

Fehler vermeiden – Teil I

Die gebundene Bauweise hat viele Vorteile, wenn sie denn korrekt umgesetzt wird. Leider fehlt manchen Planern und Ausführenden die notwendige Qualifikation.

DR. RER. NAT. KARL-UWE VOSS

Bei der gebundenen Bauweise handelt es sich um eine Sonderbauweise, die Vor- aber auch Nachteile gegenüber der ungebundenen Bauweise aufweist. Aufgrund ihrer Vorteile wird die gebundene Bauweise häufig zur Herstellung von Pflasterdecken eingesetzt, an die besondere Anforderungen z.B. aufgrund einer hohen Verkehrsbelastung gestellt werden. Ebenso kommt die gebundene Bauweise nicht selten bei Flächen zur Anwendung, bei denen der Austrag des Fugenmaterials und die Bildung von Grünbelägen in den Fugen reduziert bzw. verhindert werden sollen. Aufgrund dieser Vorteile hat der Anteil der in gebundener Bauweise ausgeführten Pflasterdecken und in der Folge auch der Anteil an Reklamationen bei diesen Flächen in der jüngeren Vergangenheit deutlich zugenommen.

Ein erheblicher Anteil der vorgefundenen Schäden an gebundenen Pflasterdecken ist darauf zurückzuführen, dass weder die Planer noch die Ausführenden die notwendige Qualifikation und Erfahrung mit dieser Bauweise besitzen. Bei der gebundenen Bauweise handelt es sich um eine Sonderbauweise, für die es über viele Jahre kein sachgerechtes Regelwerk gab. Da sowohl Beton- als auch Natursteinplatten zur Herstellung nicht befahrener Pflasterdecken z.B. im Bereich von Terrassen auch in der Vergangenheit bereits häufig „im Mörtelbett“ verlegt wurden, veröffentlichten einige Verbände Technische Regelwerke, in denen diese Bauweise beschrieben wurde und Anforderungen an die Baustoffe festgelegt wurden. Exemplarisch sind hier z.B. das DNV-Merkblatt 1.6 „Mörtel für Außenanlagen“ [L 8] oder der Betonwerksteinkalender [L 7] zu nennen, in denen die nachfolgend

„Aufgrund ihrer Vorteile wird die gebundene Bauweise häufig zur Herstellung von Pflasterdecken eingesetzt, an die besondere Anforderungen z.B. aufgrund einer hohen Verkehrsbelastung gestellt werden.“



Abbildung 5: In vollgebundener Bauweise ausgeführte Anliegerstraße.

zusammengestellten Anforderungen an Fugen- bzw. Bettungsmörtel definiert wurden.

Diesen Regelwerken ist zu entnehmen, dass zur Verlegung der Bodenbeläge Bettungsmörtel der Mörtelgruppe MG III (Sollfestigkeit im Labor $> 10 \text{ N/mm}^2$) zu verwenden sind. Anforderungen an die Bauwerksfestigkeit dieser Bettungsmörtel wurden nicht gestellt. In diesen Merkblättern finden sich darüber hinaus weder Anforderungen an den Witterungswiderstand, die Haftzugfestigkeit oder die Wasserdurchlässigkeit der Bettungsmörtel.

Vorgaben an die Qualität der Fugenmörtel waren diesen Merkblättern überhaupt nicht zu entnehmen.

Erst mit der Einführung der neuen ATV DIN 18 318 (Veröffentlichung vermutlich im Jahr 2019) wird die gebundene Bauweise erstmals in den ATV „geregelt“. Parallel erschien im Jahr 2018 das seitens der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen veröffentlichte Regelwerke M FPgeb und die dazugehörige Prüfanleitung ALP Pgeb.



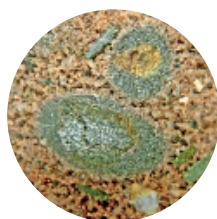
Fotos: Voß

Neue Regelwerke

Aus diesen Technischen Regelwerken geht hervor, dass bei der Herstellung von Flächenbefestigungen in der gebundenen Bauweise u.a. folgende allgemeine Konstruktionshinweise zu beachten sind:

- Während die vollgebundene Bauweise auch geeignet zur Herstellung höher belasteter, befahrener Pflasterdecken ist, findet die Mischbauweise mit einer ungebundenen Bettung nur in Flächen ohne Fahrverkehr (Nutzungskategorie N1) und die Mischbauweise mit einer gebundenen Bettung und einer ungebundenen Tragschicht nur in Flächen mit leichtem Fahrverkehr (Nutzungskategorie N2) Anwendung. Dies erklärt sich dadurch, dass das Schadensrisiko bei der Mischbauweise in erheblichem Umfang mit der Beanspruchungsintensität ansteigt.

Darüber hinaus müssen die Fugen bei der Mischbauweise mit einer ungebundenen Bettung unter Verwendung kunstharzgebundener Fugenmaterialien gefüllt werden.



Mageres Gefüge

Abbildung 3: Aufgrund der Bildung von Zementlinsen bindemittelarm erscheinendes Mörtelgefüge.

- Wasser, das in die Konstruktion eindringt, muss auch bei der gebundenen Bauweise in den Unterbau abgeleitet werden. Aus diesem Grund muss sowohl die gebundene Bettung als auch die gebundene Tragschicht eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit aufweisen.

Besitzt die Unterlage oder die Tragschicht keine ausreichende Wasserdurchlässigkeit, so dringt Wasser über die Fugen in die gebundene Konstruktion ein, sammelt sich oberhalb der nicht ausreichend wasserdurchlässigen Schicht an und führt hier zur Ausbildung von Schäden.

Neben diesen allgemeinen Anforderungen wurden in den neuen Regelwerken sowohl Anforderungen an die Eigenschaften der zu verwendenden Baustoffe (an die Wasserdurchlässigkeit, die Druck- und Haftzugfestigkeit sowie den Witterungswiderstand) als auch an die fertigen Pflasterdecken gestellt. Eine ganz wesentliche Voraussetzung für die Herstellung dauerhafter Pflasterdecken in gebundener Bauweise stellt dabei ein guter



Abbildungen 1 und 2: Zementlinsen mit enthaltenen Gesteinskörnern (I.) und „nahezu reine“ Zementlinse mit erheblicher Größe.

Verbund zwischen den Konstruktionsbaustoffen (Tragschicht, Bettung, Pflastersteine und Fugenmörtel) dar.

Anforderungen an die Fugenmörtel

Gemäß einschlägiger Technischer Regelwerke müssen Fugenmörtel, die zur Herstellung gebundener Pflasterdecken verwendet werden, die folgende Anforderungen erfüllen:

- 1 Eines der wesentlichen Ziele bei der Herstellung von gebundenen Pflasterdecken besteht darin, das Eindringen von Niederschlagswasser in die Konstruktion möglichst zu verhindern. Aus diesem Grunde sind hochwertige Fugenmörtel mit einer möglichst geringen Wasserdurchlässigkeit (mit Ausnahme der harzgebundenen, wasserdurchlässigen Fugenmörtel) und einem guten Verbund zu den Pflastersteinen zu verwenden.

Anmerkung: Aus Sicht des Autors sind Bauweisen, wo das Wasser geplant in die Konstruktion geleitet wird (harzgebundene, wasserdurchlässige Fugenmörtel), als eher schadensträchtig zu bewerten. Derartige Konstruktionen sind mit besonders großer Sorgfalt herzustellen. Eine zwingende Voraussetzung ist allerdings, dass sich der Planer ausreichend Gedanken um die Konsequenzen des Wassereintrags für die Dauerhaftigkeit der Pflasterdecke gemacht hat.

- 2 Da gebundene Pflasterdecken im Normalfall mit Wasser und Frost in Kontakt stehen, müssen Fugenmörtel einen ausreichenden Frost-Widerstand aufweisen. Kommen zusätzlich Taumittel zum Einsatz, dann muss der Fugenmörtel darüber hinaus einen ausreichenden Frost-/Tausalz-Widerstand besitzen.
- 3 Neben einem hohen Frost- und ggf. Frost-Tausalz-Widerstand müssen Fugenmörtel eine ausreichende, aber auch nicht zu hohe Druckfestigkeit (und damit ein geringes E-Modul) und einen geringen w/z-Wert aufweisen. Nur so kann sichergestellt werden, dass die Fugen-



Der Autor

DR. RER. NAT.
KARL-UWE VOSS,
Geschäftsführer
und Institutsleiter
Materialprüfungs-
und Versuchsanstalt
Neuwied
Tel.: 02631/39 93 23
E-Mail: voss@mpva.de

mörtel den einwirkenden Beanspruchungen dauerhaft widerstehen.

- 4 Zur Sicherstellung einer gleichmäßigeren Qualität sollten Fugenmörtel unter Verwendung von Werk trockenmörteln hergestellt werden. Die Nachweise für die erforderlichen Produktqualitäten sind vor der Ausführung der Arbeiten durch den Materiallieferanten vorzulegen.

Anforderungen an die Bettungsmörtel

Gemäß den einschlägigen Technischen Regelwerken müssen Bettungsmörtel, die zur Herstellung gebundener Pflasterdecken verwendet werden, die nachfolgend aufgeführten Anforderungen erfüllen:

- 1 Eines der wesentlichen Ziele bei der Herstellung von gebundenen Pflasterdecken besteht darin, das in die Konstruktion eingedrungene Niederschlagswasser möglichst schnell wieder aus der Konstruktion herauszuleiten. Aus diesem Grunde sind hochwertige Bettungsmörtel mit einer möglichst hohen Wasserdurchlässigkeit zu verwenden.
- 2 Bettungsmörtel sollten einen sehr guten Verbund zu den Pflastersteinen aufweisen, um so sicherzustellen, dass diese möglichst lagestabil und dauerhaft in die Pflasterdecke eingebunden werden. Aus diesem Grund sind Kontaktschlämmen bei der Verlegung der Pflastersteine in der gebundenen Bettung zu verwenden.
- 3 Da das Eindringen von Wasser über die Fuge in die Konstruktion nicht vollständig vermieden werden kann, muss der Bettungsmörtel einen ausreichenden Frost-Widerstand aufweisen. Kommen ggf. zusätzlich Taumittel zum Einsatz, dann muss der Bettungsmörtel sogar einen ausreichenden Frost-/Tausalz-Widerstand aufweisen.
- 4 Neben einem hohen Frost-Widerstand müssen Bettungsmörtel eine ausreichend hohe Druckfestigkeit und einen geringen w/z-Wert aufweisen. Nur so kann sichergestellt werden,



Abbildung 4: Gerissene Betonplatten in einer gebundenen Pflasterdecke.



Abbildung 6: Rissbildung in einer vollgebundenen Pflasterdecke.

dass die Bettungsmörtel den einwirkenden Beanspruchungen dauerhaft widerstehen.

- 5 Zur Sicherstellung einer gleichmäßigeren Qualität sollten Bettungsmörtel unter Verwendung von Werk trockenmörteln hergestellt werden. Die Nachweise für die erforderlichen Produktqualitäten sind vor der Ausführung der Arbeiten durch den Materiallieferanten vorzulegen.

Ausschreibung von Mörteln der Mörtelgruppe MG III

Vor dem Hintergrund der Anforderungen an die Eigenschaften der Bettungsmörtel und unter Berücksichtigung der Tatsache, dass die verwendeten Mörtel in gebundenen Pflasterdecken mindestens einer Frost- und ggf. sogar einer Frost-Tausalz-Belastung ausgesetzt werden, ist festzustellen, dass „normale“ Mörtel der Mörtelgruppe MG III aus heutiger Sicht nicht geeignet zur Verwendung als Bettungs- oder Fugenmörtel in gebundenen Pflasterdecken sind.

Vor diesem Hintergrund sind die alten Regelwerke (Betonwerksteinkalender [L 7] oder

„Erst mit der Einführung der neuen ATV DIN 18 318 (Veröffentlichung vermutlich im Jahr 2019) wird die gebundene Bauweise erstmals in den ATV geregelt“.

DNV-Merkblatt [L 8]) als sehr kritisch zu betrachten. Planer, die keine speziellen Erfahrungen mit der gebundenen Bauweise besitzen, und fälschlicherweise auf Basis dieser alten Merkblätter Mörtel der Mörtelgruppe MG III zur Herstellung von gebundenen Pflasterdecken ausschreiben, müssen nicht selten die Verantwortung für Schäden an gebundenen Pflasterdecken übernehmen.

Verwendung werksgemischter Bettungsmörtel

Zur Herstellung zementgebundener Bettungsmörtel wurden in der Vergangenheit immer wieder im Transportbetonwerk gemischte und im Transportbetonfahrzeug beförderte Standardmörtel (Mörtel der Mörtelgruppe MG III) verwendet. Diese in trockener Konsistenz hergestellten Mörtel weisen im Regelfall nicht nur geringe Mörtelfestigkeiten, geringe Haftzugfestigkeiten und einen nicht ausreichenden Witterungswiderstand auf, häufig sind die wirksamen Zementgehalte dieser Mörtel durch die Bildung sog. „Zementlinsen“ (Abbildungen 1 und 2) deutlich reduziert.

weber *mt*

Komfort für große Aufgaben!



BODENVERDICHTER CR 7

- Niedrige Hand-Arm-Vibrationen
- Sehr gute Verdichtungsleistung und hohe Laufruhe
- Garantie für höchste Qualität

Pflastertechnik



Abbildung 7: In Mischbauweise mit ungebundener Bettung erstellte Pflasterdecke.



Abbildung 8: Fehlende Bewegungsfuge im Bereich eines aufgehenden Bauteils.

So entstehen gerade bei in erdfechter Konsistenz hergestellten Transportmörteln nicht selten erhebliche Mengen an sog. „Zementlinsen“. Diese Zementlinsen können in ihrem Zentrum Gesteinskörner enthalten (Abbildung 1) oder aus nahezu reinem Zementstein (Abbildung 2) bestehen. In jedem Fall wird der für die Festigkeitsentwicklung des Bettungsmörtels relevante, wirksame Zementgehalt durch die Bildung der Zementlinsen zum Teil deutlich reduziert.

Derartige Zementlinsen entstehen üblicherweise beim Anmischen oder beim Transport trockener, zementärer Mörtelmischungen. Alternativ können Zementlinsen auch entstehen, wenn erdfuchte Mörtelmischungen auf der Baustelle aus dem Fahrzeug „ausgedreht“ werden. Hierbei kann sich der nicht ausreichend mit Wasser aufgeschlossene Zement z.B. an die leicht feuchte Gesteinskörnung oder an feuchte Zementagglomerate anlagern und sog. „Zementlinsen“ bilden.

In der Konsequenz wird der Bindemittelmatrix durch die Bildung der „Zementlinsen“ reaktiver

„Eine ganz wesentliche Voraussetzung für die Herstellung dauerhafter Pflasterdecken in gebundener Bauweise stellt ein guter Verbund zwischen den Konstruktionsbaustoffen dar.“

Zement entzogen, der in der Folge als eine Art zementäre Gesteinskörnung (ähnlich einem rezyklierten Gesteinskorn) im Mörtel enthalten ist und nicht zur Festigkeitsentwicklung des Bettungsmörtels beiträgt. Es resultieren Bettungsmörtel mit einem bindemittelarmen Gefüge (Abbildung 3).

Fugenabstände und Verbundverhalten von Bettungsmörtel und Pflastersteinen

Das Risiko zur Bildung von Rissen in gebundenen Konstruktionen steigt mit zunehmenden Abständen zwischen den Bewegungsfugen und mit abnehmender Verbundfestigkeit zwischen dem Bettungsmörtel und der Pflasterdecke. Erwärmt sich eine gebundene Pflasterdecke, so dehnt sie sich aus, wobei sie sich bei nicht ausreichender Verbundfestigkeit zwischen der Pflasterdecke und dem Bettungsmörtel aufwölbt und hohe Biegespannungen an der Oberseite der Pflasterdecke entstehen.

Allein die thermischen Verformungen aufgrund der Erwärmung gebundener Pflasterdecken können ohne weiteres zu Längenänderungen von 0,5 mm/m bis 1,0 mm/m führen. Zur Reduzierung der Gefahr von Spannungsrissen sollen die Abstände zwischen den Bewegungsfugen in gebundenen Pflasterdecken je nach Regelwerk bei maximal 4 m bis 7 m liegen. Darüber hinaus sind Bewegungsfugen an aufgehenden Bauteilen auszuführen.

Anmerkung: Alternativ können gebundene Pflasterdecken ohne Bewegungsfugen hergestellt werden (sog. Schweizer Bauweise). In diesem Fall wird aber davon ausgegangen, dass Risse entstehen, die anschließend geschlossen werden müssen.

Wird eine aufgewölbte Pflasterdecke befahren, so entstehen aufgrund der eingeleiteten Vertikallasten darüber hinaus hohe Biegespannungen an der Unterseite der Pflasterdecke.

Wie diese Ausführungen zeigen, resultieren hohe thermische und hygrische Spannungen in den Pflasterdecken. Diese Spannungen können nicht scha-

Optimas
 Made in Germany
 Tiefbau Live 2019 - Stand F104
 Nordsee 2018 Travemünde Str.
 Stand W121

Was schaffen statt schuffen!

Finliner
 Material-Verteilschaufel
 Anbaugerät für Radlader.
 Zum einfachen Verteilen von Material über ein Förderband.

Optimas Material-Verteiler "Finliner"

Telefon 04498 92420
 optimas.de



Abbildung 9: Zerstörung des Fugenmörtels.



Abbildung 10: Ungebundener Fußgängerüberweg über eine in vollgebundener Bauweise ausgeführte Straße.

densfrei abgebaut werden, wenn Bewegungsfugen in der Konstruktion fehlen und/oder kein ausreichender Verbund zwischen den Baustoffen vorliegt. Weisen Pflasterdecken einen guten Verbund zum Bettungsmörtel auf, dann kann das Aufwölben der Pflasterdecke verhindert werden. In diesem Fall werden die resultierenden Spannungen von der Konstruktion aufgenommen und schadensfrei abgebaut.

Die Bildung von Rissen in gebundenen Konstruktionen kann durch die Ausführung geringer Bewegungsfugenabstände und durch die Sicherstellung eines guten Verbundes zwischen dem Bettungsmörtel und den Pflastersteinen zwar nicht vollständig vermieden werden, doch sinkt die Gefahr für die Entstehung ungeplanter Risse deutlich.

Risse in gebundenen Pflasterdecken

Das bedeutendste Schadensbild der gebundenen Bauweise stellt die Bildung von Rissen in Pflasterdecken dar. Diese Risse entstehen häufig im Fugenmörtel (in der Kontaktzone Stein/Mörtel) und setzen sich über die Pflastersteine bzw. Betonplatten fort (Abbildung 4).

Anmerkung: In der überarbeiteten ATV DIN 18 318 (Ausgabe vermutlich 2019) wird der Hinweis enthalten sein, dass vereinzelte Risse, z.B. durch Schwinden und Kriechen zulässig sind, sofern die Rissbreite einen Wert von 0,8 mm nicht überschreitet.

Thermische Beanspruchungen

Thermische Beanspruchungen können, wie beschrieben, zur Ausbildung von Rissen in gebundenen Pflasterdecken führen (Abbildung 5).

Diese Risse verlaufen normalerweise quer zur Fahrtrichtung (Abbildung 6) und stehen nicht selten mit der Bildung von Ausbrüchen in Verbindung.

Bewegungsfugen

Auch das Thema „fehlende Bewegungsfugen“ spielt bei der Rissanfälligkeit von in gebundener Bauweise

erstellten Pflasterdecken eine besondere Rolle. Bei der nachfolgend beschriebenen Fläche handelt es sich um eine nicht befahrene Pflasterdecke aus Betonplatten, die in Mischbauweise (mit einem Harz verfugte Betonplatten auf einem ungebundenen



EINSTEIN-FUGENTECHNIK – mit Abstand am besten!

- ✓ D-Punkt Fugentechnik – für optimale Fugenausbildungen
- ✓ allseitiger Vollverbund – für höchste Verkehrsbelastung
- ✓ maschinell verlegbar – für hohe Wirtschaftlichkeit
- ✓ klares Fugenbild – für eine überzeugende Optik



Einstein - Fugentechnik
kontakt@einstein-pflaster.de
www.einstein-pflaster.de



Bettungssplitt 2/5 mm) erstellt wurde. Trotz einer Länge von über 40 m (Abbildung 7) wurden bei dieser Pflasterdecke Bewegungsfugen weder geplant noch ausgeführt.

Selbst im Bereich der Einbauteile wurde der Plattenbelag mit dem Fugenmörtel direkt an die aufgehenden Bauteile angearbeitet (Abbildung Bild 8), ohne Bewegungsfugen vorzusehen.

Die Bildung von Rissen in der Pflasterdecke sowie von Materialzerstörungen am Fugenmörtel war die logische Folge der thermischen Spannungen, die bei dieser Pflasterdecke zu erwarten waren und auch auftraten. In der Folge verlor der Fugenmörtel, wie in Abbildung 9 dargestellt, seine Festigkeit und witterte teilweise aus der Fuge heraus.

Fehlende Einfassungen

Neben den oben beschriebenen Gründen für die Entstehung von Rissen in gebundenen Pflasterdecken sind die Rissbildungen nicht selten auf fehlende oder minderwertige „Einfassungen bzw. Rückenstützen“ zurückzuführen. Diese Schäden treten beispielsweise an Übergängen zwischen in gebundener und ungebundener Bauweise erstellten Pflasterdecken auf, wenn die letzte Reihe der gebundenen Pflasterdecke nicht durch eine lagestabile Randeinfassung begrenzt wird.

Bei dem nachfolgenden Beispiel wurde eine Straße in vollgebundener Bauweise (Abbildung 10) errichtet. Der Fußgängerüberweg wurde stattdessen in ungebundener Bauweise erstellt. Eine Sicherung der Randsteine von der gebundenen zur



Abbildung 11: Ausbrüche an den Randsteinen der gebundenen Pflasterdecke.



Abbildung 12: Kantenschäden an den zur gebundenen Pflasterdecke benachbarten Betonplatten.

„Zur Reduzierung der Gefahr von Spannungsrissen sollen die Abstände zwischen den Bewegungsfugen in gebundenen Pflasterdecken je nach Regelwerk bei maximal 4 m bis 7 m liegen.“

ungebundenen Pflasterdecke in Form einer Einfassung aus Beton bzw. einer Rückenstütze wurde nicht ausgeführt.

Aufgrund der Befahrung dieser Pflasterdecke mit Pkw und Lkw wurden die im Randbereich der in gebundener Bauweise eingebrachten Pflastersteine zum Teil erheblichen Schubkräften ausgesetzt. Diese Schubkräfte konnten aufgrund der fehlenden Einfassung nicht schadensfrei in den Unterbau eingeleitet werden. In der Folge brachen diese Pflastersteine aus der gebundenen Pflasterdecke heraus, und es entstanden zum Teil massive Risse in und Ausbrüche an den Fugenmaterialien (Abbildung 11).

Parallel dazu führte die Verschiebung der gelockerten Pflastersteine der gebundenen Pflasterdecke auch zu Kantenschäden an den benachbarten, in ungebundener Ausführung eingebrachten Betonplatten (Abbildung 12).

Ein vergleichbarer Schaden zeigte sich auch an der Pflasterdecke eines in vollgebundener Segmentbogenbauweise ausgeführten Kleinpflasters, bei dem elastische Dehnfugen zur Unterteilung der Pflasterdecke eingesetzt wurden (Abbildung 13).

Da die verwendeten Dehnfugen keine ausreichende Verformungsbeständigkeit aufwiesen, wurden die angrenzenden Pflastersteine aus Naturstein durch die einwirkenden Schubkräfte verschoben, wobei Abrisse im Fugenmörtel entstanden.

Dehnfugen müssen ausreichend verformbar sein, damit sie die z.B. durch Temperatureinflüsse in der Pflasterdecke entstehenden Verformungen aufnehmen können. Gleichzeitig müssen sie aber auch die Funktion einer „Rückenstütze“ für die Pflastersteine der gebundenen Pflasterdecke übernehmen und aus diesem Grunde auch eine ausreichende Lagestabilität aufweisen.

Die Dehnfugen müssen demnach sowohl druckstabil als auch ausreichend verformbar sein. Weiterhin müssen sich die Dehnfugen nach der Beanspruchung der Pflasterdecke wieder vollständig zurückstellen. Erfüllen Dehnfugen diese Anforderun-



Abbildung 13: Bewegungsfugen in einer in gebundener Bauweise erstellten Pflasterdecke.

gen nicht, können massive Abrisse im Bereich der gebundenen Fugen entstehen.

Ausblick

Im ersten Teil der Artikelserie zur gebundenen Bauweise wurde über Anforderungen an Fugen- und Bettungsmörtel sowie über die Ursache für die Bildung von Rissen in gebundenen Pflasterdecken berichtet.

Im zweiten Teil der Artikelserie werden Ursachen für das Auswittern der Fugenmaterialien sowie für Schäden an Entwässerungsrinnen und Einfassungen vorgestellt. Abschließend wird über die Probleme beim Nachweis der Eigenschaften von Bauwerksproben berichtet. ■

LITERATUR

- [01] DIN EN 1015-2: 05-2007. Prüfverfahren für Mörtel von Mauerwerk – Probenahme von Mörteln und Herstellung von Prüfmörteln.
- [02] DIN EN 1015-6: 05-2007. Prüfverfahren für Mörtel von Mauerwerk – Bestimmung der Rohdichte von Frischmörtel.
- [03] DIN EN 1015-11: 05-2007. Prüfverfahren für Mörtel von Mauerwerk – Bestimmung der Biegezug- und Druckfestigkeit von Festmörtel.
- [04] DIN EN 1015-12: 12-2016. Prüfverfahren für Mörtel von Mauerwerk – Bestimmung der Haftzugfestigkeit zwischen Putz und Untergrund.
- [05] ATV DIN 18 318: 09-2016. VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Verkehrswegebauarbeiten – Pflasterdecken Plattenbeläge in ungebundener Ausführung, Einfassungen.
- [06] DIN 18 507: 08-2012. Pflastersteine aus haufwerksporigem Beton – Begriffe, Anforderungen, Prüfungen, Überwachung.
- [07] Betonwerksteinkalender: (2017). Ausschreibung – Kalkulation – Regelwerke – Ausführung, ad-media GmbH, Köln.
- [08] Deutscher Naturwerkstein-Verband e.V. (1996). Mörtel für Außenanlagen (Merkblatt 1.6), DNV Verlag GmbH, Kornwestheim.
- [09] Deutscher Naturwerkstein-Verband e.V. (05-2014). Pflaster-

„Dehnfugen müssen ausreichend verformbar sein, damit sie die z.B. durch Temperatureinflüsse in der Pflasterdecke entstehenden Verformungen aufnehmen können.“

und Plattendecken für befahrbare und begangene Flächen in ungebundener und gebundener Ausführung sowie in Mischbauweisen, DNV Verlag GmbH, Kornwestheim.

- [10] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2003): Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen – Regelbauweise (Ungebundene Ausführung) (M FP₁), FGSV Verlag, Köln.
- [11] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2006): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen (ZTV Pflaster-StB 06), FGSV Verlag, Köln.
- [12] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2007): Arbeitspapier für Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen in gebundener Ausführung, FGSV Verlag, Köln.
- [13] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2015): Merkblatt für Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen in ungebundener Ausführung sowie für Einfassungen (M FP), FGSV Verlag, Köln.
- [14] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2018): Merkblatt für Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen in gebundener Ausführung (M FPgeb), FGSV Verlag, Köln.
- [15] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2018): Arbeitsanleitung zur Durchführung von Prüfungen für Pflasterdecken und Plattenbelägen in gebundener Ausführung (ALP Pgeb), FGSV Verlag, Köln.
- [16] Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (2013). Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen für den Bau von Wegen und Plätzen außerhalb von Flächen des Straßenverkehrs (ZTV Wegebau), FLL Verlag, Bonn.
- [17] Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V. (01-2009): Gebundene Bauweise – historisches Pflaster (Merkblatt 5-21), Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart.
- [18] Dr. Voß, Karl-Uwe: Schäden an Flächenbefestigungen aus Betonpflaster – Teil 2: Frostschäden, gebundene Bauweise, oberflächen-vergütete Produkte. 1. Auflage. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2018.