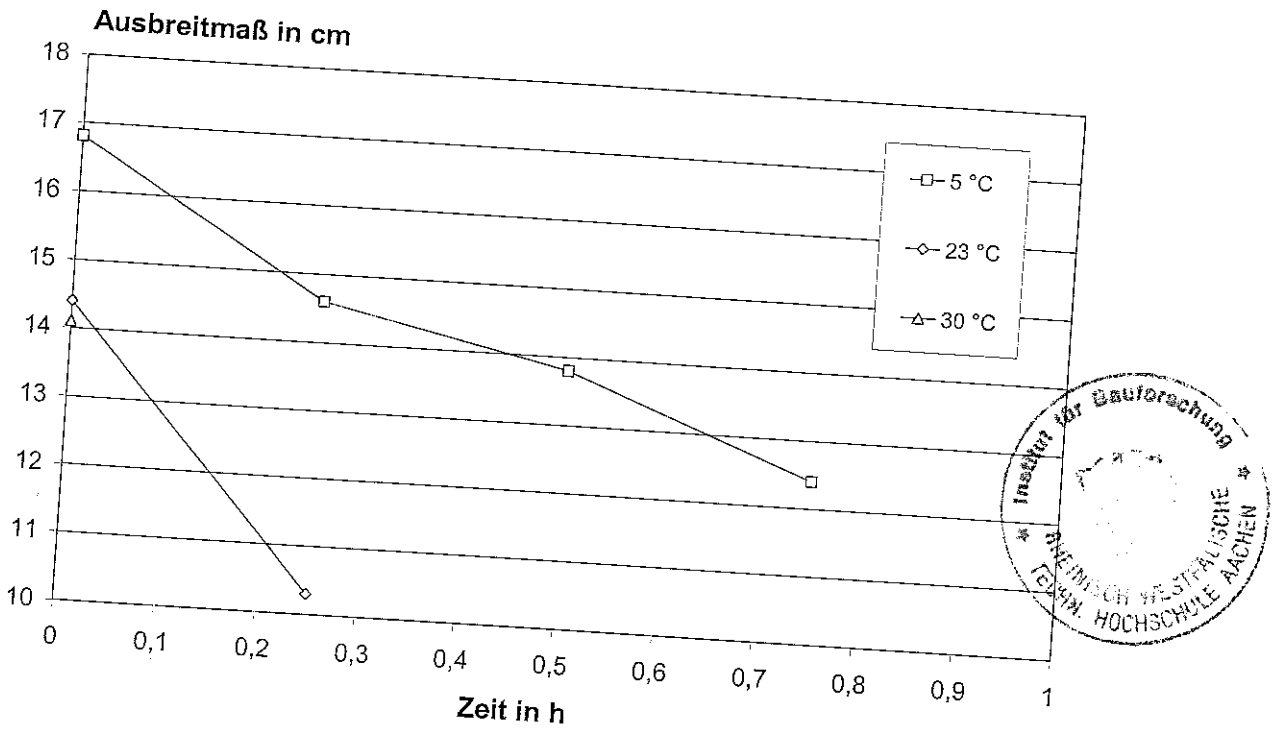


Bild B6: Ausbreitmaß des Mörtels in Abhängigkeit von Temperatur und Zeit

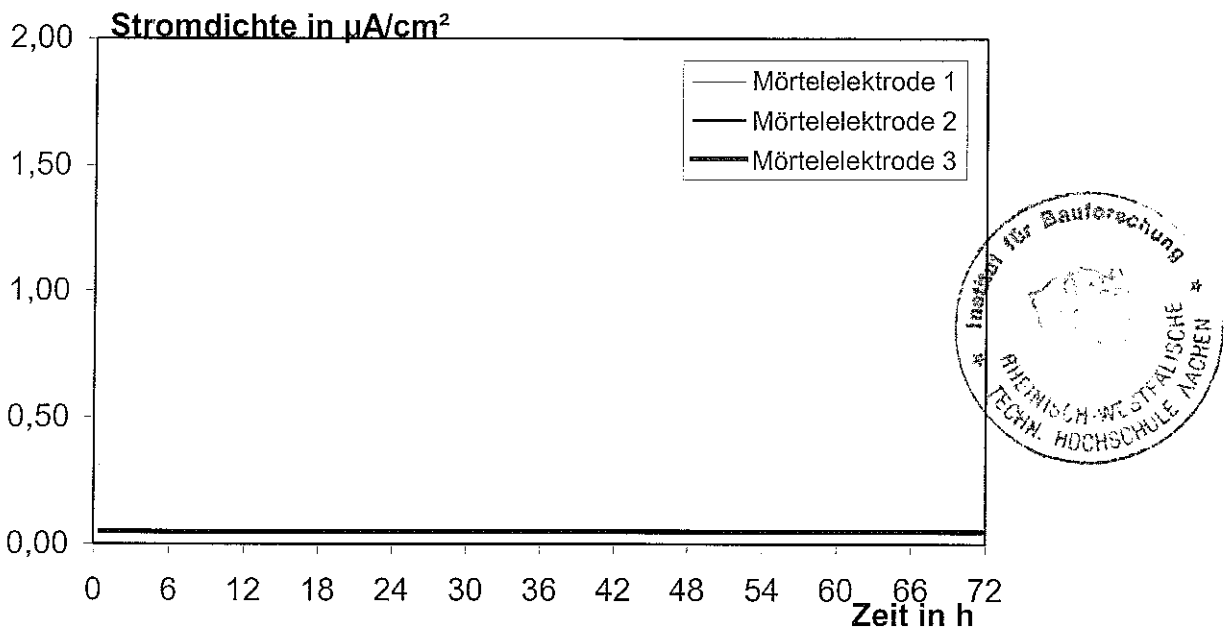


Bild B7: Stromdichtekurven des Mörtels

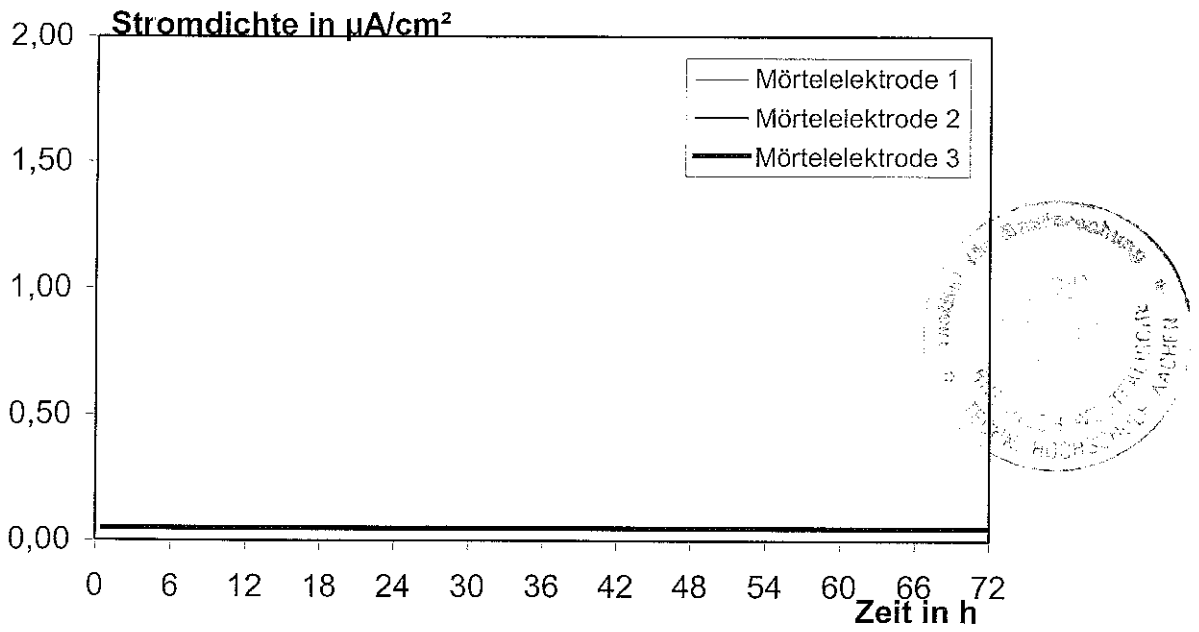


Bild B8: Stromdichtekurven des Korrosionsschutzstoffes in Verbindung mit dem Mörtel