

Betonverband Straße, Landschaft, Garten e.V. (SLG)

---

# Planung und Ausführung dauerhafter Betonpflasterbauweisen

**Fassung April 2009**

von Dipl.-Ing. Dietmar Ulonska, Bonn



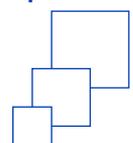
Herausgeber:

**Betonverband Straße, Landschaft, Garten e.V. (SLG)**

Schloßallee 10 · D-53179 Bonn

E-Mail: [slg@betoninfo.de](mailto:slg@betoninfo.de) · Internet: [www.betonstein.de](http://www.betonstein.de)

**April 2009**



---

## **Planung und Ausführung dauerhafter Betonpflasterbauweisen**

Dipl.-Ing. Dietmar Ulonska

Betonverband Straße, Landschaft, Garten e.V. (SLG), Bonn

### **Vorbemerkungen**

Der vorliegende Aufsatz basiert auf die bisher beim Bundesverband Betonbauteile Deutschland e.V. und dem Betonverband Straße, Landschaft, Garten e.V. erschienenen Fachveröffentlichungen und Broschüren zum Thema Betonpflasterbauweise und berücksichtigt einige zwischenzeitlich gefasste Neuregelungen in den einschlägigen Technischen Regeln sowie z. T. Ergebnisse jüngerer wissenschaftlicher Untersuchungen.

Die nachfolgenden Ausführungen sollen dem Planer und Ausführenden als Hilfsmittel für die Herstellung dauerhaft funktionsfähiger Flächenbefestigungen mit Betonpflastersteinen und zur Vermeidung von Schäden dienen. Der vorliegende Aufsatz behandelt ausschließlich die ungebundene Betonpflasterbauweise, welche die Regelbauweise gemäß den einschlägigen Technischen Regeln ist. Zur Vertiefung der Thematik wird das technische Handbuch „Dauerhafte Verkehrsflächen mit Betonpflastersteinen“ [1] empfohlen.

Die in diesem Aufsatz veröffentlichten Angaben, Daten, Ergebnisse etc. wurden nach bestem Wissen erstellt und mit größter Sorgfalt überprüft. Inhaltliche Fehler sind dennoch nicht vollständig auszuschließen. Eine Haftung für etwaige inhaltliche Unrichtigkeiten kann daher nicht übernommen werden.

Bonn, April 2009

#### **Der Verfasser**

Geboren 1958 in Peine. Studium des Bauingenieurwesens an der Fachhochschule Hildesheim, Vertiefungsrichtung Konstruktiver Ingenieurbau. 1984 bis 1988 Tätigkeit in der Baustoffprüfung, u. a. Projektleitung von Forschungsvorhaben für die rheinische Bims- und Leichtbetonindustrie. Danach Tätigkeit in der Baustoffindustrie mit Schwerpunkt Produktentwicklung im Bereich Betonerzeugnisse für den Straßen- und Gartenbau. Von Juni 1994 bis März 2005 Referent für den Fachbereich Straßen- und Gartenbauerzeugnisse im Bundesverband Deutsche Beton- und Fertigteilindustrie e.V.. Seit 1999 Geschäftsführer des Betonverbandes Straße, Landschaft Garten e.V. (SLG). Seit 2003 Vorstandsmitglied im Verein Qualitätssicherung Pflasterbauarbeiten e.V., seit Oktober 2005 dessen stellvertretender Vorsitzender. Seit November 2007 Geschäftsführendes Vorstandsmitglied für den Fachbereich Technik im Bundesverband Betonbauteile Deutschland (BDB). Mitarbeiter in nationalen und internationalen Gremien, u. a. in der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen.

Anschrift:

Dipl.-Ing. Dietmar Ulonska

Betonverband Straße, Landschaft, Garten e.V. (SLG) • Schloßallee 10 • 53179 Bonn • du.slg@betoninfo.de

---

## Inhalt

<b>Vorbemerkungen</b> .....	<b>2</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>4</b>
<b>2 Einsatzbereiche und Einsatzgrenzen</b> .....	<b>4</b>
<b>3 Planung und Ausführung</b> .....	<b>5</b>
3.1 Allgemeine Hinweise .....	5
3.2 Oberflächenentwässerung.....	6
3.3 Bemessung des Oberbaues .....	6
3.4 Technische Vorschriften für die Pflasterbauweise .....	6
3.5 Ausführung des Untergrundes/Unterbaues .....	8
3.6 Planung und Ausführung des Oberbaues.....	8
3.6.1 Tragschichten .....	8
3.6.2 Randeinfassung.....	9
3.6.3 Pflasterdecke .....	10
3.6.3.1 Allgemeine Hinweise .....	10
3.6.3.2 Pflasterstein und Verband richtig auswählen.....	11
3.6.3.3 Vor Beginn der Verlegearbeiten.....	12
3.6.3.4 Bettung .....	12
3.6.3.5 Verlegung/Randanschlüsse.....	15
3.6.3.6 Fugen/Verfugung .....	17
3.6.3.7 Abrütteln .....	19
3.6.3.8 Fugenschluss.....	19
<b>4 Erhaltung und Pflege</b> .....	<b>20</b>
<b>5 Zitierte Technische Regeln und Fachliteratur</b> .....	<b>21</b>
5.1 Zitierte Technische Regeln (alphabetisch).....	21
5.2 Fachliteratur.....	22

---

## 1 Einleitung

Das Pflaster ist eine der ältesten Befestigungsarten für Straßen überhaupt. Zwei Beispiele: Um 2500 v. Chr. soll zur Errichtung der Cheopspyramide, genauer gesagt zum Transport der Steine, eine ca. 18 Meter breite Straße aus behauenen Steinen gebaut worden sein [2]. Von den Minoern wurde auf Kreta um 2000 v. Chr. die älteste noch heute erhaltene Straße aus Basaltplatten, flankiert von Kalksteinplatten gebaut, die vom Palast von Knossos 50 km durch die Berge zu den Häfen an der Südküste führte [3].

Pflastersteine aus Beton wurden erstmals Ende des 19. Jahrhunderts eingesetzt. Sie sind seither aus dem neuzeitlichen Verkehrswegebau nicht mehr wegzudenken und haben seit Jahrzehnten die weitaus größte Marktbedeutung aller bekannten Produkte zur Herstellung von Pflasterdecken. Das hauptsächliche Einsatzgebiet von Pflasterbauweisen aus Naturstein, Klinker und Betonprodukten sind Flächen in Außenbereichen in Kommunen, der Industrie und des privaten Wohnumfeldes. Sie haben dort einen Anteil einschließlich der Plattenbeläge von rd. 70 Prozent [3]. Davon wiederum werden rd. 90 Prozent unter Verwendung von Betonprodukten ausgeführt [4].

Verkehrswegebefestigungen in Pflasterbauweise sind dem Fachgebiet des Straßenbaues zuzuordnen. Der Straßenbau beinhaltet die Bemessung, die Herstellung und die Erhaltung des Verkehrswegenetzes für Kraftfahrzeuge, Radfahrer und Fußgänger. Die Bedürfnisse der Nutzer von Verkehrswegebefestigungen sind Sicherheit und Nutzungskomfort. Daran orientiert sich schließlich die Aufgabe der am Straßenbau beteiligten, nämlich entsprechende Verkehrswegebefestigungen zu schaffen und zu erhalten. Diese müssen demnach über den vorgesehenen Nutzungszeitraum die Eigenschaften Standfestigkeit, Tragfähigkeit, Frostsicherheit, Ebenheit und Griffigkeit aufweisen - und zwar unabhängig von ihrer Nutzung und der Befestigungsart. Um dies zu erreichen und somit der gestellten Aufgabe gerecht zu werden, ist die Beachtung und Einhaltung der maßgebenden Regelwerke unerlässlich. Wird dies auch nur zum Teil vernachlässigt, so zeigen Erfahrungen, sind Schäden an den Bauweisen kaum zu vermeiden. Diese werden stets an der Oberfläche sichtbar, so dass im Falle von Pflasterbefestigungen häufig kurzerhand der Pflasterstein verantwortlich gemacht wird, was jedoch in den meisten Fällen zu Unrecht geschieht. Nach Expertenschätzungen sind rund 90 % aller Schäden an Betonpflasterbauweisen nicht auf die Qualität der Pflastersteine zurückzuführen. Auf einen Aufsatz des Verfassers, der Schäden an Betonpflasterbauweisen sowie deren Ursachen und Vermeidung umfänglich beschreibt, wird verwiesen [5].

## 2 Einsatzbereiche und Einsatzgrenzen

Pflastersteine aus Beton eignen sich für eine Vielzahl von Verkehrsflächen und Verkehrsbelastungen. Die Hauptanwendungsbereiche sind:

- Wohn-, Anlieger- und Verkehrsstraßen,
- Standspuren, Abbiegespuren, Busverkehrsflächen,
- Parkplätze, Rastplätze, Tankstellenbereiche,
- befahrbare Gleisflächen von Schienenbahnen,
- Industrieflächen, Bahnsteige, Panzerstraßen,
- land- und forstwirtschaftliche Wege,

- Fußgängerzonen, Geh- und Radwege,
- private Einfahrten, Hofflächen,
- Flächen im privaten Wohnumfeld,
- Abstellplätze und Hafensstraßen,
- Ufer- und Böschungsbefestigungen.

Pflastersteine sollten nicht für Fahrbahnen eingesetzt werden, auf denen höhere Geschwindigkeiten als etwa 60 km/h gefahren werden. Aufgrund der Ebenheitsmerkmale von Pflasterungen und des vergleichsweise hohen Fugenanteils besteht lediglich ein eingeschränkter Fahrkomfort. Pflasterbauweisen dürfen gemäß den RStO auch grundsätzlich nicht für Verkehrsflächen der Bauklassen SV, I und II eingesetzt werden. Dazu gehören z. B. Schnellverkehrsstraßen und Industriesammelstraßen.

Anfragen zu Pflasterbauweisen für eine Beanspruchung gemäß der Bauklasse II kommen immer wieder einmal vor, und z. T. werden die entsprechenden Projekte auch verwirklicht. Man hat es dann mit einer Sonderbauweise zu tun, da ein Oberbau mit Pflasterdecke für eine Bauklasse II nicht standardisiert ist. In solchen Fällen muss noch mehr als bei jeder anderen Pflasterbauweise sichergestellt werden, dass Planung und Ausführung sowie die Auswahl der Baustoffe mit größtmöglicher Sorgfalt erfolgen. Ohne eine Bau begleitende Qualitätsüberwachung durch entsprechende Fachleute sollten derartige Bauvorhaben auf keinen Fall angegangen werden.

## 3 Planung und Ausführung

### 3.1 Allgemeine Hinweise

Die Gestaltung von öffentlichen und privaten Verkehrsflächen erfolgt häufig im Wesentlichen unter architektonischen Gesichtspunkten. Bei der Anwendung von Pflasterbauweisen ist es jedoch ebenso wichtig, die bautechnischen Anforderungen zu beachten und vor allem die in der Einleitung genannten Eigenschaften, die jede Verkehrsflächenbefestigung aufweisen muss, nicht aus den Augen zu verlieren.

Was aus gestalterischen Gründen erwünscht ist, muss mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand so hergestellt werden können, dass die Funktionsfähigkeit der betreffenden Flächenbefestigung über den vorgesehenen Nutzungszeitraum sichergestellt ist, ohne dass der übliche Erhaltungsaufwand wesentlich überschritten werden muss.

Im Bereich öffentlicher Baumaßnahmen werden grundsätzlich die Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB) und somit die dort enthaltenen Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen (ATV) vereinbart. Darüber hinaus werden i. d. R. auch die relevanten Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen (ZTV) vereinbart. Diese Vorschriften sind im Hinblick auf die Vermeidung von Schäden sowie von Streitfällen zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer von großer Bedeutung. Es wird daher empfohlen, sowohl die VOB (u. a. ATV) als auch die ZTV auch bei Baumaßnahmen im privaten Bereich vertraglich zu vereinbaren oder aber zumindest bestimmte Hinweise und/oder Anforderungen aus diesen und ggf. anderen Technischen Regeln in die Leistungsbeschreibung zu übernehmen.

#### **Bau begleitende Qualitätsüberwachung**

Planung und Ausführung von Pflasterbauweisen – erst recht, wenn an diese hohe oder besondere Ansprüche gestellt werden - gehören in die Hände einer Bau begleitenden Qualitätsüberwachung. Dies gilt für Bauvorhaben

öffentlicher und privater Auftraggeber gleichermaßen. Hierbei kann es von Vorteil sein, sich der Sachkenntnis von externen, dafür ausgebildeten Fachleuten oder spezialisierter Institutionen zu bedienen, z. B. dem Verein Qualitätssicherung Pflasterbauarbeiten e.V. ([www.QSPflaster.de](http://www.QSPflaster.de)). Nur eine sorgfältige Prüfung der Ausschreibungsunterlagen sowie eine fundierte, praxisorientierte Hilfestellung für den Ausführenden, z. B. bei der Prüfung und Dokumentation seiner Leistung auf der Baustelle, können zum Abschluss eines für alle Beteiligten zufrieden stellenden Bauwerkes sorgen.

### 3.2 Oberflächenentwässerung

Verkehrsflächen müssen stets mit ausreichender Neigung hergestellt werden, damit ein ungehinderter und möglichst schneller Abfluss des Oberflächenwassers eintreten kann. Dies gilt auch für Pflasterdecken. Im Rahmen des verkehrstechnischen und gestalterischen Entwurfs von öffentlichen Verkehrsflächen sind die RAS-Ew und ggf. weitere Regelwerke zu beachten.

Bedingt durch Steingeometrie und Fugen wird – auch bei herkömmlicher Neigung – ein vollständiger Abfluss des Oberflächenwassers nicht erreicht. Nach DIN 1986-100 wird mit einem Abflussbeiwert von 0,7 gerechnet, d. h. 30 % des Wassers wird zurückgehalten. Das abfließende Oberflächenwasser wird i. d. R. gesammelt und der Kanalisation zugeführt. Das nicht abfließende Wasser versickert größtenteils durch die Befestigung; nur ein kleiner Teil verdunstet. Die Wasserdurchlässigkeit von Betonpflaster ist ein Merkmal, welches in Bezug auf die Auswahl und Herstellung der darunter liegenden Schichten besondere Bedeutung erlangt.

### 3.3 Bemessung des Oberbaues

Die Bemessung von Verkehrsflächenbefestigungen erfolgt prinzipiell auf der Grundlage der RStO. Darin sind die Bauweisen mit Asphaltdecke, Betondecke und Pflasterdecke beschrieben. Die RStO beschreiben technisch geeignete und wirtschaftliche Bauweisen unter Berücksichtigung der zu erwartenden Beanspruchung, der örtlichen Gegebenheiten und des vorgesehenen Nutzungszeitraumes. Die Standardbauweisen umfassen Befestigungen für Fahrbahnen und sonstige Verkehrsflächen, wie z. B. Busverkehrsflächen, Rad- und Gehwege, Parkflächen und Feuerwehrwege. Nicht enthalten sind Bauweisen im Bereich privater Bauvorhaben, wie z. B. Hofflächen, gewerblich genutzte Flächen, Garagenzufahrten, Gartenwege und landwirtschaftliche Wege, die aber in Anlehnung an die RStO bemessen werden können und in der Regel auch sollten. Die in den RStO genannten Kriterien für die Bemessung sind die bemessungsrelevante Beanspruchung B und die zugeordnete Bauklasse sowie die erforderliche Dicke des frostsicheren Oberbaues.

### 3.4 Technische Vorschriften für die Pflasterbauweise

Als Grundlage speziell für die Planung und Ausführung von Befestigungen mit Pflasterdecke sind als wesentliche Technische Regeln in der jeweils gültigen Fassung zu beachten (alphabetisch):

- DIN 18318 Verkehrswegebauarbeiten, Pflasterdecken, Plattenbeläge in ungebundener Ausführung, Einfassungen,

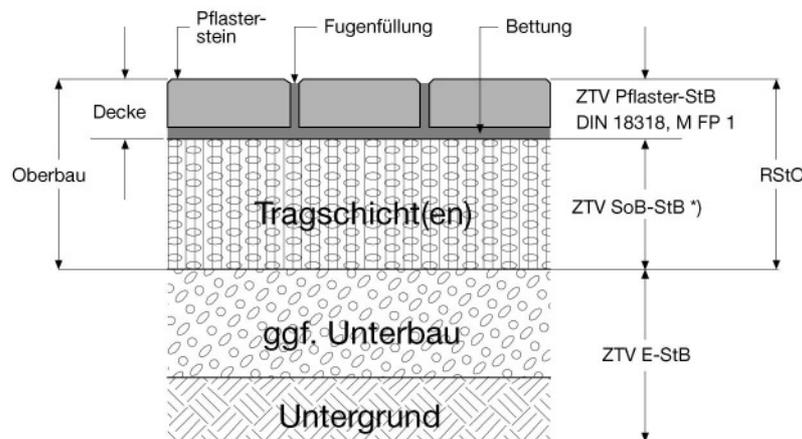
- RStO 01 Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen,
- ZTV E-StB 94 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau,
- ZTV SoB-StB 04 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau,
- ZTV Pflaster-StB 06 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen.

Der aktuelle Stand der Technik in diesem Bereich wird durch eine Reihe von Richtlinien, Merkblättern und Baustoffvorschriften ergänzt. Diese sollten ebenfalls jedem Planer und Ausführenden gut bekannt sein, da sie zahlreiche wichtige Hinweise enthalten und es in vielen Fällen erst ermöglichen, auf das Bauvorhaben zugeschnittene, fachlich einwandfreie Leistungsbeschreibungen aufstellen und geeignete Baustoffe auswählen zu können. Es sind dies (alphabetisch):

- DIN EN 1338 Pflastersteine aus Beton - Anforderungen und Prüfverfahren,
- DIN EN 1340 Bordsteine aus Beton - Anforderungen und Prüfverfahren,
- DIN 483 Bordsteine aus Beton (*nationale Ergänzungsnorm zu DIN EN 1340*),
- Merkblatt für die Herstellung von Trag- und Deckschichten ohne Bindemittel,
- Merkblatt für die Verdichtung des Untergrundes und Unterbaues im Straßenbau,
- MFP-1 Merkblatt für Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen Teil 1 Regelbauweise (Ungebundene Ausführung),
- RuA-StB Richtlinien für die umweltverträgliche Anwendung von industriellen Nebenprodukten und Recycling-Baustoffen im Straßenbau,
- TL Gestein-StB 04 Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau,
- TL SoB-StB 04 Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau,
- TL Pflaster-StB 06 Technische Lieferbedingungen für Bauprodukte zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen.

Abb. 1 zeigt einen typischen Aufbau einer Betonpflasterbefestigung mit Angabe der wesentlichen Technischen Regeln.

Für spezielle Anwendungsgebiete und Sonderbauweisen, wie z. B. Pflasterdecken in gebundener Ausführung, Flächen im landwirtschaftlichen Wegebau, Pflasterdecken mit großformatigen Steinen und Platten, als wasserdurchlässig bezeichnete Beläge oder Flugplatzbefestigungen, sind i. d. R. besondere, dafür ausgelegte Technische Regeln zu beachten und ggf. für den Bauvertrag zugrunde zu legen.



\*) Ggf. Technische Regeln für gebundene Tragschichten.

**Abb. 1: Typischer Aufbau einer Betonpflasterbefestigung**

## 3.5 Ausführung des Untergrundes/Unterbaues

Zum Erreichen der straßenbautechnischen Anforderungen muss der Untergrund/Unterbau die Anforderungen der ZTV E-StB erfüllen. Dort sind u. a. geregelt:

- Beurteilung der Frostempfindlichkeit,
- Verdichtungsgrad und Tragfähigkeit,
- Ebenheit und profilgerechte Lage der Oberfläche,
- Art und Umfang von durchzuführenden Prüfungen.

## 3.6 Planung und Ausführung des Oberbaues

### 3.6.1 Tragschichten

Die Tragschicht stellt das Element dar, welches die aus der Pflasterdecke eingebrachten Lasten verteilt und in darunter befindliche Schichten bzw. in den Untergrund abführen muss. Die Anforderungen der ZTV SoB-StB sind einzuhalten. Dort sind u. a. geregelt:

- Verdichtungsgrad und Tragfähigkeit,
- Ebenheit und profilgerechte Lage der Oberfläche (s. Kasten),
- Art und Umfang von durchzuführenden Prüfungen.

Die erforderliche Dicke von Tragschichten für standardisierte Oberbaukonstruktionen ergibt sich aus den RStO. Tragschichten

unter Pflasterdecken müssen stets wasserdurchlässig ausgebildet werden, da auch die Pflasterdecke – zumindest am Anfang ihrer Nutzungsdauer – teilweise wasserdurchlässig ist. Im anforderungsgerecht eingebauten

#### **Ebenheit der oberen Tragschicht**

Die Oberfläche der oberen Tragschicht sollte derart eben sein, dass darauf eine Bettung in gleichmäßiger Dicke – möglichst 3 bis 5 cm – ausgeführt werden kann. Die Unebenheit der Oberfläche bezogen auf eine 4 m lange Messstrecke sollte abweichend von den ZTV SoB-StB 04, Abschnitt 2.3.4.4, nicht mehr als 1 cm betragen. Dies sollte bereits in der Ausschreibung gefordert werden.

Zustand sollte die Wasserdurchlässigkeit nach bisherigen Erfahrungen ungefähr einem  $k_f$ -Wert von  $10^{-6}$  bis  $10^{-5}$  m/s entsprechen. Tragschichten ohne Bindemittel (ungebundene Tragschichten) eignen sich am besten als Unterlage für Pflasterdecken, da sie bei ausreichender Tragfähigkeit mit der nötigen Durchlässigkeit gestellt werden können. Um eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit zu erreichen, sollte das Baustoffgemisch so gewählt

werden, dass dessen Körnungslinie (Sieblinie) im eingebauten Zustand nahe der unteren Grenzsieblinie des nach ZTV SoB-StB vorgeschriebenen Sieblinienbereichs liegt. Zudem ist zu beachten: Mit zunehmender Verdichtung von ungebundenen Tragschichten werden diese an der Oberfläche infolge Kornzertrümmerung und Abnahme des Porenvolumens dichter. Die Wasserdurchlässigkeit der Tragschicht nimmt daher mit zunehmender Verdichtung ab. Ungebundene Tragschichten sollten daher nur soweit verdichtet werden, wie es die Anforderung an den Verformungsmodul gerade erfordert.

**Tragschichtmaterial 0/32 oder 0/45** sollte bevorzugt verwendet werden. Für diese Materialien ist die Filterstabilität zu den in den ZTV Pflaster-StB beschriebenen Betungsmaterialien relativ einfach sicherzustellen. Bei dem größeren Baustoffgemisch 0/56 ist dies nur noch eingeschränkt möglich. Im Übrigen nimmt die Neigung zum Entmischen während des Einbaues mit zunehmendem Größtkorn des Tragschichtmaterials zu.

Frostschuttschichten sind ebenfalls den Tragschichten ohne Bindemittel hinzuzurechnen und unterliegen somit den Regelungen der ZTV SoB-StB. Die erforderliche Dicke von Frostschuttschichten für standardisierte Oberbaukonstruktionen ergibt sich aus den RStO.

Die Anforderungen an die Baustoffe, die für Tragschichten ohne Bindemittel eingesetzt werden, sind in den TL SoB-StB geregelt. Tragschichten ohne Bindemittel müssen stets untereinander sowie gegenüber der Pflasterbetung und dem Untergrund eine ausreichende Filterstabilität aufweisen (siehe auch Kasten). Die anzuwendenden Filterregeln sind in den entsprechenden Technischen Regeln beschrieben.

Mit gebundenen, wasserdurchlässig konzipierten Tragschichten (Asphalt- und Dränbetontragschichten) liegen vergleichsweise geringe baupraktische Erfahrungen vor. Die Herstellung und insbesondere die Aufrechterhaltung der Durchlässigkeit derartiger Tragschichten gestalten sich in der Praxis häufig als schwierig. Sollen in Ausnahmefällen gebundene Tragschichten (Tragschichten mit Bindemittel) ausgeführt werden, sind die dafür vorgesehenen Regeln zu beachten (s. Kasten).

**Im Ausnahmefall Tragschicht mit Bindemittel**

Für **Dränbetontragschichten** gelten die Regelungen des Merkblattes DBT. Für Pflasterdecken, die mit Kfz befahren werden, sollte hinsichtlich der Druckfestigkeit des Dränbetons eine höhere Anforderung - und zwar die nach dem Merkblatt für wasserdurchlässige Befestigungen von Verkehrsflächen - festgelegt werden.

Für **wasserdurchlässige Asphalttragschichten** gilt bis auf weiteres ebenfalls das Merkblatt für wasserdurchlässige Befestigungen von Verkehrsflächen. Ein gesondertes Merkblatt für wasserdurchlässige Asphaltbefestigungen ist in Vorbereitung.

## 3.6.2 Randeinfassung

Pflasterdecken benötigen eine stabile und dem Verwendungszweck angepasste Randeinfassung. Im öffentlichen Bereich werden hauptsächlich Betonbordsteine eingesetzt. Im privaten Bereich kommen überwiegend so genannte Rand- und Einfassungssteine zur Anwendung. Die Produkte müssen der DIN EN 1340 und der DIN 483 entsprechen. Kleinpalisaden sind als Randeinfassungselemente ebenfalls gut geeignet, insbesondere dort, wo enge Kurven und Verzierungen hergestellt werden müssen und die Ansprüche an die Gestaltung höher sind. Kleinpalisaden und vergleichbare Betonprodukte müssen der DIN EN 13198 entsprechen.

Die Aufgabe der Randeinfassung besteht darin, die Pflasterdecke sozusagen einzuspannen und Verschiebungen der Pflastersteine im Randbereich während der Herstellung und der Nutzung der Pflasterdecke zu verhindern. Einbauhinweise für Bordsteine und im übertragenden Sinne auch für Rand- und Einfassungssteine sind in DIN 18318 beschrieben. Abbildung 2 zeigt ein Beispiel für eine Randeinfassung. Achtung: Die Neufassung der DIN 18318 fordert eine 15 cm breite Rückenstütze (vorher 10 cm), die zudem in Schalung herzustellen ist. Einbauhinweise für Kleinpalisaden können der Broschüre [6] des Betonverbandes SLG entnommen werden.

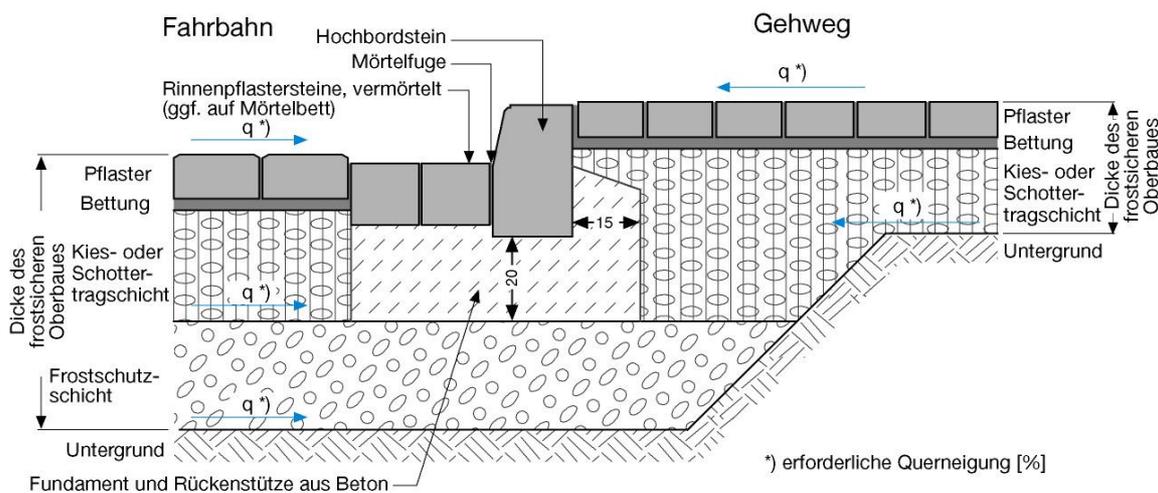


Abb. 2: Beispiel für die Randeinfassung einer Pflasterdecke mit Hochbordsteinen

### 3.6.3 Pflasterdecke

#### 3.6.3.1 Allgemeine Hinweise

Betonpflasterdecken eignen sich für die Befestigung vielfältiger Verkehrsflächen, sowohl im öffentlichen als auch im privaten Bereich. Bettung und Fugenfüllung sollten immer aus ungebundenen Baustoffgemischen hergestellt werden. Dies entspricht der Regelbauweise.

Die gebundene Betonpflasterdecke – d. h. Mörtelbettung und vermörtelte Fugen - kann aus heutiger Sicht nicht vorbehaltlos empfohlen werden. Für diese außerordentlich sensible Bauweise sind eine von hohem Erfahrungsschatz geprägte Planung und Bauausführung, eine sehr sorgfältige Baustoffauswahl sowie in aller Regel eine fachlich qualifizierte, Bau begleitende Beratung notwendig. Auf das Arbeitspapier „Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen in gebundener Ausführung“ der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) wird verwiesen.

Das Verhalten der Pflasterdecke unter Verkehrsbelastung wird neben der Qualität von Unterlage, Bettung und Fugenfüllung auch den Faktoren Form und Größe der Steine sowie vom Verband (Verlegemuster) beeinflusst. Diese Einflussfaktoren müssen bereits bei der Planung berücksichtigt werden. Der Verband sollte mit Verlegeplänen eindeutig vorgegeben werden.

### 3.6.3.2 Pflasterstein und Verband richtig auswählen

Form und Größe der Steine sowie der Verband sind wichtige Einflussfaktoren im Hinblick auf die zu erwartenden Beanspruchungen der Pflasterdecke. Somit ist für alle Flächen, die von Fahrzeugen – insbesondere von Schwerverfahrzeugen – befahren werden, besonderes Augenmerk auf die richtige Wahl von Stein und Verband zu legen.

- Pflasterdecken mit Verbundsteinen (s. Kasten) weisen eine höhere Stabilität (Widerstand gegen Verdrehen und Verkippen der Steine) auf als solche mit unverzahnten Steinen.
- Von den üblichen Verlegemustern kann z. B. der Fischgrätverband als weniger anfällig gegenüber Spurrinnenbildung eingesetzt werden als der Läuferverband [7].
- Diagonal zur Fahrtrichtung verlegte Steine, z. B. Fischgrätverband, tragen Horizontalkräfte besser ab als quer zur Fahrtrichtung verlegte Steine.
- In Fahrtrichtung durchgehende Längsfugen sind zu vermeiden [8], [9].

**Verbundpflastersteine** sind gemäß Definition (ZTV Pflaster-StB) Pflastersteine, deren Formgebung einen besonderen Verbund der Steine untereinander bewirkt und ein Loslösen von Einzelsteinen durch die Einwirkung von Verkehrslasten und –kräften vermeiden soll.

Die Wahl des richtigen Pflastersteins und eines geeigneten Verbandes ist somit, neben optischen und gestalterischen Aspekten, vor allem eine Angelegenheit der zu erwartenden Verkehrsbelastung. Folgende Empfehlungen können gegeben werden:

- Hohe Verkehrsbeanspruchung, hohe Horizontalbeanspruchung (Bauklassen III und ggf. IV, RStO)
  - Stein-Nennstärke mindestens 100 mm,
  - Verbundsteine bevorzugen,
  - Steine möglichst im Ellenbogen-, Diagonal- oder Fischgrätverband verlegen.
- Mittlere bis geringe Verkehrsbeanspruchung (Bauklassen V und VI, RStO)
  - Stein-Nennstärke mindestens 80 mm,
  - nahezu jede Steinform möglich (aber: Steine mit kubischer Form, insbesondere kleinformatige vermeiden),
  - freie Wahl des Verbandes (aber: keine durchgehenden Fugen in Fahrt- bzw. Belastungsrichtung).
- Rad- und Gehwege sowie Flächen, bei denen das Befahren durch Kraftfahrzeuge ausgeschlossen ist:
  - Stein-Nennstärke mindestens 60 mm,
  - jede Steinform möglich (bei Radwegen die Steingrundfläche im Hinblick auf den Fahrkomfort nicht zu klein wählen),
  - freie Wahl des Verbandes (bei Radwegen Verbände mit möglichst geringer Anzahl von Fugen quer zur Fahrtrichtung bevorzugen).
- Bei Überfahrten von Rad- und Gehwegen ist von mittlerer bis geringer Verkehrsbeanspruchung auszugehen.

Die materialtechnischen Anforderungen an Betonpflastersteine regeln die TL Pflaster-StB. Das heißt, die Produkte müssen die Mindestanforderungen der DIN EN 1338 erfüllen und bezüglich der Eigenschaften, bei denen aus der DIN EN eine Klasse ausgewählt werden kann, derjenigen Klasse entsprechen, welche in den TL Pflaster-StB festgelegt ist. Die TL setzt somit die europäische Norm für Pflastersteine aus Beton DIN EN 1338 im nationalen Regelwerk um. Auf eine entsprechende Veröffentlichung [10] des Betonverbandes SLG wird verwiesen.

### 3.6.3.3 Vor Beginn der Verlegearbeiten

Vor Beginn der Verlegearbeiten muss sichergestellt sein, dass die einzelnen Schichten unter der Pflasterdecke (z. B. Tragschicht, Frostschutzschicht, Planum) anforderungsgerecht hergestellt worden sind. Sie müssen entsprechend der zu erwartenden Verkehrsbelastung bemessen und verdichtet sein sowie die erforderlichen Ebenheitsmerkmale aufweisen. Der Nachweis der erforderlichen Verdichtung z. B., kann mit dem Plattendruckversuch nach DIN 18134 relativ schnell und kostengünstig durchgeführt werden.

Der Bedarf an Steinen pro Quadratmeter verlegter Fläche schließt i. d. R. die Fugen ein. Dem entsprechend werden die Erzeugnisse so geliefert, dass die bestellte Fläche unter Einhaltung des Rastermaßes (Steinmaß plus Fuge) verlegt werden kann. Unmittelbar nach Eintreffen der Pflastersteine auf der Baustelle ist – zumindest anhand des Lieferscheins und durch Inaugenscheinnahme – zu prüfen, ob die Lieferung der Bestellung entspricht. Bestehen Zweifel oder Bedenken, darf mit den Verlegearbeiten nicht begonnen werden, bevor eine Klärung erfolgt ist. Auch für den Fall, dass Steine einen offensichtlichen Qualitätsmangel aufweisen, sollte dies vom erfahrenen Vorarbeiter oder Verleger erkannt werden. Mit der Verlegung sollte dann bis zur Klärung der Angelegenheit gewartet werden.

Betonpflastersteine sind Massenprodukte. Trotz moderner Fertigungsverfahren sind Maßtoleranzen nicht vermeidbar. Es ist daher zweckmäßig, die geforderte Verlegebreite, also den Abstand zwischen den Randbegrenzungen, durch Auslegen einzelner Steinzeilen vor Beginn der eigentlichen Verlegearbeiten zu ermitteln. Aber auch wenn die Randbegrenzungen bereits gesetzt sind, kann es zweckmäßig sein, einzelne Steinzeilen auszulegen und vor allem auszurichten, bevor die eigentlichen Verlegearbeiten beginnen. In beiden Fällen können durch diese Vorarbeiten oftmals unnötige und teure Schneidarbeiten an den Rändern vermieden werden.

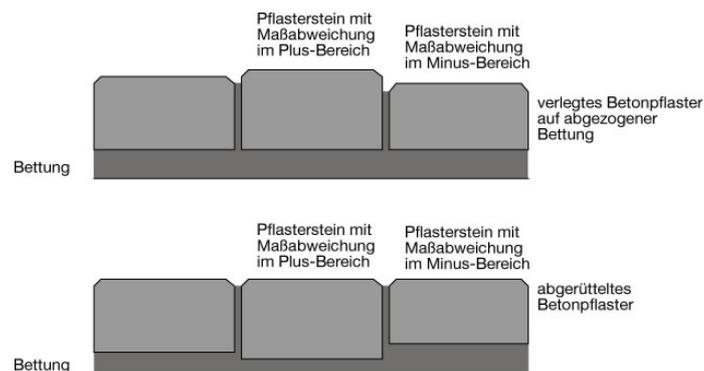
### 3.6.3.4 Bettung

Die Bettung stellt das Auflager für die Pflastersteine dar. Sie hat außerdem die Aufgabe, die Dickentoleranzen der Steine auszugleichen. Für die Regelausführung (ungebundene Pflasterdecke) darf ausschließlich ungebundenes Bettungsmaterial eingesetzt werden. Geeignet sind kornabgestufte Baustoffgemische 0/4, 0/5 oder 0/8 gemäß den TL Pflaster-StB. Nicht geeignet sind bindige und schluffige Sande sowie feinere Gesteinskörnungen oder Baustoffgemische als 0/4.

Feinkornarme Bettungsmaterialien, z. B. die Körnungen 1/3 oder Splitt 2/5, gehören nicht in Verkehrsflächen, bei denen hohe Horizontalbeanspruchungen zu erwarten sind. Sie haben sich dort nicht bewährt und können allenfalls für Flächen eingesetzt werden, die überwiegend dem ruhenden Verkehr dienen oder nur wenig befahren werden. Derartige Bettungsmaterialien sollten generell nur verwendet werden, wenn damit positive Langzeiterfahrungen bei vergleichbarer Beanspruchung vorliegen.

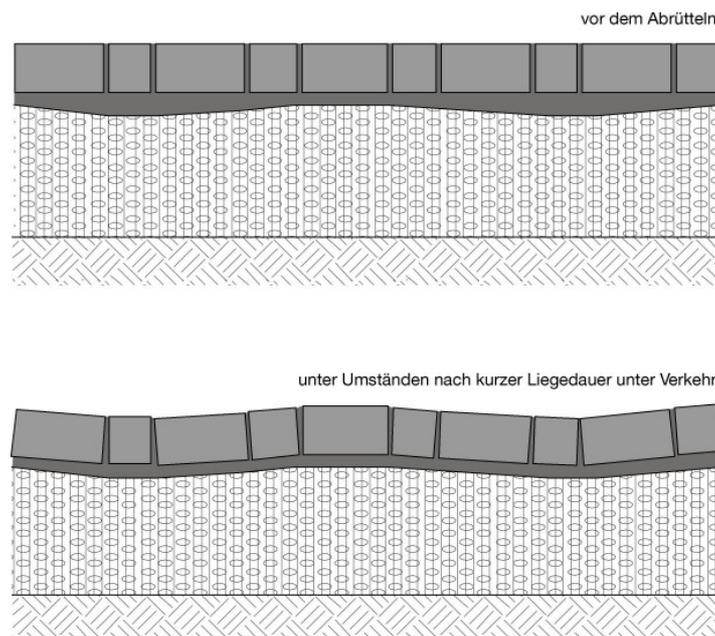
Die Bettung muss im verdichteten Zustand ausreichend wasserdurchlässig sein, und das Bettungsmaterial darf nicht in die Tragschicht eindringen. Die Filterstabilität zur angrenzenden Tragschicht ohne Bindemittel muss gegeben sein. Wie die Filterstabilität nachzuweisen ist, kann den ZTV Pflaster-StB entnommen werden.

Das Bettungsmaterial muss so beschaffen sein, dass ein Einrütteln der Steine, d. h. ein Ausgleich der zulässigen Dickentoleranzen der Steine, problemlos möglich ist (vgl. Abb. 3). Ein gutes Einrütteln der Steine bewirkt zudem eine hohe Verzahnung zwischen Pflaster und Bettung, was wiederum den Widerstand gegen Horizontalbeanspruchung erhöht. Verdichtungsunwilliges Bettungsmaterial kann zu Rüttelschäden an den Pflastersteinen führen.



**Abb. 3: Ausgleich zulässiger Dickentoleranzen der Betonpflastersteine innerhalb der Bettung**

Die Dicke der Bettung sollte im verdichteten Zustand 3 bis 5 cm betragen. Wegen unvermeidbarer Arbeitstoleranzen sind auch 2 cm an der dünnsten Stelle noch zulässig (ZTV Pflaster-StB). Der obere Wert von 5 cm darf aber an keiner Stelle überschritten werden, da sonst die Gefahr von Verformungen der Decke unter Lasteinfluss besteht. Unzulässige Dickenschwankungen der Bettung können bereits beim Abrütteln zu Verformungen führen, die sich später durch die Verkehrsbelastung weiter verstärken (Abb. 4). Das Bettungsmaterial darf auf keinen Fall dafür verwendet werden, unzulässige Unebenheiten der Tragschicht auszugleichen. Es muss zudem gleichmäßig gemischt und gleichmäßig durchfeuchtet eingebaut werden.



**Abb. 4: Verformung durch unzulässige Dickenschwankungen in der Bettung**

Das Bettungsmaterial ist überhöht einzubauen, so dass die Sollhöhe der Pflasterdecke durch das Abrütteln bis zur Standfestigkeit erreicht wird. Die Überhöhung ist abhängig von der Art der Steine und des Bettungsmaterials und beträgt im Allgemeinen 0,5 bis 1 cm. Die Bettung ist stets mit der gleichen Neigung und der gleichen Genauigkeit wie die Pflasterdecke herzustellen (profilgerecht).

Ist Handverlegung der Steine vorgesehen, sollte das Bettungsmaterial nicht vorverdichtet werden. Ist maschinelle Verlegung der Steine vorgesehen, ist ein Vorverdichten des Bettungsmaterials zweckmäßig, insbesondere wenn sandreiche Baustoffgemische verwendet werden. (vgl. auch [11]).

## Bettungsmaterial für Betonpflasterbauweisen mit hoher Beanspruchung

Für Betonpflasterbauweisen gemäß den Bauklassen III und IV (RStO) sollten Bettungsmaterialien verwendet werden, deren Kornzusammensetzung der jeweils höheren Anforderung gemäß den TL Pflaster-StB entspricht. Die Bettungsmaterialien sollten einen Fließkoeffizienten (s. Kasten) aufweisen, der mindestens der Kategorie  $E_{cs35}$  gemäß den TL Pflaster-StB entspricht.

Das Bettungsmaterial muss zudem eine ausreichende Kornfestigkeit ausweisen. Der Schlagzertrümmerungswert des entsprechenden Gesteins (s. Kasten) sollte mindestens der Kategorie  $SZ_{22}(LA_{25})$  entsprechen. Sind bei Verkehrsflächen gemäß den Bauklassen III und IV besondere Beanspruchungen zu erwarten, wie z. B. häufige Brems- und Anfahrvorgänge, häufiges Rangieren, sollte hinsichtlich des Schlagzertrümmerungswertes die Kategorie  $SZ_{18}(LA_{20})$  als Mindestwert gefordert werden. Durch dynamische Beanspruchungen der Pflasterdecke können sich bei Bettungsmaterialien mit zu geringer Kornfestigkeit Feinanteile bilden. Hierdurch nimmt die Wasserdurchlässigkeit der Bettung meist drastisch ab und die Schadensanfälligkeit der Decke in gleichem Maße zu. Kommt eine latent hydraulische Reaktion der Feinanteile mit der Feuchtigkeit im Bettungsmaterial hinzu, was häufig bei der Verwendung von Kalkstein der Fall ist, sind Schäden an der Pflasterdecke meist unausweichlich.

Der **Fließkoeffizient** ist ein Maß für die „Kantigkeit“ einer Gesteinskörnung. Ein definiertes Volumen der Prüfkörnung 0,063 bis 2 mm fließt aus einem Behälter mit festgelegter Öffnung, die Fließzeit wird ermittelt. Je länger diese ist, desto kantiger ist die Gesteinskörnung. Besonders kantig sind gebrochene Gesteinskörnungen (z. B. Brechsande). Sie weisen i. d. R. Fließkoeffizienten von 35 und mehr auf. Ungebrochene Gesteinskörnungen (z. B. Natursande) sind im Vergleich dazu fließfähiger und erreichen i. A. nicht den Wert 30. Aber auch hier gibt es Ausnahmen. Ungebrochene Gesteine, die von der Natur nur wenig beansprucht („geschliffen“) wurden, können eine kantige Beschaffenheit aufweisen und durchaus einen Wert von über 30 erreichen.

Der **Widerstand einer Gesteinskörnung gegen Zertrümmerung** wird mit dem Schlagzertrümmerungsverfahren (Ergebnis: SZ-Wert) oder mit dem Los-Angeles-Verfahren (Ergebnis: LA-Wert) ermittelt. Beide Verfahren sind in DIN EN 1097-2 genormt. Unter definierten Bedingungen wird eine bestimmte Kornklasse derart mechanisch beansprucht, dass Kornabsplitterungen entstehen. Durch anschließende Siebung wird der Grad der Absplitterung (Zertrümmerung) ermittelt. Je geringer der Zahlenwert (Index) beim SZ- oder LA-Wert, desto höher ist die Kornfestigkeit des betreffenden Gesteins.

## Bettungsmaterial für Betonpflasterbauweisen mit mittlerer oder geringer Beanspruchung

Für Betonpflasterbauweisen gemäß den Bauklassen V und VI (RStO) sowie für untergeordnete Bauweisen können neben den im vorherigen Abschnitt beschriebenen Bettungsmaterialien auch solche verwendet werden, die geringere Anforderungen erfüllen, jedoch nicht außerhalb der Regelungen der TL Pflaster-StB. Es sollten auch hier ausschließlich kornabgestufte Materialien verwendet werden. Um auch bei diesen Anwendungsbereichen ein Bettungsmaterial mit ausreichender Kornfestigkeit sicherstellen zu können, sollte der Schlagzertrümmerungswert des entsprechenden Gesteins mindestens  $SZ_{26}(LA_{30})$  betragen.

Wie Bettungsmaterialien in Abhängigkeit vom Anwendungsbereich beschaffen sein sollten, kann einer Veröffentlichung des Betonverbandes SLG [12] entnommen werden.

### 3.6.3.5 Verlegung/Randanschlüsse

Für das Verlegen von Betonpflastersteinen sind die im Abschnitt 3.4 genannten Vorschriften maßgebend und unbedingt zu beachten. Systembedingte Verlegehinweise, die nicht den Technischen Regeln zu entnehmen sind, z. B. Angaben zur Verlegung von Kurvensteinen, Kreisen und Fächern, stellt i. d. R. der Pflastersteinanbieter zur Verfügung. Pflastersteine müssen fluchtgerecht, höhengleich und im vorgeschriebenen Verband verlegt werden. Die Steine werden von der bereits verlegten Fläche aus verlegt. Das vorbereitete Pflasterbett darf weder betreten noch befahren werden.

Bei der Planung von Pflasterflächen sollte nach Möglichkeit die Verlegebreite immer auf das Rastermaß der gewählten Steine abgestimmt werden, um unnötige Schneidearbeiten an den Rändern zu vermeiden. Ist es dennoch erforderlich, Pass-Steine durch Schneiden oder Knacken herzustellen, darf die kürzere Länge des Pass-Steines nicht kleiner als die Hälfte der langen Seite des Ausgangssteines sein. Darüber hinaus dürfen Pass-Steine nicht zu spitzwinklig sein (vgl. auch ZTV Pflaster-StB).

Als Faustregel gilt:

- Kein Pass-Stein ist kleiner als der halbe Normalstein,
- Kein Winkel beim Pass-Stein ist kleiner als 45°.

Pass-Steine ungeeigneter Formen und Abmessungen führen zur Schwächung des Belages, da sie sich häufig bereits nach kurzer Zeit lockern oder sogar brechen. Handwerklich einwandfreie Lösungen erfordern entsprechende Kenntnisse und ein gewisses Maß an Kreativität. Der Planer oder Bauleiter wird im Einzelfall nicht umhin kommen – selbst wenn die Verlegearbeiten bereits in vollem Gange sind – Detaillösungen zu erarbeiten. Auf deren Umsetzung ist bei der Bauausführung besonders zu achten. So ist es in aller Regel für eine handwerklich einwandfreie Ausführung notwendig sein, den Verband in Rand- und Anschlussbereichen, z. B. an Schrägen und Rundungen, zu ändern. Die Abbildungen 5 und 6 zeigen Beispiele.

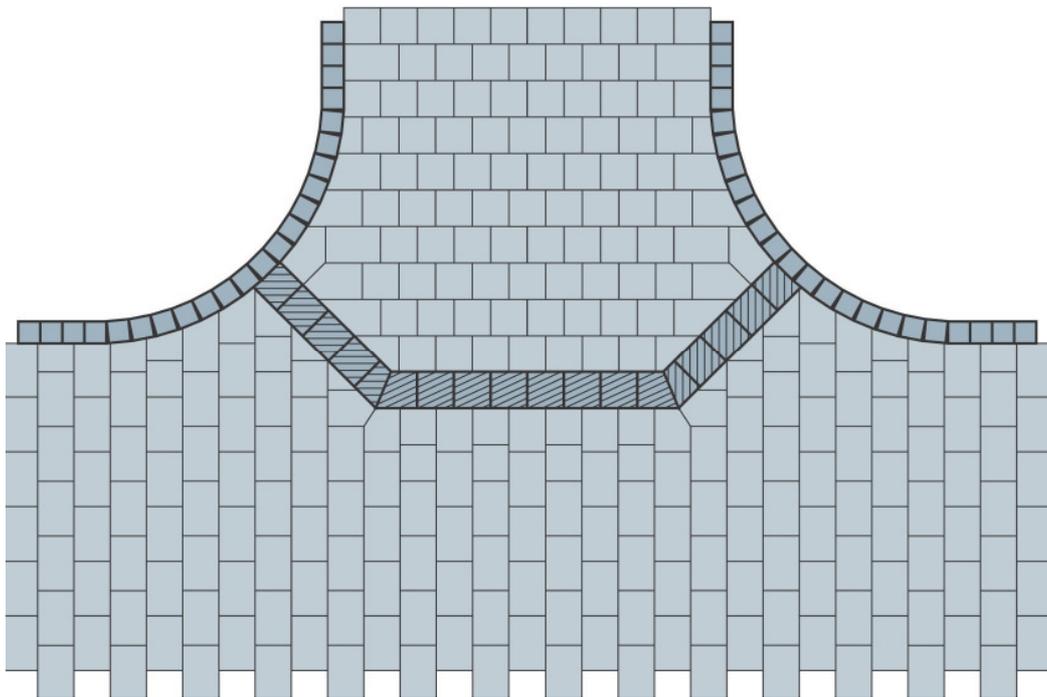


Abb. 5: Handwerklich einwandfreie Ausführung bei einem Wechsel der Verlegerichtung

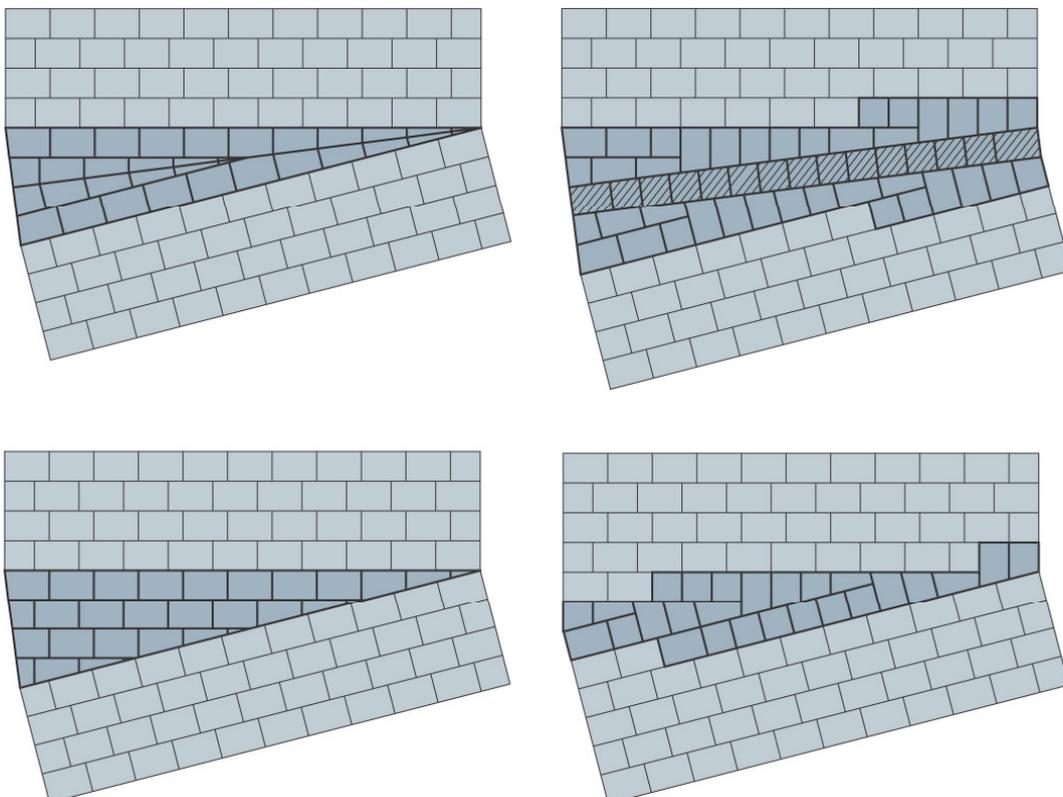


Abb. 6: Wechsel der Verlegerichtung, z. B. in Straßenkurven

(links: handwerklich schlechte Lösungen; rechts: handwerklich einwandfreie Lösungen)

### 3.6.3.6 Fugen/Verfugung

Die Fugenbreite muss gemäß der DIN 18318 3 bis 5 mm betragen, wenn die Stein-Nennstärke unter 120 mm beträgt und 5 bis 8 mm, wenn die Stein-Nennstärke ab 120 mm beträgt. Bei der Sonderbauweise mit großformatigen Pflastersteinen sind ggf. Fugenbreiten von 8 bis 12 mm zweckmäßig [13]. Eine fachlich korrekte Fugenbreite ist aus zwei Gründen notwendig und überaus wichtig: In den Fugen müssen die unvermeidbaren und zulässigen Maßtoleranzen bezüglich der Steinlängen und -breiten ausgeglichen werden und es muss eine vollständige und widerstandsfähige Fugenfüllung erreicht werden können, damit die Abstützung der Steine untereinander sichergestellt wird. Der jeweils untere Wert für die Fugenbreite darf nicht unterschritten werden, damit ein geeignetes Fugenmaterial überhaupt vollständig eingebracht werden kann. Der jeweils obere Wert stellt sicher, dass das Übertragen von Vertikal-, Horizontal- und Scherkräften von Stein zu Stein erfolgen kann. Die Einhaltung des oberen Wertes ist auch deshalb wichtig, damit sich das Fugenmaterial gut verfestigen kann. Loses Fugenmaterial wird z. B. bei maschineller Reinigung der Fläche leicht ausgetragen. Auch kann oberflächlich abfließendes Wasser zum Ausspülen von losem Fugenmaterial führen.

Als oberer Wert für die Fugenbreite ist bei Steinen mit einer Nenn-Dicke von unter 120 mm auch 6 mm noch unkritisch, sofern das Fugenmaterial vollständig in den Fugen vorhanden ist [14]. Als vollständig gefüllte Fuge kann nach [14] eine solche angesehen werden, die zu mindestens 85 Prozent gefüllt ist. Bei derartig ausgeführten Fugen konnte in umfangreichen Untersuchungen kein nennenswerter Einfluss auf den Widerstand gegen horizontale Lasten festgestellt werden. Mit geringer werdendem Füllungsgrad fällt der Widerstand gegen Verschiebungen allerdings drastisch ab. Insbesondere befahrene Pflasterdecken können dann nicht schadensfrei bleiben.

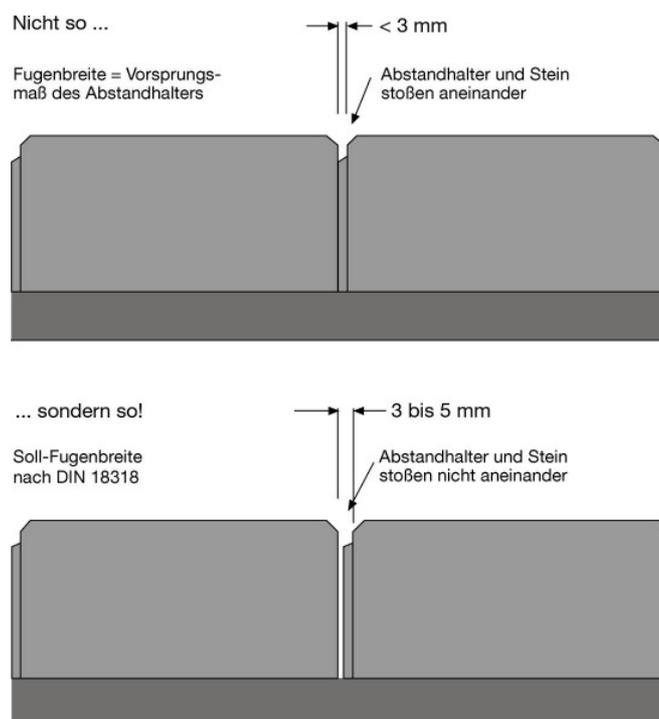


Abb. 7: Fugenausbildung bei Pflastersteinen mit Abstandhaltern

Betonpflastersteine werden heute bereits überwiegend mit Abstandsnocken geliefert. Diese dienen vorwiegend dem Schutz der Produkte, z. B. bei maschinellen Greifvorgängen im Werk und ggf. auf der Baustelle. Sie dienen nicht als Ersatz für die im Regelwerk festgelegte Fugenbreite (vgl. Abbildung 7). Die Press- oder Knirschverlegung ist unzulässig. Der Kontakt Beton auf Beton muss vermieden werden, um die nötige Elastizität der Decke und ihr flexibles Tragverhalten sicherzustellen und um Kantenabplatzungen an den Steinen zu vermeiden.

Als Fugenmaterial sind grundsätzlich Baustoffgemische 0/2, 0/4 und 0/5 geeignet. Für Betonpflasterbauweisen gemäß den Bauklassen III bis VI (RStO) und für Verkehrsflächen mit vergleichbaren Beanspruchungen sollten Baustoffgemische 0/4 oder 0/5 aus gebrochenen Gesteinskörnungen verwendet werden. Die Kornzusammensetzung sollte der jeweils höheren Anforderung gemäß den TL Pflaster-StB entsprechen. Die Fugenmaterialien sollten zudem einen Fließkoeffizienten (s. Kasten auf Seite 14) aufweisen, der mindestens der Kategorie  $E_{cs35}$  gemäß den TL Pflaster-StB entspricht.

Für andere Betonpflasterbauweisen können neben den vorbeschriebenen Fugenmaterialien auch solche verwendet werden, die geringere Anforderungen erfüllen. Dabei sollten jedoch die Mindestanforderungen gemäß den TL Pflaster-StB bzw. gemäß den TL Gestein-StB nicht unterschritten werden.

Ein Fugenmaterial 0/2 sollte nur für Pflasterdecken mit systembedingt geringen Fugenbreiten (ca. 3 mm) verwendet werden, z. B. bei Verbundsteinen. Es sollte zudem nur für Verkehrsflächen verwendet werden, die anfangs nicht maschinell gereinigt werden. Selbstaufnehmende Kehrfahrzeuge können eingesetzt werden, sobald sich das 0/2 in den Fugen ausreichend verfestigt hat (vgl. auch Abschnitt 4). Fugenmaterial 0/2 aus ungebrochenen Gesteinskörnungen (z. B. Natursand) sollte nur in Ausnahmefällen und nur für der Witterung ausgesetzte Pflasterdecken verwendet werden. Ein Fugenmaterial 0/2 mit einem Fließkoeffizient  $> 35$  hingegen (i. d. R. gebrochene Gesteinskörnung, z. B. Brechsand) kann auch für unbewitterte Pflasterdecken verwendet werden.

Wie Fugenmaterialien in Abhängigkeit vom Anwendungsbereich beschaffen sein sollten, kann einer Veröffentlichung des Betonverbandes SLG [12] entnommen werden.

Das Fugenmaterial muss so beschaffen sein, dass es sich möglichst vollständig in die Fugen einarbeiten lässt. In jedem Fall müssen Bettungs- und Fugenmaterial filterstabil aufeinander abgestimmt sein. So wird sichergestellt, dass in die Fugen eindringendes Wasser in Verbindung mit dynamischen Beanspruchungen durch den rollenden Verkehr nicht zum Ausspülen von Feinanteilen, zur Kornumlagerung und letztlich zum Abwandern des Fugenmaterials führt. Beste Voraussetzungen für eine dauerhafte Funktion der Pflasterdecke werden geschaffen, indem für die Bettung und die Fugenfüllung das gleiche Baustoffgemisch, z. B. 0/5, verwendet wird. Der Feinanteil ( $< 0,063$  mm) sollte dann zwischen 2 und 5 M.-% liegen.

Das Verfüllen der Fugen erfolgt kontinuierlich mit dem Fortschreiten der Verlegearbeiten, um die verlegten Steine in ihrer Lage zu stabilisieren. Dazu wird Fugenmaterial auf das Pflaster aufgebracht, gleichmäßig verteilt und in die Fugen eingefegt. Um eine vollständige Fugenfüllung zu erreichen, sollte das Fugenmaterial unter begrenzter Wasserzugabe eingeschlämmt werden. Das Einschlänmen kann von Hand oder maschinell erfolgen. Nach dem Abrütteln sind die Fugen bei Bedarf erneut zu füllen.

Die **Stabilität der Pflasterdecke** wird von der Fugenfüllung maßgeblich beeinflusst. Ohne vollständige Fugenfüllung keine ausreichende Verbundwirkung der Pflastersteine untereinander und kein ausreichendes Tragverhalten der Pflasterdecke.

### 3.6.3.7 Abrütteln

Flächenrüttler müssen für die jeweilige, zu verdichtende Pflasterdecke geeignet sein. In [15] werden folgende Empfehlungen gegeben:

- Stein-Nennstärke 60 mm: Flächenrüttler bis zu einem Betriebsgewicht von ca. 130 kg und einer Zentrifugalkraft von 18 bis 20 kN.
- Stein-Nennstärke 80 und 100 mm: Flächenrüttler mit einem Betriebsgewicht von 170 bis 200 kg und einer Zentrifugalkraft von 20 bis 30 kN.
- Stein-Nennstärke 100 mm und mehr: Flächenrüttler mit einem Betriebsgewicht von 200 bis 600 kg und einer Zentrifugalkraft von ca. 30 bis 60 kN.

Für Pflaster auf vorverdichteter Bettung sollten grundsätzlich schwerere Rüttler eingesetzt werden als für Pflaster auf nicht vorverdichteter Bettung.

Die Flächenrüttler sind zudem auf die Art der Unterlage („starr“ oder flexibel) abzustimmen. Auf einer Asphalt- oder Dränbetontragschicht verhält sich eine Pflasterdecke unter dem Einfluss der Rüttelenergie gänzlich anders (Ambosswirkung) als auf einer ungebundenen Kies- oder Schottertragschicht. Tendenziell sollten Flächenrüttler beim Vorliegen einer gebundenen Tragschicht nicht zu schwer gewählt werden, z. B. sollte bei Stein-Nennstärken von über 100 mm das Betriebsgewicht des Rüttlers 200 kg nicht überschreiten.

Das Abrütteln kann vor oder nach dem Einschlämmen des Fugenmaterials erfolgen. Erfolgt es vorher, müssen die Fugen mit Fugenmaterial soweit gefüllt sein, dass sich die Steine durch den Rüttelvorgang nicht verschieben können. Erfolgt es nachher, müssen die Bettung und deren Unterlage zunächst ausreichend abgetrocknet sein. In jedem Fall ist die Fläche vor dem Abrütteln sauber abzukehren und sollte möglichst trocken sein (Vermeidung von Rüttelflecken). Insbesondere farbiges Pflaster und solches mit besonderer Oberflächenbehandlung darf nur im trockenen Zustand und unter Verwendung einer Kunststoffschürze (Plattengleitvorrichtung) abgerüttelt werden. Das Abrütteln erfolgt von den Rändern beginnend zur Mitte hin in mehreren nebeneinander liegenden, sich überlappenden Bahnen bis zum Erreichen der Standfestigkeit.

Nicht eingesandete Pflasterdecken dürfen nicht abgerüttelt werden. Vibrationswalzen dürfen zum Verdichten von Betonpflasterdecken nicht eingesetzt werden.

### 3.6.3.8 Fugenschluss

Als Abschluss der Pflasterarbeiten sollte das abgerüttelte Pflaster mit seinen vollständig gefüllten Fugen zusätzlich noch einen Fugenschluss erhalten. Dazu wird eine feinkornreiche Gesteinskörnung 0/2 auf das Pflaster gleichmäßig aufgebracht und eingeschlämmt (ein Einfegen reicht nicht aus). Der Eintrag von feinen, z. T. bindigen Partikeln in die verbliebenen Hohlräume der Fugenfüllung stabilisiert diese und erhöht ihre Widerstandsfähigkeit gegen Aussaugen. Es ist ein Fugenschlussmaterial zu verwenden, welches nicht zu bleibenden Verfärbungen der Steinoberfläche führt.

Nach dem Einschlämmen sollte mit der Verkehrsfreigabe gewartet werden, bis das Wasser die Tragschichten passiert hat und in den Untergrund abgewandert ist. Je nach Wasserdurchlässigkeit des Untergrundes und den Witterungsbedingungen kann dies mehrere Tage dauern. Bei durchnässten Tragschichten und gleichzeitiger Beanspruchung durch Fahrzeugverkehr droht Tragfähigkeitsverlust und Verformung der Pflasterkonstruktion.

## 4 Erhaltung und Pflege

Wenn Schäden an Betonpflasterdecken auftreten, ist dies oftmals im jungen Alter, etwa in den ersten ein bis zwei Jahren nach der Verkehrsfreigabe, zu verzeichnen. Häufig ist dafür nach den vorliegenden Erfahrungen eine mangelhafte Fugenfüllung verantwortlich, die wiederum im Wesentlichen auf zwei Ursachen zurückgeht. Entweder war die Fugenfüllung von vorn herein ungenügend ausgeführt oder das Fugenmaterial wurde durch Fahrzeugverkehr und/oder Reinigung ausgetragen. Hierbei wird letzteres durch eine ungenügende Ausführung der Fugenfüllung noch begünstigt. Aber auch bei einer regelgerecht hergestellten Pflasterdecke mit vollständig gefüllten Fugen besteht in den ersten ein bis zwei Jahren die Gefahr, dass Fugenmaterial ausgetragen wird, insbesondere durch den verfrühten und z. T. kompromisslosen Einsatz von Kehrsaugmaschinen. Das gerade eingebrachte Fugenmaterial hat oft keine Chance, sich zu verfestigen, sich mit Hilfe von Staub und Schutzteilchen zu verkleben, um somit einen ausreichenden Widerstand aufbauen zu können. Bei der Reinigung von Pflasterdecken ist daher „Mäßigung“ – mindestens im ersten Jahr der Nutzungsdauer – anzuraten. In dieser Zeit sollte nach Möglichkeit nur von Hand gereinigt werden. Mit zunehmender Nutzungsdauer verfestigt sich dann in der Regel das Fugenmaterial. Untersuchungen [14] haben gezeigt, dass ältere Pflasterdecken einen erheblich höheren Widerstand gegen Verschiebungen (Einwirken horizontaler Lasten) aufweisen als jüngere. Die Beanspruchung durch den Verkehr und dadurch hervorgerufene, kleinste Bewegungen innerhalb der flexiblen Decke sowie der Eintrag von Feinstteilen führen auf Dauer zu einer hohen Verfestigung des Fugenmaterials. Kehrsaugmaschinen sollten daher erst eingesetzt werden, wenn dadurch nicht mehr die Gefahr des Austragens von Fugenmaterial besteht. Kehrsaugmaschinen werden mit sehr unterschiedlichen Funktionsweisen angeboten, die auch im Hinblick auf den Austrag von Fugenmaterial unterschiedlich kritisch sind.

Eine Zustandserfassung der Betonpflasterdecke sollte, wie bei anderen Bauwerken auch, regelmäßig durchgeführt werden – und zwar insbesondere in den ersten zwei bis drei Jahren nach der Verkehrsfreigabe. Das Hauptaugenmerk ist dabei auf den Zustand der Fugenfüllung zu legen. Fugen, die nicht mehr vollständig gefüllt sind, sollten umgehend nachgefugt werden.

Aufgrabungen müssen insbesondere im kommunalen Bereich immer wieder vorgenommen werden. Ein großer Vorteil der ungebundenen Betonpflasterdecke gegenüber anderen Deckenkonstruktionen ist, dass die Steine problemlos aufgenommen und zum Schließen der Aufgrabung wieder verwendet werden können. Somit fällt die Reparaturstelle nach Abschluss der Arbeiten praktisch nicht ins Auge. Es ist aber immer auf ein fachgerechtes Aufgraben und Schließen der Pflasterdecke gemäß den ZTV A-StB zu achten, damit die betroffene Fläche ihre Funktionsfähigkeit behält.

Betonpflasterdecken erreichen bei fachgerechter Planung und Ausführung, bei sorgfältiger Auswahl der Baustoffe und Bauprodukte sowie bei Einhaltung notwendiger Erhaltungsmaßnahmen problemlos die bestimmungsgemäße Nutzungsdauer.

## 5 Zitierte Technische Regeln und Fachliteratur

### 5.1 Zitierte Technische Regeln (alphabetisch)

DIN 18134	Baugrund; Versuche und Versuchsgeräte, Plattendruckversuch, Ausgabe 2001. Hrsg.: Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN). Beuth Verlag Berlin 2001
DIN 18299	Allgemeine Regelungen für Bauarbeiten jeder Art, Ausgabe Oktober 2006. Hrsg.: Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN). Beuth Verlag Berlin 2006
DIN 18318	Verkehrswegebauarbeiten, Pflasterdecken, Plattenbeläge in ungebundener Ausführung, Einfassungen, Ausgabe Oktober 2006. Hrsg.: Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN). Beuth Verlag Berlin 2006
DIN 1986-100	Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke; Teil 100: Zusätzliche Bestimmungen zu DIN EN 752 und DIN EN 12056, Ausgabe 2008. Hrsg.: Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN). Beuth Verlag Berlin 2008
DIN 483	Bordsteine aus Beton, Ausgabe Oktober 2005. Hrsg.: Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN). Beuth Verlag Berlin 2005 <i>nationale Ergänzungsnorm zu DIN EN 1340</i>
DIN EN 13198	Betonfertigteile; Straßenmöbel und Gartengestaltungselemente, Ausgabe September 2003. Hrsg.: Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN). Beuth Verlag Berlin 2003
DIN EN 1338	Pflastersteine aus Beton – Anforderungen und Prüfverfahren, Ausgabe August 2003, einschließlich Berichtigung 1, Ausgabe November 2006. Hrsg.: Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN). Beuth Verlag Berlin 2003/2006
DIN EN 1340	Bordsteine aus Beton – Anforderungen und Prüfverfahren, Ausgabe August 2003, einschließlich Berichtigung 1, Ausgabe November 2006. Hrsg.: Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN). Beuth Verlag Berlin 2003/2006
M FP 1	Merkblatt für Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen Teil 1 Regelbauweise (Ungebundene Ausführung), Ausgabe 2003. Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV). FGSV Verlag Köln 2003
Merkblatt	für die Herstellung von Trag- und Deckschichten ohne Bindemittel, Ausgabe 1995. Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV). FGSV Verlag Köln 1995
Merkblatt	für die Verdichtung des Untergrundes und Unterbaues im Straßenbau, Ausgabe 2003. Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV). FGSV Verlag Köln 2003
RAS-Ew	Richtlinien für die Anlage von Straßen Teil: Entwässerung, Ausgabe 2005. Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV). FGSV Verlag Köln 2005
RStO 01	Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen, Ausgabe 2001. Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV). FGSV Verlag Köln 2001
RuA-StB	Richtlinien für die umweltverträgliche Anwendung von industriellen Nebenprodukten und Recycling-Baustoffen im Straßenbau, Ausgabe 2001. Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV). FGSV Verlag Köln 2001
TL Gestein-StB 04	Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau, Ausgabe 2004, Fassung 2007. Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV). FGSV Verlag Köln 2007
TL Pflaster-StB 06	Technische Lieferbedingungen für Bauprodukte zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen, Ausgabe 2006. Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV). FGSV Verlag Köln 2006
TL SoB-StB 04	Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau, Ausgabe 2004, Fassung 2007. Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV). FGSV Verlag Köln 2007
ZTV A-StB 97/06	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen, Ausgabe 1997, Fassung 2006. Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV). FGSV Verlag Köln 2006

---

ZTV E-StB 94	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Ausgabe 1994, Fassung 1997. Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV). FGSV Verlag Köln 1997
ZTV Ew-StB 91	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Entwässerungseinrichtungen im Straßenbau, Ausgabe 1991. Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV). FGSV Verlag Köln 1991
ZTV Pflaster-StB 06	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen, Ausgabe 2006. Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV). FGSV Verlag Köln 2006
ZTV SoB-StB 04	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau, Ausgabe 2004, Fassung 2007. Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV). FGSV Verlag Köln 2007

## 5.2 Fachliteratur

- [1] KÖHLER, M. et al.: Dauerhafte Verkehrsflächen mit Betonpflastersteinen – Richtig planen und ausführen. Verlag Bau+Technik, 2. redaktionell überarbeitete Auflage, April 2008. Düsseldorf 2008
- [2] EYMANN, H. in: Wehner, B.; Siedeck, P.; Schulze, K.-H.: Handbuch des Straßenbaus Band 1. Springer Verlag Berlin Heidelberg New York 1979
- [3] LAY, M. G.: Die Geschichte der Straße. Vom Trampelpfad zur Autobahn. Frankfurt/New York 1994
- [4] Marktdatenerhebung Betonverband Straße, Landschaft, Gartenbau e.V. (SLG). Bonn 2005
- [5] ULONSKA, D.: Schäden an Betonpflasterbauweisen – Ursachen und Vermeidung. In Sonderdruck aus bi GaLaBau, H. 4/2003. Hrsg.: Fachvereinigung Betonprodukte für Straßen-, Landschafts- und Gartenbau e.V. (SLG). Bonn 2003
- [6] Beton-Bauteile für den Garten- und Landschaftsbau – Band 2 Bauteile für Böschungsbefestigungen. Hrsg.: Fachvereinigung Betonprodukte für Straßen-, Landschafts- und Gartenbau e.V. (SLG). Bonn 2000
- [7] GLEITZ, T. et al.: Dynamische Belastungsversuche an Pflasterkonstruktionen, Forschungsbericht; Schriftenreihe des Lehrstuhls Straßenbau der Technischen Universität Dresden, Fachbereich Bauingenieurwesen, 1995, Heft 2
- [8] KOCH, C. et al.: Untersuchung über die Verteilung von auftretenden Schub- und Torsionskräften in Pflasterbelägen; Schlussbericht zum Forschungsprojekt 6.058 des Bundesministeriums für Verkehr; Ruhr-Universität Bochum, Technische Universität Dresden, Universität Stuttgart, Technische Universität Braunschweig. 1997
- [9] WELLNER, F. et al.: Weiterführende Untersuchungen zum Verhalten von Pflasterdecken unter horizontaler Belastung; Schlussbericht zum Forschungsprojekt 6.072 des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen; Technische Universität Dresden, Institut für Stadtbauwesen und Straßenbau; Technische Universität Braunschweig, Institut für Straßenwesen. 2003
- [10] Pflastersteine nach neuer Europäischer Norm DIN EN 1338 – Informationen für Planer, Ausführende, Baustoffhandel und Bauherren, Ausgabe Juni 2005. Hrsg.: Fachvereinigung Betonprodukte für Straßen-, Landschafts- und Gartenbau e.V. (SLG). Bonn 2005
- [11] Merkblatt für die maschinelle Verlegung von Betonpflastersteinen, Ausgabe Januar 2004. Hrsg.: Fachvereinigung Betonprodukte für Straßen-, Landschafts- und Gartenbau e.V. (SLG). Bonn 2004
- [12] Produktdatenblätter für Bettungs- und Fugenmaterialien für Pflasterdecken und Plattenbeläge in Regelbauweise, Referenzfassungen November 2006. Hrsg.: Betonverband Straße, Landschaft, Garten e.V., Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V., Bundesverband Mineralische Rohstoffe e.V. Bonn, Köln 2006
- [13] Merkblatt für die Planung und Ausführung von Verkehrsflächen mit großformatigen Pflastersteinen und Platten, Ausgabe März 2009. Hrsg.: Betonverband Straße, Landschaft, Gartenbau e.V. (SLG). Bonn 2009
- [14] ROHLEDER, M.: Horizontale Verschiebungen in Pflasterdecken und deren Visualisierung. Schriftenreihe des Institutes für Straßenwesen und Eisenbahnbau der Ruhr-Universität Bochum, H. 15. Bochum 2002
- [15] NEFELE, J.: Pflasterbau Theorie Praxis, Auflage 2001. ISBN 3-00-007565-8. Selbstverlag Aufkirchen 2001