

Nachbehandlung von Waschbetonoberflächen

FA 8.194

Forschungsstelle: Technische Universität München, Centrum Baustoffe und Materialprüfung (Prof. Dr.-Ing. C. Gehlen)

Bearbeiter: Lowke, D. / Skarabis, J.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn

Abschluss: Juli 2010

1 Aufgabenstellung

Beim Bau von Betonfahrbahndecken wird in Deutschland seit einigen Jahren bevorzugt als Oberbeton Waschbeton eingesetzt. Waschbetonfahrbahndecken zeichnen sich durch eine dauerhaft hohe Griffigkeit und eine geringe Geräuschemission aus. Zur Sicherstellung einer hohen Dauerhaftigkeit gegenüber den Einwirkungen aus Verkehr und Umwelt ist die Nachbehandlung der Betonfahrbahndecken von besonderer Bedeutung. Bei Waschbetonfahrbahndecken werden im Hinblick auf den Verdunstungsschutz des jungen Betons zwei Nachbehandlungsgänge unterschieden. Die erste Nachbehandlung erfolgt im Anschluss an den Betoneinbau, indem auf die Oberfläche in der Regel ein Kombinationsmittel, das aus einem Verzögerer und einer Nachbehandlungskomponente besteht, aufgesprüht wird. Je nach Witterung und Betonrezeptur wird der Oberflächenmörtel nach 8 bis 24 Stunden ausgebürstet und auf diese Weise das Grobkorngerüst freigelegt.

In diesem Zusammenhang fehlen Kenntnisse über den Einfluss dieser Nachbehandlung auf die sich nach dem Ausbürsten ergebende Oberflächengestalt, wie mittlere Oberflächentexturtiefe und Profilsitzenanzahl, sowie auf die Festigkeits- und Dauerhaftigkeitseigenschaften des Waschbetons. Nach dem Ausbürsten erfolgt die zweite Nachbehandlung, indem beispielsweise ein Nachbehandlungsmittel auf die Oberfläche gesprüht wird. Hier ist ungeklärt, welchen Einfluss diese Nachbehandlung auf die Festigkeits- und Dauerhaftigkeitseigenschaften des Waschbetons hat. Für die Untersuchungen wurde eine praxisübliche Waschbetonrezeptur mit Ausfallkörnung verwendet. Als Zemente kamen ein CEM I 42,5 N und ein CEM III/A 42,5 N zum Einsatz. Das Ausbürsten des Betons erfolgte mit einer Drahtbürste.

2 Untersuchungsmethodik und -ergebnisse

Zur Untersuchung des Einflusses der ersten Nachbehandlung wurden Waschbetonplatten hergestellt und unterschiedlich nachbehandelt. Als Referenz diente dabei ein nicht nachbehandelter Beton. Die weiteren Nachbehandlungsvarianten bestanden im Auftragen eines Kombinationsmittels (250 g/m²) und im Abdecken der Probekörperschalung mit einer Glasplatte.

Dies simulierte das Abdecken mit Folie in der Praxis. Anschließend lagerten die Betone bei 20 °C / 65 % rel. F. Bis zum Ausbürsten wurde die Wasserabgabe der Betone infolge Verdunstung dokumentiert. Nach dem Ausbürsten erfolgte die zweite Nachbehandlung, die für alle Betone identisch war (200 g/m² Nachbehandlungsmittel und Lagerung bei 20 °C / 65 % rel. F.). An den ausgebürsteten Oberflächen wurden die mittlere Oberflächentexturtiefe und die Profilsitzenanzahl bestimmt. Hier zeigte sich kein Einfluss der Nachbehandlung auf die mittlere Oberflächentexturtiefe. Eine tendenziell höhere Anzahl Profilsitzen wurde mit zunehmender Nachbehandlungsgüte festgestellt.

Dies könnte damit begründet sein, dass beim Ausbürsten durch die mechanische Beanspruchung mit der Drahtbürste beim schlechter nachbehandelten Beton aufgrund der geringeren Mörtelgüte mehr Gesteinskörner aus der Matrix herausgebürstet wurden. Die Prüfung der Festbeton- bzw. Dauerhaftigkeitseigenschaften der Betone erfolgte ab einem Alter von 28 Tagen. Zur Beurteilung der Gefügedichtigkeit wurde beim CEM-I-Beton die kapillare Wasseraufnahme bestimmt. Die Betone mit höherer Nachbehandlungsgüte zeigten als Folge eines dichteren Gefüges eine geringere Wasseraufnahme. Tendenziell stieg die Haftzugfestigkeit des CEM-I-Betons bei höherer Nachbehandlungsgüte. Ein Einfluss der ersten Nachbehandlung auf den Frost-Tausalz-Widerstand (Prüfung der Waschbetonoberfläche nach CDF-Verfahren) wurde weder für den CEM-I- noch für den CEM-III-Beton beobachtet.

Für die hier untersuchten Nachbehandlungsvarianten kann zusammenfassend bezüglich der ersten Nachbehandlung festgestellt werden, dass diese die Gefügedichtigkeit des Betons beeinflusst und die Betoneigenschaften in geringem Maße verbessert werden können. Der geringe Einfluss der ersten Nachbehandlung ist zunächst darauf zurückzuführen, dass bei Waschbeton ein Teil des von der Austrocknung betroffenen Randbereichs ausgebürstet wird und dieser somit die Dauerhaftigkeit des Betons nicht negativ beeinflusst. Zusätzlich dient der auszubürstende Randbereich als Verdunstungsschutz für den tiefer liegenden Beton. Bild 1 verdeutlicht diesen Zusammenhang.

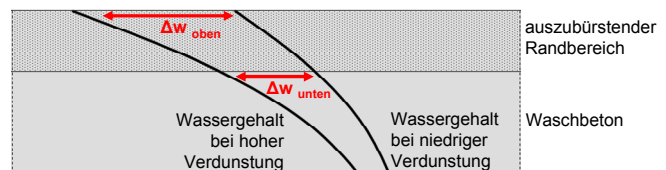


Bild 1: Qualitative Darstellung des Wassergehalts im Randbereich bei hoher Verdunstung (links) und niedriger Verdunstung (rechts) infolge unterschiedlicher Nachbehandlungsgüten

Vor dem Ausbürsten ist an der Betonoberfläche der Unterschied der Wassergehalte (Δw_{oben}) infolge unterschiedlicher Nachbehandlungsgüten größer als unterhalb des auszubürstenden Randbereichs (Δw_{unten}). Da die Festbeton- und Dauerhaftigkeitseigenschaften vom Beton unterhalb dieses auszubürstenden Randbereichs bestimmt werden, sind folglich die zu erwartenden Auswirkungen der Austrocknung bei Waschbetonoberflächen geringer als beispielsweise bei Straßenbeton mit Jutetextur. Hinzu kommt, dass Beton in jungem Alter noch kein dichtes Gefüge entwickelt und das verdunstende Wasser aus tieferen Schichten nachtransportiert werden kann. Die Hydratation im oberflächennahen Bereich wird kaum gestört.

Dies wurde auch von Huber [1] beobachtet, bei dessen Untersuchungen bis zum Alter von 18 Stunden bei freier Verdunstung an der Oberfläche des Betons der Gehalt des chemisch gebundenen Wassers konstant blieb. In der Praxis zeigt sich, dass eine geringe Güte der ersten Nachbehandlung zu einer Rissbildung infolge Frühschwindens insbesondere im stärker austrocknenden Randbereich führen kann. Die erste Nachbehandlung ist daher trotz ihres geringen Einflusses auf die Dauerhaftigkeit des Waschbetons von großer Bedeutung.

Zur Untersuchung des Einflusses der zweiten Nachbehandlung auf die Festbeton- und Dauerhaftigkeitseigenschaften wurden Waschbetonplatten hergestellt und bis zum Ausbürsten identisch nachbehandelt (Kombinationsmittel: 250 g/m² und Lage-

rung bei 20 °C / 65 % rel. F.). Nach dem Ausbürsten wurden die Betone unterschiedlich nachbehandelt. Als Referenz diente dabei ebenfalls ein nicht nachbehandelter Beton. Die weiteren Nachbehandlungsvarianten bestanden im Auftragen eines Nachbehandlungsmittels (200 g/m²) und im Abdecken des Betons mit einem feuchten Jutetuch. Anschließend lagerten die Betone bei 20 °C / 65 % rel. F. Nach dem Ausbürsten und Nachbehandeln wurde die Wasserabgabe der Betone infolge Verdunstung dokumentiert. Hier zeigte sich, dass die Wasserabgabe nach dem Ausbürsten geringer als die Wasserabgabe bis zum Ausbürsten des Betons war.

Ursache für die geringere Wasserabgabe ist das mit zunehmendem Alter dichtere Betongefüge, wodurch ein Nachtransport von Wasser aus tieferen Schichten erschwert wird. Ein Unterschied der Wasserverdunstung zwischen CEM-I- und CEM-III-Beton wurde nicht beobachtet. Der Einfluss der zweiten Nachbehandlung auf die Festbeton- und Dauerhaftigkeitseigenschaften war wesentlich ausgeprägter als der der ersten Nachbehandlung. Bei hoher Nachbehandlungsgüte nahm beim CEM-I-Beton die kapillare Wasseraufnahme signifikant ab. Das so nachgewiesene dichtere Gefüge spiegelte sich in der Prüfung des Frost-Tausalz-Widerstands (Prüfung der Waschbetonoberfläche nach CDF-Verfahren) in geringeren Abwitterungen und höheren Haftzugfestigkeiten wider. Bei der Prüfung des Frost-Tausalz-Widerstands zeigte sich, dass bei der Nachbehandlung mit einem Nachbehandlungsmittel (praxisübliche Nachbehandlung) nach 28 Frost-Tau-Wechseln die Abwitterungen nur geringfügig über denen des ideal nachbehandelten (feuchtes Jutetuch) Betons lagen.

Derzeit wird davon ausgegangen, dass 28 Frost-Tau-Wechsel in der Praxis einem Zeitraum von mindestens 50 Jahren entsprechen [2]. Auch beim CEM-III-Beton nahm der Frost-Tausalz-Widerstand mit steigender Nachbehandlungsgüte deutlich zu. Hier zeigte sich im Vergleich zum CEM-I-Beton erwartungsgemäß eine höhere Nachbehandlungsempfindlichkeit des CEM-III-Betons. Bei mangelnder Nachbehandlung waren die Abwitterungen des CEM-III-Betons rd. 3-mal so hoch wie die des CEM-I-Betons, wohingegen bei Nachbehandlung mit feuchtem Jutetuch die Abwitterungen beider Betone vergleichbar waren, Bild 2.

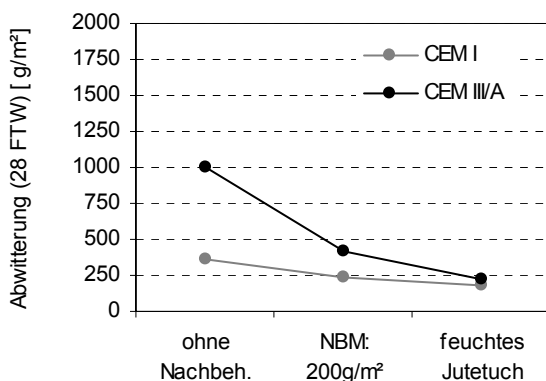


Bild 2: Vergleich der Abwitterungen des CEM-I-Betons mit dem CEM-III-Beton nach 28 Frost-Tau-Wechseln in Abhängigkeit der Nachbehandlung (Lagerung bei 20 °C / 65% rel. F.)

Aus dem Ergebnis lässt sich ableiten, dass bei hoher Nachbehandlungsgüte mit Hochofenzement Straßenbetone gleicher Dauerhaftigkeit im Vergleich zu Portlandzementbetonen hergestellt werden können.

Im Rahmen der Untersuchungen zum Frost-Tausalz-Widerstand wurde zusätzlich zur Bestimmung der Abwitterung

und des relativen dynamischen E-Moduls die Prüffläche des CEM-I-Betons mit einem 3D-Laser eingelezen. Dies ermöglichte, die ermittelten Abwitterungen auf die (abwitternde) Mörtelfläche zwischen den groben Gesteinskörnern zu beziehen. Auf diese Weise können auch Waschbetone, die sich in der Profilspeizenzahl bzw. Sieblinie unterscheiden, hinsichtlich des Frost-Tausalz-Widerstands verglichen werden.

Die auf die Mörtelfläche bezogenen Abwitterungen waren im Mittel um den Faktor 1,6 höher. Beim CEM-I-Beton wurde ebenso bei höherer Nachbehandlungsgüte ein höherer Widerstand gegenüber einer Kombination aus Praxiseinwirkungen festgestellt. Die Praxiseinwirkungen wurden durch Säureangriff, mechanische Beanspruchung durch Kunststoffkugeln, die auf die Betonoberfläche prallen und Frost-Tausalzangriff (in Anlehnung an das CDF-Verfahren) simuliert [3]. Des Weiteren wurde am CEM-I-Beton untersucht, welchen Einfluss die Dauer der zweiten Nachbehandlung auf die Gefügedichtigkeit des Betons hat. Dazu wurden Betonprobekörper zur zweiten Nachbehandlung unterschiedlich lang (1 d, 3 d, 5 d) mit einem feuchten Jutetuch abgedeckt und anschließend bei 20 °C / 65% rel. F. gelagert. Der Einfluss der Nachbehandlungsdauer auf die Gefügedichtigkeit wurde über die kapillare Wasseraufnahme bestimmt. Hier zeigte sich bei längerer Nachbehandlungsdauer eine geringfügige Abnahme der Wasseraufnahmen, was auf ein dichteres Betongefüge mit besseren Dauerhaftigkeitseigenschaften schließen lässt. Eine Nachbehandlungsdauer von fünf Tagen führte dabei zu einer Verringerung der Wasseraufnahme um 14 % bzw. 11 % im Vergleich zu einer Nachbehandlungsdauer von einem bzw. drei Tagen.

Für die hier untersuchten Nachbehandlungsvarianten kann zusammenfassend bezüglich der zweiten Nachbehandlung festgestellt werden, dass der Wasserverlust infolge Verdunstung im Rahmen der zweiten Nachbehandlung geringer als der Wasserverlust während der ersten Nachbehandlung ist. Trotz der geringeren Verdunstung ist der Einfluss der zweiten Nachbehandlung auf die Betoneigenschaften wesentlich größer. Die Untersuchungen zeigten, dass aufgrund der fortgeschrittenen Gefügeverdichtung in diesem Alter die Wasserverdunstung nur begrenzt durch eine Nachlieferung aus dem Innern ausgeglichen wird, was zur Störung des Hydrationsverlaufs führen kann. Die Folge sind schlechtere Festbeton- und Dauerhaftigkeitseigenschaften.

3 Folgerungen für die Praxis

Bezogen auf die Praxis lässt sich aus den hier durchgeführten Untersuchungen Folgendes ableiten: Durch eine hohe Nachbehandlungsgüte können die zu erwartenden Festbeton- und Dauerhaftigkeitseigenschaften von Waschbetonfahrbahndecken sichergestellt werden. Dabei ist der Einfluss der Nachbehandlung nach dem Ausbürsten größer als der der Nachbehandlung nach dem Betoneinbau.

4 Literatur

[1] Huber, J. (2009): Zur Nachbehandlung von Beton – Auswirkungen des Wasserverlustes durch Evaporation in jungem Alter am Beispiel von Straßenbeton, München, Dissertation.

[2] Müller, H.S. ; Guse, U. (2009): Übertragbarkeit von Frost-Laborprüfungen auf Praxisverhältnisse, in: beton, 59 (2009) Heft 12, S. 564-569.

[3] Schießl, P ; Beckhaus, K. ; Wenzl, P. (2004): Oberflächen-dauerhaftigkeit (Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik ; 902).