Optimierung der Eigenschaften von Fugen- und Bettungsmaterialien

FA FGSV 3/2022

Forschungsstelle:	Materialprüfungs- und Versuchsanstalt Neuwied GmbH
Bearbeiter:	Voß, K.-U. / Rohowski, H. / Arens, P.
Auftraggeber:	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V., Köln
Abschluss:	März 2025

1 Ergebnisse für das FGSV-Regelwerk

Nachfolgend sind die Erkenntnisse und die Auswirkungen auf das FSGV-Regelwerk zusammengestellt, die sich aus den Untersuchungsergebnissen des Forschungsvorhabens ergeben:

- Im Rahmen der Verdichtung mit dem Vibrationshammer zeigte sich, dass ein großer Anteil der Materialien mit Nullanteil sowohl an der Probenober- als auch an der -unterseite eine Feinanteilanreicherung und im Ergebnis auch eine Verfestigungsneigung aufwies.

Es sollte darüber nachgedacht werden, die Gehalte an Feinanteilen < 0,063 mm aus Gründen der Reduzierung der Entmischungsneigung sowohl bei den Fugen- als auch bei den Bettungsmaterialien zu reduzieren. Alternativ könnten die Fugen so dicht ausgeführt werden, dass keine signifikanten Mengen an Wasser in die Fuge eindringen;

- Je dicker die Bettung ist, umso größer ist sowohl die Feinanteilanreicherung als auch deren Verfestigung an der Ober- und Unterseite der Proben.

Die Einbaustärke der Bettung sollte nicht zu groß gewählt werden;

- Bei der Auswertung der Ergebnisse der Untersuchung der Fugen- und Bettungsmaterialien aus den Testflächen zeigte sich, dass das Fugenmaterial eine massive (ca. 10-fache) Verfeinerung aufwies.
- Auch die Bettungsmaterialien unter den Betonpflastersteinen wiesen üblicherweise eine deutliche (ca. 2- bis 6-fache) Verfeinerung auf, während sie in den tiefer liegenden Zonen der Bettung (im Übergangsbereich zur Tragschicht) "nur" noch eine ca. 2-fache Verfeinerung aufwiesen. Demnach ist von einem Feinanteileintrag aus der Fuge in die Bettung auszugehen;

Es sollte darüber nachgedacht werden, die Gehalte an Feinanteilen < 0,063 mm aus Gründen der Reduzierung der Entmischungsneigung sowohl bei den Fugen- als auch bei den Bettungsmaterialien zu reduzieren;

- Ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Kornfestigkeit und der Kornverfeinerung war im Rahmen der Laborversuche nicht erkennbar. Allerdings nahm die Wasserdurchlässigkeit der Bettungsmaterialien mit abnehmender Kornfestigkeit tendenziell leicht ab. Im Rahmen der Untersuchung der Fugen- und Bettungsmaterialien aus den Testflächen zeigte sich dafür, dass im Besonderen die Fugenmaterialien eine gravierende Kornverfeinerung durch die Nutzung erfahren haben, was mit hoher Wahrscheinlichkeit auf eine Zermürbung des Fugenmaterials zurückzuführen ist. Weiterhin wurde festgestellt, dass auch die Anreicherung der Feinanteile an der Oberseite der Bettung zumindest tendenziell mit den normativ an den Originalmaterialien ermittelten MMDE-Werten der Bettungsmaterialien korreliert. Eine Erklärung dieses Zusammenhangs liegt derzeit nicht vor.
- Es sind weitere Einflüsse auf die Verfestigungsneigung zu ermitteln, um die Untersuchungsergebnisse besser bewerten zu können; Der Wasserzutritt zu den Bettungsmaterialien führt zu einer deutlichen Erhöhung der Verfestigungsneigung. Der Wasserzutritt zur Unterlage der Befestigungselemente sollte soweit möglich reduziert werden. Demnach sollte eines der Ziele darin bestehen, dass die Fugen eine möglichst geringe Wasserdurchlässigkeit aufweisen (Dies passt nicht zur Reduzierung der Feinanteile der Fugenmaterialien);
- Die Verformung der Bettungsmaterialien nimmt mit zunehmender Belastungszeit in erheblichem Umfang zu. Bei befahrenen Pflasterdecken ist von einer deutlichen Nachverdichtung der Bettungsmaterialien auszugehen, so dass eine Verformung der Pflasterdecke auch durch die Bettung nicht auszuschließen ist. Die geringste Nachverdichtung trat erwartungsgemäß bei den Bettungsmaterialien ohne Nullanteil (Basalt 1/3 mm und Basalt 2/5 mm) auf, sodass bei diesen Materialien auch im Objekt mit der geringsten Nachverdichtung zu rechnen ist;
- Die Kornfestigkeit der Fugen- und Bettungsmaterialien ist erwartungsgemäß annähernd unabhängig von der Belastungszeit;
- Die Wasserdurchlässigkeit der Bettungsmaterialien nimmt mit zunehmender Belastungszeit in erheblichem Umfang ab. Hierbei lieferten besonders die Recyclingmaterialien negative Ergebnisse; Recyclingmaterialien wiesen im Rahmen der normativen Prüfung zwar eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit auf, sollten aus Gründen der besonders großen Reduzierung der Wasserdurchlässigkeit im Rahmen der Beanspruchung möglichst aber nicht als Bettungsmaterial befahrener Pflasterdecken eingesetzt werden. Allerdings wiesen auch einige natürliche Bettungsmaterialien eine deutliche Reduzierung der Wasserdurchlässigkeit auf. Der Zusammenhang zwischen der Wasserdurchlässigkeit und der Kornfestigkeit war im

Rahmen der Laborversuche allerdings nur sehr gering.

2 Folgerungen für das FGSV-Regelwerk

Auf Basis der Ergebnisse dieses Forschungsvorhabens wirken sich die nachfolgenden Einflüsse demnach begünstigend auf die "Reduzierung der Wasserdurchlässigkeit der Bettung" und damit negativ auf die Dauerhaftigkeit der Pflasterdecke aus:

- Verwendung von Fugen- oder Bettungsmaterialien mit einer zu großen Menge an Feinanteilen,
- Zermürbung der Fugen- beziehungsweise Bettungsmaterialien aufgrund einer zu geringen Kornfestigkeit der Materialien, wobei erhöhte Mengen an Feinanteilen entstehen,
- Einbringung großer Wassermengen in die Konstruktion,
- Hohe Intensität der Befahrung, da die Wanderungstendenz der Feinanteile aus dem Fugenmaterial durch die eingebrachte Energie deutlich erhöht wird,
- Reduzierte Lagestabilität der Pflastersteine in der Pflasterdecke, da wenig lagestabile Pflastersteine die Wanderungstendenz der Feinanteile aus dem Fugenmaterial auf beziehungsweise in die Bettung begünstigen und zu einer verstärkten Kornzertrümmerung beitragen.

Die aktuelle Regelwerkssetzung im Pflasterbau beruht in erster Linie auf der Auswertung von Schadensfällen. Die durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass dies nur eingeschränkt sinnvoll ist. Vielmehr sollten die Vorgaben an die Pflasterbauweise auf Basis von Grundlagenforschung überprüft und gegebenenfalls neu bewertet werden.

Hierzu bietet sich die Beurteilung von bereits hergestellten Pflasterdecken in Abhängigkeit von der Nutzungszeit an, wobei sowohl geschädigte als auch Pflasterdecken ohne Schäden berücksichtigt werden sollten.

Hieraus würden sich allgemeinere Erkenntnisse ableiten lassen, sofern die Erfassung der ausgeführten Pflasterdecken alle wesentlichen Rahmenbedingungen enthält. Eine entsprechende Checkliste wäre im Rahmen eines Forschungsvorhabens im Vorfeld zu erarbeiten.