

3.3.2**Herstellen der Fugenkerben**

Siehe DIN 18316, Abschnitt 3.3.4.4

Der Beton muss im Fugenbereich die gleiche Beschaffenheit aufweisen und dieselbe Festigkeit erlangen wie in der übrigen Decke. Die Herstellungsverfahren für die Fugenkerbe müssen Gewähr dafür bieten, dass die Fugenkerben auf ihrer ganzen Tiefe und über die gesamte Breite des Fertigungsstreifens die vorgesehene Abmessung erhalten. Die Kerben müssen so rechtzeitig wirksam sein, dass die Platten bei Verkürzung rissfrei bleiben.

Kommentar

Die vorstehenden Regelungen der ZTV Beton-StB¹ ergänzen Abschnitt 3.3.4.4 der DIN 18316.

DIN 18316

Verkehrswegebauarbeiten – Oberbauschichten mit hydraulischen Bindemitteln**3.3.4 Betondecken****3.3.4.4 Fugen**

Betondecken sind mit Fugen herzustellen.

Fugen müssen im oberen Teil einen Fugenspalt erhalten, der in Breite und Tiefe auf den vorgesehenen Fugenfüllstoff abgestimmt ist. Durch das Herstellen der Fugen dürfen die Festigkeit des Betons und die Oberflächenbeschaffenheit der Betondecke nicht beeinträchtigt werden. Die Fugen sind so rechtzeitig herzustellen, dass keine Risse entstehen.

Kommentar**Inhaltsübersicht**

- (1) Beschaffenheit des Betons im Fugenbereich
- (2) Rechtzeitiges Herstellen der Fugenkerben
- (3) Übereinstimmung von Fugen und Kerben
- (4) Aufweiten der Fugenkerben
 - (4.1) Allgemeine Baugrundsätze für Fugen in Verkehrsflächen
 - (4.2) Allgemeine Baugrundsätze für Fugen in Verkehrsflächen aus Beton
 - (4.3) Herstellen des Fugenspaltes
 - (4.4) Abfasen des Fugenspaltes
 - (4.5) Anforderungen an den Fugenspalt
 - (4.6) Entfernen von Fugenfüllungen bei Erhaltungsmaßnahmen
 - (4.7) Nachschneiden des Fugenspaltes bei Erhaltungsmaßnahmen
 - (4.8) Einbringen der Fugenfüllstoffe
- (5) Fugenfüllstoffe und Fugeneinlagen

¹ Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Beton (ZTV Beton-StB 07), Ausgabe 2007, Köln 2008.

Kommentar

(1) Beschaffenheit des Betons im Fugenbereich

DIN 18316 und die ZTV Beton-StB fordern übereinstimmend, wenn auch mit etwas anderen Worten, dass durch das Herstellen der Fugen und Fugenkerben der Beton weder in seiner Festigkeit noch in seiner (Oberflächen-)Beschaffenheit beeinträchtigt werden darf.

Die Ecken und Kanten von Betonplatten werden durch Verkehr und Witterung stark beansprucht. Damit der Beton diese Beanspruchungen aufnehmen kann, muss er im Fugenbereich die gleiche Zusammensetzung, d. h. auch keinen größeren Feinkornanteil als in der übrigen Decke, aufweisen. Das war früher ein gewisses Problem, als die Herstellung „gerüttelter“ Fugen noch möglich war. Heute werden bei Decken der Bauklassen SV, I bis III die Quersfugenkerben in den erhärteten Beton eingeschnitten und auch die Längsfugenkerben geschnitten, sodass die Forderung nach der gleichen Festigkeit im Fugenbereich eingehalten werden kann.

Auch durch ein frühzeitiges Herstellen (Schneiden) der Fugenkerben dürfen keine Schädigungen im Fugenbereich eintreten, die später zu Abplatzungen der Fugenkanten führen. Kleinstabplatzungen (≤ 3 bis 4 mm) sind unbedenklich, solange sie durch das Herstellen des Fugenspaltes und anschließendes Abfasen der Fugenkanten wieder entfernt werden.

(2) Rechtzeitiges Herstellen der Fugenkerben

DIN 18316 und die ZTV Beton-StB stellen die große Bedeutung des rechtzeitigen Herstellens bzw. des Wirksamwerdens der Fugen als Forderung heraus, um sicherzustellen, dass in den Platten der Betondecke bei Verkürzungen keine Risse entstehen. Ungewollte Risse sind nur zu vermeiden, wenn die Fugenkerben so rechtzeitig hergestellt werden, dass sie als Sollbruchstellen wirken, bevor in der erhärtenden Decke nicht aufnehmbare Zugspannungen auftreten.

Bei raumfugenlosen Decken kommt es besonders auf die rechtzeitige Wirksamkeit der Fugenkerben an. Bei geschnittenen Fugen ist der Zeitpunkt des Schneidens in Abhängigkeit vom Erhärungsgrad des Betons zu bestimmen. Wird nämlich mit dem Schneiden zu früh begonnen, besteht die Gefahr vieler kleiner Kantenschäden; erfolgt das Schneiden zu spät, kann der Beton schon angerissen sein und ein eigenes Rissbild entwickelt haben, was vielfach erst später, z. B. nach einem Regen, sichtbar wird. Der richtige Zeitpunkt des Fugenschnittes richtet sich nach den Betoneigenschaften, der Betontemperatur, der Witterung und den tageszeitlichen Temperaturschwankungen. Bei höheren Temperaturen muss der Fugenschnitt nach dem Einbau des Betons schneller erfolgen als bei niedrigen Temperaturen, im Hochsommer schneller als im Frühjahr oder Herbst, beim Betonieren um die Mittagszeit schneller als am frühen Morgen oder späten Nachmittag. Bereiche, die im Schatten liegen (z. B. Waldabschnitte oder Ingenieurbauwerke) erfordern unterschiedliche Schneidzeitpunkte. Ist im Frühjahr oder Herbst bei warmen Tagen damit zu rechnen, dass die Nächte kühl werden, ist es ratsam, die Decke – insbesondere in dem Bereich, in dem noch keine Fugen geschnitten werden konnten – mit Stroh- oder Gewebematten oder mit chemischen Mitteln zum Schutz gegen größere Temperaturunterschiede abzudecken.

Kommentar

Der rechtzeitige Kerbschnitt setzt große Erfahrung voraus, um die verschiedenen Kriterien einzuhalten (siehe Abschnitt 3.3.2.1). Quer- und Längs-scheinfugen sind in engem zeitlichen Abstand zu schneiden. Wenn zu spät geschnitten wird, besteht nicht nur ein größeres Rissrisiko, sondern auch die Gefahr, insbesondere bei kühleren Temperaturen, dass zunächst nur jede zweite oder dritte Fugenkerbe wirksam wird. Die Folge ist, dass sich ungleiche Öffnungsweiten der Fugen einstellen. Um die Fugenfüllungen nicht überzubeanspruchen, muss dann auf diese Entwicklung bei der Wahl der Fugenabmessungen Rücksicht genommen werden, d. h. vor der Herstellung des endgültigen Fugenspaltes ist die Öffnungsweite der Fugenkerbe festzustellen (siehe ZTV Fug-StB).

Durch die ausdrückliche Forderung nach gleich bleibender und bis zum Deckenrand durchgehender Fugenkerbbreite und -tiefe soll weiter sichergestellt werden, dass an den Plattenenden keine Zwickel im Beton verbleiben. Solche Zwickel sind bei Wärmedehnung ursächlich für Ecken- und Kantenabbrüche.

(3) Übereinstimmung von Fugen und Kerben

Werden Betondecken unmittelbar auf Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln ohne Geotextilzwischenschicht (Vliesstoff) hergestellt (siehe Abschnitt 3.3.4 der RStO 01), sind im Hinblick auf den entstehenden Verbund besondere Maßnahmen zu ergreifen. Zur Verringerung der gegenseitigen Beeinflussung durch Schwinden und Quellen sowohl von Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln als auch der Decke besteht die Forderung, dass die Lage der Fugen in der Betondecke mit der Lage der Kerben in der Tragschicht übereinstimmen muss. Das bedeutet, dass bereits bei der Herstellung der Kerben in der Tragschicht diese sehr genau auf das vorgesehene Abstandsmaß (Muster) der Fugen der Decke einzumessen sind. Abweichungen der Lage der Fugen von der Lage der vorhandenen Kerben in der Tragschicht sind dabei bis zu 10 cm unkritisch.

Infolge der Übereinstimmung der Lage der Fugen in der Tragschicht mit der Lage der Fugen der Decke wird das gleichmäßige Reißen aller Fugen begünstigt, sodass einem „Paketreißen“ mit unregelmäßig geöffneten Scheinfugen entgegengewirkt wird. Ein wilder Riss zwischen den Fugen wird dadurch weitgehend vermieden.²

(4) Aufweiten der Fugenkerben

Für die Aufnahme der Fugenfüllung, ist die Fugenkerbe durch einen Fugenspalt bzw. eine Fugenkammer aufzuweiten und in der Regel abzufasen. Unter

² Eisenmann, J.; Birmann, D.: Weiterentwicklung der Maßnahmen zur gezielten Rissbildung in HGT; Informationen – Forschung im Straßen- und Verkehrswesen, Teil: Straßenbau und Straßenverkehrstechnik III 8-29 bis III 8-30, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. Eisenmann, J.; Zachlehner, A.: Zugbeanspruchung in Querrichtung von jungen Betondecken mit Ankern; Schriftenreihe Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 547, 1988, Bundesminister für Verkehr.

Kommentar Berücksichtigung der Eigenschaften der Fugenfüllstoffe kann der Fugenspalt eine unterschiedliche Breite und Tiefe haben.

Die ZTV Beton-StB regeln nur die Anordnung und die Herstellung von Fugenkerben. Für die Herstellung der Fugenkammern und der Abdichtung der Fugen mit Fugenfüllstoffen sind die Regelungen der „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Fugen in Verkehrsflächen“ (ZTV Fug-StB 01) maßgebend.

Die ZTV Fug-StB 01 ist die erste umfassende Zusätzliche Technische Vertragsbedingung (ZTV), die auf der Grundlage der bis dahin gesammelten praktischen Erfahrungen erarbeitet worden ist. Der Geltungsbereich ist im Abschnitt 1 der ZTV Fug-StB aufgeführt:

ZTV Fug-StB

Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Fugen in Verkehrsflächen (Ausgabe 2001)

1. Allgemeines

Die „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Fugen in Verkehrsflächen“, Ausgabe 2001 (ZTV Fug-StB 01), sind darauf abgestellt, dass die Verdingungsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) und insbesondere die

ATV DIN 18299 „Allgemeine Regelungen für Bauarbeiten jeder Art“,

ATV DIN 18316 „Verkehrswegebauarbeiten – Oberbauschichten mit hydraulischen Bindemitteln“,

ATV DIN 18317 „Verkehrswegebauarbeiten – Oberbauschichten aus Asphalt“,

ATV DIN 18318 „Verkehrswegebauarbeiten – Pflasterdecken, Plattenbeläge, Einfassungen“,

Bestandteil des Bauvertrages sind.

Die im Text mit **Randstrich** gekennzeichneten Absätze sind „Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen“ im Sinne von § 1, Nummer 2d VOB Teil B – DIN 1961 –, wenn die ZTV Fug-StB Bestandteil des Bauvertrages sind.

Die im Text kursiv gedruckten und nicht mit Randstrich gekennzeichneten Absätze sind „Richtlinien“; sie sind vom Auftraggeber bei der Aufstellung der Leistungsbeschreibung sowie bei der Überwachung und Abnahme der Bauleistung zu beachten.

Absätze in **Kleindruck** verweisen auf §§ der VOB/B bzw. auf Abschnitte der ATV DIN 18316, ATV DIN 18317 und der ATV DIN 18318.

Die in den ZTV Fug-StB angegebenen Grenzwerte und Toleranzen beinhalten sowohl die Streuungen bei der Probenahme und die Vertrauensbereiche der Prüfverfahren (Präzision unter Vergleichbedingungen) als auch die arbeitsbedingten Abweichungen, soweit im Einzelfall keine andere Regelung getroffen ist.

Produkte aus anderen Mitgliedstaaten der Europäischen Gemeinschaften und Ursprungswaren aus den Mitgliedstaaten des Europäischen Wirtschaftsraumes, die diesen Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen nicht entsprechen, werden einschließlich der im Herstellerstaat durchgeführten Prüfungen und Überwachungen als gleichwertig behandelt, wenn mit ihnen das geforderte Schutzniveau – Sicherheit, Gesundheit und Gebrauchstauglichkeit – gleichermaßen dauerhaft erreicht wird.

Die verwendeten Abkürzungen und die im Text angegebenen Technischen Regelwerke sind im Anhang zusammengestellt.

Kommentar

Nach Einführung des „Merkblattes für die Fugenfüllung in Verkehrsflächen aus Beton (Ausgabe 1982)“³ sowie der „Technischen Lieferbedingungen für bituminöse Fugenvergussmassen (TL bit Fug 82)“⁴ haben vielerlei Veränderungen, Fort- und Weiterentwicklungen, insbesondere auf dem Gebiet der Materialtechnik bei den Fugenfüllstoffen und Fugenfüllsystemen, aber auch auf den Gebieten der Straßenbaukonstruktion und -technologien, stattgefunden. Einerseits findet diese festzustellende Weiterentwicklung Ausdruck in der Erhöhung der aufnehmbaren zulässigen Änderung der Fugenspaltbreite bei heiß und kalt verarbeitbaren Fugenmassen (TL bit Fug 82 = 15 %, TL Fug-StB 01 = 25 % bzw. 35 %) und der damit einhergehenden Vergrößerung des Anwendungsbereiches. Darüber hinaus ist neben einer Spezialisierung bei den heiß bzw. kalt verarbeitbaren Produkten für Fugenfüllungen bei unterschiedlichen Anwendungsbereichen der gewachsene Erfahrungshintergrund für die Anwendung von elastomeren Fugenfüllprofilen zu erwähnen. Dort führten die Entwicklungen zu Materialien mit höherer Elastizität und damit zu höherem Anpressdruck an die Fugenflanken. Weiterhin war die Entwicklung gekennzeichnet durch die Einbindung eines Dehnbegrenzungsfadens in den Profilquerschnitten sowie durch Entwicklung von offenen Profilen („Tannenbaumprofile“).⁵

Des Weiteren stellte der weitgehende Verzicht auf die Verwendung von teerpechhaltigen Vergussmassen die Forderung nach adäquaten Ersatzbaustoffen. Dies führte zu Spezialisierungen bei den kalt verarbeitbaren Fugenmassen, deren Haupteinsatzgebiet bei Fugenausbildungen mit besonderen chemischen Beanspruchungen liegt.

Aus konstruktiver Sicht brachten z. B. neuere Untersuchungen über die Auswirkungen von Abfasungen des Fugenspaltes (insbesondere bezüglich Dauerhaftigkeit, Lärmemissionen in Abhängigkeit von der Fugenspaltbreite) weitere Erkenntnisse zur Anordnung und optimierten Dimensionierung von Abfasungen von Fugenspalten bei Quertugen in Fahrbahndecken aus Beton.⁶ Des Weiteren konnten Fragen der konstruktiven Ausbildung von Unterfüllstoffen an Randfugen genauer spezifiziert werden, wenngleich die Art und Ausbildung einer Unterfüllung des Fugenspaltes weiterhin eine zentrale Fragestellung beim Forschungs- und Untersuchungsbedarf auf dem Gebiet der Fugenfüllungen von Verkehrsflächen darstellt.⁷ Ebenso erfolgte ein Wissenszuwachs aufgrund neuerer Erkenntnisse aus zahlreichen Felduntersuchungen zur Erfassung und Klassifizierung der in Abhängigkeit von den baulichen Randbedingungen (Plattendicke, Plattenlänge, Bauweise, Gradienten,

3 Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Merkblatt für die Fugenfüllung in Verkehrsflächen aus Beton, Ausgabe 1984, Köln 1984.

4 Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Technische Lieferbedingungen für bituminöse Fugenvergussmassen (TL bit Fug 82), Ausgabe 1982, Köln 1982.

5 Roßbach; Knepper; Kamplade: Verhalten von Fugenfüllstoffen, Bericht der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach 1993. Schmidt: Erfahrungen mit elastischen Fugenprofilen in Betondecken, Betonstraßentagung 1991 in Suhl, Kirschbaum Verlag, Bonn 1992.

6 Roßbach; Knepper; Kamplade: Verhalten von Fugenfüllstoffen, Bericht der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach 1993.

7 Eilers: Bewegungen von Randfugen auf Brücken, Bericht der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach 2002.

Kommentar Abstand der Bauwerke) sowie den klimatologischen Gegebenheiten (Klimazone) zu erwartenden Fugenbewegungen.⁸

Diesen genannten stofflichen und konstruktiven Entwicklungen sowie den damit einhergehenden Auswirkungen auf die Ausbildung von Fugenfüllungen ist durch die Erarbeitung der ZTV Fug-StB⁹ Rechnung getragen worden. Gleichzeitig ist eine Zusammenfassung der in unterschiedlichen Regelwerken getroffenen Festlegungen und Aussagen zu Fugenfüllungen für verschiedenartige Verkehrsflächen erfolgt, um das technische Regelwerk insgesamt zu straffen. Dabei bauen die ZTV Fug-StB auf den vormals in den ZTV Beton-StB ausgeführten Regelungen zu Anordnung und Ausführung von Fugen in Verkehrsflächen aus Beton auf.

Auf die ebenfalls in der ZTV Fug-StB integrierten Regelungen über die Anordnung von Fugen in Asphaltbelägen und Pflasterbelägen wird in den einzelnen Kommentarteilen nicht weiter eingegangen. Da die ZTV Fug-StB sowohl Regelungen für Fugenfüllungen im Neubau von Betondecken als auch für die Bauliche Erhaltung von Verkehrsflächen aus Beton enthält, werden beide auch in den verschiedenen Abschnitten kommentiert.

Die in der ZTV Fug-StB formulierten Vertragsbedingungen beziehen sich auf die Anwendung, Baugrundsätze, Ausführung, Prüfung, Abnahme und Leistungsanforderungen an die Baustoffe und Stoffsysteme. Damit stellen die ZTV Fug-StB im Vergleich zu ihren Vorgängerregelwerken ein höherwertiges technisches Regelwerk aufgrund ihrer Rechtsverbindlichkeit dar. Im Sinne einer einheitlichen Gestaltung der technischen Regelwerke für den Straßenbau erfolgte die Erstellung in Form von „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien“. Diese Rechtsform ist – aufgrund der erforderlichen Notifizierung bei der Europäischen Kommission – gleichzeitig Grundlage und Voraussetzung dafür, dass der nationale Regelwerksstand bei der Erarbeitung eines entsprechenden europäisch harmonisierten Regelwerkes berücksichtigt werden kann. Die ZTV Fug-StB sind somit Grundlage für die Berücksichtigung der deutschen Prüf- und Anforderungskriterien.

Die ZTV Fug-StB zeichnen sich durch eine neue Methodik zur Ausbildung einer Fugenfüllung aus. Mit diesem Regelwerk erfolgt der Übergang zu einer bemessungsfundierten Fugenausbildung im Gegensatz zu der früheren pauschalen – rein empirischen rissweitenabhängigen – Ausbildung des Fugenspaltes. Der Planer soll unter Beachtung der maßgebenden Einflussgrößen auf die zu erwartenden Fugenbewegungen die Abmessungen des Fugenspaltes bemessen und auf dieser Grundlage das geeignete Fugenfüllsystem auswählen. Dazu dienen die in der Tabelle 1 der ZTV Fug-StB aufgeführten Richtwerte für die in Abhängigkeit von Fugenart und konstruktiver Ausbildung der Fahrbahnplatten zu erwartenden Änderungen der Fugenspaltbreite. Die darauf abgestellte Dimensionierung der Fugenspaltsgeometrie in Abhängigkeit von der gewählten Fugenfüllung/Fugenfüllsystem ist in weiteren Tabellen geregelt. Grundlage für die Bemessungsregeln stellen

8 Eisenmann; Lechner: Anforderungen an Fugenfüllsysteme aus Temperaturdehnungen, Bericht S 15 der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach 1996.

9 Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Fugenfüllungen in Verkehrsflächen (ZTV Fug-StB 01), Ausgabe 2001, Köln 2002.

Kommentar neuere Untersuchungen im Feld, umfangreiche Forschungsarbeiten und praktische Erfahrungen dar.¹⁰

Bei der Bearbeitung der ZTV Beton-StB 01¹¹ wurden Fragen zur Ausbildung und Herstellung der Fugenfüllung ausgegliedert und im Rahmen der Erstellung der ZTV Fug-StB 01 dieser inhaltlich zugeordnet. Gleichzeitig war es im Sinne einer Straffung des Regelwerkes sinnvoll und vor dem Hintergrund der europäischen Normung notwendig, den Geltungs- und Anwendungsbereich des neuen technischen Regelwerkes für Fugenfüllungen im Vergleich zum früheren Merkblatt weiter zu fassen und ihn auf alle normal beanspruchten Verkehrsflächen sowohl in Belägen aus Beton als auch aus Asphalt auszudehnen.

Aufgrund der dargestellten Neuerungen war es zudem notwendig, entsprechend angepasste Regelungen über die Prüfungen und Anforderungskriterien im Rahmen von Technischen Prüfvorschriften sowie Technische Lieferbedingungen zu erarbeiten. Auch hierbei ist im Vergleich zum vorherigen Regelwerksstand eine qualitative Weiterentwicklung erfolgt.

Art und Umfang des Prüfinstrumentariums sind unter Berücksichtigung der stofflichen Weiterentwicklungen und einer zunehmend gebrauchsorientierten Beschreibung der Materialien entsprechend überarbeitet. Die entsprechenden Eigenschaften sind überwiegend mit Anforderungen belegt. Damit sind gleichzeitig die Grundlagen für einen höheren qualitativen Standard der Produkte – umgesetzt durch die Einführung eines Gütesicherungssystems zum Konformitätsnachweis mittels werkseigener Produktionskontrolle (WPK) und Fremdüberwachung entsprechend Stufe 2i der Bauproduktenrichtlinie, Anhang III – geschaffen worden.¹²

Mit den ZTV Fug-StB 01 sind allen am Straßenbau Beteiligten einheitliche und für den Bundesfernstraßenbereich vertragsrechtlich verbindliche technische Regelungen über die Grundsätze zur Herstellung von Fugen und für die Ausführung von Fugenfüllungen zur Verfügung gestellt worden, die darüber hinaus auch Regelungen über die Prüfungen, Abnahme, Gewährleistung und Abrechnung umfassen.

Mit den ZTV Fug-StB 01 wird eine Auswahl der bei normal beanspruchten Verkehrsflächen der freien Strecke zulässigen Fugenfüllungen für Neubau- und Erhaltungsmaßnahmen bereitgestellt. Als normal sind dabei Verkehrsflächen anzusehen, die nach den im Verkehrswegebau geltenden Baugrundsätzen in Beton-, Asphalt- oder Pflasterbauweise gebaut sind. Für besondere Anwendungsgebiete und Bauweisen sowie bei besonderen Beanspruchungen (z. B. Lagerflächen für Chemikalien u. a.) ist die Eignung

¹⁰ U. a. Eisenmann; Lechner: Anforderungen an Fugenfüllsysteme aus Temperaturdehnungen, Bericht S 15 der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach 1996. Eisenmann: Bedeutung und konstruktive Ausbildung von Fugen in Betonstraßen; Straße + Autobahn, Heft 8/1983. Fleisch; Bartz: Eignung überdeckter Fugen mit Querkraftübertragung, Bericht S 6 der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach 1993. Birmann: Langzeitverhalten von Betondecken; Straße + Autobahn, Heft 4/1992.

¹¹ Eisenmann; Leykauf: Betonfahrbahnen, Verlag Ernst & Sohn, Berlin 2003.

¹² DIN 18200: Übereinstimmungsnachweis für Bauprodukte – Werkseigene Produktionskontrolle, Fremdüberwachung und Zertifizierung von Produkten, Berlin 2000. Gesetz über das Inverkehrbringen von und den freien Warenverkehr mit Bauprodukten (Bauproduktengesetz – BauPG).

Kommentar der in den ZTV Fug-StB 01 beschriebenen Fugenfüllungen im Einzelfall zu prüfen bzw. sind spezielle Lösungen zu entwickeln.

Der Anwendungsbereich der ZTV Fug-StB 01 grenzt sich einerseits gegenüber anderen Dehnfugenbauarten (z. B. Fahrbahnübergangskonstruktionen aus Asphalt oder Stahl etc.)¹³ durch die Begrenzung der aufnehmbaren Bewegungen (Änderung der Fugenspaltbreite) auf maximal 5 mm (7 mm bei elastischen Fugenvergussmassen) ab. Diese Anwendungsgrenzen ergeben sich aus den produktspezifisch unterschiedlichen maximal aufnehmbaren Änderungen der Fugenspaltbreite. Andererseits ist der Anwendungsbereich des Regelwerkes mit Ausnahme der Fugenausbildung bei Schienenfugen auf eine Ausführung der Fugenspaltbreite bis 20 mm begrenzt.

Das Regelwerk besteht aus drei Teilen. In den ZTV Fug-StB 01 selbst werden in einem allgemeinen Abschnitt sowie in vier weiteren Abschnitten – jeweils bezogen auf die geregelten Arten von Fugenfüllungen – alle vertragsrelevanten Festlegungen sowie richtlinienartige Aussagen getroffen. Dabei sind im Abschnitt 1 „Allgemeines“ die Regelungen über Begriffsbestimmung, Anwendung, Baugrundsätze, Baustoffe, Ausführung, Prüfungen, Abnahme, Gewährleistung und Abrechnung aufgeführt, die für alle in den ZTV Fug-StB 01 geregelten Fugenfüllungen (heiß bzw. kalt verarbeitbare Vergussmassen, Elastomerprofile, Fugenbänder) gelten. In den Abschnitten 2 bis 5 sind die zur Auswahl stehenden Fugenfüllungen getrennt beschrieben und die jeweiligen Besonderheiten, in Ergänzung zu den im Abschnitt 1 aufgeführten Aussagen, individuell geregelt. Mitgeltende Regelungen und Regelwerke sind im Anhang aufgeführt. Die Teile 2 und 3 des Regelwerkes bilden die TL bzw. TP Fug-StB 01. Die TL Fug-StB 01¹⁴ enthalten Angaben über Art und Umfang der erforderlichen Prüfungen für den Nachweis der prinzipiellen Eignung sowie die Gütesicherung. Darüber hinaus sind in diesem Teil die Anforderungskriterien an die Stoffe und Systeme festgelegt. In den TP Fug-StB 01¹⁵ werden die zur Ermittlung bzw. zum Nachweis der Anforderungskriterien notwendigen Prüfverfahren beschrieben.

Auf die ZTV Fug-StB wird Bezug genommen in den entsprechenden Abschnitten der Regelwerke zur Ausbildung von Fahrbahndecken aus Beton bzw. Asphalt und Pflasterdecken (ZTV Beton-StB, ZTV Asphalt-StB, ZTV P-StB)¹⁶ sowie bei deren Instandhaltung (Bauliche Unterhaltung), Instandsetzung und Erneuerung (ZTV BEB-StB, ZTV BEA-StB)¹⁷.

13 BMV: Technische Liefer- und Prüfvorschriften für wasserundurchlässige Fahrbahnübergänge von Straßen- und Wegbrücken (TL/TP-FÜ), 1992. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Herstellung von Fahrbahnübergängen aus Asphalt in Belägen auf Brücken und anderen Ingenieurbauwerken aus Beton (ZTV-BEL-FÜ), 2001.

14 Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Technische Lieferbedingungen für Fugenfüllstoffe in Verkehrsflächen (TL Fug-StB 01), Ausgabe 2001, Köln 2001.

15 Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Technische Prüfvorschriften für Fugenfüllstoffe in Verkehrsflächen (TP Fug-StB 01), Ausgabe 2001, Köln 2001.

16 Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Asphalt (ZTV Asphalt-StB 01), Ausgabe 2001, Köln 2001. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Pflasterdecken und Plattenbelägen (ZTV P-StB), Ausgabe 2000, Köln 2000.

Kommentar Bei der Herstellung bzw. Ausbildung von Fahrbahndecken aus Beton setzen die ZTV Fug-StB mit der Bemessung des herzustellenden Fugenspaltes in Abhängigkeit von der Art der Fuge und den zu erwartenden Änderungen der Fugenspaltbreite sowie der gewählten Art der Fugenfüllung ein. Die Regelungen zur Herstellung der Fugen und zur Ausbildung der Fugenfüllung beginnen mit der Herstellung des Fugenspaltes, d.h. die Regelungen zur Herstellung der Fugenkerbe sind Gegenstand der ZTV Beton-StB.

Die Entscheidungsgrundlage über eine Ausbesserung von Fugenfüllungen sowie deren Ersatz bei notwendigen baulichen Erhaltungsmaßnahmen der Instandhaltung oder Instandsetzung sind für die Betonbauweisen in den ZTV BEB-StB und für die Asphaltbauweisen in den ZTV BEA-StB geregelt.

Die ZTV Fug-StB setzen hierbei mit Regelungen über Maßnahmen bei Unverträglichkeit zum alten Fugenfüllmaterial ein, regeln das Entfernen von Fugenfüllungen und im Weiteren die Herstellung des Fugenspaltes sowie die Herstellung der Fugenfüllung.

Sind Erhaltungsmaßnahmen aufgrund ursprünglich falsch abgeschätzter Fugenbewegungen durchzuführen, so bietet das Bemessungskonzept der ZTV Fug-StB die Möglichkeit, für die Instandsetzung durch Nachschneiden des Fugenspaltes die aufnehmbare Änderung der Fugenspaltbreite zu erhöhen.

Die ZTV Fug-StB 01 mit den dazugehörigen TL Fug-StB 01 und TP Fug-StB 01 und den darin enthaltenen Anforderungskriterien an die einzelnen Fugenfüllstoffe und Stoffsysteme bzw. das dazu notwendige Prüfinstrumentarium ersetzen das „Merkblatt für die Fugenfüllung in Verkehrsflächen aus Beton (Ausgabe 1982)“¹⁸, die „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Fugenfüllungen in Verkehrsflächen, Teil 3: Fugenfüllungen in Verkehrsflächen aus Beton mit komprimierbaren elastischen Profilen (Ausgabe 1995)“¹⁹ sowie die „Technischen Lieferbedingungen für bituminöse Fugenvergussmassen (TL bit Fug 82)“²⁰ und stellen damit den aktuellen Stand der Technik dar. Sie setzen die Entwicklung der erstmals mit Beginn des industrialisierten Betonstraßenbaues in den 1930er Jahren formulierten Regelungen über bituminöse Fugenvergussmassen in Deutschland, die „Vorläufigen Technischen Lieferbedingungen für bituminöse Fugenvergussmassen“ 1936²¹ bzw. 1939, fort.

17 Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Bauliche Erhaltung von Verkehrsflächen-Betonbauweisen (ZTV BEB-StB 02), Ausgabe 2002, Köln 2002. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Bauliche Erhaltung von Verkehrsflächen-Asphaltbauweisen (ZTV BEA-StB 98/03), Ausgabe 1998, Fassung 2003, Köln 2003.

18 Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Merkblatt für die Fugenfüllung in Verkehrsflächen aus Beton, Ausgabe 1984, Köln 1984.

19 Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Fugenfüllungen in Verkehrsflächen – Teil 3: Fugenfüllungen in Verkehrsflächen mit komprimierbaren elastischen Profilen (ZTV Fug 3-StB 95), Ausgabe 1995, Köln 1995.

20 Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Technische Lieferbedingungen für bituminöse Fugenvergussmassen (TL bit Fug 82), Ausgabe 1982, Köln 1982.

21 Studiengesellschaft für Automobilstraßenbau: Vorläufige Lieferbedingungen für bituminöse Fugenvergussmassen für Betonstraßen (Entwurf), Berlin 1936.

Kommentar

(4.1) Allgemeine Baugrundsätze für Fugen in Verkehrsflächen

Die allgemeinen Baugrundsätze, die für Fugen in Verkehrsflächen zu beachten sind, sind in Abschnitt 1.3.1 der ZTV Fug-StB aufgeführt.

ZTV Fug-StB

Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Fugen in Verkehrsflächen (Ausgabe 2001)**1.3 Baugrundsätze**

Siehe DIN 18316 und DIN 18318, Abschnitt 3.

1.3.1 Allgemeines

Das Anordnen der Fugen in Verkehrsflächen richtet sich nach den jeweils geltenden Vertragsbedingungen, z. B.: ZTV Beton-StB, ZTV BEB-StB, ZTV Asphalt-StB, ZTV BEA-StB, ZTV P-StB.

Durch die Fugenfüllung soll die Fuge so abgedichtet werden, dass eine Schädigung des Oberbaus durch Eindringen von Oberflächenwasser verhindert wird. Außerdem soll das Eindringen von Feststoffen in die Fuge verhindert werden, damit die freie Beweglichkeit der Bauteile gegeneinander gewährleistet ist.

Die Fugenfüllung muss langfristig funktionsfähig bleiben, damit baustellenbedingte Beeinträchtigungen des Verkehrs durch größere Erhaltungsintervalle reduziert werden.

Zur Vermeidung von Rissen infolge Dreiflächenhaftung muss die Unterfüllung elastisch oder gleitfähig sein. Bei fester Haftung an der Grundfläche kann der aufgehende Riss Keilspannungen auslösen und die Fugenmasse spalten. Dies gilt nicht bei Fugen, die verankert sind.

Bei der Wahl der Fugenspaltbreite sind für Verkehrsflächen aus Beton die Richtwerte der Tabelle 1 anzuwenden und anzugeben.

Die für den jeweiligen Verwendungszweck und die jeweiligen Fugenspaltbreiten geeignete Fugenfüllung ergibt sich aus den Eigenschaften des jeweiligen Fugenfüllstoffes.

Tabelle 1: Richtwerte für die Änderung der Fugenspaltbreite

Fugenart		Änderung der Fugenspaltbreite (mm)
1	2	3
Querscheinfugen	Plattenlänge ≤ 5 m	bis 2
	Plattenlänge $> 5 \leq 7,5$ m	bis 3
Längsscheinfugen	verankert	bis 1
	nicht verankert	bis 4
Raumfugen		bis 5
Pressfugen	verankert	bis 1
	nicht verankert	bis 4

Fugenfüllungen müssen neben den zu erwartenden Öffnungen und Bewegungen des Fugenspaltes auch die arbeitsbedingte Toleranz von ± 1 mm bei der Fugenspaltherstellung schadlos aufnehmen können.

ZTV Fug-StB

Die Rissbreite der Kerben ist vor dem Schneiden des Fugenspalt es frühmorgens festzustellen. Zu diesem Zeitpunkt muss der Beton mindestens 7 Tage alt sein. Werden Rissbreiten über 1 mm festgestellt, sind die in der Tabelle 1, Spalte 3 angegebenen Richtwerte um das über 1 mm hinausgehende Maß zu erhöhen. Die Überprüfung erfolgt durch den Auftragnehmer. Die neue Fugenspaltbreite ist gemeinsam mit dem Auftraggeber festzulegen.

Für breiter zu schneidende Fugen sind in der Leistungsbeschreibung entsprechende Ordnungsziffern vorzusehen.

Kommentar

Verkehrsflächen werden aus statischen, konstruktiven und technologischen Gründen durch Fugen, d. h. planmäßig angeordnete Trennflächen oder Zwischenräume (Fugenspalt), in Einzelabschnitte unterteilt. Je nach Art der Fuge und der Verkehrsfläche, in der die Fuge ausgebildet ist, wird der Fugenspalt in aller Regel durch stofflich abgestimmte Fugenfüllsysteme zur Aufrechterhaltung seiner Funktion sowie zum Schutz des Fahrbahnoberbaus unter Berücksichtigung der maßgebenden Einwirkungen abdichtend verschlossen. Die Gesamtheit von Fugenspalt und darin angeordneter Fugenfüllung bildet die Fugenkonstruktion. Dabei kommt neben der stofflichen Komponente auch der konstruktiven Ausbildung – sowohl der Ausbildung der Fuge/des Fugenspalt es selbst als auch der Anordnung der Fugenfüllung darin – entscheidende Bedeutung für die Dauerhaftigkeit und Funktionsfähigkeit zu. Man kann sagen, dass die Fugenkonstruktion ihren Anforderungen durch das Zusammenwirken von spezifischer konstruktiver Ausbildung und des verwendeten – auf die jeweiligen Einwirkungen stofflich abgestimmten – Fugenfüllsystems gerecht wird.²²

Die allgemeinen Prinzipien zur Anordnung von Fugen sowie die Grundsätze zu deren Herstellung in Straßenbefestigungen, d. h. in Oberbauschichten mit hydraulischen Bindemitteln, Oberbauschichten aus Asphalt bzw. in Pflasterdecken und Plattenbelägen, aber auch prinzipielle Anforderungen an Fugenfüllstoffe und Fugeneinlagen sind in der „Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB), Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen“ – und dabei insbesondere in den ATV DIN 18316, ATV DIN 18317 und ATV DIN 18318²³ – geregelt. Nach diesen Vertragsbedingungen müssen „Stoffe zum Abdichten des Fugenspalt es eine ausreichende Verformungs- und Haftfähigkeit aufweisen“. Das Eindringen von Feuchtigkeit muss in jedem Temperatur- und Verformungszustand verhindert werden. Zur dauerhaften Sicherstellung der Funktionsfähigkeit von Fugenfüllungen in Verkehrsflächen werden die o. a. allgemeinen Regelungen durch ergänzende Regelungen der ZTV Fug-StB mit folgenden Baugrundsätzen umgesetzt:

22 Klawka; Haack: Tiefbaufugen – Fugen und Fugenkonstruktionen im Beton- und Stahlbetonbau, Verlag Ernst & Sohn, Berlin 1990. Bartels; Kienzle: Fugen im Betonstraßenbau; Bauwirtschaft, Heft 7/1976.

23 DIN 18316: VOB – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV); Verkehrswegebauarbeiten, Oberbauschichten mit hydraulischen Bindemitteln, Berlin 2009. DIN 18317: VOB – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV); Verkehrswegebauarbeiten, Oberbauschichten aus Asphalt, Berlin 2009. DIN 18318: VOB – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV); Verkehrswegebauarbeiten, Pflasterdecken, Plattenbeläge, Einfassungen, Berlin 2009.

Kommentar

- Anordnung der Fugen in den verschiedenartigen Verkehrsflächen nach den jeweils mit geltenden Vertragsbedingungen zur Herstellung bzw. Erhaltung von Fahrbahnbelägen (z. B. ZTV Beton-StB, ZTV Asphalt-StB, ZTV BEB-StB, ZTV BEA-StB, ZTV P-StB und ZTV-ING).
- Verschluss des Fugenspalt mit einer Fugenfüllung, welche je nach Anwendungsfall das Ein- und Durchdringen von Oberflächenwasser oder sonstiger Flüssigkeiten (z. B. Chemikalien, Kraftstoffe etc.) und Schmutz verhindert und den sich aus der Nutzung ergebenden Beanspruchungen dauerhaft standhält. Dabei müssen Spannungen aus Verkehr, Klima und Bauwerksbewegungen riss- und ablösefrei übertragen bzw. abgebaut werden.
- Fugenfüllungen müssen sowohl langsamen als auch schnell ablaufenden Beanspruchungen dauerhaft widerstehen.
- Fugenfüllungen gemäß ZTV Fug-StB sind in Abgrenzung zu anderen Dehnfugenkonstruktionen für die Aufnahme von Bewegungen von relativ 25 % bzw. 35 % bezogen auf die Ausgangsfugenspaltbreite bzw. absolut 5 mm bzw. 7 mm bei den elastischen Massen ausgelegt.
- Bemessung der Fugenfüllung und der Fugenspaltabmessungen auf der Grundlage der zu erwartenden Änderung der Fugenspaltbreite sowie ggf. unter Berücksichtigung weiterer Einflüsse. Fugenspaltbreiten > 20 mm sind nicht vorzusehen. Das Verhältnis Fugenspaltbreite zu Fugenspalttiefe bei der Verwendung von Vergussmassen muss mindestens 1 zu 1,5 betragen und darf 1 zu 2,5 nicht übersteigen.
- Fugenflanken müssen fest sein und parallel zueinander verlaufen; Querfugen in Betonfahrbahnen sind in der Regel bis zu einer maximalen Breite von 3 mm in einem Winkel von 45° zur Horizontalen abzufasen.
- In der Regel ist die Anordnung von Unterfüllstoffen zur Vermeidung von Dreiflankenhaftung vorzusehen.
- Fugenfüllungen sind unter Ausbildung einer konkav geformten Oberfläche einzubauen.
- Die Fugenfüllung muss dauerhaft festen Verbund mit den Fugenflanken haben.
- Risse sind dem Rissverlauf folgend durch Schneiden oder Fräsen zu Fugen aufzuweiten und gemäß ZTV Fug-StB zur Aufnahme von Bewegungen zu füllen.

Die Regelungen zur praktischen Umsetzung dieser Baugrundsätze bei der Herstellung von Fugen und der Ausführung von Fugenfüllungen sind in den entsprechenden Abschnitten der ZTV Fug-StB aufgeführt. Zur Sicherstellung der geforderten Funktion wird die Lieferung der verwendeten Fugenfüllsysteme durch zu beachtende Anforderungen an die Stoff- und Systemeigenschaften in den Technischen Lieferbedingungen für Fugenfüllstoffe in Verkehrsflächen (TL Fug-StB) untersetzt. Die TL Fug-StB regelt zusätzlich die Qualitätssicherung der werksseitig vorgefertigten Fugenfüllmaterialien.

(4.2) Allgemeine Baugrundsätze für Fugen in Verkehrsflächen aus Beton

In der Regel stellt die Fuge das schwächste und störungsanfälligste Glied der Verkehrsfläche dar. Versagt die Fuge, ist eine Schädigung des Oberbaues bzw. Tragwerks vorprogrammiert, was hohe Aufwendungen in der Baulichen

Kommentar Erhaltung, aber auch baustellenbedingte Beeinträchtigungen des Verkehrs zur Folge hat. Da gerade deshalb eine funktionsfähige Fuge die wichtigste Voraussetzung für eine hohe Lebensdauer der Verkehrsflächen ist, müssen die Anstrengungen schon bei der Planung und Bemessung beginnen.

Die ZTV Fug-StB bieten die Möglichkeit, dass der Planer auf Grundlage von statistisch ausgewerteten Daten aus Forschungsarbeiten, rechnerischen Abschätzungen, Feldmessungen und Feldbeobachtungen sowie Erfahrungen die geometrische Ausbildung des Fugenspalt in Abhängigkeit von der Fugenart und gemäß den zu erwartenden Beanspruchungen (Änderung der Fugenspaltbreite) bemessen und eine für den speziellen Anwendungsfall besonders geeignete Fugenfüllung mit nachgewiesenen Gebrauchseigenschaften auswählen kann. Das Regelwerk lässt dem Planer aber auch die Freiheit, über das notwendige Maß hinaus größere Sicherheiten vorzusehen.

In Abhängigkeit von der Fugenart und den konstruktiven Randbedingungen sind die zu erwartenden Änderungen der Fugenspaltbreite für Verkehrsflächen in Betonbauweise in der ZTV Fug-StB in Tabelle 1 dargestellt.

Diese Tabelle ist Grundlage der Bemessung in Bezug auf die Abhängigkeit von Fugenart und Plattenlänge bei Betonfahrbahndecken. Im ungünstigsten Fall – bestimmt durch den Einbautermin – bewirkt die zu erwartende Änderung der Fugenspaltbreite eine reine Dehnbeanspruchung des Fugenfüllstoffes. Dies wurde bei den Lieferungsanforderungen der Fugenfüllungen in der TL Fug-StB berücksichtigt. Eine statistische Auswertung der in den unterschiedlichen Feldversuchen ermittelten Daten ergibt, dass die in der Tabelle aufgeführten Änderungen der Fugenspaltbreite mindestens 95 % der in der Praxis unter Normalbedingungen (u. a. Gefälle < 3 %, große Bauwerksabstände > 500 m, Klimazone entsprechend RStO Zone I) zu erwartenden Bewegungen abdecken. Voraussetzung für deren Gültigkeit bei Querscheinfugen ist allerdings, dass unter allen Kerbschnitten Risse auftreten und damit ein gleichmäßiges Fugenbild entsteht (gleichmäßiges Rissbild). Ungleichmäßiges Rissverhalten wird als „Paketreißen“ bezeichnet, wodurch an den betroffenen Fugen größere Bewegungen entstehen als sonst zu erwarten ist. Wird „Paketreißen“ festgestellt, sind die betroffenen Fugenspalten aufzuweiten.

Auf „Paketreißen“ im Sinne der ZTV Fug-StB wird geschlossen, wenn ungleichmäßige Rissöffnungsweiten der Fugenkerbe festgestellt werden. Maßgebend ist, wenn die frühmorgens festgestellte Rissbreite der Fugenkerbe frühestens sieben Tage nach Betonieren größer als 1 mm ist. Für die Dimensionierung des Fugenspalt ist dann das über 1 mm Rissbreite festgestellte Maß der Öffnung der Fugenkerbe der zu erwartenden Änderung der Fugenspaltbreite gemäß Tabelle hinzuzufügen. Dieses korrigierte Maß der Änderungen der Fugenspaltbreiten ist dann maßgebend für die herzustellende Breite des Fugenspalt. Bei „Paketreißen“ nach Verkehrsfreigabe müssen die entsprechenden Fugen nach dem ersten Winter nachgearbeitet werden, wenn sie funktionsfähig bleiben sollen. Die ursprünglich eingebauten Fugenfüllungen müssen dann entfernt, die Fugenkammern breiter und tiefer geschnitten und mit neuer Fugenfüllung wieder verschlossen werden. Bei diesen Arbeiten, bei denen nur ein geringer Teil der Fugen bearbeitet wird, sind die Verkehrssicherungskosten meistens höher als die Aus-

Kommentar führungskosten der einzelnen Positionen. Wenn ein „Paketreißen“ aufgrund der örtlichen, konstruktiven und jahreszeitlichen Randbedingungen nicht auszuschließen ist, sollte deshalb bei Planung und Ausschreibung bereits die Notwendigkeit einer Nachbearbeitung berücksichtigt werden. Dies kann beispielsweise derart erfolgen, dass ein gewisser Anteil der auszuführenden Fugen (beispielsweise 5 %) bereits in größerer Fugendimensionierung ausgeschrieben wird.

(4.3) Herstellen des Fugenspaltes

Die allgemeinen Baugrundsätze, die für das Herstellen des Fugenspaltes in Verkehrsflächen aus Beton zu beachten sind, sind in Abschnitt 1.3.2 der ZTV Fug-StB aufgeführt.

ZTV Fug-StB

Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Fugen in Verkehrsflächen (Ausgabe 2001)

1.3 Baugrundsätze

Siehe DIN 18316 und DIN 18318, Abschnitt 3.

1.3.2 Herstellen des Fugenspaltes

Sind in Fahrbahndecken Fugen oder an Bauwerken Randfugen vorgesehen, müssen diese einen Fugenspalt aufweisen, dessen Breite und Tiefe auf die vorgesehenen Fugenfüllstoffe und die zu erwartenden maximalen Änderungen der Fugenspaltbreite abgestimmt sind.

Müssen Fugen in Verkehrsflächen aus Beton frühzeitig verfüllt werden, ist das Schwinden des Betons bei der Festlegung der Fugenspaltbreite zu berücksichtigen.

Die Fugenkerbe ist bei Verkehrsflächen aus Beton durch Schneiden auf die erforderlichen Fugenabmessungen aufzuweiten. Zum Herstellen des Fugenspaltes sind Geräte zu verwenden, die ein geradliniges und scharfkantiges Schneiden sicherstellen.

Die Abmessungen der Fugenkerben sind in der Leistungsbeschreibung vorzusehen und anzugeben.

Der Schneidschlamm ist während oder unmittelbar nach dem Schneiden schadlos zu beseitigen.

Bei Erhaltungsmaßnahmen von Fugenfüllungen ist zu prüfen, ob der Fugenspalt nachgeschnitten werden muss. Kantenabbrüche bei Fahrbahndecken aus Beton sind nach den ZTV BEB-StB auszubessern. In der Leistungsbeschreibung sind hierfür entsprechende Ordnungsziffern vorzusehen.

Kommentar

In den Tabellen 2 bis 6 der ZTV Fug-StB sind in Abhängigkeit von der Änderung der Fugenspaltbreite und den Eigenschaften des gewählten Fugenfüllstoffes die erforderlichen Abmessungen des Fugenspaltes (Fugenspaltbreite und Fugenspalttiefe) für die heiß verarbeitbaren Fugenmassen (Tabelle 2), für die elastischen Fugenmassen (Tabelle 3), für die kalt verarbeitbaren Fugenmassen (Tabelle 4 für die Fugenspaltbreite und Tabelle 5 für die Fugenspalttiefe) und für die Fugenprofile (Tabelle 6) zu entnehmen.

ZTV Fug-StB

Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Fugen in Verkehrsflächen (Ausgabe 2001)**2. Heiß verarbeitbare Fugenmassen****Tabelle 2: Fugenspaltbreite und -tiefe bei heiß verarbeitbaren Fugenmassen**

Änderung der Fugenspaltbreite (mm)	Fugenspaltbreite (mm)	Fugenspalttiefe bei Beton mit Unterfüllstoff (mm)	Fugenspalttiefe bei Asphalt und Beton ohne Unterfüllstoff (mm)
1	2	3	4
bis 2,0	8	27	20
bis 2,5	10	30	25
bis 3,0	12	35	30
bis 4,0	15	40	40
bis 5,0	20	50	40

Tabelle 3: Fugenspaltbreite und -tiefe bei elastischen Fugenmassen

Änderung der Fugenspaltbreite (mm)	Fugenspaltbreite (mm)	Fugenspalttiefe (mm)
1	2	3
bis 3,5	10	35
bis 4,0	12	35
bis 5,0	15	35
bis 6,5	20	35

3. Kalt verarbeitbare Fugenmassen**Tabelle 4: Fugenspaltbreite bei kalt verarbeitbaren Fugenmassen**

Änderung der Fugenspaltbreite (mm)	Fugenspaltbreite Belastungs- klasse A/B/C (25 %) (mm)	Fugenspaltbreite Belastungs- klasse A (35 %) (mm)
1	2	3
bis 2,0	8	8
bis 3,0	12	10
bis 3,5	15	10
bis 4,0	20	12
bis 5,0	–	15
bis 6,0	–	20

3.3.2**Herstellen der Fugenkerben**

244

ZTV Fug-StB

Tabelle 5: Fugenspalttiefe bei kalt verarbeitbaren Fugenmassen

<i>Fugenspaltbreite (mm)</i>	<i>Fugenspalttiefe (mm)</i>	<i>Dicke der Fugenmasse (mm)</i>
1	2	3
bis 10	24	8 ± 2
bis 12	28	10 ± 2
bis 15	35	12 ± 2
bis 20	47	15 ± 3

4. Fugenprofile**Tabelle 6: Fugenspaltbreite und -tiefe bei Fugenprofilen**

<i>Änderung der Fugenspaltbreite (mm)</i>	<i>Fugenspaltbreite (mm)</i>	<i>Fugenspalttiefe (mm)</i>
1	2	3
bis 1,0	6*)	20
bis 2,5	8	30**)
bis 3,0	10	30**)
bis 3,5	12	30**)
bis 4,0	15	30**)
bis 5,0	20	30**)

*) nur bei Längsfugen

**) Mindestmaß

Kommentar

Der Auftraggeber oder der Planer muss bei der Wahl des auszuschreibenden Fugenspalts dessen zu erwartende maximale Bewegungen berücksichtigen. Mögliche übermäßige Bewegungen einzelner Fugenspalten aufgrund von Paketreißen oder anderer ungünstiger Randbedingungen müssen bei der Ausschreibung und bei der Ausführung berücksichtigt werden. Hierdurch wird bereits der Planer in die Verantwortung für die spätere Funktionsfähigkeit der Fugenfüllungen einbezogen. Aus Gründen des Fahrkomforts und immer mehr auch zur Verringerung der Lärmemissionen werden möglichst schmale Fugen bevorzugt. Um die auftretenden Bewegungen sicher aufzunehmen, sind jedoch möglichst breite Fugen auszubilden. Beide Forderungen sind in der Planungsphase zu berücksichtigen und in einem Kompromiss zusammenzuführen.

In Betondecken erfolgt die Aufweitung des Kerbschnittes zum Fugenspalt im Allgemeinen etwa ein bis zwei Wochen nach dem Betonieren. Zu diesem Zeitpunkt ist die Rissbildung in den geplanten Sollbruchstellen (Kerbschnitt) in der Regel abgeschlossen. Darüber hinaus hat die Betondecke nun eine ausreichende Festigkeit, um den mit dem maschinellen Einbau der Fugen-

Kommentar füllung verbundenen mechanischen Beanspruchungen widerstehen zu können. Soll der Einbau der Fugenfüllung zu einem früheren Zeitpunkt erfolgen, d. h. bevor der Beton sieben Tage alt ist, muss beachtet werden, dass innerhalb der ersten zehn Tage nach dem Betonieren erst etwa ein Drittel der gesamten Schwindverformungen aufgetreten ist. Aus diesem Grunde sind bei der Bemessung der Fuge weitere Schwindverformungen zu berücksichtigen, um Fugenmassen nicht übermäßig zu beanspruchen bzw. um einem Absacken von Fugenfüllprofilen entgegenzuwirken. Müssen Fugen aus verkehrstechnischen Gründen infolge kurzer Bauzeiten frühzeitig verfüllt werden, ist deshalb grundsätzlich zu überlegen, ob der Fugenspalt etwas breiter als in der entsprechenden Tabelle dargestellt gewählt wird. Im Sommer besteht bei ungenügender Nachbehandlung des jungen Betons darüber hinaus die Gefahr, dass die Zugspannungen im Beton derartig vergrößert werden, dass größere als die unter normalen Umständen zu erwartenden Schwindverformungen auftreten. Deshalb kann durch die o. a. Maßnahme ein Vorhaltemaß für die durch einen höheren Schwindbeitrag vergrößerten Fugenbewegungen geschaffen werden.

Das Schneiden der Fugen muss mit Geräten durchgeführt werden, die einen maßhaltigen, geradlinigen und scharfkantigen Schnitt garantieren. An die Maßhaltigkeit der Fuge werden besondere Anforderungen gestellt, da z. B. ein zu tiefer Fugenspalt den Querschnitt der Betonplatte für die notwendige Übertragbarkeit von Längsdruckspannungen (z. B. bei sommerlichen Belagstemperaturen) schwächt. Wird eine geringere Abmessung des Fugenspaltes als in den Tabellen der ZTV Fug-StB beschrieben ausgeführt, ist das Versagen der Fugenfüllung durch Überbeanspruchung vorprogrammiert. Die Forderung der Geradlinigkeit des Fugenspaltes ergibt sich bei den Längsfugen neben der Optik dadurch, dass diese Fugen als Fahrbauteilung der einzelnen Spuren zusammen mit der Markierung dienen. Bei Querfugen in Betondecken ist sicherzustellen, dass die Fugenkerben mittig über den Dübeln hergestellt werden. Ansonsten besteht die Gefahr, dass die notwendige Einbindetiefe der querkraftübertragenden Dübel nicht mehr gewährleistet ist. Fugenspalten, die nicht geradlinig verlaufen, sind zwar funktionsfähig, aber aus optischen Gründen zu vermeiden.

Die Fugenschneidgeräte sind motorgetriebene, selbstfahrende Geräte. Sie sollen über einen ausreichend leistungsfähigen Motor mit ausreichend hoher Masse verfügen, um einen ruhigen und geraden Vorschub mit scharfkantigen und parallelen Schnittkanten sowie gleichmäßiger Schnitttiefe zu realisieren. Alle Arten von Fugenschneidern sollten mit einer Absaugvorrichtung zur Beseitigung des anfallenden Schneidschlammes ausgestattet sein.

Die Diamantwerkzeuge zum Schneiden der Fugen werden auf einer durch den Motor angetriebenen Welle befestigt. Die Schneidscheiben bestehen aus einem Stahlkern, der außen mit mehreren Schneidsegmenten besetzt ist. Diese Segmente bestehen aus Metall und sind im Schneidbereich mit Diamanten durchsetzt. Die Schneidscheibe muss im Betrieb mit Wasser gekühlt werden, da ansonsten die Diamantdurchdringung des Schneidsegmentes zerstört werden kann. Die Schneidwerkzeuge unterliegen einem Verschleiß, der bei der Ausführung des Fugenspaltes zur Einhaltung der vorgesehenen Abmessungen zu berücksichtigen ist. Die verschleißbedingte Verringerung der Höhe eines Segmentes einer Schneidscheibe kann bis zu

Kommentar 10 mm betragen, was mit Änderungen des Scheibendurchmessers von bis zu 20 mm verbunden ist. Die Schnitttiefeinstellung der Schneidgeräte muss deshalb zur Einhaltung der Toleranzen laufend nachreguliert werden.

Die Abmessungen der Fugenkerben und Fugenspalten werden im Leistungsverzeichnis festgelegt; die Toleranzen bei den Abmessungen des Fugenspaltes betragen ± 1 mm auf die Sollbreite und ± 3 mm auf die Solltiefe. Die Herstellung sowohl der Fugenkerbe als auch des Fugenspaltes erfolgt in der Regel durch Sägen im Nassschnittverfahren. Hierbei fällt Schneidschlamm an, der aufzunehmen und zu beseitigen ist. Um Unstimmigkeiten vorzubeugen sollte der geforderte Reinigungsgrad vorab zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer visuell belegbar festgelegt werden.

Neben einer Beeinträchtigung des weiteren Baugeschehens kann Schneidschlamm auch verkehrsgefährdende Auswirkungen haben. Schließlich wird auch die Qualität der nachfolgenden Arbeitsgänge, wie z. B. Fugenfüllarbeiten und Markierungsarbeiten, durch Schneidschlamm beeinträchtigt. Bei der Wahl der Art des Säuberns der Baustelle von Schneidschlamm ist zu beachten, dass neu hergestellte Betondecken durch Einsatz von schwerem Gerät, wie z. B. Kehrmaschinen, Wassertanks oder Wasserstrahlgeräten, leicht beschädigt werden können und somit ein schonendes Verfahren (Absaugverfahren) gewählt werden sollte.

Bei Erhaltungsmaßnahmen, wie z. B. beim Ersatz von Platten oder Plattenteilen, kann die Kammer des Fugenspaltes wesentlich früher als im Betondeckenneubau geschnitten werden, da in der Regel Sonderbetone (z. B. frühhochfeste oder Schnellbetone) zur Anwendung kommen.

(4.4) Abfasen des Fugenspaltes

Die allgemeinen Baugrundsätze, die für das Abfasen des Fugenspaltes in Verkehrsflächen aus Beton zu beachten sind, sind in Abschnitt 1.3.3 der ZTV Fug-StB aufgeführt.

ZTV Fug-StB

Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Fugen in Verkehrsflächen (Ausgabe 2001)

1.3 Baugrundsätze

Siehe DIN 18316 und DIN 18318, Abschnitt 3.

1.3.3 Abfasen des Fugenspaltes

Die Fugenflanken müssen im Bereich der Fugenfüllung parallel verlaufen. An den Quertugen bei Verkehrsflächen aus Beton sind die Fugenspaltkanten unter 45° abzufasen. Die Fase darf in der Draufsicht nicht breiter als 3 mm sein.

Auf die Abfasung kann verzichtet werden, wenn

- Fugenmassen bei Fugenspaltbreiten größer 15 mm oder
- Fugenprofile bei Fugenspaltbreiten größer 20 mm

eingebaut werden.

Wegen erhöhter Lärmemissionen und der Gefahr mechanischer Beschädigungen der Fugenspaltkanten sind Fugenspaltbreiten größer 20 mm nicht vorzusehen.

Kommentar Um einerseits die Lebensdauer von Fugenfüllungen im überrollten Bereich zu erhöhen und andererseits die mechanische Beanspruchung der Kanten der Fugenflanken zu vermindern, werden die Fugenspaltkanten von Querfugen in Verkehrsflächen aus Beton unter 45° mit Hilfe von Diamantwerkzeugen im Trockenschliffverfahren abgefast. Der Vorteil der Abfasung besteht darin, dass die Gefahr von Abplatzungen an den Kanten verringert wird. Darüber hinaus dient die durch eine Abfasung geschaffene größere Querschnittsfläche als Auffangreservoir für Fugenmassen, die im Sommer bei Verringerung der Fugenspaltöffnung nach oben verdrückt werden können. Mit dieser konstruktiven Maßnahme wird ein Austragen der Fugenfüllung in den Belag minimiert und nach den vorliegenden Erfahrungen die Lebensdauer des Systems erheblich verlängert. Wegen nachteiliger Auswirkungen auf die Geräuschemission wird die Breite der Abfasung in der Draufsicht auf 3 mm begrenzt. Ab einer bestimmten Breite des Fugenspaltes (> 15 mm) ist aus Gründen der Lärmemission (Reifenrollgeräusch) auf die Abfasung zu verzichten bzw. ist diese aufgrund der Oberflächeneigenschaften der Vergussmassen (Ausbildung einer konkaven Oberfläche) nicht mehr notwendig.

(4.5) Anforderungen an den Fugenspalt

Die bei der Ausführung an den Fugenspalt zu stellenden Anforderungen sind im Abschnitt 1.5.2 der ZTV Fug-StB aufgeführt.

ZTV Fug-StB

Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Fugen in Verkehrsflächen (Ausgabe 2001)

1.5.2 Anforderungen an den Fugenspalt

Bei der Herstellung des Fugenspaltes dürfen die arbeitsbedingten Abweichungen vom Sollwert, bezogen auf die Sollbreite, nicht mehr als ± 1 mm, bezogen auf die Solttiefe nicht mehr als ± 3 mm betragen.

Der Fugenspalt ist stets kurz vor dem Einbau der Fugenfüllstoffe zu säubern.

Kommentar

Fugenspalten werden in aller Regel durch Schneiden hergestellt. Im Ergebnis müssen geradlinig und parallel verlaufende Fugenkanten orthogonal zur Unterlage in den vorgegebenen Dimensionen vorliegen. Arbeitsbedingte Abweichungen bei den Abmessungen des Fugenspalts sind jedoch nicht zu vermeiden. Sie sind auf Toleranzen der Sollbreite von ± 1 mm und Toleranzen der Solttiefe von ± 3 mm begrenzt.

Die Schwankungen der Solttiefe ergeben sich aus den möglichen Unebenheiten der Fahrbahn. Diese werden beim Schneiden des Fugenspaltes durch die Fugenschneidgeräte – versetzt um den Abstand zwischen Schneidblatt und Fahrachsen – auf die erzeugte Fugenspalttiefe übertragen. Weitere Toleranzen der Fugenspaltabmessungen (Fugenspaltbreite) ergeben sich aus der Vibration der Schneidgeräte und aus der Abnutzung der Segmente der Diamantscheiben (Fugenspaltbreite und -tiefe). Für die Einhaltung der in den ZTV Fug-StB festgelegten Toleranzen sind laufende Kontrollen an dem hergestellten Fugenspalt und entsprechende Gerätenachjustierungen durch das Bedienungspersonal nötig.

3.3.2

Herstellen der Fugenkerben

248

Kommentar Bei der Verwendung von Fugenprofilen ist anzustreben, dass die Plus-Toleranzen der Fugenspaltbreite nicht ausgeschöpft werden, da ein breiterer Fugenspalt Auswirkungen auf den Anpressdruck und damit die Funktionsfähigkeit der Profile bei großen Fugenöffnungsweiten zeigt. Die Gefahr eines Absackens der Profile wird vergrößert.

Der während des Schneidens des Fugenspaltes anfallende Schmutz (Schneidschlamm, Staub) ist zu entfernen. Vor dem Einbau der Fugenfüllung ist der Fugenspalt von Schmutz und losen Bestandteilen zu reinigen. Insbesondere bei Resten von Schneidschlamm an den Fugenwandungen ist ein alleiniges Ausblasen der Fugen mit Druckluft oder mit einer Heißluftlanze nicht ausreichend. Eine Reinigung mit rotierenden Stahlzopfgrundbürsten sollte vom Auftraggeber gefordert werden.

Ist eine Füllung der Fugen durch Verguss vorgesehen, sind trockene Fugen ohne Staubreste eine wesentliche Voraussetzung. Deshalb müssen bei feuchter Witterung die Fugen künstlich getrocknet werden. Bei der Wahl des Trocknungsgerätes ist eine Schädigung der Fahrbahnflächen durch zu hohe Temperaturbeaufschlagung (z.B. Abplatzungen bei jungen Betonflächen) zu vermeiden. Definitionsgemäß bedeutet „trocken“, dass eine Betonoberfläche bei einem Test z.B. mit Heißluft nicht nachdunkelt. Eine Trocknung des Fugenspaltes vor dem Einbau von Fugenprofilen ist nicht notwendig. Sind die vorbereitenden Tätigkeiten abgeschlossen, ist sicherzustellen, dass erneutes Verschmutzen des Fugenspaltes durch Wind oder Baustellenverkehr zwischen dem Säubern der Fuge und dem Verguss vermieden wird.

(4.6) Entfernen von Fugenfüllungen bei Erhaltungsmaßnahmen

Bei der Ausführung von Erhaltungsmaßnahmen sind die beim Entfernen von Fugenfüllungen aufgeführten Regelungen des Abschnitt 1.5.1 der ZTV Fug-StB zu beachten.

ZTV Fug-StB

Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Fugen in Verkehrsflächen (Ausgabe 2001)

1.5.1 Entfernen von Fugenfüllungen

Für das Entfernen von Fugenfüllungen sind Art und Umfang in der Leistungsbeschreibung anzugeben.

Bei Erhaltungsmaßnahmen ist eine vorhandene Fugenfüllung bis auf die festgelegte Verlegetiefe schonend zu entfernen.

Das Säubern der Straßenoberfläche von alten, übergequollenen und verdrückten Fugenmassen im Fugenbereich ist im Rahmen von Erhaltungsmaßnahmen in der Leistungsbeschreibung vorzusehen.

Kommentar Wenn die Funktionsfähigkeit der Fugenfüllsysteme nicht mehr gegeben ist, z. B. durch Auflösung des Haftverbundes (Adhäsionsversagen) oder durch Überalterung und in sich geschädigtes Fugenfüllmaterial (Kohäsionsversagen), müssen die Fugen instandgesetzt werden. Je nach Schadensursache ist anzustreben, dass dann sämtliche Fugen der Verkehrsfläche ersetzt werden,

Kommentar um eine mehrfache arbeitsbedingte Beeinträchtigung des Verkehrsflusses zu vermeiden. Dazu sind die vorhandenen Fugenfüllungen in der Regel vollständig zu entfernen.

Das Entfernen von Fugenfüllungen erfolgt mechanisch mit Ausreißwerkzeugen, die z. B. an selbstfahrende Geräteträger montiert werden. Um die festgelegte Tiefe einzuhalten, sollten an den Werkzeugen Tiefenbegrenzungen angebracht werden. Die Ausreißmesser sind so zu wählen, dass diese den Fugenbreiten entsprechen. Zu breite Werkzeuge führen zu Kantenausbrüchen.

Beim Ausreißen der Fugen dürfen die Werkzeuge nicht verkanten, d. h. das Gerät muss parallel zur Fuge fahren und das Werkzeug muss Bewegungsspielraum zum Gerät haben.

Bei Verdacht auf teerpechhaltige oder sonstige schadstoffbelastete Fugenmassen (z. B. in Tankstellen- und Flugplatzbereichen) sind durch den Auftraggeber entsprechende analytische Untersuchungen zur Kennzeichnung des Ausbaustoffes zu veranlassen, um ggf. gesundheitsgefährdende bzw. schadstoffbelastete Fugenmassen einer geeigneten Entsorgung zuzuführen. Danach kann die Fuge entsprechend ZTV Fug-StB mit Profilen oder Fugenmassen neu verfüllt werden.

Sollen Profile zum Einsatz kommen, ist darauf zu achten, dass alle Fugen einen gleichmäßigen Fugenquerschnitt aufweisen, gegebenenfalls sind die Fugen nachzuschneiden. Sollten die vorhandenen Fugentiefen 30 mm übersteigen, sind Sonderprofile zu verwenden, damit die Profile nicht absacken können.

Soll eine Sanierung von ursprünglich mit Fugenprofilen gefüllten Fugen mittels Heißvergussmasse erfolgen, brauchen nach dem Entfernen der Profile die Fugenwandungen nicht nachgeschnitten zu werden. Wenn bei einer Sanierung Fugenprofile vorgefunden werden, die tiefer als 15 mm liegen, so sind die Profile zu entfernen. Eine Nutzung als Unterfüllstoff bei einer vorgesehenen Sanierung mit Fugenmasse ist unzulässig, da durch die Inkompressibilität des Profils die Gefahr besteht, dass die Fugenmasse bei späteren Fugenbewegungen herausgepresst werden kann. Dies wurde durch Untersuchungen in der Praxis bestätigt.

Nach dem Entfernen der alten Fugenfüllung werden die Fugen gesäubert. Dabei stellen Reste fest haftender alter Vergussmassen in der Regel keinen Mangel dar, soweit eine generelle Verträglichkeit mit der neu einzubringenden Fugenfüllung gegeben ist. Dies ist der Fall, wenn nachgewiesenermaßen Fugenmassen gleicher Stoffbasis und gleichen Materialverhaltens wie die ursprüngliche Fugenfüllung für die Sanierung verwendet werden.

Soll eine Vergussmasse neu eingebaut werden, so ist der Fugenspalt mit Unterfüllstoff (kurzzeitig hitzebeständiges Schaumstoff- oder Moosgummiprofil) auf die vorgesehene Vergusstiefe zu beschränken. Dann kann nach Aufbringen des Voranstriches entsprechend ZTV Fug-StB der Fugenspalt vergossen werden.

Ist im Verlauf der Nutzung Vergussmasse aus der Fuge herausgedrückt worden, so ist diese im Zusammenhang mit der Instandsetzungsmaßnahme von der Fahrbahnoberfläche zu entfernen. Dies ist eine besondere Leistung, wofür im Leistungsverzeichnis eine gesonderte Position vorzusehen ist. Der zu erzeugende Reinheitsgrad der Straßenoberfläche beim Säubern ist nicht genau festgelegt. Um Missverständnissen auf der Baustelle vorzubeugen,

Kommentar sollte der Auftraggeber den von ihm gewünschten Reinheitsgrad im Leistungsverzeichnis definieren. Für die Funktionsfähigkeit und den Fahrkomfort ist meist ein Abschälen der Masse mit dem so genannten Abstoßmesser ausreichend.

Übergequollene Vergussmassen gibt es in erhöhtem Maße bei Raumfugen, im Paket gerissenen Fugen und bei älteren Betondecken mit größeren Plattenlängen. Das Material wird infolge der Fugenbewegungen an die Oberfläche gedrückt und durch den laufenden Verkehr auf der Fahrbahn ausgefahren. Um dies nach einer Sanierung zu vermeiden, sollen Quersfugen, die nicht gefast sind, im Verlauf der Erhaltungsmaßnahme vor dem Verfüllen der Fugen (sowohl beim Einsatz von Fugenprofil als auch Verguss) – abgefast werden. Bei Fugenweiten > 15 mm ist aus Gründen des Fahrkomforts und der Geräuschentwicklung auf die Fase zu verzichten.

Werden bei der Ausführung Fugen überfüllt, ist das Abstoßverfahren zur Beseitigung des Mangels ebenfalls geeignet.

(4.7) Nachschneiden des Fugenspalt bei Erhaltungsmaßnahmen

Wenn bei Erhaltungsmaßnahmen das Material der Fugenfüllung gegen eine andere Art der Fugenfüllung ausgewechselt wird, ist zu prüfen, ob der Fugenspalt nach dem Entfernen der alten Fugenfüllung nachgeschnitten werden muss. Dies ist notwendig, wenn beim Austausch des alten Fugenfüllmaterials Reste an den Fugenwandungen haften bleiben und eine Verträglichkeit mit dem neuen Material nicht sichergestellt ist. Eine Verträglichkeit ist generell auszuschließen, wenn teerpechhaltige Fugenfüllungen ausgetauscht werden sollen. Darüber hinaus gilt dies auch beim Austausch kalt verarbeitbarer Fugenfüllprodukte gegen heiß verarbeitbare Produkte. Nur so kann die Haftung des neuen Materials gewährleistet werden. Außerdem wird ein Nachschneiden der Fugenflanken zur Vergrößerung der Fugenkammer notwendig, wenn die zu ersetzenden Fugenmassen die tatsächlich auftretenden Änderungen der Fugenspaltbreite nicht schadlos aufnehmen konnten, weil z. B. die Fugenspalten anfänglich unterdimensioniert waren. Werden Fugen mit Fugenprofilen saniert, sind die Fugenflanken immer nachzuschneiden, wenn vor der Sanierung Vergussmassen in den Fugen waren. Dies ist notwendig, um die Fugenprofile sachgerecht einbauen zu können. Bei einer Sanierung von Profilen mit neuen Profilen ist zu prüfen, ob die Fugenspalten überall den gleichen Fugenquerschnitt aufweisen, damit die geforderte Parallelität der Fugenflanken gesichert ist. Ist das nicht der Fall, sind die Fugenspalten zur Erfüllung dieser wesentlichen Anforderung für den Einsatz von Fugenfüllprofilen nachzuschneiden. Durch Nachschneiden können darüber hinaus kleinere Kantenabplatzungen beseitigt werden, während mit Hilfe von Betonersatzsystemen größere Kantenschäden repariert werden können. Bei Fugen mit vielen kleinen Kantenabplatzungen sollte auf eine Sanierung mit Profilen verzichtet werden, da bei Profilen sämtliche Kleinstabplatzungen ausgebessert werden müssen. Bei einer Ausführung mit Fugenverguss ist dies nicht notwendig, da die Abplatzungen durch die selbstverlaufende Fugenmasse geschlossen werden.

(4.8) Einbringen der Fugenfüllstoffe

Die bei der Ausführung speziell beim Einbringen der Fugenfüllstoffe zu beachtenden Regelungen sind in Abschnitt 1.5.3 der ZTV Fug-StB aufgeführt.

ZTV Fug-StB

Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Fugen in Verkehrsflächen (Ausgabe 2001)**1.5.3 Einbringen der Fugenfüllstoffe**

Zur Vermeidung von Kantenschäden und Haftungsproblemen ist der Zeitpunkt des Einbaus von Fugenfüllstoffen von der ausreichenden Aushärtung des Betons abhängig. Die Druckfestigkeit muss bei Decken der Bauklassen SV, I bis III mindestens 60 % und bei Decken der Bauklassen IV bis VI mindestens 70 % der nach den ZTV Beton-StB geforderten Druckfestigkeit betragen. In jedem Fall muss der Beton mindestens 7 Tage alt sein.

Vor dem Einbau der heiß oder kalt verarbeitbaren Fugenmasse ist ggf. der Unterfüllstoff so einzubringen, dass die erforderliche Dicke der Fugenmasse erreicht wird. Die Fugenflanken und die Unterfüllung müssen beim Einbau der Fugenmasse trocken sein.

Fugenfüllstoffe sind nach den Ausführungsanweisungen der Systemanbieter einzubauen.

Während des Einbringens der Fugenfüllstoffe sind die Verkehrsflächen vom übrigen Baustellenverkehr freizuhalten.

Kommentar

Durch geforderte kurze Bauzeiten wird auf einen immer früheren Einbau der Fugenfüllstoffe gedrängt. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass der noch relativ junge Beton einen hohen Feuchtigkeitsgehalt hat. Dies führt insbesondere bei Vergussmassen zu Haftungsproblemen. Darüber hinaus wird bei frühzeitig eingebrachten Fugenfüllsystemen ein Großteil der Leistungsfähigkeit der Fugenfüllung zur Bewegungsaufnahme der frühen Schwindverformungen gebunden. Dies vermindert die Leistungsfähigkeit der Fugenfüllsysteme unter Beanspruchung. Voraussetzung für den Einbau und eine nachfolgend dauerhafte Funktionsfähigkeit der Fugenfüllung ist deshalb eine ausreichende Aushärtung des Betons. Gefordert ist je nach Bauklasse eine Druckfestigkeit, die gemäß ZTV Beton-StB mindestens 60 bzw. 70 % der Endfestigkeit beträgt, damit eine für die nachfolgenden mechanischen Tätigkeiten (Schneiden, Säubern) ausreichende Festigkeit erreicht ist und bewegungsrelevante Einflüsse (z. B. aus Schwinden, Kriechen, Volumenschrumpfung infolge Hydratation, Verkürzung durch Temperaturänderung) bereits zu einem großen Maß abgeklungen sind. Ein derartiger Zustand ist in der Regel frühestens sieben Tage nach Einbau des Betons erreicht.

Ist aufgrund widriger Umstände der Einbau der vorgesehenen Fugenfüllung während der geplanten Bauzeit nicht möglich, kann dies auch in verkehrsschwachen Zeiten kurz nach Freigabe der Strecke erfolgen. Ein Einbau der Fugenfüllung früher als sieben Tage nach dem Betonieren ist nicht nur aus Festigkeitsgründen, sondern auch wegen des hohen inneren Feuchtezustandes im jungen Beton und den daraus resultierenden Haftungsproblemen an den Flanken unbedingt zu vermeiden. Vor dem Einbau einer Fugenfüllung aus heiß bzw. kalt verarbeitbaren Fugenvergussmassen sind je nach Fugenart, abgestimmt auf das Fugenfüllsystem, Voranstrichmittel und Unterfüllstoffe einzubauen. Das Aufbringen der Voranstrichmittel (Primer) auf die Fugenflanken dient in erster Linie als Haftbrücke zwischen den Fugenflanken und dem Fugenverguss. Es bindet den z. B. durch Wind unvermeidbaren Reststaub. Das Unterfüllprofil begrenzt den Fugenspalt auf die vorgesehene Einbautiefe (Vergusstiefe) der Fugenmassen und soll eine Dreiflankenhaftung zwischen den beiden Fugenflanken und dem Boden der Fuge verhindern.

Kommentar

Kommen kalt verarbeitbare Vergussmassen zum Einsatz, ist darauf zu achten, dass die Fugenflanken vor dem Einbau des Unterfüllprofils zu primern sind. Dies verhindert die Ausbildung einer Dreiflankenhaftung des dauerelastischen Fugenfüllstoffes mit den Flanken und dem Boden des Fugenspalt und der daraus folgenden Dehnungsbeschränkung. Aufgrund der visko-elastischen Materialeigenschaften der Heißvergussmassen ist hierbei diese Einbaureihenfolge nicht zwingend notwendig. In diesen Fällen hat es sich als technologisch und wirtschaftlich vorteilhaft erwiesen, zuerst das Unterfüllprofil einzubauen. Dies bietet insbesondere beim Aufbringen des Voranstriches mittels Spritzen den Vorteil, dass nur die notwendige Einbaumenge für den abgestellten Fugenspalt verbraucht wird und ein dünnwandiges Auftragen gewährleistet ist. Es ist visuell zu prüfen, dass die Fugenflanken vollständig mit Voranstrichmittel bedeckt sind. Ein zu hoher Verbrauch führt zu einer Anreicherung von Voranstrichmittel, welches dann die Wirkung eines Trennmittels verliert und den Haftverbund zu den angrenzenden Flanken verringert oder sogar unterbindet. Ebenso wichtig für die Qualität des Haftverbundes ist die Einhaltung der notwendigen Ablüftzeiten für die aufgetragenen Voranstrichmittel. Die derzeit zum Einsatz kommenden bitumen- oder kunststoffhaltigen Voranstrichmittel enthalten Lösemittel und liegen deshalb vor der Verarbeitung in flüssiger Form vor. Nach dem Aufbringen durch Streichen oder Spritzen bildet sich aufgrund des Ablüftens der flüchtigen Phase ein Film, der letztlich für die Verbesserung des Haftverbundes der nachfolgend einzubringenden Fugenfüllung sorgt. Die Ablüftzeit ist abhängig von der Art des Voranstrichmittels, aber auch von den Witterungsbedingungen und der Art der Unterlage. Beim Einsatz bitumenhaltiger Voranstriche sind deutlich längere Ablüftzeiten zu berücksichtigen. Der Trocknungsgrad des Voranstrichmittels kann sehr einfach mit einem Fingertest oder mit Hilfe eines Löschpapiers kontrolliert werden. Dabei dürfen an den Fingerkuppen bzw. dem saugenden Papier keine Feuchtigkeitsspuren oder Fäden sichtbar sein.

Der Einbau der Unterfüllstoffe erfolgt in der Regel durch Einrollen. Dabei ist zu beachten, dass das Einrollen des Unterfüllstoffes auf die vorgegebene Tiefe zur Sicherstellung des erforderlichen Querschnittes erfolgt. Die Einbaugeräte (Rollräder) sollten deshalb mit Abstandshaltern versehen sein. Es ist wichtig, durch Kompression des Unterfüllstoffes eine Klemmwirkung für dessen Lagestabilität zu erreichen.

Die Baugrundsätze und die Ausführung des Einbaues der gemäß ZTV Fug-StB geregelten Fugenfüllungen sind in den entsprechenden Abschnitten spezifisch für jede Art der Fugenfüllung aufgeführt.

(5) Fugenfüllstoffe und Fugeneinlagen

Für Fugenfüllstoffe und Fugeneinlagen sind in den ZTV Beton-StB keine Regelungen mehr getroffen, diese regelt nur noch die Grundsätze für die Anordnung und Herstellung von Fugen und Fugenkerben. Für die Ausführung von Fugenspalt und Fugenfüllungen sind die Regelungen der ZTV Fug-StB maßgebend.

In den **TL Beton-StB** wird darüber hinaus für die Fugenfüllstoffe und Fugeneinlagen im **Abschnitt 2 „Anforderungen an Baustoffe“** der deutliche Hinweis auf die zu beachtende TL Fug-StB gegeben.

TL Beton-StB	<p>Technische Lieferbedingungen für Baustoffe und Baustoffgemische für Trag-schichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton</p> <p>2 Anforderungen an Baustoffe</p> <p>2.10 Fugenfüllstoffe und Fugeneinlagen</p> <p>Fugenfüllstoffe und Fugeneinlagen müssen den „Technischen Lieferbedingungen für Fugenfüllstoffe in Verkehrsflächen“ (TL Fug-StB) entsprechen.</p>
Kommentar	Die vorstehenden Regelungen der TL Beton-StB ergänzen Abschnitt 2.1.8 der DIN 18316.

DIN 18316 Verkehrswegebauarbeiten – Oberbauschichten mit hydraulischen Bindemitteln

2.1.8 Fugenfüllstoffe und Fugeneinlagen

2.1.8.1 Fugenfüllstoffe

Stoffe zum Abdichten des Fugenspalts müssen eine ausreichende Verformungs- und Haftfähigkeit aufweisen. Werden Abdichtungsprofile verwendet, muss der Anpressdruck auch bei niedrigen Temperaturen das Eindringen von Feuchtigkeit verhindern.

2.1.8.2 Fugeneinlagen

Bleibende Fugeneinlagen in Raumfugen müssen die Ausdehnung der Betonplatten zulassen und so steif sein, dass sie bei der Betonverdichtung nicht verformt werden. Sie müssen wasser- und alkalibeständig sein und dürfen das Wasser aus dem frischen Beton nicht absaugen.

Bleibende Einlagen bei Scheinfugen dürfen im unteren Teil der Decke nicht zusammendrückbar sein.

Kommentar	<p>Inhaltsübersicht</p> <ul style="list-style-type: none"> (5.1) Allgemeines (5.2) Begriffsbestimmungen <ul style="list-style-type: none"> (5.2.1) Fugenfüllstoffe (5.2.2) Fugeneinlage (5.2.3) Fugenkerbe (5.2.4) Fugenspalt (5.2.5) Änderung der Fugenspaltbreite (5.2.6) Schutzeinlage (5.2.7) Unterfüllstoffe (5.2.8) Voranstrichmittel (5.3) Aufgaben und Beanspruchungen der Fugenfüllstoffe <ul style="list-style-type: none"> (5.3.1) Heiß verarbeitbare Fugenmassen (5.3.2) Kalt verarbeitbare Fugenmassen (5.3.3) Fugenprofile (5.4) Aufgaben und Beanspruchungen der Fugeneinlagen <ul style="list-style-type: none"> (5.4.1) Raumfugeneinlagen (5.4.2) Scheinfugeneinlagen
-----------	--

Kommentar

(5.1) Allgemeines

Fugenfüllstoffe sind für Fugen in Verkehrsflächen alle in den Fugenspalt eingebrachten Materialien und Produkte, die in ihrem stofflichen und konstruktiven Zusammenwirken das Fugenfüllsystem bilden. Im Betonstraßenbau werden in der Regel die heiß verarbeitbaren Fugenmassen und die komprimierbaren elastischen Fugenprofile als Fugenfüllung eingesetzt.

Fugeneinlagen sind bei der Herstellung der Betondecke eingebrachte Bauelemente, die teilweise oder ganz im Fugenspalt verbleiben.

Die Fugeneinlage dient der Ausbildung von Raumfugen für den Bewegungsausgleich zum Anschluss des Fahrbahnbelages der freien Strecke an Ingenieurbauwerke des Verkehrswegebbaus bzw. bei Wechsel der Belagsart.

Eine weitere Fugeneinlage ist die so genannte Schutzeinlage, die bei geschnittenen Querscheinfugen in die Fugenkerbe eingepresst wird, um das Eindringen von Fremdkörpern in den entstehenden Riss zu verhindern.

(5.2) Begriffsbestimmungen

Die verschiedenen Fugenfüllstoffe, die in den Fugenspalt eingebracht werden, sind in den Begriffsbestimmungen der ZTV Fug-StB definiert.

ZTV Fug-StB

Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Fugen in Verkehrsflächen (Ausgabe 2001)**1.1 Begriffsbestimmungen**

Für Fugen in Verkehrsflächen gelten folgende Begriffsbestimmungen:

Fugenfüllstoffe sind der Sammelbegriff aller Materialien, die in den Fugenspalt eingebracht werden, und mit ihnen Fugenfüllungen sowie in ihrer Wirkkombination Fugenfüllsysteme entstehen.

Fugeneinlage: Bei der Herstellung von Bauteilen bzw. Platten in den Fugenspalt eingebrachtes Bauelement, das ganz oder teilweise darin verbleibt.

Fugenbänder sind vorgeformte thermoplastische Bandprofile, die bei Anschlüssen von Asphaltschichten eingebaut werden.

Fugenmassen sind heiß oder kalt verarbeitbare Materialien, die in den Fugenspalt eingebaut werden.

Fugenprofile sind komprimierbare elastische Profile, die in den Fugenspalt eingebaut werden.

Fugenspalt ist Teil einer Fuge, der mit Voranstrich behandelt werden kann und mindestens mit einem Fugenfüllstoff verfüllt wird.

Fugenkerbe ist eine Sollbruchstelle in einer Betonplatte durch Schneiden einer Kerbe.

Fugenspaltbreite ist die zur Einbringung des Fugenfüllstoffes erforderliche Breite des Fugenspaltes.

Änderung der Fugenspaltbreite ist die Bewegung des Fugenspaltes bei Temperaturen zwischen $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ und $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Bei bleibenden Verschiebungen der Betonplatten bezieht sie sich auf die ursprüngliche Fugenspaltbreite.

Schutzeinlage: Massives oder geschlossenporiges Profil aus Elastomeren oder Plastomeren, das bei geschnittenen Querscheinfugen in die Fugenkerbe eingebaut wird, um das Eindringen von Staub, Schlamm oder Fremdkörpern in den entstehenden Riss zu verhindern.

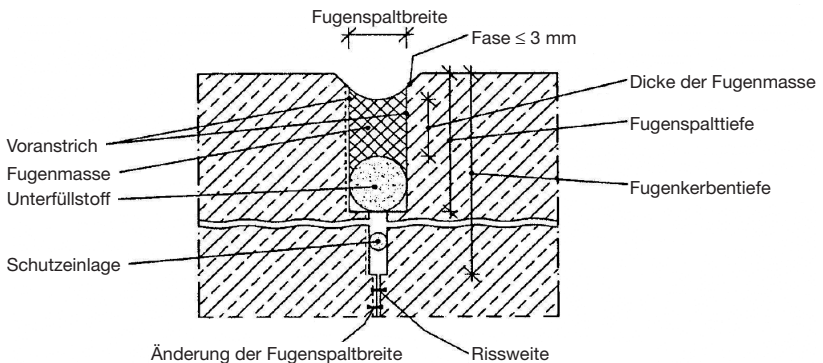
ZTV Fug-StB

Unterfüllstoffe werden auf der Sohle des Fugenspalt eingebracht; sie bestehen aus vorgeformten Profilen, die die Fugenspalte auf die vorgesehene Vergusstiefe begrenzen, sowie die Dreiflächenhaftung und/oder ein Eindringen der Fugenmasse bei vorhandener Fugenkerbe in die Kerbe verhindern sollen. Unterfüllstoffe bilden ggf. bei zusätzlicher Anordnung von Folien nach ihrem Einbau in den Fugenspalt die Unterfüllung.

Voranstrichmittel sind Stoffe, die die Haftung der Fugenmasse an den Fugenflanken unterstützen.

Kommentar

Das nachfolgende Bild verdeutlicht die vorgenannten Begriffe.



Begriffe bei Fugen (Bild 1 ZTV Fug-StB 01)

(5.2.1) Fugenfüllstoffe

Von grundlegender Bedeutung für das Verständnis sämtlicher Regelungen der ZTV Fug-StB ist die Kenntnis der verwendeten Begriffe. So werden z. B. alle Stoffe, die in den Fugenspalt zur Herstellung der Fugenfüllung eingebracht werden, als Fugenfüllstoffe bezeichnet, die in einer gemeinsamen Wirkkombination das Fugenfüllsystem bilden. Im Vordergrund steht deshalb der Systemcharakter des konstruktiven Elements der Fugenfüllung. Die Begriffsbelegung wurde eng angelehnt an die DIN 52460 „Fugen- und Glasabdichtungen“²⁴ bzw. die DIN EN 26927 „Hochbau – Fugendichtstoffe; Begriffe“²⁵ gewählt.

(5.2.2) Fugeneinlage

Die Fugeneinlage ist ein in den Fugenspalt eingebrachtes Bauelement, das ganz oder teilweise darin verbleibt oder vollständig entfernt wird. Hinsichtlich des Begriffes Fugeneinlage wird darauf hingewiesen, dass mit diesem Begriff die in den Fugenspalt von Raumfugen eingebrachten Einlagen definiert werden, die nicht mit den Unterfüllstoffen zur Begrenzung der vorgesehenen Vergusstiefe sowie zur Verhinderung einer Dreiflankenhaftung der Fugenmasse oder mit den in die Fugenkerbe eingebrachten Schutzeinlagen verwechselt werden dürfen.

²⁴ DIN 52460: Fugen- und Glasabdichtungen – Begriffe, Berlin 2000.

²⁵ DIN EN 26927: Hochbau – Fugendichtstoffe – Begriffe, Berlin 2000.

Kommentar

(5.2.3) Fugenkerbe

Durch das Schneiden von Fugenkerben in gleichmäßigem Abstand in die frische Betondecke werden definierte Sollbruchstellen in der Betonplatte angeordnet, welche später entsprechend der Dimensionierung auf die notwendigen Abmessungen zu einem Fugenspalt aufgeweitet werden.

Bei Neubauabschnitten von Betonfahrbahnen ist die Wahl des Schneidzeitpunktes von besonderer Bedeutung für die letztendlich erreichbare Qualität der Fuge. Ein zu frühes Schneiden der Fugenkerbe birgt die Gefahr von Ausbrüchen an den Flanken in sich. Es muss jedoch wiederum so frühzeitig geschnitten werden, dass wilde Risse aufgrund der Temperaturspannungen infolge Hydratation nicht auftreten können. Die Diamantwerkzeuge zum Schneiden müssen auf die verwendeten Gesteinskörnungen der Betondecke abgestimmt sein. Mit der richtigen Auswahl der Diamantwerkzeuge (hier ist viel Erfahrung zur Optimierung des Diamantwerkzeuges in Bezug auf die zu schneidenden Mineralbestandteile und den Schneidzeitpunkt notwendig) kann der Ausführende Einfluss auf einen möglichst frühen Schneidzeitpunkt zur Vermeidung wilder Risse nehmen.

Bei der Wahl des Schneidzeitpunktes der Fugenkerbe sollte man berücksichtigen, dass Kleinstabplatzungen von 3 bis 4 mm infolge zu frühen Schneidens aufgrund der späteren Aufweitung der Fugenkerbe zum Fugenspalt unkritisch sind.

(5.2.4) Fugenspalt

Der Fugenspalt dient der Aufnahme des Fugenfüllsystems zur Abdichtung der Fuge²⁶; in ihm werden die Bewegungen der angrenzenden Bauteile aufgenommen. Mit dem Fugenspalt wird eine Fuge in geometrisch definierter Form (Rechteckform) zwischen getrennten Baugliedern ausgebildet.²⁷ Dies erfolgt überwiegend wiederum durch Schneiden im Nassschnittverfahren (siehe auch Kommentar 4.3).

(5.2.5) Änderung der Fugenspaltbreite

Nach Herstellung des Fugenspaltes haben alle auftretenden klimatischen und verkehrlichen Beanspruchungen größtenteils auch Formänderungen der Fahrbahnplatten zur Folge, welche wiederum mit einer Änderung der Fugenspaltbreite – bezogen auf den Ausgangszustand – verbunden sind. Aus diesem Grunde ist das Maß für die zu erwartende Änderung der Fugenspaltbreite relevant für die Bemessung der Fugegeometrie und die Auswahl der Fugenfüllung (siehe auch Tabelle 1). Bei der Angabe der Werte für die Änderung der Fugenspaltbreite geht man davon aus, dass die dort angegebenen Verformungswerte sowohl in Druck- als auch in Zugrichtung auftreten können, aber die Summe aus Stauch- und/oder Dehnverformung diesen Wert nicht überschreitet.

²⁶ Bartels; Kienzle: Fugen im Betonstraßenbau; Bauwirtschaft, Heft 7/1976. Eisenmann; Leykauf: Betonfahrbahnen, Verlag Ernst & Sohn, Berlin 2003. Eisenmann: Bedeutung und konstruktive Ausbildung von Fugen in Betonstraßen; Straße + Autobahn, Heft 8/1983.

²⁷ Roßbach; Recknagel: Fugenfüllungen in Fahrbahndecken aus Beton – Aktueller Stand und Ausblick; Betonstraßentagung 2003 in Stuttgart, Kirschbaum Verlag, Bonn 2004.

Kommentar Maßgebend für die Bemessung der Fugenspaltgeometrien ist die zu erwartende Änderung der Fugenspaltbreite. Die endgültigen Abmessungen des Fugenspaltes werden durch die Wahl des Fugenfüllmaterials bestimmt. Dabei ist die unterschiedliche Leistungsfähigkeit der verschiedenen Fugenfüllmaterialien unter Dehnbeanspruchung zu berücksichtigen.

(5.2.6) Schutzeinlage

Mit einer Schutzeinlage soll das Eindringen von Staub, Schlamm oder anderen Fremdkörpern in den sich ausbildenden Riss unter der geschnittenen Fugenkerbe verhindert werden. Somit wird die gegenseitige Beweglichkeit der Fugenflanken sichergestellt. Insbesondere wenn zwischen dem Schneiden der Kerbe und dem Einbringen der Fugenfüllung gegenseitige Bewegungen der Fugenflanken auftreten können, ist eine solche Vorkehrung zur Sicherstellung der Funktionsfähigkeit der Fuge wichtig. Damit wird der Bildung von so genannten Schmetterlingsrissen entgegengewirkt.

Bei Querscheinfugen wird empfohlen, unmittelbar nach dem Kerbschnitt in die geschnittene Kerbe diese Schutzeinlage einzubringen. Das Einbauen der Schutzeinlage ist in der Leistungsbeschreibung anzugeben.

Als Schutzeinlagen werden heute vorwiegend geschlossene elastomer oder plastomer eingestellte Kunststoffprofile eingesetzt.

(5.2.7) Unterfüllstoffe

Unterfüllstoffe werden auf der Sohle des Fugenspaltes eingebaut. Sie begrenzen den Fugenspalt auf eine vorgesehene Vergusstiefe und haben darüber hinaus die Aufgabe, die freie Verformbarkeit des Fugenfüllmaterials durch Verhinderung einer Dreiflankenhaftung sicherzustellen. Eine Dreiflankenhaftung des Fugenfüllmaterials birgt die Gefahr von Keilrissen bei Tragwerksbewegungen infolge der Verringerung der freien Dehnlänge.

Die Unterfüllung trägt damit wesentlich zur Dauerhaftigkeit der Fugenfüllung bei und verhindert zusätzlich, dass Fugenmassen in die Kerben absacken. Unterfüllstoffe müssen zusammendrückbar und elastisch sein und sich auf die jeweiligen Rissöffnungsweiten ausdehnen können. Sie müssen darüber hinaus beim Einbringen von heiß verarbeitbaren Fugenmassen eine kurzfristige Temperaturbeständigkeit aufweisen und dürfen nur in geringem Umfang Wasser aufnehmen, damit sie sich bei Frost nicht ausdehnen und die Fugenmasse aus dem Fugenspalt drücken. Sie müssen weiterhin eine gute Verträglichkeit mit dem Fugenfüllstoff und dem Voranstrich aufweisen.

Als Unterfüllstoffe werden vorgeformte Kunststoffprofile unterschiedlicher Querschnittsformen verwendet. Im Regelfall kommen Rundprofile z. B. aus geschlossenzelligem Polyethylen, Polypropylen oder Moosgummi-Rundschnüre aus EPDM zur Anwendung.

Es sollten Unterfüllprofile mit einem Durchmesser eingebaut werden, der geringfügig über der Breite des Fugenspaltes liegt. Dadurch wird erreicht, dass der Unterfüllstoff fest angepresst an den Fugenflanken anliegt und selbstverlaufende Fugenmasse nicht in den Untergrund abfließen kann. Produkte auf dieser Materialbasis weisen eine kurzzeitige, jedoch ausrei-

Kommentar chende Hitzebeständigkeit auf. Wichtig ist, dass die Unterfüllstoffe zugspannungsfrei ohne Überdehnung eingebaut werden. Zur Erhöhung der Sicherheit gegen Unterläufigkeit werden insbesondere auf Brückenbauwerken rechteckförmige Profile verwendet, weil damit eine Vergrößerung der Haftverbundfläche zur Flanke erreicht wird und damit die Gefahr von Unterläufigkeiten vermindert wird. Je nach geometrischen Randbedingungen, z. B. bei geringer Bauhöhe des Belages, können aber auch Trennlagen (z. B. aus Silikonpapier oder Teflonfolie) die Funktion des Unterfüllstoffes übernehmen.

(5.2.8) Voranstrichmittel

Voranstrichmittel sind Stoffe, die die Haftung der zum Einsatz kommenden Fugenmassen oder bitumenhaltigen Fugenbänder unterstützen sollen. Hierbei ist neben der zulässigen Lagerdauer unbedingt zu beachten, dass die verwendeten Voranstrichmittel systemverträglich sind und nach deren Verarbeitung die Abluftzeiten eingehalten werden. Erfahrungen zeigen, dass kunststoffmodifizierte Voranstrichmittel besonders geeignet sind. Bei Verwendung von bitumenhaltigen Voranstrichen besteht im Vergleich zu transparenten Kunststoffvoranstrichen die Gefahr einer Oberflächenverschmutzung. Wesentlich für das spätere Gebrauchsverhalten und die Leistungsfähigkeit der Fugenfüllung ist die ausreichende Ablüftung und Antrocknung des Voranstriches. Das Ablüftverhalten ist abhängig von den Witterungsbedingungen. Nicht angetrockneter Voranstrich beeinträchtigt die Haftung des Fugenfüllstoffes an den Flanken bzw. der Unterlage. Ein Zeichen ungenügender Abluftzeiten ist das Auftreten von Blasen im frischen Fugenverguss. Die Überprüfung einer ausreichenden Ablüftung des Voranstriches kann durch eine einfache Fingerprüfung erfolgen.

(5.3) Aufgaben und Beanspruchungen der Fugenfüllstoffe

Ein gutes Langzeitverhalten der Betondecke setzt eine wirksame Abdichtung der Fugen voraus. Fugenfüllstoffen werden daher im Wesentlichen folgende Aufgaben zugewiesen. Sie sollen

- das Eindringen von Feststoffen wie Schmutz, Schlamm und Gesteinskörnern in die Fuge verhindern,
- den Eintritt von Wasser durch die Fugen und damit unter die Betondecke bzw. in die Tragschicht unterbinden und
- den Eintritt von Schadstoffen in den Untergrund verhindern.

Je nach Aufgabenstellung und Verwendungszweck kommen für Neubau- und Erhaltungsmaßnahmen auf allen normal beanspruchten Verkehrsflächen aus Beton für rollenden und ruhenden Verkehr zur Fugenabdichtung als Fugenfüllungen in Frage:

- heiß verarbeitbare Fugenmassen
- kalt verarbeitbare Fugenmassen
- Fugenprofile.

Die Fugenfüllstoffe werden hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit in vielfacher Weise klimatisch und mechanisch beansprucht. Diese andauernden und wiederholten Beanspruchungen führen zu einer Alterung und Ermüdung der

Kommentar Fugenfüllstoffe. Relevante thermische Beanspruchungen folgen aus kalter und warmer Witterung. Mechanische Belastungen werden durch die Längenänderungen der Platten infolge Temperatur- und Feuchtigkeitsänderungen – gleichmäßig und ungleichmäßig über den Querschnitt verteilt –, die kurzzeitlichen, zwar sehr geringen, aber schlagartig auftretenden Plattenbewegungen an den Rändern und auch durch den Verkehr selbst verursacht. Weitere Belastungen entstehen durch das Eindringen von Feststoffen in den Fugenfüllstoff. Chemische Beanspruchungen der Fugenfüllstoffe treten auf durch die Alkalität des Betons, den Ozongehalt der umgebenden Atmosphäre und bei Zutritt von Tausalzlösungen, Tropfölen oder Markierungsstoffen sowie durch UV-Bestrahlung.

Die Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Fugenfüllstoffe und des gesamten Füllsystems sind in den Technischen Lieferbedingungen für Fugenfüllstoffe in Verkehrsflächen (TL Fug-StB) enthalten. Der Prüfumfang und die Prüfverfahren sind in den Technischen Prüfvorschriften für Fugenfüllstoffe in Verkehrsflächen (TP Fug-StB) festgelegt.

Durch ein **Voranstrichmittel** wird die Haftung der Fugenmassen an den Fugenflanken entscheidend verbessert. Es ist daher Voraussetzung für ein dauerhaft funktionierendes Fugenfüllsystem. Das Voranstrichmittel dient einer festen Anbindung der Fugenmasse an die Flanke; allerdings kann ein dauerhafter Haftverbund nur auf sauberen Flankenoberflächen erfolgen. Deshalb müssen vor dem Einbringen des Fugenfüllsystems die Fugenflanken sauber – insbesondere frei von Staub – und trocken sein. Dies wird durch Reinigung mittels Druckluft und/oder Bürstenmaschine erreicht. Eine weitere Aufgabe des Voranstrichmittels ist es, eventuelle baustellen- und verkehrsbedingte Reststaubmengen zu binden. Das Voranstrichmittel umhüllt und bindet die Staubpartikel und bildet damit auch an diesen Stellen eine haftfähige Verbundfläche mit der nachfolgend einzubauenden Fugenmasse.

Heute werden immer seltener bitumenhaltige Voranstriche auf Lösemittelbasis verwendet, da sich inzwischen kunststoffvergütete Voranstriche (Kunststoffprimer, z. B. auf Kunstharzbasis) durchgesetzt haben. Wesentliche Vorteile sind deren bessere Haftung, saubere Verarbeitung sowie eine kürzere Abluftzeit. Hinweise zur Auswahl des geeigneten Voranstriches geben die technischen Merkblätter der Hersteller; dabei ist es jedoch besonders wichtig, systemkonform zu bleiben.

Die Viskositäten der marktgängigen Voranstriche sind so eingestellt, dass diese entweder aufgesprüht oder aufgestrichen werden können. Das Auftragen des Voranstrichmittels erfordert große Sorgfalt. Der Primer soll die Fugenflanken lückenlos filmbildend bedecken. Die Dosieranweisung des Herstellers ist dabei unbedingt zu beachten, da eine falsche Dosierung die Funktionsfähigkeit und Dauerhaftigkeit nachhaltig beeinträchtigt. Eine zu geringe Menge führt dazu, dass die Haftung der Fugenvergussmasse an den Fugenflanken durch Fehlstellen des Voranstrichfilms stark beeinträchtigt wird. Trägt man dagegen zu viel Voranstrich auf, besteht die Gefahr, dass dieser nicht ausreichend ablüften kann und damit der erreichbare Haftverbund herabgesetzt wird. Darüber hinaus führen Ansammlungen von Voranstrichmittel auf dem Boden der Fugenkammer zu Blasen infolge aufsteigenden Lösemittels während des nachfolgenden Vergusses.

Kommentar

(5.3.1) Heiß verarbeitbare Fugenmassen

Üblicherweise werden für Fahrbahnen auf Straßenverkehrsflächen heiß verarbeitbare Fugenmassen verwendet. Die Anwendungs- und Einsatzbereiche sind im Abschnitt 1.2 der ZTV Fug-StB beschrieben.

ZTV Fug-StB

Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Fugen in Verkehrsflächen (Ausgabe 2001)**1.2 Anwendung****1.2.1 Allgemeines**

Die in den ZTV Fug-StB beschriebenen Fugenfüllungen und/oder Fugenfüllsysteme können bei Neubau- und Erhaltungsmaßnahmen auf allen normal beanspruchten Verkehrsflächen für rollenden und ruhenden Verkehr vorgesehen werden.

Für besondere Anwendungsgebiete, wie z. B. für besondere chemische Beanspruchungen, ist die Eignung im Einzelfall zu prüfen.

Bei Erhaltungsmaßnahmen ist die Art und der Umfang der Schadstoffbelastung der auszubauenden Stoffe in der Leistungsbeschreibung anzugeben.

1.2.2 Heiß verarbeitbare Fugenmassen

Heiß verarbeitbare Fugenmassen können auf allen Verkehrsflächen aus Beton und Asphalt ohne besondere chemische Beanspruchung eingesetzt werden. Die Fugenmassen sind für Änderungen der Fugenspaltbreite bis 25 % ausgelegt.

Pflasterfugenmassen können im Bereich aller Pflasterbeläge für den rollenden und ruhenden Verkehr vorgesehen werden.

Schienenfugenmassen gleichen die unterschiedlichen Bewegungen zwischen Verkehrsflächen und Schienen aus und sollen die Anbaufuge schließen.

Rissmassen dienen zur Verfüllung von Rissen in Verkehrsflächen aus Asphalt; sie können direkt befahren werden.

Elastische Fugenmassen sind für Änderungen der Fugenspaltbreite bis 35 % ausgelegt. Sie eignen sich besonders für Fugen in Rinnen- und Randbereichen, Bauwerksfugen, Anbaufugen und Fugen mit stärkerer Bewegung.

Die Fugenmassen dürfen nicht direkt überrollt werden. I

Kommentar

Die Regelungen über den Einsatz von heiß verarbeitbaren Fugenmassen stellen einen wesentlichen inhaltlichen Schwerpunkt der ZTV Fug-StB 01 dar. Es handelt sich hierbei um eine Materialgruppe, die nach wie vor überwiegend zur Ausbildung von Fugenfüllsystemen in Verkehrsflächen sowohl aus Beton als auch aus Asphalt Verwendung findet, jedoch über viele Jahrzehnte hinweg seit ihrer Einführung einen bedeutenden Entwicklungsweg zurückgelegt hat. So sind die ursprünglich mit dem Beginn des modernen Betonstraßenbaus geregelten bitumen- und/oder teerhaltigen Massen in ihrem stofflichen Aufbau und ihrer Leistungsfähigkeit nicht mehr vergleichbar mit den heutigen, mittels Kunststoffmodifizierungen und anderen Beimengungen für die jeweiligen Anwendungsgebiete speziell optimierten bitumenhaltigen Massen.

Unter Berücksichtigung der zunehmenden Spezialisierung der Produkte regeln die ZTV Fug-StB 01 und die TL Fug-StB 01 in Erweiterung zur früheren TL bit Fug 82 auf dem Gebiet der bitumenhaltigen Fugenmassen:

Kommentar

- a) Heiß verarbeitbare Fugenmassen (genannt: Fugenmassen)
- b) Pflasterfugenmassen
- c) Schienenfugenmassen
- d) Rissmassen
- e) Elastische Fugenmassen.

Mit derartigen Massen besteht ein sehr großer Erfahrungshintergrund. Allen diesen Fugenmassen ist gemein, dass ihre Zusammensetzung auf Bitumen als Basismaterial aufbaut. Das dadurch bedingte temperaturabhängige Verhalten macht vor der Verarbeitung zu einem Fugenfüllsystem eine Erhitzung des Materials in einen einbaufähigen (sprich: fließfähigen) Zustand erforderlich.

Die Einstellung der Materialeigenschaften auf die o.a. unterschiedlichen Einsatzgebiete erfolgt über die Auswahl des Basisbitumens sowie dessen Modifikation durch Zusätze und Beimengungen (Bild 1).

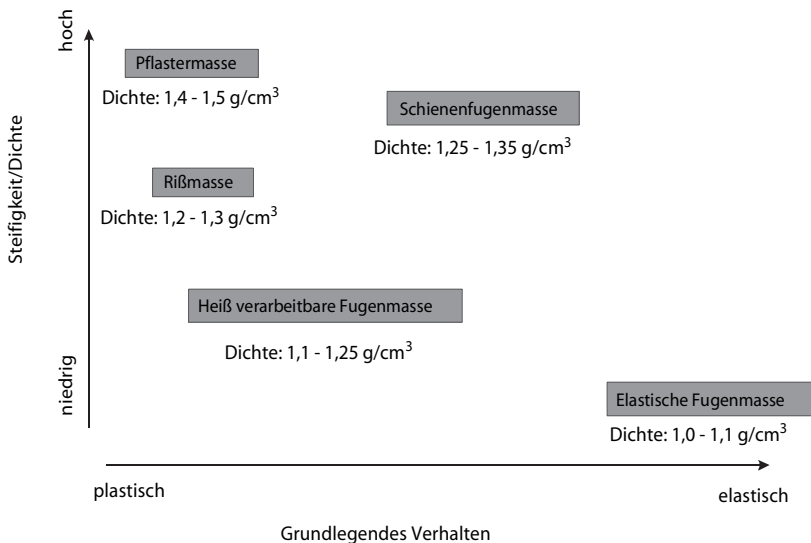


Bild 1: Schema zur Einordnung heiß verarbeitbarer Fugenmassen

Ein besonderer Vorteil dieser Materialgruppe ist eine relativ einfache Handhabung und deren im Verarbeitungszustand herabgesetzte Viskosität, die es gestattet, vorhandene Fugenspaltgeometrien vollflächig auszufüllen, um nach Abkühlung eine flexible, spannungsrelaxierende sowie wasser- und schmutzdichte Fugenfüllung mit hoher Affinität zu den angrenzenden Fugenflanken aus Beton, Asphalt, Pflaster oder Metall zu bilden. Zur Gestaltung der Fugen sowie von Detaillösungen, wie z.B. Kreuzungspunkte und Anschlüsse, sind keine aufwendigen konstruktiven Lösungen notwendig. Die relativ kurzen Einbau- und Wartezeiten ermöglichen eine schnelle Verkehrsfreigabe. Aufgrund dieser Vorteile sind derartige Fugenfüllungen auch besonders für Instandhaltungs- und Instandsetzungsmaßnahmen geeignet. Vorhandene kleine Kantenabplatzungen an den Fugenkanten können ausgefüllt werden und brauchen deshalb nicht anderweitig aufwändig saniert werden.

3.3.2

Herstellen der Fugenkerben

262

Kommentar

Aufgrund der visko-elastischen Materialeigenschaften weisen heiß verarbeitbare bitumenhaltige Fugenmassen eine gewisse Selbstheilungsfähigkeit auf, die zwar nicht reversibel zu einer Fugenqualität wie im Ausgangszustand führt, aber den Zeitpunkt bis zur erforderlichen Instandsetzung verlängern kann.

Im Weiteren werden von den vorgenannten Fugenmassen lediglich die im Betondeckenbau eingesetzten Massen der Kategorien a) und e) kommentierend behandelt.

In der **Kategorie a) Heiß verarbeitbare Fugenmassen (genannt: Fugenmassen)** werden die bitumenhaltigen Vergussmassen mit überwiegend plastischem Materialverhalten zusammengefasst. Da derartige Produkte nach wie vor den überwiegenden Anteil an den verarbeiteten Fugenmassen ausmachen, werden sie – insbesondere auch unter Berücksichtigung der umgangssprachlich eingeführten Bezeichnung – im Weiteren auch als Fugenmassen bezeichnet (siehe hierzu auch Abschnitt 2.3.1 der ZTV Fug-StB 01), wohlwissend um die Gefahr der Verwechselbarkeit mit der übergeordneten Produktgruppe für Fugenfüllungen in Verkehrsflächen.

Dabei entsprechen die der Kategorie a) zugeordneten überwiegend plastisch eingestellten visko-elastischen Produkte am ehesten den vormaligen TL-bit-Fug-Massen; jedoch nunmehr mit einer erweiterten zulässigen Verformbarkeit von bis zu 25 % Änderung der Fugenspaltbreite gegenüber 15 % gemäß den Anforderungen der TL bit Fug 82. Das mechanische Verhalten dieser Massen wird dabei durch eine gezielte und abgestimmte Kombination von Polymerzugaben und mineralischen und/oder organischen Füllstoffen erreicht.

Der Anwendung von Fugenmassen mit überwiegendem plastischen Materialverhalten (Bild 2) liegt die Vorstellung zugrunde, dass bei einem derartigen Material lediglich geringe Rückstellkräfte an den Flanken aktiviert werden. Das Material fließt unter der Einwirkung von Randverschiebungen in eine neue Konfiguration und verbleibt völlig spannungsfrei in dieser Konfiguration.

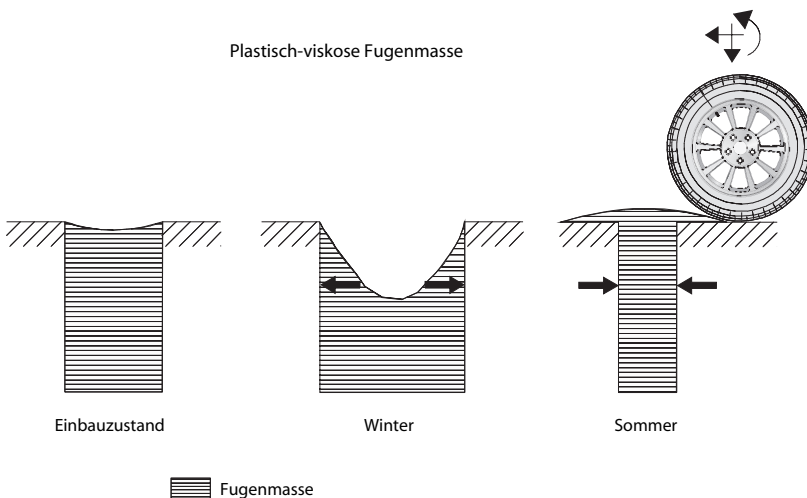


Bild 2: Verhalten einer Fuge mit überwiegend plastisch eingestellter Fugenfüllung unter Verkehr

Kommentar

Durch überrollenden Verkehr wird in der Regel ein als so genannter „Selbstheilungseffekt“ bezeichnetes Verhalten aktiviert, jedoch können wiederholte und wechselnde Verformungen auch zu lokalen Querschnittsveränderungen plastischer Massen (Verjüngung) führen, die bei weiterer Beanspruchung in der Folge bis zum Durchriss des Füllstoffes führen können (Kaugummieffekt).²⁸

Darüber hinaus besteht im Sommer bei den kleinsten auftretenden Fugenspaltbreiten die Gefahr, dass aus dem Fugenspalt überquellende Masse durch den Verkehr ausgetragen bzw. auf die Fahrbahn ausgewalzt wird und damit zur Aufnahme der Fugenbewegungen nicht mehr zur Verfügung steht. Auch eine Ausmagerung infolge eingedrungener Partikel ist möglich. Dies führt über kurz oder lang zu einer Überbeanspruchung der Fugenmasse und nachfolgendem Funktionsversagen. Vorprogrammiert ist ein solches Versagen aufgrund der deutlich größeren Bewegungen bei paketgerissenen Fugen. Das Abfasen der Fugenkanten sowie der unterbündige Verguss des Fugenspaltes (Unterverguss) verhindern den direkten Kontakt mit dem überrollenden Rad und helfen, diese Erscheinungen zu vermeiden.

Die Ausführung von Rissfüllungen bei der Sanierung von Rissen in Betondecken ist in den ZTV BEB-StB geregelt. Prinzipiell werden Risse in Betonfahrbahndecken dem Rissverlauf folgend durch Schneiden aufgeweitet und mit einer heiß verarbeitbaren Fugenmasse gemäß ZTV Fug-StB verfüllt.

Der **Kategorie e) Elastische Fugenmassen** werden visko-elastische Materialien zugeordnet, die ein ausgeprägtes elastisches Verhalten unter mechanischer Beanspruchung zeigen. Derzeitig liegt der Hauptanwendungsbereich bei Randfugen von Verkehrsbauwerken.

Derartig eingestellte Fugenmassen sind aufgrund der damit verbundenen Rückstellfähigkeit in der Lage, Formänderungen des Tragwerks oder von Bauwerksteilen in Abhängigkeit von der Fugegeometrie in gewissen Grenzen ohne bleibende Deformationen zu folgen. Mit den heutigen Modifikationen können Bewegungen bis zu 35 % bezogen auf die Fugenspaltbreite aufgenommen und ohne bleibende Deformationen zurückgestellt werden. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Beanspruchung des Haftverbundes zu den angrenzenden Fugenflanken höher ist, da die Fähigkeit der elastischen Rückstellung mit einer Verminderung des Spannungsabbaus durch Relaxation verbunden ist. Aufgrund des dominierenden elastischen Materialverhaltens besteht die Vorstellung, dass ein Spannungsabbau durch Energieumwandlung (Dissipation) nicht ausgeprägt ist. Weiterhin wird bei dieser Kategorie davon ausgegangen, dass infolge der Elastifizierung durch die eingetragenen Formänderungen in diesen Fugenmassen Spannungen hervorgerufen werden, die sich aufgrund dieses mechanischen Verhaltens nicht abbauen, sondern über die Zeitdauer der Formänderung andauern und deshalb insbesondere den Haftverbund zu den Fugenflanken beanspruchen. Kommen dann noch zusätzlich Einwirkungen z. B. aus überrollendem Verkehr hinzu, ist die Beanspruchung derartiger Massen besonders hoch. Insbesondere während der sommerlichen Stauchung der Fugenmasse ist die damit verbundene Überquellung mit einer direkten Einwirkung auf die Fugenfüllung durch den Verkehr verbunden, die zu einem Auflösen des Haftverbundes an den Fugenflanken

²⁸ Braun: Bitumen – Anwendungsbezogene Baustoffkunde für Dach- und Bauwerksabdichtungen, Verlag Rudolf Müller, Köln 1988.

3.3.2

Herstellen der Fugenkerben

264

Kommentar

und schließlich sogar zum „Herausreißen“ der Fugenfüllung aus dem Fugenspalt führen kann (Bild 3). Aus diesen Vorstellungen über das Systemverhalten wurde die Konsequenz abgeleitet, dass elastische Fugenmassen bei einer Anwendung in überfahrenen Bereichen derart eingebaut werden, dass eine Berührung mit dem Reifen ausgeschlossen ist. Dies kann konstruktiv durch unterbündiges Vergießen (Unterverguss) erreicht werden.

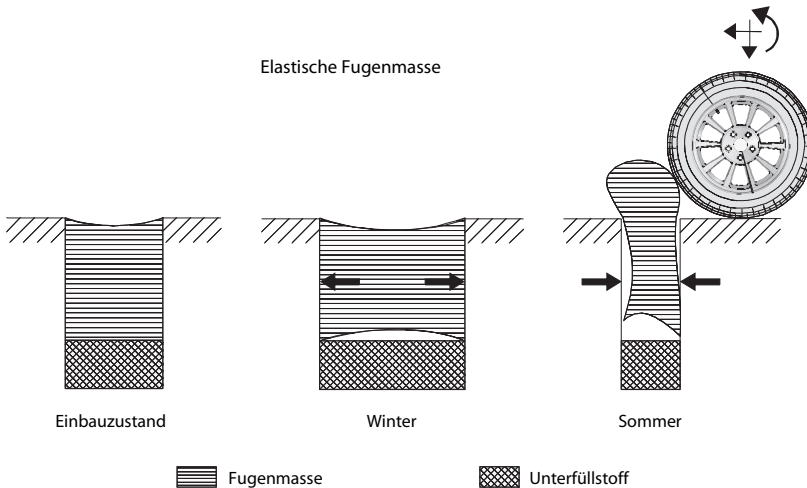


Bild 3: Schematische Darstellung des Herausreißens einer elastischen Fugenmasse beim Überfahren im Sommer

(5.3.2) Kalt verarbeitbare Fugenmassen

Für besondere chemische Beanspruchungen können kalt verarbeitbare Fugenmassen zum Einsatz kommen. Die Anwendungs- und Einsatzbereiche sind im Abschnitt 1.2 der ZTV Fug-StB beschrieben.

ZTV Fug-StB

Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Fugen in Verkehrsflächen (Ausgabe 2001)

1.2 Anwendung

1.2.3 Kalt verarbeitbare Fugenmassen

Kalt verarbeitbare Fugenmassen werden in Verkehrsflächen aus Beton entsprechend ihrer chemischen Beanspruchung in 3 Belastungsklassen eingeteilt:

- *Fugenmassen der Belastungsklasse A für normal beanspruchte Verkehrsflächen. Sie sind für Änderungen der Fugenspaltbreite bis 25 % oder bis 35 % ausgelegt.*
- *Fugenmassen der Belastungsklasse B für Verkehrsflächen, die neben der normalen Beanspruchung zusätzlich gegen Treibstoffe von Flugzeugen und Enteisungsmittel beständig sein sollen. Sie sind für Änderungen der Fugenspaltbreite bis 25 % ausgelegt.*
- *Fugenmassen der Belastungsklasse C für Verkehrsflächen, die neben der normalen Beanspruchung zusätzlich gegen Kraftstoffe von Otto- und Dieselmotoren beständig sein sollen (z. B. bei Tankstellen). Sie sind für Änderungen der Fugenspaltbreite bis 25 % ausgelegt.*

Fugenmassen sind so einzubringen, dass Reifenkontakt mit der Fugenmasse vermieden wird.

Kommentar

Bei den kalt verarbeitbaren Fugenmassen handelt es sich um reaktive ein- oder mehrkomponentige Systeme auf Kunststoffbasis (z. B. Polysulfide, Polyurethane, Silikone) mit rein elastischem Materialverhalten im ausreagierten Zustand. Derartige Massen liegen im Anlieferungszustand in viskoser Form vor und reagieren nach dem ggf. notwendigen Zusammengeben und Anmischen der einzelnen Komponenten entweder durch Einwirkung von Feuchtigkeit und/oder Luft (katalytisch) oder durch eine chemische vernetzende Reaktion zu einer dann elastischen homogenen Fugenfüllung.

Einkomponentige Fugenmassen werden in Kartuschen oder Schlauchbeutelverpackungen angeliefert und härten nach der Verarbeitung von der Oberfläche her aus. Die einige Tage dauernde vollständige Durchhärtung und damit verzögerte Belastbarkeit ist bei der Anwendung zu berücksichtigen.

Mehrkomponentige Fugenmassen sind im vorgeschriebenen Mischungsverhältnis abgepackt und werden nach dem Zusammengeben der Komponenten mit einem Mischwerkzeug mit einem langsam drehenden Rührwerk gemischt. Um das Einmischen von Luft zu vermeiden, ist besonders bei selbstverlaufenden Fugenmassen darauf zu achten, dass das Paddel des Mischwerkzeugs beim Mischen nicht aus der Fugenmasse herausragt.

Besonders bewährt haben sich Fugenmassen mit weichelastischer Einstellung, die auch bei Temperaturen bis -20°C unter der auftretenden Dehnung die Haftflächen nicht übermäßig belasten. Kalt verarbeitbare Fugenmassen sind entweder selbstnivellierend für die Verarbeitung in horizontalen Fugen oder pastös (standfest) für Fugen in Aufkantungen oder Podesten eingestellt. Letztere müssen nach dem Einbringen an der Oberfläche noch geglättet werden. Die Fließeigenschaften der selbstausgleichenden Fugenmassen müssen auch für die Verarbeitung in Flächen mit Gefälle bis zu 2 % geeignet sein.

Kalt verarbeitbare Fugenmassen weisen eine hohe Alterungsbeständigkeit, vor allem aber eine ausgezeichnete Chemikalien- und Kraftstoffbeständigkeit auf und werden deshalb insbesondere auf Verkehrsflächen mit chemischen Beanspruchungen (Lager-, Abfüll- und Umschlagsflächen (LAU-Anlagen)) eingesetzt.

Um den unterschiedlichen chemischen Beanspruchungen gerecht zu werden, werden kalt verarbeitbare Fugenmassen für die Belastungsklassen A, B oder C gemäß ZTV Fug-StB modifiziert. Die Belastungsklassen können aufgrund der äußeren Einwirkungen folgenden Anwendungsbereichen in der Praxis zugeordnet werden:

Belastungsklasse A

Fugenmassen für die Abdichtung von Fugen in normal befahrenen Straßen, Parkflächen, Abstellflächen für Kraftfahrzeuge in Betrieben, Betriebsflächen u. ä. sowie für Fugen an Schrammborden, Brücken, Unterführungen.

Belastungsklasse B

Fugenmassen für die Abdichtung von Fugen in Betankungsflächen von Flugzeugen, Flugvorfeldern, Raffineriebereichen und anderen Betriebsflächen, an denen vergleichbare flüssige Chemikalien gehandhabt werden.

Belastungsklasse C

Fugenmassen für die Abdichtung von Fugen in Verkehrsflächen wie Tankstellen und anderen Betriebsflächen, an denen vergleichbare flüssige Chemikalien gehandhabt werden.

Kommentar Werden auf Verkehrsflächen andere flüssige Chemikalien als in Belastungsklasse B und C mit unterschiedlicher Reaktivität gehandhabt, so ist die Beständigkeit des Abdichtungssystems analog zu prüfen. Die Änderung der Fugenspaltbreite während der Nutzung durch Dehnung, Stauchung, Scherung muss der zulässigen Verformbarkeit der Fugenmasse entsprechen. Neben Fugenmassen mit einer zulässigen Gesamtverformung von 25 %, bezogen auf die ursprüngliche Fugenbreite, werden auch solche angeboten, die eine Änderung der Fugenspaltbreite von 35 % schadlos überstehen. Bereiche des Lagerns, Abfüllens und Umschlagens wassergefährdender Stoffe (LAU-Anlagen) fallen in den Geltungsbereich des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) § 19 g, Absatz 1. Für dort angewendete Fugendichtstoffe wird eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung gemäß den Zulassungsgrundsätzen des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) für Fugenabdichtungssysteme, Teil 1 – Fugendichtstoffe gefordert. Aufgrund des elastischen Stoffverhaltens ist bei auftretenden Deformationen der Haftverbund zu den angrenzenden Fugenflanken hohen Beanspruchungen ausgesetzt. Wesentlich ist deshalb eine weichelastische Einstellung der Produkte, damit die Beanspruchung des Haftverbundes auch bei tiefen Temperaturen die Haftfestigkeit nicht übersteigt. In Zusammenhang mit dem umweltrelevanten Einsatzbereich derartiger Massen (LAU-Anlagen) fordert der Gesetzgeber (z.B. im § 19 WHG) besondere Sicherheitsvorkehrungen. Aus diesen Gründen werden die zulässigen Änderungen der Fugenspaltbreite je nach Belastungsklasse für kalt verarbeitbare Fugenmassen auf im Regelfall 25 % bzw. maximal 35 % begrenzt. Kalt verarbeitbare Fugenmassen dürfen nicht in direkten Reifenkontakt kommen.

(5.3.3) Fugenprofile

Anstelle von Fugenmassen können vorgeformte, komprimierbare elastische Profile zur Füllung des Fugenspaltes verwendet werden. Sie werden in den Fugenspalt nachträglich unter Vorspannung eingebaut und die Fuge so durch den bleibenden Anpressdruck verschlossen. Je nach Bauart werden Hohlkammer- und Vollprofile unterschieden. Für einen schadlosen Einbau der Profile und zur Reduzierung des direkten Kontaktes zum überrollenden Verkehr sind die Kanten des Fugenspaltes von Querfugen abzufasen.

Der Anwendungs- und Einsatzbereich von Fugenprofilen ist in Abschnitt 1.2.4 der ZTV Fug-StB beschrieben.

ZTV Fug-StB

Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Fugen in Verkehrsflächen (Ausgabe 2001)

1.2 Anwendung

1.2.4 Fugenprofile

Fugenprofile können nur auf Verkehrsflächen aus Beton vorgesehen werden. Sie sind für Änderungen der Fugenspaltbreite bis 30 % ausgelegt.

1.2.5 Fugenbänder

Fugenbänder können in Fahrbahndecken aus Asphalt, bei Einbauten (z.B. Kanaldeckel, Abläufe) und bei Anschlüssen zwischen Beton und Asphalt vorgesehen werden. Sie sind ausgelegt, das thermisch bedingte Schrumpfen nach dem Einbau des Asphaltes beim Erkalten aufzunehmen.

Sie sind für Änderungen der Fugenspaltbreite bis zu 10 % ausgelegt.

Kommentar

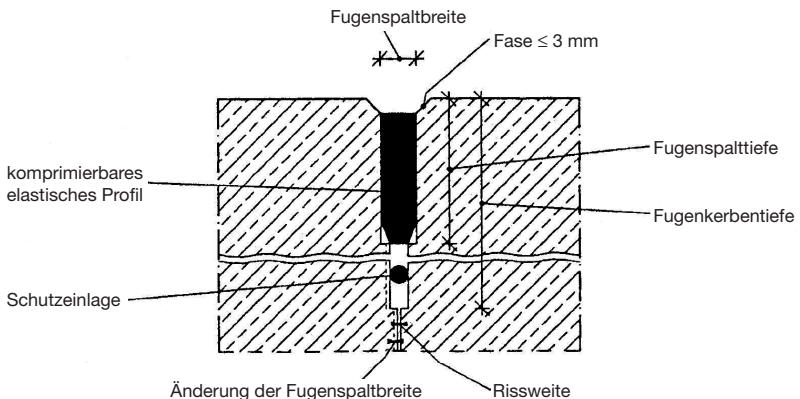
Die Anwendung von elastomeren Fugenprofilen im Straßenbau ist ursprünglich auf Entwicklungen im konstruktiven Ingenieurbau zurückzuführen. Hier wurden komprimierbare elastomere Rundprofile (ohne Hohlkammern) von Hand eingebaut, um Fugen abzudichten. Die Profildurchmesser waren in Abhängigkeit von der Fugenbreite bis zu 50 % größer als diese und wurden unter Vorspannung eingebaut, d.h. die Fugenflanken standen bei dieser Bauweise unter ständigem Anpressdruck.

Die Vorteile dieser Bauart liegen beim Einbau der elastomeren Bauelemente, da dieser auch bei feuchter Witterung möglich ist. Für den Betondeckenbau war der Einbau der Profile von Hand wegen der erreichbaren geringen Tagesleistungen zunächst unwirtschaftlich, bis Geräte für einen maschinellen Einbau entwickelt wurden.

Um die Einsatzmöglichkeiten für den Straßenbau abzuklären, wurde Anfang der 1980er Jahre begonnen, Versuchsstrecken anzulegen und durch Forschungsvorhaben zu begleiten. Nach mehreren Jahren Liegezeit der Versuchsstrecken waren die Ergebnisse überwiegend zufriedenstellend. Probleme traten jedoch bei paketgerissenen Fugen und an den Kreuzungspunkten auf.

Um dem zu begegnen, wurden z. B. in den Querfugen Profile eingebaut und die Längsfugen mit heiß verarbeitbaren Fugenmassen gefüllt. Diese Kombination nimmt jedoch dem Verarbeiter den Vorteil, Fugarbeiten bei schlechter Witterung auszuführen. Durch den Erfolg der Rundprofile motiviert, kamen neue alternative Profiltypen auf den Markt. Insbesondere sind hierbei die Hohlkammerprofile sowie die heute dominierenden offenen Profile („Tannenbaumprofile“) zu erwähnen.

Durch den Wettbewerb der Profiltypen, verbunden mit der zu erwartenden Lebensdauer, konnte sich diese Bauweise im Betonstraßenbau als eine Alternative zum Fugenverguss entwickeln.²⁹



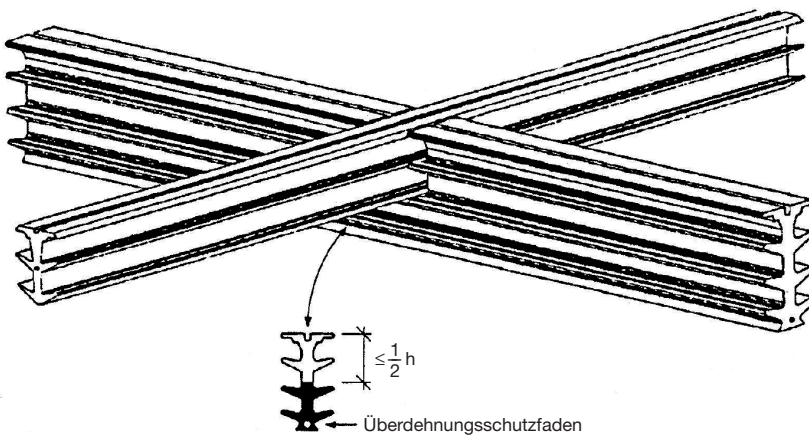
Eingebautes Fugenprofil in einer Querscheinfuge (Bild 7 ZTV Fug-StB 01)

²⁹ Schmidt: Erfahrungen mit elastischen Fugenprofilen in Betondecken; Betonstraßentagung 1991 in Suhl, Kirschbaum Verlag, Bonn 1992.

Kommentar

Ein besonderer Aufschwung bei der Anwendung elastomerer Fugenprofile war auf die notwendigen Verkehrsinfrastrukturmaßnahmen im Zusammenhang mit der deutschen Wiedervereinigung zurückzuführen. Durch die kurzen Terminvorgaben zur Erstellung neuer Betonfahrbahnen mussten bei feuchtem Wetter und Frost Fugen abgedichtet werden. Dies ging nur mit Fugenfüllsystemen, deren Einbau weitgehend witterungsunabhängig ist. Festgestellten Qualitätsproblemen wurde durch Entwicklung eines eigenständigen Regelwerkes, der ZTV Fug 3-StB 95³⁰, begegnet.

Insbesondere wurden Toleranzen bei der Herstellung der Fugenkammer festgelegt. Damit konnte z. B. dem häufig beobachteten Absacken der Fugenprofile Rechnung getragen werden. Bei bundesweiten Untersuchungen von Objekten im Jahre 1997 konnte jedoch festgestellt werden, dass abgewanderte Profile nicht zu vermehrten Kantenausbrüchen führen. Allerdings besteht insbesondere im Standstreifenbereich die Gefahr der Verschmutzung des Fugenspaltes mit den daraus folgenden Funktionsbeeinträchtigungen. Nach diesen Erfahrungen wurde festgelegt, dass eine Abwanderung von Fugenprofilen bis 15 mm unter OK Betondecke toleriert werden kann.



Kreuzung eines offenen Profils (Bild 8 ZTV Fug-StB 01)

Die Weiterentwicklung führte zu offenen Profilquerschnitten, den so genannten „Tannenbaumprofilen“. Diese sind leichter einzubauen und bieten vergleichsweise durch die Anzahl der Profillippen einen besseren Anpressdruck, höhere Dichtigkeit und eine höhere Rückstellfähigkeit. Die laufende Kontrolle der Einbaulänge und eine Verhinderung der Dehnung der Profile beim Einbau verminderten mögliche Problemursachen an den Kreuzungspunkten. Dafür wurden z. B. Maschinen entwickelt, deren Fahrtrieb an den Einbau des Profils gekoppelt wurde.

³⁰ Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Fugenfüllungen in Verkehrsflächen – Teil 3: Fugenfüllungen in Verkehrsflächen mit komprimierbaren elastischen Profilen (ZTV Fug 3-StB 95), Ausgabe 1995, Köln 1995.

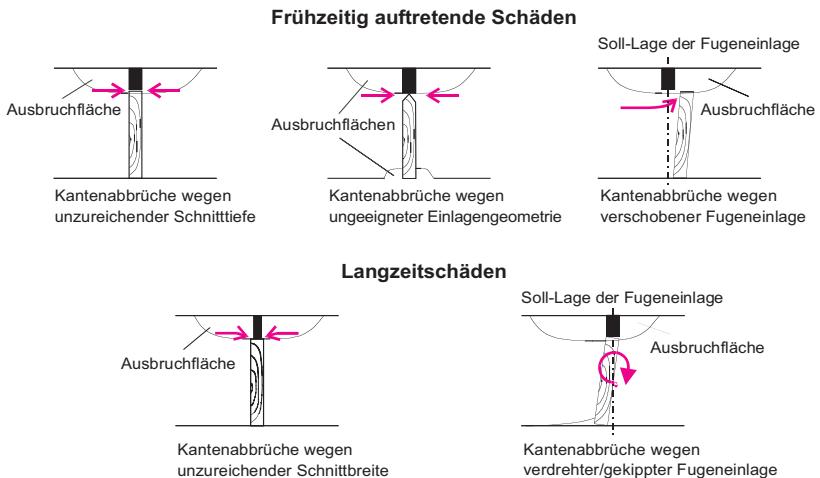
Kommentar

Ein weiterer wesentlicher Faktor zur Verhinderung der Profildehnung war die Anordnung eines Fadens im Profil als Überdehnungsschutz. Bisher erfolgte sehr häufig der Einsatz von elastomeren Fugenprofilen mit offenen Profilen in Verkehrsflächen bei einer Ausführung der Breite der Querfugen von 8 mm in Kombination mit Längsfugen einer Breite von 6 mm. Zur Erhöhung der Sicherheit und Dauerhaftigkeit wird jedoch empfohlen, die Querfugen der Strecke in einer Breite von 10 mm auszuführen.

(5.4) Aufgaben und Beanspruchungen der Fugeneinlagen**(5.4.1) Raumfugeneinlagen**

Raumfugeneinlagen haben die Aufgabe, bei angeordneten Raumfugen die Platten über den gesamten Querschnitt zu trennen, damit der für die gegenseitige Verformbarkeit der Platten erforderliche Raum geschaffen wird. Die in der Decke verbleibenden Fugeneinlagen dürfen die Ausdehnung der Platten nicht verhindern. Sie müssen jedoch gemäß ZTV Beton-StB so steif sein, dass sie unter der Beanspruchung des Verdichtens des Betons nicht verformt werden. Weichfaserplatten sind aus diesem Grund als Fugeneinlagen in Raumfugen nicht zulässig.

Vielmehr haben sich Fugeneinlagen z. B. aus wasserfesten Holzspanplatten bewährt. Die Dicke der Fugeneinlagen in Raumfugen soll 18 mm nicht übersteigen, um bei der Herstellung des Fugenspalt mit einer Sollbreite der Raumfuge von 20 mm im Nassschneidverfahren Fugenkammern ohne verbleibende Reste der Fugeneinlage zu erzeugen. Geeignet sind aber auch Fugeneinlagen aus Weichholzbrettern oder auch solche aus Kunststoffen. Falsch hergestellte Raumfugen ziehen möglicherweise Folgeschäden (Bild 4) nach sich.

**Bild 4: Darstellung typischer Schäden im Bereich von Raumfugen**

Die Fugeneinlagen müssen den kompletten Betondeckenquerschnitt abdecken, damit sich keine Betonbrücken bilden können, die dann entstehen, wenn die Einlagen auf der Tragschicht nicht satt aufstehen oder den Spalt

Kommentar nicht vollständig in der Tiefe (Deckendicke) und Breite (der Fertigungsbahn) ausfüllen. Ansonsten besteht die Gefahr, dass durch Längsdruckspannungen im Bereich dieser Betonbrücken der Beton örtlich zerstört wird.

(5.4.2) Scheinfugeneinlagen

Scheinfugeneinlagen sind nur noch in alten Betondecken anzutreffen und werden bei der Erneuerung dieser Decken im Tiefeinbau als trapezförmige Holzprofile sichtbar.

Bei einer Wiederverwendung der aufgebrochenen Betondecke sind diese Holzteile im Aufbereitungsprozess zu einer fraktionierten Gesteinskörnung mittels eines Windsichters zu entfernen.

Scheinfugeneinlagen werden heute im Betondeckenbau nicht mehr eingebaut.

3.3.2.1

Scheinfugen

Siehe DIN 18316, Abschnitt 3.3.4.4.1

Scheinfugen werden als geschnittene Fugenkerben hergestellt.

In den erhärteten Beton wird eine Kerbe in der erforderlichen Tiefe eingeschnitten. Ein frühzeitiges Schneiden der Kerbe ist zur Vermeidung von Rissen notwendig.

Zum Herstellen der Kerben sind Geräte zu verwenden, die ein geradliniges und scharfkantiges Schneiden ermöglichen.

Um das rechtzeitige Einschnitten der Kerben zu gewährleisten, muss auf der Baustelle eine ausreichende Anzahl von Schneidgeräten bereitgehalten werden.

Der Schneidschlamm, der beim Herstellen der Kerben entsteht, ist während des Schneidens oder unmittelbar nach dem Schneiden zu beseitigen.

Die zum Reißen der Querscheinfugen notwendigen Kerben an der Oberseite der Decke müssen mindestens 25 %, dürfen jedoch höchstens 30 % der Deckendicke tief sein.

Die zum Reißen der Längsscheinfugen notwendigen Kerben an der Oberseite der Decke müssen mindestens 40 %, dürfen jedoch höchstens 45 % der Deckendicke tief sein.

Zur Aufnahme der Fugenfüllung ist die Fugenkerbe auf einen Fugenspalt zu erweitern, dessen Breite und Tiefe auf den vorgesehenen Fugenfüllstoff abgestimmt sein muss. Einzelheiten sind in den ZTV Fug-StB geregelt.

Kommentar Die vorstehenden Regelungen der ZTV Beton-StB ergänzen Abschnitt 3.3.4.4.1 der DIN 18316.

DIN 18316

Verkehrswegebauarbeiten – Oberbauschichten mit hydraulischen Bindemitteln**3.3.4 Betondecken****3.3.4.4 Fugen****3.3.4.4.1 Scheinfugen**

Scheinfugen sind durch Einschneiden eines Fugenspaltes mit einer Tiefe von mindestens 25 % der Deckendicke in den erhärteten Beton herzustellen.

Sind im unteren Teil der Betondecke Einlagen zur Schwächung des Betonquerschnitts vereinbart, sind sie gegen Verschieben zu sichern.

Kommentar

Scheinfugen, d. h. Quer- und Längsscheinfugen, werden nur noch als geschnittene Fugenkerben hergestellt. Die gezogene Längsscheinfuge oder die gerüttelte Fuge sind in der Neufassung der ZTV Beton-StB nicht mehr berücksichtigt.

Die Herstellung der Scheinfugen auf die erforderliche Tiefe erfolgt mit Schneidgeräten zuerst durch einen Kerbschnitt. In dieser erzeugten Kerbe wird sich ein Riss in ganzer Deckendicke ausbilden, wenn bei Abkühlung und Schwinden des Betons Zugspannungen infolge der Reibung der Decke auf der Unterlage auftreten, die der Beton nicht mehr aufnehmen kann. Scheinfugen sind also Sollbruchstellen in der Betondecke, durch die sich einzelne Platten ergeben.

Scheinfugen werden bei Verkehrsflächen in Betonbauweise in Quer- und Längsrichtung angeordnet.

Der zu planende Abstand der Scheinfugen in Längs- und Querrichtung und damit die Abmessungen der Platten hängen von der Größe der aufnehmbaren Zug- bzw. Biegezugspannungen ab, die wiederum eine Funktion der Abmessungen – im Wesentlichen der Dicke – der Platten ist.

Um das Eindringen von Fremdkörpern zu verhindern, wird aus geeignetem Material eine Schutzeinlage in die Fugenkerbe der Querscheinfugen (siehe Bild Querscheinfuge) eingedrückt, da eingedrungene Fremdkörper bei Ausdehnung der Platten Schäden an den Fugenflanken verursachen können. Bei den Längsscheinfugen ist wegen der geringen Ausdehnung eine derartige Maßnahme nicht erforderlich.

Zum Schneiden der Fugenkerben und zum Aufweiten der Kerben zu Fugenspalten in einem Arbeitsgang können sowohl einzelne als auch hintereinander angeordnete Schneidscheiben eingesetzt werden. Die Forderung nach einer ausreichenden Anzahl von Schneidgeräten auf der Baustelle macht in jedem Fall die Vorhaltung von Ersatzgeräten erforderlich, um ein frühzeitiges Schneiden der Fugenkerben innerhalb einer Tagesleistung sicherzustellen und somit wilde Rissbildungen in der Betondecke zu vermeiden.

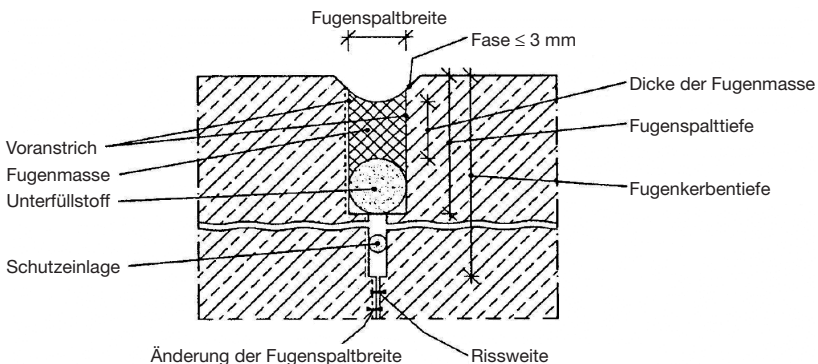
Für ein frühzeitiges Schneiden der Fugenkerben ist der Erhärtungsverlauf des Betons laufend zu beobachten, um den richtigen Zeitpunkt möglichst genau bestimmen zu können. Beton gilt für das Schneiden der Fugenkerben als hinreichend erhärtet, wenn keine Gesteinskörner beim Schneiden herausgerissen werden und die Fugenkanten nicht ausfransen. Der Zeit-

Kommentar

punkt des Schneidens hängt dabei von mehreren Faktoren ab, wie z. B. der Zusammensetzung des Betons, der Temperatur und Feuchtigkeit der Luft und den tageszeitlich unterschiedlichen Temperaturen (siehe Abschnitt 3.3.2, Kom. (2)). Kleinere Abplatzungen an den Fugenkanten durch verfrühtes Schneiden sind immer noch besser als wilde Risse und unbedenklich, weil in der Regel eine Abfasung der Fugen erfolgt.

Der beim Schneiden der Fugenkerbe entstehende Schneidschlamm ist zur Vermeidung des Ablagerens in den frisch hergestellten Fugenkerben während des Schneidens abzusaugen oder unmittelbar nach dem Schneiden durch eine Reinigung, allgemein mit Wasser, zu beseitigen. Eine spätere vollständige Beseitigung des Schneidschlammes gelingt nur noch selten. Die Beseitigung des Schneidschlammes von der Decke ist für eine gute Haftung der Markierung erforderlich, ferner wird eine unnötige Deckenverschmutzung und Staubentwicklung vermieden.

Bei Querscheinfugen muss zum Reißen des Betons die Tiefe der Fugenkerben an der Oberseite der Decke zwischen 25 und 30 % der Deckendicke betragen. Eine Querschnittsschwächung von mindestens 25 % ist für die Rissbildung in der Fuge erforderlich. Die Einhaltung der 30 %-Höchstgrenze andererseits ist geboten, um Aufstauchungen infolge zu großer Außermittigkeit der Druckübertragung im Querschnitt zu vermeiden und eine noch ausreichende Rissverzahnung zu gewährleisten.³¹

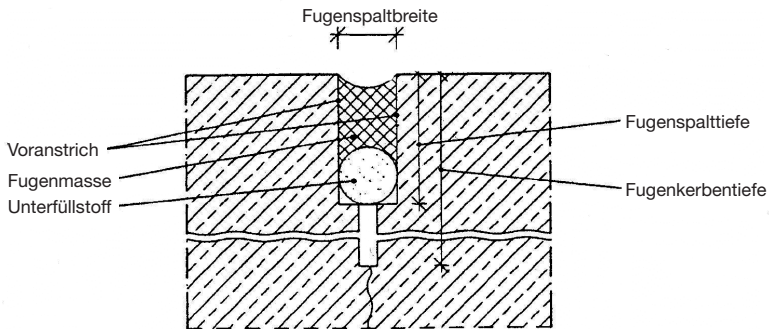


Querscheinfuge (Bild 1 ZTV Fug-StB 01)

Bei Längsscheinfugen ist die zum Reißen erforderliche Tiefe der Fugenkerbe zwischen 40 und 45 % der Deckendicke vorzusehen, damit trotz geringerer Zugspannungen sich der Riss auch in der vorgegebenen Fugenkerbe im unteren Bereich der Betondecke ausbilden kann und nicht am Ende der Anker unerwünschte Längsrisse entstehen. Die Anker sind wegen der tieferen Kerbe in das untere Deckendrittel, aber mindestens in einer Höhe von 4 cm einzubauen.

³¹ Eisenmann, J.; Gnad, H.: Experimentelle Ermittlung der Knickkraft bei Betonstraßen mit unterschiedlicher Fugenausbildung; Schriftenreihe Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 145/1973, Bundesminister für Verkehr.

Kommentar

**Längsscheinfuge** (Bild 2 ZTV Fug-StB 01)

Zur Aufnahme eines Fugenfüllstoffes (Fugenprofil oder heiß verarbeitbare Fugenmasse) ist die Fugenkerbe auf einen Fugenspalt zu erweitern, der unter Berücksichtigung der speziellen Eigenschaften der Fugenfüllstoffe eine jeweils unterschiedliche Breite und Tiefe haben kann. Die ZTV Beton-StB regeln nur die Herstellung von Fugen ohne Fugenfüllung. Für die Abdichtung und Verfüllung sind die Regelungen der ZTV Fug-StB zu beachten. Hier sind im Abschnitt 1.3 auch die Baugrundsätze, die beim Aufweiten der Fugenkerben, d.h. beim Herstellen des Fugenspaltes zu beachten sind, aufgeführt (siehe auch Kommentar zu 4.3 und 4.4).

3.3.2.2**Raumfugen**

Siehe DIN 18316, Abschnitt 3.3.4.4.2

Raumfugen erhalten bis knapp unter die Betonoberfläche reichende Einlagen, die vor dem Einbau des Betons zu verlegen sind. Die Einlagen müssen überall auf der Unterlage aufstehen, mit der Seitenschalung bündig abschließen und gegen Kippen sowie Verschieben gut gesichert sein.

Die Überdeckung der Einlagen mit Beton darf höchstens 5 mm betragen. Sie ist nach dem Erhärten des Betons aufzuschneiden. Einzelheiten der Fugenfüllung sind in den ZTV Fug-StB geregelt.

Bei Decken der Bauklassen IV bis VI darf die bleibende Fugeneinlage unverdübelter Raumfugen in den frischen Beton eingerüttelt werden, wenn gewährleistet ist, dass die Fugeneinlage bis zur Unterlage geführt wird und die Ebenheit der Decke nicht beeinträchtigt wird.

Bei Decken der Bauklassen IV bis VI kann die Höhe der Fugeneinlage gleich der Deckendicke sein; Fugenschnitt und Fugenfüllung brauchen dann nicht vorgesehen zu werden.

Kommentar Die vorstehenden Regelungen der ZTV Beton-StB ergänzen Abschnitt 3.3.4.4.2 der DIN 18316.

DIN 18316

Verkehrswegebauarbeiten – Oberbauschichten mit hydraulischen Bindemitteln

3.3.4 Betondecken

3.3.4.4 Fugen

3.3.4.4.2 Raumfugen

Raumfugen sind so herzustellen, dass sie die Betonplatten in der ganzen Dicke voneinander trennen. Die Fugeneinlagen müssen die Ausdehnung der Platten ermöglichen; sie sind gegen Verschieben zu sichern. Die Raumfugen sind mindestens 12 mm breit herzustellen.

Kommentar Inhaltsübersicht

- (1) Allgemeines
- (2) Einbauen der Fugeneinlagen
- (3) Schnittbreite

(1) Allgemeines

Raumfugen sind Fugen, die die Decke in ganzer Dicke trennen und sowohl eine ungehinderte Ausdehnung als auch eine Verkürzung des Betons zulassen. Die in der Decke verbleibenden Fugeneinlagen dürfen daher die Ausdehnung der Platten nicht behindern. Sie müssen gerade und so steif sein, dass sie beim Verdichten des Betons nicht verformt werden.

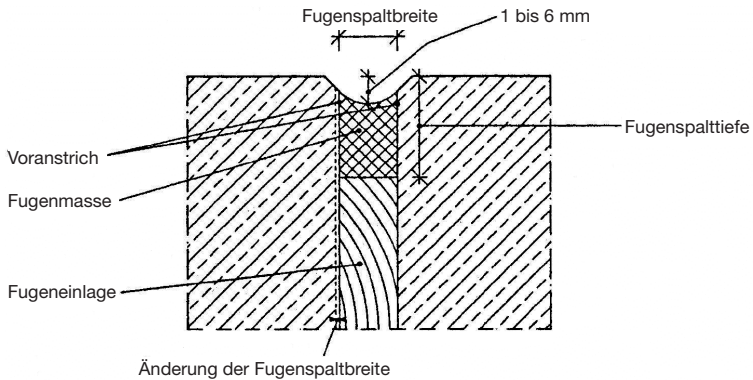
Bei noch vereinzelt anzutreffenden alten Betondecken sind Raumfugen in regelmäßigen Abständen neben den Scheinfugen vorgesehen worden, während die heutige Betondecke fast nur noch ohne Raumfugen hergestellt wird. Raumfugen werden nur noch bei festen Einbauten und in Sonderfällen in der Decke vorgesehen.

(2) Einbauen der Fugeneinlagen

Bei Raumfugen werden Fugeneinlagen auf ganzer Dicke der Betondecke, d. h. von der Unterlage bis knapp unter die Oberfläche der Decke, eingebaut, um die Platten über den gesamten Querschnitt zu trennen, damit für die Ausdehnung der Platten der erforderliche Raum geschaffen wird. Die kurz vor dem Betonieren aufgestellten Fugeneinlagen sind daher bündig mit der Seitenschalung abzuschließen und gegen Kippen und Verschieben so zu sichern, dass es nicht zu Schrägrissen und Abplatzungen in der Decke führt.

Durch eine Überdeckung des Betons von nicht mehr als 5 mm soll sichergestellt werden, dass nur ein geradlinig verlaufender Riss über der Fugeneinlage entsteht, der durch den späteren Fugenschnitt erfasst wird. Die Betondeckung von 5 mm ist zur Erzielung einer einwandfreien Oberfläche und auch zur Herstellung einer geraden Fugenkante beim nachträglichen Schnitt erforderlich.

Kommentar

**Raumfuge** (Bild 3 ZTV Fug-StB 01)

Bei Decken der Bauklassen V und VI darf die Fugeneinlage in den frischen Beton eingerüttelt werden, was sich hier deshalb anbietet, weil Raumfugen bei Decken der Bauklassen IV bis VI nicht zwingend verdübelt sein müssen. Dabei ist besonders darauf zu achten, dass das Betongefüge im Fugenbereich möglichst wenig gestört wird und dass die Fugeneinlage bis zur Unterseite der Betondecke reicht, damit sich keine Betonbrücken bilden, die zu Stauchungen der Betondecke führen können. Die Höhe der Fugeneinlage kann gleich der Deckendicke sein, da bei diesen Bauklassen weder ein Fugenschnitt noch eine Fugenfüllung vorgesehen werden braucht.

(3) Schnittbreite

Die Betondeckung über der Fugeneinlage wird zum Einbringen der Fugenfüllung nach dem Erhärten des Betons ausgeschnitten. Der Schnitt muss, um Kantenabplatzungen zu vermeiden, mindestens 2 mm breiter als die Fugeneinlage sein und ist so auszuführen, dass die gesamte Breite der Einlage erfasst wird. Da bei Raumfugen von einer Änderung der Fugenspaltbreite von 5 mm ausgegangen wird, ist in der Regel eine Schnittbreite für den Fugenspalt von 20 mm und eine Schnitttiefe von 40 mm vorzusehen. Einzelheiten der Fugenfüllung sind in den ZTV Fug-StB geregelt.

3.3.2.3**Pressfugen**

Siehe DIN 18316, Abschnitt 3.3.4.4.3

Pressfugen, die bei der Herstellung in zeitlichem Abstand aufeinander folgender Fertigungsstreifen entstehen (auch zu seitlichen Randeinfassungen), erhalten im oberen Teil einen Fugenspalt, der in Breite und Tiefe auf den vorgesehenen Fugenfüllstoff abgestimmt sein muss.

Einzelheiten sind in den ZTV Fug-StB geregelt.

3.3.2.3**Pressfugen**

276

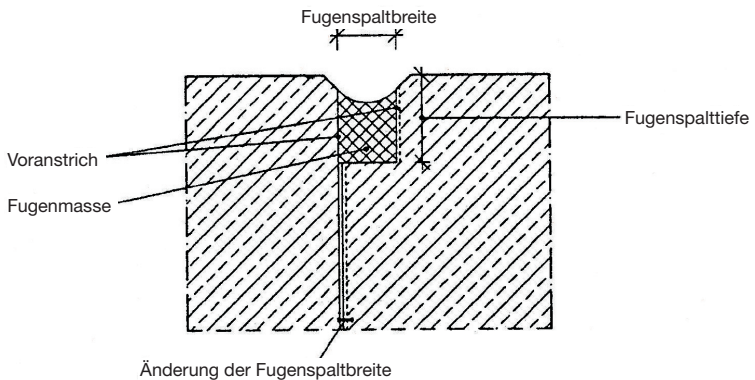
Kommentar Die vorstehenden Regelungen der ZTV Beton-StB ergänzen Abschnitt 3.3.4.4.3 der DIN 18316.

DIN 18316

Verkehrswegebauarbeiten – Oberbauschichten mit hydraulischen Bindemitteln**3.3.4 Betondecken****3.3.4.4 Fugen****3.3.4.4.3 Pressfugen**

Pressfugen sind ohne Trennmittel herzustellen.

Kommentar Pressfugen entstehen, wenn nebeneinanderliegende Verkehrsflächen in zeitlichem Abstand gefertigt werden. Dies können einzelne Fertigungsstreifen, wie z. B. Seitenstreifen und Fahrstreifen, seitliche Randeinfassungen oder Tagesendfelder sein.

**Pressfuge** (Bild 4 ZTV Fug-StB 01)

In der Baulichen Erhaltung von Verkehrsflächen in Betonbauweise entstehen beim Ersatz von Platten oder Plattenteilen ausschließlich Pressfugen. Beim streifenweisen Ersatz sind die Längsfugen und die beiden Quertugen am Beginn und Ende einer Baustrecke als Pressfugen ausgebildet. Pressfugen sind in der Regel abzudichten und daher im oberen Teil mit einem Fugenspalt zu versehen, welcher in Breite und Tiefe auf den zur Anwendung kommenden Fugenfüllstoff abzustimmen ist. Einzelheiten sind in den ZTV Fug-StB geregelt.

3.3.3**Schutzmaßnahmen und Nachbehandlung**

Der Beton bedarf während und nach der Herstellung der Decke eines besonderen Schutzes und einer sorgfältigen Nachbehandlung.

Schutzmaßnahmen nach der Herstellung der Decke können auch gleichzeitig Maßnahmen zur Nachbehandlung sein.

Kommentar

Schutzmaßnahmen sollen den Beton vor äußeren Einflüssen schützen. Sie sollen verhindern, dass der Beton durch Regen, durch Wasserentzug, durch starkes Abkühlen oder Erwärmen an der Oberfläche während und nach der Herstellung geschädigt wird, was sich insbesondere auf die Festigkeit und Dichte nachteilig auswirken würde.

Nachbehandlungen sind Maßnahmen an der Oberfläche von Betondecken, damit dem Beton das zum Erstarren und Erhärten erforderliche Wasser nicht entzogen und das Schwinden des Betons verzögert wird. Die ZTV Beton-StB erwähnen ausdrücklich, dass auch solche Schutzmaßnahmen nach der Herstellung der Decke angewendet werden können, die gleichzeitig als Maßnahmen zur Nachbehandlung wirken.

Die ZTV Beton-StB 07 gehen dabei erstmals auf die Schutzmaßnahmen und Nachbehandlungsmaßnahmen ein, die bei Waschbetonoberflächen zu beachten sind.

Die Imprägnierung als Schutzmaßnahme findet in den ZTV Beton-StB 07 keine Erwähnung mehr.

**Aufbringen
von Nach-
behandlungs-
mittel**



3.3.3.1**Schutzmaßnahmen**

Der Beton ist beim Einbau und in den ersten 2 Stunden nach Fertigstellung der Decke vor Niederschlägen zu schützen. Dies kann durch Zelte oder andere geeignete Maßnahmen geschehen. Kommen derartige Maßnahmen nicht zum Einsatz, ist der Betoneinbau bei Niederschlag einzustellen.

Bei Lufttemperaturen über 25 °C ist die Decke unmittelbar nach dem Schneiden der Kerben/Fugen mindestens dreimal im Abstand von 2 bis 3 Stunden flächendeckend anzunässen. Die Decke darf in dieser Zeit nicht abtrocknen.

Risse können entstehen, wenn ein durch hohe Tagestemperaturen und Hydrationswärme des Zementes stark aufgeheizter Beton während der Erhärtung – insbesondere in der ersten Nacht und am folgenden Morgen – durch Wärmeabstrahlung, kühle Luft und Verdunstungskälte an der Oberfläche stark abgekühlt wird.

Die Gefahr des Aufheizens des Betons kann durch Anwendung eines Nachbehandlungsmittels mit erhöhtem Hellbezugswert (Weißwert) gemindert werden.

Ist ein sehr rasches Abkühlen des eingebauten Frischbetons zu erwarten, muss der Beton bis zum Schneiden der Kerben durch eine wärmedämmende Abdeckung geschützt werden.

Kommentar

Der Beton ist bis zum genügenden Erhärten gegen schädigende Einflüsse, wie z. B. Austrocknen oder zu starkes und zu rasches Abkühlen, zu schützen. Die hohen Anforderungen an den Beton und seine Deckenoberfläche machen es erforderlich, ihn während der Deckenherstellung und in den ersten Stunden nach Fertigstellung vor zu starker Sonneneinstrahlung oder Niederschlägen zu schützen. Durch geeignete Schutzmaßnahmen, wie z. B. den Einbau des Betons unter Zelten, sollen Veränderungen seines Wasserhaushaltes unterbunden werden; denn Wind und Sonne entziehen dem Beton das zur Verarbeitung sowie zum Erstarren und Erhärten erforderliche Wasser, während Regen die Konsistenz und Oberflächenstruktur des Betons nachhaltig und ungünstig verändern kann. Daher müssen Zelte so lang und dicht sein, dass die Decke und damit auch die Oberfläche unter ihrem Schutz vollständig fertiggestellt werden kann.

Der beste Schutz des Betons kann noch immer mit hellfarbigen, niedrigen, allseits geschlossenen Zelten erreicht werden, die entweder an den Deckenzug angehängt oder mit eigenem Antrieb nachgezogen werden. Für kleinere Flächen, vor allem Einzelfelder oder -platten, können auch tragbare Dächer verwendet werden. Die Länge der Zelte bestimmt sich nach der Geschwindigkeit des Deckeneinbaus und muss die Bedingung erfüllen, den jungen Beton in den ersten zwei Stunden nach Fertigstellung der Decke zu schützen. Nach dieser Zeit ist eine Schädigung durch Regen oder intensive Sonneneinstrahlung nicht mehr zu befürchten. Helle Zelte sind erforderlich, damit sich der Beton bei Sonneneinstrahlung nicht unter den Zelten übermäßig erhitzt.

Kommentar

Auf der anderen Seite sollten die Zelte auch nicht länger sein, als zur Erfüllung der genannten Bedingungen erforderlich ist, da sich unter den Zelten infolge des dort entstehenden Luftzuges ein schnelleres Abkühlen der Oberfläche oder ein Austrocknen der Oberfläche schädlich auf die Festigkeit des Betons auswirken kann.

Die Abmessungen der Gleitschalungsfertiger und die Einbauverfahren erschweren gelegentlich die Verwendung von Zelten erheblich. Die Auftragnehmer bieten deshalb den Einbau des Betons mit Gleitschalungsfertigern oft ohne Schutzzelte an. Durch eine frühzeitig einsetzende Nachbehandlung kann hier eine ausreichende Festigkeitsentwicklung des Betons erreicht werden.

Tritt während der Fertigung starker Regen auf, kann besonders beim zweischichtigen Einbau des Betons mit Deckenzügen ohne Zelte die Konsistenz des Betons, der w/z-Wert und damit die Verarbeitbarkeit und die Endfestigkeit nachteilig verändert werden. Starker Regen beeinträchtigt außerdem die Eigenschaften und das Aussehen der Decke und kann zu Qualitätseinbußen an der fertigen Oberfläche führen. Der Betoneinbau sollte daher eingestellt werden. Schwacher Regen nach abgeschlossener Fertigstellung der Oberfläche schadet dagegen dem Beton nicht mehr nennenswert.

In Fällen einer Oberflächentexturschädigung durch Starkregen kann mit einer Maßnahme aus dem Bereich der Erhaltung von Verkehrsflächen aus Beton, nämlich durch Schleifen (Grinding), die Oberflächentextur nachträglich verbessert werden.

Nach Aushärtung des Deckenbetons ist dabei die Betonoberfläche in gesamter Fertigungsbreite leicht abzuschleifen, sodass wieder eine Oberflächentextur erreicht wird, die den Anforderungen einer Betonfahrbahndecke bezüglich Ebenheit, Griffigkeit und Lärminderung nachhaltig gerecht wird.

Anstelle von Zelten können auch andere geeignete Maßnahmen in Frage kommen, sofern sie eine gleichwertige Schutzwirkung erreichen. Das kann z. B. durch Folien oder Wasser haltende Abdeckungen erfolgen (siehe auch Kommentar zu Abschnitt 3.3.3.2).

Die klimatischen Verhältnisse erfordern häufig den Einsatz weiterer Schutzmaßnahmen, um insbesondere Risse in der Decke zu verhindern. Eine frisch hergestellte Decke erwärmt sich zunächst. Der Grad der Erwärmung hängt von den Witterungsverhältnissen, den Temperaturen der Gesteinskörnung und des Wassers sowie der Hydratationswärme des Zements ab. Spätestens nach zwölf Stunden folgt die Temperatur in der Decke den Lufttemperaturen, sofern nur Nachbehandlungsfilme eingesetzt wurden. Abdeckungen mit dickeren Geotextilien oder Strohmatten bewirken dagegen, dass sich der Beton erst innerhalb von drei bis fünf Tagen langsam abkühlt und dann erst die Betontemperatur, allerdings mit geringeren Maxima und Minima, der Lufttemperatur folgt. Somit werden durch Abdeckungen Spannungen, die der Beton während der ersten Erhärtungsphase nicht aufnehmen könnte, verringert.

Wilde Risse können auch in Zeiten großer Temperaturunterschiede entstehen. Größere Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht sind besonders bei klaren Tagen zu erwarten, während an bedeckten Tagen zwar im Mittel niedrigere Tagestemperaturen als an klaren Tagen auftreten, die Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht aber geringer sind. An klaren Tagen kann die Abdeckung mit Strohmatten daher zweckmäßig sein, da durch sie große Temperaturdifferenzen in der Decke gemindert werden.

3.3.3.2**Nachbehandlung**

Siehe DIN 18316, Abschnitt 3.3.4.7

Der Beton muss nachbehandelt werden.

Die Regelungen der DIN 1045-3 sind zu beachten.

Die Art der Nachbehandlung des Betons und gegebenenfalls die Art des Nachbehandlungsmittels sind in der Leistungsbeschreibung anzugeben.

Kommentar Die vorstehenden Regelungen der ZTV Beton-StB ergänzen Abschnitt 3.3.4.7 der DIN 18316.

DIN 18316

Verkehrswegebauarbeiten – Oberbauschichten mit hydraulischen Bindemitteln**3.3.4 Betondecken****3.3.4.7 Nachbehandlung**

Der junge Beton ist gegen Witterungseinflüsse und Austrocknung so zu schützen, dass die geforderten Eigenschaften erreicht werden.

Kommentar Neben den Anforderungen, die sich aus Abschnitt 3.3.4.7 der DIN 18316 ergeben, wird in den jetzigen ZTV Beton-StB 07 nicht mehr auf die Richtlinie zur Nachbehandlung von Beton, DAfStb, verwiesen, sondern die Beachtung der Regelungen der **DIN 1045-3** gefordert.

DIN 1045-3

Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 3: Bauausführung**8.7 Nachbehandlung und Schutz****8.7.1 Allgemeines**

(1) Während der ersten Tage der Hydratation ist der Beton, falls nachfolgend nichts anderes festgelegt ist, nachzubehandeln und ggf. zu schützen, um:

- das Fröhschwinden gering zu halten;
- eine ausreichende Festigkeit und Dauerhaftigkeit der Betonrandzone sicherzustellen;
- das Gefrieren zu verhindern;
- schädliche Erschütterungen, Stoß oder Beschädigung zu vermeiden.

8.7.2 Nachbehandlungsverfahren

(1) Die Nachbehandlungsverfahren müssen sicherstellen, dass ein übermäßiges Verdunsten von Wasser über die Betonoberfläche verhindert wird.

(2) Eine ausreichende Nachbehandlung ist ohne Anwendung der in Absatz (3) genannten Maßnahmen gegeben, wenn infolge natürlicher Bedingungen während der ersten Tage der Hydratation die Verdunstung über die Betonoberfläche nur gering ist (z. B. bei feuchtem, regnerischem oder nebligem Wetter). Dies ist der Fall, wenn die relative Luftfeuchte 85 % nicht unterschreitet.

DIN 1045-3

(3) Folgende Verfahren sind sowohl allein als auch in Kombination für die Nachbehandlung geeignet:

- Belassen in der Schalung;
- Abdecken der Betonoberfläche mit dampfdichten Folien, die an den Kanten und Stößen gegen Durchzug gesichert sind;
- Auflegen von wasserspeichernden Abdeckungen unter ständigem Feuchthalten bei gleichzeitigem Verdunstungsschutz;
- Aufrechterhalten eines sichtbaren Wasserfilms auf der Betonoberfläche (z. B. durch Besprühen, Fluten);
- Anwendung von Nachbehandlungsmitteln mit nachgewiesener Eignung.

(4) Andere Nachbehandlungsverfahren können angewendet werden, wenn sie die Anforderungen von Absatz (1) erfüllen.

8.7.3 Beginn der Nachbehandlung

Nach Abschluss des Verdichtens oder der Oberflächenbearbeitung des Betons ist die Oberfläche unmittelbar nachzubehandeln.

8.7.4 Nachbehandlungsdauer

(1) Die Nachbehandlungsdauer hängt von der Entwicklung der Betoneigenschaften in der Betonrandzone ab.

(2) Bei Umweltbedingungen, die den Expositionsklassen nach DIN 1045-2 außer X0, XC1 und XM entsprechen, muss der Beton so lange nachbehandelt werden, bis die Festigkeit des oberflächennahen Betons 50 % der charakteristischen Festigkeit des

Tabelle 2: Mindestdauer der Nachbehandlung von Beton bei den Expositionsklassen nach DIN 1045-2 außer X0, XC1 und XM in Abhängigkeit der Oberflächentemperatur

Nr.	1 Oberflächen- temperatur ϑ in °C ^e	2	3	4	5
		Mindestdauer der Nachbehandlung in Tagen ^a			
		Festigkeitsentwicklung des Betons ^c $r = f_{cm2}/f_{cm28}^d$			
		schnell	mittel	langsam	sehr langsam
		$r \geq 0,50$	$r \geq 0,30$	$r \geq 0,15$	$r \geq 0,15$
1	$\vartheta \geq 25$	1	2	2	3
2	$25 > \vartheta \geq 15$	1	2	4	5
3	$15 > \vartheta \geq 10$	2	4	7	10
4	$10 > \vartheta \geq 5^b$	3	6	10	15

a Bei mehr als 5 h Verarbeitbarkeitszeit ist die Nachbehandlungsdauer angemessen zu verlängern.

b Bei Temperaturen unter 5 °C ist die Nachbehandlungsdauer um die Zeit zu verlängern, während der die Temperatur unter 5 °C lag.

c Die Festigkeitsentwicklung des Betons wird durch das Verhältnis der Mittelwerte der Druckfestigkeiten nach 2 Tagen und nach 28 Tagen (ermittelt nach DIN EN 12390-3) beschrieben, das bei der Eignungsprüfung oder auf der Grundlage eines bekannten Verhältnisses von Beton vergleichbarer Zusammensetzung (d.h. gleicher Zement, gleicher w/z -Wert) ermittelt wurde. Wird bei besonderen Anwendungen die Druckfestigkeit zu einem späteren Zeitpunkt als 28 Tage bestimmt, ist für die Ermittlung der Nachbehandlungsdauer der Schätzwert des Festigkeitsverhältnisses entsprechend aus dem Verhältnis der mittleren Druckfestigkeit nach 2 Tagen (f_{cm2}) zur mittleren Druckfestigkeit zum Zeitpunkt der Bestimmung der Druckfestigkeit zu ermitteln oder eine Festigkeitsentwicklungskurve bei 20 °C zwischen 2 Tagen und dem Zeitpunkt der Bestimmung der Druckfestigkeit anzugeben.

d Zwischenwerte dürfen eingeschaltet werden.

e Anstelle der Oberflächentemperatur des Betons darf die Lufttemperatur angesetzt werden.

DIN 1045-3

verwendeten Betons erreicht hat. Diese Forderung ist in Tabelle 2 in eine entsprechende Mindestdauer der Nachbehandlung umgesetzt. Ein genauer Nachweis ist möglich.

(3) Bei Umweltbedingungen, die den Expositionsklassen X0 und XC1 nach DIN 1045-2 entsprechen (z. B. Bauteile ohne Bewehrung, Innenbauteile), muss der Beton mindestens einen halben Tag nachbehandelt werden. Bei mehr als 5 h Verarbeitbarkeitszeit ist die Nachbehandlungsdauer angemessen zu verlängern. Bei Temperaturen der Betonoberfläche unter 5 °C ist die Nachbehandlungsdauer um die Zeit zu verlängern, während der die Temperatur unter 5 °C lag.

(4) Für Betonoberflächen, die einem Verschleiß entsprechend den Expositionsklassen XM nach DIN 1045-2 ausgesetzt sind, muss der Beton so lange nachbehandelt werden, bis die Festigkeit des oberflächennahen Betons 70 % der charakteristischen Festigkeit des verwendeten Betons erreicht hat. Ohne genaueren Nachweis sind die Werte für die Mindestdauer der Nachbehandlung der Tabelle 2 zu verdoppeln.

(5) Für die Expositionsklassen XC2, XC3, XC4 und XF1 können anstelle der Werte von Tabelle 2 die erforderlichen Nachbehandlungsdauern nach Tabelle 3 festgelegt werden. Bei Verwendung einer Stahlschalung oder bei Betonbauteilen mit ungeschalteten Oberflächen darf Tabelle 3 nur angewendet werden, wenn ein übermäßiges Auskühlen des Betons im Anfangsstadium der Erhärtung durch entsprechende Schutzmaßnahmen ausgeschlossen wird.

Tabelle 3: Mindestdauer der Nachbehandlung von Beton bei den Expositionsklassen XC2, XC3, XC4 und XF1 nach DIN 1045-2 in Abhängigkeit der Frischbeton-temperatur

Nr.	1	2	3	4
	Frischbeton-temperatur ϑ_{fb} zum Zeitpunkt des Betoneinbaus	Mindestdauer der Nachbehandlung in Tagen ^a		
		Festigkeitsentwicklung des Betons ^b $r = f_{cm2}/f_{cm28}^c$		
		schnell $r \geq 0,50$	mittel $r \geq 0,30$	langsam $r \geq 0,15$
1	$\vartheta_{fb} \geq 15 \text{ °C}$	1	2	4
2	$10 \text{ °C} \leq \vartheta_{fb} < 15 \text{ °C}$	2	4	7
3	$5 \text{ °C} \leq \vartheta_{fb} < 10 \text{ °C}$	4	8	14

a Bei mehr als 5 h Verarbeitbarkeitszeit ist die Nachbehandlungsdauer angemessen zu verlängern.
b Die Festigkeitsentwicklung des Betons wird durch das Verhältnis der Mittelwerte der Druckfestigkeiten nach 2 Tagen und nach 28 Tagen (ermittelt nach DIN EN 12390-3) beschrieben, das bei der Eignungsprüfung oder auf der Grundlage eines bekannten Verhältnisses von Beton vergleichbarer Zusammensetzung (d. h. gleicher Zement, gleicher w/z-Wert) ermittelt wurde. Wird bei besonderen Anwendungen die Druckfestigkeit zu einem späteren Zeitpunkt als 28 Tage bestimmt, ist für die Ermittlung der Nachbehandlungsdauer der Schätzwert des Festigkeitsverhältnisses entsprechend aus dem Verhältnis der mittleren Druckfestigkeit nach 2 Tagen (f_{cm2}) zur mittleren Druckfestigkeit zum Zeitpunkt der Bestimmung der Druckfestigkeit zu ermitteln oder eine Festigkeitsentwicklungskurve bei 20 °C zwischen 2 Tagen und dem Zeitpunkt der Bestimmung der Druckfestigkeit anzugeben.
c Zwischenwerte dürfen eingeschaltet werden.

8.7.5 Nachbehandlungsmittel

Nachbehandlungsmittel sind in der Regel nicht zulässig in Arbeitsfugen und bei Oberflächen, die beschichtet werden sollen. In diesen Fällen ist entweder nachzuweisen, dass keine nachteilige Auswirkung auf die nachfolgenden Arbeiten besteht, oder die Nachbehandlungsmittel sind von der Betonoberfläche zu entfernen.

- Kommentar** Wegen der besonderen Form der Betondecke als flächenhaftes Bauwerk, an dessen Oberfläche darüber hinaus ganz spezielle Anforderungen gestellt werden, reichen die Regelungen der DIN 18316 in Abschnitt 3.3.4.7 und DIN 1045-3 nicht aus. Die ZTV Beton-StB stellen deshalb weitere Anforderungen an den Schutz und die Nachbehandlung des Betons während und nach der Herstellung der Decke.
- Die Forderung, dass Beton nachbehandelt werden muss, lässt daher keinen Zweifel darüber entstehen, wie wichtig die Nachbehandlung für die Betondecke ist. Das gilt für Betondecken aller Bauklassen. Die Art der Nachbehandlung des Betons und gegebenenfalls die Art des Nachbehandlungsmittels sind in der Leistungsbeschreibung anzugeben.
- Es können folgende Arten oder Verfahren der Nachbehandlung angewendet werden:
- die Nassnachbehandlung
 - das Aufbringen von Nachbehandlungsmitteln
 - das Abdecken mit Folien
 - das Aufbringen Wasser haltender Abdeckungen
- Die Erfahrungen des Auftragnehmers und die Verhältnisse auf der Baustelle sind mitentscheidend für die Auswahl eines geeigneten Nachbehandlungsmittels und damit für das Erreichen des Nachbehandlungserfolges.

3.3.3.2.1**Nassnachbehandlung**

Die Decke ist auf die Dauer von mindestens 3 Tagen auf der gesamten Oberfläche einschließlich der Seitenflächen ständig feucht zu halten. Der Beton ist flächendeckend zu besprühen; dabei ist ein sehr rasches Abkühlen der Betonoberfläche zu vermeiden.

- Kommentar** Die ZTV Beton-StB fordern in Übereinstimmung mit DIN 18316, die Decke für die Dauer von mindestens drei Tagen ständig feucht zu halten. Dabei weisen die ZTV Beton-StB ausdrücklich darauf hin, dass neben der gesamten Oberfläche auch die Seitenflächen der Fertigungsbahnen besprüht werden müssen. Ziel dieser Maßnahme ist, dem Beton das zum Anfangserhärten notwendige Wasser nicht schon durch Austrocknen zu entziehen. Um eine „Schockwirkung“ durch zu rasches Abkühlen der Oberfläche zu vermeiden, die zu Oberflächenrissen führen könnte, ist das Besprühen entsprechend dosiert und nicht mit zu kaltem Wasser vorzunehmen.
- Nach drei Tagen Nassnachbehandlung ist – keine außergewöhnlich kühlen Witterungsverhältnisse vorausgesetzt – bei den üblichen Frischbetoneigenschaften und Zementmengen der Beton soweit erhärtet, dass Eigenspannungen und Spannungen aus Witterung und leichtem Verkehr schadlos aufgenommen werden können.

Kommentar Ständig feucht halten bedeutet, dass die gesamte Oberfläche ständig besprengt wird, wenn keine Abdeckstoffe eingesetzt werden. Das ständige Feuchthalten erübrigt sich bei der Anwendung von Abdeckstoffen wie Jute-tüchern oder Geotextilien, welche die Verdunstung verzögern.

3.3.3.2.2

Aufbringen von Nachbehandlungsmitteln

Bei Waschbetonoberflächen ist ein flüssiges Nachbehandlungsmittel (meist als Kombinationsmittel Oberflächenverzögerer + Nachbehandlungsmittel) sofort nach dem Einbau des Betons aufzubringen. Bei den sonstigen Oberflächen ist nach Erreichen des mattfeuchten Zustandes der fertiggestellten Oberfläche ein Nachbehandlungsmittel nach den TL NBM-StB gleichmäßig aufzubringen. Die aufzubringende Menge ist in Abhängigkeit vom verwendeten Nachbehandlungsmittel und der Oberflächentextur so festzulegen, dass beim Aufbringen ein geschlossener Film mit einem Sperrkoeffizienten S entsprechend den TL NBM-StB erzielt wird.

Eine zu große Menge kann die Abwitterung des Nachbehandlungsfilmes verzögern und die Anfangsgriffigkeit der Betondecke herabsetzen.

Die Verwendung von Nachbehandlungsmitteln mit erhöhtem Hellbezugswert (Weißwert) VH-W oder VM-W bei starker Sonneneinstrahlung und sommerlichen Temperaturen ist zweckmäßig.

Mit Nachbehandlungsmittel behandelte Flächen dürfen erst befahren werden, wenn ein vorzeitiges Austrocknen des Betons in Folge einer möglichen Beschädigung des Nachbehandlungsfilmes nicht mehr zu befürchten ist.

Bei Lufttemperaturen über 30 °C, starker Sonneneinstrahlung, starker Windeinwirkung oder einer relativen Luftfeuchte unter 50 % muss die Decke stets nach Abtrocknung des Nachbehandlungsmittels zusätzlich nass nachbehandelt werden.

Wird als abschließende Texturierungsmaßnahme der Oberflächenmörtel einschließlich des geschlossenen Filmes aus Erstarrungsverzögerer und gegebenenfalls Nachbehandlungsmittel entfernt, ist unmittelbar danach wieder ein Nachbehandlungsmittel vom Typ VM in einfacher Auftragsmenge aufzubringen.

Kommentar**Inhaltsübersicht**

- (1) Nachbehandlungsmittel
- (2) Nachbehandlungsmittel mit erhöhtem Hellbezugswert
- (3) Aufbringen des Nachbehandlungsmittels
 - (3.1) Aufbringen des Nachbehandlungsmittels bei Waschbetonoberflächen
- (4) Befahren nachbehandelter Flächen
- (5) Zusätzliche Nassnachbehandlung
- (6) Imprägnierung

Kommentar

(1) Nachbehandlungsmittel

Für die Nachbehandlungsmittel werden in den ZTV Beton-StB 07 keine Regelungen mehr getroffen; diese regeln nur noch das Aufbringen der Mittel und die Möglichkeiten für weitere Nachbehandlungs- und Schutzmaßnahmen.

Die Anforderungen an das auf der Baustelle zu verwendende Nachbehandlungsmittel sind in den **TL Beton-StB 07** im **Abschnitt 2 „Anforderungen an Baustoffe“, Absatz 2.9 „Nachbehandlungsmittel“** festgelegt.

TL Beton-StB

Technische Lieferbedingungen für Baustoffe und Baustoffgemische für Trag-schichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton**2 Anforderungen an Baustoffe****2.9 Nachbehandlungsmittel**

Nachbehandlungsmittel müssen den „Technischen Lieferbedingungen für flüssige Beton-Nachbehandlungsmittel“ (TL NBM-StB) entsprechen.

Kommentar

Die „**Technischen Lieferbedingungen für flüssige Beton-Nachbehandlungsmittel**“ (**TL NBM-StB**) definieren die Nachbehandlungsmittel und führen dafür entsprechende Bezeichnungen ein.

TL NBM-StB

Technische Lieferbedingungen für flüssige Beton-Nachbehandlungsmittel – Ausgabe 2009**2 Begriffsbestimmung und Bezeichnungen**

Beton-Nachbehandlungsmittel (NBM) sind Stoffe, die in flüssiger Form auf die Oberfläche des grünen oder des jungen Betons aufgebracht werden und bei gleichmäßiger Verteilung einen Film bilden, der die Wasserabgabe aus dem Beton weitgehend verhindert. Hinsichtlich der Lieferform werden unterschieden:

- lösemittelhaltige Systeme (Lösungen)
- wässrige disperse Systeme (Dispersionen).

Hinsichtlich ihrer Anwendung werden unterschieden:

- Nachbehandlungsmittel mit Griffigkeitsanforderungen an den Beton (Straßenbeton), deren Film aufgrund von Witterungseinflüssen nach einem Monat die Griffigkeit nicht mehr beeinträchtigt, *Kurzzeichen: V*
- Nachbehandlungsmittel, die eine abbindeverzögernde Komponente enthalten können und deren Film zusammen mit dem Oberflächenmörtel zur Herstellung einer Waschbetonoberfläche entfernt wird, *Kurzzeichen: A*
- Nachbehandlungsmittel für nicht befahrene Bauteile ohne Griffigkeitsanforderungen an den Beton (allgemeiner Betonbau), deren Film längerfristig vorhanden und gegebenenfalls nur durch besondere Maßnahmen entfernbar ist, *Kurzzeichen: B*.

Innerhalb dieser Anwendungsbereiche werden hinsichtlich des Zeitpunktes des Aufbringens unterschieden:

- Aufbringen unmittelbar nach dem Herstellen der Betonoberfläche, *Kurzzeichen: H*
- Aufbringen auf die mattfeuchte Betonoberfläche (vgl. Abschn. 4.2.2.3 und Anhang), *Kurzzeichen: M*
- Aufbringen auf die entschaltete Betonoberfläche, *Kurzzeichen: E*.

Nachbehandlungsmittel E können mehrlagig oder mehrschichtig aufgebracht werden.

TL NBM-StB

Darüber hinaus können Nachbehandlungsmittel nachstehende, besondere Eigenschaften aufweisen:

- erhöhter Hellbezugswert (Weißwert), *Kurzzeichen: W*
- Möglichkeit der kurzfristigen Verkehrsfreigabe, *Kurzzeichen: K*.

Ein Nachbehandlungsmittel kann hinsichtlich des Zeitpunkts des Aufbringens und/oder seiner besonderen Eigenschaften mehrere Anforderungen erfüllen.

Die Bezeichnung der Nachbehandlungsmittel wird nach den Tabellen 1 und 2 vorgenommen.

Tabelle 1: Bezeichnung der Nachbehandlungsmittel

Anwendungsbereich H/M/E		Zeitpunkt des Aufbringens		
		sofort	mattfeucht	nach Entschalen
		H	M	E
Beton für Verkehrsflächen (Straßenbeton mit Griffigkeitsanforderung an die Oberfläche) ¹	V	VH	VM	–
Beton für Verkehrsflächen (Straßenbeton ohne Griffigkeitsanforderung an die Oberfläche)	A	AH	–	–
Allgemeiner Betonbau (Beton für nicht befahrene Bauteile ohne Griffigkeitsanforderungen)	B	BH	BM	BE

¹ Soll im Falle der Waschbetonbauweise für die Nachbehandlung nach dem Ausbürsten des Oberflächenmörtels ein Nachbehandlungsmittel zum Einsatz kommen, so ist ein Mittel vom Typ VM oder Typ VH zu verwenden.

Tabelle 2: Zusätzliche Bezeichnung für Nachbehandlungsmittel mit besonderen Eigenschaften

Besondere Eigenschaften	Kurzzeichen
Erhöhter Hellbezugswert	W
Kurzfristige Verkehrsfreigabe	K

Beispiele:

- Bezeichnung eines Nachbehandlungsmittels für Straßenbeton mit Griffigkeitsanforderungen zum Aufbringen auf die mattfeuchte Betonoberfläche mit einem erhöhten Hellbezugswert (Weißwert): Nachbehandlungsmittel VM-W.
- Ist dieses Nachbehandlungsmittel gleichzeitig für das Aufbringen unmittelbar nach dem Herstellen der Betonoberfläche und für kurzfristige Verkehrsfreigabe geeignet, lautet das Kennzeichen: Nachbehandlungsmittel VH/M-W/K.

Die *Sperrwirkung* eines filmbildenden, flüssigen Nachbehandlungsmittels wird mittels eines Sperrkoeffizienten beschrieben. Der Sperrkoeffizient ist ein Maß für die Wasserdampfundurchlässigkeit eines geschlossenen Oberflächenfilms zum Schutz junger Betonoberflächen vor frühzeitigem Wasserverlust.

Als *Zertifizierungsstellen* gelten Stellen, die im Verzeichnis der Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstellen nach den Landesbauordnungen für die Überwachung und Zertifizierung von Betonzusatzmitteln genannt werden.

Kommentar Aufgrund der Nachbehandlung soll dem Beton während der Erstarrung und ersten Hydratationsphase des Zementes möglichst wenig Wasser durch Verdunstung infolge Wind oder Sonneneinstrahlung entzogen werden können. An die Stelle der Nachbehandlung mit Wasser kann die Nachbehandlung mit Nachbehandlungsmitteln treten, die in flüssiger Form aufgebracht werden und auf der Betonoberfläche einen Film bilden. Nachbehandlungsmittel sind Lösungen oder Dispersionen, die in Sonderfällen auch Pigmente enthalten können.

Die Verwendung von Nachbehandlungsmitteln ist nicht nur auf Verkehrsflächen beschränkt. Nachbehandlungsmittel können auch auf alle anderen Betonflächen aufgesprüht werden, deren Oberfläche vor Austrocknung zu schützen ist. Bei anderen Betonflächen als Fahrbahndecken gelten auch die Regelungen der **DIN 1045-3**, in die die Regelungen aus der „Richtlinie zur Nachbehandlung von Beton“, DAfStb, eingearbeitet worden sind.

Die wesentlichen Merkmale und Eigenschaften der Nachbehandlungsmittel für nachzubehandelnde Flächen sind ihre Sperrwirkung, Haftung auf der Betonoberfläche und Abwitterbarkeit. Zusätzlich sind bei Betondecken auf Verkehrsflächen die Veränderung der Griffigkeit und der Einfluss auf die Haftung von Markierungsfarben und -stoffen zu berücksichtigen.

Die Anforderungen an die Nachbehandlungsmittel sind in den TL NBM-StB, Abschnitt 3, Absatz 3.1, beschrieben.

TL NBM-StB

Technische Lieferbedingungen für flüssige Beton-Nachbehandlungsmittel – Ausgabe 2009

3 Anforderungen

3.1 Anforderungen an das Nachbehandlungsmittel

3.1.1 Versprühbarkeit

Versprühbare Nachbehandlungsmittel müssen folgenden Anforderungen entsprechen: Lösungen, die durch Versprühen aufgebracht werden, müssen bei einer Eigentemperatur von -5°C bis $+30^{\circ}\text{C}$ versprühbar sein.

Dispersionen müssen bei einer Eigentemperatur von $+5^{\circ}\text{C}$ bis $+30^{\circ}\text{C}$ versprühbar sein.

3.1.2 Flammpunkt (nur für lösemittelhaltige Systeme)

Der Flammpunkt von lösemittelhaltigen Nachbehandlungsmitteln muss über $+21^{\circ}\text{C}$ liegen. Er ist gemäß Richtlinie 67/548/EWG bzw. den aktuell geltenden, einschlägigen Vorschriften zu ermitteln und, falls erforderlich, anzugeben. Nachbehandlungsmittel mit niedrigeren Flammpunkten mit der Gefahrenkennzeichnung „hoch entzündlich“ R12 und „leicht entzündlich“ R11 sind nicht zulässig.

3.1.3 Schädliche Stoffe

Nachbehandlungsmittel dürfen das Erstarren und Erhärten des oberflächennahen Betons nicht nachteilig beeinflussen (gilt nicht für AH).

Sie dürfen darüber hinaus keine Stoffe in solchen Mengen enthalten, die den Korrosionsschutz der Bewehrung beeinträchtigen können. Der Gesamtgehalt an Halogenen im Nachbehandlungsmittel, ausgedrückt als wasserlösliches Chlorid, darf $0,2 \text{ M.-%}$ nicht überschreiten.

TL NBM-StB

3.1.4 Lagerungsstabilität

Nachbehandlungsmittel dürfen während einer Standzeit von 3 Monaten im Temperaturbereich von 5 °C bis 30 °C keine deutliche Neigung zum Entmischen zeigen; diese zeigen sich zum Beispiel an Farbunterschieden oder Sedimentation.

Nachbehandlungsmittel, die zum Absetzen bzw. Entmischen neigen, dürfen verwendet werden, wenn sie am Verwendungsort vorher durch geeignete Maßnahmen homogenisiert werden und die Möglichkeit einer Homogenisierung vom Hersteller durch eine entsprechende Kennzeichnung auf dem Liefergebinde erklärt wird.

3.1.5 Zusammensetzung

Die zulässige Abweichung der Dichte vom Sollwert darf bei einem Feststoffgehalt $\leq 10 \text{ M.-%} \pm 0,01 \text{ g/cm}^3$, bei einem Feststoffgehalt $> 10 \text{ M.-%} \pm 0,03 \text{ g/cm}^3$ betragen.

Die zulässige Abweichung des Feststoffgehaltes darf 10 % des Sollwertes nicht überschreiten.

Das Infrarot-Spektrogramm muss mit dem bei der Erstprüfung ermittelten hinreichend übereinstimmen.

Kommentar

Anforderungen werden an die flüssigen Nachbehandlungsmittel hinsichtlich der Versprühbarkeit, des Flammpunktes, der Lagerungsstabilität und der Zusammensetzung gestellt. Ferner dürfen schädliche Stoffe, welche möglicherweise den Korrosionsschutz der Bewehrung beeinträchtigen können, nicht im Nachbehandlungsmittel enthalten sein. Schädliches wasserlösliches Chlorid darf 0,2 M.-% nicht überschreiten.

Ferner werden Anforderungen an die aufzubringenden Nachbehandlungsfilme hinsichtlich der Sperrwirkung, der Griffigkeit, der Trocknungszeit, des Witterungsverhaltens und des Hellbezugswertes gestellt, die in den TL NBM-StB, Abschnitt 3, Absatz 3.2, wie folgt beschrieben sind:

TL NBM-StB

Technische Lieferbedingungen für flüssige Beton-Nachbehandlungsmittel – Ausgabe 2009**3 Anforderungen****3.2 Anforderungen an den Nachbehandlungsfilm****3.2.1 Sperrkoeffizient S***Nachbehandlungsmittel H*

Bei der Prüfung der Sperrwirkung darf der Sperrkoeffizient S_H des Nachbehandlungsmittels VH 85 % nicht unterschreiten.

Bei der Prüfung der Sperrwirkung darf der Sperrkoeffizient S_H des Nachbehandlungsmittels AH 75 % nicht unterschreiten.

Zusätzlich wird das Nachbehandlungsmittel VH bei der Prüfung im Windkanal die Filmbildung daraufhin augenscheinlich beurteilt, ob der Film Risse aufweist bzw. ob er durch den Wind abgelöst wird oder ob er vollflächig an der Oberfläche haften bleibt.

Nachbehandlungsmittel M

Bei der Prüfung der Sperrwirkung darf der Sperrkoeffizient S_M 85 % nicht unterschreiten.

TL NBM-StB

Nachbehandlungsmittel E

Nach dem Aufbringen des Nachbehandlungsmittels auf die senkrechte Fläche darf ein nennenswertes Abfließen des Mittels, bei Lösungen im Temperaturbereich von -5°C bis $+30^{\circ}\text{C}$ und bei Dispersionen im Temperaturbereich von $+5^{\circ}\text{C}$ bis $+30^{\circ}\text{C}$, nicht auftreten.

Bei der Prüfung der Sperrwirkung ist der Sperrkoeffizient S_E lediglich festzustellen und dem Verarbeiter anzugeben.

3.2.2 Griffbarkeit

Bei Nachbehandlungsmitteln V für Flächen, die frühestens nach einem Monat dem Verkehr übergeben werden, ist ein SRT-Wert (Mittelwert) von ≥ 50 Skalenteile einzuhalten.

Bei Nachbehandlungsmitteln V mit der besonderen Eigenschaft „Kurzfristige Verkehrsfreigabe“ (Kurzzeichen K) ist ein SRT-Wert (Mittelwert) von ≥ 60 Skalenteile einzuhalten.

3.2.3 Trocknungszeit

Bei Lagerung im Klima $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ und $65\% \pm 5\%$ r.F. (relative Feuchte) muss der Film nach 5 Stunden klebfrei trocken sein (gilt nicht für AH).

3.2.4 Verwitterungsverhalten

Das Verwitterungsverhalten von Nachbehandlungsmitteln V hat folgenden Anforderungen zu entsprechen: Der Film soll ohne Bildung von Hohlstellen (Blasen) überall an der Betonoberfläche haften. Während der ersten 2 Wochen im Klima $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ und mindestens 50% r.F. dürfen sich keine deutlichen Abwitterungserscheinungen zeigen, und nach Beendigung der Prüfung ist ein SRT-Wert (Mittelwert) von ≥ 60 Skalenteile einzuhalten.

3.2.5 Hellbezugswert

Der Hellbezugswert bei Nachbehandlungsmitteln W darf 60% nicht unterschreiten.

Kommentar

Die Prüfverfahren für Nachbehandlungsmittel sind in den TL NBM-StB, Abschnitt 4, beschrieben.

Durch besondere Prüfungen sind Versprühbarkeit, Flammpunkt, erhärtungsstörende Stoffe, Lagerungsstabilität, Zusammensetzung, Sperrwirkung, Griffbarkeit, Trocknungszeit, Verwitterungsverhalten und Hellbezugswert nachzuweisen. Die Prüfungen beziehen sich jedoch stets nur auf das untersuchte Mittel. Wenn sich die Art und/oder Menge der Ausgangsstoffe dieses Mittels ändern, ist eine neue Prüfung durchzuführen.

Für das Überwachungsverfahren gilt im Wesentlichen **DIN 18200 „Übereinstimmungsnachweis für Bauprodukte – Werkseigene Produktionskontrolle, Fremdüberwachung und Zertifizierung von Produkten“**.

Die Werke, die Nachbehandlungsmittel herstellen, müssen die personellen und gerätemäßigen Voraussetzungen für eine ständig ordnungsgemäße Herstellung nachweisen. Der Hersteller muss eine werkseigene Produktionskontrolle für jedes Werk, in dem Nachbehandlungsmittel erzeugt werden, durchführen. Die werkseigene Produktionskontrolle muss die Kontrolle der Rohstoffe, des Produktionsablaufs und des fertigen Produktes einschließen. Das Vorgehen bei der werkseigenen Produktionskontrolle muss in einem Handbuch der Produktionskontrolle für jedes einzelne Werk festgehalten werden.

3.3.3.2.2**Aufbringen von Nachbehandlungsmitteln**

290

Kommentar Am Nachbehandlungsmittel sind mindestens die in Tabelle 4 der TL NBM-StB aufgeführten Prüfungen durchzuführen. Andere als die angegebenen Prüfverfahren können vom Hersteller angewendet werden, wenn mit ihnen das geforderte Schutzniveau – Sicherheit, Gesundheit, Gebrauchstauglichkeit – und die Gleichwertigkeit des Nachbehandlungsmittels gleichermaßen nachgewiesen werden können. Der Nachweis darüber ist vom Hersteller zu führen.

TL NBM-StB **Technische Lieferbedingungen für flüssige Beton-Nachbehandlungsmittel –**
Ausgabe 2009

Tabelle 4: Art und Häufigkeit der Prüfungen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle

Häufigkeit	Art der Prüfung						
	Versprühbarkeit	Dichte	Feststoffgehalt	IR-Spektrogramm	Lagerungsstabilität	Sperrwirkung	Vollständige Prüfung
Bei jeder Charge		X					
Bei jedem Herstellvorgang oder mindestens 4 x jährl.	X		X				
Jährlich und bei Wechsel des Rohstofflieferanten				X	X	X*)	
Innerhalb eines 5-Jahres-Zeitraumes							X

*) Das Prüfklima darf 20 °C und 65 % r.F. betragen, wenn eine Erhöhung des jeweils geforderten Sperrkoeffizienten um 5 Prozent angesetzt wird.

Kommentar Die für den Auftraggeber bzw. Verbraucher wichtige Kennzeichnung des auf die Baustelle gelieferten Beton-Nachbehandlungsmittels ist in den TL NBM-StB, Abschnitt 5, Absatz 5.6, wie folgt vorgegeben:

TL NBM-StB **Technische Lieferbedingungen für flüssige Beton-Nachbehandlungsmittel –**
Ausgabe 2009

5 Konformitätskontrolle und Bewertung der Konformität des Beton-Nachbehandlungsmittels**5.6 Kennzeichnung****5.6.1 Kennzeichnung nach den Lieferbedingungen**

Auf der Verpackung (Gebinde) bzw. dem Beipackzettel zum Lieferschein des Beton-Nachbehandlungsmittels müssen die folgenden Angaben deutlich lesbar, dauerhaft und durch Umrahmung hervorgehoben, angebracht werden:

- Bezeichnung des Beton-Nachbehandlungsmittels
- Hersteller
- Herstellwerk

TL NBM-StB

- Bildzeichen oder Bezeichnung der Zertifizierungsstelle, sofern deren Einschaltung nach dem Abschnitt 1 gefordert ist
- Herstellungsdatum, Chargennummer und Haltbarkeit
- geprüfte Auftragsmenge
- „Erforderliche Auftragsmenge ist im Einzelfall festzulegen“
- falls zutreffend, „Am Verwendungsort durch geeignete Maßnahmen zu homogenisieren“
- „Gebrauchsanweisung beachten“.

Die Lieferscheine für lose Lieferung von Beton-Nachbehandlungsmitteln müssen außerdem mit folgendem Aufdruck versehen sein:

- Tag und Stunde der Lieferung
- polizeiliches Kennzeichen des Fahrzeuges
- Auftraggeber, Auftragsnummer und Empfänger
- Hinweise zu Maßnahmen zur Homogenisierung/Stabilität.

Bei loser Lieferung von Beton-Nachbehandlungsmitteln ist außer dem Lieferschein ein witterungsfestes Blatt (Formblatt DIN A 5) zum Anheften am Behälter mitzugeben, das die für den Lieferschein geforderten Angaben und den Datumstempel der Lieferfirma enthalten muss.

5.6.2 Kennzeichnung nach sonstigen gesetzlichen Vorschriften

Nachbehandlungsmittel sind gemäß den geltenden Verordnungen zu kennzeichnen.

Vom Hersteller ist für jedes Betonnachbehandlungsmittel ein EG-Sicherheitsdatenblatt zu erstellen und dem Verbraucher zur Verfügung zu stellen.

Auf der Verpackung (Gebinde) bzw. auf dem Beipackzettel zum Lieferschein des Beton-Nachbehandlungsmittels müssen alle gesetzlich geforderten Angaben zur Kennzeichnung deutlich lesbar und dauerhaft angebracht sein.

Kommentar

(2) Nachbehandlungsmittel mit erhöhtem Hellbezugswert

Zur Verringerung der Aufheizung bei Herstellung der Decke in der warmen Jahreszeit (Mai bis September) werden Nachbehandlungsmittel mit erhöhtem Hellbezugswert empfohlen. Müssen Decken aus bestimmten Gründen nachträglich – gegebenenfalls zusätzlich zu einer Einfärbung des Betons – noch oberflächlich eingefärbt werden, so können bereits dem Nachbehandlungsmittel entsprechend gefärbte Pigmente beigelegt sein. Infolge der Abwitterung wird allerdings nicht mehr als eine Tönung der Oberfläche erreicht. Nachhaltige Farbwirkung ist nur von solchen Mitteln zu erwarten, mit denen gleichzeitig nachbehandelt und imprägniert werden kann und die in die Oberfläche eindringen.

(3) Aufbringen des Nachbehandlungsmittels

Das Nachbehandlungsmittel ist nach dem Fertigstellen der Decke gleichmäßig auf Oberfläche und Seiten des eingebauten Betons aufzubringen. Dabei ist zu beachten, dass auf Beton für Verkehrsflächen ein Nachbehandlungsmittel mit der Bezeichnung VH sofort nach dem Strukturieren der Oberfläche einzusetzen ist, während ein Nachbehandlungsmittel mit der Bezeichnung VM erst versprüht werden darf, wenn die Oberfläche mattfeucht erscheint. Dieser Zustand wird erreicht, wenn ein Teil des an der Oberfläche

Kommentar befindlichen Überschusswassers bereits verdunstet ist. Der Zeitpunkt wird also bei Letzterem durch die klimatischen Verhältnisse der Baustelle bestimmt. Um von diesen Voraussetzungen unabhängig zu sein, ist die Verwendung eines Mittels mit der Bezeichnung VH empfehlenswert.

Ist eine kurzfristige Verkehrsfreigabe vorgesehen, z.B. bei Einzelplatten oder kurzen Plattenketten, ist ein Nachbehandlungsmittel mit der zusätzlichen Bezeichnung K zu verwenden.

Die Menge des aufzubringenden Nachbehandlungsmittels ist abhängig von der Rauheit der zu besprühenden Betonoberfläche, mit der Zielvorgabe, dass ein geschlossener Film entsteht, und der hierauf abgestimmten Angabe des Herstellers, die die geprüfte Auftragsmenge ausweisen muss. Denn nur durch einen geschlossenen Film ist sicherzustellen, dass die Verdunstung des Wassers aus dem Beton nachhaltig verhindert wird. Das setzt voraus, dass nur geprüfte und einer werkseigenen Produktionskontrolle unterliegende Nachbehandlungsmittel verwendet werden und die aufgebrachte Menge den Angaben aus der Prüfung und dem vorhandenen Zustand der Betonoberfläche entspricht. Die in den TL NBM-StB ausgewiesenen Mindestwerte für den Sperrkoeffizienten S der für den jeweiligen Verwendungszweck gewählten Nachbehandlungsmittel werden auf der Baustelle nicht mehr geprüft.

Erfahrungsgemäß ist für Betonoberflächen mit Jutetuch-Strukturierung die im Zulassungsbescheid angegebene Auftragsmenge ausreichend für eine geschlossene Filmbildung. Dennoch ist sie wie bei einer zusätzlichen Längsstrukturierung zu erhöhen.

So nachteilig für den Beton eine nicht ausreichende Filmbildung an der Oberfläche ist, so nachteilig kann im Hinblick auf die spätere Nutzung der Betondecke aber auch eine zu große Menge Nachbehandlungsmittel sein. Ist nämlich der Film bei der Verkehrsfreigabe nicht ausreichend abgewittert, kann die Griffigkeit darunter leiden.

(3.1) Aufbringen des Nachbehandlungsmittels bei Waschbetonoberflächen

Die Anforderungen an Verkehrsflächen in Sachen Lärmschutz (Umwelt) und Griffigkeit (Verkehrssicherheit) sind in den letzten Jahrzehnten stetig gestiegen. Bei Verkehrsflächen in Betonbauweise wird daher verstärkt der Versuch unternommen, diesen Anforderungen gerecht zu werden. Waschbetonoberflächen weisen unter den vorgenannten Gesichtspunkten positive Eigenschaften auf, sie sind leise und dauerhaft griffig.

Bei Waschbeton handelt es sich um einen Beton, bei dem der Oberflächenmörtel entfernt und das polierresistente griffige Korngerüst freigelegt wird.

Durch „Allgemeines Rundschreiben Straßenbau“ (ARS) Nr. 5/2006 vom 17.2.2006 und Nr. 14/2006 vom 16.5.2006 des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung ist die bisherige Standardbauweise, die Längstexturierung mit Jutetuch, von der Waschbetonbauweise abgelöst worden.

Speziell an die Gesteinskörnungen werden bezüglich der Griffigkeit erhöhte Anforderungen gestellt. Bei einer Oberbetonschicht von mindestens 5 cm

Kommentar dürfen die groben Gesteinskörnungen von maximal 8 mm ausschließlich aus gebrochenem Material bestehen und müssen eine hohe Polierresistenz (PSV 53) aufweisen.

Um den Anforderungen an Lärminderung und Griffigkeit gerecht zu werden, ist nach dem „Merkblatt für die Herstellung von Oberflächentexturen auf Fahrbahndecken aus Beton“ (M OB) eine mittlere Auswaschtiefe von 0,8 mm gefordert, die über die Sandfleckmethode regelmäßig zu überprüfen ist.

Um den Beton auswaschen bzw. ausbürsten zu können, ist es erforderlich, neben dem Nachbehandlungsmittel auch den notwendigen Oberflächenverzögerer sofort nach dem Einbau des Betons aufzubringen. In der Regel wird hierfür ein Kombinationsmittel, bestehend aus Oberflächenverzögerer und Nachbehandlungsmittel, eingesetzt. Das Kombinationsmittel besteht aus einem anorganischen Verzögerer mit Verdunstungsschutz. Ein sofortiger Auftrag von Verzögerer und Nachbehandlungsmittel ist ebenfalls zulässig.

Für das Aufbringen des Nachbehandlungsmittels bei Waschbetonoberflächen gelten ansonsten die Verarbeitungshinweise für das Aufbringen des Nachbehandlungsmittels bei Betondecken der Standardbauweise.

(4) Befahren nachbehandelter Flächen

Durch frühes Befahren der mit Nachbehandlungsmittel besprühten Flächen kann der geschlossene Film beschädigt werden, sodass an diesen Stellen Wasser aus dem Beton verdunsten kann. Dadurch kann es zu unterschiedlichen Festigkeiten im Beton kommen. Für das Schneiden der Fugen werden insbesondere an heißen Tagen die Decken schon nach einigen Stunden regelmäßig mit Fugenschneidgeräten befahren. Obwohl hier ein gewisser Widerspruch besteht, muss der Gesichtspunkt der Vermeidung wilder Risse durch verspätetes Schneiden vorrangig beachtet werden.

(5) Zusätzliche Nassnachbehandlung

Bei besonderen klimatischen Verhältnissen reicht das Aufbringen eines Nachbehandlungsmittels nicht aus, um den Beton ausreichend zu schützen. So kann bei hohen Lufttemperaturen und starker Sonneneinstrahlung die höhere Hydrationswärme die Endfestigkeit des Betons herabsetzen. Durch zusätzliche Nassnachbehandlung muss der Beton durch Entzug von Wärme infolge Verdunstung des Wassers gekühlt werden. Dadurch wird vor allem die Endfestigkeit der Deckenoberfläche höher.

Bei starker Windeinwirkung besteht die Gefahr, dass das Nachbehandlungsmittel beim Aufbringen verweht wird und so ein nicht geschlossener Film entsteht. Um dies zu vermeiden, ist auch in diesem Fall eine zusätzliche Nassnachbehandlung erforderlich.

Schließlich kann auch bei einer relativen Luftfeuchte unter 50 % die Bildung eines geschlossenen Nachbehandlungsfilms durch höheres Verdunstungsbestreben des Wassers aus dem Beton gestört oder behindert werden. Auch in diesem Fall muss durch eine zusätzliche Nassnachbehandlung für ein Erhärten des Betons Vorsorge oder, richtiger bezeichnet, Nachsorge getroffen werden.

Kommentar

(6) Imprägnierung

Betondecken sind unempfindlich gegen Frost- und Tausalzbeanspruchung, wenn der nach den ZTV Beton-StB geforderte Luftgehalt und damit ein ausreichender Mikroluftporengehalt vorhanden ist und der Abstandsfaktor von 0,2 mm nicht überschritten wird. Auch darf beim Verdichtungsvorgang nur wenig Betonschlämme an die Oberfläche gerüttelt werden und es hat schließlich eine ordnungsgemäße Nachbehandlung zu erfolgen.

Eine Betondecke ist aber besonders dann gefährdet, wenn sie schon in jungem Alter intensiv mit Tausalz bestreut wird, bevor sie ihre volle Festigkeit erreicht hat oder nicht wenigstens einen Teil des herstellungsbedingten Überschusswassers abgeben konnte. Das gilt vor allem für im Spätherbst hergestellte Decken.

Um diese in den Herbst- und Wintermonaten fertiggestellten Decken gegen eine frühzeitige Frost-Tausalz-Beanspruchung zu schützen, ist gemäß ZTV Beton-StB 01, Abschnitt 2.5.4.3, oftmals versucht worden, durch Aufbringen eines Imprägniermittels eine zusätzliche Schutzwirkung zu erzielen.

Eine langzeitige positive Beeinflussung der Frost-Tausalz-Widerstandsfähigkeit konnte mit den handelsüblichen Hydrophobierungsmitteln auf Silanbasis in der Forschung bisher allerdings nicht sicher nachgewiesen werden. Vielmehr ist als Forschungsergebnis festgestellt worden, dass bei zu frühem Auftrag (erforderliches Mindestalter des Betons ist 14 Tage) des Imprägnierungsmittels eine ungünstige Beeinflussung des Gefüges der oberflächennahen Randzone befürchtet werden muss, die zu einer verstärkten Abwitterung des Oberflächenmörtels führen kann.

Die Imprägnierung ist aus den vorgenannten Gründen nicht mehr als Nachbehandlung in den ZTV Beton-StB 07 aufgeführt.

3.3.3.2.3**Abdecken mit Folien**

Das Aufbringen von Folien ist nur in der kalten Jahreszeit zweckmäßig, da bei warmer Witterung ungünstige Temperaturgradienten entstehen können.

Die Oberflächenstruktur darf durch das Aufbringen der Folien nicht zerstört werden.

Folien sind gegen Verschieben und Abheben durch Windeinwirkung zu sichern.

Wird als abschließende Texturierungsmaßnahme der Oberflächenmörtel entfernt, kann als Alternative zum Abschnitt 3.3.3.2.2 ein Oberflächenverzögerer und bis zum Zeitpunkt des Ausbüstens eine Folie zur Nachbehandlung aufgebracht werden.

Kommentar

Die Abdeckung des frischen Betons mit einer Folie ist nicht nur eine Möglichkeit, die Verdunstung des Wassers aus dem Beton zu verhindern, sondern gleichzeitig auch eine Schutzmaßnahme für den jungen Beton

Kommentar gegen Schlagregen.³² Ein Abdecken mit Folien eignet sich vorzugsweise in der kühleren Jahreszeit, weil sich Beton in den Sommermonaten unter Folien stark aufheizen kann und dadurch eine höhere Rissempfindlichkeit entsteht.

Die Folie wird von einer Rolle hinter dem letzten Fertigungsgerät auf die Betonoberfläche faltenfrei ausgebreitet. Um die Strukturierung der Oberfläche durch die aufliegende Folie nicht zu beschädigen, ist es erforderlich, zwischen Beton und Folie einen gallertartigen Film aufzusprühen. Die Folie muss anschließend durch geeignete Maßnahmen gegen Windeinwirkung gesichert werden. Das geschieht z. B. durch Auflegen von Brettern auf der Unterlage neben der Fertigungsbahn oder auf den schon gefertigten Deckenstreifen. Die Folie muss deshalb entsprechend breiter als die herzustellende Fertigungsbahn sein.

In Österreich wurden aufsprühbare Folien entwickelt und erprobt. Die aufgesprühte Folie wird nach einigen Tagen flächig abgezogen. Der Aufwand ist allerdings entsprechend groß.

Die Abdeckung mit Folien hat durch die Waschbetonbauweise erheblich an Bedeutung gewonnen und ist eine echte Alternative zum Einsatz eines Kombinationsmittels, bestehend aus Oberflächenverzögerer und Nachbehandlungsmittel.

Die Kombination von organischem Verzögerer und Nachbehandlung des Betons durch eine Polyäthylenfolie (PE-Folie) bildet das Konzept dieser Methode zur Herstellung einer Waschbetonoberfläche. Die Betondecke wird dabei unmittelbar nach dem Aufbringen des Verzögerers mit einer PE-Folie abgedeckt.

Durch Einsatz der Folie werden auch bei hohen Umgebungstemperaturen maximale Verzögerungszeiten erreicht, die es ermöglichen, die Fugen vor dem Ausbürsten des Oberflächenmörtels zu schneiden bzw. zu kerben. Eine Schädigung der frischen Betondecke durch zu frühes Belasten mit der Gefahr wilder Rissbildung wird dadurch weitgehend ausgeschlossen.

Sobald die Betondecke ausreichend erhärtet und befahrbar ist, kann die Folie entfernt und der Oberflächenmörtel gleichmäßig ausgebürstet werden.

Bei kleineren Erhaltungsmaßnahmen, wie z. B. beim Ersatz von Platten und Plattenteilen, die meist außerhalb der Ferienreisezeiten in den kühleren Jahreszeiten ausgeführt werden, sind Folien als Abdeckung durchaus als wirtschaftliche Möglichkeit für die Nachbehandlung mit gleichzeitigem Regenschutz zweckmäßig.

³² Sulten, P.: Ausbildung der Oberfläche von Betonfahrbahnen in den Nachbarländern; Betonstraßentagung 1987, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Schriftenreihe der Arbeitsgruppe Betonstraßen, Heft 18, Kirschbaum Verlag Bonn 1988, S. 9–17; Straße und Autobahn 39 (1988), Heft 2, S. 56–67.

3.3.3.2.4**Aufbringen Wasser haltender Abdeckungen**

Nach dem Fertigstellen der endgültigen Oberfläche ist die Decke mit Wasser haltenden Abdeckungen, wie z. B. einem Jutetuch oder einem Vliesstoff, abzudecken. Die Abdeckungen sind mindestens 3 Tage lang feucht zu halten.

Kommentar

Eine andere Nachbehandlungsmöglichkeit mit gleichzeitiger Schutzwirkung stellt das Aufbringen Wasser haltender Abdeckungen dar. Hierfür wird ein Jutetuch oder ein Vliesstoff hinter dem letzten Fertigungsgerät faltenfrei auf der Betonoberfläche ausgerollt. Anschließend sind diese Abdeckungen mindestens drei Tage lang feucht zu halten. Diese Methode eignet sich besonders für kleinere Einzelflächen und für Einzelfelderneuerungen. Die Abdeckungen können wieder aufgerollt und mehrmals verwendet werden. Werden die Fugenkerben vor Ablauf von drei Tagen geschnitten, sind die Abdeckungen nach dem Schneiden erneut vollflächig aufzubringen.

Strohmatte werden als Wasser haltende Abdeckung heute wegen des erhöhten Arbeitsaufwands nicht mehr eingesetzt.

3.3.4 Anforderungen an die Betondecke**Kommentar**

Nicht nur die zahlenmäßigen Anforderungen an Baustoffe, Einbaugemische und die fertige Leistung, sondern vor allem auch die vertraglich vereinbarten Angaben der speziellen Leistungsbeschreibung dienen als Beurteilungsmaßstab für die hergestellte Bauleistung und ihre durch Eigenüberwachungs- und Kontrollprüfungen nachzuweisende Qualität. Die Nachprüfung erfolgt mittels einheitlicher und zumeist in Normen festgelegter Prüfverfahren und einem Vergleich der Prüfergebnisse mit den Anforderungen.

Die in diesem Abschnitt behandelten Anforderungen sind der Ausführung zugeordnet und gelten somit für die fertige Leistung. Im Einzelnen sind als Anforderungen geregelt:

- Betonfestigkeit
- Luftgehalt des Frischbetons
- Dicke der Decke
- Lage der Dübel
- Profilhochrechte Lage
- Ebenheit
- Griffigkeit.

Neben den vorgenannten gelten noch eine Reihe weiterer Anforderungen und Kriterien, die in verschiedenen Unterabschnitten der ZTV Beton-StB zu finden sind. Diese weiteren Anforderungen werden für die Bauleistung im Rahmen von Eigenüberwachungsprüfungen und durch Kontrollprüfungen nicht direkt überprüft. In vielen Fällen werden sie durch vorgeschriebene Prüfungen bei den Baustoffen selbst oder durch festgelegte Bauverfahren erbracht. Sie liegen außerhalb des in Abschnitt 3.5 ausdrücklich aufgeführten Prüfungsumfangs, unterliegen jedoch der Nachweispflicht des Auftragnehmers.

In den ZTV Beton-StB werden zusätzliche Anforderungen an die Herstellung der Betondecke gestellt, damit die Decke den geforderten Beanspruchungen insgesamt gewachsen ist. Als Beispiele seien Fugenherstellung, Nachbehandlung und Schutzmaßnahmen während und nach der Deckenherstellung genannt.

Der Beton für Decken ist so zusammenzusetzen, herzustellen und einzubauen, dass die Prüfergebnisse auch bei Berücksichtigung der Grenzwerte und Toleranzen (siehe Abschnitt 1.3.1) die geforderten Werte erreichen. Dementsprechend ist nach Erfahrungswerten ein ausreichend großes Vorhaltemaß einzuhalten, damit die Anforderungen sicher erreicht werden.

3.3.4.1 Betonfestigkeit

Die Kontrollprüfung erfolgt an Bohrkernen mit Durchmesser und Höhe 150 mm frühestens nach 60 Tagen. Die Festigkeit jedes Bohrkerns und die mittlere Festigkeit müssen dabei mindestens die im Anhang B geforderten Werte der Druckfestigkeit erreichen.

Kommentar Die vorstehenden Regelungen der ZTV Beton-StB ergänzen Abschnitt 3.3.4.1 der DIN 18316.

DIN 18316

Verkehrswegebauarbeiten – Oberbauschichten mit hydraulischen Bindemitteln**3.3.4 Betondecken****3.3.4.1 Anforderungen an den Beton**

Der Beton muss bei hoher Wassersättigung ohne Taumittel der Expositionsklasse XF3, bei hoher Wassersättigung mit Taumittel der Expositionsklasse XF4 nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 entsprechen.

Kommentar Die Anforderungen an die Betonfestigkeit sind grundsätzlich in den TL Beton-StB, Abschnitt 4 geregelt. Es bleibt dem Auftragnehmer überlassen, das Vorhaltemaß bei der Erstprüfung nach eigenen Erfahrungswerten unter Berücksichtigung des zu erwartenden Streubereichs entsprechend den Gegebenheiten der Baustelle und der Prüfungen so groß anzusetzen, dass die Anforderungen für die Druckfestigkeit bei der Eigenüberwachungsprüfung und der Kontrollprüfung sicher erreicht werden.

Für den Nachweis der Druckfestigkeit werden bei der Kontrollprüfung in regelmäßigen Abständen Bohrkern mit einem Durchmesser von 15 cm aus der Decke entnommen, in der Regel ein Bohrkern je 1 000 m² Fertigungsbahn. Die Druckfestigkeit wird an 15 cm hohen Prüfzylindern bestimmt, die aus den Bohrkernen im Verhältnis der Dicke von Oberbeton zu Unterbeton herauszusägen sind. Beispielsweise ist aus einem 26 cm hohen Bohrkern einer zweischichtigen Decke (7 cm Oberbeton + 19 cm Unterbeton) ein Prüfkörper bestehend aus 4 cm Oberbeton und 11 cm Unterbeton herzustellen. Die Druckfestigkeit wird im Alter von 60 Tagen geprüft. Die Druckfestigkeiten müssen eine charakteristische Bohrkernfestigkeit von 38 N/mm² erreichen.

Weitere Festlegungen zu diesem Themenbereich enthalten die TP Beton-StB im Abschnitt 4.2.4.

3.3.4.2

Luftgehalt des Frischbetons

Die in der Tabelle 2 angegebenen Werte sind einzuhalten. Der geforderte Luftgehalt ist unmittelbar an der Einbaustelle nachzuweisen.

Hinweise für die Zugabe von Luftporenbildnern enthält das „Merkblatt für die Herstellung und Verarbeitung von Luftporenbeton“.

Dem Beton ist Luftporenbildner in mindestens solcher Menge zuzugeben, dass der nach Tabelle 2 geforderte Luftgehalt unmittelbar vor dem Einbau eingehalten wird. Einzelwerte dürfen diese Anforderungen um höchstens 0,5 Vol.-% unterschreiten.

Tabelle 2: Mindestluftgehalt des Frischbetons

Größtkorn (mm)	Mittlerer Mindest- luftgehalt für Beton (Vol.-%)
8	5,5
16	4,5
32 bzw. 22	4,0

Wird Beton der Konsistenzklassen C2, \geq F2 oder C1 mit Fließmittel oder Verflüssiger verwendet, gelten gegenüber der Tabelle 2 um 1,0 Vol.-% erhöhte Luftgehalte.

Ist die Prüfung der Luftporenkennwerte am Festbeton erforderlich sind die Kennwerte nach Tabelle 3 einzuhalten.

Tabelle 3: Anforderungen an Luftporenkennwerte im Festbeton

Art der Prüfung	Mikro-Luftporengehalt A_{300} (Vol.-%)	Abstandsfaktor \bar{L} (mm)
Eigenüberwachungs- prüfung	$\geq 1,5$	$\leq 0,24$

Kommentar

Praktisch vollständig verdichteter Beton weist ohne Luftporenbildner einen Luftgehalt von etwa 1 bis 2 Vol.-% (Verdichtungs-poren) auf. Für hohen Frost-Tausalz-Widerstand ist in verdichtetem Beton ein ausreichender Gehalt an Mikro-Luftporen erforderlich. Beton für Fahrbahndecken der Expositions-klasse XF4 muss daher durch eine gezielte Einführung von künstlichen Luft-poren als sog. Luftporenbeton hergestellt werden. Die eingesetzten Luft-porenbildner erzeugen im Frischbeton kleine, kugelförmige Luftporen, die im erhärteten Beton die Kapillarporen unterbrechen und zum Druckaus-gleich des gefrierenden Wassers in der Zementsteinmatrix dienen. Dabei gilt es, im Frischbeton einen bestimmten Luftgehalt zu erreichen, sodass sichergestellt ist, dass der Festbeton die geforderten Luftporenkennwerte aufweist. Da viele, sich teilweise gegenseitig beeinflussende Einzelfaktoren

Kommentar das Ergebnis bestimmen, ist gegenüber normalem Beton ohne Luftporen eine intensivere Überwachung und Überprüfung der Ausgangsstoffe, der Herstellung und des Einbaus auf der Baustelle erforderlich.

Luftporenbildner (siehe TL Beton-StB, Abschnitt 4.7) sind dem Beton, bei zweischichtiger Herstellung dem Ober- und Unterbeton zuzugeben. Die erforderliche Menge ist bei der Erstprüfung so zu bemessen, dass die Werte der Tabelle 2 unmittelbar vor dem Einbau erreicht werden. Das bedeutet, dass bei der Erstprüfung ein Vorhaltemaß vorgegeben werden muss, das von den Verhältnissen auf der Baustelle (Betonherstellung, Temperatur, Transport und Transportweg) abhängig ist.

In Tabelle 2 sind die Luftgehalte in Abhängigkeit des Größtkorns angegeben. Wird der Beton mit kleinerem Größtkorn gefertigt, steigt die vergleichsweise enthaltene Mörtelmenge an. Zur Gewährleistung eines ausreichenden Frost-Tausalz-Widerstandes auch dieser größeren Mörtelmenge ist ein höherer Luftgehalt erforderlich, um den als Grenzwert angesetzten Abstands faktor von maximal 0,20 mm (theoretischer Abstand eines beliebigen Punktes im Zementstein von der nächsten Luftpore) nicht zu überschreiten.

Ändern sich der Luftporenbildner (LP), der Betonverflüssiger (BV) oder das Fließmittel (FM), sind neue Erstprüfungen zur Einhaltung des erforderlichen Luftgehaltes erforderlich.

Der Luftgehalt allein sagt noch nichts über die Frost-Tausalz-Beständigkeit aus, da für hohe Frost-Tausalz-Beständigkeit von Betondecken ein ausreichender Mikroluftporengehalt mit einem Abstands faktor von weniger als 0,20 mm maßgeblich ist. In Reihenuntersuchungen konnte nachgewiesen werden, dass bei Zugabe von Luftporenbildnern und Einhaltung des geforderten Luftgehaltes ein ausreichender Mikroluftporengehalt mit hinreichend kleinem Abstands faktor erreicht wird.

Bei weichen Betonen und beim Einsatz von Verflüssigern oder Fließmitteln kann man jedoch nicht unbedingt bei einer Änderung des Luftgehaltes des Frischbetons auf eine gleichwertige Änderung des Mikroluftporengehaltes schließen. Es sind deshalb für diese Betone um 1 % erhöhte mittlere Luftgehalte einzuhalten, wenn nicht bei der Erstprüfung nachgewiesen wird, dass die Grenzwerte für die Luftporenkennwerte eingehalten werden.

Der Luftgehalt ist am Frischbeton zu bestimmen, wobei Einzelwerte die Anforderungen um höchstens 0,5 Vol.-% unterschreiten dürfen.

Der tatsächlich vorhandene Mikroluftporengehalt und Abstands faktor kann nur am erhärteten Beton bestimmt werden. Dennoch ist die Luftgehaltsbestimmung am frischen Beton im Rahmen der Eigenüberwachung als Indiz für den Mikroluftporengehalt unerlässlich, weil nur am frischen Beton noch Korrekturen möglich sind.

Die Bestimmung des Mikroluftporengehalts am erhärteten Beton ist nur im Rahmen der Eigenüberwachung an einem Bohrkern aus der ersten Tagesleistung (Bauleistung des ersten Einbautages) und bei Zweifeln vorgesehen. Sie kommt später auch nur dann in Betracht, wenn an Frost-Tausalz-beanspruchten Oberflächen Schäden aufgetreten sind, obwohl dem Beton Luftporenbildner zugesetzt wurden, und findet an Probekörpern statt, deren Luftgehalt, Abstands faktor und Mikroluftporengehalt im Allgemeinen stereologisch-mikroskopisch bestimmt wird [22, 23].

Kommentar Zweifel an der Vergleichbarkeit des Luftgehaltes mit dem Mikroluftporengehalt wurden durch Gast in einem entsprechenden Forschungsvorhaben [24] am frischen und erhärteten Beton ausgeräumt. Dabei wurden Baustellen- und Laborversuche zur Beantwortung der Frage durchgeführt, ob der Frischbeton während des Transports oder beim Einbau Luftporen verliert. Es ergab sich, dass nach dem Transport der Luftgehalt zwar größer, kleiner oder gleich groß sein kann als nach dem Mischen, dass sich aber der ursprüngliche Mikroluftporengehalt nicht verändert. Nach sachgemäßem Einbau des Betons mit nicht unzulässig langer Verdichtung war der Mikroluftporengehalt niemals kleiner als nach dem Transport und somit vor dem Einbau. Damit wurde nachgewiesen, dass die Bestimmung des Luftgehaltes unmittelbar vor dem Einbau ausreicht, um auf den Mikroluftporengehalt schließen zu können.

Die Konsistenz und der Luftgehalt des Betons sind beim Einbau zu überprüfen, um sicherzustellen, dass die Beschaffenheit der Decke möglichst gleichmäßig ist und sie die gestellten Anforderungen erfüllt. Wegen der besonderen Bedeutung der Frost-Tausalz-Beständigkeit des Betons werden im Folgenden aus dem Merkblatt für die Herstellung und Verarbeitung von Luftporenbeton die Abschnitte 3.4 bis 3.6 zitiert:

**Merkblatt
Luftporenbeton**

Merkblatt für die Herstellung und Verarbeitung von Luftporenbeton –
Ausgabe 2004

3.4 Transport und Übergabe

3.4.1 Transport

Während der Luftgehalt des Betons durch den Transport in offenen Fahrzeugen nur unwesentlich beeinflusst wird, kann er sich im Fahrmischer stärker verändern. Beim Transport in Fahrmischern muss daher mit langsam drehender Trommel gefahren werden.

Beim Transport in offenen Fahrzeugen muss Luftporenbeton gegen schädliches Austrocknen, starke Erwärmung, Frost und/oder Niederschlagswasser besonders wirkungsvoll geschützt werden.

Wird Luftporenbeton auf der Baustelle gepumpt, kann es zu einer Veränderung von Luftgehalt und Luftporenverteilung kommen.

3.4.2 Übergabe an den Betonverarbeiter

Entscheidendes Kriterium für die Übergabe des Betons ist der Luftgehalt zum Zeitpunkt der Übergabe am Einbauort. Gegebenenfalls sind zur Schnittstellenregelung auf der Baustelle von den Partnern Betonhersteller und Betonverarbeiter Zwischenprüfungen (Zeit und Ort) zu vereinbaren, z. B. beim Pumpen von Transportbeton.

3.4.3 Ergänzende Empfehlungen für den Transport und die Übergabe

Frischbeton mit steifer Konsistenz (C1) wird in offenen Fahrzeugen ohne Mischer und Rührwerk transportiert, mit weicherer Konsistenz als C1 in Fahrmischern oder Fahrzeugen mit Rührwerk.

Fahrzeuge mit beheizten Ladeflächen dürfen nicht eingesetzt werden. Ebenso darf das Material der Ladefläche nicht mit dem Beton reagieren (z. B. Aluminiummulden).

Um den Zeitraum zwischen Herstellung der ersten Mischung in der Mischanlage und der Verarbeitung dieser Mischung an der Einbaustelle so gering wie möglich zu halten,

**Merkblatt
Luftporenbeton**

sind bei der Bestellung des Betons die Abnahmemengen und die Randbedingungen der Baustelle anzugeben (z.B. Zufahrten, Rangiermöglichkeiten, Verarbeitungsgeräte usw.).

Nach der Entleerung müssen die Fahrzeuge grundsätzlich von Restbetonanhaftungen gereinigt werden, um unerwünschte Luftporeneinträge in nachfolgende Betone auszuschließen.

3.5 Verarbeitung und Einbau

Der Beton ist möglichst umgehend nach der Herstellung zu verarbeiten. 90 Minuten dürfen hierbei ohne zusätzliche Maßnahmen in keinem Fall überschritten werden. Bei länger andauernden Verarbeitungsvorgängen ist die Zugabe von verzögernden Zusatzmitteln empfehlenswert. Längere Wartezeiten der Transportfahrzeuge sind unbedingt zu vermeiden. Bei geringer Einbauleistung – z. B. bei Brückenkappen – kann dies eine Teilfüllung der Transportfahrzeuge notwendig machen.

Vor Übergabe des Luftporenbetons sind – bei Pumpenförderung nach dem Pumpvorgang – Luftgehalt und Konsistenz des Frischbetons zu prüfen. Die Konsistenz muss den eingesetzten Einbau- und Verdichtungsgeräten angepasst sein. Die Verdichtung mit Rüttelbohlen oder Schalungsrüttlern ist für Luftporenbeton günstiger als die Verdichtung mit Innenrüttlern. Bei Verwendung von Innenrüttlern muss darauf geachtet werden, dass nicht mehr Verdichtungsenergie in den Beton eingeführt wird, als für eine vollständige Verdichtung des Frischbetons erforderlich ist.

Enthält der Luftporenbeton nicht voll aufgeschlossenen Luftporenbildner, kann es bei einem nachträglichen Energieeintrag (z. B. bei einem Straßenfertiger durch die Verteilerschnecke oder den Rüttelgeräten) zu zusätzlicher Luftporenbildung kommen.

Freistehende Wände, deren Kronen einem starken Frost-Taumittel-Angriff ausgesetzt sind (z. B. Räumerlaufbahnen), sollen ca. 5 cm über Sollhöhe betoniert werden. Der meist mörtelreiche Überstand ist – gegebenenfalls erst nach dem Nachverdichten des Kopfbereiches – bis auf die Sollhöhe abzutragen.

Werden Oberflächen von Luftporenbeton maschinell mit z. B. Teller-/Flügelglätter bearbeitet, sind durch die späte Bearbeitung der noch nicht erhärteten Oberflächen negative Veränderungen des Luftporensystems in der oberflächennahen Zone nicht ausgeschlossen.

3.6 Nachbehandlung

Luftporenbetone sind besonders intensiv und sorgfältig nachzubehandeln. Die erforderliche Nachbehandlungsdauer ist umso größer, je langsamer die oberflächennahe Randzone erhärtet.

Anforderungen an Nachbehandlungsmaßnahmen und Nachbehandlungsdauer sind in den Regelwerken DIN 1045-3, ZTV Beton-StB sowie ZTV-ING Teil 3: Massivbau, Abschnitt 2 Bauausführung enthalten.

Bei nicht geschalten oder in gleitender Schalung hergestellten Betonoberflächen muss die Nachbehandlung unmittelbar nach der abschließenden Oberflächenbearbeitung beginnen. Hierfür hat sich im Betonstraßenbau das frühzeitige Aufsprühen von flüssigen Nachbehandlungsmitteln bewährt. Sie müssen den Anforderungen der „Technischen Lieferbedingungen für flüssige Beton-Nachbehandlungsmittel“ (TL NBM-StB 96)* entsprechen.

Werden Luftporenbetone frühzeitig einem Frost- bzw. Frosttaumittelangriff ausgesetzt, z. B. bei Bauwerken, die im Spätherbst hergestellt wurden, können zusätzliche Schutzmaßnahmen erforderlich werden.

* zwischenzeitlich ersetzt durch die TL NBM-StB 09

3.3.4.3**Dicke der Decke**

Als Solldicke der Decke gelten die in der Leistungsbeschreibung festgelegten Werte. Abweichungen am einzelnen Prüfkörper dürfen die Solldicke um nicht mehr als 5 mm unterschreiten (nach DIN EN 13877-2: Kategorie T5).

Kommentar

Die Solldicke der Betondecke ist die nach der Leistungsbeschreibung planmäßig herzustellende Dicke, die möglichst gleichmäßig über die gesamte Einbaufäche gehen soll. Unter dem Gesichtspunkt eines hohen Gebrauchswertes und auch der großen Bedeutung, die die Deckendicke für die Nutzungsdauer der Straßenbefestigung hat, ist die maximal zulässige Unterschreitung von der Solldicke am Einzelwert auf 5 mm festgelegt. Dies entspricht der in den DIN EN 13877 „Fahrbahnbefestigungen aus Beton – Teil 2: Funktionale Anforderungen an Fahrbahnbefestigungen aus Beton“ für die Maximale Verringerung der Fahrbahnbefestigungsdicke eines einzelnen Bohrkerns festgelegten Toleranzkategorie T5.

Das Bestreben nach Qualitätssicherung findet auch dadurch Berücksichtigung und Anerkennung, dass bei der Abrechnung eine Mehreinbaudicke (Mittelwert) bis zu 1,5 cm zu einer Erhöhung der bauvertraglich vereinbarten Vergütung führt. Auf die Ausführungen zu den Abschnitten 5.3.1.2 bis 5.3.1.4 wird verwiesen.

Im Gegenzug ist unter vorstehendem Gesichtspunkt die Abzugsregelung bei Unterschreiten der Einbaudicke am Einzelwert nach Anhang G, Abschnitt B2 zu sehen, wonach Abweichungen von der Solldicke von mehr als 5 mm nach unten entsprechend der abgeminderten Nutzungsdauer der Decke zu erheblichen Preisabzügen führen. Der Auftragnehmer sollte daher bestrebt sein, Minderdicken zu vermeiden.

3.3.4.4**Lage der Dübel**

Die Schräglage der Dübel darf höchstens 20 mm, bezogen auf die Dübellänge von 50 cm, betragen. Die Abweichung von der Höhenglage, gemessen in Dübelmitte, darf einen Wert von 20 mm, die Verschiebung senkrecht zur Fuge einen Wert von 50 mm nicht überschreiten.

Kommentar

Auf die Ausführungen zu Abschnitt 3.3.1.3 wird verwiesen. Im Hinblick auf mögliche Schäden, die durch eine falsche Lage der Dübel entstehen können, sind zahlenmäßig begrenzte Abweichungen von der Sollage der Dübel festgelegt. Diese Abweichungen müssen jedoch innerhalb einer Fuge gleichsinnig sein.

Die Feststellung der Dübellage ist bereits kurz nach dem Einbringen des Betons erforderlich, damit sich der Auftragnehmer ein Bild von der Lage der

- Kommentar** Dübel machen kann. Prüfgeräte, die bereits im noch jungen Beton die Lage der Dübel orten können, stehen zur Verfügung [35]. Bei offensichtlich falscher Dübellage sollten die Ursachen festgestellt und geeignete Maßnahmen ergriffen werden, wie z. B. bessere Abstimmung der Konsistenz des Frischbetons und der Verdichtung auf die Einbringtiefe der Dübel. Unter Umständen kann auch die Verwendung von Dübelkörben zweckmäßig sein.
- Die ZTV Beton-StB sehen bisher bei Abweichungen der Dübellage von den hier genannten Werten noch keine Qualitätsabzüge vor, sodass die Vertragsparteien unter Abschätzung der langfristigen Folgen einer falschen Dübellage selbst eine Regelung treffen müssen.

3.3.4.5**Profilgerechte Lage**

Siehe DIN 18316, Abschnitt 3.3.4.9

Der Abfluss des Oberflächenwassers darf nicht durch getrennt hergestellte Betonflächen behindert werden.

Die Querneigung der Deckenoberfläche darf in Verwindungsbereichen mit Längsneigungen unter 0,5 % an den Stellen, an denen die Querneigung kleiner als 1,5 % ist, um nicht mehr als 0,2 % vom Sollwert abweichen.

Die Oberfläche der Decke darf von der Sollhöhe nicht mehr als ± 20 mm abweichen, jedoch nur insoweit, als sich die Abweichungen gleichsinnig auf eine größere Länge erstrecken und optisch und fahrdynamisch keinerlei Unstetigkeiten feststellbar sind.

Die Lage der Decke im Grundriss darf nicht mehr als 30 mm vom Sollwert abweichen. Auch bei Zulassung dieser Toleranz dürfen keine Knicke im Fahrbahnverlauf zu sehen sein.

- Kommentar** Die vorstehenden Regelungen der ZTV Beton-StB ergänzen Abschnitt 3.3.4.9 der DIN 18316.

DIN 18316

Verkehrswegebauarbeiten – Oberbauschichten mit hydraulischen Bindemitteln**3.3.1 Verfestigungen als Tragschichten****3.3.1.5** Profilgerechte Lage

Die Tragschichten sind höhengerecht und im vereinbarten Längs- und Querprofil herzustellen. Abweichungen der Oberfläche von der Sollhöhe dürfen an keiner Stelle mehr als 3 cm betragen.

...

3.3.4 Betondecken**3.3.4.9** Profilgerechte Lage

Für die profilgerechte Lage von Betondecken gilt Abschnitt 3.3.1.5 entsprechend.

Kommentar Die Fahrbahndecke ist höhengerecht und im vereinbarten Längs- und Querprofil herzustellen. Im Hinblick auf die Verkehrssicherheit, die durch auf der Fahrbahn stehendes Oberflächenwasser wesentlich beeinträchtigt wird, darf der Wasserabfluss keinesfalls durch Stufen zwischen getrennt hergestellten Betonflächen behindert werden.

Ebenso muss in Verwindungsbereichen, in denen die Querneigung der Deckenoberfläche von einer Seite auf die andere wechselt, mit besonderer Sorgfalt gearbeitet werden. In den Verwindungsbereichen mit Längsneigungen geringer als 0,5 % darf in den Bereichen mit Querneigungen unter 1,5 % die Abweichung der Querneigung höchstens 0,2 % vom Sollwert betragen. Wenn auch bei der Planung von Straßen versucht wird, Querneigungswechsel in Bereichen mit Längsneigungen unter 0,5 % zu vermeiden, so ist das in ebenem Gelände nicht immer möglich (siehe auch Abschnitt 1.3.3, Kom. (3)).

Die absoluten Abweichungen von der Sollhöhe sind eng begrenzt und dürfen, falls sie auftreten, nicht zu Unstetigkeiten führen, die optisch oder fahrdynamisch feststellbar sind. Sofern durch bereits vorweg erstellte feste Einbauten in der Decke oder beim Anschluss an Brückenbauwerke Abweichungen von der Sollhöhe notwendig werden, sollte vor der Deckenherstellung das Deckenbuch angepasst bzw. neu berechnet werden. Abweichungen von der Höhenlage dürfen nur unter Einhaltung der vereinbarten Deckendicke toleriert werden.

Auch die Abweichung von der seitlichen Lage der Decke ist mit 30 mm eng begrenzt. Beim Einsatz von Gleitschalungsfertigern erfordert die Einhaltung dieser Vorgaben in jedem Falle große Sorgfalt bei der Ausrichtung der Führungsdrähte.

Die Einhaltung der geometrischen Vorgaben des Planes stellt deshalb eine besonders wichtige Anforderung dar. Das Erreichen der profilgerechten Lage ist daher ebenso wie die Ebenheit und die Griffigkeit der Deckenoberfläche aus der Sicht des Auftraggebers und des Straßennutzers ein wichtiges Kriterium, das der Auftragnehmer bei der Deckenherstellung zu erfüllen hat. Hieran werden die Qualität der Decke und das Können des Deckenherstellers beurteilt.

3.3.4.6

Ebenheit

Siehe DIN 18316, Abschnitt 3.3.4.10

Die Oberfläche der Decke ist eben herzustellen.

Bei Decken der Bauklassen SV, I bis III sind Unebenheiten von mehr als 4 mm innerhalb einer 4 m langen Messstrecke in Längs- und Querrichtung unzulässig. Bei Decken der Bauklassen IV bis VI und bei nicht mit Fertigern hergestellten Flächen dürfen die Unebenheiten nicht mehr als 6 mm betragen.

Die zulässigen Abweichungen dürfen nur mit allmählichem Übergang und nicht in kurzen und regelmäßigen Abständen auftreten. Ein ausreichender Wasserabfluss muss gewährleistet sein.

Kommentar Die vorstehenden Regelungen der ZTV Beton-StB engeln die Aussagen des Abschnittes 3.3.4.10 der DIN 18316 ein.

DIN 18316

Verkehrswegebauarbeiten – Oberbauschichten mit hydraulischen Bindemitteln**3.3.4 Betondecken****3.3.4.10 Ebenheit**

Unebenheiten der Oberfläche von Betondecken dürfen innerhalb einer 4 m langen Messstrecke nicht größer als 1 cm sein.

Kommentar Die Anforderungen an die Ebenheit von Betondecken entsprechen im Wesentlichen den Anforderungen an Asphaltdecken. Die Grenzwerte für die Unebenheiten der Oberfläche gelten für Längs- und Querrichtung. Sie sollen eine ausreichende Ebenheit sicherstellen, die als wesentliche Voraussetzung für die Oberflächenentwässerung erforderlich ist.

Unebenheiten in Fahrtrichtung wirken sich zudem erkennbar auf den Fahrkomfort aus, können im ungünstigsten Fall aber auch das Fahrverhalten und die gleichmäßige Haftung zwischen Reifen und Fahrbahn nachteilig beeinflussen. Unebenheiten senkrecht zur Fahrtrichtung, z. B. durch Stufen nebeneinander hergestellter Fertigungsbahnen, können das Lenk- und Spurverhalten von Kraftfahrzeugen und Motorrädern beeinträchtigen.

Bei Decken der Bauklassen SV, I bis III, die mit Fertigern hergestellt werden, dürfen die Unebenheiten der Decke innerhalb einer 4 m langen Messstrecke nicht mehr als 4 mm betragen. Dies gilt auch für die Bereiche von Arbeits- und Tagesendfugen sowie von Längspressfugen zwischen gesondert hergestellten Fertigungsbahnen.

Auf das Sicherstellen eines ausreichenden Wasserabflusses wird in diesem Abschnitt besonders hingewiesen. Selbst wenn die Anforderungen an die Ebenheit mit Abweichungen von 4 mm eingehalten werden, ist der Wasserabfluss auch bei Stufen von weniger als 4 mm an den Längsfugen nicht immer gewährleistet, z. B. bei geringfügig höherstehenden Fertigungsbahnen in Richtung Querneigung (siehe Abschnitt 3.3.4.5, Kom. Absatz 1).

Nicht mit Fertigern hergestellte Flächen sind „Handfelder“, deren Verdichtung, Deckenschluss und Profilierung im Wesentlichen von Hand ausgeführt werden, was im engeren Bereich von Arbeitsfugen, z. B. an Bauwerken, oder bei kleineren, ungünstig zugeschnittenen Teilflächen vorkommen kann. Bei diesen Handfeldern sind Unebenheiten bis zu 6 mm zulässig.

Da die **Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Bauliche Erhaltung von Verkehrsflächen – Betonbauweisen** (ZTV BEB-StB) hinsichtlich der Anforderungen an die Ebenheit beim Ersatz von Platten und Plattenteilen auf die ZTV Beton-StB verweisen, dürfen bei Reparaturflächen aller Bauklassen, bei denen der Einsatz von Fertigern nicht möglich oder nicht sinnvoll ist, z. B. der Erneuerung einzelner Platten oder mehrerer hintereinander liegender Felder, die Unebenheiten ebenfalls nicht mehr als 6 mm betragen.

- Kommentar** Auch die zulässigen, innerhalb der Toleranz liegenden Unebenheiten dürfen jedoch nur mit allmählichem Übergang und nicht in kurzen Abständen auftreten. Die Anforderungen sind damit nicht eingehalten, wenn regelmäßig auftretende Unebenheiten beispielsweise zu „Waschbrett“-Strukturen führen. Waschbrettartige Unebenheiten, die durchaus innerhalb der zulässigen Toleranz liegen können, können bei bewehrten Decken auftreten, wenn die Bewehrung infolge mangelhafter Auflage, z. B. unebener Unterbeton, bei der Verdichtung des Oberbetons federt. Ähnliche Oberflächenstrukturen können auch bei unbewehrten Decken durch unregelmäßig arbeitende Fertiger oder Glätter entstehen. Derartige Unebenheiten führen meist zu höheren Lärmemissionen und sind insbesondere dann nicht hinnehmbar, wenn eine Lärm mindernde Fahrbahndecke herzustellen war. Außerdem können regelmäßige Wellen selbst geringer Amplitudenhöhen im Zusammenwirken mit den Resonanzschwingungen der Fahrzeuge den Fahrkomfort erheblich beeinträchtigen.
- Langwellige regelmäßige Unebenheiten sollten ebenfalls vermieden werden, da sie den Fahrkomfort genauso mindern können. Sie sind allerdings von den Regelungen dieses Abschnittes nicht unmittelbar erfasst.

3.3.4.7**Griffigkeit**

Die Griffigkeit der fertigen Betondecke der Bauklassen SV und I bis VI darf für das Seitenkraftmessverfahren (SKM) bei der Abnahme die nachfolgend angegebenen Grenzwerte für den Einzelwert eines 100-m-Abschnittes um nicht mehr als 0,03 unterschreiten:

- bei 80 km/h $\mu_{SKM} = 0,46$
- bei 60 km/h $\mu_{SKM} = 0,51$
- bei 40 km/h $\mu_{SKM} = 0,56$.

Bis zum Ablauf der Verjährungsfrist für Mängelansprüche werden folgende Werte festgelegt:

- bei 80 km/h $\mu_{SKM} = 0,40$
- bei 60 km/h $\mu_{SKM} = 0,45$
- bei 40 km/h $\mu_{SKM} = 0,49$.

Ein Unterschreiten der Werte bis zum Ablauf der Verjährungsfrist für Mängelansprüche beweist noch keinen Mangel. Der Auftraggeber hat in einem solchen Fall zu prüfen, ob ein Mangel vorliegt und der Auftragnehmer zur Beseitigung verpflichtet ist.

Vorstehende Grenzwerte und Werte bis zum Ablauf der Verjährungsfrist für Mängelansprüche für das Messverfahren SKM gelten nicht für Wohnsammelstraßen, Anliegerstraßen, Fußgängerzonen, befahrbare Wohnwege, Rad- und Gehwege sowie für Parkflächen des kommunalen Straßenbaus.

Die Messgeschwindigkeit für das Messverfahren SKM kann im Rahmen 40, 60, 80 km/h in Abhängigkeit von den örtlichen Bedingungen gewählt werden und ist in der Leistungsbeschreibung anzugeben.

Kommentar Die Griffigkeit von Fahrbahndecken aus Beton wird maßgeblich von der Rauheit (Textur) der Oberfläche bestimmt, wobei es entscheidend auf die Makro- und Mikrotextur ankommt.

Der Reibungswiderstand eines Fahrzeugreifens auf nasser Fahrbahn hängt im Wesentlichen von der Rauheit der Fahrbahnoberfläche, der Dicke des Wasserfilms auf der Fahrbahn, den Eigenschaften und dem Zustand der Reifen sowie von der Fahrgeschwindigkeit ab. Der Begriff Griffigkeit kennzeichnet die Wirkung von Rauheit und Beschaffenheit der Fahrbahnoberfläche auf den Reibungswiderstand unter festgelegten Bedingungen. Diese Wirkung lässt sich durch Griffigkeitsmessungen darstellen, bei denen die genannten Einflussgrößen konstant gehalten werden. Allgemeine Regelungen zur Messung und Bewertung nasser Fahrbahnen sowie Festlegungen, wie die Griffigkeit zu bestimmen und zu bewerten ist, sind in den Technischen Prüfvorschriften für Griffigkeitsmessungen (TP Griff-StB) enthalten.

Eine möglichst hohe Griffigkeit der Fahrbahnoberfläche ist für den Verkehrsteilnehmer eine der wichtigsten Gebrauchsmerkmale einer Straße. Aus Sicht der Straßenbautechnik, der Straßenplanung und der Unfallforschung trägt die Griffigkeit wesentlich zur Verkehrssicherheit bei.

Die Griffigkeit einer Straße ist allerdings keine konstante Größe. Während der Gebrauchsdauer einer Fahrbahndecke kann sie sich unter den Einflüssen der Verkehrsbeanspruchung und der Witterung ändern. Die Griffigkeit kann außerdem jahreszeitlich zwischen Sommer und Winter schwanken.

Bei Neubau und Erneuerung von Fahrbahndecken ist es von Bedeutung, dass neben einer ausreichend hohen Anfangsgriffigkeit auch eine längerfristig günstige Griffigkeit unter Verkehrsbelastung erreicht wird. Dazu wurden in die Technischen Regelwerke für die Herstellung von Fahrbahndecken – ZTV Beton-StB und ZTV Asphalt-StB – bauvertragliche Anforderungen an die Griffigkeit aufgenommen.

Dabei wird zwischen dem Grenzwert bei der Abnahme und den Werten bis zum Ablauf der Verjährungsfrist für Mängelansprüche unterschieden.

Der Anforderungswert an die Griffigkeit zum Zeitpunkt der Abnahme ist ein vertraglich vereinbarter Grenzwert, der ggf. eine unmittelbare Folge, wie z. B. Pflicht zur Mangelbeseitigung oder Vereinbarung eines Abzugs, nach sich zieht. Da das Prüfverfahren Schwankungen unterliegt, werden bezüglich der Anforderungswerte Toleranzen zugelassen, die im Rahmen von Forschungsarbeiten durch Vergleichsuntersuchungen ermittelt wurden. Daher dürfen die gemäß TP Griff-StB (SKM) jeweils für einen 100 m langen Abschnitt der Fahrbahndecke ermittelten Einzelwerte den Grenzwert um nicht mehr als 0,03 unterschreiten. Bei einer größeren Unterschreitung des Grenzwertes liegt ein Mangel vor (siehe auch Abschnitt 4.1).

Im Gegensatz dazu stellt der Wert bis zum Ablauf der Verjährungsfrist für Mängelansprüche lediglich den Punkt dar, ab dem der Auftraggeber das Vorliegen eines Mangels prüft:

Nach dem Werkvertragsrecht geht mit der Abnahme die Beweislast für das Vorliegen eines Mangels auf den Auftraggeber über. Bei Unterschreitung des Wertes bis zum Ablauf der Verjährungsfrist für Mängelansprüche prüft der AG daher, ob die Gründe für die Unterschreitung bereits zum Zeitpunkt der Abnahme vorgelegen haben und der AN somit zur Beseitigung des

Kommentar Mangels verpflichtet ist. Da die Unterschreitung des Wertes keine unmittelbare Folge für den Auftragnehmer nach sich zieht, wurde die Toleranz des Prüfverfahrens bereits bei der Festlegung der Werte berücksichtigt.

Die Neufassung dieses Abschnitts wurde erforderlich, da die Formulierung „Grenzwert bis zum Ablauf der Verjährungsfrist für Mängelansprüche“, wie sie u. a. in den ZTV Beton-StB 01 verwendet wurde, den Schluss zulässt, dass die Unterschreitung einen Mangel darstellt. Damit würde es sich jedoch um eine versteckte, dem AGB-Gesetz widersprechende Garantieforderung handeln.

Die jeweils einzuhaltenden (Grenz-)Werte sind abhängig von der gewählten Messgeschwindigkeit, die deshalb auch in der Leistungsbeschreibung anzugeben ist. Auf Straßen des überörtlichen Verkehrs wird in der Regel eine Messgeschwindigkeit von 60 km/h oder 80 km/h zugrunde gelegt.

Werden die vertraglich vereinbarten Anforderungen an die Griffigkeit nicht erreicht, müssen, um die Verkehrssicherheit zu gewährleisten, griffigkeitsverbessernde Maßnahmen an der Fahrbahndecke durchgeführt werden. Geeignete bauliche Maßnahmen sind in den **ZTV BEB-StB** angesprochen.

**Griffige
Waschbeton-
oberfläche**



3.3.5

Verkehrsfreigabe

Die Decke darf erst nach ausreichender Erhärtung und Erreichen eines ausreichenden Frost-Tausalz-Widerstandes des Betons für den Verkehr freigegeben werden. Falls keine genauere Festlegung erfolgt, kann für eine ausreichende Erhärtung eine Mindestdruckfestigkeit von 26 N/mm^2 angesetzt werden.

Bei in der kalten Jahreszeit hergestellten Fahrbahndecken oder bei Fahrbahndecken mit Waschbetonoberfläche ist bei der Verkehrsfreigabe eine Mindestdruckfestigkeit von 26 N/mm^2 erforderlich.

Erhärtungsprüfungen sind Prüfungen zur Bestimmung eines frühzeitigen Zeitpunktes für die Verkehrsfreigabe.

Die erste Erhärtungsprüfung wird im Rahmen einer Kontrollprüfung durchgeführt.

Sind für die Bestimmung des Zeitpunktes für die Verkehrsfreigabe zusätzliche Erhärtungsprüfungen notwendig, trägt hierfür derjenige die Kosten, in dessen Interesse die vorzeitige Verkehrsfreigabe liegt.

Kommentar

Der Zeitraum zwischen der Deckenherstellung und der Freigabe der Baustrecke für den Verkehr (Sperrfrist) hängt vom Erhärtungsgrad des Betons ab. Da die Erhärtung nicht nur von der Zementart und -menge und vom Wasserzementwert, sondern vor allem auch von den Witterungsverhältnissen beeinflusst wird, deckt sich eine vorgegebene Sperrfrist selten mit den tatsächlich erforderlichen Zeiten.

Nach den ZTV Beton-StB darf eine Decke für den Verkehr erst freigegeben werden, wenn die Druckfestigkeit mindestens 26 N/mm^2 beträgt. Die Prüfung der Druckfestigkeit muss an Würfeln nach den Festlegungen der TP Beton-StB vorgenommen werden.

Im Allgemeinen hat die Sperrfrist beim Neubau keinen Einfluss auf die Freigabe für den öffentlichen Verkehr, weil bis zur Verkehrsfreigabe der Baustrecke noch eine Reihe von anschließenden Arbeiten – wie Andecken von Oberboden, Setzen von Schutzplanken und Leitpfosten, Aufbringen der Markierung – auszuführen ist und somit ausreichend Zeit für eine genügende Erhärtung des Betons zur Verfügung steht.

Die größte Gefahr für eine Überbeanspruchung der jungen Decke mit ihrer noch geringen Festigkeit geht allerdings vom Baustellenverkehr selbst aus. Um Schäden zu vermeiden, sollten daher frisch hergestellte Betonflächen innerhalb der Baustrecke bis zu einer ausreichenden Erhärtung sichtbar abgesperrt werden.

Von Bedeutung ist die Sperrfrist dagegen bei Erneuerungen oder Instandsetzungen bestehender Straßenverkehrsflächen. Einzelfelder können bereits nach 8 bis 10 Stunden für den Verkehr wieder freigegeben werden, wenn frühhochfester Beton mit Fließmittel verwendet wird, die Betontemperatur etwa $+25^\circ\text{C}$ beträgt und der frische Beton mit Folie abgedeckt wird, um eine zu rasche Verdunstung zu vermeiden (siehe Abschnitt 3.4). Der frühestmögliche Zeitpunkt für die Verkehrsfreigabe ist hier durch Erhärtungsprüfungen genau zu bestimmen.

3.4

Besondere Regelungen für Decken aus Beton mit Fließmittel

Kommentar

Inhaltsübersicht

- (1) Beton mit Fließmittel (FM)
- (2) Allgemeine Regelungen
- (3) Begriffsbestimmung
 - (3.1) Konsistenzbereiche
 - (3.2) Mehrlagiger Einbau

(1) Beton mit Fließmittel (FM)

Fahrbahndecken aus Beton können aus **Beton ohne Fließmittel** oder aus **Beton mit Fließmittel** hergestellt werden. Fachgerecht hergestellter Beton mit Fließmittel (FM) hat im Gebrauchszustand die gleichen Eigenschaften wie Beton ohne FM, nämlich eine hohe Dauerfestigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Beanspruchungen aus Witterung und Verkehr. Daher kann für Verkehrsflächen aller Art auch Beton mit FM verwendet werden.

Vorteilhaft ist, dass durch die Zugabe eines Fließmittels der Beton mit wesentlich geringerem Verdichtungsaufwand verarbeitet werden kann. Dadurch können einfachere Einbaumethoden und leichtere Verdichtungsgeräte verwendet werden; gleichzeitig wird die Qualität des Betons weniger von der Verarbeitung abhängig. Fließmittel können auch dazu dienen, Wasser einzusparen, ohne dass sich die Ausgangskonsistenz ändert. Das Fließmittel wirkt dann wie ein Betonverflüssiger.

Beton mit FM kann sowohl im konstruktiven Ingenieurbau bei schmalen, enggliedrigen und hoch bewehrten Teilen als auch auf Verkehrsflächen mit kleinflächigen Fahrbahnplatten eingesetzt werden.

Im Neubau von Fahrbahndecken aus Beton wird Beton mit FM kaum eingesetzt, da hier der Einbau des Betons heute fast ausnahmslos mit modernen Gleitschalungsfertigern erfolgt, die über eine starke Verdichtungsenergie verfügen und somit für eine gleich bleibend hohe Qualität der Betondecke sorgen. Ein Beton mit FM lässt sich in Gleitschalungsbauweise nicht einbauen, da dies zu starken Absackungen an den beiden Rändern einer Betondecke führen würde. Auch wird in vielen Fällen bereits in Tag- und Nachtschicht betoniert, sodass keine Betonierlücken zwischen zwei Tagesleistungen mehr entstehen, die sonst in Form eines Einzelfeldes in Beton mit FM zwischen einer erforderlichen Seitenschalung geschlossen werden können. Beton mit FM ist folglich ein bedeutender Baustoff für die Erhaltung von Verkehrsflächen in Betonbauweise und wird hier hauptsächlich als Transportbeton beim Ersatz von Platten oder Plattenteilen eingesetzt. Gerade hier ist es für den Einbau vorteilhaft, dass der sehr „weiche“ Beton Unebenheiten in der Unterlage ausfüllt, sehr leicht in Ecken, Zwickeln und an Rändern eingebracht und mit nur geringer Rüttelenergie verdichtet werden kann.

Kommentar

(2) Allgemeine Regelungen

Für den Bau von Fahrbahndecken aus Beton mit FM gelten stets die Regelungen des Abschnitts 3 „Fahrbahndecken aus Beton“. Im Unterabschnitt 3.4 sind die notwendigen Ergänzungen und/oder Änderungen festgelegt, die bei der Herstellung und Verarbeitung von Beton mit FM zu beachten sind.

(3) Begriffsbestimmung

Betondecken aus Beton mit Fließmittel sind in den ZTV Beton-StB im Abschnitt 1.2 „Begriffsbestimmungen“ wie folgt definiert:

– Betondecken aus Beton mit Fließmittel:

Beton mit Fließmittel (FM) ist ein leicht verarbeitbarer Beton. Je nach Art der Zusammensetzung werden unterschieden:

- frühhochfester Straßenbeton mit FM (Konsistenz F2 oder C2) und
- weicher Straßenbeton mit FM (Konsistenz F3 oder C3).

Ausgangsbeton ist der auf die Baustelle angelieferte und fertig gemischte Beton, dem das Fließmittel noch nicht zugegeben worden ist.

Beton mit Fließmittel darf ein- oder zweilagig eingebaut werden.

(3.1) Konsistenzbereiche

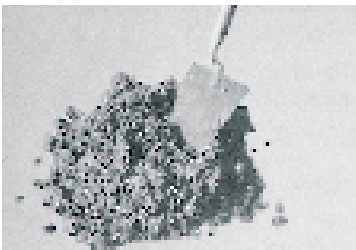
Durch die Zugabe eines Fließmittels lässt sich die Konsistenz des Betons verändern. Nach **DIN 1045-2** und **DIN EN 206-1** sind für Beton mit FM folgende sieben Konsistenzbereiche festgelegt: sehr steif, steif, plastisch, weich, sehr weich, fließfähig und sehr fließfähig. Die Konsistenzbereiche werden durch die Ausbreitmaßklassen F1–F6 und die Verdichtungsmaßklassen C0–C3 bestimmt (siehe Konsistenztabelle).

Konsistenzbereiche des Frischbetons nach DIN 1045-2 / DIN EN 206-1				
Konsistenzbereich	Ausbreitklassen		Verdichtungsklassen	
	Klasse	Ausbreitmaß (mm)	Klasse	Verdichtungsmaß
sehr steif	–	–	C0	≥ 1,46
steif	F1	≤ 340	C1	1,45–1,26
plastisch	F2	350–410	C2	1,25–1,11
weich	F3	420–480	C3	1,11–1,04
sehr weich	F4	490–550		
fließfähig	F5	560–620		
sehr fließfähig	F6	≥ 630		
selbstverdichtender Beton (SVB)	–	> 700		

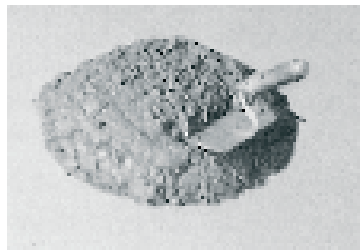
Kommentar

Beton mit Fließmittel ist Beton der Konsistenzbereiche F2 (früher KP nach DIN 1045) oder F3 (früher KR nach DIN 1045), dessen Konsistenz durch Zumischen eines Fließmittels eingestellt wird.

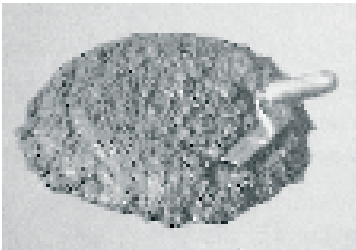
Beton, dem das Fließmittel noch nicht zugegeben wurde, wird als Ausgangsbeton bezeichnet. Er wird zunächst, schon unter Berücksichtigung der späteren Fließmittelzugabe, anhand der durchgeführten Erstprüfung zusammengesetzt, gemischt und in Mischfahrzeugen zur Einbaustelle transportiert. Erst kurz vor dem Einbau wird dem Beton das Fließmittel dort in der vorbestimmten Menge zugemischt, damit er die erwünschte Konsistenz erreicht. Da Beton mit FM schnell die Fähigkeit verliert, leicht verarbeitet werden zu können, darf das Fließmittel erst auf der Baustelle zugemischt werden. Durch das Zumischen des Fließmittels wird der Ausgangsbeton zum Beton mit Fließmittel. Beton mit FM ist als Beton definiert, dessen Ausbreitmaß nach Zugabe des Fließmittels zwischen 350 mm und 480 mm liegt.



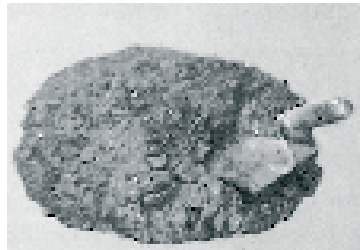
F1 – steifer Beton



F2 – plastischer Beton



F3 – weicher Beton



F4 – sehr weicher Beton

Betone verschiedener Konsistenzbereiche

Der für die Instandsetzung von Fahrbahndecken aus Beton häufig eingesetzte Beton mit FM ist der frühhochfeste Straßenbeton mit FM der Klasse F2/C2, dessen Ausbreitmaß zwischen 350 mm und 410 mm liegt und ein Verdichtungsmaß von 1,25–1,11 aufweist. Für den frühhochfesten Straßenbeton wird in der Regel ein Zement der Festigkeitsklasse 42,5 R (Kennbuchstabe R = rapid) nach DIN 1164 verwendet.

(3.2) Mehrlagiger Einbau

Beton mit FM wird aufgrund seiner „weicheren“ Konsistenz in der Regel einlagig eingebaut. Es kann allerdings auch eine zweilagige Bauweise gewählt werden.

3.4.1**Anwendung**

314

- Kommentar** Wird Beton mit FM zweilagig eingebaut, sollte der Einbau beider Lagen wegen der begrenzten Wirkung des Fließmittels innerhalb von 30 Minuten abgeschlossen sein. Lässt sich eine längere Verarbeitungszeit nicht ausschließen, muss dies bei der Betonzusammensetzung berücksichtigt werden. Beide Lagen weisen dann bestimmungsgemäß die gleiche Zusammensetzung auf.
- Ein zweilagiger Einbau kann zweckmäßig sein, um eine bessere Ebenflächigkeit zu erzielen, da sich die dünnere obere Lage leichter und damit ebener abziehen lässt.
- Ein zweischichtiger Einbau, wie er für die Herstellung einer Waschbetonoberfläche notwendig ist, muss besonders vereinbart werden.

3.4.1**Anwendung**

Bei Decken aus Beton mit Fließmittel (FM) werden zwei Anwendungsbereiche unterschieden:

- *Verkehrsflächen, die bereits im jungen Alter hohen Beanspruchungen ausgesetzt werden können.*
- *Verkehrsflächen, bei denen der Einsatz von Deckenfertigern nicht möglich oder nicht zweckmäßig ist.*

- Kommentar** Inhaltsübersicht

- (1) Anwendung von Beton mit Fließmittel (FM)
- (2) Anwendungsbereiche für Verkehrsflächen, die bereits im jungen Alter hohen Beanspruchungen ausgesetzt werden können
- (3) Anwendungsbereiche für Verkehrsflächen, bei denen der Einsatz von Deckenfertigern nicht möglich oder nicht zweckmäßig ist

(1) Anwendung von Beton mit Fließmittel (FM)

Grundsätzlich kann Beton mit Fließmittel (FM) in allen Anwendungsbereichen des Abschnitts 3 eingesetzt werden. Um eine profilgerechte Seiten- und Höhenlage der Decke zu erzielen, ist der Beton mit FM allerdings in stehender Schalung einzubauen. Die Schalung muss aus Stahl oder Beton (z. B. bestehende Stand- oder Fahrstreifen beim Ersatz von Platten oder Platten teilen) bestehen. Eine Schalung aus Holz ist nur für Decken der Bauklassen IV bis VI zugelassen. Die Gleitschalungsfertigung kann nicht zur Anwendung kommen, da durch die Konsistenz des Betons mit FM nicht sichergestellt ist, dass der frische verdichtete Beton nach dem Weggleiten der Schalung stehen bleibt.

Wegen seiner besonderen Eigenschaften – leichtere Verarbeitbarkeit und gegebenenfalls auch schnellere Festigkeitsentwicklung – liegen seine Vorteile in kurzen Sperrzeiten gerade bei kleinflächigen Einbaustellen, wie sie

Kommentar hauptsächlich in der Erhaltung von Verkehrsflächen aus Beton anfallen.³³ Einer Anwendung in großem Ausmaß stehen sowohl die höheren Kosten des Fließmittels als auch des Transports des Ausgangsbetons zur Einbaustelle in eigenen Mischfahrzeugen entgegen.

(2) Anwendungsbereiche für Verkehrsflächen, die bereits im jungen Alter hohen Beanspruchungen ausgesetzt werden können

Erhaltungsarbeiten auf Verkehrsflächen stellen bei der heute vorherrschenden Verkehrsdichte und Verkehrsbelastung stets eine Behinderung für die Nutzer der Verkehrswege dar.

Können bei Instandhaltungs- bzw. Instandsetzungsmaßnahmen an schadhafte Verkehrsflächen aus Beton aus Gründen der Verkehrsdichte, Verkehrssicherheit oder eingegrenzter Verkehrsführung nur kurzzeitige Sperrungen der Verkehrsflächen zugelassen werden, so ist ein frühhochfester Straßenbeton mit FM der Konsistenzklasse F2 und der Verdichtungsklasse C2 besonders geeignet. Da die Festigkeitsentwicklung des Betons nicht nur von seiner Zusammensetzung, sondern auch von den Einbaubedingungen, insbesondere den Witterungsverhältnissen, abhängt, muss vor der Verkehrsfreigabe bei diesem Beton auch eine Erhärtungsprüfung durchgeführt werden.

Kurze Sperrfristen von einem Tag bei warmem Wetter und maximal zwei bis drei Tagen bei kühler Witterung sind bei Anwendung von frühhochfestem Straßenbeton mit FM auf Verkehrsflächen in Betonbauweise erreichbar, sodass die Einschränkungen für den Verkehr erheblich reduziert werden, die notwendige Erhärtungsprüfung vorausgesetzt.

Beim Ersatz von Einzelfeldern (Platten oder Plattenteile) auf Autobahnen oder auf Flugbetriebsflächen sowie für Bushalteflächen auf Stadtstraßen wird frühhochfester Beton mit FM seit Jahren mit Erfolg eingesetzt.

(3) Anwendungsbereiche für Verkehrsflächen, bei denen der Einsatz von Deckenfertigern nicht möglich oder nicht zweckmäßig ist

Für Verkehrsflächen, bei denen der Einsatz von Deckenfertigern nicht möglich oder nicht zweckmäßig ist, ist ein weicher Beton mit FM der Konsistenzklasse F3 und der Verdichtungsklasse C3 einsetzbar, sofern für die Erhärtung ausreichend Zeit zur Verfügung steht. Der weiche Beton mit FM lässt sich leicht verteilen und verdichten. Für den Ausgangsbeton kann ein Zement der Festigkeitsklasse 32,5 R nach DIN 1164 verwendet werden.

Beim Ersatz einzelner Platten oder Plattenteile bzw. bei Betonflächen mit ungünstigen Abmessungen ist der Einsatz eines Deckenfertigers aus einbautechnischen Gründen nicht zweckmäßig und teilweise nicht möglich. Beim Ersatz von Platten ist an den Plattenrändern und im Anfangs- und Endbereich der Platte(n) der Beton in der Regel noch von Hand nachzu-

³³ Antwerpen, P.; Hersel, O.: Verkehrsflächen aus Beton mit Fließmittel; Beton 39 (1989), Heft 8, S. 573–579.

3.4.2**Baugrundsätze**

316

- Kommentar** arbeiten bzw. anzugleichen, sodass hier eine maschinelle Fertigung ungeeignet ist. Durch die Verwendung von Beton mit FM können auf Baustellen mit kleineren und auseinanderliegenden Einbauflächen die Kosten für die Baustelleneinrichtung gesenkt werden, da häufig der Einsatz leichterer Einbaugeräte schon ausreicht.
- Während für den Einbau und die Verdichtung von in der Regel steifem Normalbeton schwere Verdichtungsgeräte vorgehalten werden müssen, kann Beton mit FM vor allem dort angewendet werden, wo nur einfachere Einbau- und Verdichtungsgeräte eingesetzt werden können.
- Beim Ersatz aufeinanderfolgender Platten ist allerdings der streifenweise Ersatz zu bevorzugen, bei dem durchgängig maschinell betoniert werden kann, wenn beispielsweise auch einzelne „gesunde“ Platten mit ersetzt werden.

3.4.2**Baugrundsätze**

Ist unter der Decke eine ungebundene Unterlage oder ein Vliesstoff vorhanden, ist darauf zu achten, dass dem Frischbeton kein Wasser in schädlichem Maße entzogen wird.

Gegebenenfalls kann der Einbau von Unterlagsfolien zweckmäßig sein.

- Kommentar** Inhaltsübersicht
- (1) Baugrundsätze
 - (2) Anforderungen an die Unterlage
 - (3) Befestigen von Unterlagsfolien

(1) Baugrundsätze

Bei Verwendung von Beton mit FM gelten für die konstruktive Ausbildung der Decke, die Herstellung und den Einbau des Betons zunächst die gleichen Grundsätze und Anforderungen wie für Decken aus Beton ohne FM, es sei denn, in Abschnitt 3.4 sind davon abweichende Regelungen festgelegt.

Werden bei Decken der Bauklassen SV, I bis III Dübel und Anker oder in Sonderfällen auch Stahleinlagen vorgesehen, müssen diese zur Sicherung ihrer planmäßigen Lage auf Stützkörbe verlegt werden.

(2) Anforderungen an die Unterlage

Die in Abschnitt 3.1.1 beschriebenen Anforderungen an die Unterlage müssen eingehalten werden.

Beton mit FM weist im Allgemeinen eine etwas weichere Konsistenz als der übliche Straßenbeton auf. Bei ungebundenen Tragschichten können daher

Kommentar Überschusswasser und Feinmörtel (Zement, Sand und Zusatzstoffe) aus dem Frischbeton abfließen und in die Hohlräume der Tragschicht eindringen. Auch bei trockenen, gebundenen Tragschichten kann dem Frischbeton Wasser entzogen und seine gleichmäßige Festigkeitsentwicklung gestört werden. Im Zweifelsfall sollte deshalb die Unterlage mit einer Unterlagsfolie abgedeckt und diese Leistung als besondere Leistung vereinbart werden.

Bei einer trockenen, mit Vliesstoff versehenen, gebundenen Tragschicht ist anstelle einer Folienabdeckung die Unterlage samt Vliesstoff anzufeuchten, damit dem Frischbeton kein Wasser entzogen wird.

(3) Befestigen von Unterlagsfolien

Werden im Ausnahmefall Unterlagsfolien vereinbart, sind sie so zu verlegen, dass sie nicht durch Wind abheben können. Die Folien sind deshalb sorgfältig glatt zu ziehen. Es ist besonders darauf zu achten, dass keine geknickt angelieferten Folien eingebaut werden, da sonst die scharfen Faltensich in die Unterseite des Betons einprägen und Längsrisse über der Falte verursachen können. Zum Festlegen eignen sich Bretter, die entsprechend dem Arbeitsfortschritt entfernt werden. Beton, soweit er nicht vor dem Einbringen des Deckenbetons wieder entfernt wird, darf zum Festlegen nicht verwendet werden. Dieser Beton würde austrocknen, unverdichtet erstarren und eine Fehlstelle in der fertigen Decke bilden, die wegen auftretender Kerbspannungen später zu Rissen führt. Bevor der Frischbeton verteilt wird, sind Verschmutzungen auf den Folien abzukehren und entstandene Falten zu beseitigen. Ein Befahren der Unterlagsfolien ist nicht zulässig.

3.4.3 Ausführung

3.4.3.1 Herstellen der Betondecke

3.4.3.1.1 Konsistenz des Betons und Einmischen des Fließmittels

Die zu wählende Konsistenz des Betons ist abhängig von den Einbaugeräten, der Frischbetontemperatur beim Einbau und der Neigung der Fahrbahnflächen.

Wenn die Dauer der verflüssigenden Wirkung des Fließmittels zeitlich begrenzt ist, ist das Fließmittel dem Ausgangsbeton erst unmittelbar vor Übergabe des Betons auf der Einbaustelle bzw. vor seiner Verarbeitung zuzumischen. In diesem Fall hat die Einmischzeit in der Fahrtrichtungsrichtung mindestens 1 Minute je m^3 Beton, jedoch nicht weniger als 5 Minuten zu betragen.

Durch das Zumischen des Fließmittels muss sich das Ausbreitmaß von weichem Straßenbeton mit FM gegenüber dem des Ausgangsbetons um mindestens 100 mm vergrößern.

Kommentar Inhaltsübersicht

- (1) Konsistenz bei bestimmten Baustellenverhältnissen
- (2) Zeitpunkt der Zugabe des Fließmittels in den Ausgangsbeton
- (3) Ausbreitmaß von weichem Straßenbeton mit FM

(1) Konsistenz bei bestimmten Baustellenverhältnissen

Die zu wählende Konsistenz ist auf die Verhältnisse der Baustelle und auf die Einbaugeräte abzustimmen, mit denen der Beton mit FM eingebaut werden soll. Leichte Einbaugeräte und Geräte mit geringer Verdichtungsleistung erfordern einen Beton mit höherem Ausbreit- und geringerem Verdichtungsmaß. Auch die Einbautemperatur (Lufttemperatur, Betontemperatur in Abhängigkeit von Gesteinskörnung und Zement) beeinflusst die für den Einbau zu wählende Konsistenz.

Die Konsistenz ist weiterhin vom Wasserzementwert abhängig. Für die Beurteilung des w/z-Wertes ist die Fließmittelmenge dem Zugabewasser im Verhältnis 1:1 zuzurechnen. Damit werden die Auswirkungen des Fließmittels auf die Betonfestigkeit durch den tatsächlich geringeren Wassergehalt in etwa ausgeglichen. Eine Zugabemenge von 8 cm^3 je kg Zement entspricht bei einem Zementgehalt des Betons von 340 kg je m^3 verdichteten Frischbetons einer Wassermenge von 2,8 l.

Bei Schrägneigungen über 3 % – also schon bei Quergefälle von 2,5 % in einer Geraden und einem Längsgefälle von mehr als 1,7 % – sind besondere Maßnahmen zu ergreifen. Solche Maßnahmen können eine Verringerung der Fließmittelmenge oder die Wahl eines Betons mit grobkörniger Zusammensetzung der Gesteinskörnungen oder eines Betons mit einem höheren Anteil an gebrochener Gesteinskörnung („sperriger“ Beton) sein, wobei jedoch die Forderung der Vergrößerung des Ausbreitmaßes bei weichem Straßenbeton mit FM (siehe unter (3)) eingehalten werden muss.

Die Verwendung eines solchen Betons auf Flächen mit größeren Querneigungen erscheint zweckmäßig, jedoch kann eine ebenso gute Möglichkeit der gemäß Abschnitt 3.4.3.1.2 zulässige zweilagige Einbau sein.

(2) Zeitpunkt der Zugabe des Fließmittels in den Ausgangsbeton

Das Fließmittel darf erst an der Einbaustelle und unmittelbar vor der Verarbeitung des Frischbetons zugegeben werden, weil Beton mit FM seine Fließeigenschaft schnell verliert. Die verflüssigende Wirkung der verschiedenen Fließmittel ist allerdings sehr unterschiedlich und sie nimmt auch unterschiedlich schnell ab.

Die Zugabemenge des Fließmittels muss bei der Erstprüfung festgelegt werden, die auf die Erfordernisse und Gegebenheiten des Betons und der Baustelle abgestimmt sein muss. Die Zugabemenge hängt von der Zementmenge und Zementart, der Zusammensetzung der Gesteinskörnung, insbesondere dem Mehlkorngelalt, der Konsistenz des Ausgangsbetons und dem Fließmittel selbst ab. Für die genaue Zugabe des Fließmittels ist ein geeignetes Messgerät erforderlich.

Kommentar Die Zugabemenge ist weiterhin entsprechend den Bedingungen der Baustelle festzulegen und richtet sich auch nach der angestrebten Konsistenz, die von der einzuhaltenden Neigung der Verkehrsflächen (siehe Abschnitt 3.4.3.1.2) bestimmt sein kann. Sie richtet sich außerdem nach den auf der Baustelle herrschenden Temperaturverhältnissen und schließlich nach den vorgesehenen Einbaugeräten.

(3) Ausbreitmaß von weichem Straßenbeton mit FM

Die Forderung nach einem Mindestwert für die Vergrößerung des Ausbreitmaßes um 100 mm gegenüber dem Ausbreitmaß des Ausgangsbetons findet ihre Begründung in der Zugabemenge des Fließmittels, die für eine gleichmäßige Durchmischung des Betons erforderlich ist. Sie ist weiterhin durch die Anforderungen an die fertige Decke sowie deren Oberflächen-schluss und Widerstandsfähigkeit bedingt.

3.4.3.1.2

Einbringen des Betons

Beton mit Fließmittel muss innerhalb von 30 Minuten verarbeitet sein. Die Lademenge der Mischfahrzeuge ist hierauf abzustimmen.

Bei Fahrbahnoberflächen mit Schrägneigungen über 3 % sind beim Einbringen des Betons, je nach Erfordernis, besondere Maßnahmen zu ergreifen.

Solche Maßnahmen können z. B. sein:

- Zweilagiger Einbau oder
- Abziehen der Oberfläche nach einer bestimmten Wartezeit.

Kommentar Die Lademenge der Mischfahrzeuge für den Betontransport ist auf die Art des Einbringens des Betons, die Einbaugeräte und Betonzusammensetzung einschließlich des Fließmittels und auf eine Verarbeitungszeit von höchstens 30 Minuten abzustimmen. Der Beton ist dann so zügig einzubringen, dass er verarbeitet und verdichtet ist, bevor sich die verflüssigende Wirkung verliert. Die Dauer der verflüssigenden Wirkung ist im Allgemeinen bei niedrigen Temperaturen größer als bei höheren.

Die Verdichtungsgeräte müssen eine solche Leistung aufweisen, dass der Beton am Ende der Verarbeitungszeit, auch wenn er schon anzusteifen beginnt, noch ausreichend verdichtet werden kann. Eine gute Organisation der Baustelle einschließlich der Betonherstellung und des Betontransports ist im Hinblick auf die begrenzte, für die Verarbeitung zur Verfügung stehende Zeit eine wichtige Voraussetzung für die geforderte Qualität der Decke.

Eine über 30 Minuten hinausgehende Verarbeitungszeit ist nur in begründeten Ausnahmefällen zulässig. Die Eigenschaften des Betons mit FM müssen dann die längere Verarbeitungszeit auch gestatten. Wenn schwerere Verdichtungsgeräte eingesetzt werden, kann in begrenztem Umfang eine solche längere Verarbeitungszeit möglich sein.

3.4.3.1.3**Verdichten des Betons**

320

- Kommentar** Ist die Oberfläche der Decke mit Schrägneigungen über 3 % herzustellen, sind neben den unter Abschnitt 3.4.3.1.1 beschriebenen Möglichkeiten zur Beeinflussung der Konsistenz gegebenenfalls auch bautechnische Maßnahmen zu ergreifen, um eine Fahrbahnoberfläche mit den gestellten Anforderungen zu erhalten.
- So ist es möglich, zunächst nur eine (untere) Lage des Betons einzubringen und zu warten, bis eine gewisse Ansteifung erfolgt ist, bevor die zweite Lage eingebracht wird. Die obere Lage, die durch Verbund und Reibung an der unteren Lage gehalten wird, lässt sich auf diese Weise profilgerecht verdichten und in der vorgesehenen Schräglage der Oberfläche herstellen.
- Einmaliges Abziehen der Decke nach einer Wartezeit erfordert ausreichende Erfahrung, um die augenblickliche Konsistenz des Betons mit FM beurteilen zu können. Wenn der Deckenschluss nicht mit dem ersten Abziehen erreicht werden kann, wird ein zweites Abziehen erforderlich. Soweit der Beton gutes Zusammenhaltevermögen aufweist, ist dabei keine Beeinträchtigung der Festigkeit der Oberfläche zu erwarten.
- Bei Flächen mit größeren Schrägneigungen (über 3 %) kann ein zweites Abziehen notwendig werden, wenn die geforderte Neigung beim ersten Abziehen nicht erzielt werden konnte. Mit dem zweiten Abziehen muss allerdings gewartet werden, bis der Beton so weit angesteift ist, dass er in der geforderten Neigung verbleibt.

3.4.3.1.3**Verdichten des Betons**

Beton mit Fließmittel benötigt eine auf die Konsistenz abgestimmte Verdichtung.

Bei mehreren zusammenhängenden Feldern mit Einbaubreiten über 3 m sind maschinell geführte und angetriebene Verdichtungsgeräte zu verwenden. Bei zusammenhängenden Feldern mit Einbaubreiten bis zu 3 m und bei Einzelfeldern dürfen auch handgeführte Rüttelbohlen eingesetzt werden.

Die Verdichtungsgeräte müssen so beschaffen sein und so geführt werden, dass die Anforderungen an die Ebenheit der Decke sicher eingehalten werden.

- Kommentar** Beton mit FM muss auf jeden Fall verdichtet werden. Bei Beton mit größerem Ausbreitmaß sind leichtere Verdichtungsgeräte ausreichend als bei Beton mit geringerem Ausbreitmaß.
- Für Fahrstreifenbreiten über 3 m sind in der Regel bei mehreren zusammenhängenden Platten, also von 15 m Länge und mehr, maschinell geführte und angetriebene Verdichtungsgeräte zu verwenden. Hierdurch sollen eine gleichmäßige Verdichtung und eine möglichst gute Höhenlage und Ebenheit der Decke erreicht werden. Beim streifenweisen Ersatz von einzelnen Fahrstreifen ist grundsätzlich der maschinelle Einbau vorzusehen.

Kommentar Bei Einbaubreiten bis zu 3 m dürfen auch bei längeren Betonierabschnitten, genauso wie bei Einzelfeldern, handgeführte Rüttelbohlen eingesetzt werden. Die Rüttelbohlen müssen so steif sein, dass sie sich nicht durchbiegen, und ein so großes Gewicht haben, dass sie nicht auf den Beton aufreiten und sich die durch Schalung oder benachbarte Deckenstreifen vorgegebene Höhenlage ohne Stufen erreichen lässt. Durch pendelnde Glättbewegung in Längsrichtung ist dabei die geforderte Ebenheit der Oberfläche herzustellen.

3.4.3.1.4 Fertigstellen der Oberfläche

Die abschließende Oberflächenbearbeitung ist erst dann durchzuführen, wenn die verflüssigende Wirkung des Fließmittels so weit nachgelassen hat, dass die aufgebrachte Oberflächenstruktur des Betons erhalten bleibt.

Kommentar Eine dauerhafte Oberflächenstrukturierung lässt sich im noch fließfähigen Beton nicht herstellen. Die vorgesehenen Maßnahmen, Besenstrich oder Jutetuchlängsstrich, können somit erst nach einer gewissen Wartezeit, wenn die verflüssigende Wirkung des Fließmittels abgeklungen ist, durchgeführt werden, damit die angestrebte Oberflächenstruktur sichtbar erhalten bleibt. Der richtige Zeitpunkt sollte durch Versuche am Rande der Einbaufäche ermittelt werden.

Besonderes Augenmerk ist dabei auf einen guten Deckenschluss und die unbedingt notwendige Nachbehandlung zu legen.

3.4.3.2 Herstellen der Fugen

Bei Decken aus frühhochfestem Straßenbeton mit FM erfordert die schnellere Erhärtung des Betons ein früheres Einschnneiden der Fugenkerben als bei normalem Straßenbeton.

Kommentar Müssen Fugen in Decken aus frühhochfestem Beton mit FM geschnitten werden, ist dessen frühzeitige und schnellere Erhärtung zu berücksichtigen. Die Fugen müssen gegenüber Fugen in Decken aus Beton ohne FM wesentlich früher geschnitten werden. Der Zeitpunkt des Schneidens ist dabei nicht nur von der Erhärtung des Betons, sondern auch von den Witterungsverhältnissen abhängig.

3.4.4**Anforderungen an die Frühfestigkeit**

Bei Verwendung von frühhochfestem Beton muss neben der Einhaltung der 28-Tage-Druckfestigkeit und Biegezugfestigkeit auch eine ausreichende Frühfestigkeit nachgewiesen werden. Falls keine genauere Festlegung erfolgt, muss in der Erstprüfung nach 2 Tagen eine Druckfestigkeit von mindestens 30 N/mm^2 (Mittel aus 3 Probekörpern) nachgewiesen werden. Dabei darf kein Einzelwert 26 N/mm^2 unterschreiten. Diese Festigkeit ist an 150-mm-Würfeln (Lagerung unter Wasser bei 20°C) nachzuweisen.

Kommentar

Frühhochfester Beton wird eingesetzt, wenn die zu erneuernde Betondecke möglichst schnell wieder für den Verkehr freigegeben werden soll. Der Beton muss deshalb bereits im Alter von zwei Tagen eine Druckfestigkeit von mindestens 30 N/mm^2 als Mittel aus drei Probekörpern besitzen, wobei kein Einzelwert eine Druckfestigkeit von 26 N/mm^2 unterschreiten darf.

Es ist zu beachten, dass sich die Festigkeitsanforderungen zu den ZTV Beton-StB 01 verändert haben und sich auf eine nachgewiesene Festigkeit an einem 150-mm-Würfel mit Lagerung unter Wasser bei 20°C beziehen. Mit der Änderung der Größe des Prüfwürfels ist den Baustellenbedingungen entsprochen worden, die in der Regel aus Prüfungen an 150-mm-Würfel bestehen.

3.4.5**Verkehrsfreigabe**

Bei frühhochfestem Straßenbeton mit FM ist vor Verkehrsfreigabe eine Prüfung der Druckfestigkeit an gesondert hergestellten, auf der Baustelle gelagerten, Probekörpern durchzuführen.

Siehe auch Abschnitt 3.3.5

Kommentar

Der Zeitraum zwischen der Herstellung und der Freigabe der Betondecke für den Verkehr (Sperrfrist) hängt vom Erhärtungsgrad des Betons ab. Da die Erhärtung des Betons nicht nur von der Zementart und -menge und vom Wasserzementwert, sondern vor allem auch von der richtigen Zugabe des Fließmittels und schließlich von den Witterungsverhältnissen beeinflusst wird, kann eine feste Sperrfrist nur schwer vorgegeben werden.

Wann und ob frühhochfester Beton mit FM für den Verkehr freigegeben werden kann, ist durch eine Erhärtungsprüfung festzustellen. Durch die Erhärtungsprüfung soll sichergestellt werden, dass der Beton zum Zeitpunkt der Verkehrsfreigabe eine ausreichend hohe Festigkeit aufweist. Dabei wird die Druckfestigkeit an Würfeln bestimmt, die neben der Einbaustelle gelagert werden. Bei dieser Prüfung müssen mindestens die Anforderungen nach Abschnitt 3.3.5 erreicht werden. Für frühhochfesten Beton bedeutet dies, die Erfüllung der Anforderungen auch nach Abschnitt 3.4.5 vorausgesetzt, dass die Verkehrsfreigabe spätestens nach zwei Tagen erfolgen kann. Die Prüfungen können auch darüber Aufschluss geben, ob die Einbauflächen sogar schon nach einem Tag für den Verkehr freigegeben werden können.

3.5 Art und Umfang der Prüfungen

3.5.1 Eigenüberwachungsprüfungen

Art und Umfang der durchzuführenden Eigenüberwachungsprüfungen sind im Anhang F angegeben.

Bei der Prüfung mit der kombinierten Meßmethode – SRT-Pendel/Ausflussmessung – können die in Abschnitt 3.5.2 angegebenen Werte als Anhalt herangezogen werden.

Kommentar

Die vorstehenden Regelungen der ZTV Beton-StB ergänzen die allgemeinen Regelungen des Abschnittes 1.3.2.2 der ZTV Beton-StB um Art und Umfang der Eigenüberwachungsprüfungen. Zur besseren Übersicht sind diese Angaben im Anhang F in der Spalte 2 zusammengestellt.

Im Anhang F der ZTV Beton-StB ist festgelegt, dass der Auftragnehmer im Rahmen der Eigenüberwachung auch die Griffigkeit festzustellen hat. Diese Prüfung, die mit der kombinierten Prüfmethode – SRT-Pendel/Ausflussmessung – vorgenommen werden kann, setzt voraus, dass der Beton ausreichend erhärtet und ein geeignetes Prüffeld vorhanden ist. Die Wahl des Zeitpunktes der Messung nach diesem Verfahren ist im Rahmen der Eigenüberwachung dem Auftragnehmer überlassen. Wenn die Eigenüberwachung ihren Sinn erfüllen soll, ist es jedoch erforderlich, die nach Anhang F, Ziffer 3, Buchstabe g) geforderten Feststellungen bereits frühzeitig nach Herstellung der Decke durchzuführen.

3.5.2 Kontrollprüfungen

Art und Umfang der in der Regel durchzuführenden Kontrollprüfungen sind im Anhang F angegeben.

Bei der Kontrollprüfung der Griffigkeit kann auf eine Messung mit SKM verzichtet werden, wenn bei der Prüfung der Griffigkeit mit der kombinierten Messmethode – SRT-Pendel/Ausflussmessung – folgende Richtwerte eingehalten werden:

- SRT-Wert ≥ 60
- Ausflusszeit (sec) ≤ 30 .

Ist der SRT-Wert kleiner oder die Ausflusszeit größer als der jeweilige Richtwert, ist eine Messung mit SKM notwendig.

Das Messverfahren SRT ist nicht für die Festlegung von Anforderungen an die Griffigkeit bis zum Zeitpunkt der Verjähung von Mängelansprüchen geeignet.

Für Kontrollprüfungen können, soweit möglich und zweckmäßig, auch die gemeinsamen Feststellungen für die Abrechnung (siehe Abschnitt 4) herangezogen werden.

Kommentar Art und Umfang der Kontrollprüfungen sind im Anhang F, Spalte 3 zusammengestellt.

Der Auftraggeber muss im Rahmen der Kontrollprüfung die Griffigkeit der Fahrbahnoberfläche feststellen. Für die Prüfung ist das Messverfahren SKM anzuwenden (siehe Abschnitt 1.3.2.6.5). Auf die Messung mit SKM kann allerdings verzichtet werden, wenn bei der Prüfung mit der kombinierten Messmethode SRT-Pendel/Ausflussmessung ausreichend gute Ergebnisse erzielt wurden. Dabei sind als Richtwerte mindestens einzuhalten:

- SRT-Wert ≥ 60
- Ausflusszeit ≤ 30 s.

Werden auf Teilflächen, z. B. bei einzelnen Tagesleistungen, die Richtwerte mit der o. g. Methode nicht erreicht, muss in diesen Abschnitten die Kontrollmessung mit der SKM nachgeholt werden.

Da mit dem Messverfahren SRT die vorhandene Griffigkeit nur über eine punktuelle Messung der vorhandenen Oberflächenstruktur abgeschätzt werden kann, ist dieses Verfahren für die Festlegung von Anforderungen an die Griffigkeit bis zum Zeitpunkt der Verjährung für Mängelansprüche nicht geeignet.

**Betoneinbau
von Unter- und
Oberbeton**



