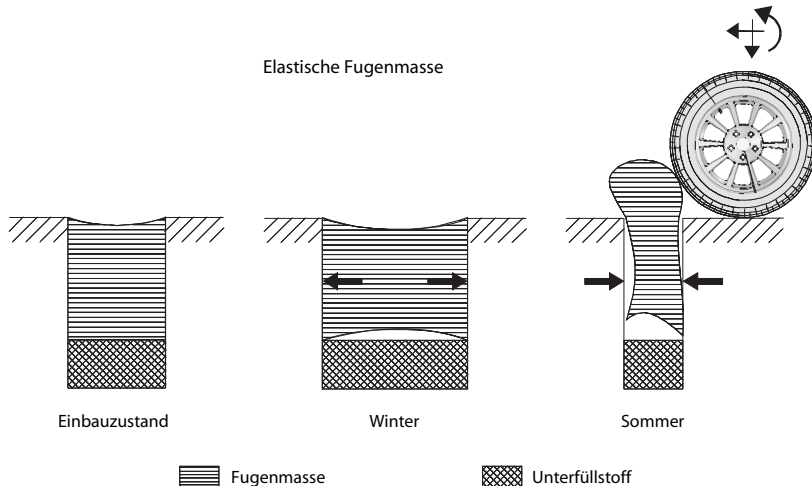


## Kommentar

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  $-20^{\circ}\text{C}$  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 Fließigenschaften 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 Quertugen 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

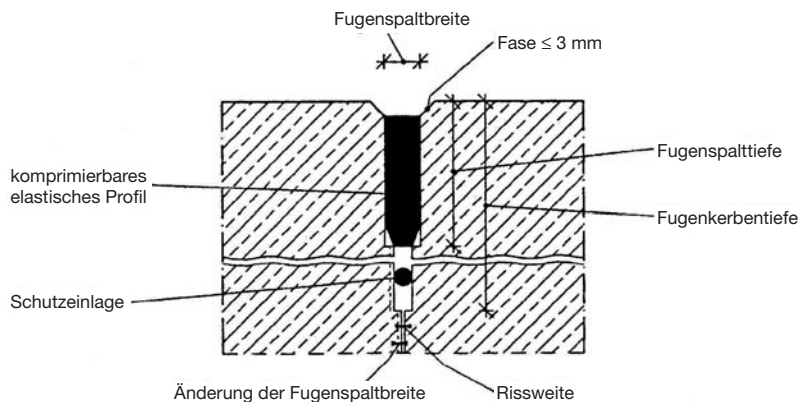
Die Anwendung von elastomeren Fugenprofilen im Straßenbau ist ursprünglich auf Entwicklungen im konstruktiven Ingenieurbau zurückzuführen. Hier wurden komprimierbare elastomere Rundprofile (ohne Hohlkammern) von Hand eingebaut, um Fugen abzudichten. Die Profildurchmesser waren in Abhängigkeit von der 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, Fugenarbeiten 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.<sup>29</sup>



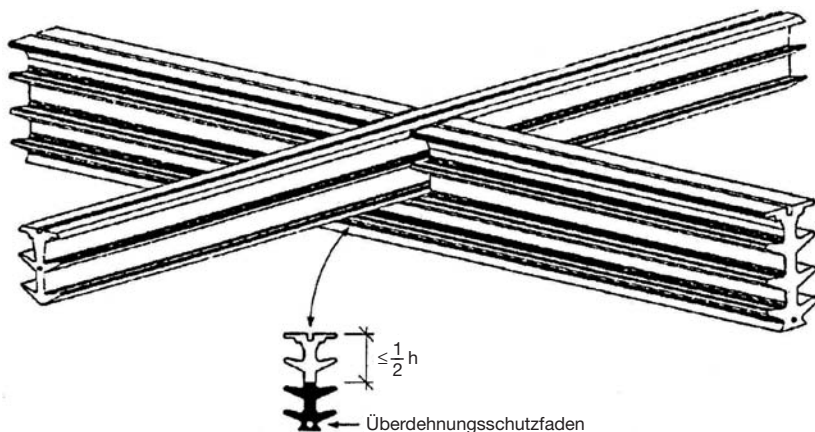
**Eingebautes Fugenprofil in einer Querscheinfuge (Bild 7 ZTV Fug-StB 01)**

<sup>29</sup> 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 95<sup>30</sup>, 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 Fugenspalt 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

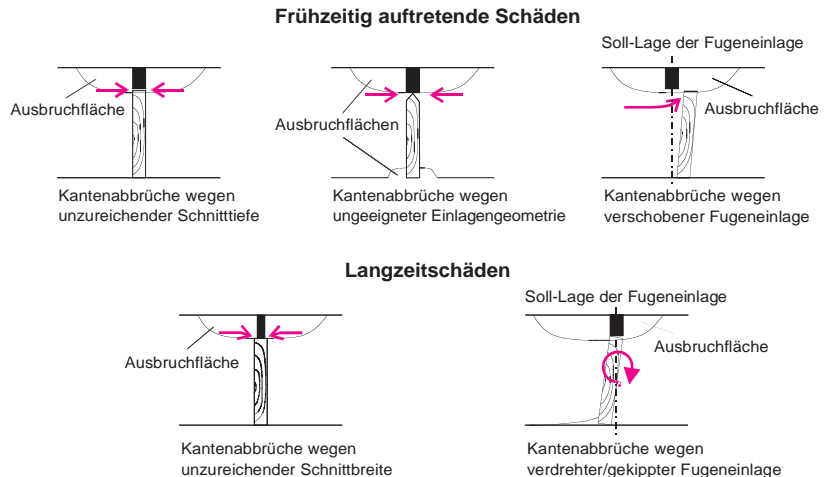
Ein weiterer wesentlicher Faktor zur Verhinderung der Profildehnung war die Anordnung eines Fadens im Profil als Überdehnungsschutz. Bisher erfolgte sehr häufig der Einsatz von elastomeren Fugenprofilen mit offenen Profilen in Verkehrsflächen bei einer Ausführung der Breite der Querfugen von 8 mm in 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 Tiefenbau 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 Einschneiden 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 Schutzzeile 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-

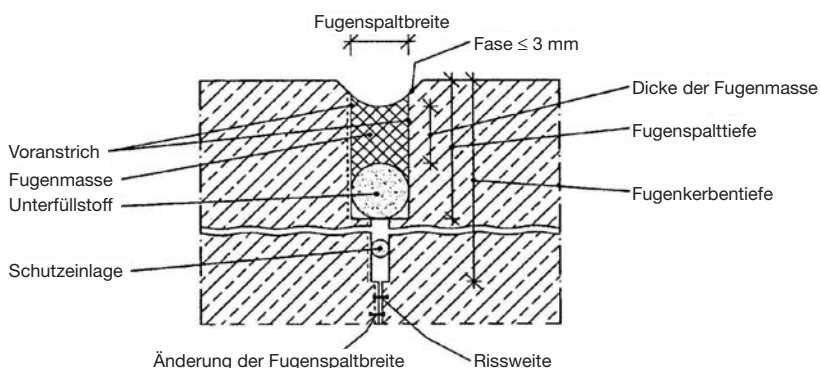


## Kommentar

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 Staubeentwicklung 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.<sup>31</sup>

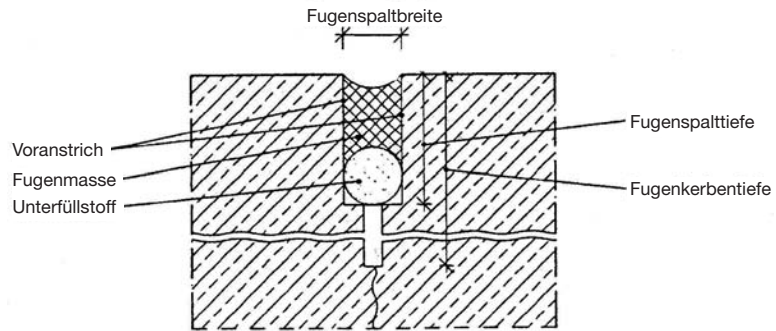


**Querscheinfuge** (Bild 1 ZTV Fug-StB 01)

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.

<sup>31</sup> 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.

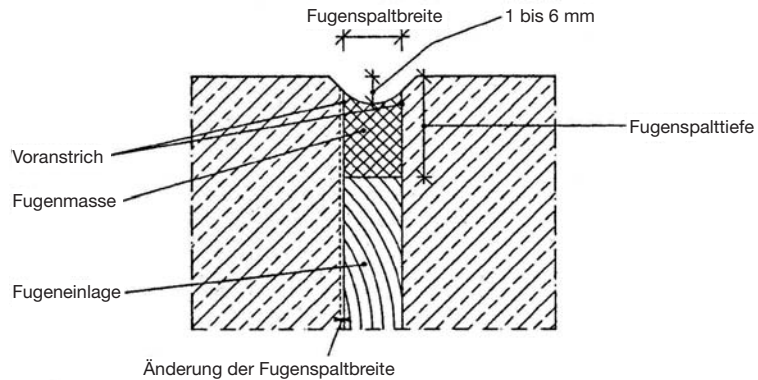
Bei noch vereinzelt anzutreffenden alten Betondecken sind Raumfugen in regelmäßigen Abständen neben den Scheinfugen vorgesehen worden, während die heutige Betondecke fast nur noch ohne Raumfugen hergestellt wird. Raumfugen werden nur noch bei festen Einbauten und in Sonderfällen in der Decke vorgesehen.

**(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 Fugenspalbreite von 5 mm ausgegangen wird, ist in der Regel eine Schnittbreite für den Fugenspal 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 Fugenspal, der in 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 3.3.4.4.3 der DIN 18316.

DIN 18316

### Verkehrswegebauarbeiten – Oberbauschichten mit hydraulischen Bindemitteln

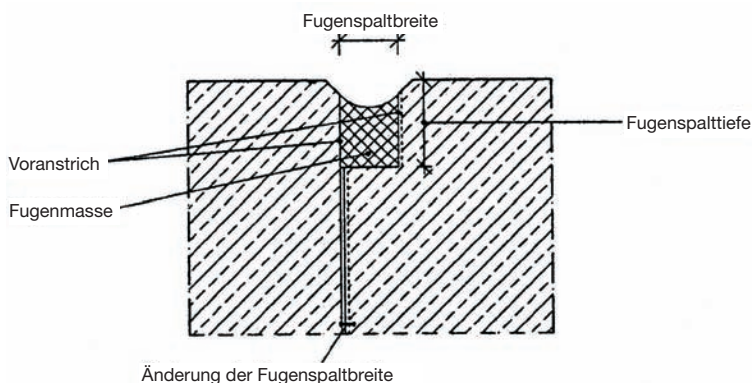
#### 3.3.4 Betondecken

##### 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.

**Aufbringen  
von Nach-  
behandlungs-  
mittel**

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.



## 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 Strohmatte 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 Strohmatte 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 $\vartheta$ in °C <sup>e</sup>	2	3	4	5
		Mindestdauer der Nachbehandlung in Tagen <sup>a</sup>			
		Festigkeitsentwicklung des Betons <sup>c</sup> $r = f_{cm2}/f_{cm28}^d$			
		schnell $r \geq 0,50$	mittel $r \geq 0,30$	langsam $r \geq 0,15$	sehr langsam $r \geq 0,15$
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

<sup>a</sup> Bei mehr als 5 h Verarbeitbarkeitszeit ist die Nachbehandlungsdauer angemessen zu verlängern.  
<sup>b</sup> Bei Temperaturen unter 5 °C ist die Nachbehandlungsdauer um die Zeit zu verlängern, während der die Temperatur unter 5 °C lag.  
<sup>c</sup> 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.  
<sup>d</sup> Zwischenwerte dürfen eingeschaltet werden.  
<sup>e</sup> 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 Minstdauer der Nachbehandlung umgesetzt. Ein genauer Nachweis ist möglich.

(3) Bei Umweltbedingungen, die den Expositionsclassen 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 Expositionsclassen 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 Minstdauer der Nachbehandlung der Tabelle 2 zu verdoppeln.

(5) Für die Expositionsclassen 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: Minstdauer der Nachbehandlung von Beton bei den Expositionsclassen XC2, XC3, XC4 und XF1 nach DIN 1045-2 in Abhängigkeit der Frischbetontemperatur**

	1	2	3	4
Nr.	Frischbetontemperatur $\vartheta_{fb}$ zum Zeitpunkt des Betoneinbaus	Minstdauer der Nachbehandlung in Tagen <sup>a</sup>		
		Festigkeitsentwicklung des Betons <sup>b</sup> $r = f_{cm2}/f_{cm28}^c$		
		schnell	mittel	langsam
		$r \geq 0,50$	$r \geq 0,30$	$r \geq 0,15$
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 Jutetüchern 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