

Beständigkeit unterschiedlicher Texturgeometrien von Straßenbetonoberflächen unter Berücksichtigung der Betonzusammensetzung

FA 8.170

Forschungsstelle: Technische Universität München, Lehrstuhl für Baustoffkunde und Werkstoffprüfung (Prof. Dr.-Ing. P. Schießl) / Universität Kassel, Fachgebiet Werkstoffe des Bauwesens (Prof. Dr.-Ing. M. Schmidt)

Bearbeiter: Wenzl, P. / Teichmann, T.

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

Abschluss: Mai 2007

1 Aufgabenstellung

Fahrbahndecken aus Beton müssen während der gesamten Nutzungszeit neben einer ausreichenden Tragfähigkeit vor allem dauerhaft gute Gebrauchseigenschaften ihrer Oberfläche aufweisen. Zu den wesentlichen Gebrauchseigenschaften der Oberfläche zählen die Griffigkeit und das Lärmemissionsverhalten, die von der Gestalt der Fahrbahnoberfläche, der Textur, bestimmt werden. Einwirkungen aus Verkehr und Umwelt führen zu einer Veränderung der Textur, wobei die Dauerhaftigkeit der Textur und die sich aus ihr ergebenden Gebrauchseigenschaften von der Qualität des Oberflächenmörtels und der eingebrachten Texturgeometrie bestimmt werden.

Im Rahmen des hier durchgeführten und vom BMVBW (vertreten durch die Bundesanstalt für Straßenwesen, BAST) finanzierten Forschungsvorhabens wurden in der Praxis gängige Texturgeometrien hinsichtlich eines Einflusses der Texturgeometrie auf die Dauerhaftigkeit der Oberflächeneigenschaften untersucht. Zudem wurden betontechnologische Einflüsse auf die Entstehung des für die Texturierbarkeit wichtigen Oberflächenmörtels analysiert und ein Ansatz zur Optimierung des Straßenbetons im Feinkornbereich erarbeitet. Die Untersuchungen wurden zeitgleich am Centrum Baustoffe und Materialprüfung (cbm) der TU München und am Fachgebiet Werkstoffe des Bauwesens der Universität Kassel durchgeführt.

2 Untersuchungen TU München

Die Untersuchungen am Centrum Baustoffe und Materialprüfung (cbm) der TU München umfassten Praxisstrecken sowie Laborversuche. An den Praxisstrecken erfolgte eine Analyse des entstandenen Oberflächenmörtels während einer Baumaßnahme sowie die Bestimmung der Oberflächeneigenschaften verschiedener Texturgeometrien (Jutetuch-, Besen-, Kunstrasenlängsstrich, Waschbeton) zweier Autobahnteilstücke. Die beiden Teilstücke lagen zum Untersuchungszeitpunkt ca. 5 Jahre unter Verkehr. Die Bestimmung der Oberflächeneigenschaften der Texturen erfolgte mit gängigen Messmethoden (SCRIM, SRT-Pendel und Ausflussmesser, Sandflächenverfahren, Lärmessanhänger) sowie mit einem berührungslosen Messsystem (Doppeltriangulationssensor) im Labor. In den durchgeführten Laborversuchen wurden neben einem Einfluss der Texturgeometrie (Jutetuch-, Kunstrasen-, Besenlängsstrich und Jutetuchlängsstrich mit Kamm) auch ein Einfluss der Betonzusammensetzung (w/z-Wert, Sieblinie, Sand, Mörtelgehalt) untersucht. Die Prüfung der im Labor hergestellten Texturprobekörper erfolgte entsprechend dem im FA 8.157 "Oberflächendauerhaftigkeit" entwickelten realitätsnahen und zeitraffenden Laborprüfverfahren. Das Messen der Veränderung der Oberflächeneigenschaften erfolgte im Labor mit dem SRT-

Pendel, dem Sandflächenverfahren und der Prüfanlage Wehner/Schulze sowie mit dem berührungslosen Messsystem (Doppeltriangulationssensor).

Für die Bewertung der Beständigkeit der primären Eigenschaften der Textur (= Gestalt) mit den Messdaten des berührungslosen Messsystems (Doppeltriangulationssensor) erwies sich eine Betrachtung der Makrotextur mit hierfür definierten Kennwerten, die aus der Materialanteilkurve abgeleitet wurden, als zielführend. Hiermit konnte nicht nur jede Textur anhand der Kennwerte charakterisiert werden, sondern auch verdeutlicht werden, welche Bereiche einer Textur durch die Beanspruchungen verändert werden. Die Bewertung der Eigenschaften der verschiedenen Texturgeometrien im Bereich der Mikrotextur erfolgte mit den aus dem Wellenlängen-Amplituden-Spektrum abgeleiteten Mikrokennamplitudenwerten (vgl. FA 8.157 "Oberflächendauerhaftigkeit"). Die Untersuchungen im Labor haben gezeigt, dass anhand geometrischer Kennwerte, die aus der Gestalt der Oberfläche (= primäre Eigenschaft) gewonnen werden, auch Rückschlüsse auf das Griffigkeitsverhalten (= sekundäre Eigenschaft) der untersuchten Laborproben möglich waren.

Mit den Untersuchungsergebnissen der Praxisstrecken konnte gezeigt werden, dass der bei der Herstellung entstehende Oberflächenmörtel entscheidend für das zukünftige Griffigkeitsverhalten der Fahrbahnoberfläche ist. Kommt es bei der Herstellung zu einem Sedimentieren im Oberflächenmörtel, so führt dies bereits nach kurzer Beanspruchung durch den Verkehr zu einem signifikanten Griffigkeitsverlust. Dieser kann je nach Dicke des vorliegenden Oberflächenmörtels nicht mehr durch zeitabhängiges Freilegen von griffigkeitsrelevanten Gesteinskörnern ausgeglichen werden. Des Weiteren ergaben die Untersuchungen an verschiedenen Texturgeometrien (Jutetuch-, Kunstrasen-, Besenlängsstrich, Waschbeton 0/8) von Fahrbahndecken, die seit ca. 5 Jahren den Einwirkungen aus Umwelt und Verkehr ausgesetzt waren, dass sich alle Texturen durch die hohe mechanische Beanspruchung in der Rollspur des Laststreifens im Vergleich zum Standstreifen hinsichtlich der primären Eigenschaften in der Makrotextur eingeebnet und in der Mikrotextur poliert haben. Die Betrachtung der sekundären Eigenschaften der Texturen aus dem Bereich der Rollspur (ca. 5 Jahre unter Verkehr), die im Labor mit dem SRT-Pendel sowie in der Praxis mit der SCRIM gemessen worden sind, ergaben zudem unabhängig von der eingebrachten Textur ein ähnliches Griffigkeitsniveau. Unterschiede konnten bei der Entwicklung der Rautiefen der Texturen festgestellt werden. Hier zeigte sich, dass die Texturen (Besen-, Kunstrasenlängsstrich, Waschbeton) mit einer anfänglich größeren Rautiefe im Vergleich zum Jutetuchlängsstrich länger eine ausreichende Rautiefe gewährleisten können.

In den durchgeführten Laboruntersuchungen wurden vier Texturgeometrien (Jutetuch-, Kunstrasen-, Besenlängsstrich, Jutetuchlängsstrich mit Kamm) sowie zwei unterschiedliche Betonzusammensetzungen verwendet, wobei zusätzlich bei einer Rezeptur der Sand variiert wurde. Die texturierten Oberflächen wurden dabei zum Teil mit einem Nachbehandlungsmittel versehen.

Anhand der Ergebnisse konnte für beide untersuchten Betonzusammensetzungen festgestellt werden,

- dass die Beständigkeit der Texturgeometrie nicht direkt vom w/z-Wert und dem Mörtelgehalt des eingebauten Betons abhängt, sondern vielmehr vom entstandenen Oberflächenmörtel bestimmt wird. Die Eigenschaften

des Oberflächenmörtels selbst sind neben betontechnologischen Parametern auch im verstärkten Maße von der Herstellung der Betonstraße abhängig. Aus diesem Grund wurden orientierende Versuche über die Entstehung des Oberflächenmörtels (Dicke, Zusammensetzung) durchgeführt. So konnte nachgewiesen werden, dass bei derzeit in der Praxis üblichen Betonzusammensetzungen mit einer zum Herstellzeitpunkt steifen Konsistenz des eingebauten Frischbetons bei konstanter Verdichtung, die für eine Texturierung günstige Dicke des Oberflächenmörtels von 0,5-1,0 mm erreicht werden kann, ohne dass es zu einem Sedimentieren des Oberflächenmörtels kommt.

- dass sich die Texturgeometrien bei gleicher Beanspruchung ähnlich verhalten haben. Infolge des Laborbeanspruchungszyklus wurde neben einem Verlust der Texturspitzen im Bereich der Makrotextur ein Aufräuen im Bereich der Mikrotextur festgestellt. Im Zusammenhang mit den Funktionseigenschaften einer Fahrbahnoberfläche, und hier im speziellen der Griffigkeit, wiesen der Besen- und der Kunstrasenlängsstrich nach Durchlaufen des Beanspruchungszyklus neben einer guten Feinrauheit eine größere Rautiefe als der Juteuchlängsstrich auf. Deshalb kann davon ausgegangen werden, dass bei den beiden Texturen über einen längeren Zeitraum ein ausreichendes Drainagevermögen zu Verfügung steht.
- dass der Auftrag eines Nachbehandlungsmittels bei augenscheinlicher mattheuchte in den Laborversuchen zu einer Veränderung der eingebrachten Textur geführt hatte. Im Bereich der Mikrotextur konnte dabei eine Zunahme der Feinrauheit beobachtet werden, die hauptsächlich auf ein Entfernen der Zementleimschicht und einem damit verbundenen Freilegen der Eigenrauheit der Gesteinskörner zurückgeführt werden konnte. Im Bereich der Makrotextur wurden durch die Tropfen des Sprühnebels des Nachbehandlungsmittels die Texturen ebenfalls verändert, sodass beispielsweise die mit dem Sandflächenverfahren bestimmten Rautiefen in der Ausgangstextur im Vergleich zu den nicht nachbehandelten Probekörpern größer waren. Die Unterschiede waren nach Durchlaufen des Beanspruchungszyklus nicht mehr feststellbar.
- dass auch (vgl. FA 8.157 "Oberflächendauerhaftigkeit") hier ein Einfluss der petrographischen Zusammensetzung des Sands festgestellt werden konnte. So zeigte sich, dass das festere quarzitisches Sandkorn durch den Laborbeanspruchungszyklus als Ganzes aus der Zementsteinmatrix herausgelöst wurde.

3 Untersuchungen Universität Kassel

Für die Praxis ist die Frage, ob und mit welchen Zusatzstoffen ein Straßenbeton optimiert werden soll, um einen möglichst gut texturierbaren, sedimentationsstabilen und dauerhaften Oberflächenmörtel zu erzielen, nicht generell, sondern nur im Einzelfall zu beantworten. Sie hängt insbesondere von den regional vorhandenen Sanden und Zementen ab. Wenn sich im Rahmen der Eignungsprüfung herausstellt, dass die gewählte Kombination aus Zement und Sand nicht ausreichend sedimentationsstabil ist, kann man den Beton in einer erweiterten Eignungsprüfung optimieren.

Untersucht wurden Feinmörtel, Mörtel < 2 mm und Betone, die dem in Betondeckenabschnitten der BAB A92 entsprachen. Die Untersuchungen berücksichtigten verschiedene Kombinationen aus 3 Zementen mit 4 Zusatzstoffen, 6 Sanden bei insgesamt 4 Wasserzementwerten und 3 Füllgraden der Zusatzstoffe, die

hinsichtlich des Sedimentationsverhaltens, der Konsistenz, der Festigkeitsentwicklung, Porosität und Mikrostruktur untersucht wurden.

Die Erkenntnisse des Forschungsvorhabens zeigen auf, dass der Oberflächenmörtel von Fahrbahndeckenbeton und die Stabilität des Luftporensystems durch die Zugabe von Feinstoffen wesentlich verbessert werden kann. Der Umfang der Untersuchungen reicht aber noch nicht aus, um generelle Aussagen über die Art und Menge an Feinstoffen zu machen, die im Einzelfall angemessen sind. Dies kann nur im Einzelfall erfolgen.

Um eine für das Einprägen einer Textur ausreichend dicke Mörtelschicht zu erhalten, kann eine weichere Betonkonsistenz im Bereich des Übergangs von "steif" zu "plastisch" zielführend sein. Möglicherweise gelingt es aber, wie im Rahmen der Untersuchungen auch, Betonoberflächen ohne Oberflächenmörtel oder mit einer entsprechend dünnen Mörtelschicht herzustellen, die sich für die Erzielung einer Waschbetonstruktur besonders gut eignen.

Die Texturierbarkeit und die Dauerhaftigkeit der in den Oberflächenmörtel eingepprägten Textur können verbessert werden, indem erforderlichenfalls:

- der Beton so sedimentationsstabil zusammengesetzt wird, dass an der Oberfläche beim Verdichten eine ausreichende aber nicht zu dicke Feinmörtelschicht entsteht. Sie sollte rund 0,5 – 1 mm dick sein.
- der Mörtel < 2 mm selbst ebenfalls so sedimentationsstabil gestaltet wird, dass er praktisch kein Wasser absetzt. Dadurch wird vermieden, dass der w/z-Wert des Mörtels an der Oberfläche ansteigt, dass die Verformungsstabilität des frischen Mörtels verringert wird und dass die Festigkeit und die Dauerhaftigkeit des erhärteten Mörtels abnehmen.

Geeignete Maßnahmen sind die Erhöhung der inneren Oberfläche und die Verbesserung der Mörtelmatrix durch die Zugabe von inerten oder reaktiven Füllstoffen.

Ob zusätzliche Maßnahmen notwendig sind und welche Art und Menge des Füllstoffs angemessen ist, hängt im Wesentlichen von der Kornzusammensetzung des Sands und der vorhandenen Menge an Feinkorn < 0,125 mm ab, d. h. vom Feinkornanteil des Sands und vom Zement. Dies kann nur im Einzelfall festgestellt werden. Empfindlich gegen Sedimentation sind in der Regel grobkörnige, feinstoffarme Sande, u. U. verstärkt durch die im Straßenbau üblichen grob gemahlene Zemente mit niedriger spezifischer Oberfläche.

Die Sedimentationsneigung eines Straßenbetons sollte deshalb im Einzelfall in der erweiterten Eignungsprüfung ermittelt werden.

Geeignete Verfahren können sein:

- Bestimmung der Kornzusammensetzung des Sands, insbesondere des Anteils < 0,125 mm; ungünstig sind feinkornarme oder -freie Sande mit steiler, hohlraumreicher Sieblinie,
- die rechnerische und experimentelle Bestimmung der Packungsdichte und der inneren Oberfläche des Feinmörtels und der Blutneigung,
- die Bestimmung des Wasserrückhaltevermögens des Mörtels < 2 mm im Absetzversuch,
- die Bestimmung der Menge an Mörtel, die sich bei dynamischer Verdichtung einer Betonprobe auf dem Rütteltisch an der Oberfläche absetzt und

- gegebenenfalls die Prüfung der Abriebsfestigkeit des Oberflächenmörtels an Betonproben mit dem kombinierten Laborbeanspruchungszyklus.

Das Vorgehen in der Eignungsprüfung, die Auswahl und Absicherung geeigneter Verfahren und Beurteilungskriterien sollte in einem weiterführenden Forschungsvorhaben ermittelt und in den TL Beton-StB 06 verankert werden. Dazu sollten die hier festgestellten Laborergebnisse in einem Praxisversuch verifiziert werden, um den Einfluss der tatsächlichen Verdichtung durch Straßenfertiger mit einbeziehen zu können.