

## Optimierung von Waschbeton im Betonstraßenbau

FA 8.185

Forschungsstelle: Technische Universität München, Lehrstuhl für Baustoffkunde und Werkstoffprüfung (Prof. Dr.-Ing. P. Schießl)

Bearbeiter: Schießl, P. / Lowke, D. / Wenzl, P. / Skarabis, J.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn

Abschluss: Mai 2008

### 1 Aufgabenstellung

Die Oberflächen von Fahrbahndecken aus Beton sollen während der Nutzungsdauer eine ausreichende Griffigkeit und eine geringe Lärmemission infolge des Reifen/Fahrbahngeräuschs aufweisen. Diese Eigenschaften werden maßgeblich von der Gestalt der Oberfläche beeinflusst. Neben dem in der Vergangenheit üblichen Texturieren des frischen Oberflächenmörtels mit unterschiedlichen Werkzeugen ist das Herstellen einer Waschbetonoberfläche durch gezieltes Entfernen des Oberflächenmörtels eine Bauweise, die beispielsweise in Österreich seit Anfang der 1990er Jahre mit Erfolg eingesetzt wird und sich im Hinblick auf das Griffigkeits- und Lärmverhalten als günstig erwiesen hat. Bisher fehlte jedoch die Kenntnis von betontechnologischen Einflüssen auf die Waschbetonoberfläche. Ziel des Forschungsvorhabens war, die Auswirkungen verschiedener betontechnologischer Parameter auf die Waschbetonoberfläche zu erfassen. Hierbei sollte der Waschbeton die geforderte mittlere Oberflächentexturtiefe von rund 0,8 mm und eine möglichst hohe Anzahl grober Gesteinskörner an der Oberfläche aufweisen.

### 2 Untersuchungsmethodik und -ergebnisse

Für die Untersuchungen kamen Rezepturen und Ausgangsstoffe zweier bereits in der Praxis verwendeter Waschbetone zum Einsatz. Diese unterschieden sich in erster Linie in der Sieblinie. Eine Sieblinie hatte eine Ausfallkörnung, die andere war stetig. Die Sieblinie mit Ausfallkörnung bestand aus einem Sand 0/2 und einem Granitsplitt 5/8. Die stetige Sieblinie setzte sich aus einem Sand 0/2 und aus zwei Edelsplitten (2/5 und 5/8) zusammen. Der Zementgehalt des Betons mit Ausfallkörnung betrug  $430 \text{ kg/m}^3$  mit einem Wasserzementwert von 0,40. Beim Beton mit stetiger Sieblinie betrug der Zementgehalt  $415 \text{ kg/m}^3$  mit einem Wasserzementwert von 0,44. Anhand von Frisch- und Festbetonenndaten, die während des Baus der Waschbetonstrecken vom cbm der TU München bestimmt wurden, war ein Bezug der im Labor hergestellten Betone zur Praxis möglich.

Zunächst bestand die Aufgabe darin, praxisnah und reproduzierbar Waschbeton im Labor herzustellen. Dazu wurden anhand der Rezeptur mit Ausfallkörnung Probekörper im Labor so hergestellt, dass die Oberflächeneigenschaften mit denen der Praxiswerte vergleichbar waren. Die Laborversuche ergaben:

- Das Befüllen der Schalung, die Verdichtungsdauer, die Verdichtungsfrequenz und die Probekörperhöhe haben einen signifikanten Einfluss auf die Waschbetonoberfläche.
- Als günstig erwiesen sich Schalungen der Abmessungen  $l \times b \times h = 300 \times 300 \times 50 \text{ mm}^3$ . Diese sollten einlagig befüllt werden, wobei der eingefüllte

Beton vor der Verdichtung mit einem Reibbrett anzudrücken ist. Während der Verdichtung sollte kein weiteres Befüllen stattfinden, da dies zu einer inhomogenen Oberfläche führen kann. Für die Verdichtung kann ein Rütteltisch mit einer Frequenz von 50 Hz (Schwingbreite = 0,4 mm) verwendet werden.

- Die Verdichtungsdauer liegt je nach Verdichtungsmaß zwischen 30 und 45 Sekunden.
- Zur Ausrichtung der Splittkörner erwies sich ein zweimaliges Glätten mit einer Glättkelle bei leichtem Anpressdruck als geeignet. Der sich beim Glätten an einer Seite ansammelnde Oberflächenmörtel ist anschließend mit der Glättkelle auf der Oberfläche zu verteilen.

In den anschließenden Versuchen wurden die Einflüsse des Zementgehalts, des Fließmittels und der Gesteinskörnung auf die Waschbetonoberfläche untersucht. Zusätzlich wurden Untersuchungen zu äußeren Einflüssen, wie der Wahl des Verzögerers bzw. Entaktivierers, des Ausbüstzeitpunkts, des Ausbüstwerkzeugs und der Lagerungsbedingungen durchgeführt. Die Untersuchungen erfolgten am Beton mit Ausfallkörnung.

Bei Zementgehalten von  $350$  bzw.  $400 \text{ kg/m}^3$  und gleichzeitig erhöhten Sand- und Grobkorngehalten lagen keine ausreichenden Frischbetoneigenschaften (Verarbeitbarkeit und Oberflächenschluss des Mörtels) vor. Insbesondere eine Erhöhung des Grobkorngehalts auf  $500 \text{ l/m}^3$  führte zum Teil (abhängig vom verwendeten Sand) durch eine steifere Konsistenz und einen nicht mehr vorhandenen Oberflächenschluss zu einer Verschlechterung der Verarbeitbarkeit. Bei einem Zementgehalt von  $430 \text{ kg/m}^3$  konnten unabhängig vom Grobkorngehalt gute Frischbetoneigenschaften erreicht werden, die Waschbetonoberfläche war homogen und wies die geforderte mittlere Oberflächentexturtiefe auf. Durch Erhöhung des Fließmittelgehalts beim grobkornreichen Beton konnten infolge der weicheren Konsistenz sowohl die Verarbeitbarkeit als auch die Eigenschaften der Waschbetonoberfläche verbessert werden.

Aus den Untersuchungen zu den äußeren Einflüssen auf die Waschbetonoberfläche ging hervor, dass durch verschiedene Verzögerer bzw. Entaktivierer unterschiedliche mittlere Oberflächentexturtiefen erzielt wurden, wobei der geringste Wert 0,7 und der höchste 1,0 mm betragen. Im Hinblick auf den Einfluss des Ausbüstzeitpunkts wurden drei Probekörper bei  $20 \text{ °C} / 65 \text{ \% r. F.}$  gelagert und nach 16, 20 und 24 Stunden ausgebürstet. Zu allen Zeitpunkten waren die mittleren Oberflächentexturtiefen vergleichbar. Ein signifikanter Einfluss auf die mittlere Oberflächentexturtiefe wurde bei unterschiedlichen Ausbüstwerkzeugen festgestellt. Bei Verwendung einer Drahtbürste lag der Wert um rund 0,3 mm über dem bei Verwendung einer Wurzelbürste. Der Einfluss der Lagerungsbedingungen wurde anhand folgender drei Lagerungsarten untersucht:  $20 \text{ °C} / 65 \text{ \% r. F.}$ ,  $30 \text{ °C} / 40 \text{ \% r. F.}$ ,  $30 \text{ °C} / 40 \text{ \% r. F.}$  mit Windbeanspruchung (1 m/s). Das Ausbürsten erfolgte nach 10, 12 und 16 Stunden. Auswirkungen auf die mittlere Oberflächentexturtiefe wurden nicht festgestellt.

Im Rahmen der Untersuchungen zum Einfluss der Gesteinskörnung auf die Frisch- und Festbetoneigenschaften wurde die Packungsdichte der groben Gesteinskörnung beider Praxisbetone nach dem Verfahren von de Larrard optimiert. Ziel der Optimierung war, die Anzahl grober Gesteinskörner an der Waschbetonoberfläche zu erhöhen. Die Oberflächen der optimierten Betone wurden anschließend mit

denen der Referenzbetone verglichen. Bei dem mit Ausfallkörnung hergestellten Beton erfolgte eine Erhöhung der Packungsdichte durch Erhöhung des Anteils der Grobfraction 5/8 von 70 auf 77 Vol.-%, was einem Gehalt von  $485 \text{ l/m}^3$  entspricht. Der Sandgehalt wurde entsprechend von 30 auf 23 Vol.-% gesenkt. Dies entspricht einem Gehalt von  $145 \text{ l/m}^3$ . Die Erhöhung des Grobkorngehalts bewirkte eine Zunahme der Anzahl grober Gesteinskörner an der Oberfläche von im Mittel 48,5 auf 53 pro  $25 \text{ cm}^2$ , was rund 9 % entspricht. Die mittlere Oberflächentexturtiefe des optimierten Betons war im Vergleich zum Referenzbeton mit rund 1,0 mm in etwa gleich. Bei dem mit stetiger Sieblinie hergestellten Beton erfolgte eine Erhöhung der Packungsdichte durch Erhöhung des Anteils der Grobfraction 2/5 von 32,0 auf 41,3 Vol.-% und durch Verringerung des Anteils der zweiten Grobfraction 5/8 von 37,0 auf 35,7 Vol.-%. Der Sandgehalt wurde von 31 auf ebenfalls 23 Vol.-% gesenkt. Für diesen Beton wurde keine Veränderung der Waschbetonoberfläche festgestellt. Die Anzahl grober Gesteinskörner und die mittlere Oberflächentexturtiefe des optimierten Betons waren mit den entsprechenden Werten des Referenzbetons vergleichbar.

Für den mit Ausfallkörnung hergestellten Beton wurde zusätzlich zur Beurteilung der Waschbetonoberfläche die Druck- und Biegezugfestigkeit (28 d) des optimierten Betons dem Referenzbeton gegenübergestellt. Ebenso wurde die Oberflächendauerhaftigkeit beider Betone durch Ermittlung der Frost-Tausalzbeständigkeit, einer Prüfung der Griffigkeit nach *W e h n e r / S c h u l z e* sowie durch eine Beanspruchung durch den am cbm der TU München entwickelten kombinierten Laborbeanspruchungszyklus für Straßenbetone bewertet. Der Laborbeanspruchungszyklus stellt eine Kombination aus lösendem Angriff (pH 4,5), mechanischer Beanspruchung (Prallabrieb) und Frost-Tausalzbeanspruchung (CDF-nahes Verfahren) dar. Die Druckfestigkeit des optimierten Betons war mit  $38 \text{ N/mm}^2$  um  $5 \text{ N/mm}^2$  geringer als die des Referenzbetons. Ebenso war die Biegezugfestigkeit des optimierten Betons mit  $6,0 \text{ N/mm}^2$  geringer als die des Referenzbetons ( $6,5 \text{ N/mm}^2$ ). Die Frost-Tausalzbeständigkeit, die Griffigkeit und die Oberflächendauerhaftigkeit im Rahmen der Zyklusbeanspruchungen waren bei beiden Betonen vergleichbar.

### 3 Folgerungen für die Praxis

Zur Verbesserung der Festbetoneigenschaften, wie der Festigkeit bzw. der Oberflächendauerhaftigkeit, könnte in weiteren Untersuchungen eine Mörteloptimierung erfolgen, indem beispielsweise die Zementart, die Sieblinie bzw. die petrografische Zusammensetzung des Sands und die Wahl der Zusatzmittel variiert werden.

Zusätzlich zum optimierten Waschbeton und Referenzwaschbeton mit Ausfallkörnung wurden für die optimierte Rezeptur Probekörper hergestellt, die mit einem Jutetuchlängsstrich texturiert wurden. Für diesen Beton wurde die Oberflächendauerhaftigkeit anhand einer Frost-Tausalzprüfung und der kombinierten Laborbeanspruchung im Vergleich zu den Waschbetonen bewertet. Der jutetuchtexturierte Beton wies bei den untersuchten Festbetoneigenschaften, insbesondere bei der Frost-Tausalzprüfung, schlechtere Eigenschaften als die Waschbetone auf. Die Ursache der geringen Frost-Tausalzbeständigkeit konnte nicht geklärt werden.