



**FIS**

F. A. FINGER - INSTITUT FÜR BAUSTOFFKUNDE  
BAUHAUS-UNIVERSITÄT WEIMAR  
Direktor Prof. Or.-Ing. H.-M. Ludwig

Bauhaus-Universität Weimar - FIS - Coudraystrasse 11 - 99421 Weimar

## Prüfbericht - 2.Ausfertigung

**über:** Prüfung der Sperrwirkung des flüssigen Beton-  
Nachbehandlungsmittels PAGEL 01 Verdunstungsschutz (FIB-  
AN 140-09)

**Auftraggeber:** PAGEL Spezial-Beton GmbH & Co. KG  
Wolfsbankring 9  
45355 Essen

**Proben:** 1 Liter Pagel 01 Verdunstungsschutz Typ VM

Probenübergabe: Paketversand

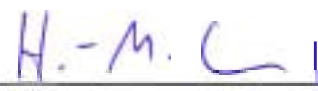
**Bearbeiter:** Dipl.-Ing. D. Ehrhardt

Verwendete Prüfvorschriften und Produktdatenblätter:

[1] TL NBM-StB 09, Technische Lieferbedingungen für flüssige Nachbehandlungsmittel, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Betonbauweisen, Ausgabe 2009, FGSV-Verlag, Köln Juni 2009

[2] Produktdatenblatt, PAGEL 01 Verdunstungsschutz, Technisches Merkblatt 1604

Weimar. 05.04.2011

  
Prof. Dr.-Ing. H.-M. Ludwig

Der Bericht umfasst 6 Textseiten und 1 Anlage (2 Blatt)

## Inhaltsverzeichnis

---

### Inhalt

1	Vorbemerkungen	1
2	Probeneingang	1
3	Angaben zu dem Nachbehandlungsmittel	1
4	Voruntersuchungen	1
4.1	Zementeigenschaften	1
4.2	Gesteinskörnung	1
4.3	Rezeptur des Prüfbetons	2
4.4	Frischbetoneigenschaften aus Vorversuch	2
4.5	Verdunstungsbedingungen in der Klimakammer	3
5	Bestimmung des Sperrkoeffizienten PAGEL 01 Verdunstungsschutz	.4
5.1	Allgemeines	.4
5.2	Ergebnisse	.4
5.3	Beurteilung	5

## 1 Vorbemerkungen

Im Auftrag der PAGEL Spezial-Beton GmbH & Co. KG sollte an dem flüssigen Beton-nachbehandlungsmittel PAGEL 01 Verdunstungsschutz entsprechend der TL NBM-StB 09 [1] der Sperrkoeffizient bestimmt werden. Das zu prüfende Beton-Nachbehandlungsmittel wird in Punkt 3 näher spezifiziert.

## 2 Probeneingang

Datum: 08.07.09  
Übergabe: Versand, UPS  
Annahme: Sekretariat, FIB  
Probenmenge: 1 Liter PAGEL 01 Verdunstungsschutz

## 3 Angaben zu dem Nachbehandlungsmittel

Tabelle 1: Herstellerangaben zu dem Beton-Nachbehandlungsmittel [2]

Herstellerbezeichnung	PAGEL 01 Verdunstungsschutz
Kurzbezeichnung (Bericht)	PAGEL 01
NBM - Typ gemäß TL NBM-StB 09	VM/BM
Wirkstoffe	Paraffinwachs
Dichte bei 20 °C	0,99 g/cm <sup>3</sup>
Verarbeitbarkeit	ab 1' e
Form/ Farbe	flüssig/ weiß
Lagerungsbeständigkeit	in geschlossenen Behältern mindestens 1 Jahr
Auftragsmenge	100 - 150 g/m <sup>2</sup>

## 4 Voruntersuchungen

### 4.1 Zementeigenschaften

Entsprechend TL NBM-StB 09 wurde für die Herstellung des Prüfbetons ein CEM I 52,5 R verwendet. Relevante Zementeigenschaften können Tabelle 2 entnommen werden.

Tabelle 2: Eigenschaften des verwendeten Zementes

Kenngröße	Einheit	IST-Wert	SOLL-Wert gemäß TL NBM-StB 09
Spezifische Oberfläche (Blaine)	[cm <sup>2</sup> /g]	5430	> 5000
Erstarrungsbeginn (EB)	[h:min]	2:15	2:00 < EB < 3:00
Wasseranspruch	rM.-%	31,0	30,0 ± 2,0

### 4.2 Gesteinskörnung

Die verwendete Gesteinskörnung wurde aus einem Sand der Korngruppe 0-2 mm und einem Kiessand der Korngruppe 2-8 mm zusammengesetzt. Beide Körnungen bestehen hauptsächlich aus Quarz. Um die Grenzen der Sieblinie entsprechend [1] einzuhalten, wurde zusätzlich Rheinsand der Fraktion 0,5-1 mm und 1-2 mm sowie ein Kalksteinmehl zugesetzt.

Tabelle 3: Zusammensetzung der verwendeten Gesteinskörnung

Zusammensetzung der Gesteinskörnung: Angaben in V.-%				
Material	spezifische Oberfläche	Korngruppe-klasse	Dichte	Volumenanteil
	[cm <sup>2</sup> /g]	[mm]	[t/cm <sup>3</sup> ]	[v.-%]
Kalksteinmehl	5330	< 0,125	2,723	4,2
Rheinsand		0,5 - 1	2,64	1,8
Rheinsand		1 - 2	2,64	6,0
Sand		0-2	2,72	37,0
Kiessand		2 - 8	2,64	51,0

Tabelle 4: IST-Sieblinie der verwendeten Gesteinskörnung

		Prüfsieblochweite						
		0,125	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	8,0
		Siebdurchgang in V.-%						
obere Grenze	[V.-%]	7	12	25	39	55	73	100
IST-Wert	[V.-%]	5,0	9,4	22,6	36,3	49,2	71,7	97,8
untere Grenze	[V.-%]	5	8	20	33	49	67	95

### 4.3 Rezeptur des Prüfbetons

Tabelle 5: Zusammensetzung des Prüfbetons

	kg/m <sup>3</sup>	Verhältnisse	
Zement (CEM J 52,5 R)	520,0	Wasser/Zement (Massenanteile)	0,42
Wasser (Ortsnetz Weimar)	218,0	Gesteinskörnung/Zement (Massenanteile)-	3: 1
Kalksteinmehl	68,7		
Rheinsand 0,5 - 1	28,6		
Rheinsand 1 - 2	95,2		
Sand 0 - 2	604,8		
Kiessand 2 – 8	809,2		

### 4.4 Frischbetoneigenschaften aus Vorversuch

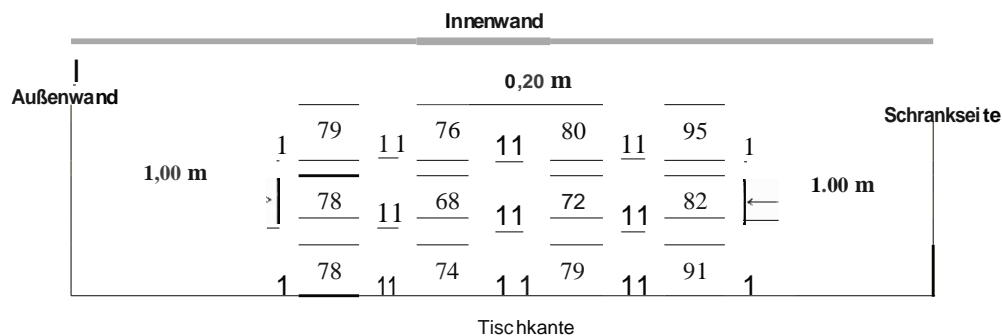
In einem Vorversuch wurde überprüft, ob der Prüfbeton die Anforderungen bezüglich der Konsistenz, der Frischbetontemperatur und der Blutneigung erfüllt. Um die Frischbetontemperatur von  $20 \pm 2$  °C einzuhalten, wurde 10 °C kaltes Wasser verwendet. Alle anderen Ausgangsstoffe hatten eine Temperatur von 20,5 °C. Im Rahmen des Vorversuches wurde auch der Auftragszeitpunkt für Nachbehandlungsmittel vom TYP VM/BM gemäß TL NBM-StB 09 Pkt. 4.2.2.3 bestimmt. Die Ergebnisse des Vorversuches sind in Tabelle 6 zusammengefasst.

Tabelle 6: Frischbetoneigenschaften des Prüfbetons  
(aus Vorversuch)

	IST	SOLL
Verdichtungsmaß	C1 11,34)	C1
Frischbetontemperatur	20,5 °C	$20 \pm 2,0$ °C
Blutneigung Gemäß DIN EN 480-4	0,05 M.-%	< 0,3 M.-%
Zeitpunkt t., [h:min] (Mattfeuchte OF)	3:06	-

#### 4.5 Verdunstungsbedingungen in der Klimakammer

In Bild 1 ist die Anordnung der 12 mit Wasser gefüllten Formen in der Klimakammer dargestellt. Die angegebenen Zahlenwerte zeigen für die jeweilige Prüfform die ermittelte Verdunstungsrate innerhalb von 24 Stunden in  $\text{g}/(\text{m}^{2\text{h}})$  an. Die Forderungen bezüglich der Gleichmäßigkeit der Verdunstungsbedingungen werden erfüllt (Tabelle 7).



Sild 1: Anordnung der mit Wasser gefüllten Schalen. Angegebene Werte stellen die ermittelten Verdunstungsraten in  $\text{g}/\text{m}^{2\text{h}}$  dar.

Tabelle 7: Verdunstungsbedingungen in der Klimakammer

	IST	SOLL
Mittlere Verdunstungsrate 112 Proben)	79,3 $\text{g}/(\text{m}^{2\text{h}})$	-
Standardabweichung	7,6 $\text{g}/\text{m}^{2\text{h}}$	-
Variationskoeffizient	9,6 %	s 10 %

## 5 Bestimmung des Sperrkoeffizienten PAGEL 01 Verdunstungsschutz

### 5.1 Allgemeines

Die Prüfung des Nachbehandlungsmittels erfolgte für den TYP VM (Texturierte Betonoberfläche). Die geprüfte Auftragsmenge von  $150 \text{ g/m}^2$  wurde in einem Vorversuch festgelegt. Bei der gewählten Auftragsmenge wurde eine vollflächige und gleichmäßige Verteilung auf der Prüffläche erreicht. Das Nachbehandlungsmittel wurde mit einer Drucksprayflasche aufgesprüht. Als Randversiegelung wurde heißes Paraffinwachs, welches keinen Trocknungsverlust aufweist, verwendet.

### 5.2 Ergebnisse

Es wurde für den vorher abgeschätzten Auftragszeitpunkt  $t_{xh}$  (siehe Pkt. 4.4) der höchste integrale Sperrkoeffizient  $SQ_{24}$  erreicht (Tabelle 8). Für diesen Auftragszeitpunkt wurde der Sperrkoeffizient  $SM$  berechnet (Tabelle 9).

Tabelle 8: Überprüfung des optimalen Auftragszeitpunktes mittels integrelem Sperrkoeffizient  $SQ_{24}$ ,

Geprüfte Auftragsmenge		Zeitraum: Mischende bis 24 h (0-24 h)			
		Wasserabgabe unbehandelte Platten	Wasserabgabe behandelte Platten Auftrag: $xh-30$	Wasserabgabe behandelte Platten Auftrag: $xh$	Wasserabgabe behandelte Platten Auftrag: $xh+30$
[ $l/m^2$ ]		[ $l$ ]	[ $l$ ]	[ $l$ ]	[ $l$ ]
150 g/m <sup>2</sup>	Einzelwerte	45,91 44,51 44,7	6,9   5,9 1 6,0	6,2 1 5,4   6,3	8,6 1 8,3 1 9,0
	i. Mittel	45,0	6,2	6,0	8,6
	$SQ_{24}$ [%]		86,1	86,7 <b>Maximum</b>	80,9

Tabelle 9: Sperrkoeffizient  $SM$  für den relevanten Auftragszeitpunkt.

Geprüfte Auftragsmenge		Zeitraum: relevanter Auftrag ( $xh$ ) - 24 h	
		Wasserabgabe unbehandelte Platten	Wasserabgabe behandelte Platten Auftrag: $xh$
[ $l/m^2$ ]		[ $l$ ]	[ $l$ ]
150 g/m <sup>2</sup>	Einzelwerte	36,4   36,0 1 36,2	-3,1 1 -3,4 1 -3,4
	i. Mittel	36,2	-3,3
	$SM$ [%]		109
Sperrkoeffizient $SM$			

Weitere Angaben zur Prüfung können Anlage 1 entnommen werden. Die in Anlage 1 angegebenen IST-Auftragsmengen wurden für jede Probe aus der aufgetragenen Menge an Nachbehandlungsmittel und der ausgemessenen Prüfoberfläche (nach Beendigung des Versuches) der Probe errechnet.

### 5.3 Beurteilung

Das Nachbehandlungsmittel PAGEL 0 1 Verdunstungsschutz (Typ VM) erfüllt mit dem Sperrkoeffizienten

SM= 109 %

die Anforderungen der TL NBM-StB 09 ( $S_M \geq 85 \%$ ) für Nachbehandlungsmittel vom TypM.

Hinweis: Bei nachbehandelten Proben besteht das verdunstende Wasser aus dem Anmachwasser des Betons und dem Dispersionswasser des Nachbehandlungsmittels. Da für eine Berechnung des Sperrkoeffizienten aber nur der Wasserverlust aus dem Beton selbst relevant ist, wird der Dispersionswasseranteil (mVB) des Nachbehandlungsmittels vom gemessenen Gesamtverlust abgezogen. Sperrkoeffizienten über 100 % zeigen deshalb an, dass die nachbehandelten Proben im Vergleich zur aufgetragenen Dispersionswassermenge weniger Wasser abgegeben haben (Ein Teil des Dispersionswassers wurde vom Beton aufgenommen). Bei der Berechnung der relevanten Wasserverluste entstehen so negative Werte bei den nachbehandelten Proben, was zu Sperrkoeffizienten größer 100 % führt.

Versuchsdurchführung und Versuchsergebnisse – Ermittlung der Sperrwirkung für:

PAGEL o1 Verdunstungsschutz – Blatt 1/z

Versuchsbezeichnung: <b>PAGEL O1 Verdunstungsschutz</b>		12 Probekörper	
Datum: 16.07.2009			
Mischende: [h:mlnl] 10:51	3 PK	ohne	
Klima: [Temperatur/r. F.] 30/40	3 PK	xh-30	
Mischungsbezeichnung: TL NBM ab 07/2009	3 PK	xh	
Zement: Z 390	3 PK	xh+30	
Frischbetontemperatur: <b>TC1</b> 21,3			
Auftragsmenge: 150 g/m' bzw. 5,1 g/Pk			
Prüffläche der Betonprobekörper: ca. 0,161 x 0,211 m'			
Anzahl der Serien: 4			
Randbedingungen in Klimakammer:		Im Zeitraum: 16.07.09, 10:00 bis 17.07.2009, 14:00	
	MAX	MIN	SOLL
relative Luftfeuchtigkeit:	42,9%	37,7%	40 ± 3 %
Lufttemoeratur:	30,8 °C	29,7 °C	30 ± 2 °C
weitere Angaben zum Versuchsablauf			
Herstellung der Probekörper:	<b>von:</b>	10:51	bis 10:32
Ankunft in Klimakammer:	<b>Uhrzeit:</b>	10:37	
Zeitdauer bis Mattfeuchte			
Oberfläche nach Mischende:		3h und 6 min	
Auftraosmenoe des NBM <sup>1)</sup>	Zielwert: <b>150 g/m<sup>2</sup></b>		
	Uhrzeit	Standard- mittlere Menge [g/m']	Standard- abweichung [g/m']
		Minimale Auftragsmenge [g/m']	Maximale Auftragsmenge [g/m']
		höchste Abw. Vom Zielwert [%]	
Auftrag xh-30 min	13:27	151	3,4
Auftrag xh	13:57	153	0,3
Auftrac xh+30 min	14:27	152	1,6
		149	155
		152	153
		150	153
			2,1
1) Berechnet mittels aufgebracht Menge und nach Ende des Versuches ausgemessener Prüffläche			

Versuchsergebnisse – Ermittlung der Sperrwirkung der  
 PAGEL\_01 Verdunstungsschutz – Blatt 2/2

Versuchsbezeichnung: <b>PAGEL 01 Verdunstungsschutz</b>										12 Probekörper	
Datum: 16.07.2009											
Mischende: [h:mInj] 10:51										3 PK ohne	
Klima: [Temperaturr. F.] 30/40										3 PK xh-30	
Mischungsbezeichnung: TL NBM ab 07/2009										3 PK xh	
Zement: Z 390										3 PK xh+30	
Frischbetontemperatur: r Cj 21,3											
Auftragsmenge: 150 g/m <sup>2</sup> bzw. 5,1 g/Pk											
Prüffläche der Betonprobekörper: ca. 0,161 x 0,211 m <sup>2</sup>											
Anzahl der Serien: 4											
<b>Untersuchungsergebnisse</b>											
Wasserverlust NBM innerhalb xh + 24 h										85,69%	
bei 30°C / 40 % r. F.											
Zeile	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Zeit	16.7. 10:51	16.7. 11:51	16.7. 13:27	16.7. 13:57	16.7. 14:27			16.7. 15:27	17.7. 10:51		
Vorgang	nach Herstellung	Abtrag Beseustrich	vor Auftrag xh - 30 min	vor Auftrag xh	vor Auftrag xn - 30 min	Masse NBM	Wasserverlust NBM	Masse der Randversiegelung	Endmessung	Wasserverlust Proben [g]	Sperrkoeffizient [%]
	m <sub>iu</sub> [g]	m <sub>is</sub> [g]	m <sub>iu(xh-30)</sub> [g]	m <sub>iu(xh)</sub> [g]	m <sub>iu(xh+30)</sub> [g]	m <sub>INE</sub> [g]	m <sub>IVNB</sub> [g]	m <sub>IR</sub> [g]	m <sub>ib24</sub> [g]	W <sub>iu(0-24)</sub>	S <sub>M</sub> <sup>8 0-24</sup>
Probe 1	2710,4	1,1	2702,3	2699,8	2696,9			1,1	2664,5	45,9	
Probe 2	2664,3	1,6	2656,6	2654,3	2651,5			0,8	2619,0	44,5	
Probe 3	2652,6	1,4	2644,9	2642,7	2639,9			1,1	2607,6	44,7	
	m <sub>iu</sub> [g]	m <sub>is</sub> [g]	m <sub>ib(xh-30)</sub> [g]	m <sub>ib(xh)</sub> [g]	m <sub>ib(xh+30)</sub> [g]	m <sub>INE</sub> [g]	m <sub>IVNB</sub> [g]	m <sub>IR</sub> [g]	m <sub>ib24</sub> [g]	W <sub>ib(0-24)</sub>	
Probe 4 (xh-30)	2778,4	1,1	2770,2			5,3	4,5	1,1	2772,3	6,9	
Probe 5 (xh-30)	2727,9	1,5	2719,2			5,1	4,4	1,3	2722,5	5,9	86,1
Probe 6 (xh-30i)	2844,2	1,7	2834,6			5,4	4,6	1,1	2838,4	6,0	
Probe 7 (xh)	2773,5	2,1		2762,0		5,2	4,5	1,1	2767,0	6,2	
Probe 8 (xh)	2707,8	1,3		2697,7		5,2	4,5	1,3	2703,1	5,4	86,7
Probe 9 (xh)	2640,4	1,5		2629,2		5,3	4,5	1,2	2634,5	6,3	
Probe 10 (xh+30)	2680,5	1,3			2667,2	5,2	4,5	1,8	2673,1	8,6	
Probe 11 (xh+30)	2619,8	1,3			2606,7	5,2	4,4	1,1	2612,0	8,3	80,9
Probe 12 (xh+30i)	2741,1	1,1			2727,5	5,3	4,6	1,1	2732,9	9,0	
Der höchste Sperrkoeffizient S <sub>M</sub> 0-24 wird für den Auftragszeitpunkt xh erreicht. Die Berechnung des Sperrkoeffizienten S <sub>M</sub> erfolgt deshalb für diesen Auftragszeitpunkt.											
	W <sub>iu(xh24)</sub> [g]	W <sub>ib(xh-24)</sub> [g]	Sperrkoeffizient S <sub>M</sub> 1 [%]	Mittel [%]	Standardabweichung [%]						
	36,4	-3,1	108,6								
	36,0	-3,4	109,4	109	0,4						
	36,2	-3,4	109,3								
Wasserabgabe einer nachbehandelten Probe bezogen auf den Mittelwert der drei nicht nachbehandelten Proben											