

## Erstarrungsverzögerer für die Waschbetonbauweise

FGSV 4/11

Forschungsstelle: Bauhaus-Universität Weimar, F. A. Finger-Institut für Baustoffkunde (Prof. Dr.-Ing. H.-M. Ludwig)

Bearbeiter: Erfurt, W. / Müller, M. / Ludwig, H.-M.

Auftraggeber: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln

Abschluss: September 2014

### 1 Einleitung

Bei warmer Witterung wird durch erhöhte Betontemperaturen die Verarbeitbarkeitsdauer von Fahrbahndeckenbeton deutlich verkürzt. Der Beton steift schneller an und der Erstarrungsbeginn setzt früher ein. Insbesondere bei längeren Transportentfernungen steht somit nur ein geringes Zeitfenster für den Betoneinbau zur Verfügung.

Die Fertigung der Betondecke wird in vielerlei Hinsicht erschwert. Das stärkere Ansteifen des Betons beeinträchtigt die Verdichtbarkeit und den Deckenschluss. Schon bei relativ kurzen Unterbrechungen des Einbaus wird auch der Anschluss mit frischem Beton problematisch. Bei der Waschbetonbauweise verkürzt sich zudem das Zeitfenster für das rechtzeitige Aufsprühen des Oberflächenverzögerers (OVZ). Ein hohes Qualitätsniveau der hergestellten Betondecke ist insgesamt schwieriger zu realisieren.

Der Einsatz von Betonverzögerern (VZ) ermöglicht hier eine Verlängerung der Verarbeitbarkeitsdauer des Fahrbahndeckenbetons, ohne zwangsläufig zu Qualitätseinbußen zu führen. Das Ansteifen des Frischbetons wird verringert und die Verarbeitungseigenschaften bei erhöhten Betontemperaturen werden verbessert. In eingeschränktem Maß können längere Transportzeiten für den Frischbeton realisiert werden.

Besonderheiten sind jedoch bei der Waschbetonbauweise zu beachten. Hier wird auf den fertig eingebauten und geglätteten Oberbeton ein Kombinationsmittel aus Oberflächenverzögerer (nicht zu verwechseln mit dem Betonverzögerer) und Nachbehandlungsmittel aufgesprüht. Das Kombimittel verzögert das Erstarren und die Anfängerhärtung des Oberflächenmörtels für eine begrenzte Zeit. Sobald der Beton ausreichend erhärtet und befahrbar ist, wird der Oberflächenmörtel ausgebürstet. Der Zeitraum für das Ausbürsten ist auf wenige Stunden begrenzt. Die Unsicherheit bei der Verwendung eines Betonverzögerers für Waschbeton liegt darin, dass die Wechselwirkungen mit dem Oberflächenverzögerer bisher ungeklärt sind. Daher wird Betonverzögerer im Rahmen dieser Bauweise nicht beziehungsweise kaum eingesetzt. Aus bautechnischer Sicht liegt das Hauptaugenmerk dabei auf dem Zeitfenster zum Ausbürsten.

Prinzipiell sollte die Verzögerungszeit aber so eingestellt werden, dass unmittelbar nach Einbau die Verzögerungswirkung weitestgehend abgeklungen ist. Damit werden auch zusätzliche Risiken hinsichtlich einer frühen Rissbildung vermieden. Voraussetzung ist allerdings ein sicheres Beherrschen der Verzögerungszeit. Weiterhin muss auch berücksichtigt werden, dass

eine verzögerte Gefügeentwicklung eventuell zu einem tieferen Eindringen des Oberflächenverzögerers führen kann.

Ein anderer Aspekt ist die Verwendung von Betonverflüssigern (BV), die eine ausgeprägte verzögernde Wirkung haben, zum Beispiel Verflüssiger auf Acrylat- oder Ligninsulfonatbasis. Hier kann bei hoher Dosierung und insbesondere bei niedrigen Temperaturen eine unbeabsichtigte Verzögerungswirkung einsetzen. Die Wechselwirkungen mit dem Oberflächenverzögerer des Waschbetons sind auch hier zu beachten.

Mit dem Forschungsthema wurde daher das Ziel verfolgt, die baupraktische Anwendung von Betonverzögerern sowie verzögernd wirkenden Verflüssigern für die Waschbetonbauweise zu ermöglichen beziehungsweise abzusichern. Das tiefergehende Verständnis für die Wirkung der Verzögerer/Verflüssiger sowie für die Wechselwirkung mit dem Oberflächenverzögerer ist die Voraussetzung, um die Bereitschaft für die Nutzung entsprechender Verzögerer/Verflüssiger zu schaffen.

### 2 Anwendung von Verzögerern und Verflüssigern im Betonstraßenbau

Verzögerer spielen im Betonstraßenbau eine untergeordnete Rolle. Dies liegt darin begründet, dass durch die Verwendung mobiler Mischanlagen in der Regel kurze Transport- und Einbauzeiten für den Fahrbahndeckenbeton realisiert werden können. Bei größeren Transportentfernungen beziehungsweise bei heißer Witterung ist der Einsatz von Verzögerern durchaus sinnvoll.

Bei Einführung der Waschbetonbauweise in Österreich zu Beginn der 1990er-Jahre wurde anfangs empfohlen, im Oberbeton einen Verzögerer einzusetzen, um ein früheres Ansteifen als beim Unterbeton zu vermeiden [1]. Eine mögliche Wechselwirkung mit dem Oberflächenverzögerer wurde dabei nicht betrachtet. In späteren Veröffentlichungen zur Waschbetonbauweise in Österreich (zum Beispiel [2]) wurde der Verzögerereinsatz nicht mehr explizit empfohlen.

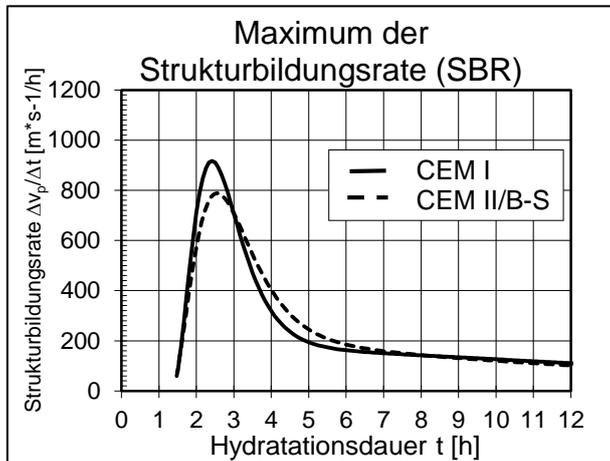
Eine weitaus breitere Anwendung im Betonstraßenbau finden Verflüssiger, wobei diese häufig nur im Oberbeton (Waschbeton) der zweischichtigen Betonfahrbahndecke eingesetzt werden. Der Oberbeton wird zumeist mit einer etwas weicheren Konsistenz eingebaut als der Unterbeton, da ein guter Deckenschluss und eine gute Verdichtung erreicht werden müssen, ohne durch zu starke Verdichtung die Ausbildung von Rüttelgassen oder eine Verschiebung der Dübel im Fugenbereich zu verursachen.

Die übliche Dosierung für Verflüssiger in Fahrbahndeckenbeton liegt bei maximal 0,50 M.-% vom Zementgehalt. Beim Handeinbau in Einzelfeldern oder für frühhochfesten Fahrbahndeckenbeton können auch deutlich höhere Dosierungen zum Einsatz kommen. Der steifere Unterbeton wird beim Einbau mit Fertiger zumeist ohne Verflüssiger hergestellt.

### 3 Versuchsprogramm

Das Versuchsprogramm gliederte sich in zwei Abschnitte. Im ersten Abschnitt wurde in Mörtelversuchen getrennt voneinander die Verzögerungswirkung von einem Betonverzögerer so-

wie von zwei verzögernden Betonverflüssigern ermittelt. Die Untersuchungen erfolgten durch eine kontinuierliche Erfassung der Gefügeveränderungen während der Mörtelerhärtung über Messungen der Impulslaufzeit (Ultraschall-P-Welle). Aus dem Verlauf der Schallgeschwindigkeit wurde die Strukturbildungsrate (Schallgeschwindigkeit/Messintervall) berechnet. Anhand der zeitlichen Verschiebung des Maximums der Strukturbildungsrate wurde die Verzögerungswirkung der Zusatzmittel beurteilt.



**Bild 1: Strukturbildungsrate**

Ergänzend wurde ebenfalls die Verschiebung des Erstarrungsbeginns nach Vicat am Mörtel bestimmt.

Die Untersuchungen erfolgten an einer Mörtelrezeptur unter Variation der Zusatzmitteldosierung, Zementart (siehe Tabelle 1) sowie der Lagerungstemperatur (10, 20 und 30 °C) der Proben. Ergänzend wurden Untersuchungen zum Ansteifen sowie zur Festigkeitsentwicklung am Mörtel durchgeführt.

**Tabelle 1: Eigenschaften der Zemente**

Ausgewählte Zementeigenschaften		CEM I 42,5 N	CEM II/B-S 32,5 R
Mahlfeinheit nach BLAINE	[cm <sup>2</sup> /g]	3.730	4.160
Wasseranspruch	[%]	25,0	25,5
Erstarrungsbeginn	[min]	130	135
2 Tage-Druckfestigkeit	[N/mm <sup>2</sup> ]	27,8	23,3
7 Tage-Druckfestigkeit	[N/mm <sup>2</sup> ]	46,7	36,0
28 Tage-Druckfestigkeit	[N/mm <sup>2</sup> ]	57,3	50,3
Na <sub>2</sub> O-Äquivalent*	[M.-%]	0,51	0,57
Hüttensandgehalt*	[M.-%]	0	28

### 3.1 Ausgangsstoffe

Für die Untersuchungen am Mörtel und Beton wurden ein CEM I 42,5 N und ein CEM II/B-S 32,5 R ausgewählt, die in der Vergangenheit mehrfach für den Bau von Betonfahrbahndecken eingesetzt wurden. Beide Zemente stammen aus einem Werk. Die Zemente basieren auf demselben Klinker und unterscheiden sich in ihrem Hüttensandgehalt. Die verwendeten Zemente und ihre Kennwerte sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Für die Waschbetonrezeptur mit einem Größtkorn von 8 mm wurden zwei Korngruppen verwendet. Als feine Gesteinskör-

nung wurde ein Quarzsand 0/2, als grobe Gesteinskörnung ein Diabas-Edelsplitt der Korngruppe 5/8 eingesetzt.

Im zweiten Abschnitt wurden getrennt voneinander die Wechselwirkung zwischen dem Betonverzögerer und den verzögernden Verflüssigern mit zwei verschiedenen Kombinationsmitteln am Waschbeton untersucht. Fokus der Betonuntersuchungen lag auf den Frischbetoneigenschaften (Luftporenstabilität, Ansteifen), dem Ausbürstverhalten, der Festigkeitsentwicklung und auf dem Frost-Tausalz-Widerstand. Die Untersuchungen erfolgten bei einer Lagerungstemperatur von 20 °C. Ausgewählte Varianten wurden ebenfalls bei 30 °C Lagerungs- und Betontemperatur abgeprüft.



**Bild 2: Ausbürstvorrichtung [3]**

Für die Bestimmung des Ausbürstverhaltens wurde eine Prüfvorrichtung verwendet, welche es ermöglicht, den Vorgang des Ausbürstens mit einer reproduzierbaren Beanspruchung auszuführen.

In Tabelle 2 sind die wesentlichen Daten zu den verwendeten Betonzusatzmitteln, zum Nachbehandlungsmittel sowie zu den Kombinationsmitteln aufgeführt. Die Produkte, ausgenommen das Kombinationsmittel OVZ-2, stammen von einem Hersteller.

3.2 Mörtel

Die Ausgangsrezeptur für die Mörtelversuche war Normmörtel gemäß DIN EN 196-1. Abweichend davon wurde jedoch der Wasser-Zement-Wert (w/z-Wert) auf 0,44 reduziert, um einen mit Fahrbahndeckenbeton vergleichbaren w/z-Wert zu erzielen.

Der Verzögerer wurde in einer Dosierung von 0,25 und 0,50 M.-% vom Zementgehalt eingesetzt, die Verflüssiger mit einer Dosierung von 0,50 und 1,00 M.-%. Die Maximaldosierung der Zusatzmittel wurde im Vorfeld so gewählt, dass eine Verzögerungszeit von ca. 1 h bei Lagerung in 20 °C zu erwarten war. Daraus ergab sich für die Verflüssiger eine höhere maximale Zugabemenge als im Betonstraßenbau üblich. Von baupraktisch größerer Relevanz ist die hier ebenfalls geprüfte Dosierung von 0,50 M.-%.

Tabelle 2: Betonzusatz- und Nachbehandlungsmittel

Produkt	Art	Anmerkungen
Luftporenbildner	Synthetisches Luftporenbildnerkonzentrat gemäß DIN EN 934-2	-
Betonverzögerer	Verzögerer gemäß DIN EN 934-2	Abkürzung (VZ)
Fließmittel Acrylat	Fließmittel gemäß DIN EN 934-2	Abkürzung (Acr.)
Betonverflüssiger Ligninsulfonat	Betonverflüssiger gemäß DIN EN 934-2	Abkürzung (Lig.)
Kombinationsmittel (OVZ-1)	Kombinationsmittel Typ AH gemäß TL NBM-StB 09	Aufsprühmenge 200 g/m <sup>2</sup>
Kombinationsmittel (OVZ-2)	Kombinationsmittel Typ AH gemäß TL NBM-StB 09	Aufsprühmenge 200 g/m <sup>2</sup>
Nachbehandlungsmittel	Wachsdispersion Typ VM gemäß TL NBM-StB 09	Aufsprühmenge 150 g/m <sup>2</sup>

3.3 Waschbeton

Die Untersuchungen am Beton erfolgten an typischen Waschbetonrezepturen mit 420 kg Zement pro m<sup>3</sup> Beton, einem w/z-Wert von ca. 0,42 sowie einem Größtkorn von 8 mm mit einer Ausfallkörnung 2/5 mm.

Für alle Rezepturen wurde ein Zielluftporengehalt von 5,5 bis 6,5 Vol.-% festgelegt. Bei Verwendung der Betonverflüssiger wurde die Wasserzugabe reduziert, um eine zu weiche Konsistenz des Frischbetons zu vermeiden. Als Grenzkonsistenz wurde hier der obere Bereich der Konsistenzklasse C1 mit einem Verdichtungsmaß von 1,26 gewählt.

4 Ergebnisse der Mörteluntersuchungen

Die Verzögerungswirkung des Verzögerers in Abhängigkeit von Zementart und Lagerungstemperatur ist in Bild 3 als Verschiebung des Maximums der Strukturbildungsrate dargestellt.

Der Verzögerer zeigte ein sehr robustes Verzögerungsverhalten im wichtigen Temperaturbereich von 20-30 °C. Temperaturschwankungen beeinflussten hier die Verzögerungswirkung kaum. Für die angestrebten Verzögerungszeiten von einer

halben bis eine Stunde waren Dosierungen von ca. 0,25 bis 0,50 M.-% vom Zementgehalt notwendig.

Bei einem Absinken der Betontemperatur unter 20 °C erhöhte sich die Verzögerungswirkung. Bei einer starken Abkühlung empfiehlt es sich daher, die Verzögererzugabe zu reduzieren beziehungsweise auf den Verzögerer zu verzichten, um eine übermäßige Verzögerung zu vermeiden.

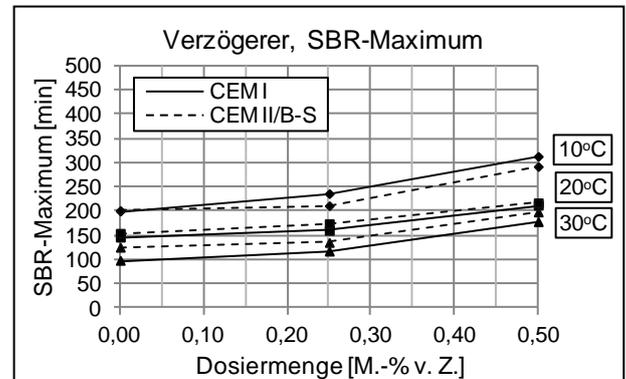


Bild 3: Zeitpunkt des SBR-Maximums in Abhängigkeit von VZ-Dosierung und Temperatur

Die anfängliche Verzögerung wirkte sich nicht nur auf die Verarbeitbarkeitsdauer und auf das Erstarren aus, sondern beeinflusste bei einer Verzögererzugabe von 0,50 M.-% auch die Festigkeitsentwicklung geringfügig bis zu einem Probenalter von 24 Stunden. Ab einem Prüfalter von zwei Tagen wurde keine Verringerung der Festigkeit bei 20 °C beobachtet.

Für die untersuchten Verflüssiger konnte festgestellt werden, dass im relevanten Temperaturbereich von 20 bis 30 °C bei der üblichen Dosierung von maximal 0,50 M.-% vom Zementgehalt nur sehr geringe Verzögerungen auftraten, die eine halbe Stunde nicht überschritten. Bei Temperaturen unter 20 °C ist mit einer überproportional stärkeren Verzögerungswirkung zu rechnen, insbesondere bei Verwendung des Ligninsulfonats mit einer Zugabe größer 0,50 M.-%.

Bei einer Dosierung von 1,0 M.-% war auch bei den Verflüssigern eine verlangsamte Festigkeitsentwicklung der Mörtelprismen nach 12 und 24 Stunden nachweisbar. Auch hier konnte dieser Effekt beim Ligninsulfonat verstärkt beobachtet werden. Ab einem Prüfalter von zwei Tagen wurde keine Verringerung der Festigkeit bei 20 °C beobachtet.

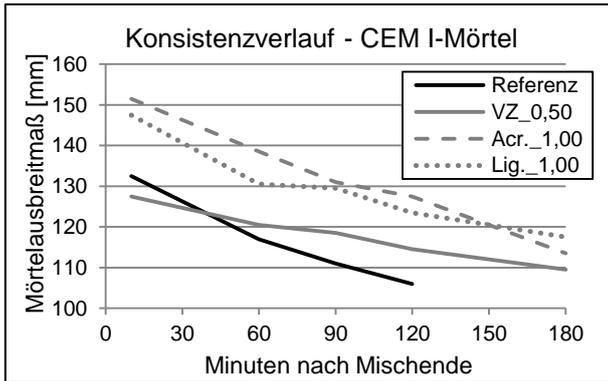
In ihren Auswirkungen auf die Verarbeitbarkeit des Mörtels unterschieden sich Verzögerer und Verflüssiger ebenfalls deutlich. Im Mörtel führte der Einsatz des Verzögerers zu einer deutlichen Verringerung des Ansteifens über einen Zeitraum von zwei Stunden, ohne die Ausgangskonsistenz zu beeinflussen (vgl. Bild 4).

Die Mörtel mit Verflüssiger steiften in etwa genauso stark zurück wie der Referenzmörtel. Aufgrund der weicheren Ausgangskonsistenz lag das Ausbreitmaß der Mörtel mit Verflüssiger zwei Stunden nach Mischende nur geringfügig unter der Ausgangskonsistenz des Referenzmörtels (vgl. Bild 4).

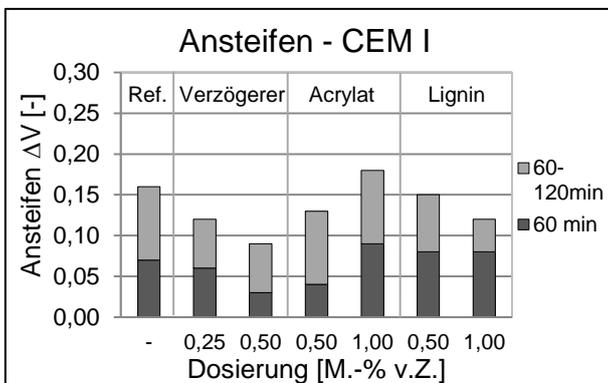
## 4.1 Beton

### 4.1.1 Verarbeitbarkeit

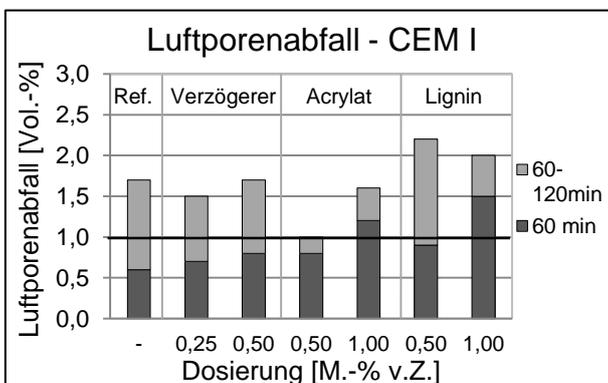
Eine Verbesserung der Konsistenzhaltung bei Verzögerereinsatz konnte ebenfalls in den Betonversuchen festgestellt werden. Die Verflüssiger beeinflussten das Ansteifen des Betons sehr unterschiedlich (vgl. Bild 5). Es konnte keine eindeutige Tendenz festgestellt werden. Ursache dafür ist vermutlich die zumeist verringerte Luftporenstabilität bei Verflüssigereinsatz (vgl. Bild 6), da der Luftgehaltsabfall zu einem Konsistenzrückgang führt, welcher einem verringerten Ansteifen entgegenwirkt.



**Bild 4:** Konsistenzverlauf der Mörtel auf CEM I-Basis (VZ = Verzögerer, Acr. = Acrylat-BV, Lig. = Ligninsulfonat, Zahlenangabe = Zugabe in M.-% vom Zement)



**Bild 5:** Ansteifen des Betons – Rezepturen mit CEM I



**Bild 6:** Luftporenabfall des Betons – Rezepturen mit CEM I

### 4.1.2 Luftporenstabilität

Die Luftporenstabilität wurde durch den Verzögerer etwas verringert. Der Luftporenabfall bis zu einem Zeitraum von einer Stunde nach Mischende betrug jedoch maximal 1 Vol.-% und bewegte sich damit im günstigen Bereich (vgl. Bild 6).

Die Luftporenstabilität wurde durch die Verflüssiger mit steigender Zugabemenge verschlechtert.

### 4.1.3 Ausbüstverhalten

Hinsichtlich des Ausbüstverhaltens war eine wichtige Fragestellung, ob der durch ein Kombinationsmittel stark verzögerte Oberflächenmörtel zusätzlich verzögert wird, wenn ein Verzögerer oder Verflüssiger im Beton eingesetzt wird. Ziel der Untersuchungen war es, das Zeitfenster zu bestimmen, welches für das Ausbusten des Oberflächenmörtels zur Verfügung steht.

Kriterium für den Beginn des Zeitfensters war, dass der Beton ohne Kornausbrüche und ohne Verschmieren ausgebüstet werden konnte. Das Ende des Zeitfensters war erreicht, wenn der Beton nicht mehr ohne Fehlstellen ausgebüstet werden konnte beziehungsweise eine mittlere Texturtiefe von 0,6 mm unterschritten wurde.

In Abhängigkeit von der Verzögerung des Betons trat ebenfalls eine zeitliche Verschiebung des Ausbüstbeginns ein, wobei diese Verschiebung in der Regel eine Stunde nicht überschritt. Eine Ausnahme stellt die hohe Ligninsulfonatdosierung dar, die zu einer überproportionalen Verzögerung führte. Das weitere Ausbüstverhalten wurde sehr stark von dem verwendeten Kombinationsmittel beeinflusst.

Bei Verwendung des Kombinationsmittels OVZ-1 wurde das Zeitfenster zum Ausbusten nicht oder nur geringfügig verkürzt. Das Ausbüstende wurde zumeist im gleichen Maße zeitlich verschoben wie der Ausbüstbeginn.

Mit dem Kombinationsmittel OVZ-2 trat in einigen Fällen eine Verkürzung des Zeitfensters zum Ausbusten ein, in Einzelfällen bis hin zum völligen Verlust der Ausbüstbarkeit.

Weiterhin wurde unabhängig von dem Kombinationsmittel eine Erhöhung der mittleren Texturtiefe des Waschbetons bei den Rezepturen mit hoher Verflüssigerdosierung sowie zum Teil auch bei Verwendung der Verzögerer festgestellt.

### 4.1.4 Druckfestigkeitsentwicklung

Bei der Prüfung im Alter von zwei Tagen wurde bei keiner Rezeptur eine Verringerung der Druckfestigkeit im Vergleich zur Referenz festgestellt. Die Festigkeiten der Mischungen mit Verzögerer/Verflüssiger lagen im späteren Prüfalter zumeist oberhalb der Referenz.

### 4.1.5 Frost-Tausalz-Widerstand

Der Einfluss der verschiedenen Zusatzmittel auf den Frost-Tausalz-Widerstand wurde an Waschbetonoberflächen bestimmt, um mögliche negative Einflüsse der Verzögerung zu

erfassen. Die Waschbetonoberflächen wurden praxiskonform mit Nachbehandlungsmittel nachbehandelt.

Ergänzend wurde der Frost-Tausalz-Widerstand der Referenzmischungen an teflongeschalteten Seitenflächen geprüft. Die Abwitterungsmengen nach 28 Frost-Tau-Wechseln betragen hier 118 g/m<sup>2</sup> für die CEM I- und 462 g/m<sup>2</sup> für die CEM II/B-S-Rezeptur.

Die Abwitterungsmengen am Waschbeton bewegten sich in einer Größenordnung von ca. 350 bis 900 g/m<sup>2</sup> (vgl. Bild 7). Es sind keine übergeordneten Zusammenhänge zwischen Frost-Tausalz-Widerstand und Zementart, Oberflächenverzögerer und Zusatzmittel erkennbar. Im Detail können jedoch einige Tendenzen abgeleitet werden.

Der Frost-Tausalz-Widerstand der Referenzmischungen mit CEM I war deutlich höher als der Widerstand der Referenzmischungen mit CEM II/B-S. Die Abwitterungen beider Betone liegen deutlich unterhalb des Kriteriums von 1 500 g/m<sup>2</sup>, sodass beide Betone einen guten Frost-Tausalz-Widerstand aufwiesen.

Der Einsatz des Betonverzögerers verursachte unabhängig von der Zementart keine signifikante Änderung des Frost-Tausalz-Widerstands der Waschbetonoberfläche im Vergleich zur Referenzmischung.

Innerhalb der CEM II/B-S-Rezeptur führte die Verwendung von Verflüssiger zu einer Halbierung der Abwitterungsmenge. Dieser Effekt könnte auf die Reduzierung des w/z-Werts zurückzuführen sein.

Innerhalb der CEM I-Rezeptur wiesen die Rezepturen mit Verflüssiger keinen höheren Frost-Tausalz-Widerstand als die Referenzmischung auf. Teilweise trat eine Verschlechterung auf. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass der Frost-Tausalz-Widerstand der Referenzrezeptur hier deutlich höher war. Die unterschiedlichen Oberflächenverzögerer beeinflussten die Ergebnisse nicht.

Fazit der Untersuchungen ist, dass die Verwendung der verzögernden Zusatzmittel überwiegend keine Verschlechterung des Frost-Tausalz-Widerstands des Waschbetons verursachte.

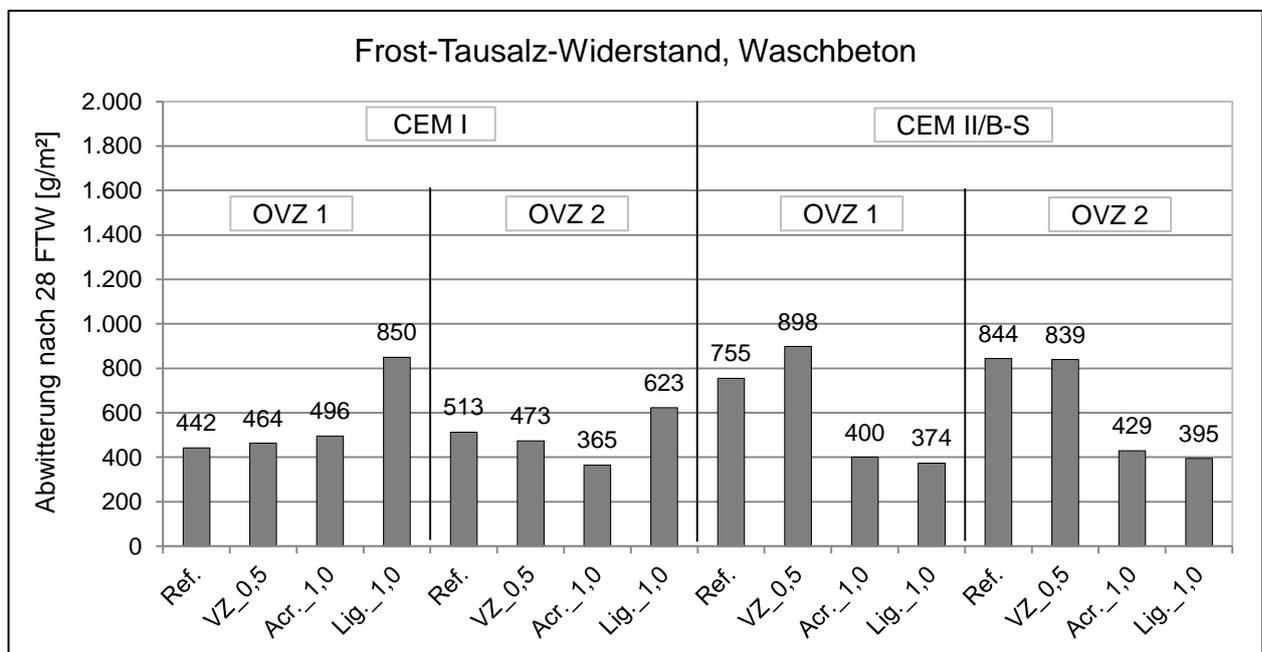


Bild 7: Frost-Tausalz-Widerstand der Waschbetonoberflächen

4.1.6 Wirksamkeit bei 30 °C-Lagerung

Ergänzend zu den Versuchen bei 20 °C-Lagerung wurden ausgewählte Varianten ebenfalls bei 30 °C abgeprüft, um die Einflüsse der Verzögerer/Verflüssiger bei höheren Temperaturen zu bestimmen.

Das Ansteifen des Betons konnte durch den Verzögerer deutlich verringert werden, insbesondere für den Zeitraum von ein bis zwei Stunden. Der Beton mit dem Acrylatverflüssiger zeigte ein ähnliches Ansteifen wie der Referenzbeton. Das Ligninsulfonat führte zu einer deutlichen Verschlechterung der Konsistenzhaltung.

Erwartungsgemäß verschoben sich die Zeitfenster zum Ausbürsten im Vergleich zu den vorangegangenen Versuchen bei 20 °C deutlich hin zu früheren Zeitpunkten. Die Verwendung

von Verzögerer/Verflüssiger führte durchweg zu höheren mittleren Texturtiefen.

Die Dauer des Zeitraums zum Ausbürsten (OVZ-1) betrug für alle Rezepturen 1,5 Stunden. Der Verzögerer verursachte eine Verschiebung des Zeitfensters hin zu späteren Zeiten um 1,25 Stunden. Das Ligninsulfonat verursachte lediglich eine Verschiebung um 0,5 Stunden.

5 Zusammenfassung

Die Verwendung verzögernder Zusatzmittel ist auch beim Waschbeton geeignet, um eine bessere beziehungsweise längere Verarbeitbarkeit des Betons bei erhöhten Temperaturen zu erreichen. Dabei muss jedoch zwingend darauf geachtet werden, dass das System Beton – Kombinationsmittel ausreichend robust ist, sodass das Ausbürstverhalten nicht beeinträchtigt wird.

Soll eine Verlängerung des Bearbeitungszeitraums erreicht werden, so ist vorzugsweise ein Betonverzögerer (zum Beispiel Phosphat) einzusetzen. Verflüssiger sollten dagegen vorrangig entsprechend ihrer eigentlichen Funktion eingesetzt werden, um eine weichere Konsistenz ohne eine Erhöhung des w/z-Werts zu erreichen. Eine geringfügige Beeinträchtigung der Luftporenstabilität kann auftreten.

Bei Verwendung einer praxisüblichen Dosierung der Verzögerer und Verflüssiger bis 0,50 M.-% ist keine relevante Verschlechterung des Frost-Tausalz-Widerstands der Waschbetonoberfläche zu erwarten.

### 6 Empfehlungen für die Praxis

Bei der baupraktischen Verwendung von Verzögerer (oder gegebenenfalls hohen Verflüssigerdosierungen) für Fahrbahndeckenbeton mit Waschbetontextur wird empfohlen, die folgenden Eigenschaften im Vorfeld einer Baumaßnahme zu bestimmen:

1. Verzögerungswirkung
2. Verarbeitungseigenschaften
3. Ausbüstverhalten der projektspezifischen Kombination von Beton und Kombinationsmittel

#### 6.1 Verzögerungswirkung

Die Verzögerungswirkung sollte am Mörtel bestimmt werden. Als einfaches und genormtes Verfahren bietet sich hier die Bestimmung der Erstarrungszeiten nach Vicat analog DIN EN 480-1 und DIN EN 480-2 an. Wenn kontinuierliche Informationen zur Hydratationskinetik erfasst werden sollen, so kann dies durch Messungen der Impulslaufzeit mittels Ultraschall erfolgen. Insofern Erfahrungen mit alternativen Messverfahren vorliegen (zum Beispiel elektrische Leitfähigkeit), so können auch diese verwendet werden.

Die Verzögerungswirkung sollte für den angestrebten Temperaturbereich (in der Regel 20 bis 30 °C) bestimmt werden. Verzögerungszeiten von über einer Stunde bei 20 °C sollten vermieden werden.

Ergänzend sollte die Druckfestigkeit der Mörtel bei 20 °C nach 12 und 24 Stunden, sowie gegebenenfalls zu weiteren Prüfzeitpunkten, bestimmt werden.

#### 6.2 Verarbeitungseigenschaften

Die Wirkung des Verzögerers auf das Ansteifen und die Luftporenstabilität des Frischbetons im angestrebten Temperaturbereich ist im Rahmen der Betonerstprüfung zu bestimmen. Dafür sollten der Frischbetonluftgehalt und das Verdichtungsmaß zum Beispiel 10, 60 und 120 Minuten nach Mischende geprüft werden. Die Untersuchungen sollten das geplante Zeitfenster für den Einbau abbilden.

#### 6.3 Ausbüstverhalten

Das Ausbüstverhalten ist an der projektspezifischen Kombination von Beton und Kombinationsmittel zu überprüfen. Im ersten

Schritt sollte das ungefähre Ausbüstzeitfenster von Waschbetonplatten im Labor überprüft werden, um auffällige Beeinträchtigungen des Ausbüstverhaltens schon im Rahmen der Erstprüfung zu erkennen.

Zusätzlich sollte vor Baubeginn das Ausbüstverhalten an einem Probefeld unter realistischen Einbaubedingungen überprüft werden.

### 7 Literatur

- [1] Sommer, H. (1993): Lärmindernde Betonoberflächen. Straßenforschung, 415
- [2] Sommer, H. (1997): Optimierung der lärmindernden Waschbetonoberfläche. Straßenforschung, 447
- [3] Ludwig, H.-M.; Ehrhardt, D. (2013): Prüfung der Kombinationsmittel zur Herstellung von Waschbetonoberflächen. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Nr. 1090