

## Prognose der Griffigkeitsentwicklung von Waschbetonfahrbahndecken mit der Prüfanlage nach Wehner/Schulze

FA 8.230

Forschungsstelle: Technische Universität München, Centrum Baustoffe und Materialprüfung, Lehrstuhl für Werkstoffe und Werkstoffprüfung im Bauwesen (Prof. Dr.-Ing. C. Gehlen)

Bearbeiter: Gehlen, C. / Kränkel, T.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Bonn

Abschluss: November 2019

### 1 Aufgabenstellung

Fahrbahndecken aus Waschbeton erfüllen bei ausreichender Texturtiefe und hohem Polierwiderstand (PSV) der groben Gesteinskörnungen in der Regel die bauvertraglichen Anforderungswerte an die Griffigkeit zur Verkehrsfreigabe und zum Ende der Verjährungsfrist für Mängelansprüche. Bisher besteht jedoch keine zuverlässige Möglichkeit der Vorhersage der langfristigen Entwicklung der Griffigkeit dieses Oberflächentyps. Mit der Prüfanlage Wehner/Schulze (PWS) steht eine Prüfapparatur zur Bestimmung der Griffigkeitsentwicklung zur Verfügung, die sich seit Jahrzehnten für die Bewertung von Asphaltoberflächen bewährt hat.

Das Ziel des Vorhabens war es, zu untersuchen, ob mit diesem Prüfverfahren auch die langfristige Entwicklung der Griffigkeit von Waschbetonoberflächen prognostiziert werden kann. Mit einer Parameterstudie sollten verschiedene betontechnologische und ausführungstechnische Einflussfaktoren auf das Griffigkeitsverhalten und die Griffigkeitsentwicklung der Waschbetonoberflächen untersucht werden. Zudem sollten anhand von Bohrkernproben erste Untersuchungen zum Vergleich der mit der modifizierten PWS vorausgesagten mit der unter einer Praxisbeanspruchung durch Schwerverkehr real aufgetretenen Griffigkeitsentwicklung durchgeführt werden.

### 2 Untersuchungsmethodik

Das Vorhaben gliedert sich in drei Arbeitspakete:

- AP 1: Im ersten Arbeitspaket wurde die Prüfanlage Wehner/Schulze für die Anwendung auf Waschbetonoberflächen optimiert. Ziel war es hierbei, durch möglichst geringfügige, reversible und dadurch schnell und kostengünstig durchführbare Änderungen an der Polier- und der Messeinheit der PWS Messungen auf Waschbetonoberflächen zu ermöglichen. Dabei sollte eine ausreichende Verfahrenspräzision erreicht und die Wirtschaftlichkeit der Prüfung durch eine Reduktion des Messgummiverschleißes (erste Untersuchungen ergaben, dass es bei der Prüfung von Waschbetonoberflächen zu einem enormen Verschleiß der Messgummis kam) verbessert werden. Hierzu wurden Untersuchungen mit erhöhter Messgummihärte sowie erhöhter Messgummifläche (durch Steigerung der Messgummi-anzahl) und somit gleichmäßigerer Verteilung der Anpresskraft durchgeführt. Neben der Messeinheit sollte

durch die Anpassung der Poliereinheit die Intensität der Polierbeanspruchung derart optimiert werden, dass sie die in der Praxis vorkommende Polierung von Waschbetonoberflächen im Labor hinreichend genau nachstellen kann. Dabei wurden neben Untersuchungen zum Einfluss der Polierrollen Härte und der Poliermittelkonzentration auch Untersuchungen unter Verwendung eines alternativen Poliermittels durchgeführt. Die durchgeführten Untersuchungen liefern die Basis für die Entwicklung eines Verfahrens zur Prognose der Griffigkeitsentwicklung von Waschbetonoberflächen unter einer praxisnahen Beanspruchung.

- AP 2: Im zweiten Arbeitspaket sollten betontechnologische und ausführungstechnische Einflussparameter auf das Griffigkeitsverhalten von Waschbetonoberflächen untersucht und bewertet werden. Hierzu wurden Waschbetone mit unterschiedlichen Gesteinseigenschaften (Variation von Polierwert, Plattigkeit, Bruchflächigkeit sowie Größtkorn der groben Gesteinskörnung) sowie Sieblinien (stetig, Ausfallkörnung) des Betons untersucht. Zusätzlich wurde der Einfluss der ausführungsbedingten Texturtiefe auf das Griffigkeitsverhalten und dessen Entwicklung bestimmt. Zudem wurde orientierend geprüft, ob der Einsatz der nach AP 1 modifizierten Prüfanlage Wehner/Schulze auch zur Bewertung der Griffigkeitsentwicklung alternativer Fahrbahnoberflächen (Grindingtextur und offenporiger Beton) eingesetzt werden kann.
- AP 3: Mit dem dritten Arbeitspaket sollte ein Vergleich zwischen der im Labor ausgeführten und der real in der Praxis vorkommenden Beanspruchung vorgenommen werden. Hierzu wurden aus mehreren Praxisstrecken Bohrkernproben aus dem nicht für den Verkehr freigegebenen Standstreifen (entspricht näherungsweise der unbelasteten Oberflächenstruktur) und der rechten Rollspur des rechten Fahrstreifens (insbesondere durch Schwerverkehr (SV) polierte Oberflächenstruktur) entnommen. Von beiden Probenotypen (unbelastet, belastet) wurde anschließend die Griffigkeit mit der Messeinrichtung der PWS bestimmt. So konnte der Rückgang der Griffigkeit aufgrund der Praxisbeanspruchung der Proben quantifiziert werden. Anschließend wurden die unbelasteten Proben dem in AP 1 entwickelten Polierszenario unterworfen und schließlich erneut deren Griffigkeit ermittelt. Dies erlaubt eine vergleichende Bewertung des Rückgangs der Griffigkeit aufgrund der mit der PWS durchgeführten Polierbeanspruchung mit dem Rückgang der Griffigkeit unter Praxisbeanspruchung, welche als Basis für die Prognose der langfristigen Griffigkeitsentwicklung unter Praxisbeanspruchung im Labor mithilfe der PWS dienen soll.

### 3 Untersuchungsergebnisse

Für die Modifikation der Messeinheit wurden Untersuchungen mit drei Messgummis, sechs Messgummis sowie einem nahezu vollständigen Messgummiring (mit drei Öffnungen zur Befestigung) durchgeführt. Hierbei konnten bei den Varianten drei und sechs Messgummis gleichwertige Messergebnisse festgestellt werden. Der Messgummiring führte hingegen, aufgrund der schlechten Entwässerungseigenschaften, zu einem Aufstauen des Wasserzustroms, wodurch es teils zum Aufschwimmen der Messgummis und teils zu einer quasi-trockenen Messung kam. Der Messgummiring wurde daher als nicht geeignet eingestuft. Abhängig von der Texturtiefe konnte durch den geringeren und gleichmäßiger verteilten Anpressdruck der sechs Messgummis der Verschleiß der Messgummis signifikant reduziert werden. Bei dem Einsatz von Messgummis mit höherer Härte (85 Shore A statt den standardmäßigen 65 Shore A) wiesen die Messgummis nach wenigen Messdurchgängen Ausbrüche innerhalb des Messgummis auf, welche auf das sprödere Materialverhalten zurückzuführen sind.

Im Rahmen der Untersuchungen wurde festgestellt, dass die Messergebnisse von Einzelmessungen auf vergleichbaren Proben starken Schwankungen unterliegen. Durch die Durchführung von Mehrfachmessungen der Griffigkeit der Proben zu einem Beanspruchungszeitpunkt, konnten stabilere Messwerte erreicht werden.

Bei der Modifikation der Poliereinheit erwies sich eine Erhöhung der Polierrollenhärte (85 Shore A anstelle von 65 Shore A) bei gleichzeitig erhöhter Poliermittelkonzentration (Verdopplung des Poliermittelgehalts) als nicht ausreichend, um eine praxisrelevante Polierbeanspruchung zu erreichen. Durch den volumetrischen Austausch des standardisierten Poliermittels Quarzmehl durch Siliciumcarbid als ein Poliermittel mit höherer Härte konnte bei gleichzeitiger Verwendung der Polierrollen mit einer Härte von 85 Shore A eine mit der Praxisbeanspruchung vergleichbare Reduktion der Griffigkeit erreicht werden. Untersuchungen mit einfacher und doppelter Poliermittelkonzentration führten zu einer vergleichbaren Polierwirkung. Eine Steigerung der Poliermittelkonzentration besaß somit keinen Mehrwert.

Um die PWS für eine Prognose der Griffigkeit verwenden zu können, wurden je Probe drei Messwerte der Griffigkeit nach 30 000, 75 000 und 180 000 Überrollungen in der PWS gemessen. Da die Messwerte einen logarithmischen Verlauf ergaben, wurde für eine Prognose als Vergleichswert zusätzlich die Griffigkeit der Proben nach 540 000 und 1 080 000 Überrollungen bestimmt. Zwischen den mittels einer log-Funktion (unter Einbeziehung der Griffigkeitswerte bis 180 000 Überrollungen), prognostizierten Griffigkeitswerten der Proben nach 540 000 sowie 1 080 000 Überrollungen und den real gemessenen Werten nach der jeweiligen Überrollungszahl ergaben sich lediglich geringfügige Abweichungen. Die Griffigkeitsentwicklung der untersuchten Waschbetonoberflächen konnte mit dem gewählten Prüfablauf demnach hinreichend genau abgeschätzt werden.

Mit diesen Anpassungen war es möglich, den Einfluss unterschiedlicher betontechnologischer (Sieblinie, Polierwiderstand, Bruchflächigkeit, Plattigkeit und Größtkorn der groben Gesteinskörnung) und ausführungstechnischer (Texturtiefe) Para-

meter auf das Griffigkeitsverhalten von Waschbetonoberflächen im Labor zu untersuchen. Dabei konnte ein von der Sieblinie und Plattigkeit der groben Gesteinskörnung nahezu unabhängiges Griffigkeitsverhalten festgestellt werden. Die Untersuchungen mit Gesteinskörnungen unterschiedlicher PSV-Werte wiesen ein Griffigkeitsverhalten nahezu unabhängig vom PSV-Wert auf. Dies ist jedoch vermutlich auf die geringe untersuchte Spanne zwischen einem PSV von 50 und 55 zurückzuführen. Erwartungsgemäß wies ein gebrochenes Gesteinskorn gegenüber einem Naturkies eine höhere Grundgriffigkeit auf, welche jedoch schneller abfällt. Der größte Einfluss konnte bei dem Einsatz unterschiedlicher Texturtiefen des Betons festgestellt werden, wobei neben der verbesserten Entwässerung durch steigende Texturtiefen auch die hierdurch meist abnehmende Spitzenzahl und damit der griffigkeitswirksamen Kontaktflächen berücksichtigt werden muss. Der Einsatz der PWS auf offenporigem Beton erwies sich als nicht zielführend, da dieser erwartungsgemäß sehr gute Entwässerungseigenschaften aufweist, sodass das Poliermittel von der Probenoberfläche während des Poliervorgangs ins Probeninnere abfloss. Auf der Grindingoberfläche konnten hingegen mit dem Waschbeton vergleichbare Griffigkeitsverläufe festgestellt werden. Die Bedeutung der Werte ist jedoch aufgrund der rotatorischen Messung der PWS auf einer gerichteten (gegründeten) Oberfläche kritisch zu bewerten, da hierbei in der Ebene die Textur in jedem Winkel, auch senkrecht zur Fahrtrichtung, gemessen wird, was, im Vergleich zu einer linearen Messung, zur Bestimmung erhöhter Griffigkeitswerte führt.

Anhand der vier beprobten Autobahnen wurde der Zusammenhang zwischen der Schwerverkehrsbeanspruchung und der für eine entsprechende Griffigkeitsabnahme nötigen Überrollungen an der PWS untersucht. Dabei ergab sich ein tendenziell logarithmischer Zusammenhang zwischen den beiden Beanspruchungsarten.

### 4 Schlussfolgerung

Im Rahmen der Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass die Prüfanlage Wehner/Schulze durch leicht realisierbare, temporäre Anpassungen der Polier- und Messeinheit geeignet ist, die Griffigkeit von Waschbetonoberflächen sowie deren beanspruchungsabhängige Entwicklung zu bewerten. Als zielführend hat sich der Einsatz von Polierrollen mit einer Härte von 85 Shore A statt der standardisierten 65 Shore A sowie der Ersatz von Siliciumcarbid als Poliermittel statt des üblichen Quarzmehls für den Poliervorgang und die Verwendung von sechs statt der üblichen drei Messgummis mit einer Härte von 65 Shore A erwiesen. Zusätzlich zeigte sich durch eine gestufte Messung nach 30 000, 75 000 und 180 000 grundsätzlich ein logarithmischer Verlauf des Reibbeiwerts. Der Einsatz als Prognoseverfahren ist somit prinzipiell möglich.

Aus der exemplarischen Parameterstudie ergibt sich ein dominanter Einfluss der Texturtiefe auf das Griffigkeitsverhalten von Waschbeton. Ein Vergleich unterschiedlicher Betonrezepturen auf ihre Performance bezüglich der Griffigkeitsentwicklung erscheint somit nur bei gleichwertiger Texturtiefe möglich. Ob Untersuchungen zur Griffigkeitsbewertung von Waschbetonoberflächen zukünftig mit der im jeweiligen Vorhaben angestrebten Texturtiefe, der kritischsten Texturtiefe mit schlechter Entwässerung oder anhand mehrerer Texturtiefen durchgeführt

werden sollte, kann zum derzeitigen Zeitpunkt nicht abschließend empfohlen werden. Für eine Empfehlung wären weitere Untersuchungen zur Vergrößerung der vorhandenen Datenbasis notwendig.

Um eine statistisch belastbare Bewertung der einzelnen untersuchten Parameter vornehmen zu können und damit die Möglichkeit zu bieten, Waschbetonrezepturen bereits vor deren Praxiseinsatz auf ihre Griffigkeit hin zu optimieren, sollte ebenfalls je Parameter eine breit angelegte Studie mit ausreichender Probenanzahl durchgeführt werden, um die vorhandene Datenbasis zu erweitern.

Eine mögliche Korrelation der Laborbelastung zur Praxisbelastung konnte in Form eines logarithmischen Verlaufs festgestellt werden. Für eine weitere Quantifizierung des Zusammenhangs wäre hier eine großangelegte Studie zu empfehlen.