

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.: 3360-04-96

Auftraggeber: DuPont de Namours (Luxembourg) S.A.
DuPont Nonwovens
L-2984 Luxembourg

Betrifft: Wiederverwendbarkeit der Schalungseinlage
„Zemdrain MD“

Bezug: Auftrag vom 4.12.95

Der Untersuchungsbericht umfaßt 9 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 Prüfarmes 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 Einsatzhäufigkeit der Schalungseinlagen „Zemdrain MD“ 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.

3 Herstellung der Probekörper

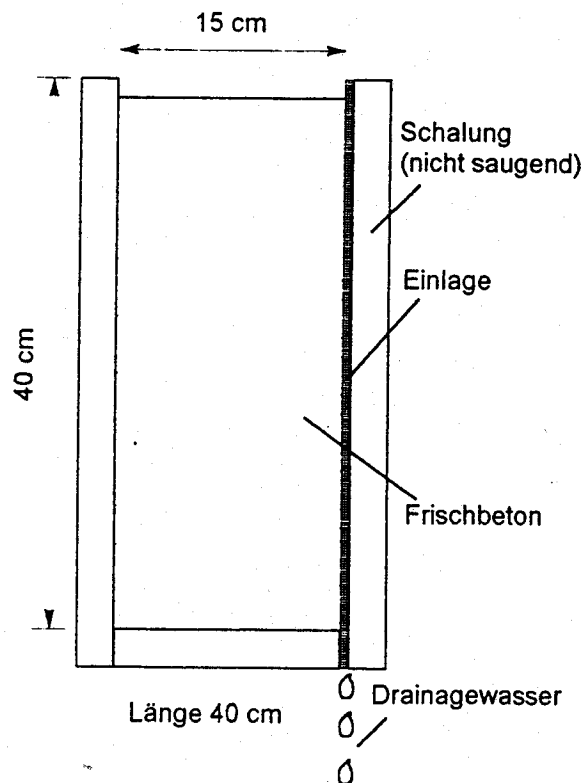
Zwei Betone mit den folgenden Rezepten wurde verwendet:

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 Kunststofffasermatte war hierbei dem Frischbeton zugewandt. Die gegenüberliegende Fläche ohne Schalungseinlage diente als Referenz. Die Fugen der Schalungen wurden mit Silikon abgedichtet, damit Wasser nur durch die Schalungseinlage abfließen kann.

Der Frischbeton wurde mit einem Innenrüttler verdichtet. Die Betonkörper wurden nach 24h ausgeschalt und bis zur Prüfung nach mindestens 28 Tagen in Klima $20^\circ\text{C}/65\% \text{ r.F.}$ gelagert.

Abb. 1:
Schalung



Die gleiche Schalungseinlage wurde je 3 mal für beide, oben charakterisierten Betone verwendet, ohne sie von dem Schalungsbrett zu entfernen oder zu reinigen.

Für jeden Beton wurde zusätzlich je ein Probekörper ($40 \times 40 \times 15 \text{ cm}^3$) ganz ohne Schalungseinlage hergestellt.

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“

Einsatz Nr	Beton 1 w/z=0,55 [Liter m ²]	Beton 2: w/z=0,45 [Liter/m ²]
1	1,22	0,40
2	1,19	0,35
3	1,11	0,46

5 Die Betonoberflächen

Die Schalungseinlage „Zemdrain MD“ konnte beim Ausschalen nach jedem neuen Einsatz problemlos von der Betonfläche unabhängig von der Betonzusammensetzung (Beton 1 oder Beton 2) getrennen werden. In allen Fällen waren die mit „Zemdrain MD“ hergestellten Betonoberflächen glatt und fast frei von Lunkern.

Abb. 2:
Betonfläche nach dem 3. Einsatz von „Zemdrain MD“ (links) im Vergleich zu einer Referenzfläche (rechts)

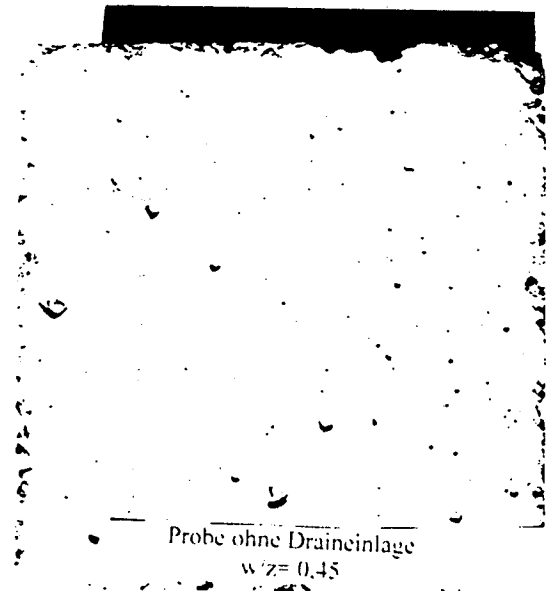
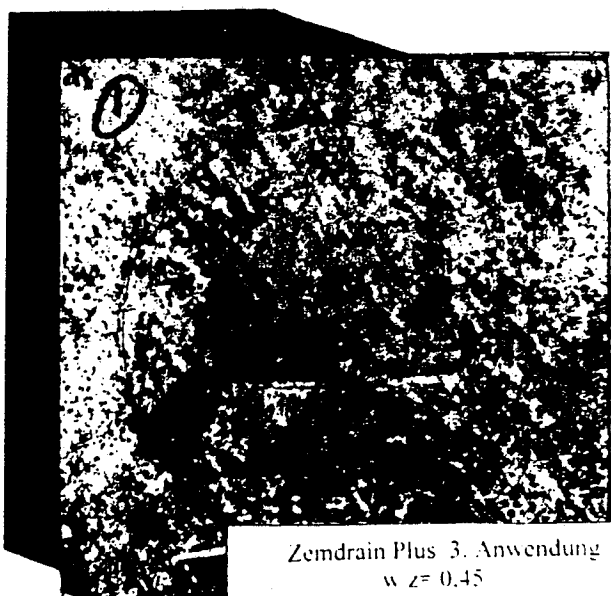


Abb. 2 zeigt als Beispiel die Betonflächen von zwei der Teilproben (siehe Abschnitt 7). Die dunklen Ringe sind Silikonfettrückstände von der Prüfung des Wassereindringvermögens.

Erkennbar war ein leicht weiß verfärbter Streifen mit einer Breite von einigen Zentimetern am oberen Rand der gegen die Schalungseinlage betonierten Seitenflächen der Probekörper. Nach jedem Einsatz nahm die Breite des Bereichs um einige Zentimeter zu. 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 Schalungseinlage 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 von Betonoberflächen nach mehrmaligem Einsatz der Schalungseinlage „Zemdrain MD“

Einsatz Nr.	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]
1	46,3	36,2	45,5	36,8
2	40,9	33,6	43,0	38,9
3	40,0	35,8	42,6	37,5

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.

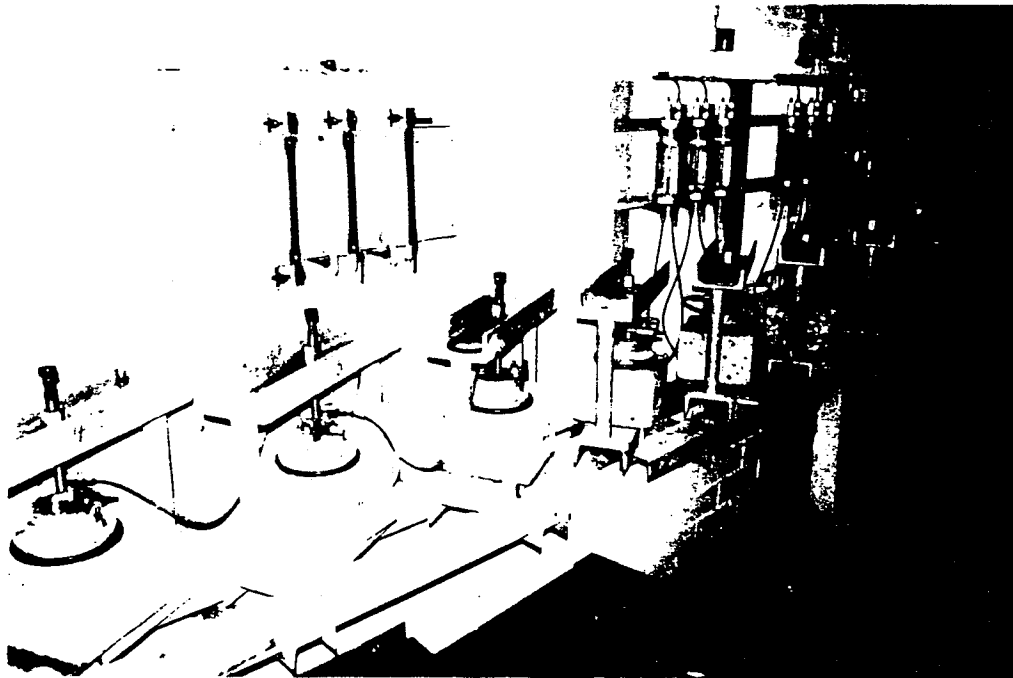
7 Wasserundurchlässigkeit

Zur Prüfung des Wassereindringvermögens (siehe DIN 1048 Teil 5) wurden Teilproben (22·22·15 cm³) aus der Mitte der 40·40·15 cm³ Betonplatten herausgesägt

Nach einer rund einwochigen Probenvorlagerung unter Wasser wurde mit einer Glocke (Durchmesser 100 mm) ein Wasserdruck von 0,5 N/mm² 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.

Abb. 3:

Prüfstände mit eingebauten Proben zur Bestimmung des Wassereindringvermögens



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.

*Tab 3:
Einfluß der Einsatzhäufigkeit von „Zemdrain MD“ auf das Volumen
des eingedrungenen Wassers. Probenalter: ca. 5 Monate*

Einsatz Nr.	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]
1	10	10	10	15
2	40	50	15	20
3	50	60	20	25
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 der Einsatzhäufigkeit von „Zemdrain MD“ auf die Wassereindringtiefe nach
DIN 1048 Teil 5. Probenalter: ca. 8 Monate*

Einsatz Nr.	Beton 1: w/z=0,55	Beton 2: w/z=0,45
	[cm]	[cm]
1	2,0	1,0
2	2,5	1,0
3	2,5	1,5
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 der Herstellung 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 Einsatzhäufigkeit von „Zemdrain MD“ auf die Carbonatisierungstiefe

Einsatz Nr.	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]
1	3	11	3	6
2	4	9	5	7
3	6	9	6	10

9 Zusammenfassung

Auch nach zweimaliger vorheriger Verwendung konnte auch beim dritten Einsatz der Schalungseinlage „Zemdrain MD“ bei beiden Betonzusammensetzungen mit Regelkonsistenz und w/z-Werten von 0,55 und 0,45 Oberflächen hergestellt werden, die glatt waren und nur sehr wenig Poren enthielten.

Beim Beton (1) mit einem w/z-Wert von 0,55 war die Menge des ausgetretenen Wassers beim dritten Einsatz der Schalungseinlage um 9% kleiner als beim ersten Einsatz. Nach den vorliegenden Ergebnissen wurde auch beim dritten Einsatz genügend Wasser abgeführt, um den Randbeton deutlich zu verbessern. Die mit einer Schalungseinlage hergestellten Flächen hatten alle eine wesentlich höhere Festigkeit als die entsprechenden unbehandelten Rückseiten. Auch nach 3 Einsätzen war das Wassereindringvermögen im Vergleich zu den ohne Schalungseinlage hergestellten Kontrollflächen ganz erheblich kleiner. Die Carbonatisierungstiefe betrug im Durchschnitt nur 50% gegenüber jenen Flächen bei denen keine Schalungseinlage verwendet wurde.

Obwohl die abgeführten Wassermengen bei Beton (2) mit w/z=0,45 nicht sehr groß waren, wurde die Oberflächenfestigkeit gegenüber den Kontrollflächen nach allen 3 Einsätzen der Schalungseinlage „Zemdrain MD“ deutlich - um etwa eine Festigkeitsklasse - erhöht. Das

Wassereindringvermögen änderte sich nicht nennenswert über 3 Einsätze und war in allen Fällen erheblich kleiner als bei den Kontrollflächen. Auch nach dem 3. Einsatz der Schalungseinlage wurde der Carbonatisierungsfortschritt deutlich verringert.

BAUSTOFFINSTITUT -
PRÜFAMT FÜR BITUMINÖSE BAUSTOFFE UND KUNSTSTOFFE

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

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