

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN
INSTITUT FÜR BAUKONSTRUKTION UND BAUSTOFFE
LEHRSTUHL FÜR BAUSTOFFKUNDE UND WERKSTOFFPRÜFUNG
UND PRÜFAMT FÜR BITUMINÖSE BAUSTOFFE UND KUNSTSTOFFE

Dir.: Univ.-Prof. Dr. R. Springenschmid

Baumbachstraße 7, D-81245 München - Telefon 089 8895-311 - Telefax 089/8895-347

E-Mail: Baustoffinstitut@lrz.tu-muenchen.de

UNTERSUCHUNGSBERICHT

Nr.: 3360-03-96

Auftraggeber: DuPont de Namours (Luxembourg) S.A.
DuPont Nonwovens
L-2894 Luxembourg

Betrifft: Vergleichende Untersuchungen von
Betonoberflächen mit den Schalungseinlagen
„Zemdrain“ und „Zemdrain MD“

Bezug: Auftrag vom 4.12.95

Der Untersuchungsbericht umfaßt 8 Blatt einschließlich Anlagen

München, den 25.09.96 / Be

Der Untersuchungsbericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden. Eine gekürzte oder eine auszugsweise Vervielfältigung sowie eine Veröffentlichung in Druckschriften sind nur mit vorheriger schriftlicher Genehmigung des Prüfamtes zulässig.

1 Auftrag

Am 4.12.95 beauftragte uns Herr F.L. Serafini der Fa. DuPont per Telefax gemäß unseres Angebotes vom 23.11.95, den Einfluß der Schalungseinlagen „Zemdrain MD“ und „Zemdrain“ auf die Carbonatisierungstiefe, die Oberflächenfestigkeit (Rückprallprüfung nach Schmidt, DIN 1048 Teil 2) und die Wasserundurchlässigkeit (DIN 1048 Teil 5) der Oberfläche von Betonproben mit zwei verschiedenen Betonrezepten (Hochofenzement mit w/z-Werten von 0,45 bzw. 0,55) zu prüfen. Als Vergleich waren Messungen an Proben durchzuführen, die ohne Schalungseinlagen in den Prüfformen hergestellt wurden. Die durch die Schalungseinlage abgeführte Wassermenge aus dem Frischbeton war ebenfalls zu bestimmen.

2 Probenmaterial

Am 21.11.95 übergab uns Herr Serafini eine Rolle der zu untersuchenden Schalungseinlage „Zemdrain MD“. Dieses Material ist ein Verbundwerkstoff, bestehend aus einer 0,4 mm dicken, grauen Kunststoffasermatte mit einem Kunststoffgitter (2 mm dick) auf der Rückseite. Eine Rolle der Schalungseinlage „Zemdrain“, die aus thermisch verfestigten Polypropylenfasern (0,5 mm dick) besteht, wurde uns von der Fa. Max Frank GmbH & Co. KG, Leiblfing, Mitte Dezember 1995 zur Verfügung gestellt. Eine Seite der Schalungseinlage „Zemdrain“ war schwarz und strukturiert, die andere Seite grau und weniger strukturiert.

3 Herstellung der Probekörper

Zwei Betone mit den folgenden Rezepten wurde verwendet:

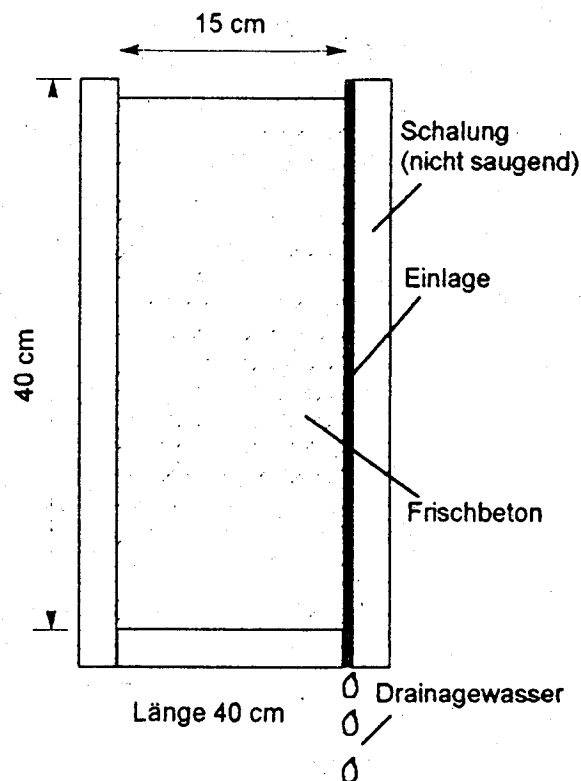
Beton 1:	Zement:	CEM III/A 32,5 nach DIN 1164 Teil 1
	w/z-Wert:	0,55
	Zementgehalt:	355 kg/m ³
	Zuschlag:	Münchener Kies und Sand der Sieblinie A/B 16
	Konsistenz:	KR (Regelkonsistenz)

Beton 2:	Zement:	CEM III/A 32,5 nach DIN 1164 Teil 1
	w/z-Wert:	0,45
	Zementgehalt:	402 kg/m ³
	Zuschlag:	Münchener Kies und Sand der Sieblinie A/B 16
	Fließmittel:	1% (bezogen auf Zementanteil)
	Konsistenz:	KR (Regelkonsistenz mit FM eingestellt)

Für beide Betone wurde eine Schalung aus nichtsaugendem, kunststoffimprägniertem Sperrholz mit Abmessungen von $40 \times 40 \times 15 \text{ cm}^3$ verwendet, wobei eine vertikale Fläche ($40 \cdot 40 \text{ cm}^2$) mit der Schalungseinlage „Zemdrain MD“ belegt wurde. Die graue Kunstfaser-
matte war hierbei dem Frischbeton zugewandt. Die gegenüberliegende Fläche ohne Schalungseinlage diente als Referenz. Die Fugen der Schalungen wurden mit Silikon abgedichtet, damit das Wasser nur durch die Schalungseinlage abfließen kann. Die Schalungseinlage „Zemdrain“ wurde in zwei weiteren Schalungen befestigt, so daß die graue Seite dem Frischbeton zugewandt war. Für jeden Beton wurde zusätzlich je ein Probekörper ($40 \times 40 \times 15 \text{ cm}^3$) ganz ohne Schalungseinlage hergestellt.

Der Frischbeton wurde mit einem Innenrüttler verdichtet. Die Betonkörper wurden nach 24h ausgeschalt und bis zur Prüfung in Klima $20^\circ\text{C}/65\% \text{ r.F.}$ gelagert.

Abb. 1:
Schalung



4 Bestimmung der abgeführten Wassermenge

Nach dem Einbringen und Verdichten des Betons wurde die Wassermenge gemessen, die in den ersten 2 Stunden aus dem Frischbeton durch die Schalungseinlage abfloß. In Tab. 1 sind die ermittelten Wasservolumina, bezogen auf 1 m² Frischbetonfläche an der Schalungseinlage, eingetragen.

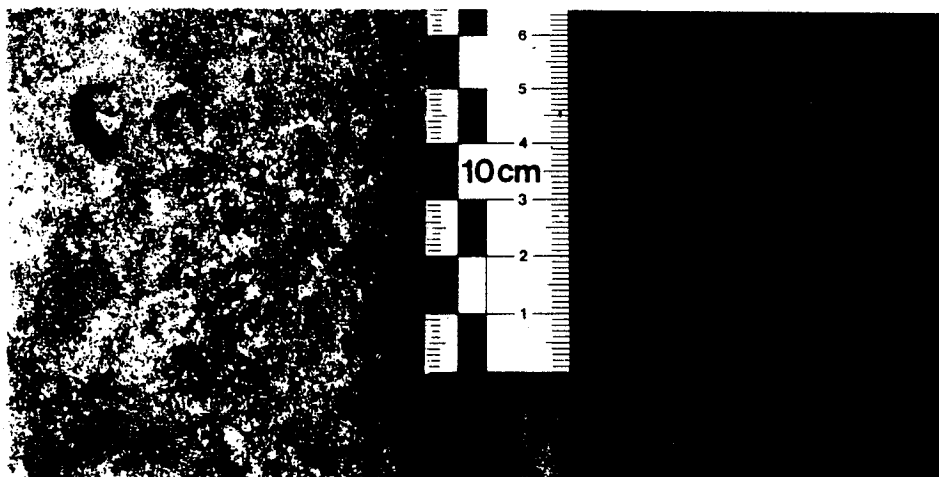
Tab. 1:
Entwässerung von Frischbeton mit „Zemdrain MD“ und „Zemdrain“

Einlage	Beton 1: w/z=0,55	Beton 2: w/z=0,45
	[Liter/m ²]	[Liter/m ²]
Zemdrain MD	1,22	0,40
Zemdrain	1,75	0,25

5 Die Betonoberflächen

Beide Schalungseinlagen „Zemdrain MD“ und „Zemdrain“ konnten beim Ausschalen nach 24h problemlos von der Betonfläche unabhängig von der Betonzusammensetzung (Beton 1 oder Beton 2) getrennen werden. In allen Fällen waren die mit den Schalungseinlagen hergestellten Betonoberflächen glatt und fast frei von Lunkern.

Abb. 2:
Vergleich zwischen Betonflächen, die ohne bzw. mit „Zemdrain MD“ hergestellt wurden



Ohne Schalungsbahn

Mit Schalungsbahn

355 kg/m³ CEM III/A 32,5
w/z=0,55 A16/B16

Erkennbar war ein leicht weiß verfärbter Streifen mit einer Breite von einigen Zentimetern am oberen Rand jener Flächen, an welcher eine Schalungseinlage „Zemdrain“ oder „Zemdrain MD“ eingelegt wurde. Mit dem Rückprallhammer konnte kein Unterschied in der Festigkeit zwischen dem weißverfärbten Bereich und der übrigen Fläche festgestellt werden, die mit Schalungseinlagen in Berührung war. Die Verfärbung ließ sich mit einer Stahlbürste entfernen.

6 Prüfung der Oberflächenfestigkeit mit dem Rückprallhammer

Zum Vergleich der Wirkung der Schalungseinlagen auf die Festigkeit des oberflächennahen Betons wurde gemäß DIN 1048 Teil 2 der Rückprallhammer nach Schmidt (Modell N) verwendet. Um die Streuung der Ergebnisse möglichst gering zu halten, wurde für jeden der rund 4 Monate alten Probekörper die Rückprallstrecke an 16 Punkten gemessen und die Mittelwerte aus den Ergebnissen gebildet. Die Meßpunkte waren über einen Bereich von $22 \times 22 \text{ cm}^2$ in der Mitte der Probekörperfläche verteilt. In gleicher Weise wurde die Seite der Probekörper, die ohne Schalungseinlage hergestellt wurde, geprüft. Die Rückprallstrecke wird in Skalenteilen (Skt) angegeben. Die Standardabweichung der Meßwerte betrug 2,6 Skt.

Tab. 2:

Rückprallstrecken für Betonoberflächen, die mit „Zemdrain“ und „Zemdrain MD“ hergestellt worden waren.

Einlage	Beton 1: w/z=0,55		Beton 2: w/z=0,45	
	Seite mit Einlage [Skt]	Seite ohne Einlage [Skt]	Seite mit Einlage [Skt]	Seite ohne Einlage [Skt]
Zemdrain MD	46,3	36,2	45,5	36,8
Zemdrain	41,0	36,0	41,5	40,1

Bei einer Rückprallstrecke von mindestens 43 Skt kann nach DIN 1048 Teil 2 mit einer Betonfestigkeitsklasse B35, bei mindestens 33 Skt mit B15 gerechnet werden.

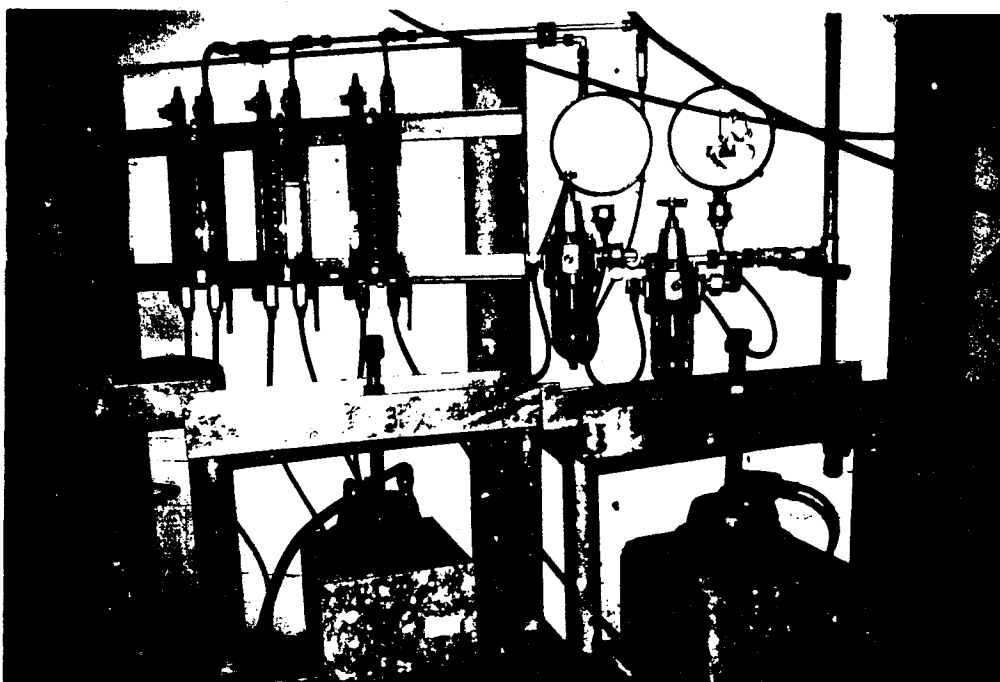
7 Wasserundurchlässigkeit

Zur Prüfung des Wassereindringvermögens (siehe DIN 1048 Teil 5) wurden Teilproben ($22 \times 22 \times 15 \text{ cm}^3$) aus der Mitte der $40 \times 40 \times 15 \text{ cm}^3$ Betonplatten herausgesägt.

Nach einer rund einwöchigen Probenvorlagerung unter Wasser wurde mit einer Glocke (Durchmesser 100 mm) ein Wasserdruck von $0,5 \text{ N/mm}^2$ auf die Prüffläche aufgebracht und

während der Dauer der Prüfung konstant gehalten (Abb. 3). Nach 3 Tagen wurde der Wasserverlust aus den Vorratsbehältern der Prüfstände gemessen, der der Menge des eingedrungenen Wassers entspricht. Da nur sehr wenig Wasser eingedrungen ist, wurde die Versuchsdauer verlängert und der Wasserverlust auch nach 6 Tagen gemessen. Die Ergebnisse sind in Tab. 3 den entsprechenden Vergleichswerten gegenübergestellt.

Abb. 3:
Prüfstände mit eingebauten Proben zur Bestimmung des Wassereindringvermögens



Tab 3:
Einfluß von „Zemdrain MD“ und „Zemdrain“ auf das Volumen
des eingedrungenes Wasser. Probenalter: ca. 5 Monate

Einlage	Beton 1: w/z=0,55		Beton 2: w/z=0,45	
	nach 3 Tagen [cm ³]	nach 6 Tagen [cm ³]	nach 3 Tagen [cm ³]	nach 6 Tagen [cm ³]
Zemdrain MD	10	10	10	15
Zemdrain	70	90	10	15
ohne Einlage	410	550	60	70

Die Wassereindringtiefe wurde erst im Alter von 8 Monaten gemessen (erneute Beaufschlagung mit Wasser: 5 bar, 3 Tage lang).

Tab 4:

Einfluß von „Zemdrain MD“ und „Zemdrain“ auf die Wassereindringtiefe nach DIN 1048 Teil 5. Probenalter: ca. 8 Monate

Einlage	Beton 1: w/z=0,55	Beton 2: w/z=0,45
	[cm]	[cm]
Zemdrain MD	2,0	1,0
Zemdrain	2,5	1,0
ohne Einlage	8,0	4,0

8 Carbonatisierungstiefe

Die Carbonatisierungstiefe wurde nach der Richtlinie des DAfStb (Heft 422, Punkt 2.5) durch aufsprühen einer Phenolphthaleinlösung auf die frische Bruchfläche bestimmt. Die Proben wurden ab dem Herstellungsdatum 7 Monate (Beton 1) bzw. 5 Monate (Beton 2) im Normklima 20°C/65 %r.F. mit einer natürlichen CO₂ Konzentration gelagert.

Tab 5:

Einfluß der Verwendung der Schalungseinlagen „Zemdrain MD“ und „Zemdrain“ auf die Carbonatisierungstiefe

Einlage	Beton 1: w/z=0,55		Beton 2: w/z=0,45	
	Seite mit Einlage [mm]	Seite ohne Einlage [mm]	Seite mit Einlage [mm]	Seite ohne Einlage [mm]
Zemdrain MD	3	11	3	6
Zemdrain	3	10	2	4

9 Zusammenfassung

Glatte Oberflächen mit sehr wenig sichtbaren Poren konnten sowohl mit der Schalungseinlage „Zemdrain MD“ als auch mit „Zemdrain“ für die verwendeten Betonzusammensetzungen mit w/z-Werten von 0,55 und 0,45 hergestellt werden.

Beim Beton 1 mit einem w/z-Wert von 0,55 tropfte bei „Zemdrain“ etwas mehr Wasser als bei „Zemdrain MD“ aus der Schalung ab. Da im Gitter der „Zemdrain MD“ Wasser zurück gehalten wurde, kann aus den unterschiedlichen Wasser-Abtropfmengen nicht auf einen Unterschied in der Wirksamkeit geschlossen werden. Die Oberflächenfestigkeit der mit „Zemdrain MD“ hergestellten Fläche lag über der mit „Zemdrain“ hergestellten Fläche. Beide Werte lagen deutlich über jenen der unbehandelten Seiten. Das Wassereindringvermögen wurde in beiden Fällen ganz erheblich gegenüber den Kontrollflächen vermindert. „Zemdrain MD“ und „Zemdrain“ zeigten sich gleich wirkungsvoll in der Reduzierung der Carbonatisierung des Randbetons. Nach 7 Monaten betrug die Carbonatisierungstiefe nur etwa ein Drittel gegenüber jenen Flächen, bei denen keine Schalungseinlagen verwendet wurden.

Beim höher festen Beton 2 (w/z = 0,45) waren die bei der Entwässerung des Frischbetons abgeführten Wassermengen vergleichsweise gering und unter Berücksichtigung der Genauigkeit der Meßwerte für beide Einlagen etwa gleich. Durch die Verwendung der Schalungseinlagen „Zemdrain MD“ oder „Zemdrain“ wurde auch hier die Oberflächenfestigkeit ebenfalls erhöht. Das Wassereindringvermögen ist deutlich geringer. Die Carbonatisierungstiefe des Randbetons erreichte bei Verwendung von „Zemdrain MD“ und „Zemdrain“ nur die Hälfte jener Flächen, bei denen keine Schalungseinlagen verwendet wurden.

BAUSTOFFINSTITUT -
PRÜFAMT FÜR BITUMINÖSE BAUSTOFFE UND KUNSTSTOFFE

Univ.-Prof. Dr. R. Springenschmid
Direktor des Prüfamtes

Dr. R.E. Beddoe
Leiter der Abt. Werkstoffphysik