



TECHNISCHES HANDBUCH

Dauerhafte Verkehrsflächen mit Betonpflastersteinen

PLANUNG, AUSFÜHRUNG, ERHALTUNG

 **Betonstein**
NATÜRLICH, NUR BESSER.

Technisches Handbuch

Dauerhafte Verkehrsflächen mit Betonpflastersteinen

Planung, Ausführung, Erhaltung

Herausgeber:

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

Autoren:

Prof. Dr.-Ing. Martin Köhler

Dipl.-Ing. Dietmar Ulonska

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Frohmuth Wellner

6., fachlich und redaktionell überarbeitete
Auflage, Juni 2024

1. Planum

Als „Planum“ wird die Oberfläche des zuvor verdichteten Untergrundes oder Unterbaus bezeichnet. Es ist profilgerecht, eben und tragfähig herzustellen. Aus bautechnischen Gründen wird die an der Pflasteroberfläche erforderliche Längs- und Querneigung grundsätzlich an allen Schichtoberflächen, so auch auf dem Planum, ausgeführt. Mindestquerneigung 2,5 %, bei wasserempfindlichen Böden 4 %. (Technisches Handbuch Abs. 8.2 und 9)

2. Tragschichten

Sie müssen tragfähig, verformungsbeständig und ausreichend wasserdurchlässig sein. Überwiegend werden Tragschichten aus ungebundenen Gesteinskörnungen (Tragschichten ohne Bindemittel, ToB) hergestellt. Sie sind in ausreichender Dicke, profilgerecht, eben, tragfähig sowie hinreichend wasserdurchlässig herzustellen. Die erforderliche Neigung ergibt sich aus der Neigung der Pflasteroberfläche (Mindestquerneigung 2,5 %). Die Frostschutzschicht zählt ebenfalls zu den Tragschichten ohne Bindemittel. (Technisches Handbuch Abs. 10)

3. Randeinfassung

Pflasterdecken benötigen eine stabile Randeinfassung. Der Abstand der Randeinfassungen wird unter Beachtung der vereinbarten Verlegebreite durch Auslegen einzelner Steinzeilen vor Beginn der Verlegearbeiten festgelegt. Elemente für die Randeinfassung, z. B. Bord- oder Einfassungssteine, sind – ggf. unter Verwendung eines Haftvermittlers – höhen- und fluchtgerecht auf ein Fundament aus Beton zu setzen und erhalten eine Rückenstütze aus Beton. Fundament und Rückenstütze werden „frisch in frisch“ hergestellt. (Technisches Handbuch Abs. 11.2.2)

4. Entwässerungsrinnen

Oberflächlich anfallendes Wasser muss auf möglichst kurzen Fließwegen zügig von der Oberfläche abgeleitet werden. Entwässerungsrinnen erhalten eine Längsneigung von mind. 0,5 %. Die Elemente, z. B. Muldensteine, Rinnenplatten oder Pflastersteine, sind unter Verwendung eines Haftvermittlers höhen- und fluchtgerecht auf ein Fundament aus Beton zu setzen und mit gebundenem Fugenmaterial zu verfugen. Entwässerungsrinnen sind mit Bewegungsfugen auszuführen. (Technisches Handbuch Abs. 11.2.3)

5. Pflasterbettung

Sie ist in gleichmäßiger Dicke, höhen- und profilgerecht auszuführen. Dicke im verdichteten Zustand $4 \text{ cm} \pm 1 \text{ cm}$. Grundsätzlich müssen für befahrene Flächen kornabgestufte Bettungsmaterialien mit einem Größtkorn von mind. 4 mm verwendet werden. Unter bestimmten Voraussetzungen können auch nichtkornabgestufte Bettungsmaterialien verwendet werden. Das Bettungsmaterial muss filterstabil zum Tragschichtmaterial sein. Das Bettungsmaterial ist gleichmäßig gemischt und gleichmäßig durchfeuchtet anzuliefern und zügig einzubauen. Nach dem Abziehen darf die Bettung nicht mehr befahren oder betreten werden. (Technisches Handbuch Abs. 12.3.2 und 13.2.2)

6. Prüfung angelieferter Baustoffe

Lieferschein mit Bestellung vergleichen. Bei Betonpflastersteinen z. B. Format, Farbe, Oberflächenbearbeitung und Menge. Gelieferte Ware zudem mit ggf. vorher vereinbarten Mustern vergleichen. Bei Abweichungen ist eine Klärung mit dem Vertragspartner/Lieferanten vor dem Einbau herbeizuführen. (Technisches Handbuch Abs. 13.1)

7. Verlegung

Betonpflastersteine sind im vereinbarten Verband und mit ausreichenden Fugenbreiten von der verlegten Fläche aus zu verlegen. An den Steinen angeformte Profile geben nicht das Maß der Fugenbreite vor; die Pressverlegung ist zu vermeiden. Die Fugenachsen müssen einen gleichmäßigen Verlauf aufweisen. Geradlinige Fugenverläufe sind durch ausreichendes Schnüren in Längs- und Querrichtung sicherzustellen. Zur Vermeidung unerwünschter Farbkonzentrationen sollten die Steine aus mehreren Paketen gemischt verwendet werden. Passsteine dürfen nicht kleiner als ein Drittel des Ausgangssteins und nicht zu spitzwinklig sein. Das Zuarbeiten sollte durch Nassschnitt erfolgen. (Technisches Handbuch Abs. 12.7 und 13.3)

8. Verfugen

Das Einbringen des Fugenmaterials durch Einfegen erfolgt kontinuierlich mit dem Fortschreiten der Verlegearbeiten. Kornabgestufte Fugenmaterialien aus gebrochenen Gesteinskörnungen mit einem auf die Fugenbreite abgestimmten Größtkorn sind zu bevorzugen; sie müssen filterstabil zum Bettungsmaterial sein. Die Fugen sind – ggf. in mehreren Arbeitsgängen – vollständig mit Fugenmaterial zu füllen. (Technisches Handbuch Abs. 12.3.3 und 13.4)

9. Abrütteln

Vor dem Abrütteln ist überschüssiges Fugenmaterial vollständig abzukehren. In der Regel ist die Pflasterdecke nur bei trockener Pflasteroberfläche und nur unter Verwendung einer Vibrationsplatte mit Kunststoffmatte abzurütteln. Dies gilt insbesondere für farbiges Pflaster und solches mit besonderer Oberflächengestaltung. Unverfugte Pflasterflächen dürfen nicht abgerüttelt werden, eingeschlammte Pflasterflächen erst nach ausreichendem Abtrocknen von Bettung und Unterlage. (Technisches Handbuch Abs. 13.4 und 13.5)

10. Fugenschluss

Ein abschließender Fugenschluss durch Einschlämmen einer feinkornreichen Gesteinskörnung erhöht die Widerstandsfähigkeit der Fugenfüllung und gibt der Pflasterdecke schon anfangs eine gute Stabilität. (Technisches Handbuch Abs. 13.6)

Impressum

Herausgeber:



Betonverband Straße, Landschaft, Garten e. V. (SLG)
Schlossallee 10, 53179 Bonn
Telefon: 0228 95456-0, Telefax: 0228 95456-90
slg@betoninfo.de
www.betonstein.org

Autoren:

Prof. Dr.-Ing. Martin Köhler
Dipl.-Ing. Dietmar Ulonska
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Frohmut Wellner

Fachliche Mitwirkung durch die Mitarbeiter des
Arbeitsausschusses Anwendungstechnik im Beton-
verband Straße, Landschaft, Garten e. V. (SLG):

MA Bernd Büttner
Christian Brüser
Alexander Eichler
Dipl.-Ing. (FH), M. Sc. Michael Fuchs
Christian Grimmer
Dipl.-Ing. (FH) Eckhard Judith
Dipl.-Ing. Andreas Leissler
Roland Nowak
Staatl. gepr. Betriebsw. Pascal Präscke
Dipl.-Ing. (FH) Ruben Pressmar
Ralph Schäfer (Gast)
Fachplaner für Pflasterbau (EIPOS) Uwe Seht
Dipl.-Ing. (FH) Andreas Voigt
Dipl.-Ing. Guido Volmer

Bildnachweis:

Alle Bilder und Zeichnungen Betonverband Straße,
Landschaft, Garten e. V. (SLG), mit Ausnahme von Bild 4
(REMEI Blomberg GmbH & Co.KG), Bild 34 (Shackel
1980), Bild 43 (Wellner, et al., 2004), Bild 44 (Wellner, et
al., 2004), Bild 60 (Frohmut Wellner), Bild 63 (Frohmut
Wellner), Bild 64 (Optimas Maschinenfabrik H. Kleinemas
GmbH), Bild 65 (Optimas Maschinenfabrik H. Kleinemas
GmbH) und Bild 66 (Optimas Maschinenfabrik H. Kleine-
mas GmbH).

Bild B 1: SLG in Anlehnung an ZTV E-StB.

Foto auf der Titelseite: Fotograf Burkhard Dohmen,
SLG-Mitgliedsunternehmen

Gestaltung:

Dipl. Grafik-Designerin Sylvia Claassen, Lemgo

Vorbemerkungen

Dieses Technische Handbuch ist ein Leitfaden für die Planung, Ausführung und Erhaltung von Verkehrsflächenbefestigungen mit Betonpflasterdecken. Es basiert auf den Vorgaben der Technischen Regelwerke für Verkehrsflächen sowie auf theoretischen Erkenntnissen und praktischen Erfahrungen. Ziel dieser Publikation ist es, dauerhaft haltbare Flächenbefestigungen mit Betonpflasterdecken herzustellen und Schäden an derartigen Befestigungen zu vermeiden.

Nachfolgend werden die relevanten Anforderungen und Empfehlungen der derzeit gültigen Technischen Regelwerke aufgezeigt und anschaulich erläutert. Änderungen in den Technischen Regelwerken bleiben den jeweiligen Herausgebern selbstverständlich vorbehalten.

Ausdrücklich unberücksichtigt bleiben in dieser Publikation die *Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen für den Bau von Wegen und Plätzen außerhalb von Flächen des Straßenverkehrs* (ZTV-Wegebau) der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL), da hierin für bestimmte Einsatzbereiche vom Straßenbau abweichende Bauweisen (so genannte Mischbauweisen) beschrieben und ansonsten auch gegenüber dem klassischen Straßenbau zum Teil geringere technische Anforderungen festgelegt worden sind.

Es wird davon ausgegangen, dass der Anwender dieses Handbuchs nicht unbedingt mit dem Bau von Verkehrsflächen vollständig vertraut sein muss. Daher wird empfohlen, sich in Fragen der Wahl der Bauweisen, der Dimensionierung der Schichtdicken, des Erdbaus, der Baustoffe und der Entwässerung gegebenenfalls von entsprechenden Fachleuten beraten zu lassen.

Dieses Technische Handbuch behandelt ausschließlich Pflasterdecken mit Pflastersteinen aus Beton in ungebundener Ausführung, wie sie in den ZTV Pflaster-StB beschrieben sind. Davon abweichende Bauweisen, wie zum Beispiel versickerungsfähige Pflasterbefestigungen und solche mit Großformaten aus Beton, werden sowohl in separaten Technischen Regelwerken, als auch in separaten Merkblättern des Herausgebers behandelt (SLG, 2020) und (SLG, 2021a).

Die Angaben in diesem Technischen Handbuch wurden nach bestem Wissen und mit größtmöglicher Sorgfalt zusammengestellt. Inhaltliche Fehler können dennoch nicht vollständig ausgeschlossen werden. Eine Haftung für etwaige inhaltliche Unrichtigkeiten kann daher nicht übernommen werden. Dieses Technische Handbuch dient unter anderem als Unterstützung und Erleichterung bei der Anwendung der Technischen Regelwerke für Pflasterbefestigungen mit Betonsteinen. Es ersetzt die entsprechenden Regelwerke jedoch nicht.

Um Kritik und Anregungen aus der Arbeit mit diesem Technischen Handbuch wird gebeten. Hinweise werden vom Herausgeber gerne aufgegriffen.

Bonn, Juni 2024

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

Inhalt

Verzeichnis der Bilder 8

Verzeichnis der Tabellen 10

1 Einleitung 11

2 Anwendungsbereich 12

3 Begriffe 12

4 Einsatzbereiche und Einsatzgrenzen von Betonpflasterbefestigungen 14

5 Pflastersteine aus Beton 15

5.1 Allgemeines 15

5.2 Normative Anforderungen 16

5.2.1 Allgemeines 16

5.2.2 Zulässige Maßabweichungen 16

5.2.3 Witterungswiderstand 16

5.2.4 Mechanische Festigkeit 16

5.2.5 Abriebwiderstand 17

5.2.6 Gleit-/Rutschwiderstand 17

5.3 Anforderungen für das Inverkehrbringen nach Bauproduktenverordnung 17

5.3.1 Leistungserklärung 17

5.3.2 CE-Kennzeichnung 19

5.3.3 Zusätzliche Herstellerangaben 19

5.4 Pflastersteinarten und -formen 20

5.5 Pflastersteinsysteme und Spezialformate 20

5.6 Oberflächentexturen und Farben 21

5.7 Oberflächenschutzsysteme 21

6 Technische Regelwerke 22

7 Dimensionierung des Oberbaus 23

8 Entwässerung der Flächenbefestigung 25

8.1 Entwässerung der Oberfläche 25

8.1.1 Planung 25

8.1.2 Ausführung 27

8.2 Entwässerung des Oberbaus (Planumsentwässerung) 27

8.2.1 Planung 27

8.2.2 Ausführung 27

8.3 Bedeutung der Filterstabilität 28

9 Untergrund/Unterbau 29

9.1 Allgemeines 29

9.2 Böden und Baustoffe 29

9.3 Planung 29

9.4 Ausführung 29

9.4.1 Allgemeines 29

9.4.2 Tragfähigkeit 29

9.4.3 Verdichtung 30

9.4.4 Ebenheit und profilgerechte Lage 31

9.4.5 Wasserdurchlässigkeit 31

9.4.6 Probenahme und Prüfverfahren 31

9.4.7 Nachweis der Filterstabilität zwischen Frostschuttschicht und Untergrund 31

10 Tragschichten 32

10.1 Allgemeines 32

10.2 Tragschichten ohne Bindemittel 34

10.2.1 Schichtenarten und Baustoffe 34

10.2.2 Planung 36

10.2.3 Ausführung 36

10.2.3.1 Hinweise zum Transport und zum Einbau 36

10.2.3.2	Anforderungen an eingebaute Tragschichten	36
10.2.3.2.1	Allgemeines	36
10.2.3.2.2	Tragfähigkeit.....	36
10.2.3.2.3	Verdichtung	37
10.2.3.2.4	Wasserdurchlässigkeit	38
10.2.3.2.5	Ebenheit und profilgerechte Lage	38
10.2.3.2.6	Einbaudicke.....	38
10.2.3.2.7	Probenahme und Prüfverfahren	38
10.2.4	Nachweis der Filterstabilität zwischen Tragschichten ohne Bindemittel	39
10.3	Tragschichten mit Bindemittel	39
10.3.1	Dränbetontragschichten	39
10.3.2	Asphalttragschichten	39
10.3.3	Herstellung der Filterstabilität.....	40
11	Randeinfassungen und Entwässerungsrinnen.....	40
11.1	Baustoffe	40
11.1.1	Betonelemente und –formsteine für Randeinfassungen	40
11.1.2	Betonelemente und –formsteine für Entwässerungsrinnen.....	40
11.1.3	Beton	41
11.1.4	Mörtel	41
11.1.5	Haftvermittler	41
11.1.6	Fugeneinlagen.....	41
11.1.7	Fugenvergussmassen	41
11.2	Planung	41
11.2.1	Allgemeine Planungshinweise	41
11.2.2	Ergänzende Planungshinweise zu Randeinfassungen.....	43
11.2.3	Ergänzende Planungshinweise zu Entwässerungsrinnen	44
11.2.4	Einfassungen von höhengleichen Verkehrsflächen mit unterschiedlicher Nutzung	45
11.3	Ausführung	47
11.3.1	Allgemeine Ausführungshinweise	47
11.3.2	Fundament und Rückenstütze	47
11.3.3	Versetzen der Bauteile.....	48
11.3.3.1	Regelausführung	48
11.3.3.2	Ausführung auf bereits erhärtetem Fundament.....	49
11.3.4	Nachbehandlung.....	50
11.3.5	Lage, zulässige Abweichungen.....	50
11.3.6	Bewegungsfugen in Randeinfassungen und Entwässerungsrinnen.....	50
12	Betonpflasterdecke – Planung.....	50
12.1	Allgemeines	50
12.2	Einflüsse auf das Tragverhalten von Pflasterdecken.....	51
12.3	Bettung und Fugenfüllung.....	51
12.3.1	Allgemeines	51
12.3.2	Bettung	51
12.3.2.1	Dicke der Bettung	51
12.3.2.2	Bettungsmaterial.....	52
12.3.3	Fugenfüllung.....	54
12.3.3.1	Fugenbreite und Fugenverlauf.....	54
12.3.3.2	Fugenmaterial	54
12.3.4	Fugenschlussmaterial	55
12.4	Nachweis der Filterstabilität zwischen Bettung und oberer Tragschicht ohne Bindemittel	56
12.5	Nachweis der Filterstabilität zwischen Fugen- und Bettungsmaterial.....	56
12.6	Pflastersteine aus Beton	59
12.7	Verbände	59
12.7.1	Allgemeines	59
12.7.2	Rastermaße.....	59

12.7.3	Eignung von (Pflaster)Verbänden.....	60
12.8	Anschlüsse.....	63
12.8.1	Anschluss an Einbauten, Randeinfassungen und Entwässerungsrinnen	63
12.8.2	Anschluss an Gebäude	64
12.8.3	Beschaffenheit von Passsteinen	64
12.9	Hochpunkte bei Neigungswechseln	66
12.10	Stark geneigte Flächen	68
13	Betonpflasterdecke – Ausführung.....	68
13.1	Annahme der Betonwaren auf der Baustelle.....	68
13.2	Pflasterbettung.....	68
13.2.1	Allgemeines	68
13.2.2	Einbau des Bettungsmaterials.....	68
13.3	Verlegung der Betonpflastersteine	69
13.3.1	Allgemeines	69
13.3.2	Fugenbreiten.....	69
13.3.3	Verlegung in Kurven.....	70
13.3.4	Ausbildung der Hochpunkte bei Neigungswechseln.....	70
13.3.5	Maschinelle Verlegung	70
13.3.6	Zuarbeiten von Betonpflastersteinen.....	71
13.4	Verfugen, Verdichten.....	72
13.5	Geeignete Vibrationsplatten.....	73
13.6	Fugenschluss, Reinigung.....	74
13.7	Lage der Pflasterdecke, zulässige Abweichungen	74
13.8	Verkehrsfreigabe	75
14	Optische Beurteilung von Betonpflasterdecken	75
14.1	Allgemeines	75
14.2	Musterflächen.....	75
14.3	Gesamteindruck.....	75
14.4	Einzelkriterien	75
14.4.1	Verband, Fugenbreite, Fugenverlauf.....	75
14.4.2	Kantenabplatzungen	76
14.4.3	Unregelmäßigkeiten des äußeren Erscheinungsbildes	76
14.4.4	Ausblühungen, Verfärbungen.....	76
14.4.5	Haarrisse.....	76
14.4.6	Alterung, Nutzungs- und Gebrauchsspuren	77
14.4.7	Abtrocknungsverhalten	77
15	Erhaltung von Verkehrsflächen mit Betonpflasterdecken	77
15.1	Grundbegriffe der Erhaltung.....	77
15.2	Betriebliche Erhaltung	78
15.2.1	Straßenkontrolle.....	78
15.2.2	Reinigung, Pflege.....	78
15.2.2.1	Allgemeines	78
15.2.2.2	Bauabschlussreinigung	78
15.2.2.3	Unterhaltsreinigung.....	78
15.2.2.4	Grundreinigung	79
15.2.2.5	Reinigungsmethoden und Reinigungsmittel	79
15.2.3	Winterdienst.....	80
15.3	Bauliche Erhaltung	80
15.3.1	Zustandserfassung und -bewertung	80
15.3.2	Art und Ursache von Schäden und technischen Mängeln	80
15.3.3	Maßnahmen der Baulichen Erhaltung	81
15.4	Aufgrabungen	81

Anhang A.1 Dimensionierung des Oberbaus.....	84
Anhang A.2 Dimensionierung des Oberbaus am Beispiel von Busverkehrsflächen.....	94
Vorbemerkungen.....	94
Beispiele	94
Schlussfolgerungen	96
Anhang B Böden für bautechnische Zwecke.....	98
Anhang C Produktdatenblätter Bettungsmaterialien	102
Anhang D Produktdatenblätter Fugenmaterialien.....	109
Literatur und Regelwerke	114

Verzeichnis der Bilder

Bild 1:	Beispielhafter Aufbau einer Verkehrsflächenbefestigung mit Pflasterdecke in Abhängigkeit von der Frostempfindlichkeit des Bodens	11
Bild 2:	Beispiel für eine Leistungserklärung für Pflastersteine aus Beton nach DIN EN 1338, bei denen der Gleit-/Rutschwiderstand nicht bestimmt wurde	18
Bild 3:	Beispiel für eine CE-Kennzeichnung für Pflastersteine aus Beton nach DIN EN 1338 passend zur Leistungserklärung gemäß Bild 2	19
Bild 4:	Schematische Darstellung der Oberflächenschutzsysteme Hydrophobierung (links), Imprägnierung (Mitte) und Beschichtung (rechts)	21
Bild 5:	Aufbau einer Verkehrsflächenbefestigung mit ungebundener Pflasterdecke und wesentliche, zugehörige Technische Regelwerke	23
Bild 6:	Bestimmung der resultierenden Neigung (Schrägneigung) aus gegebener Längs- und Querneigung	25
Bild 7:	Beispielhafter Aufbau einer Verkehrsflächenbefestigung mit Pflasterdecke außerhalb geschlossener Ortslage in Anlehnung an die RStO	26
Bild 8:	Beispielhafter Aufbau einer Verkehrsflächenbefestigung mit Pflasterdecke in geschlossener Ortslage mit Entwässerungseinrichtungen in Anlehnung an die RStO	27
Bild 9:	Darstellung der Anforderungen an den Verdichtungsgrad D_{Pr} von Böden und von Tragschichten ohne Bindemittel	30
Bild 10:	Kornverteilungskurven (Sieblinien) zu Beispiel 1	32
Bild 11:	Plastische Verformung verschiedener gebrochener Gesteinskörnungen, bestimmt im Triaxialversuch nach 1 Mio. Lastwechsel, bezogen auf 100 mm Schichtdicke (gleiche Korngrößenverteilung und gleicher Verdichtungsgrad bei Testbeginn)	33
Bild 12:	Sieblinienbereich für Frostschutzschichten 0/22 im eingebauten Zustand gemäß den ZTV SoB-StB	34
Bild 13:	Sieblinienbereich für Frostschutzschichten 0/32 im eingebauten Zustand gemäß den ZTV SoB-StB	34
Bild 14:	Sieblinienbereich für Frostschutzschichten 0/45 im eingebauten Zustand gemäß den ZTV SoB-StB	35
Bild 15:	Sieblinienbereich für Kies- und Schottertragschichten 0/32 im eingebauten Zustand gemäß den ZTV SoB-StB	35
Bild 16:	Sieblinienbereich für Kies- und Schottertragschichten 0/45 im eingebauten Zustand gemäß den ZTV SoB-StB	35
Bild 17:	Beispiel für eine Muldenrinne aus Beton-Formsteinen mit Funktion als Entwässerungsrinne und Randeinfassung	41
Bild 18:	Beispiel für eine Muldenrinne aus Beton-Formsteinen	43
Bild 19:	Beispiel für eine Muldenrinne aus Pflastersteinen auf erhärtetem Betonfundament	43
Bild 20:	Prinzipskizze für die Ausbildung der Frostschutzschicht bei vergleichsweise tiefliegender Fundamentunterkante einer Entwässerungsrinne	43
Bild 21:	Beispiel für eine Randeinfassung durch Hochbordsteine in Kombination mit einer zweizeiligen Entwässerungsrinne	44
Bild 22:	Beispiel für eine Randeinfassung ohne Entwässerungsfunktion durch Rundbordsteine	44
Bild 23:	Beispiel für eine Randeinfassung durch Tiefbordsteine (Entwässerung in eine unbefestigte Fläche)	44
Bild 24:	Beispiel für eine Einfachbauweise für eine Randeinfassung (für nicht von Kfz befahrene Flächen)	44
Bild 25:	Beispiel für eine Entwässerungs-Muldenrinne aus einem massiven Spezialbauteil mit großer Einbindetiefe	45
Bild 26:	Beispiel für eine Entwässerungs-Muldenrinne aus Rinnenformsteinen mit senkrechten Seitenflächen	45
Bild 27:	Beispiel für eine Entwässerungsrinne als Kastenrinne	45
Bild 28:	Beispiel für eine Randeinfassung mit Tiefbordsteinen als Trennkonstruktion zwischen einer Pflasterdecke und einem Plattenbelag	46
Bild 29:	Beispiel für den Anschluss einer Pflasterdecke an einen Oberbau in Asphaltbauweise	46
Bild 30:	Beispiel für den Anschluss einer Pflasterdecke an einen Plattenbelag in gebundener Ausführung	47
Bild 31:	Seitlich verschlossene Fugenspalten einer einzeiligen Entwässerungsrinne zum Schutz des Fugenmörtels vor dem Auslaufen	48
Bild 32:	Fugenausbildung bei offenen Entwässerungsrinnen	49
Bild 33:	Ausgleich zulässiger Maßabweichungen von der Nenndicke der Pflastersteine	51
Bild 34:	Einfluss der Dicke der Bettung auf das Verhalten der Pflasterdecke	52
Bild 35:	Verdrückungen in der Bettung bei zu großer Bettungsdicke	52
Bild 36:	Verformungen in der Bettung durch ungleichmäßige Bettungsdicke	52
Bild 37:	Sieblinien und zugehörige Kenndaten zu dem Beispiel „Filterstabilität Bettungsmaterial/ Tragschichtmaterial“	56

Bild 38: Schadhafte Pflasterfläche durch Abwandern des Fugenmaterials aufgrund fehlender Filterstabilität zwischen Fugen- und Bettungsmaterial	57
Bild 39: Sieblinien und zugehörige Kenndaten zu dem Beispiel „Filterstabilität Fugenmaterial/Bettungsmaterial 2/5“	57
Bild 40: Sieblinien und zugehörige Kenndaten zu dem Beispiel „Filterstabilität Fugenmaterial/Bettungsmaterial 0/5“	58
Bild 41: Zusammenhang zwischen Rastermaß, Nennmaß und Fugenmaß bei Pflasterdecken bzw. Pflastersteinen aus Beton	60
Bild 42: Aufstandsfläche eines Lkw-Rades auf Rechtecksteinen im Läuferverband, quer und diagonal zur Fahrtrichtung	61
Bild 43: Einfluss des Verbandes auf das Langzeitverhalten bei gleichzeitiger Horizontal- und Vertikalbelastung von Betonpflasterdecken	61
Bild 44: Vergleich des Langzeitverhaltens eines Fischgrät- und eines Parkettverbandes bei kombinierter Horizontal- und Vertikalbelastung unter Laborbedingungen	62
Bild 45: Beispiele für Verbände (Verlegemuster) mit Rechtecksteinen	63
Bild 46: Beispiele für die Anordnung eines Läufer- oder Reihenverbandes diagonal zur Fahrtrichtung bei einer zweistreifigen Fahrbahn	63
Bild 47: Die Oberfläche der Pflasterdecke muss an Entwässerungsrinnen und Einbauten überstehen	64
Bild 48: Beispiel für den Anschluss einer Pflasterbefestigung an ein Gebäude - Variante Randstein mit Kiesstreifen als Spritzschutz	64
Bild 49: Beispiel für den Anschluss von rechteckigen Pflastersteinen an eine Schräge unter einem Winkel von mehr als 45° (hier: 60°)	65
Bild 50: Beispiel für den Anschluss von rechteckigen Pflastersteinen an eine Schräge unter einem Winkel von höchstens 45° (hier: 30°)	65
Bild 51: Passgenauer Anschluss an eine runde Straßenkappe durch Kernbohrverfahren	66
Bild 52: Passgenauer Anschluss an eine quadratische Straßenkappe durch geraden Zuschnitt im Nassschneide-Verfahren	66
Bild 53: Prinzip einer vertikalen Keilfuge im Hochpunkt einer Pflasterdecke	66
Bild 54: Beispiel für eine fachgerechte Lösung eines Hochpunktes einer Pflasterdecke zur Begrenzung der Fugenbreite durch Nacharbeiten (Unterwinkeln) von Pflastersteinen	66
Bild 55: Überstände in Hochpunkten von Pflasterdecken in Abhängigkeit von der Kantenlänge der Pflastersteine und der Neigung der Pflasterdecke	67
Bild 56: Beispiel zur Verminderung von Überständen bei einer Pflasterdecke im Bereich des Hochpunktes eines Neigungswechsels durch Ausrunden des Scheitelpunktes	67
Bild 57: Beispiel zur Verminderung von Überständen bei einer Pflasterdecke im Bereich des Hochpunktes eines Neigungswechsels durch Verwendung von Pflastersteinen mit reduzierter Länge	67
Bild 58: Durch das Verziehen der Pflastersteine entstehen Keilfugen, deren Breite zu begrenzen ist	70
Bild 59: Ausführung der Pflasterfuge bei Steinen mit angeformten Profilen, z. B. Abstandshilfen	70
Bild 60: Odenwälder Verband aus Rechtecksteinen bei einem kurvenförmig verlaufenden Gehweg	70
Bild 61: Positivbeispiel – Vorbildlich ausgeführte Anschlüsse bei einem beidseitigen Anschluss an eine Muldenrinne	71
Bild 62: Positivbeispiel – Vorbildlich ausgeführter Anschlüsse an Schräge und Rundung im Bereich eines Hauseingangs	71
Bild 63: Negativbeispiel – Extrem schmal zugeschnittene Passsteine	72
Bild 64: Pflaster-Einkehrmaschine	72
Bild 65: Maschinelles Einschlämmen der Pflasterdecke mit Hilfe der am Radlader montierten Einschlämmeinheit	73
Bild 66: Vollständige Fugenfüllung nach maschinelltem Einschlämmen	73
Bild 67: Pflasterdecke, bei welcher die Bauabschlussreinigung offenbar versäumt wurde. Dies kann zu hartnäckigen Verschmutzungen, zum Beispiel durch das Fugenmaterial, führen	78
Bild 68: Abtreppe bei Pflasterdecken und Plattenbelägen gemäß den ZTV A-StB	82
Bild B 1: Zuordnung der Frostempfindlichkeitsklassen nach den ZTV E-StB	101

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1:	Einsatzbereiche für Betonpflasterbefestigungen unter Berücksichtigung der Belastungsart	15
Tabelle 2:	Zulässige Maßabweichungen bei Pflastersteinen aus Beton nach DIN EN 1338 bzw. TL Pflaster-StB	16
Tabelle 3:	Wesentliche Merkmale von Pflastersteinen aus Beton gemäß Anhang ZA der DIN EN 1338	18
Tabelle 4:	Anforderungen an den Verformungsmodul auf dem Planum	29
Tabelle 5:	Anforderung an das 10%-Mindestquantil für den Verdichtungsgrad D_{Pr} bzw. das 10%-Höchstquantil für den Luftporenanteil nach den ZTV E-StB	30
Tabelle 6:	Kenndaten der Kornverteilungskurven (Sieblinien) zu Beispiel 1	32
Tabelle 7:	Mindestwerte für den Verformungsmodul E_{v2} auf Tragschichten ohne Bindemittel nach den ZTV SoB-StB	37
Tabelle 8:	Mindestanforderungen für den Verdichtungsgrad D_{Pr} von den TL SoB-StB entsprechenden Baustoffgemischen in der Frostschutzschicht nach den ZTV SoB-StB	37
Tabelle 9:	Anforderungen an die Ebenheit der Oberfläche von Tragschichten ohne Bindemittel	38
Tabelle 10:	Art und Einordnung der Belastung sowie Belastungskategorien von Randeinfassungen und Entwässerungsrinnen in Anlehnung an das M RR	42
Tabelle 11:	Empfehlungen zu ungebundenen Bettungsmaterialien für Pflasterdecken aus Beton in Abhängigkeit der Belastungsart und Solldicke der Bettung	53
Tabelle 12:	Empfehlungen zu ungebundenen Fugenmaterialien für Pflasterdecken aus Beton in Abhängigkeit der Belastungsart und Sollbreite der Fugen	55
Tabelle 13:	Kenndaten der Sieblinien zu dem Beispiel „Filterstabilität Bettungsmaterial/Tragschichtmaterial“	56
Tabelle 14:	Kenndaten der Sieblinien zu dem Beispiel „Filterstabilität Fugenmaterial/Bettungsmaterial 2/5“	57
Tabelle 15:	Kenndaten der Sieblinien zu dem Beispiel „Filterstabilität Fugenmaterial/Bettungsmaterial 0/5“	58
Tabelle 16:	Empfehlungen für Vibrationsplatten mit Kunststoffmatte in Abhängigkeit der Nenndicke der verwendeten Pflastersteine (in Anlehnung an die Empfehlungen der BOMAG GmbH)	73
Tabelle 17:	Zulässige Abweichung von der Ebenheit der Pflasterdecke aus Betonsteinen in Anlehnung an die ZTV Pflaster-StB	75
Tabelle 18:	Begriffssystematik der Erhaltung und Erhaltungsmaßnahmen	77
Tabelle 19:	Erhaltungsmaßnahmen für Pflasterdecken aus Beton	81
Tabelle A 1:	Dimensionierungsrelevante Beanspruchung B und zugeordnete Belastungsklasse nach den RStO	84
Tabelle A 2:	Mögliche Belastungsklassen gemäß den RStO für die typischen Entwurfsituationen nach den RASt	87
Tabelle A 3:	Belastung von Busverkehrsflächen und zugeordnete Belastungsklasse gemäß den RStO	87
Tabelle A 4:	Verkehrsflächen in Neben- und Rastanlagen und zugeordnete Belastungsklasse gemäß den RStO	87
Tabelle A 5:	Abstellflächen und zugeordnete Belastungsklasse gemäß den RStO	87
Tabelle A 6:	Ausgangswerte für die Bestimmung der Mindestdicke des frostsicheren Oberaufbaus gemäß den RStO	87
Tabelle A 7:	Anhaltswerte für die aus Tragfähigkeitsgründen erforderlichen Schichtdicken von Tragschichten ohne Bindemittel gemäß den RStO in Abhängigkeit von den E_{v2} -Werten der Unterlage sowie von der Art des Tragschichtmaterials	88
Tabelle A 8:	Mehr- oder Minderdicken infolge örtlicher Verhältnisse gemäß den RStO	89
Tabelle A 9:	Bauweisen mit Pflasterdecke für Fahrbahnen auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau gemäß den RStO	90
Tabelle A 10:	Bauweisen mit Pflasterdecke oder Plattenbelag für Rad- und Gehwege auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau gemäß den RStO	91
Tabelle A 11:	Ergebnisse von berechneten Belastungsklassen anhand unterschiedlicher Busverkehrsbelastungen	95
Tabelle B 1:	Klassifikation von Bodengruppen nach ihrer Frostempfindlichkeit gemäß den ZTV E-StB einschließlich Beschreibung und Eigenschaftsangaben nach der DIN 18196	98

1 Einleitung

Pflasterbefestigungen sind mehrschichtig aufgebaute Oberbaukonstruktionen zur Aufnahme von statischen und dynamischen Verkehrslasten. Sie bestehen – neben der Pflasterdecke – in den meisten Fällen aus einer Frostschutzschicht und – als zusätzliche Tragschicht – aus einer Tragschicht ohne Bindemittel (ToB) oder einer Tragschicht mit Bindemittel (TmB). Eine Tragschicht ohne Bindemittel (ToB) ist im Allgemeinen eine Schottertragschicht (STS) oder eine Kiestragschicht (KTS). Eine Tragschicht mit Bindemittel (TmB) ist eine Dränbetontragschicht (DBT) oder eine wasserdurchlässige Asphalttragschicht (WDA).

den darunter angeordneten Tragschichten bilden den „Oberbau“.

Werden mehrere Tragschichten angeordnet, so befinden sich steifere Tragschichten oberhalb der weniger steifen Schichten, zum Beispiel Schottertragschicht auf Frostschutzschicht oder gebundene Tragschicht auf ungebundener Tragschicht.

Der Oberbau wird im Allgemeinen auf dem anstehenden und entsprechend vorbereiteten Boden, der als „Untergrund“ bezeichnet wird, aufgebaut. Ist zunächst eine Schüttung erforderlich, zum Beispiel in Dammbereichen, wird diese als „Unterbau“ bezeichnet.

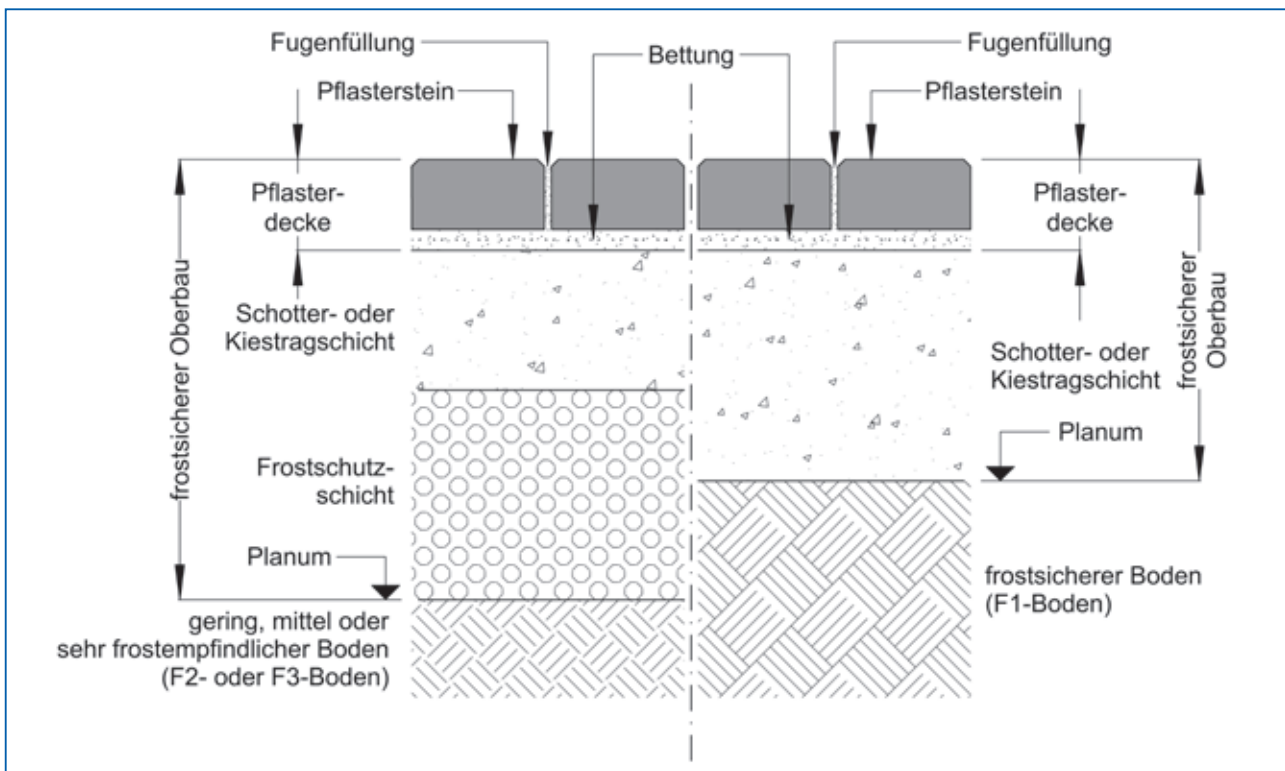


Bild 1: Beispielhafter Aufbau einer Verkehrsflächenbefestigung mit Pflasterdecke in Abhängigkeit von der Frostepfindlichkeit des Bodens

Das Bild 1 zeigt beispielhaft den Schichtenaufbau in Abhängigkeit von der Frostepfindlichkeit des Bodens.

Pflasterbefestigungen erreichen bei sachgerechter Planung und Ausführung sowie unter der für die Planung vorausgesetzten Belastung durch den Verkehr eine Nutzungsdauer, die der anderer Bauweisen für Verkehrsflächen entspricht.

Unter dem Begriff „Pflaster“ versteht man die Pflastersteine einschließlich der Fugenfüllung. Der Begriff „Pflasterdecke“ hingegen benennt das Pflaster einschließlich der Bettung, das heißt, die Pflasterdecke besteht aus Pflastersteinen, Fugenfüllung und Bettung. Der darunter befindliche Aufbau wird als „Unterlage“ für die Pflasterdecke bezeichnet. Die Pflasterdecke mit

Die vor der Herstellung des Oberbaus profil- und höhen- gerecht hergestellte sowie verdichtete Oberfläche des Unterbaus/Untergrunds ist das „Planum“.

Wie Erfahrungen zeigen, führen eine fehlerhafte Planung, insbesondere eine unzulängliche Ausschreibung, oder nicht fachgerechte Ausführung leider immer wieder zu Schäden. Häufige Planungsfehler sind zum Beispiel eine unzutreffende Abschätzung der zu erwartenden Verkehrsbelastung, die Auswahl einer falschen Schichtenart oder ungeeigneter Baustoffe. Häufige Ausführungsfehler sind zum Beispiel unzureichende Verdichtung der Schichten, ungleichmäßige Bettungsdicke, zu geringe Fugenbreiten und nicht oder unvollständig gefüllte Fugen.

Die Schäden werden in der Regel zuerst an der Oberfläche sichtbar und beeinträchtigen oftmals die Gebrauchsfähigkeit der Verkehrsfläche, gegebenenfalls sogar deren Verkehrssicherheit.

Folgende Schadensbilder sind typisch:

- Verformungen der Pflasterdecke (horizontale und/oder vertikale Verschiebungen der Pflastersteine)
- klappernde Pflastersteine, verschobene und uneben liegende Pflastersteine

Folgende Schadensursachen sind häufig:

- unzureichende Einschätzung der zu erwartenden Verkehrsbelastung, insbesondere den Schwerverkehr betreffend
- zu geringe Wasserdurchlässigkeit der Bettung und/oder der Tragschicht
- ungleichmäßige oder zu große Dicke der Bettung
- offene oder teilentleerte Fugen.

Schäden an Pflasterbefestigungen werden oftmals vorschnell und ohne nähere Prüfung der Umstände den verwendeten Pflastersteinen angelastet. Erfahrungsgemäß ist jedoch die überwiegende Zahl der Schäden an Pflasterbefestigungen nicht auf Qualitätsmängel der verwendeten Steine zurückzuführen.

2 Anwendungsbereich

Dieses Technische Handbuch gibt Hinweise und Empfehlungen für die Planung, Ausführung und Erhaltung von Pflasterbefestigungen mit Betonpflastersteinen, die auf einer durchlässigen Unterlage ausgeführt werden.

In diesem Handbuch werden ausschließlich Pflasterdecken mit Betonsteinen in ungebundener Bauweise behandelt.

Für Pflasterdecken, die auf Gebäuden oder Tiefgaragendecken ausgeführt werden sollen, kann dieses Technische Handbuch herangezogen werden, sofern auf der undurchlässigen Unterlage zunächst ausreichend dimensionierte und den einschlägigen Technischen Regelwerken entsprechende Tragschichten angeordnet werden und die undurchlässige Unterlage wie ein undurchlässiges Planum, zum Beispiel ein F3-Boden (siehe ZTV E-StB), betrachtet wird.

Ergibt sich nach einer Berechnungsmethode gemäß den RStO eine dimensionierungsrelevante Beanspruchung von mehr als 3,2 Mio. äquivalenten 10-t-Achsübergängen innerhalb des vorgesehenen Nutzungszeitraums, sollte von einer Befestigung mit Pflasterdecke abgesehen werden.

Dieses Technische Handbuch berücksichtigt Pflastersteine aus Beton mit einer Gesamtlänge von ≤ 400 mm und mit einer Grundfläche von grundsätzlich ≤ 1.024 cm².

Sollen in Ausnahmefällen und mit Verweis auf regional positive Erfahrungen Pflasterdecken mit Betonsteinen hergestellt werden, die eine Grundfläche über 1.024 cm² bis maximal 1.600 cm² aufweisen, sollten die entsprechenden Pflasterdecken lediglich einer untergeordneten Belastung oder dem Geh- und Radverkehr ausgesetzt sein.

Dieses Technische Handbuch kann als Ergänzung zu den Technischen Regelwerken, welche sich im Grundsatz mit Pflasterdecken in ungebundener Bauweise befassen, herangezogen werden. Diese Technischen Regelwerke sind (in alphabetischer Reihenfolge und ohne Anspruch auf Vollständigkeit):

- *Merkblatt für Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen in ungebundener Ausführung (M FP)*
- *VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Pflasterdecken und Plattenbeläge, Einfassungen (ATV DIN 18318)*
- *Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen (ZTV Pflaster-StB).*

Dieses Technische Handbuch berücksichtigt nicht die Bauweisen für versickerungsfähige Pflasterdecken, für Lärmarme Pflasterdecken, für Bankettbefestigungen und mit Großformaten, für die andere als die hier beschriebenen Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise zutreffen bzw. zutreffen können.

Inhalte dieses Handbuchs können für die entsprechenden Bauweisen, zum Beispiel im Rahmen bauvertraglicher Vereinbarungen, herangezogen werden. Voraussetzung dafür ist jedoch, dass die entsprechenden Formulierungen eindeutig, unmissverständlich und erschöpfend sind. Eine bauvertragliche Vereinbarung dieses Handbuchs als Ganzes ist nicht zweckdienlich, weil zur Umsetzung bestimmter Bauweisen oftmals mehrere geeignete Optionen beschrieben werden, die bauvertragliche Vereinbarung jedoch eindeutige Festlegungen fordert.

3 Begriffe

Es gelten grundsätzlich die Begriffsbestimmungen der einschlägigen Technischen Regelwerke (siehe Abschnitt 6), die gemäß *den Begriffsbestimmungen für das Straßen- und Verkehrswesen (BBSV)* sowie die nachstehenden.

Angeformte Profile

An den Seitenflächen eines Pflastersteins (oder einer Platte) angeformte, im Allgemeinen senkrecht zur Produktunterseite angeordnete, funktionale Profile, die unterschiedliche Aufgaben erfüllen.

Anmerkung 1: Angeformte Profile haben entweder die Funktion, die Produktkanten gegen Beschädigungen durch werksseitige Transporte, zum Beispiel beim Ab stapeln, zu schützen oder sie dienen zur Erhöhung des Verschiebewiderstandes innerhalb des verlegten und ausgefugten Belages.

Anmerkung 2: Angeformte Profile geben nicht das Maß der fachgerechten Fugenbreite vor.

Anmerkung 3: Die DIN EN 1338 definiert kleine, an der Seite eines Pflastersteins vorstehende Profile als „Abstandhalter“, womit jedoch nur eine der oben beschriebenen Funktionen gemeint ist.

Einfassung

Begrenzung einer Flächenbefestigung, zum Beispiel mit Pflasterdecke (oder Plattenbelag), als Randeinfassung und/oder Entwässerungsrinne.

Fugenschlussmaterial

Baustoffgemisch, mit welchem der obere Bereich der Fuge abschließend gefüllt werden kann, um die Stabilisierung des eingebrachten Fugenmaterials zu fördern. Quelle: ZTV Pflaster-StB

Gesamtbreite

Die kürzere Seite des kleinstmöglichen Rechtecks, welches den Pflasterstein ausschließlich etwaig angeformter Profile umschließen kann.

Anmerkung: Sinngemäß aus DIN EN 1338.

Gesamtlänge

Die längere Seite des kleinstmöglichen Rechtecks, welches den Pflasterstein ausschließlich etwaig angeformter Profile umschließen kann.

Anmerkung: Sinngemäß aus DIN EN 1338.

Grundfläche

Gesamtbreite multipliziert mit Gesamtlänge.

Haftvermittler

Bauprodukt zur Verbesserung des Haftverbundes an der Grenzfläche zwischen Bauteilen. Quelle: M FG

Anmerkung: Andere gebräuchliche Begriffe für Haftvermittler sind zum Beispiel Haftbrücke oder Haftschlämme.

Pflasterstein aus Beton

Befestigungselement aus Beton mit einem Verhältnis von Gesamtlänge zu Dicke von ≤ 4 für Pflasterdecken.

Anmerkung 1: Ein Pflasterstein aus Beton wird gemäß der DIN EN 1338 wie folgt definiert: „Ein vorgefertigtes Erzeugnis aus Beton, das als Belagsmaterial für Ober-

flächen verwendet wird und die folgenden Bedingungen erfüllt: in einem Abstand von 50 mm von jeder Kante weist kein Querschnitt ein horizontales Maß von weniger als 50 mm auf; seine Gesamtlänge dividiert durch seine Dicke ist kleiner oder gleich vier; diese beiden Bedingungen gelten nicht für Ergänzungssteine“.

Anmerkung 2: Ein Pflasterstein aus Beton im Sinne dieses Technischen Handbuchs weist eine Gesamtlänge von ≤ 400 mm und eine Grundfläche von ≤ 1.024 cm² auf.

Pflasterdecke, ungebunden

Oberste Schicht des Oberbaus aus Befestigungselementen in Form von Pflastersteinen einschließlich Bettung und Fugenfüllung.

Anmerkung 1: Bei der ungebundenen Pflasterdecke werden für Bettung und Fugenfüllung Baustoffgemische ohne Bindemittel verwendet.

Anmerkung 2: Zu ungebundenen Pflasterdecken zählen auch solche, bei denen das dauerhafte Verschließen des oberen Bereichs der Fugen mit Pflasterfugenmasse gemäß den ZTV Fug-StB oder ansonsten mit ungebundenem Fugenmaterial verfüllten Fugen erfolgt. Sinngemäß aus M FP

Regelbauweise

Im Sinne dieses Technischen Handbuchs: Bauweise, die in einem technischen Regelwerk beschrieben ist, welches unter Berücksichtigung der neuesten Ergebnisse aus Forschung und Praxis unter Beteiligung der einschlägigen Fachkreise (Verwaltung, Wirtschaft und Wissenschaft) erarbeitet wurde, und als vertragliche Vereinbarung geeignet ist.

Anmerkung: Erfüllt wird dies im Allgemeinen nur von so genannten R1-Regelwerken der FGSV, zum Beispiel RStO, ZTV, TL, die vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur eingeführt sind. Andere mögliche Bezeichnungen für „Regelbauweise“ sind „geregelte Bauweise“ oder „standardisierte Bauweise“.

Unterlage

Bereich unterhalb einer herzustellenden Schicht im Verkehrswegebau. Quelle: M FP

Anmerkung: Der Bereich kann unterhalb der Pflasterdecke, des Plattenbelages oder dem Fundament für die Einfassung sein.

Verband

Die geometrische Anordnung, in der die Befestigungselemente, das heißt, unter anderem die Pflastersteine, versetzt bzw. verlegt werden. Quelle: ZTV Pflaster-StB

Verkehrsfläche

Fläche, die dem Verkehr dient oder zu dienen bestimmt ist. Anmerkung: Dabei wird unter „Verkehr“ hier die Ortsveränderung von Personen und Gütern verstanden.

4 Einsatzbereiche und Einsatzgrenzen von Betonpflasterbefestigungen

Innerörtliche Verkehrsräume werden entsprechend der Entwurfsphilosophie des „ganzheitlichen Straßenraum-entwurfs“ geplant. Die Planung erfolgt unter Abwägung der funktionalen Nutzungsansprüche an den Verkehrsraum unter Wahrung der städtebaulichen Zusammenhänge. Daneben werden gestalterische und ökologische Belange sowie auch solche der Barrierefreiheit berücksichtigt. Der Einsatz von Betonpflasterdecken kommt den formulierten Ansprüchen in besonderer Weise nach.

Die Anwendungsmöglichkeiten für Betonpflastersteine sind ausgesprochen vielfältig. Dies ist darauf zurückzuführen, dass neben den gestalterischen auch hohe bautechnische Anforderungen mit Betonpflasterdecken erfüllt werden können. Die große Auswahl an Formen, Größen und Farben sowie bei den Oberflächentexturen und Oberflächenschutzsystemen trägt wesentlich zur breiten Palette der Einsatzmöglichkeiten bei. Aber auch ökonomische Gründe sowie Kriterien im Gesamtkontext Nachhaltigkeit führen häufig zur Wahl von Betonpflasterbauweisen.

Bei der Planung von Verkehrsflächen mit einer Pflasterdecke wird dem gestalterischen Aspekt häufig die maßgebende Bedeutung zugesprochen. Es ist jedoch unabdingbar, die bautechnischen Belange und die gestalterischen Anforderungen so in Einklang zu bringen, dass sowohl die Anforderungen an Funktionalität und Ästhetik als auch eine weitgehend schadensfreie Nutzungsdauer erzielt werden können.

Die Tabelle 1 zeigt die Einsatzbereiche von Betonpflasterbefestigungen unter Berücksichtigung der Belastungsart. Die Übergänge sind fließend. Das Anforderungsniveau ist nicht allein von der Art der Belastung, sondern auch von den Ansprüchen des Bauherrn bzw. des Nutzers abhängig.

Auf Fahrbahnen mit Pflasterdecke besteht beim Befahren mit Fahrgeschwindigkeiten ab etwa 60 km/h aufgrund ihrer Ebenheitsmerkmale ein eingeschränkter Fahrkomfort. Betonpflasterdecken sollten daher für Straßen, die mit höheren Geschwindigkeiten befahren werden, nicht verwendet werden. Eine weitere Einsatzgrenze ergibt sich aus der zu erwartenden Verkehrsbelastung. Die Pflasterbauweise ist für Verkehrsflächen, die der Belastungsklasse Bk100, Bk32 oder Bk10 gemäß den RStO zugeordnet werden können, nicht standardisiert.

Es wird ausdrücklich empfohlen, die Verkehrsbelastung auf der Grundlage der dimensionierungsrelevanten Beanspruchung B einzuschätzen. Die Berechnungsmethoden sind in den RStO bzw. im Abschnitt 7 und dem Anhang A 1 dieses Handbuchs zu entnehmen. Die Festlegung der Belastungsklasse für Verkehrsflächen nach der Entwurfssituation (Tabelle A 2) bzw. für Bus-

verkehrsflächen nach der Anzahl der Busbefahrungen/Tag (Tabelle A 3) sind ausgesprochen risikobehaftet und sollten nur in Ausnahmefällen Anwendung finden (siehe auch Anhang A 2), wenn eine Berechnung von B auf der Grundlage des DTV^(SV) (durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke des Schwerverkehrs) oder gemessenen/berechneten Achslasten nicht möglich ist.

Ergibt sich nach einer Berechnungsmethode gemäß den RStO eine dimensionierungsrelevante Beanspruchung von mehr als 3,2 Mio. äquivalenten 10-t-Achsübergängen innerhalb des vorgesehenen Nutzungszeitraums, sollte von einer Befestigung mit Pflasterdecke abgesehen werden.

Grundstückszufahrten und Hofflächen für Wohngebäude, welche auch nur gelegentlich von Fahrzeugen des Schwerverkehrs befahren werden, zum Beispiel zur Zustellung und Abholung von Absetzmulden, sollten mindestens der Belastungsklasse Bk0,3 gemäß den RStO zugeordnet werden.

Es wird empfohlen, für Betonpflasterbauarbeiten stets die ZTV Pflaster-StB als bauvertragliche Grundlage zu vereinbaren.

Tabelle 1: Einsatzbereiche für Betonpflasterbefestigungen unter Berücksichtigung der Belastungsart

Belastungsart	Beispiele für die Verkehrsbelastung	Beispiele für Einsatzbereiche und Verkehrsflächen	
untergeordnete Belastung ¹⁾	<ul style="list-style-type: none"> • ausschließlich Nutzung durch Fußgänger • Nutzung durch Fahrzeuge – auch Pkw und Fahrzeuge des Unterhaltungsdienste – sind ausgeschlossen 	<ul style="list-style-type: none"> • Flächen im privaten Wohnumfeld • Freibäder • Schulhöfe • Gehwege 	gilt bei baulicher Trennung zu Verkehrsflächen mit Fahrzeugnutzung
Geh- und Radverkehr	<ul style="list-style-type: none"> • Nutzung durch Fußgänger und Fahrzeuge des Unterhaltungsdienstes, keine weitere – auch nur gelegentliche Nutzung – durch andere Fahrzeuge zugelassen 	<ul style="list-style-type: none"> • Geh- und Radwege • Bahnsteige ohne Nutzung durch Schwerfahrzeuge 	
nach den RStO klassifizierbare Verkehrsbelastung bis max. Bk1,8	<ul style="list-style-type: none"> • Nutzung durch Pkw • Nutzung durch Fahrzeuge des Schwerverkehrs ³⁾ (B ≤ 1,8 Mio.) ²⁾ 	<ul style="list-style-type: none"> • Abstell- und Einstellflächen für regelmäßige Pkw-Nutzung • Plätze, Fußgängerbereiche und andere Verkehrsflächen, die von Pkw und/oder Fahrzeugen, z. B. der Straßenreinigung oder für Ver- und Entsorgungszwecke, befahren werden • öffentlich, gewerblich oder betrieblich genutzte Straßen und Flächen • Gebäudevorfahrten, Plätze und andere Verkehrsflächen, auf denen Veranstaltungen stattfinden • Fußgängerzonen und andere Fußgängerverkehrsflächen ohne Andienungs- und Ladeverkehr • Wohnstraßen und Wohnwege, Erschließungsstraßen, Sammelstraßen • Rettungswege, Feuerwehruzufahrten • Busverkehrsflächen 	
nach den RStO klassifizierbare Verkehrsbelastung Bk3,2	<ul style="list-style-type: none"> • Nutzung durch Fahrzeuge des Schwerverkehrs ³⁾ (B > 1,8 bis ≤ 3,2 Mio.) ²⁾, diese Flächen unterliegen generell besonderen Beanspruchungen ⁴⁾ nach den RStO 	<ul style="list-style-type: none"> • Busverkehrsflächen, Fußgängerzonen, Verkehrsflächen in Gewerbegebieten mit häufiger Frequentierung durch Fahrzeuge des Schwerverkehrs ³⁾ 	
außergewöhnliche Belastung ⁵⁾	<ul style="list-style-type: none"> • hohe Horizontalkräfte • hohe statische Lasten • hohe mechanische Verschleißbeanspruchung • besonders hohe, für öffentliche Straßen nicht zugelassene Rad- oder Achslasten 	<ul style="list-style-type: none"> • Kreisverkehrsflächen ⁶⁾ • Containerabstell- und -umschlagplätze • Zufahrten zu Hafenanlagen • Straßen und Flächen für militärische Fahrzeuge • Flugbetriebsflächen 	

¹⁾ Verkehrsflächen mit untergeordneter Belastung werden in den RStO nicht gesondert behandelt.
²⁾ Dimensionierungsrelevante Beanspruchung B nach den RStO – Summe der gewichteten äquivalenten 10-t-Achsübergänge [Mio].
³⁾ Fahrzeuge ab 3,5 t zul. Gesamtgewicht.
⁴⁾ Besondere Beanspruchungen gemäß den RStO sind z. B. Spur fahrender Verkehr, enge Kurvenradien, häufige Brems- und Beschleunigungsvorgänge. Rangiervorgänge insbesondere auf engem Raum können für Pflasterbefestigungen den Besonderen Beanspruchungen zugeordnet werden. Es sollten vorzugsweise gebundene wasserdurchlässige Tragschichten angewendet werden.
⁵⁾ Verkehrsflächen mit außergewöhnlichen Belastungen werden in den RStO grundsätzlich nicht behandelt. Einzelfalluntersuchungen sind in der Regel erforderlich.
⁶⁾ Siehe auch RStO, Abschnitt 2.5.1.

5 Pflastersteine aus Beton

5.1 Allgemeines

Pflastersteine aus Beton werden unter Beachtung der Anforderungen der europäisch harmonisierten Norm DIN EN 1338 hergestellt und auf Grundlage der Bauproduktenverordnung (EU-BauPVO) in den Verkehr gebracht.

Pflastersteine aus Beton weisen generell ein Verhältnis von Gesamtlänge zu Nenndicke von ≤ 4 auf (siehe zum

Beispiel DIN EN 1338). Sie unterscheiden sich somit begrifflich und geometrisch eindeutig von Platten aus Beton nach DIN EN 1339, bei denen das Verhältnis von Gesamtlänge zu Nenndicke stets > 4 ist. Pflastersteine, die eine Gesamtlänge von mehr als 400 mm und eine Nenndicke von mehr als 100 mm aufweisen, werden im deutschen Regelwerk als Großformate bezeichnet (vgl. auch M FG).

Während die Norm DIN EN 1338 keine Größenbegrenzung für Pflastersteine aus Beton vorsieht, ist in den ZTV Pflaster-StB der Geltungsbereich auf solche

Pflastersteine beschränkt, die eine Gesamtlänge von maximal 400 mm und eine Grundrissfläche (Gesamtlänge × Gesamtbreite) von maximal 1.024 cm² aufweisen.

5.2 Normative Anforderungen

5.2.1 Allgemeines

Pflastersteine aus Beton müssen die Anforderungen der DIN EN 1338 erfüllen. Soweit diese Norm für Produkteigenschaften die Auswahl einer Klasse zulässt, ist eine bestimmte Klasse in den TL Pflaster-StB geregelt. Die TL Pflaster-StB sind notwendig, um die europäischen Normen für Straßenbauerzeugnisse, unter anderem Pflastersteine aus Beton, im deutschen Regelwerk umzusetzen und damit die Anforderungen an Straßenbauerzeugnisse auf die für Deutschland vorhandenen Gegebenheiten, zum Beispiel klimatische Verhältnisse, anzupassen.

5.2.2 Zulässige Maßabweichungen

Die zulässigen Abweichungen von den Maßen der Pflastersteine sind der Tabelle 2 zu entnehmen.

5.2.3 Witterungswiderstand

Pflastersteine aus Beton, die im Außenbereich eingesetzt werden, müssen widerstandsfähig gegen Frost-Tausalz-Beanspruchung sein. Von den drei in der DIN EN 1338 zur Auswahl stehenden Klassen wurde in den TL Pflaster-StB die höchste Klasse, das heißt die Klasse 3 (Kennzeichnung „D“), festgelegt.

Danach muss der nach dem Prüfverfahren gemäß DIN EN 1338 unter Beanspruchung durch Frost und Tausalz (Natriumchlorid – NaCl) bestimmte Masseverlust an den Pflastersteinen $\leq 1,0 \text{ kg/m}^2$ (Mittelwert) und $\leq 1,5 \text{ kg/m}^2$ (Einzelwert) betragen.

5.2.4 Mechanische Festigkeit

Pflastersteine aus Beton müssen eine ausreichende mechanische Festigkeit aufweisen. Es gelten die Anforderungen der TL Pflaster-StB bzw. der DIN EN 1338, das heißt die Spaltzugfestigkeit muss grundsätzlich

Tabelle 2: Zulässige Maßabweichungen bei Pflastersteinen aus Beton nach DIN EN 1338 bzw. TL Pflaster-StB

Maß		zulässige Maßabweichungen	Bemerkung
Pflastersteine mit Nenndicke < 100 mm	Länge	± 2 mm	entspricht der DIN EN 1338 und den TL Pflaster-StB
	Breite	± 2 mm	
	Dicke	± 3 mm	
Pflastersteine mit Nenndicke ≥ 100 mm	Länge	± 3 mm	entspricht der DIN EN 1338 und den TL Pflaster-StB
	Breite	± 3 mm	
	Dicke	± 4 mm	
Differenz zweier beliebiger Messungen der Nenndicke eines einzelnen Pflastersteins		≤ 3 mm	entspricht der DIN EN 1338 und den TL Pflaster-StB
Differenz zwischen den beiden Flächendiagonalen (gilt nur für rechteckige Pflastersteine und wenn deren Diagonale > 300 mm beträgt)		≤ 3 mm	entspricht der Klasse 2 der DIN EN 1338 und den TL Pflaster-StB
konvexe Wölbung bei planmäßig ebener Oberseite (gilt nur für Pflastersteine mit einer größten Länge von > 300 mm)	Messlänge 300 mm	≤ 1,5 mm	entspricht der DIN EN 1338 und den TL Pflaster-StB
	Messlänge 400 mm	≤ 2,0 mm	
konkave Wölbung bei planmäßig ebener Oberseite (gilt nur für Pflastersteine mit einer größten Länge von > 300 mm)	Messlänge 300 mm	≤ 1,0 mm	
	Messlänge 400 mm	≤ 1,5 mm	
Dicke der Versatsschicht bei zweischichtigen Pflastersteinen		–	≥ 4 mm über den Bereich, den der Hersteller als Versatsschicht bezeichnet (Messung nach DIN EN 1338, Anhang C)

≥ 3,6 MPa (charakteristischer Mittelwert) und grundsätzlich ≥ 2,9 MPa (Einzelwert) betragen. Zusätzlich muss die Bruchlast, die im Zuge der Bestimmung der Spaltzugfestigkeit zu dokumentieren ist, ≥ 250 N/mm betragen.

5.2.5 Abriebwiderstand

Pflastersteine aus Beton müssen einen ausreichenden Abriebwiderstand aufweisen. Von den drei in der DIN EN 1338 zur Auswahl stehenden Klassen wurde in den TL Pflaster-StB die höchste Klasse, das heißt die Klasse 4 (Kennzeichnung „I“), festgelegt.

Danach muss der nach dem Prüfverfahren gemäß DIN EN 1338, Anhang H, bestimmte Abrieb an jedem Probekörper ≤ 18000 mm³/5000 mm² betragen.

5.2.6 Gleit-/Rutschwiderstand

Pflastersteine aus Beton müssen einen ausreichenden Gleit-/Rutschwiderstand aufweisen. Dies ist normalerweise bei diesen Produkten gegeben, sofern ihre Oberseite nicht einer Oberflächenbehandlung unterzogen wurde, die zu einer besonders glatten Oberseite führt (vgl. DIN EN 1338).

In der Planungsphase ist zu beachten, dass sich die Oberseite der Pflastersteine aus Beton – je nach verwendeter Gesteinskörnung im Vorsatzbeton und Oberflächenbearbeitung – durch Einbau, Nutzung und Alterung verändern kann. Daher gelten die Angaben der Hersteller bezüglich des Rutschwiderstandes nur für den Auslieferungszustand.

Der Gleit-/Rutschwiderstand bleibt in der Regel während der Nutzungsdauer erhalten. Voraussetzung dafür ist, dass die Pflasterdecke den üblichen Pflege- und Erhaltungsmaßnahmen unterliegt. Die Beurteilung der Dauerhaftigkeit des Gleit-/Rutschwiderstandes kann nach der CEN/TS 12633 erfolgen. Weitere Hinweise können dem *Merkblatt über den Rutschwiderstand von Pflasterdecken und Plattenbelägen für den Fußgängerverkehr* (Merkblatt, 2020) entnommen werden.

Eine Untersuchung speziell zur Rutschhemmung von geschliffenen Betonwaren (Windhövel, Wetzel & Ulonska, 2010) hat zum Beispiel gezeigt, dass dem Einsatz von geschliffenen Betonwaren in öffentlichen und privaten Fußgängerverkehrsflächen in Außenbereichen aus dem Blickwinkel einer ausreichenden Rutschhemmung grundsätzlich nichts entgegensteht. Jedoch sind auch einige Nutzungseinschränkungen zu beachten. Weitere Informationen sind der genannten Quelle zu entnehmen. Sollen Pflastersteine mit geschliffener Oberfläche für befahrbare Verkehrsflächen eingesetzt werden, sollte die Fahrgeschwindigkeit auf den entsprechenden Flächen nicht über Schrittempo hinausgehen.

5.3 Anforderungen für das Inverkehrbringen nach Bauproduktenverordnung

5.3.1 Leistungserklärung

Der Nachweis der Eignung eines harmonisierten Bauprodukts für den vorgesehenen Verwendungszweck erfolgt auf der Grundlage der Leistungserklärung gemäß Artikel 4 und Anhang III der EU-BauPVO. Die Leistungserklärung erstellt der Hersteller oder dessen Bevollmächtigter. Sie beinhaltet die vollständige Deklaration aller für den betreffenden Verwendungszweck erforderlichen Wesentlichen Merkmale¹, die dem Anhang ZA der jeweiligen Produktnorm zu entnehmen sind (siehe auch Tabelle 3). Mit der Unterschrift des Verantwortlichen wird Zuständigkeit und Verantwortung für die Einhaltung der deklarierten Leistung für den Verwender des entsprechenden Bauprodukts gewährleistet. Ein Beispiel für eine Leistungserklärung ist im Bild 2 angegeben.

Die Leistungserklärung begleitet entweder das Produkt in gedruckter Form, zum Beispiel als Etikett, Beileger oder als Anlage zum Lieferschein, oder sie wird parallel zur Lieferung des Produktes elektronisch zur Verfügung gestellt, zum Beispiel per E-Mail, CD, USB oder Telefax. Das unterzeichnete Original einer Leistungserklärung behält der Hersteller in der Regel in seinen Unterlagen, unter anderem für den Fall, dass eine Fassung in gedruckter Form nachträglich angefordert wird.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die Leistungserklärung im Internet bereit zu stellen. Dies kann der Hersteller über eine von ihm oder Dritten betriebene Homepage, zum Beispiel DoP-CAP, erledigen. Es muss bei der Online-Bereitstellung sichergestellt sein, dass die Leistungserklärung nicht nachträglich geändert oder manipuliert werden kann. Zudem muss die Leistungserklärung ständig verfügbar und über den in der EU-BauPVO angegebenen Mindestzeitraum von 10 Jahren zugänglich sein.

Zuständig für die Bereitstellung der Leistungserklärung ist immer der direkte Vertragspartner des Käufers/Abnehmers. Das bedeutet zum Beispiel für die Abwicklung einer Lieferung über den Baustoff-Fachhandel, dass der betreffende Händler für die Bereitstellung der Leistungserklärung zuständig ist.

¹⁾ In der DIN EN 1338 wird noch der zwischenzeitlich abgelöste Begriff „Wesentliche Eigenschaft“ verwendet.

Tabelle 3: Wesentliche Merkmale von Pflastersteinen aus Beton gemäß Anhang ZA der DIN EN 1338

Wesentliches Merkmal	Art der Verwendung
Brandverhalten	Bodenbelag in Räumen
Verhalten bei Brandeinwirkung von außen	Bodenbelag und auf Dächern
Freisetzung von Asbest	Bodenbelag in Räumen, im Freien und auf Dächern
Bruchfestigkeit (Spaltzugfestigkeit)	Bodenbelag in Räumen und im Freien
Gleit-/Rutschwiderstand	Bodenbelag in Räumen und im Freien
Wärmeleitfähigkeit	Bodenbelag in Räumen, im Freien und auf Dächern
Dauerhaftigkeit der Bruchfestigkeit (Spaltzugfestigkeit)	Bodenbelag im Freien
Dauerhaftigkeit des Gleit-/Rutschwiderstandes	Bodenbelag in Räumen und im Freien

Leistungserklärung Nr.			
XXXXX_TP1338_YY_12-07-02_ZZ			
Eindeutiger Kenncode des Produkttyps: Pflasterstein aus Beton – EN1338 – Rau – USRV <i>nicht bestimmt</i>			
Verwendungszweck als Bodenbelag im Freien, in Räumen und auf Dächern			
Hersteller Fa. Mustermann GmbH · Industriestraße · D-00000 Pflasterstadt			
System zur Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit System 4			
harmonisierte Norm: EN 1338:2003 und EN 1338:2003/AC:2006			
Erklärte Leistung			
Wesentliche Merkmale	Leistung		
	als Bodenbelag im Freien	als Bodenbelag in Räumen	als Belag auf Dächern
Brandverhalten		Klasse A1	
Verhalten bei Brandeinwirkung von außen			ausreichend
Freisetzung von Asbest	nicht enthalten	nicht enthalten	nicht enthalten
Bruchfestigkeit (Spaltzugfestigkeit)	erfüllt	erfüllt	
Gleit-/Rutschwiderstand	ausreichend	ausreichend	
Dauerhaftigkeit	Dauerhaftigkeit der Festigkeit	ausreichend	ausreichend
	Dauerhaftigkeit des Gleit-/Rutschwiderstandes	ausreichend	ausreichend
Wärmeleitfähigkeit		$\lambda_{10, trocken} = 1,56 \text{ W/(mK)}$	
<p>Die Leistung des vorstehenden Produkts entspricht der erklärten Leistung. Für die Erstellung dieser Leistungserklärung im Einklang mit der Verordnung Nr. 305/2011 ist allein der Hersteller verantwortlich. Unterzeichnet für den Hersteller und im Namen des Herstellers von:</p> <p>_____</p> <p>Name und Funktion</p> <p>_____</p> <p>Ort und Datum der Ausstellung Unterschrift</p>			

Bild 2: Beispiel für eine Leistungserklärung für Pflastersteine aus Beton nach DIN EN 1338, bei denen der Gleit-/Rutschwiderstand nicht bestimmt wurde

5.3.2 CE-Kennzeichnung

Zur äußeren Erkennbarkeit, dass die Übereinstimmung mit den Anforderungen der harmonisierten Norm und der EU-BauPVO gegeben ist, versieht der Verantwortliche (in der Regel der Hersteller) die Pflastersteine aus Beton mit der CE-Kennzeichnung. Diese ist üblicherweise auf der Verpackung zu finden oder der Verpackung beigefügt; sie kann aber auch mittels der Begleitpapiere erfolgen, zum Beispiel im Lieferschein. Die CE-Kenn-

zeichnung wird häufig auch schon über einen, zum Beispiel am Paket angebrachten, QR-Code bereitgestellt. Sie besteht aus einer Reihe von Angaben sowie dem weithin bekannten Bildzeichen „CE“. Ein Beispiel für eine CE-Kennzeichnung – passend zur Leistungserklärung im Bild 2 – ist im Bild 3 angegeben. Die CE-Kennzeichnung ist im Allgemeinen kein Qualitätszeichen, sondern dokumentiert, dass die betreffenden Produkte den EU-Bestimmungen genügen und im Europäischen Wirtschaftsraum frei gehandelt werden dürfen.


			
Bezugsnummer der Leistungserklärung: XXXXX_TP1338_YY_12-07-02_ZZ			
Eindeutiger Kenncode des Produkttyps gemäß Leistungserklärung: Pflasterstein aus Beton – EN1338 – Rau – USRV <i>nicht bestimmt</i>			
Verwendungszweck als Bodenbelag im Freien, in Räumen und auf Dächern			
Hersteller Fa. Mustermann GmbH · Industriestraße · D-00000 Pflasterstadt			
EN 1338:2003 und EN 1338:2003/AC:2006			
Wesentliche Merkmale	Leistung		
	als Bodenbelag im Freien	als Bodenbelag in Räumen	als Belag auf Dächern
Brandverhalten		Klasse A1	
Verhalten bei Brandeinwirkung von außen			ausreichend
Freisetzung von Asbest	nicht enthalten	nicht enthalten	nicht enthalten
Bruchfestigkeit (Spaltzugfestigkeit)	erfüllt	erfüllt	
Gleit-/Rutschwiderstand	ausreichend	ausreichend	
Dauerhaftigkeit	Dauerhaftigkeit der Festigkeit	ausreichend	ausreichend
	Dauerhaftigkeit des Gleit-/Rutschwiderstandes	ausreichend	ausreichend
Wärmeleitfähigkeit		$\lambda_{10, trocken} = 1,56 \text{ W/(mK)}$	

Bild 3: Beispiel für eine CE-Kennzeichnung für Pflastersteine aus Beton nach DIN EN 1338 passend zur Leistungserklärung gemäß Bild 2

5.3.3 Zusätzliche Herstellerangaben

Neben den Wesentlichen Merkmalen, die für ein harmonisiertes Bauprodukt in der Leistungserklärung und in der CE-Kennzeichnung zu deklarieren sind, gibt es natürlich noch weitere, durchaus auch in der DIN EN enthaltene Eigenschaften oder Anforderungen, die als Information für den Kunden oder Anwender wichtig sind, und die in aller Regel vom Hersteller auch leicht

erkennbar angegeben werden. Als in der DIN EN 1338 genormte Eigenschaften, die jedoch keine Wesentlichen Merkmale gemäß Anhang ZA sind, kommen dafür zum Beispiel infrage: Abmessungen einschließlich der zulässigen Abweichungen und Abriebwiderstand. Als nicht in der DIN EN 1338 behandelte Eigenschaften kommen dafür zum Beispiel infrage: Farbe der Pflastersteine, Gewicht, Stückzahl pro Palette oder Lage usw.

Werden derartige Angaben vom Hersteller deklariert, zum Beispiel auf einem Etikett am Paket oder einem Beileger zum Produkt, hat dies so zu erfolgen, dass es zu keiner Vermischung mit den gesetzlich vorgeschriebenen Angaben im Zuge der CE-Kennzeichnung kommt.

Die Wesentlichen Eigenschaften (Wesentliche Merkmale) von Pflastersteinen aus Beton gemäß DIN EN 1338 in Abhängigkeit von der vorgesehenen Art der Verwendung sind der Tabelle 3 im Abschnitt 5.3.1 zu entnehmen.

Merke

- Gilt für ein Bauprodukt eine harmonisierte europäische Norm, zum Beispiel DIN EN 1338 für Pflastersteine aus Beton, ist vom Verantwortlichen zwingend eine Leistungserklärung zu erstellen und eine darauf beruhende CE-Kennzeichnung anzubringen.
- Gilt für ein Bauprodukt eine nicht harmonisierte europäische Norm, zum Beispiel DIN EN 13198 für Gartengestaltungselemente aus Beton, oder eine nationale Norm, zum Beispiel DIN 18507 Pflastersteine aus haufwerksporigen Beton, darf keine Leistungserklärung erstellt und folglich auch keine CE-Kennzeichnung angebracht werden.
- Eine harmonisierte europäische Norm erkennt man daran, dass sie einen Anhang ZA enthält, der weder in einer nicht harmonisierten europäischen, noch in einer nationalen Norm enthalten ist.
- In der Leistungserklärung und in der CE-Kennzeichnung dürfen nur Produkteigenschaften deklariert werden, die im Anhang ZA der zugehörigen harmonisierten europäischen Norm genannt sind. Dabei handelt es sich um die so genannten mandatierten Eigenschaften oder auch Wesentlichen Eigenschaften (heute im Allgemeinen nur noch als „Wesentliche Merkmale“ bezeichnet).
- Zu den vorgenannten Punkten gibt es keine Wahlmöglichkeit.

5.4 Pflastersteinarten und -formen

Das Erscheinungsbild des einzelnen Betonpflastersteins lässt sich unter anderem durch Form, Größe, Kantenaus- bildung und Oberflächengestaltung beeinflussen.

Größe und Abmessungen der Produkte variieren von Mosaikpflastersteinen mit Kantenlängen von 60 mm bis 80 mm bis zu größeren Produkten mit Kantenlängen von zum Beispiel 200 mm, 300 mm oder 400 mm. Die überwiegend verwendeten Steindicken sind 80 mm, 100 mm oder 120 mm.

Hinsichtlich ihrer Last verteilenden Wirkung in vertikaler und horizontaler Richtung lassen sich Betonpflastersteine anhand ihrer geometrischen Ausformung wie folgt einteilen:

- Steine mit horizontalem Verbund
 - Steine mit zweiseitigem oder allseitigem Verbund
 - Winkelverbundsteine, zum Beispiel L-, T- oder Kreuzform,
- Steine mit vertikalem Verbund,
- Steine ohne Verbund.

Pflastersteine, die eine gute Verlegung mit der Hand ermöglichen, sollten ein Gewicht von etwa 4,5 kg und eine Griffbreite von 80 mm bis 100 mm nicht wesentlich überschreiten.

Die umlaufenden Kanten an der Oberseite der Pflastersteine sollten immer leicht gefast oder gerundet sein. Dies hat den Vorteil, dass die Empfindlichkeit der Kanten gegen Abplatzungen deutlich verringert wird. Scharfkantige Pflastersteine hingegen haben unabhängig von ihren Festigkeitseigenschaften eine deutlich höhere Kantenempfindlichkeit.

Für spezielle Anwendungsbereiche werden Pflastersteine mit besonderen Eigenschaften angeboten, zum Beispiel haufwerksporige Pflastersteine für versickerungsfähige Befestigungen, auf die jedoch in diesem Handbuch nicht näher eingegangen wird (siehe hierzu (SLG, 2020)).

5.5 Pflastersteinsysteme und Spezialformate

Pflastersteine aus Beton werden vielfach als System angeboten. Ein System kann zum Beispiel aus mehreren, maßlich aufeinander abgestimmten Hauptsteinen – häufig in Quadrat- und Rechteckform – oder aus einem Normalstein und Ergänzungssteinen bestehen. Ergänzungssteine – wie beispielsweise Rand-, End- oder Diagonalsteine (letztere auch Bischofsmützen genannt) – werden zum Beispiel für den handwerklich einwandfreien Randabschluss der Flächen eingesetzt. So werden aufwändige Schneidearbeiten vermieden.

Zur Gestaltung von Kreisen, Bögen und Kurven werden oftmals besondere Steine oder Steinsysteme zur Verfügung gestellt. Spezielle Kurvensteine werden vielfach als Ergänzung zu Verbundpflastersteinsystemen angeboten. Der Einsatz solcher Spezialformate hat bautechnische Vorteile, insbesondere bei befahrenen Verkehrsflächen, da die besondere Verbundwirkung der Steine auch in den Bereichen aufrechterhalten wird, in denen verstärkt Horizontalkräfte auftreten. Weiterer Vorteil: Durch die Spezialformate werden Keilfugen in der Pflasterdecke vermieden.

Zur Umsetzung von Anforderungen an barrierefreie Verkehrsflächen stehen zum Beispiel Produkte für die Herstellung von taktilen oder visuellen Bodenindikatoren gemäß der DIN 32984 – umgangssprachlich Blindenleit-

steine – aber auch andere Betonprodukte, zum Beispiel für die Herstellung von Rampen oder Bordabsenkungen, zur Verfügung.

5.6 Oberflächentexturen und Farben

Bei der Gestaltung der Pflastersteinoberfläche (genauer: Pflastersteinoberseite) wird nach Farbe und Textur unterschieden.

Durch den Einsatz von unterschiedlichen Zementen, Pigmenten und/oder farblich angepassten Gesteinskörnungen können Erzeugnisse mit unterschiedlichen Farben oder Farbtönen hergestellt werden. Gebräuchlich sind alle Arten von Grautönen, Anthrazit, Rot, Braun und Gelb sowie nuancierte Farbtöne.

Die Textur der Steinoberseite kann durch die Rezeptierung des Vorsatzbetons, durch Formgebung und/oder durch werksteinmäßige Bearbeitung gestaltet werden. Weit verbreitet ist die werksteinmäßige Bearbeitung. Dies können sowohl Bearbeitungsmethoden sein, die am frisch entformten Pflasterstein vorgenommen werden, wie zum Beispiel Feinwaschen, als auch solche, die nachträglich am erhärteten Produkt angewendet werden, wie zum Beispiel Feststoffstrahlen, Schleifen, Stocken oder Kollern (Rumpeln).

Die Begriffe zu den zahlreichen möglichen werksteinmäßigen Bearbeitungsmethoden sind in der DIN 18500-1 *Betonwerkstein* zu finden.

Pflastersteine aus Beton, darunter auch solche, die werksteinmäßig bearbeitet sind, werden jedoch in aller Regel nach DIN EN 1338 hergestellt, in den Verkehr gebracht und beurteilt. Diese Norm lässt dem Hersteller bei der Wahl der Oberflächenbehandlung ausdrücklich freie Hand. Ungeachtet dessen kann natürlich beispielsweise die Beurteilung eines Strahl- oder Schleifbildes einer Pflastersteinoberseite auch unter Hinzuziehung der DIN 18500-1 erfolgen. Um Missverständnissen bei der Auslegung der technischen Spezifikationen zwischen Käufer und Verkäufer vorzubeugen, wird empfohlen, die entsprechenden Spezifikationen im Kaufvertrag eindeutig zu benennen.

5.7 Oberflächenschutzsysteme

In den vergangenen Jahren wurden für Pflastersteine und Platten aus Beton zunehmend Oberflächenschutz-

systeme entwickelt. Sowohl Kundenwünsche nach speziellen Optiken, als auch Bestrebungen, den Schutz der Produkte vor äußeren Einwirkungen und deren Reinigungsfähigkeit zu verbessern, haben maßgeblich zu dieser Entwicklung beigetragen.

Die nachfolgend genannten klassischen Oberflächenschutzsysteme werden stets nachträglich, das heißt, nach der Formgebung und Erhärtung der Pflastersteine, aufgebracht. Es werden unterschieden:

- **Hydrophobierung:**

Darunter versteht man die Behandlung des Betons zur Herstellung einer wasserabweisenden Oberfläche. Die Poren und Kapillaren sind durch die Hydrophobierung lediglich ausgekleidet, jedoch nicht gefüllt (Bild 4, links). Auf der Oberfläche des Betons bildet sich kein Film. Das äußere Erscheinungsbild ändert sich wenig oder überhaupt nicht.

- **Imprägnierung:**

Darunter versteht man die Behandlung des Betons zur Reduzierung der Oberflächenporosität und zu Verfestigung der Oberfläche. Die Poren und Kapillaren sind durch die Imprägnierung teilweise oder vollständig gefüllt (Bild 4, Mitte). Die Behandlung führt üblicherweise zu einem ungleichmäßigen, dünnen Film auf der Betonoberfläche.

- **Beschichtung:**

Darunter versteht man die Behandlung zur Herstellung einer geschlossenen Schutzschicht auf der Betonoberfläche (Bild 4, rechts). Das äußere Erscheinungsbild wird von einer Beschichtung deutlich beeinflusst.

Durch eine Imprägnierung oder Beschichtung können sich auf den betreffenden Betonoberflächen ein veränderter Farbeindruck oder ein Glanzeffekt einstellen. Unter Umständen kann es auch zu einer Beeinträchtigung des Gleit-/Rutschwiderstandes der betreffenden Produkte kommen.

Um die Wasseraufnahme von Betonpflastersteinen während der Nutzung zu verringern, können diese auch aus einem Frischbeton unter Verwendung eines hydrophobierenden Zusatzmittels hergestellt werden. Darunter versteht man im Allgemeinen jedoch kein mit einem Oberflächenschutzsystem versehenes Produkt.



Bild 4: Schematische Darstellung der Oberflächenschutzsysteme Hydrophobierung (links), Imprägnierung (Mitte) und Beschichtung (rechts) (Quelle: Remei)

6 Technische Regelwerke

Die Beachtung und Einhaltung der nachfolgend genannten Technischen Regelwerke ist im Hinblick auf die Vermeidung von Schäden sowie von Streitfällen zwischen Auftragnehmer und Auftraggeber von großer Bedeutung. Sie bilden die Grundlage für Planung, Ausschreibung und Bauausführung, speziell von Verkehrsflächenbefestigungen mit Pflasterdecke.

- Entwurf von Verkehrsflächen
 - RASt – Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen
 - ESG – Empfehlungen zur Straßenraumgestaltung innerhalb bebauter Gebiete
 - EFA – Empfehlungen für Fußgängerverkehrsanlagen
 - ERA – Empfehlungen für Radverkehrsanlagen
 - EAR – Empfehlungen für Anlagen des ruhenden Verkehrs
 - H BVA – Hinweise für barrierefreie Verkehrsanlagen
- Oberflächenentwässerung
 - ZTV Ew-StB – Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Entwässerungseinrichtungen im Straßenbau
 - REwS - Richtlinien für die Entwässerung von Straßen
- Dimensionierung des Oberbaus
 - RStO 12/24 - Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen
- Ausführung allgemein
 - ATV DIN 18299 Allgemeine Regelungen für Bauarbeiten jeder Art
- Untergrund/Unterbau
 - ATV DIN 18300 Erdarbeiten
 - ZTV E-StB - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau
 - TL BuB E-StB - Technische Lieferbedingungen für Böden und Baustoffe im Erdbau des Straßenbaus
 - Merkblatt für die Verdichtung des Untergrundes und Unterbaues im Straßenbau (Merkblatt, 2003)
- Tragschichten
 - ATV DIN 18315 Verkehrswegebauarbeiten, Oberbauschichten ohne Bindemittel
 - ZTV SoB-StB - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau
 - TL SoB-StB - Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau
 - TL Gestein-StB - Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau
 - M SoB - Merkblatt für Schichten ohne Bindemittel
- ATV DIN 18317 Verkehrswegebauarbeiten, Oberbauschichten aus Asphalt
- ZTV Asphalt-StB - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt
- M VV - Merkblatt für Versickerungsfähige Verkehrsflächen
- ATV DIN 18316 Verkehrswegebauarbeiten, Oberbauschichten mit hydraulischen Bindemitteln
- ZTV Beton-StB - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton
- M DBT - Merkblatt für Dränbetontragschichten
- Pflasterdecke
 - ATV DIN 18318 Pflasterdecken und Plattenbeläge, Einfassungen
 - ZTV Pflaster-StB - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien zur Herstellung von Verkehrsflächen mit Pflasterdecken, Plattenbelägen sowie von Einfassungen
 - TL Pflaster-StB – Technische Lieferbedingungen für Bauprodukte zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen
 - M FP - Merkblatt für Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen in ungebundener Ausführung
 - M FPgeb - Merkblatt für Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen in gebundener Ausführung
 - M LP - Merkblatt für Lärmarme Pflasterbauwesen
 - Merkblatt über den Rutschwiderstand von Pflasterdecken und Plattenbelägen für den Fußgängerverkehr (Merkblatt, 2020)
- Erhaltung
 - M BEP - Merkblatt für die Bauliche Erhaltung von Verkehrsflächen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen sowie von Einfassungen
- Aufgrabungen
 - ZTV A-StB - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen

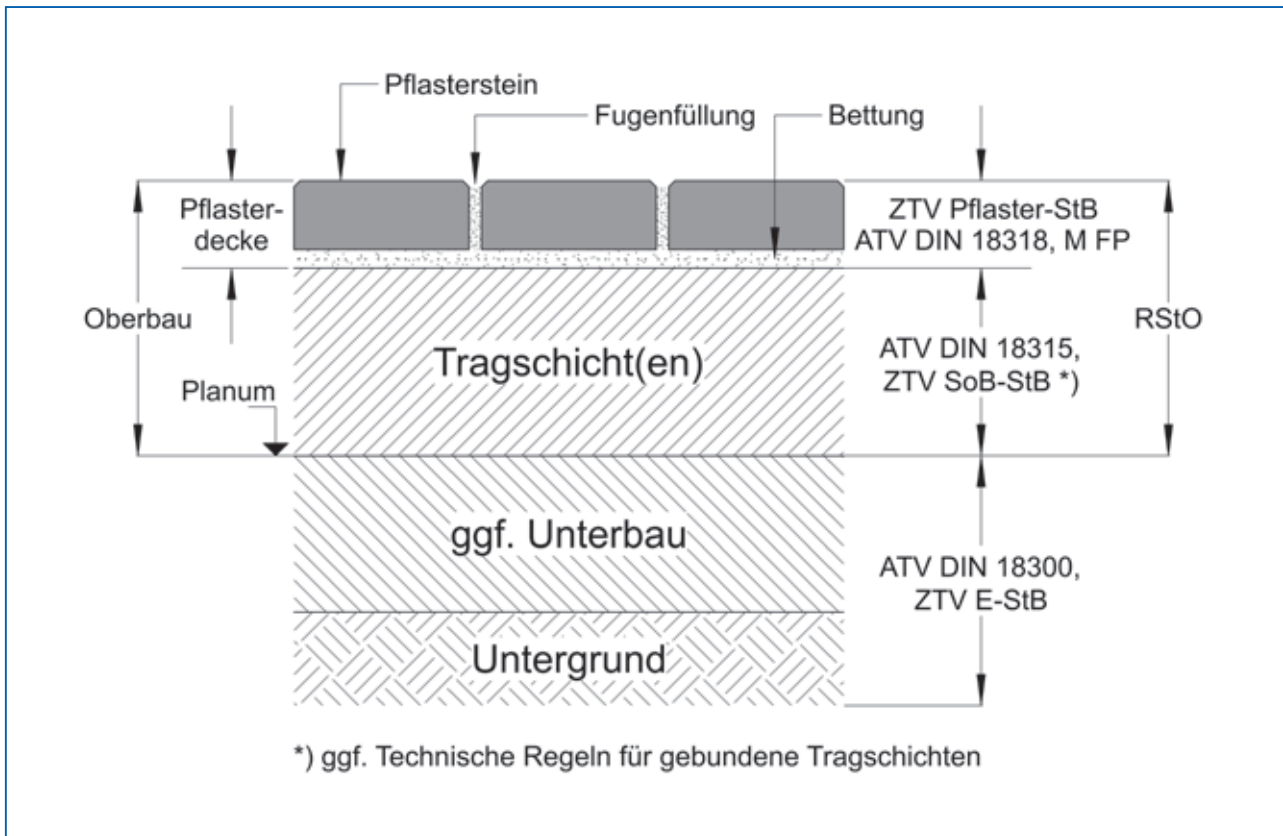


Bild 5: Aufbau einer Verkehrsflächenbefestigung mit ungebundener Pflasterdecke und wesentliche, zugehörige Technische Regelwerke

7 Dimensionierung des Oberbaus

Die Dimensionierung von Verkehrsflächenbefestigungen mit Pflasterdecke erfolgt auf der Grundlage der *Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO)*. Die hierin aufgeführten Standardbauweisen umfassen Oberbauten für den Neubau und die Erneuerung von Verkehrsflächenbefestigungen, im Einzelnen für Fahrbahnen, sonstige Verkehrsflächen sowie für Rad- und Gehwege.

Ein wesentliches Dimensionierungskriterium ist die Verkehrsbelastung. Sie wird mit Hilfe der dimensionierungsrelevanten Beanspruchung B in Millionen 10-t-Standardachsen beschrieben. Die Berechnung von B kann auf der Grundlage des DTV^(SV) oder gemessener bzw. berechneter Häufigkeiten verschiedener Achslastklassen erfolgen. Die Belastungsklasse wird auf der Grundlage von B definiert und mit „Bk“ und einer an das Kürzel angehängten Zahl abgekürzt, zum Beispiel „Bk3,2“. Dabei ist die Zahl gleichbedeutend mit der oberen Grenze der Summe der gewichteten äquivalenten 10-t-Achsübergänge über den vorgesehenen Nutzungszeitraum in Millionen.

Die Berücksichtigung der Dimensionierungskriterien, zu der auch die Frosteinwirkung zählt, erfolgt unabhängig von der Bauweise und gilt demzufolge auch für solche mit Pflasterdecke. Sie sind in den RStO ausführlich beschrieben.

Merke

Kriterien für die Dimensionierung von Verkehrsflächenbefestigungen sind:

- die Verkehrsbelastung, repräsentiert durch die dimensionierungsrelevante Beanspruchung B = Anzahl gewichteter äquivalenter 10-t-Achsübergänge im Nutzungszeitraum (in der Regel 30 Jahre),
- die Frosteinwirkung im Zusammenhang mit der Beschaffenheit des Bodens (Untergrund bzw. Unterbau) und den örtlichen Gegebenheiten (zum Beispiel Frosteinwirkungszone, Wasserverhältnisse, kleinräumige Klimaunterschiede usw.) sowie
- die Tragfähigkeit des Untergrundes bzw. des Unterbaus.

Die Dicke des Oberbaus der Verkehrsflächenbefestigung mit Pflasterdecken ist demnach so festzulegen, dass eine ausreichende Tragfähigkeit sowie ein ausreichender Verformungswiderstand für die zu erwartende Verkehrsbelastung und eine Resistenz gegenüber Witterungseinflüssen – insbesondere der Frosteinwirkung – gegeben sind.

Die Festlegung der erforderlichen Schichtdicken für eine standardisierte Bauweise ist nachfolgend in den einzelnen Schritten beschrieben.

1. Schritt: Zuordnung der Belastungsklasse

Dies kann grundsätzlich auf zwei Wegen erfolgen.

- a) Durch Ermittlung, das heißt Berechnung, der dimensionierungsrelevanten Beanspruchung B nach Methode 1 oder Methode 2 gemäß den RStO (siehe auch Anhang A1). Diese Vorgehensweise sollte der Regelfall sein. Voraussetzung ist die Kenntnis der durchschnittlichen täglichen Verkehrsmenge der Fahrzeuge des Schwerverkehrs (DTV^(SV)) bzw. das Vorliegen von Daten aus Achslastwägungen oder Silhouettenerfassungen für Fahrzeuge des Schwerverkehrs.
- b) Im Ausnahmefall – für Verkehrsflächen mit ruhendem Verkehr, für Busverkehrsflächen bzw. wenn die Verkehrsbelastung nicht bekannt ist oder nicht ermittelt werden kann – darf gemäß den RStO die Zuordnung der Belastungsklasse anhand der „Typischen Entwurfsituationen“ nach den RASt erfolgen. Die entsprechenden Tabellen können dem Anhang A1 dieses Technischen Handbuchs entnommen werden.

2. Schritt: Ermittlung der Dicke des frostsicheren Oberbaus

Ein frostsicherer Oberbau dient der Verhinderung von Schäden während der Frost-Tau-Perioden. Die frostsichere Dicke des Oberbaus hängt von der Frostempfindlichkeit des vorhandenen (anstehenden) Bodens, von den örtlichen Gegebenheiten, zum Beispiel klimatischen und anderen Bedingungen, welche die Anwesenheit von Wasser in der Befestigung begünstigen, sowie von der Verkehrsbelastung ab. Das Vorgehen zur Festlegung der Dicke des frostsicheren Oberbaus gemäß den RStO ist dem Anhang A1 dieses Technischen Handbuchs zu entnehmen.

3. Schritt: Wahl der Bauweise

In den RStO sind verschiedene Bauweisen standardisiert, die sich durch unterschiedliche Tragschichten bzw. Tragschichtkombinationen auszeichnen. Die Auswahl einer bestimmten Bauweise ist unter anderem davon abhängig, welche Baustoffe örtlich wirtschaftlich eingesetzt werden können, welche Erfahrungen mit den Bauweisen vorliegen und/oder welche Leistungsfähigkeit die in Frage kommenden Bauunternehmen besitzen.

4. Schritt: Schichtdicken

Die für die standardisierten Bauweisen mit Pflasterdecke empfohlenen Schichtdicken sind der Tafel 3 bzw. der Tafel 6 der RStO zu entnehmen. Die in diesen Tafeln angegebenen Werte für die Dicke des frostsicheren Oberbaus gelten für frostempfindlichen Unterbau/Untergrund, das heißt, beim Vorhandensein eines F2- oder F3-Bodens. Die Dicke der hierfür notwendigen Frostschutzschicht ist in Abhängigkeit von der Gesamtdicke

des frostsicheren Oberbaus festzulegen.

Für die gewählte Bauweise werden im entsprechenden Feld der Tafel 3 bzw. der Tafel 6 die Schichtdicken abgelesen. Die RStO legen 10 cm Pflastersteindicke für Bk3,2 und Bk1,8 sowie 8 cm Pflastersteindicke für Bk1,0 und Bk0,3 sowie für Rad- und Gehwege als Regelsteindicke zugrunde. Grundsätzlich können auch Pflastersteine mit größerer Dicke verwendet werden. Kleinere Dicken, jedoch nicht unter 6 cm, sind ebenfalls grundsätzlich möglich und können beim Vorliegen ausreichend positiver Erfahrungen mit entsprechenden regionalen Bauweisen angewendet werden. Mit Regelsteindicke ist stets die Stein-Nenndicke gemeint. Diese werden in anderen Regelwerken, zum Beispiel in der DIN EN 1338 und in den ATV DIN 18318, in Millimeter angegeben.

Die festgelegte Dicke des frostsicheren Oberbaus muss auch bei Verwendung von Pflastersteinen beibehalten werden, welche von der Regeldicke abweichen. Die Mehr- oder Minderdicke – auch bei abweichender Dicke der Bettung – ist im Oberbau auszugleichen. Minderdicken sind in der oberen Tragschicht, Mehrdicken in der Frostschutzschicht oder der Schicht aus frostunempfindlichem Material auszugleichen. Die Dicke der Frostschutzschicht ergibt sich aus der Gesamtdicke des frostsicheren Oberbaus abzüglich der Dicke der Pflasterdecke und der Dicke der übrigen Tragschicht(en). Eine Verringerung der Dicke der Frostschutzschicht darf nicht zu Lasten von deren Tragfähigkeit gehen. Die Mindestdicke ist nach Tabelle 8 der RStO zu kontrollieren (siehe auch Anhang A1).

Steht ein frostsicherer Boden, das heißt ein F1-Boden, in ausreichender Dicke an, so ist keine Frostschutzschicht notwendig. In der Regel ist es dann jedoch aus Tragfähigkeitsgründen erforderlich, eine Tragschicht anstelle der Frostschutzschicht anzuordnen. Für die Festlegung der Dicke dieser Tragschicht dient die Tabelle 15 der RStO als Orientierung.

5. Schritt: Tragfähigkeit / Infiltrationsleistung

Die Tragfähigkeit, ausgedrückt durch den Verformungsmodul E_{v2} , gemäß den Anforderungen der ZTV E-StB für den Untergrund/Unterbau bzw. der ZTV SoB-StB für die Tragschichten ohne Bindemittel, ist einzuhalten. Die Anforderungswerte sind mit der Planung festzulegen und während der Bauausführung, zum Beispiel mit Hilfe des Plattendruckversuchs nach DIN 18134, nachzuweisen.

Die RStO enthalten in ihrer Tafel 3 ebenfalls Empfehlungen für Verformungsmoduln auf dem Untergrund/Unterbau sowie auf Tragschichten ohne Bindemittel. Dies sind Orientierungswerte und können gegebenenfalls bauvertraglich vereinbart werden, falls die ZTV E-StB und/oder die ZTV SoB-StB nicht als Vertragsgrundlage vereinbart werden.

In der Belastungsklasse Bk3,2, also in der höchsten Belastungsklasse für Pflasterbauweisen nach den RStO, wird zur Erhöhung der Sicherheit der Pflasterbefestigung mit Tragschicht ohne Bindemittel (ToB) und in Übereinstimmung mit den ZTV SoB-StB ein Wert von $E_{v2} \geq 180$ MPa auf der oberen Tragschicht empfohlen. Zudem wird für diese Bauweise empfohlen, als ToB ausschließlich eine Schottertragschicht zu verwenden. Diese Bauweise wird außerdem auch nur dann empfohlen, wenn regionale positive Erfahrungen vorliegen. Die Bauweise mit Kiestragschicht ist in der Belastungsklasse Bk3,2 nicht standardisiert. Der Grund dafür ist, dass ausreichende Erfahrungen darauf schließen lassen, dass eine Kiestragschicht keine ausreichende plastische Verformungsresistenz besitzt, mit der Konsequenz, dass sich Spurrinnen bilden.

Merke: Tragfähigkeit / Wasserdurchlässigkeit – ein Widerspruch?

Bei Baustoffgemischen für Tragschichten ohne Bindemittel widersprechen sich die Forderungen nach ausreichender Wasserdurchlässigkeit und hoher Tragfähigkeit. Häufig treten Schäden an Pflasterbefestigungen infolge unzureichender Wasserdurchlässigkeit auf, die unter anderem durch intensives Verdichten zur Erzielung hoher Tragfähigkeitswerte der oberen Tragschicht infolge von Kornzertrümmerung und übermäßiger Bildung von Feinteilen hervorgerufen werden. Schäden, die auf eine geringere Tragfähigkeit der Tragschicht, repräsentiert durch $E_{v2} \geq 150$ MPa, zurückzuführen sind, treten dagegen seltener auf. Es ist daher unbedingt anzuraten, die Empfehlung der RStO von $E_{v2} \geq 180$ MPa – zumindest für die Belastungsklasse Bk3,2 – an die Forderung nach einer ausreichenden Wasserdurchlässigkeit der Unterlage zu koppeln. Diese ist eine unabdingbare Voraussetzung für eine ausreichende Dauerhaftigkeit von Pflasterbefestigungen.

Gebundene Tragschichten aus Dränbeton oder wasserdurchlässigem Asphalt können gleichermaßen die erforderliche Tragfähigkeit und eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit sicherstellen. Daher kann deren Einsatz vor allem bei Fahrbahnen der Bk3,2 sowie ggf. auch bei solchen der Bk1,8 sinnvoll sein.

Technische Prüfvorschriften zur Bestimmung des Infiltrationsbeiwertes mit verschiedenen Prüfverfahren sind veröffentlicht, siehe TP Gestein-StB Teil 8.3.2, TP Gestein-StB Teil 8.3.3 und TP Gestein-StB Teil 8.3.4. Für den Nachweis in situ verweisen die ZTV Pflaster-StB darauf, dass die Unterlage unter der Pflasterdecke „ausreichend“ wasserdurchlässig sein muss, was bei Einhaltung des Infiltrationsbeiwertes von $k_f \geq 1 \times 10^{-5}$ m/s, zum Beispiel qualitativ abgeschätzt mit Hilfe des Schnelltests nach dem M VV, angenommen werden kann. Kritisch anzumerken ist jedoch, dass eine vertragsrelevante

Festlegung zur Bewertung dieses Wertes (zum Beispiel Anzahl der erforderlichen Versuche für den Nachweis, Bewertung als Mindestwert, Quantilwert oder Mittelwert) nach wie vor im vertragsrelevanten Regelwerk an keiner Stelle festgelegt ist. Dies kann nur und muss demzufolge einzelvertraglich festgelegt werden.

Außerdem ist zwingend darauf zu achten, dass bei hohen Verkehrsbelastungen für die Pflasterbefestigung, zum Beispiel in der Belastungsklasse Bk3,2, welche zudem häufig für repräsentative Verkehrsflächen Anwendung findet, generell hohe Anforderungen an die Baustoffe, sowie an Planung und Ausführung gestellt werden müssen, um Schäden zu vermeiden.

8 Entwässerung der Flächenbefestigung

8.1 Entwässerung der Oberfläche

8.1.1 Planung

Die Oberflächenentwässerung einer Flächenbefestigung ist von besonderer Bedeutung im Hinblick auf die Verkehrssicherheit und die Vermeidung einer Gefährdung der Verkehrsteilnehmer durch einen behinderten Wasserabfluss von der Fahrbahnoberfläche (Pfützenbildung). Sie hat aber auch Auswirkungen auf die Dauerhaftigkeit der Befestigung. Die Erarbeitung eines Entwässerungsplans ist daher im Verlauf des verkehrstechnischen und gestalterischen Entwurfs von Straßen, Wegen und Plätzen unerlässlich. Bereits im Rahmen dessen ist unter anderem auch die Quer- und Längsneigung der Oberfläche der jeweiligen Verkehrsfläche im Einklang mit der gewählten Deckenbauweise festzulegen.

Die resultierende, abflusswirksame Neigung p , auch Schrägneigung genannt, errechnet sich aus der Querneigung q und der Längsneigung s (Gleichung 1). Siehe auch Bild 6.

$$p = \sqrt{q^2 + s^2} \quad (1)$$

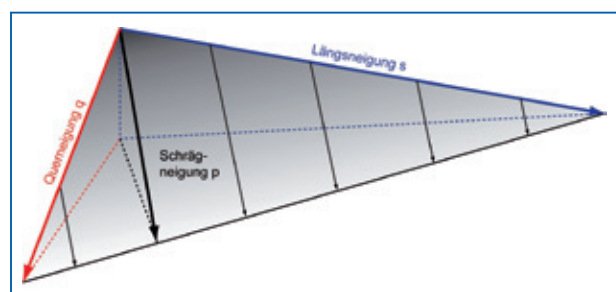


Bild 6: Bestimmung der resultierenden Neigung (Schrägneigung) aus gegebener Längs- und Querneigung

Bei der Festlegung der Oberflächenneigung sollten die Hinweise und Empfehlungen der einschlägigen Entwurfsrichtlinien zur Längs-, Quer- und Schrägneigung der jeweiligen Verkehrsfläche beachtet werden (siehe Abschnitt 6).

Die *Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen* (RASt) und die *Richtlinien für die Entwässerung von Straßen* (REwS) sehen für anbaufreie Hauptverkehrsstraßen eine Mindestquerneigung von $q = 2,5 \%$ vor. Dies gilt nach den ERA auch für Radwege. Die ATV DIN 18318 sehen für Betonpflasterdecken und Plattenbeläge aus Beton für die resultierende Neigung einen Mindestwert von $p = 1,5 \%$ für begehbbare Flächen bzw. von $p = 2,0 \%$ für befahrbare Flächen vor.

Es wird empfohlen, die Vorgaben der ZTV Pflaster-StB zugrunde zu legen. Danach sollte die abflusswirksame Neigung in der Regel mindestens $2,5 \%$ betragen. Eine planmäßige, abflusswirksame Neigung von $2,0 \%$ sollte nicht unterschritten werden, um Gefährdungen und Beeinträchtigungen infolge Wasserrückhalt zu vermeiden. Ab einer abflusswirksamen Neigung von etwa 6% ist mit einem Ausspülen der Fugen während Starkregenernissen zu rechnen.

Ein Aufstau des Niederschlagswassers auf Flächen mit geringer Neigung bewirkt ein verstärktes Einsickern von Wasser in die Pflasterfugen, was eine Verminderung der Tragfähigkeit der Pflasterbefestigung nach sich ziehen kann. Bei besonderen örtlichen Gegebenheiten, zum Beispiel bei Plätzen, ist die Topografie der Oberfläche daher so zu planen, dass das Niederschlagswasser schnell und zuverlässig abgeführt werden kann; gegebenenfalls ist die Fläche in abflusswirksame Teilflächen zu gliedern.

Verwindungsbereiche sind in der Planung besonders

zu berücksichtigen. In einem Verwindungsbereich wechselt die Querneigung, so dass diese an einem bestimmten Punkt $q = 0$ ist. Die Entwässerung muss dann ausschließlich durch die Längsneigung erfolgen. Verwindungen entstehen auch, wenn Pflasterdecken an unterschiedliche Randhöhen angepasst werden müssen. Verwindungsbereiche sollten daher möglichst kurz gehalten werden.

Das Oberflächenwasser ist bei offener Entwässerung durch direkte Ableitung ohne weitere bautechnische Maßnahmen in der Regel über einen Tiefbord und über ein Bankett in eine angrenzende Grünfläche möglich. Dabei sind die Anforderungen an den Boden- und Grundwasserschutz zu beachten.

Bei geschlossener Entwässerung erfolgt das Sammeln des Wassers in einer Bord- oder Muldenrinne und die Einleitung des Wassers in Straßenabläufe. Sowohl Breite und Tiefe der Bord- oder Muldenrinne, als auch der Abstand der Straßenabläufe ist der Menge des anfallenden Wassers sowie den örtlichen Gegebenheiten anzupassen. Für kommunale Verkehrsflächen kann als grobe Abschätzung je Straßenablauf max. 400 m^2 angeschlossene Fläche angenommen werden. Detailliertere Angaben zur Bemessung einer Oberflächenentwässerung sind den REwS zu entnehmen.

Aus bautechnischen Gründen ist die Querneigung der Pflasterdecke – in der Regel $2,5 \%$ – grundsätzlich in allen Schichten der Verkehrsflächenbefestigung einschließlich des Planums vorzusehen. Stehen wasserempfindliche, das heißt bindige Böden oder Baustoffe an, muss die Querneigung des Planums mit mindestens 4% vorgesehen werden. Daraus ergibt sich die im Bild 7 und Bild 8 dargestellte konstruktive Ausbildung des Fahrbahnaufbaus in Verbindung mit den Entwässerungseinrichtungen.

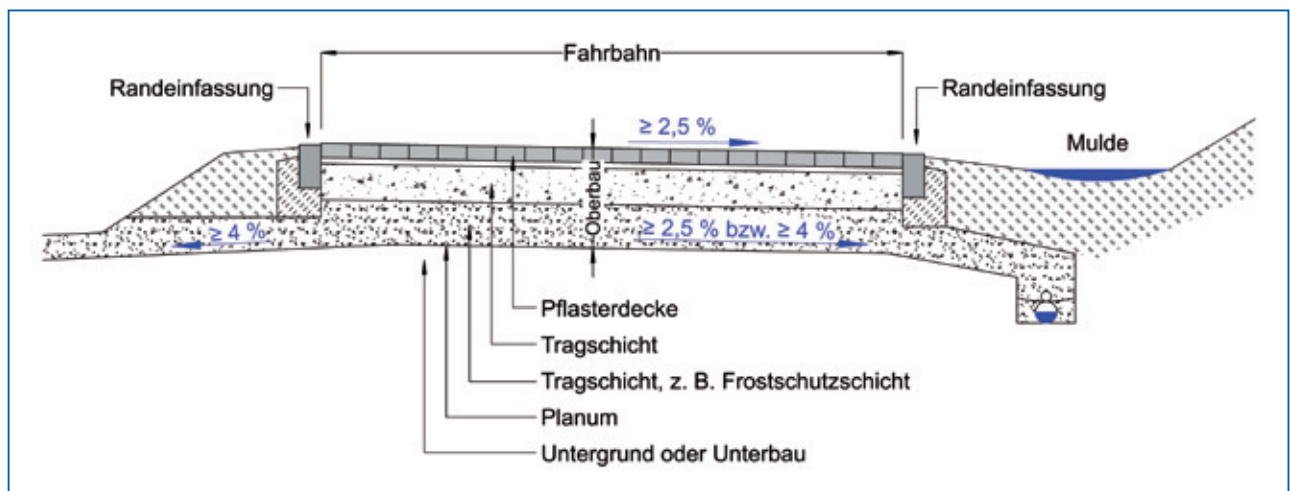


Bild 7: Beispielhafter Aufbau einer Verkehrsflächenbefestigung mit Pflasterdecke außerhalb geschlossener Ortslage in Anlehnung an die RStO

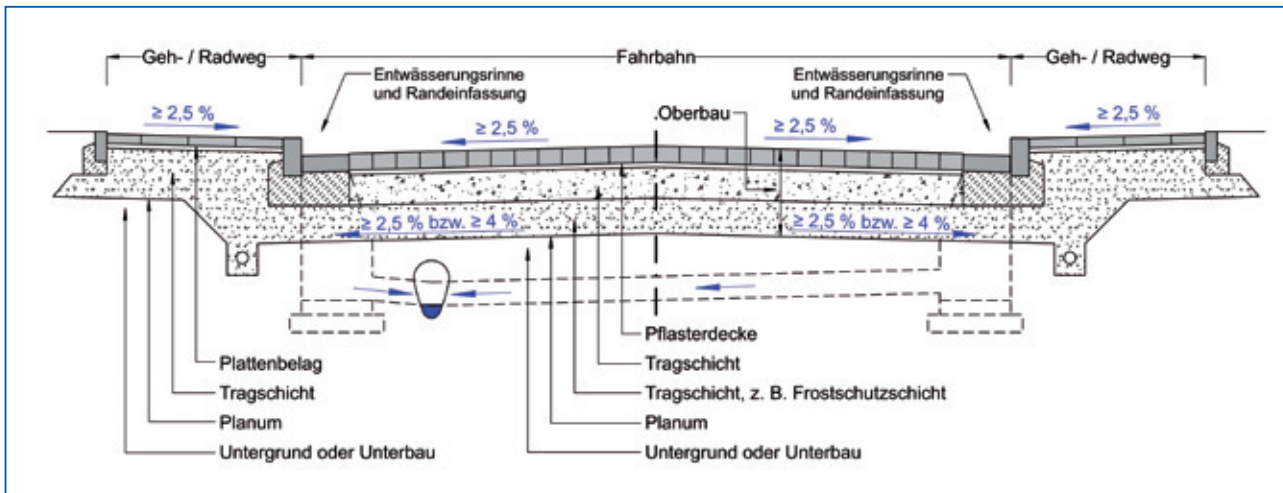


Bild 8: Beispielhafter Aufbau einer Verkehrsflächenbefestigung mit Pflasterdecke in geschlossener Ortslage mit Entwässerungseinrichtungen in Anlehnung an die RStO

8.1.2 Ausführung

Die Längs- und Querneigung der Pflasterdecke muss den planerisch vorgegebenen Werten entsprechen. Eine Abweichung von bis zu $\pm 0,4\%$ (absolut) ist zulässig. Dabei darf jedoch der Mindestwert der resultierenden Neigung nicht unterschritten werden.

8.2 Entwässerung des Oberbaus (Planumsentwässerung)

8.2.1 Planung

Bei Befestigungen mit ungebundener Pflasterdecke ist vorauszusetzen, dass während der Nutzungsdauer zumindest teilweise Wasser über die Fugen in die Befestigung eindringt. Dies bedingt, dass alle Befestigungsschichten einschließlich der Pflasterbettung ausreichend wasser-durchlässig zu gestalten und untereinander filterstabil abzustimmen sind. Entsprechende Hinweise hierzu sind den ZTV Pflaster-StB, den ZTV SoB-StB sowie dem M VV zu entnehmen. Das eingedrungene Niederschlagswasser muss aus der Befestigung schadlos abgeleitet werden. Hierfür ist in der Regel eine so genannte Planumsentwässerung erforderlich. Sie dient gegebenenfalls auch der Ableitung von Schichtenwasser, bevor dieses in die Befestigung eindringen kann. Sie ist daher von besonderer Bedeutung für die Dauerhaftigkeit der Befestigung.

Das in die Befestigung eingedrungene Wasser wird dann bei frostsicheren Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F1 gemäß den ZTV E-StB in der Regel direkt versickert. Eine Querneigung des Planums aus entwässerungstechnischen Gründen wäre dann eigentlich nicht erforderlich.

Bei frostempfindlichen Böden der Frostempfindlichkeitsklassen F2 und F3 gemäß den ZTV E-StB wird das Wasser durch die Querneigung des Planums aus der Befestigung abgeleitet. Die Querneigung des Planums richtet sich nach der Querneigung der Pflasterdecke. Die

Mindestquerneigung von 2,5 %, bei stark wasserempfindlichen Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F3 von 4%, ist jedoch mindestens vorzusehen. Der Ausgleich etwaiger Neigungsunterschiede zwischen Planum und Pflasterdecke hat so zu erfolgen, dass die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus an jeder Stelle eingehalten ist.

Bei Befestigungen in Dammlage kann das Sickerwasser vom Planum bei Beibehaltung der Querneigung über Sickerschichten oder Sickerschlitze aus der Befestigung in die Böschung abgeleitet werden (Bild 7). Bei Befestigungen im Einschnitt oder in Ortslage mit sich seitlich anschließenden weiteren Verkehrsflächen muss das Sickerwasser über Sickerstränge gegebenenfalls mit Sickerrohrleitung (Bild 8) aufgenommen werden. Diese sind nach dem Kriterium der hydraulischen Leistungsfähigkeit zu bemessen. Die Längssohlneigung muss mindestens 1 % betragen, Sickerrohrleitungen müssen einen Mindestnennndurchmesser von 100 mm besitzen. Für rohrlose Sickerstränge ist bei Anbindung an Schächte eine mindestens 5 m lange Sickerrohrleitung vorzuschalten. Bei der Auswahl der Sickerrohrleitungen sind die chemischen Eigenschaften des weiterzuleitenden Wassers und des gegebenenfalls anstehenden Grundwassers (aggressives Wasser, zum Beispiel Moorwasser) zu beachten.

Das gesammelte Wasser aus Oberflächen- und Planumsentwässerung sowie gegebenenfalls zusätzlich aus Schichtenwasser ist an eine entsprechende Vorflut, das heißt in die Kanalisation oder in offene Gewässer, abzugeben. Der Nachweis des schadlosen Ableitens in die Vorflut ist zu erbringen, gegebenenfalls muss eine temporäre Zwischenspeicherung erfolgen.

8.2.2 Ausführung

Für die Ausführung einer Planumsentwässerung und von Sickeranlagen sind die Planungsvorgaben sowie die in den REwS und ZTV Ew-StB beschriebenen Hinweise und Anforderungen zu beachten.

Die Funktionsfähigkeit der Planumsentwässerung setzt eine ausreichende Ebenheit des Planums voraus (siehe Abschnitt 9.4.4). Sickerstränge bzw. Sickerleitungen einschließlich Filtermaterialien sind nach den Vorgaben der ZTV-Ew-StB auszuführen.

8.3 Bedeutung der Filterstabilität

Pflasterdecken sind während ihrer Nutzungsdauer wasserdurchlässig, das heißt Oberflächenwasser kann über die Fugen in den Oberbau einsickern. Sofern die Sieblinien der Gesteinskörnungsgemische von zwei aneinandergrenzenden Schichten voneinander abweichen, kann es infolge des Durchsickerns des Wassers bei zu hoher Fließgeschwindigkeit an den Schichtgrenzen zu hydraulisch bedingten Kornumlagerungen kommen. Eine Deformation des Korngerüsts sowie die Verringerung der Wasserdurchlässigkeit durch Umlagerung, insbesondere von Feinanteilen, sind dann nicht auszuschließen. Dies betrifft alle Schichtgrenzen, also zwischen Fugen- und Bettungsmaterial, zwischen Bettungsmaterial und oberer Tragschicht, zwischen Tragschichten untereinander und zwischen unterer Tragschicht (Frostschuttschicht) und Untergrund/Unterbau. Die Nichtbeachtung dieser Vorgänge kann zu schwerwiegenden Schäden an der Befestigung führen. Deshalb müssen die Gesteinskörnungsgemische aneinandergrenzender Schichten filterstabil aufeinander abgestimmt werden.

Die Beständigkeit an einer von Wasser durchströmten Schichtgrenze zweier benachbarter Gesteinskörnungsgemische gegen Kornumlagerungen wird als „Filterstabilität“ bezeichnet. Zu ihrer Beurteilung werden Filterregeln verwendet. Als Eingangsgröße dienen dabei die Korngrößenverteilungen der betreffenden Gesteinskörnungsgemische. Die Struktur des Korn- bzw. Porensystems der Schichten wird somit vereinfachend aus den Kornverteilungskurven (Sieblinien) abgeleitet. Die Filterstabilität wird vorwiegend durch den Abstand der Kornverteilungskurven der Gesteinskörnungsgemische beeinflusst. Dieser ist gekennzeichnet durch die Korngröße bei bestimmten Siebdurchgängen der Kornverteilungskurve in Verbindung mit der Ungleichförmigkeitszahl C_U .

Der Nachweis der Filterstabilität erfolgt anhand der folgenden drei Bedingungen:

1. Durchlässigkeitsbedingung:

Die Beurteilung, ob ein druck- und rückstaufreier Durchfluss des Wassers ermöglicht wird, erfolgt anhand des Abstandsverhältnisses D_{15}/d_{15} .

2. Bedingung für die Sicherheit gegen Erosion:

Es soll vermieden werden, dass sich die kleinen Körner des feinkörnigen Materials mit dem Durchmesser d durch die Poren des grobkörnigen Korngerüsts hindurchbewegen, das aus Körnern mit dem Durch-

messer D besteht. Das Porensystem des grobkörnigen Materials muss also das feinkörnige Material abfiltrieren. Als Kenngröße dient das Abstandsverhältnis D_{15}/d_{85} .

3. Bedingung für die Sicherheit gegen Kontakterosion:

Kontakterosion tritt an der Schichtgrenze von grob- zu feinkörnigen Schichten auf, wobei es durch die Erosion des feinkörnigen Korngerüsts zu einem Einsacken grober Körner in die feinkörnige Schicht kommt. Als Beurteilungsgröße dient hier das Abstandsverhältnis D_{50}/d_{50} .

Zum Nachweis der Filterstabilität an den Schichtgrenzen aneinandergrenzender Gesteinskörnungsgemische mit einer Ungleichförmigkeitszahl $C_U \geq 15$ wird eine bewährte Regel basierend auf den Filterregeln von TERZAGHI verwendet (Filterregel 1). Diese ist gemäß den ZTV Pflaster-StB für den Nachweis zwischen Bettungsmaterial und oberer Tragschicht anzuwenden. Die Durchlässigkeitsbedingung wird von den ZTV Pflaster-StB nicht gefordert. Ihre Einhaltung ist jedoch zu empfehlen, damit das über die Fugen eindringende Wasser rückstaufrei über die Bettung in die Tragschichten einsickern kann.

Filterregel 1:	
Durchlässigkeitsbedingung	$D_{15}/d_{15} \geq 1$
Sicherheitsbedingung gegen Erosion	$D_{15}/d_{85} \leq 5$
Sicherheitsbedingung gegen Kontakterosion (Abstand der Sieblinien)	$D_{50}/d_{50} \leq 25$

Ist die Ungleichförmigkeitszahl eines der aneinandergrenzenden Gesteinskörnungsgemische $C_U < 15$, was bei einer Reihe von Böden und Baustoffgemischen für Tragschicht, Bettung und Fugenfüllung vorkommen kann, ist die vorbeschriebene Filterregel nicht mehr anwendbar. Für derartige Fälle wird die Anwendung der nachfolgend beschriebenen Filterregel 2 empfohlen. Sie beruht auf Untersuchungen im Rahmen eines Forschungsvorhabens zur Filterstabilität von Bettungs- und Fugenmaterialien (Krass, Klaus; Görener, Ersun, 2005).

Filterregel 2:	
Durchlässigkeitsbedingung	$D_{15}/d_{15} \geq 1$
Sicherheitsbedingung gegen Erosion	$D_{15}/d_{85} \leq 4$
Sicherheitsbedingung gegen Kontakterosion (Abstand der Sieblinien)	$D_{50}/d_{50} \leq 5$

mit:

$D_{15}; D_{50}$	Korndurchmesser [mm] des Filtermaterials (grobkörnigeres Material) bei 15 bzw. 50 M.-% Siebdurchgang
$d_{15}; d_{50}; d_{85}$	Korndurchmesser [mm] des abzufilternden Materials (feinkörnigeres Material oder Boden) bei 15, 50 bzw. 85 M.-% Siebdurchgang

Die Ungleichförmigkeitszahl C_U ist ein dimensionsloser Wert, der den Verlauf der Kornverteilungslinie einer Gesteinskörnung, eines Baustoffgemisches oder eines Bodens im Bereich zwischen d_{10} und d_{60} beschreibt.

$$C_U = d_{10}/d_{60}$$

mit:

$d_{10}; d_{60}$	Korndurchmesser [mm] des Gesteinskörnungs-, Baustoffgemisches oder Bodens bei 10 bzw. 60 M.-% Siebdurchgang
------------------	---

Die Anwendung der hier beschriebenen Filterregeln für die jeweils aneinandergrenzenden Schichten wird in den folgenden Abschnitten anhand eines Beispiels erläutert.

9 Untergrund/Unterbau

9.1 Allgemeines

Der Oberbau, bestehend aus der Pflasterdecke sowie einer oder mehreren Tragschichten, wird in der Regel direkt auf dem anstehenden Boden, als „Untergrund“ bezeichnet, eingebaut. Nur wenn zunächst eine Schüttung notwendig ist, um zum Beispiel die höhen- und profilgerechte Lage des Planums herzustellen, ist in Form dieser Schüttung ein Unterbau vorhanden.

Der Untergrund/Unterbau muss höhen- und profilgerecht hergestellt sowie tragfähig und verformungsbeständig sein, damit auf dessen Oberfläche, dem Planum, die einzelnen Schichten des Oberbaus eingebaut und anforderungsgerecht verdichtet werden können.

9.2 Böden und Baustoffe

Ein Untergrund/Unterbau besteht in der Regel aus einem Boden, der gemäß seiner bautechnischen Eignung in die Bodenklassen nach DIN 18196 einzuordnen ist. Anhand der Zusammensetzung des Bodens aus Kies, Sand, Schluff und/oder Ton sowie dessen Plastizität, die in den Bodenklassen beschrieben ist, ergibt sich gemäß den ZTV E-StB die Frostempfindlichkeit nach einer der Stufen F1, F2 oder F3 (siehe auch Anhang B). Dabei bedeuten:

- F1 nicht frostempfindlich (grobkörnige Böden mit einem Feinanteil bis 5 M.-%),
- F2 gering bis mittel frostempfindlich (vorwiegend gemischtkörnige Böden mit einem Feinanteil zwischen 5 M.-% und 15 M.-%),
- F3 sehr frostempfindlich (überwiegend gemischtkörnige Böden mit einem Feinanteil über 15 M.-% und feinkörnige Böden).

Böden oder Baustoffe, die zur Herstellung eines Unterbaus, also einer Schüttung, verwendet werden, müssen den Anforderungen der TL BuB E-StB entsprechen.

9.3 Planung

Schon bei der Planung der Verkehrsflächenbefestigung sind die nachfolgend beschriebenen Anforderungen an Tragfähigkeit, Verdichtungsgrad (zur Sicherstellung der Verformungsbeständigkeit) und Wasserdurchlässigkeit des Untergrunds/Unterbaus zu stellen. Sie sind, soweit die ZTV E-StB nicht bauvertraglich vereinbart ist, in der Leistungsbeschreibung anzugeben, ebenso wie der Nachweis durch entsprechende Prüfungen.

9.4 Ausführung

9.4.1 Allgemeines

Bei der Ausführung ist darauf zu achten, dass das Planum nur befahren werden darf, wenn dadurch keine schädlichen Verdrückungen entstehen, die den Wasserabfluss behindern würden.

Durch eine fachgerechte Bauausführung und baubegleitende Prüfungen, zum Beispiel Eigenüberwachungsprüfungen nach den ZTV E-StB, ist das zielsichere Einhalten der in der Leistungsbeschreibung oder in den Technischen Regelwerken gestellten Anforderungen sicherzustellen.

9.4.2 Tragfähigkeit

Es ist ein Verformungsmodul $E_{v2} \geq 45$ MPa (als 10 %-Mindestquantil) mit Hilfe des Plattendruckversuchs nach DIN 18134 nachzuweisen. Für grobkörnige Böden der Bodenklassen GW, GI, SW und SI sind die in Tabelle 4 genannten E_{v2} -Werte nachzuweisen. Alternativ kann auf diesen Böden der Nachweis des Verformungsmoduls E_{vd} mit dem Leichten Fallgewichtsgerät nach TP BF-StB Teil B 8.3 erfolgen. Kann bei dem anstehenden Untergrund die Tragfähigkeitsanforderung nicht erreicht werden, ist eine Bodenverbesserung oder Bodenverfestigung in Verbindung mit einer Planumsentwässerung (vgl. Abschnitt 8.2) auszuführen oder die Dicke der unteren Tragschicht ohne Bindemittel zu vergrößern.

Tabelle 4: Anforderungen an den Verformungsmodul auf dem Planum

Zeile	Bodenklasse nach DIN 18196	Mindestwert für den Verformungsmodul E_{v2} [MPa]	Mindestwert für den Verformungsmodul E_{vd} [MPa]
1	GW, GI	100	50
2	SW, SI	80	40
3	alle anderen Bodenklassen	45	-

Anmerkung: Die genannten Anforderungen beziehen sich auf das 10 %-Mindestquantil.

9.4.3 Verdichtung

Die anforderungsgerechte Verdichtung ist durch geeignete, dem Boden angepasste Verdichtungsmethoden zu erbringen. Hinweise dazu sind dem *Merkblatt für die Verdichtung des Untergrundes und Unterbaus im Straßenbau* (Merk-

blatt, 2003) zu entnehmen. Für die Verdichtung des Untergrundes/Unterbaus werden je nach Art des anstehenden oder eingebauten Bodens die in Tabelle 5 dargestellten Verdichtungsgrade gefordert.

Das Bild 9 veranschaulicht die Anforderungen der Tabelle 5.

Tabelle 5: Anforderung an das 10%-Mindestquantil¹⁾ für den Verdichtungsgrad D_{Pr} bzw. das 10%-Höchstquantil²⁾ für den Luftporenanteil nach den ZTV E-StB (siehe auch Bild 9)

Zeile	Bereich	Bodengruppen	D_{Pr} [%]	n_a [Vol.-%]
1	Planum bis 1,0 m Tiefe bei Dämmen und bis 0,5 m Tiefe bei Einschnitten	GW, GI, GE SW, SI, SE GU, GT, SU, ST	100	
2	1,0 m unter Planum bis Dammsohle	GW, GI, GE SW, SI, SE GU, GT, SU, ST	98	
3	Planum bis Dammsohle und bis 0,5 m Tiefe bei Einschnitten	GU*, GT*, SU*, ST* U, T, OU ³⁾ , OT ³⁾	97	12 ⁴⁾

¹⁾ Das Mindestquantil ist das kleinste zugelassene Quantil, unter dem nicht mehr als der vorgegebene Anteil von Merkmalswerten (z. B. für den Verdichtungsgrad) der Verteilung zugelassen ist.

²⁾ Das Höchstquantil ist das größte zugelassene Quantil, über dem nicht mehr als der vorgegebene Anteil von Merkmalswerten (z. B. für den Luftporenanteil) der Verteilung zugelassen ist.

³⁾ Für Böden der Gruppen OU und OT gelten die Anforderungen nur dann, wenn ihre Eignung und Einbaubedingungen gesondert untersucht und im Einvernehmen mit dem Auftraggeber festgelegt wurden.

⁴⁾ Wenn die Böden nicht verfestigt oder qualifiziert verbessert werden, empfiehlt sich bei Einbau von wasserempfindlichen gemischt- und feinkörnigen Böden eine Anforderung an das 10%-Höchstquantil für den Luftporenanteil von 8 Vol.-%. Dies ist in der Leistungsbeschreibung anzugeben.

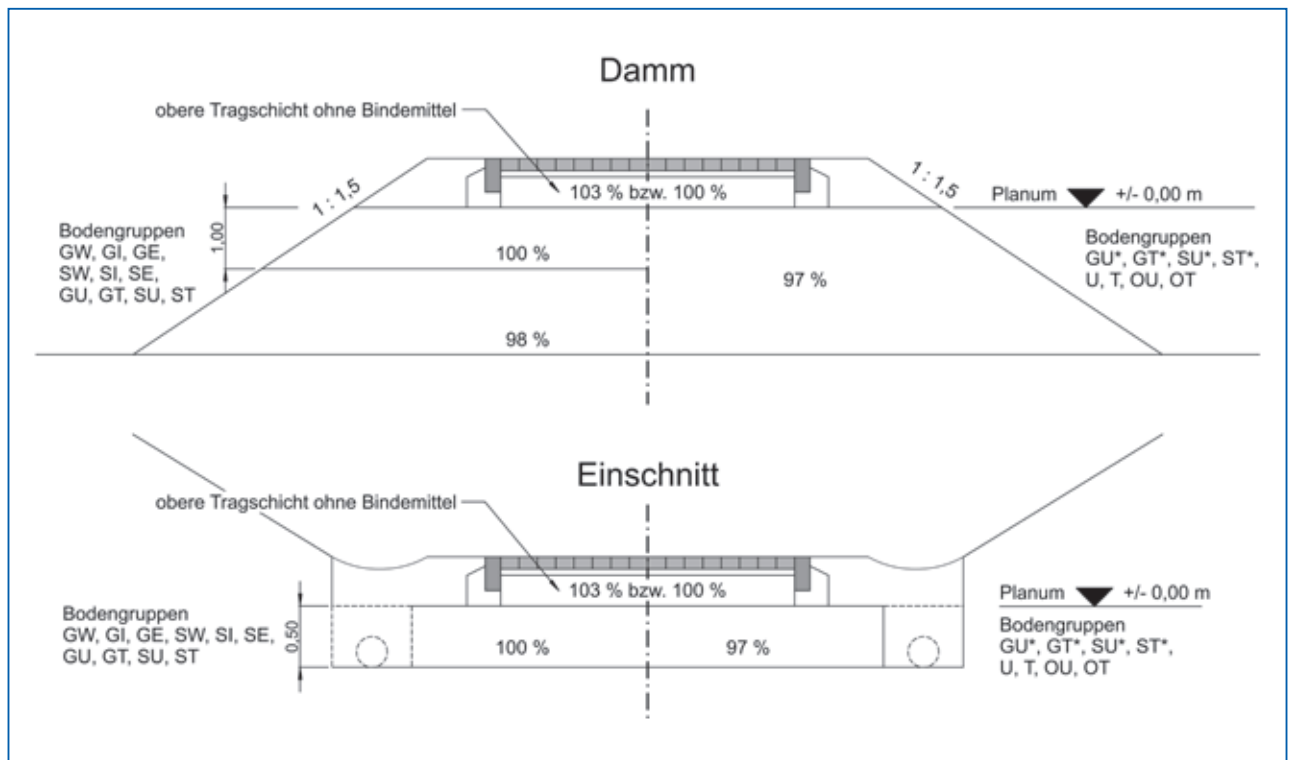


Bild 9: Darstellung der Anforderungen an den Verdichtungsgrad D_{Pr} von Böden und von Tragschichten ohne Bindemittel

9.4.4 Ebenheit und profilgerechte Lage

Das Planum ist eben und profilgerecht auszuführen. Die Ebenheit des Planums ist derart auszuführen, dass darauf kein Wasserrückhalt entsteht.

Die Abweichung des Planums von der Sollhöhe darf nicht mehr als ± 3 cm betragen, wenn eine Schicht ohne Bindemittel darüber eingebaut wird (was den Regelfall darstellt) bzw. nicht mehr als ± 2 cm, wenn eine gebundene Schicht darüber eingebaut wird.

Ebenheit und profilgerechte Lage sollen sicherstellen, dass

- eine ausreichende Entwässerung des Planums über die Querneigung erfolgen kann,
- die erforderliche Tragschichtdicke durchgängig hergestellt werden kann und
- der Materialbedarf zum Ausgleich der Unebenheiten bei der Herstellung der darüber liegenden Tragschichten begrenzt wird.

Die Querneigung des Planums sollte der Querneigung der Pflasterdecke entsprechen, mindestens aber 2,5 % betragen. Bei unverbesserten oder unverfestigten wasserempfindlichen Böden sollte die Querneigung des Planums mindestens 4,0 % betragen.

Verwindungsbereiche sind gemäß den Planungsvorgaben herzustellen.

9.4.5 Wasserdurchlässigkeit

Anforderungen an die Wasserdurchlässigkeit des Untergrundes/Unterbaus sind derzeit im einschlägigen Regelwerk nicht formuliert. Hingegen wird für die Tragschichten ohne Bindemittel ein Infiltrationsbeiwert $k_f \geq 1 \times 10^{-5}$ m/s in den ZTV Pflaster-StB empfohlen. Um ein Aufstauen des Wassers, das die Tragschicht(en) durchsickert, auf dem Planum zu verhindern, sollte auch der Untergrund/Unterbau einen Infiltrationsbeiwert von $k_f \geq 1 \times 10^{-5}$ m/s aufweisen. Eine qualitative Abschätzung dazu kann mit Hilfe des Schnelltests nach dem M VV erfolgen. Liegt das Ergebnis des Schnelltestes im Grenzbereich, so dass die Abschätzung zu ungenau ist, sollte der Infiltrationsbeiwert des Bodens, zum Beispiel mit dem Messverfahren nach den TP Gestein-StB Teil 8.3.2, bestimmt werden. Liegt dieser zwischen $k_f \sim 1 \times 10^{-5}$ m/s und $k_f \sim 1 \times 10^{-6}$ m/s, sollte die aus Tragfähigkeitsgründen erforderliche Dicke der Frostschutzschicht um mindestens 10 cm erhöht werden. Auf diese Weise wird zusätzlicher Porenraum für eine kurzzeitige Aufnahme von Wasser in der Frostschutzschicht geschaffen.

Wird ein Infiltrationsbeiwert von unter 1×10^{-6} m/s erreicht oder ist mit aufsteigendem oder seitlich eindringendem

Wasser zu rechnen, ist eine Planumsentwässerung anzuordnen (siehe Abschnitt 8.2), sofern diese nicht bereits aus Gründen der Frostempfindlichkeitsklasse des Bodens notwendig ist. Bei verfestigten Böden ist ebenfalls eine Planumsentwässerung vorzusehen, da die Wasserdurchlässigkeit einer Verfestigung in der Regel nicht ausreichend ist.

9.4.6 Probenahme und Prüfverfahren

Art und Umfang der Prüfungen für Tragfähigkeit und Verdichtung sind in den ZTV E-StB beschrieben.

Zur Prüfung der Tragfähigkeit des Planums wird der Plattendruckversuch nach DIN 18134 angewendet. Alternativ können der dynamische Plattendruckversuch zur Bestimmung des dynamischen Verformungsmoduls nach den TP BF-StB Teil B 8.3 oder eine flächendeckende Verdichtungskontrolle (FDVK) nach den TP BF-StB E 2 zum Nachweis der Tragfähigkeit eingesetzt werden. Voraussetzung ist die Kalibrierung des jeweiligen Verfahrens je Prüffeld auf gleichem Boden relativ zum Plattendruckversuch nach DIN 18134.

Die erreichte Dichte vor Ort ist mit dem Ballonverfahren, Sandersatzverfahren oder dem Ausstechzylinderverfahren nach DIN 18125-2 zu bestimmen. Die Bestimmung der Proctordichte als Bezugswert zur Berechnung des Verdichtungsgrades ist nach DIN 18127 durchzuführen. Auch hier kann der Nachweis des Verdichtungsgrades mit Hilfe der FDVK erfolgen. Voraussetzung ist die Kalibrierung je Prüffeld relativ zum Verdichtungsgrad.

Zur Prüfung der Wasserdurchlässigkeit eignen sich nach derzeitigem Stand Infiltrationsmessungen (siehe M VV sowie TP Gestein-StB Teil 8.3.2, TP Gestein-StB Teil 8.3.3 und TP Gestein-StB Teil 8.3.4). Der Umfang der Prüfung richtet sich nach den örtlichen Gegebenheiten, zum Beispiel den Bodenverhältnissen. Es wird empfohlen, mindestens eine Prüfung je angefangene 1.000 m² durchzuführen.

9.4.7 Nachweis der Filterstabilität zwischen Frostschutzschicht und Untergrund

Zur Bedeutung der Filterstabilität im Allgemeinen siehe Abschnitt 8.3.

Das folgende Beispiel zeigt, wie der Nachweis der Filterstabilität an der Schichtgrenze zwischen Frostschutzschicht und Untergrund zu führen ist.

Gegeben sind ein Untergrund aus einem gemischtkörnigen Boden (schwach schluffiger Kiessand GU nach DIN 18196) und ein Baustoffgemisch für eine Frostschutzschicht 0/45 nach den TL SoB-StB mit den im Bild 10 dargestellten Kornverteilungskurven (Sieblinien) und den sich daraus ergebenden Kenndaten (siehe Tabelle 6).

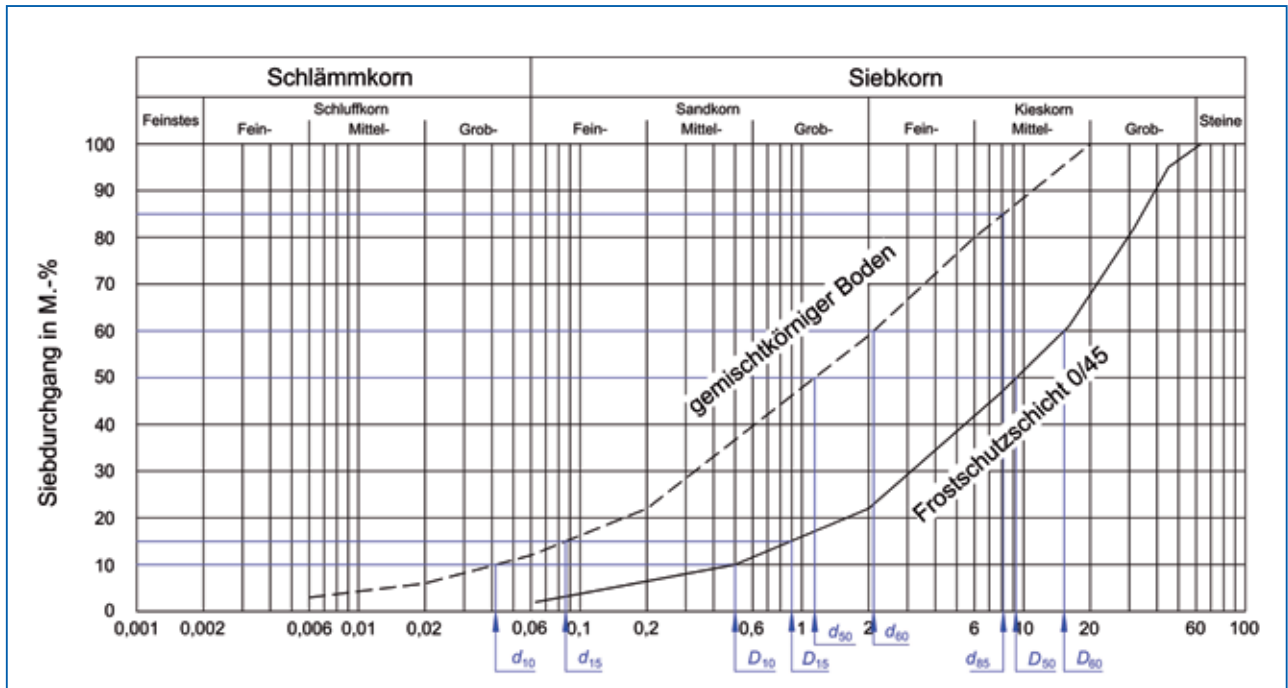


Bild 10: Kornverteilungskurven (Sieblinien) zu Beispiel 1

Tabelle 6: Kenndaten der Kornverteilungskurven (Sieblinien) zu Beispiel 1

Frostschuttschicht: Baustoffgemisch 0/45		Untergrund: Schwach schluffiger Kiessand GU	
$D_{15} = 0,90 \text{ mm}$		$d_{15} = 0,09 \text{ mm}$	
$D_{50} = 9,29 \text{ mm}$		$d_{50} = 1,14 \text{ mm}$	
		$d_{85} = 8,11 \text{ mm}$	
$D_{10} = 0,50 \text{ mm}$	$C_U = D_{60}/D_{10} = 30,5$	$d_{10} = 0,04 \text{ mm}$	$C_U = d_{60}/d_{10} = 52,8$
$D_{60} = 15,23 \text{ mm}$		$d_{60} = 2,11 \text{ mm}$	

Prüfung:

$$D_{15}/d_{15} = 0,90 / 0,096 = 10,0 > 1 \quad \text{Durchlässigkeitsbedingung ist erfüllt}$$

$$D_{15}/d_{85} = 0,90 / 8,11 = 0,11 < 5 \quad \text{Sicherheitsbedingung gegen Erosion ist erfüllt}$$

$$D_{50}/d_{50} = 9,29 / 1,14 = 8,1 < 25 \quad \text{Sicherheitsbedingung gegen Kontakterosion ist erfüllt}$$

Ergebnis: Die Frostschuttschicht ist gegenüber dem darunter befindlichen Untergrund filterstabil. In Analogie zu diesem Beispiel kann die Filterstabilität auch zwischen den Tragschichten ohne Bindemittel nachgewiesen werden.

10 Tragschichten

10.1 Allgemeines

Die Tragschichten stellen die Elemente innerhalb der Befestigung dar, welche die aus dem Verkehr über die Pflasterdecke eingebrachten Lasten aufnehmen und zum Untergrund hin soweit verteilen müssen, dass der Boden keine schädlichen Verformungen erleidet. Als Maß für die lastverteilende Wirkung von Tragschichten wird der Begriff „Tragfähigkeit“ verwendet, welcher als

Widerstand gegen kurzzeitige Verformung definiert ist. Als Maß für die Tragfähigkeit wird der aus dem Plattendruckversuch zu ermittelnde Verformungsmodul E_{v2} verwendet. Zudem müssen die Tragschichten, ebenso wie die Pflasterdecke, ausreichend verformungsbeständig sein, sollten also infolge der Verkehrsbelastung keine bleibenden Verformungen erleiden. Derzeit wird vorausgesetzt, dass bei Einhaltung der Anforderungen des Regelwerkes sowohl in Bezug auf ihre Kornzusammensetzung und weitere Baustoffeigenschaften, als auch hinsichtlich der Einbauqualität ausreichende Tragfähig-

keit und Verformungsbeständigkeit erreicht werden.

Sowohl Ergebnisse aus Triaxialversuchen, als auch Untersuchungen in Großversuchsständen (Arnold & Werkmeister, 2006) und (Spanier & Wolf, 2019) zeigen jedoch, dass mit Hilfe der bisherigen Anforderungen in den deutschen Regelwerken die gewünschten Eigenschaften Tragfähigkeit und Verformungsbeständigkeit der Tragschichten nicht immer zielsicher erreicht werden können. Unterschiedliche Gesteine, in gleicher Weise gebrochen, gleiche Korngrößenverteilungen und zu Beginn der Versuche gleicher Verdichtungsgrad, zeigen sehr deutlich unterschiedliche Verformungsbeständigkeit (Bild 11). Bei einem bestimmten Beanspruchungszustand haben einige Gesteinskörnungen nach einer Million Lastwechsel noch fast keine plastische Verformung gezeigt (lediglich 0,13 mm pro 100 mm Schichtdicke). Andere Gesteinskörnungen haben dagegen bei gleichen Belastungsbedingungen mit einer plastischen Verformung von 25 mm pro 100 mm Schichtdicke bereits vollständig versagt.

Bei Pflasterbefestigungen liegt die obere Tragschicht direkt unter der Pflasterdecke. Die Lastverteilung der Pflasterdecke ist auf wenige Pflastersteine begrenzt. Eine sehr gute Lastverteilung infolge der Schichtwirkung wie bei Asphalt- oder Betonschichten ist daher nicht gegeben. Daraus folgt, dass ein unterschiedliches Verformungsverhalten von Tragschichten ohne Bindemittel insbesondere bei Pflasterbefestigungen deutlich wird.

Pflasterbefestigungen bei gleicher Verkehrsbelastung und nach derzeitigen Anforderungen an die Schicht-

dicken, den Verdichtungsgrad usw. in gleicher Weise ausgeführt, nur unter Verwendung unterschiedlicher Gesteine für die Schottertragschichten, können sich deutlich unterschiedlich verhalten. Diese Problematik wurde bei der letzten Überarbeitung der RStO berücksichtigt, weshalb darin in Tafel 3, Zeile 1, Schottertragschichten nur mit der Fußnote „Anwendung in Bk3,2 nur bei örtlicher Bewehrung“ empfohlen werden. Für die Belastungsklasse Bk3,2 sollte daher vorzugsweise eine gebundene Tragschicht verwendet werden.

Pflasterdecken, insbesondere in ungebundener Ausführung, gelten als wasserdurchlässig. Die Wasserdurchlässigkeit nimmt im Verlauf der Nutzungsdauer ab. Sämtliche Tragschichten müssen wasserdurchlässig konzipiert werden, um das einsickernde Oberflächenwasser durch den Oberbau hindurch nach unten abführen zu können.

Die Baustoffzusammensetzung von Tragschichten muss auf die Anforderungen an

- die Tragfähigkeit,
- die Verformungsbeständigkeit und zusätzlich
- an die Wasserdurchlässigkeit

abgestimmt werden.

Bei Tragschichten ohne Bindemittel muss stets eine ausreichende Filterstabilität der Tragschichten untereinander sowie gegenüber der Pflasterbettung und gegenüber dem Untergrund/Unterbau gegeben sein

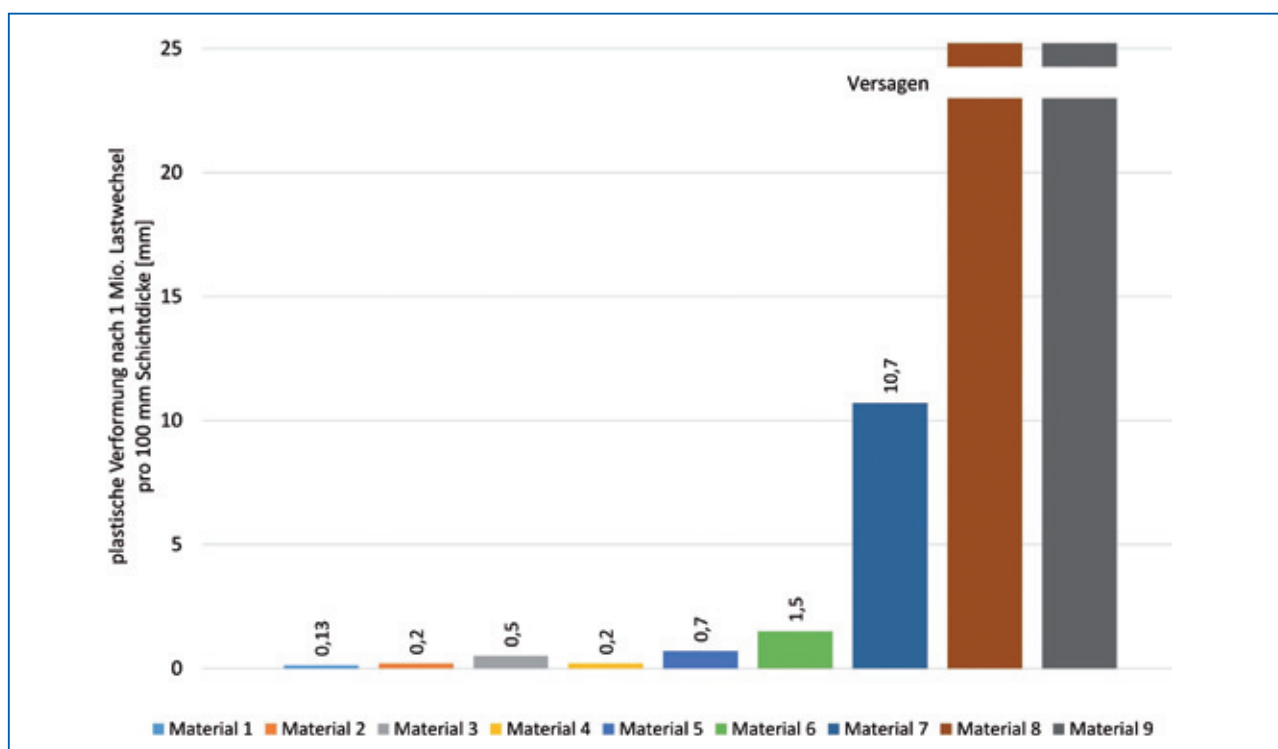


Bild 11: Plastische Verformung verschiedener gebrochener Gesteinskörnungen, bestimmt im Triaxialversuch nach 1 Mio. Lastwechsel, bezogen auf 100 mm Schichtdicke (gleiche Korngrößenverteilung und gleicher Verdichtungsgrad bei Testbeginn)

(vgl. (Wellner, 2001) und (Velske, Mentlein & Eymann, 2013)). Siehe auch Abschnitt 8.3 und Abschnitt 10.2.4. Untersuchungen (Wolf, 2014) zeigten jedoch, dass Tragfähigkeit und Verformungsbeständigkeit konkurrierende Eigenschaften zur Wasserdurchlässigkeit sind. Die Anforderungen an die Tragfähigkeit und Verformungsbeständigkeit bei gleichzeitig ausreichender Wasserdurchlässigkeit können daher in der für Pflasterbefestigungen höchsten Belastungsklasse Bk3,2 nur von qualitativ hochwertigen Gesteinskörnungsgemischen erreicht werden.

Auch gebundene Tragschichten können wasserdurchlässig konzipiert werden. Für Pflasterbefestigungen der Belastungsklasse Bk3,2 sollten deshalb Bauweisen mit wasserdurchlässiger Asphalttragschicht oder mit Dränbetontragschicht bevorzugt werden. Dies gilt insbesondere für Ortsdurchfahrten klassifizierter Straßen.

10.2 Tragschichten ohne Bindemittel

10.2.1 Schichtenarten und Baustoffe

Grundsätzlich können die nachfolgend genannten Tragschichten ohne Bindemittel angewendet werden:

- Schichten aus frostunempfindlichem Material (SfM) gemäß den ZTV SoB-StB und den TL SoB-StB, zu deren Herstellung frostsichere Böden der Bodengruppen GE, GW, GI, SE, SW und SI gemäß der DIN 18196 verwendet werden,
- Frostschuttschichten (FSS) gemäß den ZTV SoB-StB und den TL SoB-StB, die aus frostunempfindlichen Baustoffgemischen und/oder Böden hergestellt werden, sowie
- Kies- (KTS) und Schottertragschichten (STS) gemäß den ZTV SoB-StB und den TL SoB-StB, die unter Verwendung korngestuffer rundkörniger (KTS) oder gebrochener (STS) Baustoffgemische hergestellt werden.

Selbsterhärtende Tragschichten (SET) gemäß den ZTV SoB-StB und den TL SoB-StB sollten nicht verwendet werden, da damit zu rechnen ist, dass sich die Wasserdurchlässigkeit dieser Schichten im Verlauf der Nutzungsdauer zu stark reduziert.

Gesteinskörnungen zur Herstellung von Tragschichten ohne Bindemittel müssen den TL Gestein-StB entsprechen und zwar hinsichtlich

- der stofflichen Zusammensetzung
- der Korngrößenverteilung
- der Kornform

- des Gehalts an Feinanteilen (Korngröße < 0,063 mm)
- des Widerstandes gegen Zertrümmerung und
- des Frostwiderstandes.

Die Eigenschaften der Gesteinskörnungen sowie die geforderten Kategorien (diese sind als Mindestwerte zu verstehen) sind im Anhang E der TL Gestein-StB tabellarisch zusammengestellt.

Die Gesteinskörnungen in Tragschichten ohne Bindemittel unterliegen statischen und dynamischen Beanspruchungen während des Einbaus und der Nutzung infolge Verkehrsbelastung und Witterung. Ihre wichtigsten Eigenschaften sind daher ein hoher Zertrümmerungs- und Frostwiderstand sowie ein geringer Feinanteil. Im Anlieferungszustand darf der Feinanteil daher nur maximal 5 M.-% betragen. Im eingebauten Zustand hingegen darf der Feinanteil maximal 7 M.-% betragen, wodurch einbaubedingte Kornverfeinerungen berücksichtigt sind. Daneben müssen Baustoffgemische für Tragschichten ohne Bindemittel im eingebauten Zustand eine Korngrößenverteilung aufweisen, die innerhalb des jeweiligen Korngrößenverteilungsbereiches nach den ZTV SoB-StB verläuft. In den Bildern 12 bis 16 sind die Bereiche für Baustoffgemische nach den ZTV SoB-StB dargestellt, die häufig für Pflasterbauweisen verwendet werden.

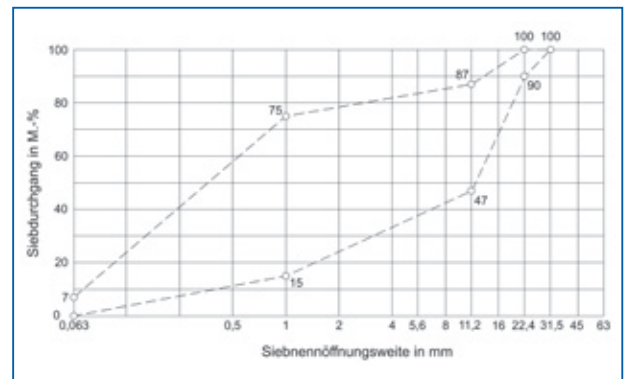


Bild 12: Sieblinienbereich für Frostschuttschichten 0/22 im eingebauten Zustand gemäß den ZTV SoB-StB

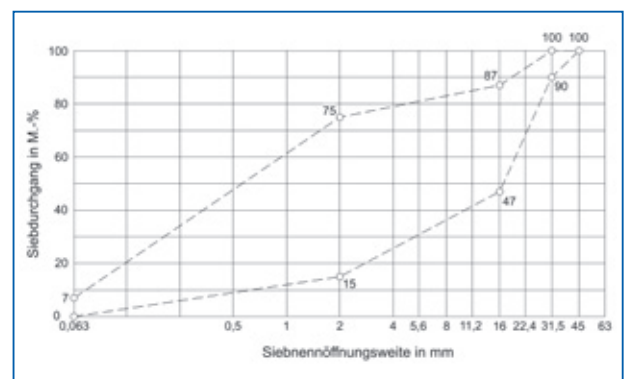


Bild 13: Sieblinienbereich für Frostschuttschichten 0/32 im eingebauten Zustand gemäß den ZTV SoB-StB

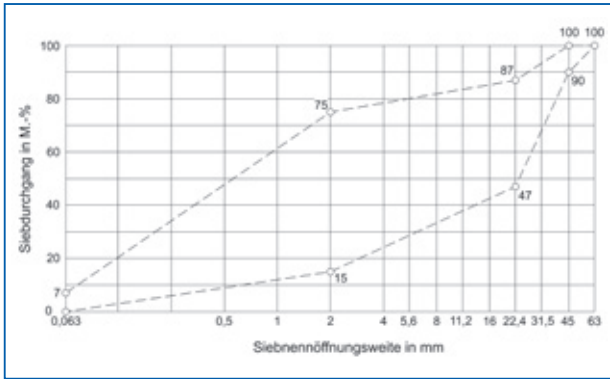


Bild 14: Sieblinienbereich für Frostschutzschichten 0/45 im eingebauten Zustand gemäß den ZTV SoB-StB

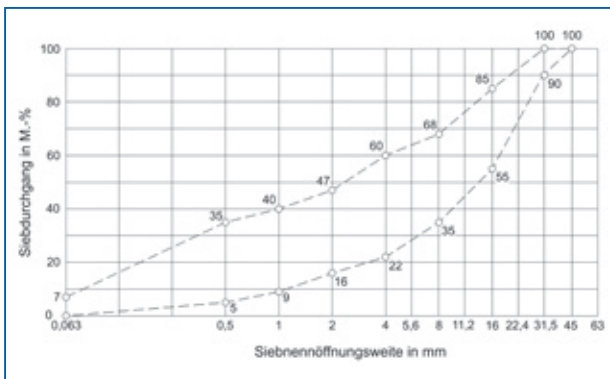


Bild 15: Sieblinienbereich für Kies- und Schottertragschichten 0/32 im eingebauten Zustand gemäß den ZTV SoB-StB

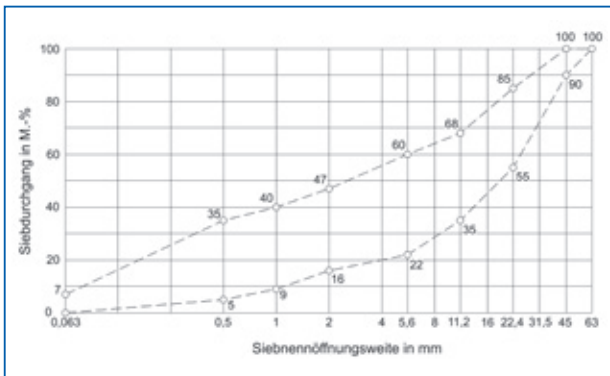


Bild 16: Sieblinienbereich für Kies- und Schottertragschichten 0/45 im eingebauten Zustand gemäß den ZTV SoB-StB

Zur Herstellung weitgehend verformungsbeständiger und dauerhaft wasserdurchlässiger Tragschichten ohne Bindemittel sollten neben den Anforderungen der TL SoB-StB und der ZTV SoB-StB einige zusätzliche Empfehlungen beachtet werden:

- Im Hinblick auf eine hohe Verformungsbeständigkeit sind Schottertragschichten (STS) den Kiestragschichten (KTS) vorzuziehen (Wellner, 2001). Die Entscheidung über die Verwendung von gebrochenen anstelle von rundkörnigen Gesteinskörnungen sollte aber zusätzlich unter Transport- und Kostenaspekten abgewogen werden. Für die Belastungskategorie Bk3,2 wird gemäß den RStO eine Pflasterbefestigung mit Schottertragschicht mit dem Vermerk „Anwendung in Bk3,2 nur bei örtlicher Bewehrung“, das heißt bei Vorliegen positiver regionaler Erfahrungen empfohlen. Kiestragschichten werden für diese Belastungskategorie nicht empfohlen (siehe auch Abschnitt 10.1).

ver regionaler Erfahrungen empfohlen. Kiestragschichten werden für diese Belastungskategorie nicht empfohlen (siehe auch Abschnitt 10.1).

- Im Hinblick auf die notwendige Filterstabilität sollte das Größtkorn der Baustoffgemische 45 mm nicht überschreiten. Vielerorts lässt sich mit den verfügbaren Bettungsmaterialien die notwendige Filterstabilität zu Tragschichtmaterialien mit größerem Größtkorn ansonsten nur selten herstellen.

- Zur Sicherstellung einer ausreichenden Wasserdurchlässigkeit und Frostsicherheit sollte abweichend von den ZTV SoB-StB der Feinanteil (Korndurchmesser < 0,063 mm) im eingebauten Zustand 5 M.-% nicht überschreiten (anstelle von 7 M.-%). Mit einer Gesteinskörnung der Kategorie UF_3 im Anlieferungszustand kann dies im Regelfall eingehalten werden.

- Zu empfehlen sind Gemische aus natürlichen Gesteinskörnungen, deren Sieblinie nahe der jeweils unteren Grenzsieblinie der in den TL SoB-StB bzw. den ZTV SoB-StB angegebenen Sieblinienbereiche verläuft. Die Ungleichförmigkeitszahl des Gemisches sollte $C_u \geq 13$ sein.

- Zur Vermeidung von Kornzertrümmerungen und Kornverfeinerungen während des Einbaus sollten die Gesteinskörnungen einen hohen Zertrümmerungswiderstand besitzen. Sie sollten – in Ergänzung zu den TL SoB-StB – daher maximal einen Los-Angeles-Koeffizient von ≤ 25 (Kategorie LA_{25}) – alternativ einen Schlagzertrümmerungswert von ≤ 22 (Kategorie SZ_{22}) – aufweisen.

- Gesteinsarten, die während der Nutzungsdauer Feinanteile ausbilden, welche die Wasserdurchlässigkeit herabsetzen und/oder sich unter Einfluss von Feuchtigkeit mörtelähnlich verfestigen können, sind auszuschließen.

Baustoffgemische aus natürlichen Gesteinskörnungen werden in Steinbrüchen oder Kiesgruben durch mechanische Aufbereitung gewonnen und – zumindest überwiegend bei der Herstellung von Kies- oder Schottertragschichtmaterial – gezielt aus Korngruppen zu einer bestimmten Kornzusammensetzung zusammengemischt.

Alternativ zu natürlichen Gesteinskörnungen wird oftmals die Verwendung von Gesteinskörnungen aus Recycling-Baustoffen oder industriellen Nebenprodukten erwogen. Ihre Anwendung ist grundsätzlich möglich, setzt aber voraus, dass es sich um gemäß den TL G SoB-StB güteüberwachte Gesteinskörnungen handelt. Die Anforderungen der TL SoB StB und der ZTV SoB-StB sowie die zuvor aufgeführten Empfehlungen gelten uneingeschränkt auch für die Verwendung von Recycling-Baustoffen und industriellen Nebenprodukten.

Forschungsergebnisse (Radenberg, Sedaghat, Kollar & Flottmann, 2018) und praktische Erfahrungen haben jedoch gezeigt, dass sich die Versickerungsleistung dieser Tragschichten mit zunehmendem Alter deutlich verringert. Der Einsatz von Recyclingmaterial für Tragschichten ohne Bindemittel sollte deshalb nur dann erfolgen, wenn positive Erfahrungen mit den speziellen Materialien vorliegen. Der Infiltrationsbeiwert sollte beim Einbau baubegleitend mit Hilfe des in situ-Messverfahrens nach den TP Gestein-StB Teil 8.3.2 kontrolliert werden. Empfehlungen zum Infiltrationsbeiwert siehe Abschnitt 10.2.3.2.4.

Zusätzlich sind die *Richtlinien für die umweltverträgliche Anwendung von industriellen Nebenprodukten und Recycling-Baustoffen im Straßenbau* (RuA-StB 01) zu beachten.

10.2.2 Planung

Bereits mit der Planung sind alle Anforderungen, insbesondere die im Abschnitt 10.2.1 beschriebenen, entsprechend den örtlichen Gegebenheiten und der Verkehrsbelastung auszuwählen und in der Leistungsbeschreibung anzugeben. Es wird empfohlen, durch die gezielte Vorgabe von Anforderungswerten, zum Beispiel für den Zertrümmerungswiderstand, den Einsatz der aus den Erfahrungen bekannten qualitativ hochwertigen örtlichen Baustoffvorkommen sicherzustellen.

10.2.3 Ausführung

10.2.3.1 Hinweise zum Transport und zum Einbau

Eine wesentliche Voraussetzung für eine gute Verarbeitbarkeit und Verdichtbarkeit der Baustoffgemische sowie zur Vermeidung von Entmischungen ist die Einhaltung des vorgegebenen Einbauwassergehaltes. Dieser wird aus der im Labor an dem betreffenden Material ermittelten Proctorkurve unter Beachtung des auf der Baustelle zu erzielenden Verdichtungsgrades abgeleitet. Bei trockenem und warmem Wetter ist die Verdunstung von Wasser aus dem Gemisch, bei Regen das Eindringen von Wasser bzw. das Ausspülen von Fraktionen mit geringem Korndurchmesser durch Abdecken des Baustoffgemisches zu verhindern.

Die Baustoffgemische müssen im Herstellerwerk gleichmäßig durchfeuchtet und gemischt werden. Auf der Baustelle müssen sie sorgfältig eingebaut und verdichtet werden, um Entmischungen zu vermeiden. Entmischungen treten bei Transport-, Lade- und Abkippvorgängen auf, weshalb diese Vorgänge zahlen- und zeitmäßig zu minimieren sind. Werden Entmischungen noch während des Einbaus beobachtet, ist diesen durch mehrmaliges Umwälzen des Materials mit dem Schild eines gummibereiften Planiergerätes zu begegnen. Ein Zwischenlagern von Tragschichtmaterialien auf der Baustelle ist wegen der Gefahr des Entmischens und des Austrocknens unbedingt zu vermeiden. Die profilge-

rechte Verteilung des Materials und das anschließende Verdichten müssen zügig, ohne längere Arbeitsunterbrechungen durchgeführt werden. Art und Anzahl der Einbaugeräte sind dementsprechend einzuplanen und vorzuhalten.

Der Einbau von Kies- und Schottertragschichten sollte mit Straßenfertigern erfolgen. Im Bereich kommunaler Verkehrsflächen kann jedoch wegen zahlreicher Einbauten und häufig wechselnder Querschnittsbreiten oftmals kein Straßenfertiger eingesetzt werden. Hier bietet sich der Einbau mit Grader oder Planiergerät an. Dies erfordert jedoch Erfahrung und besondere Sorgfalt bei der Bauausführung.

Beim Antransport des Tragschichtmaterials dürfen die eingesetzten Fahrzeuge keine Verformungen des Planums in Form von Spuren oder Verdrückungen erzeugen. Sollte dies nicht auszuschließen sein, ist der Einbau des Tragschichtmaterials im Vor-Kopf-Verfahren vorzunehmen. Weitere Hinweise sind dem M SoB zu entnehmen.

10.2.3.2 Anforderungen an eingebaute Tragschichten

10.2.3.2.1 Allgemeines

Analog zum Untergrund/Unterbau bestehen auch für Tragschichten Anforderungen bezüglich Tragfähigkeit, Verdichtungsgrad und Ebenheit (siehe ZTV SoB-StB).

Zudem muss vermieden werden, dass Bettungsmaterial in die obere Tragschicht eindringen kann. Hierzu ist die Abstimmung der Korngrößenverteilungen des Bettungs- und des Tragschichtmaterials erforderlich. Zum Nachweis der Filterstabilität siehe Abschnitt 12.4.

10.2.3.2.2 Tragfähigkeit

Zum Nachweis der Tragfähigkeit ist der Verformungsmodul E_{v2} mit Hilfe des Plattendruckversuches nach DIN 18134 zu bestimmen. Die in Tabelle 7 genannten Werte für den Verformungsmodul E_{v2} sind einzuhalten.

Tabelle 7: Mindestwerte für den Verformungsmodul E_{v2} auf Tragschichten ohne Bindemittel nach den ZTV SoB-StB

auf Kies- oder Schottertragschicht, ausgehend von einem Verformungsmodul auf der Frostschuttschicht von $E_{v2} \geq 120$ MPa	
Zeile 1, Tafel 3, RStO, Belastungsklasse Bk3,2	Schottertragschicht Dicke ≥ 25 cm: $E_{v2} \geq 180$ MPa ($E_{v2} \geq 150$ MPa bei bewährten regionalen Bauweisen)
Zeile 1, Tafel 3, RStO, Belastungsklassen Bk1,8 und Bk1,0	Schottertragschicht Dicke ≥ 15 cm: $E_{v2} \geq 150$ MPa Kiestragschicht Dicke ≥ 20 cm: $E_{v2} \geq 150$ MPa
Zeilen 5 und 6, Tafel 3, RStO, Belastungsklassen Bk3,2, Bk1,8 und Bk1,0	Schottertragschicht Dicke ≥ 15 cm: $E_{v2} \geq 150$ MPa Kiestragschicht Dicke ≥ 20 cm: $E_{v2} \geq 150$ MPa
auf Kies- oder Schottertragschicht ausgehend von einem Verformungsmodul auf der Frostschuttschicht von $E_{v2} \geq 100$ MPa	
RStO, Belastungsklasse Bk0,3	Schottertragschicht Dicke ≥ 15 cm: $E_{v2} \geq 120$ MPa Kiestragschicht Dicke ≥ 20 cm: $E_{v2} \geq 120$ MPa
auf Kies- oder Schottertragschicht – auch auf Schicht aus frostunempfindlichem Material – ausgehend von einem Verformungsmodul auf dem Planum von $E_{v2} \geq 45$ MPa	
RStO, Belastungsklasse Bk3,2	Schottertragschicht Dicke ≥ 30 cm: $E_{v2} \geq 180$ MPa ($E_{v2} \geq 150$ MPa bei bewährten regionalen Bauweisen)
RStO, Belastungsklassen Bk1,8 und Bk1,0	Schottertragschicht Dicke ≥ 30 cm: $E_{v2} \geq 150$ MPa Kiestragschicht Dicke ≥ 30 cm: $E_{v2} \geq 150$ MPa
RStO, Belastungsklasse Bk0,3	Schottertragschicht Dicke ≥ 25 cm: $E_{v2} \geq 120$ MPa Kiestragschicht Dicke ≥ 30 cm: $E_{v2} \geq 120$ MPa
auf Kies- oder Schottertragschicht ausgehend von einem Verformungsmodul auf dem Planum von $E_{v2} \geq 45$ MPa	
RStO, Rad- oder Gehwege	Schotter- oder Kiestragschicht $E_{v2} \geq 100$ MPa

Bei einem standardisierten Oberbau mit Schottertragschicht für die Belastungsklasse Bk3,2 gemäß den RStO sollte ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 180$ MPa auf der Schottertragschicht erreicht werden. Bei einer derart hohen Tragfähigkeit ergibt sich wegen der hierfür erforderlichen intensiven Verdichtung für die Schottertragschicht häufig nicht die notwendige Wasserdurchlässigkeit. Im Hinblick darauf, dass aber eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit notwendig ist, sollte mit Hilfe eines Probeeinbaues geprüft und sichergestellt werden, dass sich beide Anforderungen gleichermaßen erfüllen lassen. Gegebenenfalls sollte ein anderes Baustoffgemisch

verwendet werden. Liegen regional positive Langzeiterfahrungen für Pflasterbefestigungen mit Schottertragschicht vor, auf denen in der Belastungsklasse Bk3,2 ein Verformungsmodul von lediglich $E_{v2} \geq 150$ MPa nachgewiesen wurde, so kann diese Bauweise angewendet werden (siehe RStO). Dies ist dann in der Leistungsbeschreibung anzugeben.

10.2.3.2.3 Verdichtung

Die Frostschuttschicht bzw. die Schicht aus frostunempfindlichem Material ist so zu verdichten, dass mindestens

Tabelle 8: Mindestanforderungen für den Verdichtungsgrad D_{pr} von den TL SoB-StB entsprechenden Baustoffgemischen in der Frostschuttschicht nach den ZTV SoB-StB

Zeile	Bereich	D_{pr} in %	
		Belastungsklassen Bk3,2 bis Bk1,0 gemäß RStO	Belastungsklasse Bk0,3 ¹⁾ gemäß RStO
1	Oberfläche Frostschuttschicht bis 0,2 m Tiefe	103	100
2	Frostschuttschicht unterhalb des Bereiches Zeile 1	100	

¹⁾ Sowie bei Rad- und Gehwegen und sonstigen Verkehrsflächen.

der Verdichtungsgrad D_{Pr} nach Tabelle 8 erreicht wird. Für Kies- oder Schottertragschichten wird ein Verdichtungsgrad D_{Pr} von mindestens 103 % gefordert. Ausnahmen bilden Verkehrsflächen mit vielen Einbauten, wie Schächten, Schiebern usw., welche die Verdichtung behindern. Hier wird lediglich ein Verdichtungsgrad D_{Pr} von mindestens 100 % gefordert. Dies ist in der Leistungsbeschreibung entsprechend vorzusehen.

Soll anstelle einer Verdichtungsprüfung eine ersatzweise Beurteilung der Verdichtungsqualität anhand der Ergebnisse des Plattendruckversuchs erfolgen, so gilt gemäß den ZTV SoB-StB: „Der Verhältniswert der Verdichtungsmoduln E_{v2}/E_{v1} darf nicht größer als 2,2 sein, wenn ein Verdichtungsgrad $D_{Pr} > 103$ % vorgeschrieben ist. Wird ein Verdichtungsgrad D_{Pr} von unter 103 % gefordert, darf der Verhältniswert E_{v2}/E_{v1} nicht größer als 2,5 sein. Höhere Verhältniswerte E_{v2}/E_{v1} als 2,2 bzw. 2,5 sind zulässig, wenn der E_{v1} -Wert mindestens das 0,6fache des geforderten E_{v2} -Wertes beträgt“.

10.2.3.2.4 Wasserdurchlässigkeit

Damit eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit der Tragschichten ohne Bindemittel während der Nutzung der Pflasterbefestigung gegeben ist, sollte der Infiltrationsbeiwert auf diesen Schichten im verdichteten Zustand mindestens $k_f \geq 1 \times 10^{-5}$ m/s betragen.

Es wird empfohlen, den Infiltrationsbeiwert vor Ort nach Herstellung der jeweiligen Schicht zu überprüfen. Anders als bei dem Laborverfahren nach DIN EN ISO 17892-11 zur Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes k_f wird bei den Feldmethoden der Infiltrationsbeiwert gemessen. Dies kann mit Hilfe unterschiedlicher Verfahren erfolgen (siehe TP Gestein-StB Teile 8.3.2 bis 8.3.4). Anforderungen an einen bestimmten Infiltrationsbeiwert sollten an eines der Messverfahren nach den TP Gestein-StB, Teil 8.3.2, Teil 8.3.3 oder 8.3.4 gekoppelt werden.

Zur qualitativen Abschätzung des Infiltrationsbeiwertes kann der Schnelltest nach dem M VV auf der jeweils hergestellten Tragschicht angewendet werden. Ein ausreichender Infiltrationsbeiwert von $k_f \geq 1 \times 10^{-5}$ m/s kann als erreicht angesehen werden, wenn eine Wassermenge von 2 Litern innerhalb eines Messringes mit einem Innendurchmesser von 300 mm innerhalb von 15 Minuten versickert ist. Das Messergebnis ist zu verwerfen, wenn es zu einem flächenhaften Wasseraustritt an der Tragschichtoberfläche kommt. Es wird empfohlen, eine Anforderung und ein Prüfverfahren bauvertraglich zu vereinbaren. In Abhängigkeit von der Größe der Fläche sollte gegebenenfalls eine statistische Bewertung der Messergebnisse erfolgen. Zur Orientierung kann die Methode M1 nach den ZTV E-StB herangezogen werden.

Auf Folgendes wird zusätzlich hingewiesen:

- Es ist darauf zu achten, dass die Wasserdurchlässig-

keit nicht durch übermäßige Verdichtung oder Baustellenverkehr gefährdet wird. Ein Probeeinbau im Baustellenmaßstab wird empfohlen. Bei Nichterreichen der geforderten E_{v2} -Werte sind besser geeignete Gesteinskörnungsgemische für die Schotter- oder Kiestragschicht zu verwenden.

10.2.3.2.5 Ebenheit und profulgerechte Lage

Eine ausreichende Ebenheit und profulgerechte Lage der Frostschutzschicht soll sicherstellen, dass die darüber liegende Tragschicht mit möglichst konstanter Dicke eingebaut werden kann und der Materialbedarf für diese Tragschicht sinnvoll begrenzt wird.

Die Anforderungen an die Ebenheit sind der Tabelle 9 zu entnehmen. Zur Sicherstellung einer gleichmäßigen Bettungsdicke wird empfohlen, für die obere Tragschicht eine erhöhte Anforderung zu stellen und die zulässige Abweichung von der Ebenheit auf 1,0 cm innerhalb einer 4 m langen Messstrecke zu begrenzen.

Die profulgerechte Lage ist gemäß den ZTV SoB-StB gegeben, wenn die Abweichungen der Oberfläche der Tragschichten von der Sollhöhe nicht mehr als $\pm 2,0$ cm betragen.

Tabelle 9: Anforderungen an die Ebenheit der Oberfläche von Tragschichten ohne Bindemittel

Schicht	Abweichung von der Ebenheit innerhalb einer 4 m langen Messstrecke	gemäß
Frostschutzschicht	≤ 3 cm	ATV DIN 18315
Kies- oder Schottertragschicht	$\leq 2,0$ cm	ZTV SoB-StB
	$\leq 1,0$ cm	empfohlen*

* siehe auch ZTV Pflaster-STB

10.2.3.2.6 Einbaudicke

Bei Kies- und Schottertragschichten dürfen nach den ZTV SoB-StB die Mittelwerte der Einbaudicke die vereinbarten Werte um nicht mehr als 10 % unterschreiten. Die Einzelwerte der Einbaudicke dürfen den vereinbarten Wert um nicht mehr als 3,5 cm unterschreiten. Die in den ZTV SoB-StB in Abhängigkeit vom Größtkorn angegebenen Mindestdicken dürfen nicht unterschritten werden.

10.2.3.2.7 Probenahme und Prüfverfahren

Für die Entnahme und Vorbereitung von Proben aus Tragschichtmaterial gelten die DIN EN 932-1, die DIN EN 932-2 und die DIN 52101.

Zur Überprüfung der Tragfähigkeit ist der Plattendruckversuch nach der DIN 18134 unter Verwendung einer Lastplatte von 300 mm Durchmesser durchzuführen. Die Anwendung des dynamischen Plattendruckversuches in Form des Leichten Fallgewichtsgerätes nach den TP

BF-StB Teil B 8.3 bzw. des Mittelschweren Fallgewichtsgerätes nach den TP Gestein-StB Teil 8.2.1 oder eine Flächendeckende Verdichtungskontrolle (FDVK) nach den TP BF-StB E 2 zum Nachweis der Tragfähigkeit ist möglich. Voraussetzung ist die Kalibrierung relativ zum Verformungsmodul E_{v2} .

Die erreichte Dichte vor Ort ist mit dem Ballonverfahren nach der DIN 18125-2 zu bestimmen. Die Bestimmung der Proctordichte als Bezugswert zur Berechnung des Verdichtungsgrades ist nach den TP Gestein-StB Teil 8.1.1 in Verbindung mit der DIN EN 13286-2 durchzuführen.

Die Ebenheit wird mit der 4 m Messlatte überprüft. Hinweise hierzu sind den TP Eben - Berührende Messungen zu entnehmen.

Art und Umfang der Prüfungen sind in den ZTV SoB-StB beschrieben. Der Umfang der Prüfung des Verdichtungsgrades und des Verformungsmoduls kann auch in Anlehnung an die ZTV E-StB (Methode M1 oder M2) festgelegt werden.

10.2.4 Nachweis der Filterstabilität zwischen Tragschichten ohne Bindemittel

Die Filterstabilität zwischen den Tragschichten ist nachzuweisen. Hinweise dazu sind den ZTV SoB-StB zu entnehmen. Die Nachweisführung hat nach den REwS analog zu den Darstellungen im Abschnitt 9.4.7 zu erfolgen.

10.3 Tragschichten mit Bindemittel

10.3.1 Dränbetontragschichten

Als Tragschichten aus Dränbeton unter konventionellen Pflasterdecken können sowohl die Dränbetontragschichten (DBT) als auch die Dränbetondecken (DBD) gemäß dem M VV mit den Druckfestigkeitsklassen DB 20 bis DB 30 angewendet werden. Für diese Tragschichten sollte eine Mindestdruckfestigkeit am Bohrkern von 14,0 MPa vereinbart werden. In den Belastungsklassen Bk3,2 und Bk1,8 sollte mindestens ein Dränbeton der Festigkeitsklasse DB 20 mit einer Mindestbiegezugfestigkeit von 3,0 MPa vorgesehen werden. Die Prüfungen erfolgen nach 28 Tagen gemäß dem M VV. Durch die Verwendung polymermodifizierter Dränbetone wird ein höherer Frost- und Frost-Tausalz-Widerstand erzielt.

Die gezielt wasserdurchlässige Konzeptionierung von Dränbetontragschichten erfolgt im Wesentlichen durch die Verwendung von Gesteinskörnungen mit unstetiger Sieblinie (Ausfallkörnung) im Korngrößenbereich 2/5 mm oder 2/8 mm mit möglichst geringem Sandanteil. Die Gesteinskörnungen sollten grundsätzlich die Anforderungen für den Verwendungszweck „Betontrag-

schicht“ gemäß den TL Beton-StB, Anhang A, erfüllen. Erhöhte Anforderungen gelten für den Widerstand gegen Frost sowie für die Kornform von groben Gesteinskörnungen. So sollten für DBD mindestens 50 M.-% der Gesteinskörnungen ≥ 5 mm der Kategorien $C_{90/1}$ und SI_{15} oder FI_{15} (Kornform) gemäß den TL Gestein-StB verwendet werden.

Die zweckmäßige Zusammensetzung des Einbaugeschmieses wird mit Hilfe einer Eignungsprüfung ermittelt. Dabei sollten die folgenden Empfehlungen für Dränbetontragschichten unter konventionellen Pflasterdecken berücksichtigt werden. Zusätzlich zu den Anforderungen nach den TL Beton-StB sind gemäß dem M VV nachzuweisen:

- Mindestwert für den von außen zugänglichen Hohlraumgehalt 15 Vol.-%
- Wasserdurchlässigkeitsbeiwert $k_f \geq 5 \times 10^{-5}$ m/s
- Frost- und Frost-Tausalz-Widerstand.

Einbau und Verdichtung des Dränbetons sind auf dessen spezielle Kornzusammensetzung abzustimmen, damit die offenporige Struktur der Tragschicht im eingebauten Zustand und während der Nutzungsdauer erhalten bleibt. Es wird daher empfohlen, Schütthöhe und Anzahl der erforderlichen Verdichtungsübergänge mit dem vorgesehenen Verdichtungsgerät anhand eines Probeeinbaus zu ermitteln. Auf eine exakte Steuerung der Höhen- und Neigungseinstellung des Einbaugerätes ist unbedingt zu achten, da Schichthöhendifferenzen, Neigungsfehler oder unzulässig große Unebenheiten in der darüber auszuführenden Pflasterbettung nicht ausgeglichen werden dürfen. Der Einbau der Pflasterdecke bzw. die Befahrung der Dränbetontragschicht durch den Baustellenverkehr dürfen erst erfolgen, wenn der Dränbeton mindestens 70 % der geforderten Druckfestigkeit erreicht hat.

Zur qualitativen Abschätzung des Infiltrationsbeiwertes der eingebauten Dränbetontragschicht eignet sich der Schnelltest nach dem M VV. Als Prüfverfahren zur Bestimmung des Infiltrationsbeiwertes kann zum Beispiel das in situ-Messverfahren mit dem Modifizierten Standrohr-Infiltrometer gemäß den TP Gestein-StB Teil 8.3.2 angewendet werden.

10.3.2 Asphalttragschichten

Asphalttragschichten für Pflasterbefestigungen müssen prinzipiell die Anforderungen der ZTV Asphalt-StB und der TL Asphalt-StB (Mischgutart AC T) erfüllen. Darüber hinaus müssen sie eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit aufweisen. Vorgaben zur Baustoffzusammensetzung, zum Einbau und zur Prüfung wasserdurchlässiger Asphalttragschichten der Mischgutsorten PA 22 T WDA und PA 16 T WDA sind dem M VV zu entnehmen. Die Mischgutkonzeption erfolgt im Rahmen einer Eignungs-

nungsprüfung gemäß den TL Asphalt-StB und entspricht dem Vorgehen für Offenporigen Asphalt (OPA). Dabei sollte insbesondere auf eine gute Affinität zwischen Bindemittel und Gesteinskörnungen geachtet werden.

Der Einbau wasserdurchlässiger Asphalttragschichten muss bei Temperaturen der Luft und der Unterlage von über 10°C erfolgen. Bei Regen und/oder starkem Wind sollte kein Einbau erfolgen. Weitere Einbauhinweise sind dem M VV zu entnehmen. Beim Einbau wasserdurchlässiger Asphalttragschichten ist unbedingt auf eine exakte Steuerung der Höhen- und Neigungseinstellung des Straßenfertigers zu achten, da Schichthöhendifferenzen, Neigungsfehler oder unzulässig große Unebenheiten in der darüber auszuführenden Pflasterbettung nicht ausgeglichen werden dürfen.

Wasserdurchlässige Asphalttragschichten müssen im eingebauten Zustand einen Hohlraumgehalt von mindestens 13 Vol.-% (bei PA 22 T WDA) bzw. von mindestens 15 Vol.-% (bei PA 16 T WDA) aufweisen. Werden diese Werte bei der Bestimmung am Bohrkern nicht erreicht, kann das dennoch bedeuten, dass eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit gegeben ist. Diese sollte dann an Bohrkernen in vertikaler Richtung ermittelt werden. Zur qualitativen Abschätzung des Infiltrationsbeiwertes der eingebauten Asphalttragschicht eignet sich der Schnelltest nach dem M VV. Als Prüfverfahren zur Bestimmung des Infiltrationsbeiwertes kann zum Beispiel das in situ-Messverfahren mit dem Modifizierten Standrohr-Infiltrometer gemäß den TP Gestein-StB Teil 8.3.2 angewendet werden.

10.3.3 Herstellung der Filterstabilität

Aufgrund des hohlraumreichen Gefüges von Dränbeton- und Asphalttragschichten ergibt sich erfahrungsgemäß keine Filterstabilität zu den üblichen ungebundenen Bettungsmaterialien. Um ein Abwandern von Bettungsmaterial in die Hohlräume der gebundenen Tragschicht zu verhindern, kann auf deren Oberfläche ein Filtervliesstoff (Geotextil) angeordnet werden. Dabei sollte ein mechanisch verfestigter Vliesstoff der Geotextilrobustheitsklasse mindestens GRK 3 auf der Tragschichtoberfläche aufgebracht werden. Die Masse des Vliesstoffes pro Flächeneinheit sollte $m_{A, 0,5\%} \geq 180 \text{ g/m}^2$ betragen. Für den Vliesstoff sind die charakteristische Öffnungsweite O_{90} und die Wasserdurchlässigkeit $k_{v, 5\%}$ senkrecht zur Vliesstoffebene gemäß den Verfahren des M Geok E festzulegen, wobei eine möglichst große Wasserdurchlässigkeit anzustreben ist. Erfahrungen zum langfristigen Verhalten der Vliesstoffe bezüglich der Kolmation liegen bisher nicht vor.

Anstelle der Verwendung eines Vliesstoffes kann die Oberfläche der gebundenen Tragschicht auch abgesplittet werden. Dabei ist nur so viel Splitt in geeigneter Korngröße aufzustreuen, dass die groben oberflächlichen Öffnungen der Tragschicht mit Splittkörnern verschlossen werden; übriger Splitt ist abzukehren. Das

später aufzubringende Bettungsmaterial ist hinsichtlich der Korngrößenverteilung auf diese Art der Ausführung abzustimmen.

11 Randeinfassungen und Entwässerungsrinnen

11.1 Baustoffe

11.1.1 Betonelemente und –formsteine für Randeinfassungen

Im Bereich des Straßenbaus und bei anderen ähnlich beanspruchten Verkehrsflächen kommen regional überwiegend Bordsteine aus Beton nach DIN EN 1340 und DIN 483 zur Anwendung. Zu der Produktgruppe „Bordsteine aus Beton“ gehören seit der Umstellung der entsprechenden Normen im Jahr 2005 neben den klassischen Straßenbordsteinen, wie Hochbord, Rundbord, Flachbord, Tiefbord, auch so genannte Einfassungssteine sowie Bordrinnen- und Muldensteine aus Beton. Dies ergab sich durch den Anwendungsbereich der seinerzeit neuen DIN EN 1340, welcher unter anderem vorsieht, dass Produkte gemäß dieser Norm auch für die Entwässerung der Verkehrsflächen eingesetzt werden.

Die materialtechnischen Anforderungen an Bordsteine aus Beton für den Straßen- und Wegebau sind in den TL Pflaster-StB beschrieben. Im Garten- und Landschaftsbau werden Einfassungen von Pflasterdecken häufig auch mit Palisaden oder anderen Gartenbauerzeugnissen aus Beton hergestellt. Derartige Produkte sind im Allgemeinen in DIN EN 13198 genormt. Der Einbau erfolgt prinzipiell wie bei Bordsteinen. Für Randeinfassungen in befahrenen Bereichen sollten diese Elemente jedoch nicht eingesetzt werden.

Für die Absenkung der Randeinfassung im Bereich von Überfahrten, wie zum Beispiel Grundstückszufahrten, stehen besondere Übergangsteine zur Verfügung. Mit ihnen lassen sich nicht nur unterschiedliche Höhen, sondern auch unterschiedliche Bordsteinprofile maßgenau anpassen, zum Beispiel ein Übergang von Hochbord- auf Rundbordprofil.

11.1.2 Betonelemente und –formsteine für Entwässerungsrinnen

Als Bauteile für offene Entwässerungsrinnen kommen zum Beispiel Pflastersteine, Rinnenplatten, Muldensteine und Bordrinnensteine zur Anwendung. Diese Erzeugnisse zählen im Sinne der Regelwerke für den Straßenbau zu den „Bauprodukten für die Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen“. Die materialtechnischen Anforderungen dieser Bauprodukte sind folgerichtig in den TL Pflaster-StB beschrieben. Je nach vorgesehener Breite der offenen Entwässerungsrinne sollten die Rinnenformsteine oder Rinnenpflastersteine so gewählt werden, dass zwischen der Rinne und der

angrenzenden Pflasterdecke eine über die gesamte Höhe gleichmäßig breite Fuge entsteht, da Lösungen mit keilförmigen, klaffenden Fugen schadensanfällig sind, insbesondere bei befahrenen Rinnen. Für geschlossene Entwässerungsrinnen kommen zum Beispiel Kasten- und Schlitzrinnen nach DIN EN 1433 zur Anwendung.

11.1.3 Beton

Siehe auch M RR. Der Beton für Fundament und Rückenstütze von Randeinfassungen und Entwässerungsrinnen sollte der DIN EN 206 und der DIN 1045-2 entsprechen. Gemäß den ATV DIN 18318 ist bei befahrenen Flächen ein Beton der Festigkeitsklasse C20/25, bei nicht befahrenen Flächen ein Beton der Festigkeitsklasse C16/20 zu verwenden.

Wenngleich die Fundamente und Rückenstützen dem Frost und einer gewissen Umgebungsfeuchte ausgesetzt sind, und es bei den angrenzenden Verkehrsflächen zum Einsatz von Taumitteln kommen kann, werden Anforderungen hinsichtlich des Frostwiderstandes oder des Frost-Tausalz-Widerstandes an einen Beton für Fundament und Rückenstütze nur in begründeten Ausnahmefällen erforderlich sein.

11.1.4 Mörtel

Siehe auch M RR. Bettungs- und Fugenmörtel für Randeinfassungen und Entwässerungsrinnen sollten grundsätzlich den Empfehlungen des *Merkblattes für Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen in gebundener Ausführung* (M FPgeb) entsprechen. Fugenmörtel sind auf die Festigkeitseigenschaften der einzusetzenden Einfassungs- bzw. Rinnenbauteile abzustimmen.

11.1.5 Haftvermittler

Siehe auch M RR. Als Haftvermittler sollten zementhaltige Mörtel, zum Beispiel der Klasse C2E nach DIN EN 12004-1 mit verlängerter offener Zeit, verwendet werden.

11.1.6 Fugeneinlagen

Siehe auch M RR. Für Bewegungsfugen sollten geeignete dauerhaft komprimierbare und rückstellfähige Fugeneinlagen verwendet werden. Sie sollten geschlossenzellig, frost- und tausalzbeständig sowie beständig gegen Öle und Kraftstoffe sein.

11.1.7 Fugenvergussmassen

Siehe auch M RR. Heiß und kalt verarbeitbare Fugenvergussmassen sollten den *Technischen Lieferbedingungen für Fugenfüllstoffe in Verkehrsflächen* (TL Fug-StB) entsprechen. Zur Kaltverarbeitung kann die Fugenvergussmasse der Klasse 25 nach den TL Fug-StB verwendet werden.

11.2 Planung

11.2.1 Allgemeine Planungshinweise

In Randeinfassungen und Entwässerungsrinnen können – in Abhängigkeit der Belastung der zugehörigen oder angrenzenden Verkehrsfläche – unterschiedliche Beanspruchungen entstehen (siehe Tabelle 10). Im Zuge der Planung ist – auf die jeweilige Beanspruchung abgestimmt – die Auswahl der Baustoffe vorzunehmen und die Art der Ausführung festzulegen. Auf das *Merkblatt für Randeinfassungen und Entwässerungsrinnen* (M RR) wird verwiesen.

Grundsätzlich sind Randeinfassungen und Entwässerungsrinnen mit einem Fundament aus Beton herzustellen. Randeinfassungen sind zudem grundsätzlich mit einer Rückenstütze aus Beton zu versehen. Entwässerungsrinnen sind ebenso – falls sie auch als Randeinfassung dienen – mit einer Rückenstütze aus Beton zu versehen (Beispiel siehe Bild 17). Randeinfassungen und Entwässerungsrinnen sind insofern selbständige Konstruktionselemente, die in der Regel vor der Ausführung der Pflasterdecke hergestellt werden und somit auch die Funktion des Widerlagers beim Verdichten der angrenzenden Tragschichten ausüben.

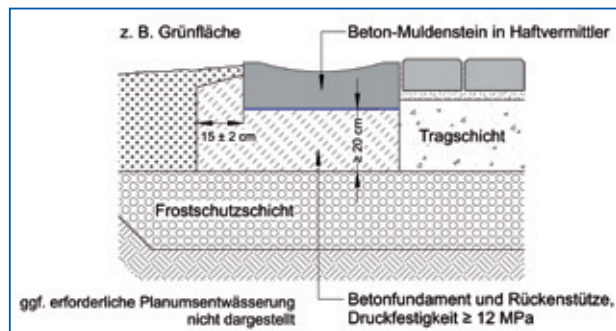


Bild 17: Beispiel für eine Muldenrinne aus Beton-Formsteinen mit Funktion als Entwässerungsrinne und Randeinfassung

Weitere funktionelle Aufgaben von Randeinfassungen und Entwässerungsrinnen bestehen in der Wasserführung sowie darin, Flächen unterschiedlicher Nutzung im Straßenraum deutlich voneinander abzutrennen und den Kraftfahrzeugverkehr optisch zu führen. Darüber hinaus sind sie wesentliche Elemente der Straßenraumgestaltung und daher nicht ausschließlich unter technischen Gesichtspunkten zu betrachten.

Nach den ATV DIN 18318 ist bei Randeinfassungen und Entwässerungsrinnen für befahrbare Pflasterdecken ein Beton mit einer Zusammensetzung entsprechend einem C 20/25 für Fundament und Rückenstütze zu verwenden. Anforderungen an die Festigkeit im fertigen Bauwerk werden in den ATV DIN 18318 nicht (mehr) gestellt. In den ZTV Pflaster-StB hingegen wird empfohlen, in der Leistungsbeschreibung eine Druckfestigkeit für Fundament und Rückenstütze von mindestens 12 MPa zu fordern. Dieser Empfehlung schließt sich der Herausgeber dieses Technischen Handbuchs an.

Tabelle 10: Art und Einordnung der Belastung sowie Belastungskategorien von Randeinfassungen und Entwässerungsrinnen in Anlehnung an das M RR

Belastungsart der zugehörigen Verkehrsfläche(n) (siehe auch Tabelle 1)	Belastung durch Fahrzeuge im Längsverkehr	Belastung durch Fahrzeuge im Querverkehr
untergeordnete Belastung einschl. Geh- und Radverkehr (vergleichbar mit Belastungskategorie A nach dem M RR)	kein Befahren durch Schwerverkehr und nur gelegentliches Befahren durch Pkw	kein Überfahren durch Schwerverkehr und nur gelegentliches Überfahren durch Pkw (z. B. selten genutzte Grundstückszufahrt zum Wohngebäude)
nach den RStO klassifizierbare Verkehrsbelastung bis max. Bk1,8 (vergleichbar mit Belastungskategorie B nach dem M RR)	gelegentliches Befahren durch Schwerverkehr und regelmäßiges Befahren durch Pkw; gelegentliches Anfahren der Randeinfassung durch Schwerverkehr	gelegentliches Überfahren durch Schwerverkehr und regelmäßiges Überfahren durch Pkw (z. B. Grundstückszufahrt zum Wohngebäude)
nach den RStO klassifizierbare Verkehrsbelastung – Bk3,2 (vergleichbar mit Belastungskategorie C nach dem M RR)	regelmäßiges Befahren durch Schwerverkehr, insbesondere mit hohen Achslasten; regelmäßiges oder häufiges Anfahren der Randeinfassung durch Schwerverkehr (z. B. bei Begegnung in schmalen Querschnitten)	regelmäßiges Überfahren durch Schwerverkehr, insbesondere mit hohen Achslasten (z. B. bei Zufahrt zum Gewerbegrundstück)
außergewöhnliche Belastung (vergleichbar mit Belastungskategorie D nach dem M RR)	sehr häufiges Befahren durch Schwerverkehr, insbesondere mit hohen Achslasten; häufiges Anfahren der Randeinfassung durch Schwerverkehr ¹⁾	sehr häufiges Überfahren durch Schwerverkehr, insbesondere mit hohen Achslasten (z. B. bei Zufahrt zum Gewerbegrundstück mit häufiger Lkw-An- und Abfuhr) ¹⁾
<p>Anmerkung: Nach dem M RR wird der Einsatz eines Haftvermittlers generell bei allen Arten von Randeinfassungen und Entwässerungsrinnen empfohlen. Dies ist bereits bei der Planung zu berücksichtigen.</p> <p>Zudem sind die ergänzenden Planungshinweise im Abschnitt 11.2.3 zu beachten.</p>		
<p>¹⁾ Bei Kreisverkehrsplätzen, Lkw-Stellflächen in Neben- und Rastanlagen sowie bei Busverkehrsflächen ist grundsätzlich von einer sehr hohen Belastung der Rinne bzw. der Einfassung auszugehen.</p>		

Die einschlägigen Regelwerke des Straßenbaus fordern bzw. empfehlen den Einbau von Einfassungs- und Rinnenelementen grundsätzlich in frischen Fundamentbeton. Diese Variante ist auch die in der Praxis am häufigsten ausgeführte. Aber auch mit der Herstellung auf vorgefertigtem, das heißt erhärtetem Betonfundament, insbesondere bei Entwässerungsrinnen, wurden bereits gute Erfahrungen gemacht. Bei dieser Bauweise ist es wichtig, dass eine Zwischenlage aus geeignetem Mörtel zum Ausnivellieren der Einfassungs- und Rinnenelemente und ein geeigneter Haftvermittler jeweils unter und über dem Mörtelbett vorgesehen wird (Beispiele siehe Bild 18 und Bild 19).

Die genauen Maße für die Dicke und die Breite des Fundamentes sind von folgenden Faktoren abhängig:

- Belastungsart der zugehörigen Verkehrsfläche(n) und Art der Beanspruchung der Randeinfassung bzw. der Entwässerungsrinne, zum Beispiel regelmäßiges Überfahren,
- Art und Größe der zu verwendenden Bauteile für Randeinfassungen und Entwässerungsrinnen,
- Dicke der angrenzenden Schichten, wie Tragschicht, Pflasterdecke usw.,

- gegebenenfalls Höhenunterschied der zu trennenden Flächen (Bordhöhe),
- Breite der Rückenstütze(n).

Es wird empfohlen, im Zuge der Planung maßstabsgerechte Querschnittzeichnungen von Randeinfassungen und Entwässerungsrinnen anzufertigen.

Die zwischen der Entwässerungsrinne und den anschließenden Pflastersteinen entstehenden Fugen sind grundsätzlich mit dem gleichen Fugenmaterial, wie es auch für die ungebundene Pflasterdecke verwendet wird, zu füllen. Die zugehörige Sollfugenbreite sollte der der Pflasterdecke entsprechen. Dies gilt sinngemäß auch bei Randeinfassungen und bei Einfassungen nach Abschnitt 11.2.4.

Ist bei Randeinfassungen und Entwässerungsrinnen produkt- und/oder bauartbedingt mit einer vergleichsweise tief liegenden Unterkante des Fundamentes zu rechnen, sollte in diesem Bereich ein Versatz der Frostschutzschicht vorgesehen werden, um die Tragfähigkeitseigenschaften unter dem Fundament an die der angrenzenden Verkehrsflächen anzupassen. Das Prinzip veranschaulicht das Bild 20.

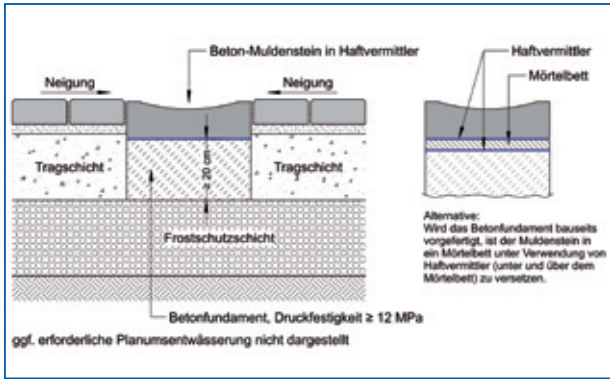


Bild 18: Beispiel für eine Muldenrinne aus Beton-Formsteinen

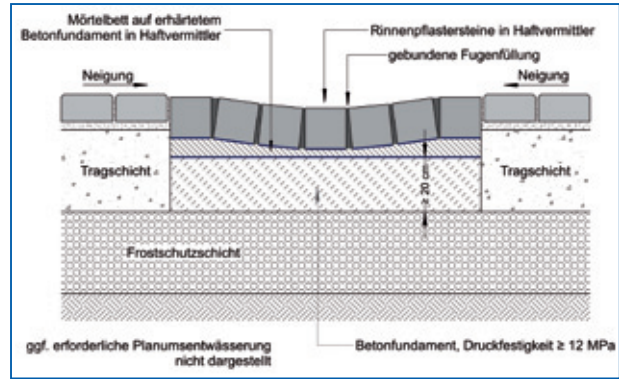


Bild 19: Beispiel für eine Muldenrinne aus Pflastersteinen auf erhärtetem Betonfundament

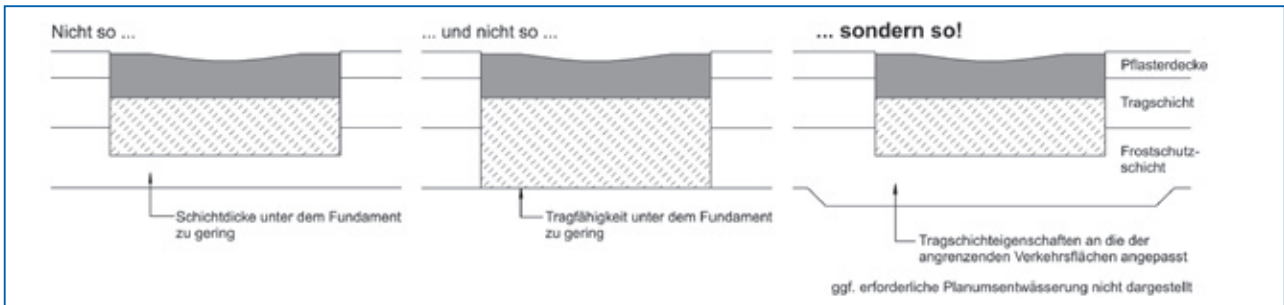


Bild 20: Prinzipskizze für die Ausbildung der Frostschuttschicht bei vergleichsweise tief liegender Fundamentunterkante einer Entwässerungsrinne

11.2.2 Ergänzende Planungshinweise zu Randeinfassungen

Pflasterdecken benötigen eine ihrem Nutzungszweck und ihrer Beanspruchung angepasste Randeinfassung. Diese dient als Einfassung und Begrenzung und bildet die optische und konstruktive Trennung unterschiedlicher Nutzungsbereiche der Verkehrsfläche. Darüber hinaus sind Randeinfassungen oftmals Bestandteil der Wasserführung im Zuge der Entwässerung der Verkehrsfläche.

Während des Betriebes der Verkehrsfläche müssen Randeinfassungen die durch den Fahrverkehr entstehenden Horizontalkräfte, zum Beispiel durch Bremsen oder Kurvenfahrten, und die durch Be-, Über- und Anfahren entstehenden Kräfte schadlos aufnehmen können. Besonders hohe Kräfte, die zum Beispiel bei einem Anprall durch ein von der Fahrbahn abkommendes Fahrzeug entstehen, können von der Randeinfassung in der Regel nicht schadlos aufgenommen werden. Dies überfordert den Zweck der Randeinfassung; sie ist kein Rückhaltesystem, wie zum Beispiel die Schutzwand im

Merke

Keine Pflasterdecke ohne Randeinfassung.

Eine fachgerecht hergestellte Randeinfassung gibt der Pflasterdecke den notwendigen seitlichen Halt. Sie verhindert, dass sich die Pflastersteine im Randbereich verschieben und sich die Fugen öffnen können.

Eine Randeinfassung ist kein Rückhaltesystem.

Mittelstreifen einer Autobahn.

Für Randeinfassungen sind in der Regel keine Bewegungsfugen vorzusehen, da die Fugen zwischen den Randeinfassungselementen im Allgemeinen offen bleiben (vgl. ATV DIN 18318). Sofern jedoch die Fugen zwischen den Randeinfassungselementen vermörtelt werden sollen, sind Bewegungsfugen vorzusehen. Zu den Abständen der Bewegungsfugen finden sich in den einschlägigen Regelwerken derzeit unterschiedliche Angaben bzw. Anforderungen und zwar:

- nach ATV DIN 18318 darf der Abstand höchstens 12 m betragen, bei befahrenen Randeinfassungen muss er 4 m bis 6 m betragen, sofern jeweils in der Leistungsbeschreibung nichts anderes vorgegeben ist,
- nach ZTV Pflaster-StB muss der Abstand 6 m bis 8 m betragen, ohne Unterscheidung, ob die Randeinfassung befahren wird oder nicht.

Es wird empfohlen, Bewegungsfugen im Abstand von 6 m bis 8 m anzuordnen (siehe auch M RR).

Ist vor der Randeinfassung eine Entwässerungsrinne zur Wasserführung vorgesehen, sind die Bewegungsfugen der Entwässerungsrinne in der Randeinfassung an gleicher Stelle vorzusehen (siehe auch 11.2.3).

Sollen Randeinfassungen aus Elementen geringer Höhe, zum Beispiel aus Pflastersteinen, vorgesehen werden, ist zu beachten, dass nur eine vergleichsweise niedrige Rückenstütze ausgeführt werden kann (siehe

zum Beispiel Bild 24). Dies kann sowohl die Stabilität der angrenzenden Pflasterdecke gefährden, als auch Probleme für eine hinter der Randeinfassung vorgesehene Vegetationsfläche hinsichtlich der notwendigen Dicke der Vegetationstragschicht mit sich bringen. In solchen Fällen ist unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Anforderungen – gegebenenfalls auch unter Hinzuziehung des Bauherrn – abzuwägen, welche bauliche Lösung zu Ausführung kommen soll.

Je ein Beispiel für eine Randeinfassung ist dem Bild 21, dem Bild 22, dem Bild 23 und dem Bild 24 zu entnehmen.

Zu Einfassungen im Bereich höhengleicher Verkehrsflächen mit unterschiedlicher Nutzung siehe 11.2.4.

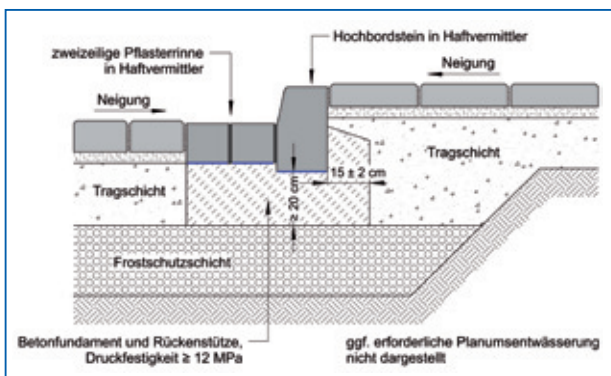


Bild 21: Beispiel für eine Randeinfassung durch Hochbordsteine in Kombination mit einer zweizeiligen Entwässerungsrinne

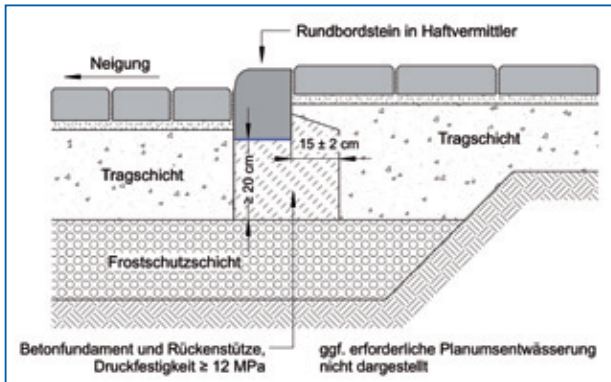


Bild 22: Beispiel für eine Randeinfassung ohne Entwässerungsfunktion durch Rundbordsteine

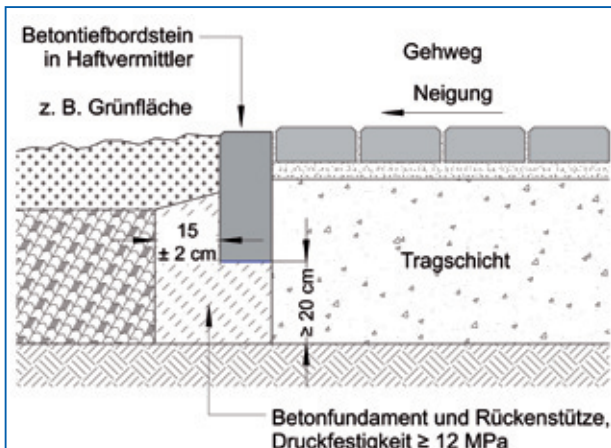


Bild 23: Beispiel für eine Randeinfassung durch Tiefbordsteine (Entwässerung in eine unbefestigte Fläche)

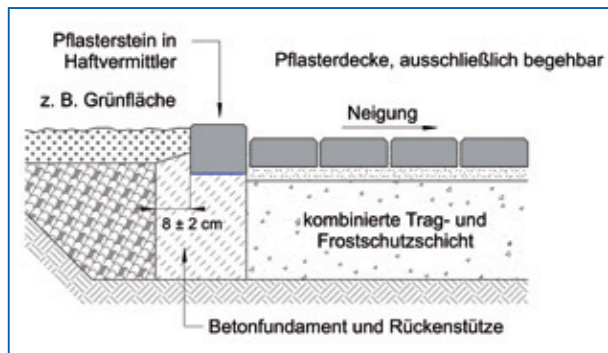


Bild 24: Beispiel für eine Einfachbauweise für eine Randeinfassung (für nicht von Kfz befahrene Flächen)

11.2.3 Ergänzende Planungshinweise zu Entwässerungsrinnen

Die Entwässerung von Pflasterdecken erfolgt unter anderem an der Oberfläche durch deren Neigung (siehe zum Beispiel Bild 7 und Bild 8). Zur Ableitung des anfallenden Wassers wird häufig eine Längsentwässerung durch Bord- oder Muldenrinnen angeordnet. Diese werden entlang oder zwischen Verkehrsflächen angelegt. Sie haben die Aufgabe, das von den Verkehrsflächen zufließende Wasser aufzunehmen und es Straßenabläufen oder direkt dem Vorfluter zuzuleiten. Man unterscheidet offene und geschlossene Entwässerungsrinnen. Die Planungsgrundsätze für die Entwässerung von Verkehrsflächen sind in den REwS beschrieben.

Für Entwässerungsrinnen ist ein Längsgefälle von $\geq 0,5\%$ vorzusehen.

Entwässerungsrinnen sind generell für eine Ausführung in gebundener Bauweise vorzusehen. Insofern sind für Entwässerungsrinnen generell Bewegungsfugen vorzusehen. Zu den Abständen der Bewegungsfugen finden sich in den einschlägigen Regelwerken derzeit unterschiedliche Angaben bzw. Anforderungen und zwar:

- nach ATV DIN 18318 darf der Abstand höchstens 12 m betragen, bei befahrenen Entwässerungsrinnen muss er 4 m bis 6 m betragen, sofern jeweils in der Leistungsbeschreibung nichts anderes vorgegeben ist,
- nach ZTV Pflaster-StB muss der Abstand 6 m bis 8 m betragen, ohne Unterscheidung, ob die Entwässerungsrinne befahren wird oder nicht.

Es wird empfohlen, Bewegungsfugen im Abstand von 6 m bis 8 m anzuordnen (siehe auch M RR).

Bewegungsfugen sind zudem vor und hinter jedem in der Rinne vorgesehenen Straßenablauf einzuplanen.

Die genauen Maße für die Breite des Fundamentes der Entwässerungsrinne sind abhängig von

- Belastungsart der zugehörigen Verkehrsfläche(n) und Art der Beanspruchung der Entwässerungsrinne, zum Beispiel regelmäßiges Querüberfahren, sowie von
- Art und Größe der zu verwendenden Bauteile für die Entwässerungsrinne.

Je ein Beispiel für eine Entwässerungsrinne ist dem Bild 18, dem Bild 19, dem Bild 25, dem Bild 26 und dem Bild 27 zu entnehmen.

Erfahrungsgemäß stellen Entwässerungsrinnen, die innerhalb von Verkehrsflächenbefestigungen angeordnet sind, aufgrund ihrer Bauart eine Schwachstelle dar, die im Bereich der Rinne zu Schäden führen kann. Dies gilt vor allem bei Verkehrsflächenbefestigungen mit überwiegend ungebundenen Tragschichten und falls die in gebundener Bauweise hergestellten Entwässerungsrinnen regelmäßig, insbesondere in Querrichtung, überfahren werden.

Folgende Planungsgrundsätze sollten daher beachtet werden:

- Entwässerungsrinnen sollten innerhalb der zu entwässernden Fläche so angelegt werden, dass sie nicht oder nur in Ausnahmefällen überfahren werden können.
- Falls dies nicht möglich ist, sollten Entwässerungsrinnen so angelegt werden, dass sie in einem möglichst spitzen Winkel überfahren werden können.
- Entwässerungsrinnen sollten generell unter Verwendung eines Haftvermittlers erstellt werden, um eine kraftschlüssige Verbindung zwischen den Rinnenbauteilen und dem Beton für Fundament und Rückenstütze zu erreichen (siehe auch Tabelle 10).
- Es kann darüber hinaus zweckmäßig sein, für Entwässerungsrinnen massive Bauteile mit hohem Eigengewicht oder großer Einbindetiefe zu verwenden (siehe auch Tabelle 10 und Bild 25).
- Rinnenformsteine und Rinnenpflastersteine sollten stets so gewählt bzw. angeordnet werden, dass deren Seitenflächen im eingebauten Zustand senkrecht zu den angrenzenden Pflasterdecken stehen, damit sich in diesen Bereichen keine klaffenden Fugen ergeben (siehe auch Bild 26). Dies kann ein vorheriges Zuarbeiten von Rinnenformsteinen oder Rinnenpflastersteinen erforderlich machen.

Es kann im Allgemeinen davon ausgegangen werden, dass auch bei sorgfältiger Planung und Ausführung eine regelmäßig, insbesondere von Schwerverkehr, überfahrene Entwässerungsrinne relativ hoch schadensanfällig bleibt. Dies betrifft die Rinnenbauteile und die Übergangsbereiche zwischen der Rinnenkonstruktion und den angrenzenden Flächenbefestigungen gleichermaßen.

Dies ist darauf zurückzuführen, dass bauartbedingt die Radlasten beim Überfahren hohe dynamische Kräfte in die Konstruktion einleiten, die zu entsprechend hohen Beanspruchungen in der Rinnenkonstruktion führen. Es ist insofern mit erhöhtem Erhaltungsaufwand für diese Bereiche zu rechnen.

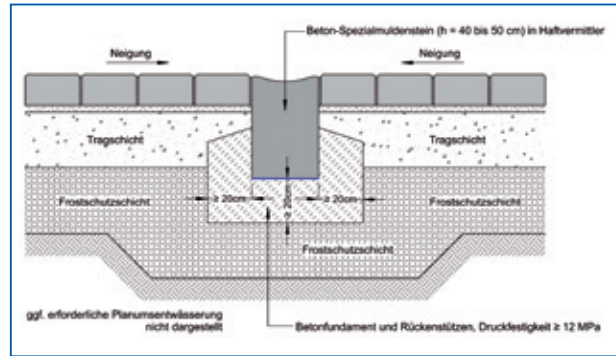


Bild 25: Beispiel für eine Entwässerungs-Muldenrinne aus einem massiven Spezialbauteil mit großer Einbindetiefe

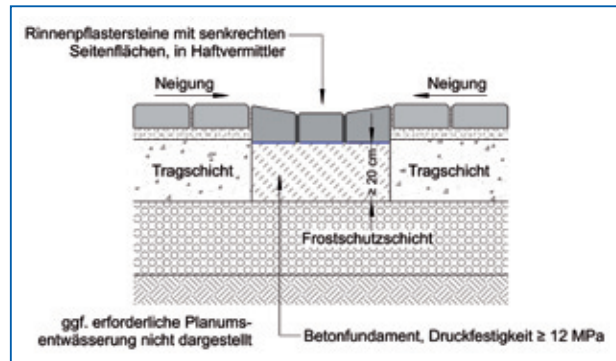


Bild 26: Beispiel für eine Entwässerungs-Muldenrinne aus Rinnenformsteinen mit senkrechten Seitenflächen

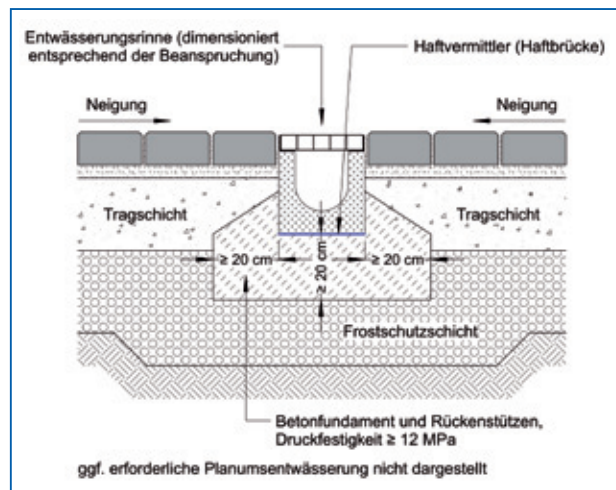


Bild 27: Beispiel für eine Entwässerungsrinne als Kastenrinne

11.2.4 Einfassungen von höhengleichen Verkehrsflächen mit unterschiedlicher Nutzung

Verkehrsflächenbefestigungen mit unterschiedlicher Nutzung erfordern im Allgemeinen auch unterschiedliche Oberbaukonstruktionen, die sich dann in ihrem Aufbau und ihrer Gesamtdicke unterscheiden. Sollen

Pflasterdecken für eine bestimmte Nutzung an Verkehrsflächen mit einer anderen Nutzung höhengleich angeschlossen werden, sind diese Übergangs- bzw. Anschlussbereiche in der Planung besonders zu berücksichtigen.

Folgende Anschlüsse sind im öffentlichen Verkehrsraum, zum Beispiel bei großen Plätzen oder in Fußgängerzonen, vergleichsweise typisch (beispielhafte Aufzählung):

- Pflasterdecken aus Beton an Verkehrsflächenbefestigung in Asphalt- oder Betonbauweise,
- Pflasterdecken aus Beton in ungebundener Ausführung an Pflasterdecke oder Plattenbelag in gebundener Ausführung sowie
- Pflasterdecken aus Beton unterschiedlicher Dicke.

Sollen Verkehrsflächenbefestigungen mit voneinander abweichenden Oberbaukonstruktionen höhengleich aneinander angeschlossen werden, ist zwischen diesen eine fachgerechte Einfassung als Trennkonstruktion vorzusehen. Diese bildet für beide Befestigungsarten den jeweiligen seitlichen Abschluss mit der Funktion eines Widerlagers.

Ähnlich wie bei Entwässerungsrinnen kann auch bei Einfassungen von höhengleichen Verkehrsflächen davon ausgegangen werden, dass sie aufgrund ihrer Bauart grundsätzlich eine Schwachstelle innerhalb der Befestigung darstellen. Daher sollten die im Abschnitt 11.2.3 beschriebenen Planungsgrundsätze auch hier sinngemäß angewendet werden.

Die genauen Maße für die Breite des Fundamentes der Einfassung sind abhängig von

- der Belastungsart der zugehörigen Verkehrsfläche(n) und der Art der Beanspruchung der Einfassung, zum Beispiel regelmäßiges Querüberfahren, sowie von

- der Art und der Größe der zu verwendenden Bauteile für die Einfassung.

Bei Einfassungen von höhengleichen Verkehrsflächen ist aufgrund des in größere Tiefe reichenden Betonfundamentes im Allgemeinen ein Versatz der Frostschutzschicht vorzunehmen, um die Bedingungen unter dem Fundament an die der angrenzenden Verkehrsflächen anzupassen (zum Prinzip siehe auch Bild 20).

Eine einfache Lösung, zum Beispiel für Verkehrsflächen mit vergleichsweise geringer Belastung, kann darin bestehen, zwischen diesen einen herkömmlichen Tiefbordstein in Beton zu setzen (siehe Bild 28).

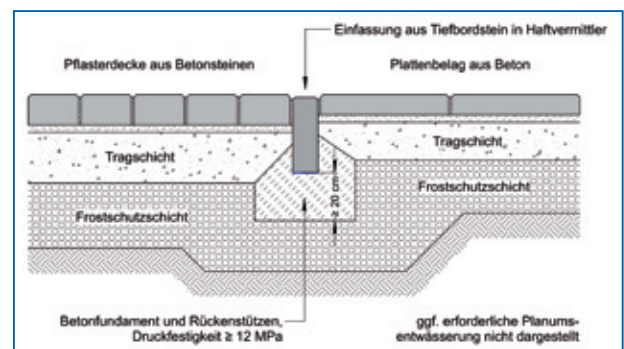


Bild 28: Beispiel für eine Randeinfassung mit Tiefbordsteinen als Trennkonstruktion zwischen einer Pflasterdecke und einem Plattenbelag

Eine stabilere und aufwändigere Lösung ist bei Verkehrsflächen mit vergleichsweise hoher Belastung notwendig – insbesondere, wenn sich regelmäßige Querungen der Trennkonstruktion durch Schwerfahrzeuge nicht vermeiden lassen. Dann sollte ein in Beton gesetzter massiver Randstein vorgesehen werden. Dessen Größe und Einbindetiefe richtet sich nach der Dicke der anzuschließenden Schichten, so dass auch spezielle Randsteinprofile, das heißt Sonderformen, erforderlich werden können.

Beim Anschluss der Pflasterdecke an einen Oberbau in gebundener Ausführung ist grundsätzlich ein längs angeordneter Fugenverguss bzw. eine längs angeordnete Bewegungsfuge vorzusehen (siehe Bild 29 und Bild 30).

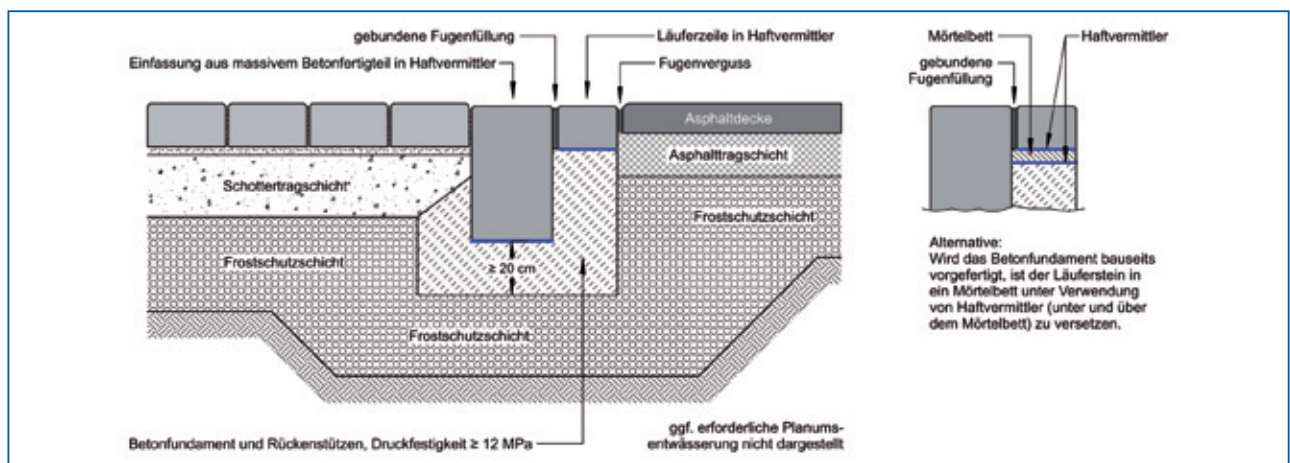


Bild 29: Beispiel für den Anschluss einer Pflasterdecke an einen Oberbau in Asphaltbauweise

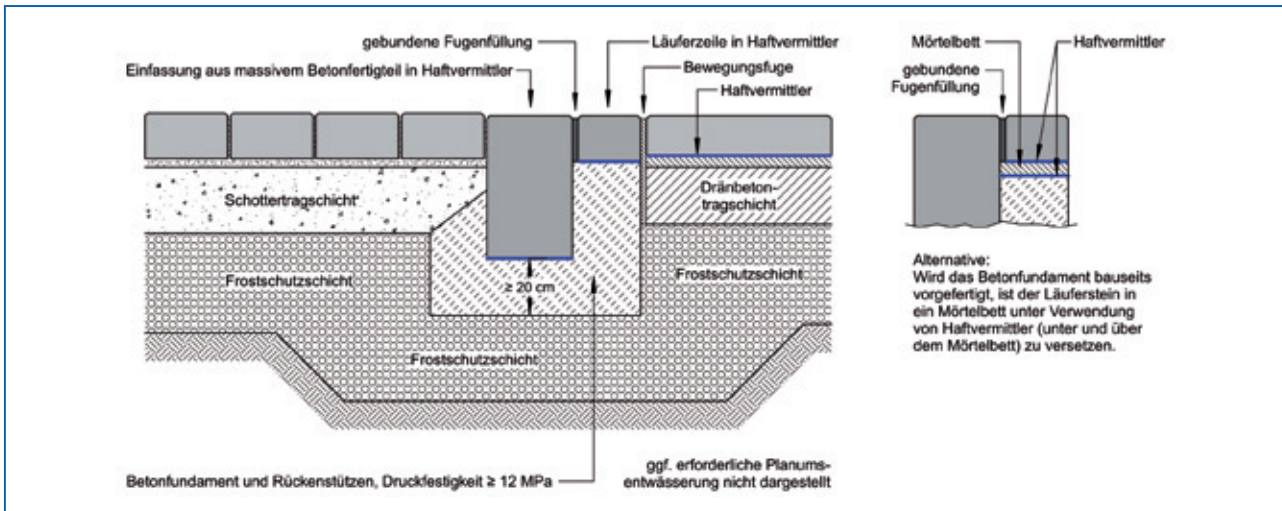


Bild 30: Beispiel für den Anschluss einer Pflasterdecke an einen Plattenbelag in gebundener Ausführung

11.3 Ausführung

11.3.1 Allgemeine Ausführungshinweise

Randeinfassungen und Entwässerungsrinnen sind selbständige Konstruktionselemente, die in der Regel vor der Ausführung der Pflasterdecke hergestellt werden und somit auch die Funktion des Widerlagers beim Verdichten der angrenzenden Tragschichten ausüben.

Die Abstände zwischen Randeinfassungen und Entwässerungsrinnen sollten auf die Nennmaße der zu verwendenden Pflastersteine unter Berücksichtigung der geforderten Sollfugenbreite abgestimmt werden. Um das Zurarbeiten von Pflastersteinen zu vermeiden, kann es zweckmäßig sein, den genauen Abstand zwischen Randeinfassungen oder Entwässerungsrinnen – unter Beachtung der geforderten Verlegebreite – durch Auslegen einzelner Steinzeilen vorher zu ermitteln.

Die Herstellung von Entwässerungsrinnen hat grundsätzlich immer in gebundener Ausführung zu erfolgen.

11.3.2 Fundament und Rückenstütze

Randeinfassungen und Entwässerungsrinnen sind mit einem Fundament aus Beton herzustellen. Die Dicke des Fundamentes sollte grundsätzlich mindestens 20 cm betragen. Bei Randeinfassungen von Pflasterflächen, die ausschließlich begangen werden, kann die Dicke des Fundamentes geringer, jedoch mindestens 8 cm, ausgeführt werden (Beispiel siehe Bild 23).

Randeinfassungen sind zudem mit einer Rückenstütze aus Beton zu versehen. Entwässerungsrinnen sind – sofern sie auch als Randeinfassung dienen – ebenfalls mit einer Rückenstütze aus Beton zu versehen. Die Breite von Rückenstützen sollte $15 \text{ cm} \pm 2 \text{ cm}$ betragen, sofern eine befahrbare Pflasterdecke anschließt. Bei Randeinfassungen von Pflasterflächen, die ausschließlich begangen werden, kann die Breite der Rücken-

stütze geringer, jedoch mindestens 8 cm, ausgeführt werden (Beispiel siehe Bild 23).

Nach den ATV DIN 18318 ist bei Randeinfassungen und Entwässerungsrinnen für befahrbare Pflasterdecken ein Beton mit einer Zusammensetzung entsprechend einem C 20/25 für Fundament und Rückenstütze zu verwenden. Anforderungen an die Festigkeit im fertigen Bauwerk ergeben sich gegebenenfalls aus den Planungsvorgaben (siehe Abschnitt 11.2.1).

Die Mengen des für die Herstellung der Fundamente und Rückenstützen anzuliefernden oder auf der Baustelle herzustellenden Frischbetons sollte auf die Einbauleistung derart abgestimmt werden, dass die jeweiligen Verarbeitungszeiten des Frischbetons unter Berücksichtigung der gerade vorherrschenden Witterungsverhältnisse eingehalten werden. Es sollte zudem eine auf die gerade vorherrschenden Witterungsbedingungen abgestimmte Nachbehandlung des eingebauten Betons für Fundament und Rückenstütze durchgeführt werden.

Die Rückenstütze ist in Schalung herzustellen und sollte möglichst weit hoch geführt werden, um eine gute Stützwirkung zu erreichen. Die Rückenstütze sollte

Verzögerer für Frischbetone mit steifer Konsistenz sinnvoll?

Grundsätzlich kann bei Frischbetonen durch den Einsatz spezieller Zusätze (Verzögerer) das Ansteifen bzw. der Erstarrungsbeginn hinausgezögert werden. Dies funktioniert jedoch erfahrungsgemäß nicht bei Betonen mit steifer Konsistenz, wie sie für Fundamente und Rückenstützen verwendet werden, da diese im Allgemeinen sehr wasserarm zubereitet werden und relativ schnell austrocknen. Es finden sich in Regelwerken und der Fachliteratur auch keinerlei Hinweise auf eine Technologie für Betone mit Verzögerer bei steifer Konsistenz.

zudem nach außen leicht abgeschrägt ausgeführt werden. Beispiele sind im Abschnitt 11.2.2 und im Abschnitt 11.2.3 dargestellt.

Falls hinter der Randeinfassung eine Vegetationsfläche vorgesehen ist, kann es aufgrund der Anforderungen an die Dicke der Vegetationstragschicht zu Problemen hinsichtlich der Einhaltung der Vorgaben der ATV DIN 18318 für die Rückenstütze kommen. In solchen Fällen ist unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Anforderungen an die Stabilität der Randeinfassung bzw. an die Dicke von Vegetationstragschichten abzuwägen, welche bauliche Lösung ausgeführt werden soll.

11.3.3 Versetzen der Bauteile

11.3.3.1 Regelausführung

Die Bauteile für Randeinfassungen und Entwässerungsrinnen sind in den noch frischen Fundamentbeton zu versetzen (siehe auch Abschnitt 11.2.1). Dabei wird unabhängig von der zu erwartenden Belastung die Verwendung eines Haftvermittlers an der Unterseite der Bauteile empfohlen.

Merke

Sind die ZTV Pflaster-StB Bestandteil des Bauvertrages, ist die Verwendung eines Haftvermittlers an der Unterseite der zu versetzenden Bauteile vom AN geschuldete Leistung und zwar

- bei Einfassungen von Verkehrsflächen ab einer Belastungsklasse Bk1,8 gemäß den RStO,
- bei regelmäßig von Schwerverkehr überfahrenen Einfassungen sowie
- bei Entwässerungsrinnen.

Nach dem M RR wird der Einsatz eines Haftvermittlers generell bei allen Arten von Einfassungen und Rinnen empfohlen.

Die Bauteile müssen vor dem Versetzen in den noch frischen Fundamentbeton oder vor dem Auftragen des Haftvermittlers gegebenenfalls vorgehäst werden, damit dem Frischbeton bzw. dem Haftvermittler kein Wasser entzogen wird.

Nach dem Versetzen der Bauteile sollte der gegebenenfalls erforderliche Rückenstützenbeton frisch in frisch mit dem Fundamentbeton eingebaut und verdichtet werden. Dabei sind Maßnahmen vorzusehen, die ein Ausweichen der Einfassungs- oder Rinnenelemente infolge der Verdichtung des Rückenstützenbetons verhindern. Der Rückenstützenbeton muss ausreichend verdichtet werden, damit er eine ausreichende bzw. die geforderte Festigkeit entwickeln und damit die notwendige abstützende Funktion ausüben kann.

Merke

„Frisch in frisch“

Einen Beton bezeichnet man im Allgemeinen als „frisch“, solange sein Erstarrungsbeginn noch nicht eingesetzt hat. Den Zeitraum unmittelbar nach dem Anmischen bis zum Erstarrungsbeginn bezeichnet man als Ansteifen, den Zeitraum nach dem Erstarrungsbeginn als Erhärten. Der Zeitpunkt des Erstarrungsbeginns ist von zahlreichen Faktoren abhängig, so zum Beispiel vom Wasserzementwert, der Frischbetontemperatur, der Umgebungstemperatur und der verwendeten Zementart.

Müssen Bauteile für Randeinfassungen und Entwässerungsrinnen angepasst werden, zum Beispiel in Kurvenbereichen oder an Straßenabläufen, sollte dies immer durch Nassschnitt erfolgen. Entwässerungsrinnen in Bögen lassen sich ohne großen Schneideaufwand mit Rinnenpflastersteinen oder speziellen Formsteinen, zum Beispiel Kurven- oder Keilsteinen, ausführen.

Der Einbau der Tragschicht(en) entlang des Fundamentes der Randeinfassung oder Entwässerungsrinne sollte erst erfolgen, wenn der Fundamentbeton ausreichend erhärtet ist und seine Widerlagerfunktion ausüben kann.

Bei Randeinfassungen ohne angrenzende Entwässerungsrinne sind nach ATV DIN 18318 die Bauteile mit 4 mm breiten Stoßfugen (Sollmaß) zu versetzen, die nicht verfugt werden müssen. Gleichwohl sollten die Stoßfugen immer dann partiell geschlossen oder abgedichtet werden, wenn eine Pflasterdecke in ungebundener Ausführung anschließt, um das Ausrieseln von Bettungs- und Fugenmaterial zu verhindern. Dafür eignen sich zum Beispiel Kunststoffeinslagen oder ein einfacher Mörtelstrich (siehe Bild 31).



Bild 31: Seitlich verschlossene Fugenspalten einer einzeiligen Entwässerungsrinne zum Schutz des Fugenmörtels vor dem Auslaufen

Bei Randeinfassungen mit angrenzender Entwässerungsrinne sind nach ATV DIN 18318 die Bauteile für die Randeinfassung mit 10 mm breiten Stoßfugen (Sollmaß) zu versetzen, die mit einem zementgebundenen Mörtel (ebenfalls nach ATV DIN 18318) zu vermörteln sind.

Nach den ATV DIN 18318 sind Bordsteineinfassungen mit Radien unter 12 m aus Kurvensteinen herzustellen. Bei Radien ab 12 m bis unter 20 m sind gerade Bordsteine mit einer Länge von 0,50 m, bei Radien ab 20 m sind gerade Bordsteine mit einer Länge von 1 m zu verwenden.

Die Bauteile für offene Entwässerungsrinnen, zum Beispiel Pflastersteine, Rinnenplatten oder Muldensteine, sind mit einer Fugenbreite von 10 mm (Sollmaß) zu versetzen. Die ausgeführten Fugenbreiten dürfen ± 5 mm vom Sollmaß abweichen.

Die Fugenspalte sind vor dem Verfugen von losen Bestandteilen zu säubern. Die freien senkrechten Fugenspalten sollten vorher partiell geschlossen oder abgedichtet werden, zum Beispiel mit einem Mörtelstrich (Bild 31), damit der Fugenmörtel nicht seitlich entweichen kann.

Die Fugen zwischen den Bauteilen sind mit einem zementgebundenen Mörtel nach ATV DIN 18318 zu vermörteln. Der Fugenmörtel endet im erhärteten Zustand 1 mm bis 4 mm unter der Oberkante der betreffenden Bauteile für die Entwässerungsrinne oder – für den Fall, dass die Bauteile gefaste oder gerundete Kanten aufweisen, sollte der Fugenmörtel bis an deren Unterkante heranreichen (siehe Bild 32).

Es ist darauf zu achten, dass durch das Verfugen keine Verunreinigung angrenzender Bauteile entsteht. Die vorherigen, aus den ATV DIN 18318 zitierten Anforderungen gelten nur für den Fall, dass der Bauvertrag

keine abweichenden Anforderungen vorsieht.

Für die Ausführung der Fugen von geschlossenen Entwässerungsrinnen oder solchen mit Nut-und-Feder-Prinzip sind die jeweiligen Herstellerangaben zu beachten.

11.3.3.2 Ausführung auf bereits erhärtetem Fundament

Müssen Bauteile für Randeinfassungen oder Entwässerungsrinnen auf den bereits erhärteten Fundamentbeton aufgebracht werden, muss dieser eine ausreichende Rauheit an der Oberfläche aufweisen.

Zunächst ist die Fundamentoberfläche von Staub und lose anhaftenden Teilen zu befreien und gegebenenfalls vorzunässen. Sodann wird ein Haftvermittler aufgetragen. Im Anschluss wird der Bettungsmörtel auf den frischen, das heißt noch verarbeitbaren, Haftvermittler aufgebracht.

Die Bauteile für Randeinfassungen oder Entwässerungsrinnen sind an ihrer Unterseite gegebenenfalls vorzunässen, mit einem Haftvermittler zu versehen und sofort in den frischen, das heißt noch verarbeitbaren, Bettungsmörtel durch hammerfestes Versetzen in ihre endgültige Lage zu bringen.

Die Dicke des verdichteten Mörtelbettes sollte in der fertig hergestellten Randeinfassung oder Entwässerungsrinne grundsätzlich 5 cm nicht überschreiten. Bei Muldenrinnen, die aus einzelnen Steinen hergestellt werden, muss das Mörtelbett zur Modellierung der Muldenform mit entsprechend variierender Dicke ausgeführt werden (Beispiel siehe Bild 19).

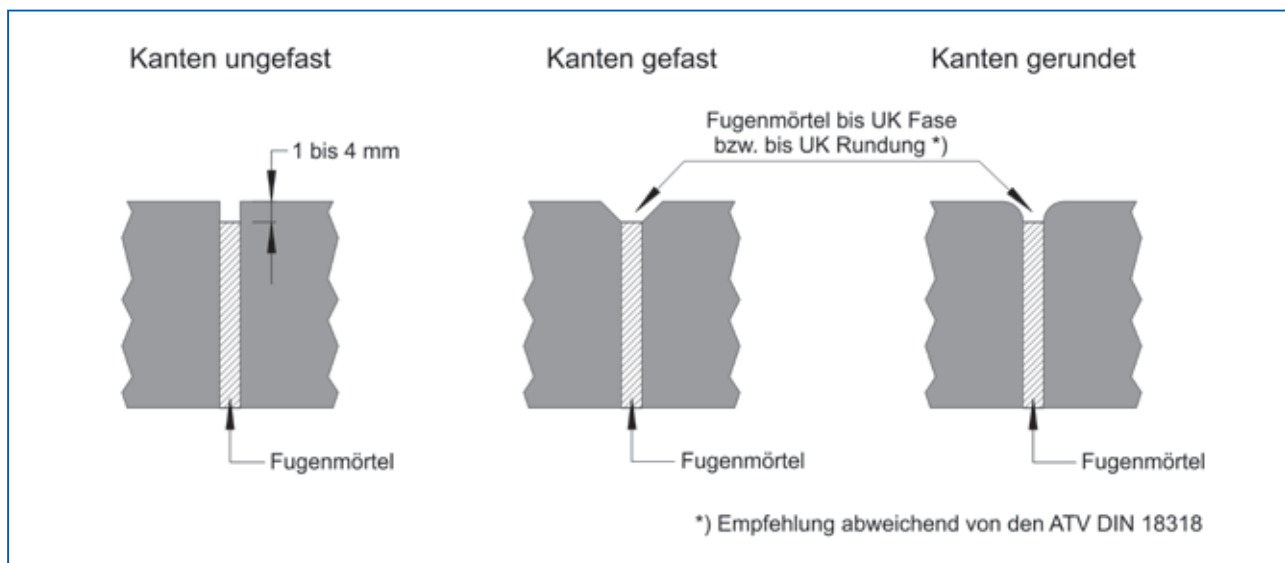


Bild 32: Fugenausbildung bei offenen Entwässerungsrinnen

11.3.4 Nachbehandlung

Die in gebundener Bauweise ausgeführten Bau- und Konstruktionsteile, wie Fundamente, Rückenstützen, Randeinfassungen mit vermörtelten Fugen und Entwässerungsrinnen, sind grundsätzlich nachzubehandeln. Art und Dauer der Nachbehandlung sind auf die zum Bauzeitpunkt vorherrschenden Witterungsbedingungen abzustimmen.

Damit soll erreicht werden, dass die für die Hydratation benötigte Wassermenge in den zementgebundenen Baustoffen und Bauteilen erhalten bleibt. Insbesondere bei hohen Temperaturen oder starker Sonneneinstrahlung sind entsprechende Maßnahmen zu ergreifen, zum Beispiel Abdecken mit feucht zu haltenden Geotextilien.

Bei Lufttemperaturen über 25°C und direkter Sonneneinstrahlung sowie bei Lufttemperaturen unter 5°C sollten hydraulisch erhärtende Baustoffe nicht verarbeitet werden oder es sollten besondere Vorkehrungen abgestimmt und getroffen werden.

11.3.5 Lage, zulässige Abweichungen

Randeinfassungen sind höhen- und fluchtgerecht herzustellen. Abweichungen der Oberfläche von der Sollhöhe und dem Sollabstand von der Bezugsachse dürfen an keiner Stelle mehr als 20 mm betragen (siehe ATV DIN 18318). Für Entwässerungsrinnen sind diese Anforderungen sinngemäß anzuwenden.

An den Stoßfugen dürfen Auftritt- und Vorderflächen von benachbarten Einfassungselementen nicht mehr als 2 mm voneinander abweichen. Dies gilt für den üblichen Fall, dass die Einfassungselemente eine ebene Oberfläche aufweisen (siehe ATV DIN 18318). Für Entwässerungsrinnen ist diese Anforderung sinngemäß anzuwenden.

Zur Breite der Stoßfugen bei Randeinfassungen ohne oder mit angrenzender Entwässerungsrinne siehe Abschnitt 11.3.3.1. Die ausgeführten Fugenbreiten dürfen höchstens ± 2 mm vom Sollmaß abweichen.

Entwässerungsrinnen sind mit einer Längsneigung von mindestens 0,5 % auszuführen.

Zur Breite der Fugen zwischen Bauteilen für offene Entwässerungsrinnen, zum Beispiel Pflastersteine, Rinnenplatten oder Muldensteine, siehe Abschnitt 11.3.3.1. Die ausgeführten Fugenbreiten dürfen höchstens ± 5 mm vom Sollmaß abweichen.

Zur Breite der Fugen zwischen Bauteilen für geschlossene Entwässerungsrinnen, zum Beispiel Kasten- und Schlitzrinnen nach DIN EN 1433, sowie zu den zulässigen Abweichungen sind die Planungsvorgaben oder gegebenenfalls Angaben der Hersteller oder Lieferanten zu beachten.

11.3.6 Bewegungsfugen in Randeinfassungen und Entwässerungsrinnen

Siehe auch M RR. Bewegungsfugen sind in Entwässerungsrinnen und gegebenenfalls in Randeinfassungen in den von der Planung vorgegebenen Abständen (siehe auch Abschnitt 11.2.2 und Abschnitt 11.2.3) auszubilden.

Bewegungsfugen sind zudem vor und hinter jedem in der Rinne gesetzten Straßenablauf anzuordnen.

Bewegungsfugen sind mindestens 8 mm und höchstens 15 mm breit auszuführen. Bei Randeinfassungen sollten dauerhaft komprimierbare und rückstellfähige Einlagen entsprechend dem Profil des verwendeten Bord- oder Einfassungssteins eingebaut werden. Bei Entwässerungsrinnen sind grundsätzlich dauerhaft komprimierbare und rückstellfähige Einlagen zu verwenden.

In den oberen 3 cm der Bewegungsfuge der Entwässerungsrinne ist eine elastische Pflasterfugenmasse gemäß den ZTV Fug-StB einzubauen. Dabei müssen die Fugenflanken im Bereich der Haftflächen trocken, sauber und von Staub frei sein.

12 Betonpflasterdecke – Planung

12.1 Allgemeines

Pflasterdecken sind zur Befestigung von Verkehrsflächen mit einer Verkehrsbelastung gemäß den Belastungsklassen Bk0,3 bis Bk3,2 nach den RStO sowie für Rad- und Gehwege anwendbar (siehe auch Abschnitt 4). Für höhere, über Bk3,2 hinausgehende Verkehrsbelastungen wird die Bauweise mit Pflasterdecke gemäß den Technischen Regelwerken nicht empfohlen.

Nachfolgend wird die Planung und Ausführung von Pflasterdecken in ungebundener Ausführung, das heißt, unter Verwendung von ungebundenem Bettungs- und ungebundenem Fugenmaterial, beschrieben. Die gebundene Bauweise, das heißt unter Verwendung von Bettungs- und Fugenmörtel, für die noch kein vollständiges vertragsrelevantes Technisches Regelwerk des Verkehrswegebbaus zur Verfügung steht (zum Beispiel in Form einer ZTV), wird in diesem Technischen Handbuch nicht behandelt.

Üblicherweise wird die Auswahl der Pflastersteinform, der Farbe, der Oberflächentextur sowie eines Verlegemusters nach gestalterischen Aspekten entschieden. Konstruktive Gesichtspunkte sind vor allem dann vorrangig zu berücksichtigen, wenn die Pflasterdecke von Fahrzeugen des Schwerverkehrs befahren werden soll bzw. hohe Horizontalbeanspruchungen zu erwarten sind, zum Beispiel durch Lenk-, Brems- und Beschleunigungsvorgänge.

12.2 Einflüsse auf das Tragverhalten von Pflasterdecken

Siehe auch M FP. Durch den Kraftfahrzeugverkehr können teilweise hohe statische und dynamische Lasten auf die Verkehrsflächenbefestigung einwirken. Insbesondere die von der Fahrgeschwindigkeit abhängenden dynamischen Lasten, die sowohl in horizontaler als auch in vertikaler Richtung wirken, können Schäden an der Pflasterdecke erzeugen. Daher sollte die Fahrgeschwindigkeit des Kraftfahrzeugverkehrs auf Verkehrsflächen mit Pflasterdecken nicht mehr als etwa 60 km/h betragen. Eine Begrenzung der Fahrgeschwindigkeit ist auch aus Gründen des Lärmschutzes sinnvoll, da die Fugencharakteristik der Pflasterdecke zu einer Erhöhung der Rollgeräuschemissionen beitragen kann.

Die Tragfähigkeit und die Verformungsstabilität der Pflasterdecke werden neben der Intensität des Kraftfahrzeugverkehrs auch von anderen Einflussparametern bestimmt, die bei der Planung zu berücksichtigen sind. Es sind dies:

• **Bettung**

Art der Gesteinskörnung (gebrochen/rundkörnig), Kornzusammensetzung und Widerstand gegen Kornzertrümmerung des Bettungsmaterials sowie Dicke und Wasserdurchlässigkeit der Bettung (vgl. auch Abschnitt 12.3.2).

• **Fugenfüllung**

Art der Gesteinskörnung (gebrochen/rundkörnig), Kornzusammensetzung und Widerstand gegen Kornzertrümmerung des Fugenmaterials sowie Breite und Verfüllungszustand der Fugen (vgl. auch Abschnitt 12.3.3)

• **Pflastersteine**

Form und Abmessungen der Pflastersteine (vgl. auch Abschnitt 12.6)

• **Verband**

Geometrische Anordnung der Pflastersteine zueinander sowie zur Beanspruchungsrichtung (vgl. auch Abschnitt 12.7).

Die Tragfähigkeit und das Verformungsverhalten der gesamten Verkehrsflächenbefestigung wird zusätzlich maßgebend von der Anordnung und Dicke der Tragschichten sowie von Verdichtungsgrad, Verformungsmodul und Wasserdurchlässigkeit der Tragschichten und des Untergrundes/Unterbaus beeinflusst.

12.3 Bettung und Fugenfüllung

12.3.1 Allgemeines

Als Baustoffe für Bettung und Fugenfüllung sollten stets Gesteinskörnungen verwendet werden, die den gesteinspezifischen und wasserwirtschaftlichen Anfor-

derungen gemäß den TL Gestein-StB genügen. Die TL Gestein-StB enthalten Anforderungen an natürliche, industriell hergestellte und rezyklierte Gesteinskörnungen, die unter anderem bei der Herstellung von Pflasterdecken und Plattenbelägen verwendet werden. Mit diesem Regelwerk wurde unter anderem die europäische Norm DIN EN 13242 *Gesteinskörnungen für ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische für den Ingenieur- und Straßenbau* in Deutschland umgesetzt. Weitere Anforderungen an Bettungs- und Fugenmaterialien – so genannte gemischspezifische Anforderungen – sind in den TL Pflaster-StB beschrieben.

Merke

Seit der Ausgabe April 2010 der ATV DIN 18318 werden darin die Begriffe „Bettungsstoff“ und „Fugenstoff“ verwendet. In anderen Regelwerken – konkret in den TL Pflaster-StB, den ZTV Pflaster-StB und dem M FP werden für dieselben Baustoffe die Begriffe „Bettungsmaterial“ und „Fugenmaterial“ verwendet. In diesem Handbuch werden in Anlehnung an die letztgenannten Regelwerke ausschließlich die Begriffe „Bettungsmaterial“ und „Fugenmaterial“ verwendet.

12.3.2 Bettung

12.3.2.1 Dicke der Bettung

Die Pflasterbettung stellt das Auflager der Pflastersteine dar. Sie dient außerdem dazu, Maßabweichungen bezüglich der Pflastersteindicke auszugleichen (Bild 33). Die planmäßige Dicke der Bettung soll, unabhängig von der Dicke der Pflastersteine, im verdichteten Zustand 4 cm betragen (siehe ZTV Pflaster-StB). Die planmäßige Dicke der Bettung darf in begründeten Fällen, zum Beispiel bei starker Verkehrsbelastung zur Vermeidung von Spurrinnen, um 1 cm geringer gewählt werden. Die planmäßige Dicke der Bettung ist im Leistungsverzeichnis anzugeben.

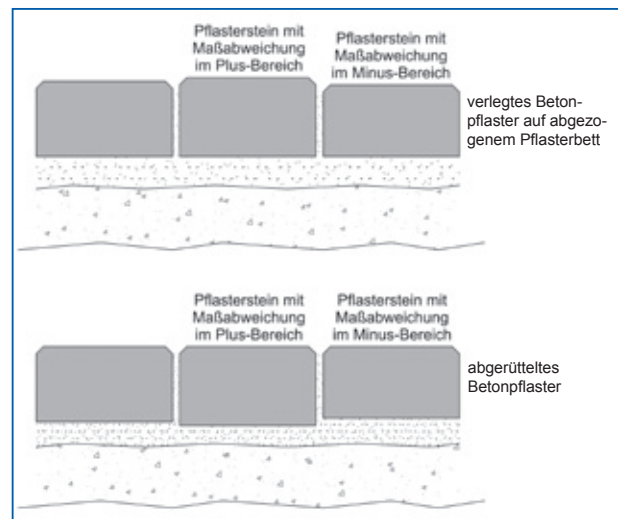


Bild 33: Ausgleich zulässiger Maßabweichungen von der Nenndicke der Pflastersteine

In ungünstigen Fällen können sich bei der Bauausführung durch Überlagerung von Unebenheiten der oberen Tragschicht und der Pflasterdecke relativ große Dicken-schwankungen der Bettung ergeben. Im verdichteten Zustand muss die Dicke der Bettung grundsätzlich jedoch an jeder Stelle mindestens 2,0 cm und höchstens 5,0 cm betragen. Die Einhaltung der Maximaldicke ist aus Gründen der Vermeidung von Spurrinnen und Verdrückungen zwingend notwendig (Bild 34 und Bild 35). Unzulässig hohe Schwankungen der Bettungsdicke bergen zudem die Gefahr der Ausbildung von Unebenheiten und sollten daher unbedingt vermieden werden (Bild 36).

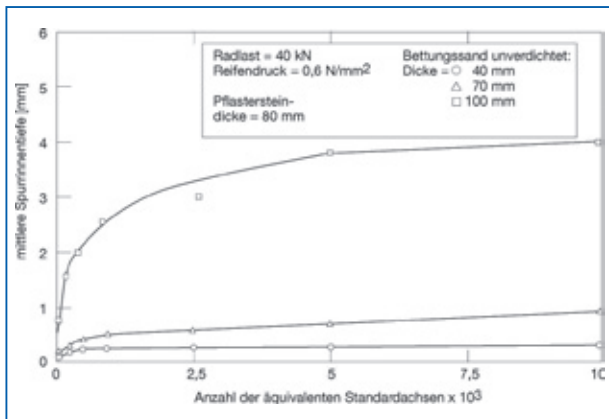


Bild 34: Einfluss der Dicke der Bettung auf das Verhalten der Pflasterdecke (Shackel, 1980)

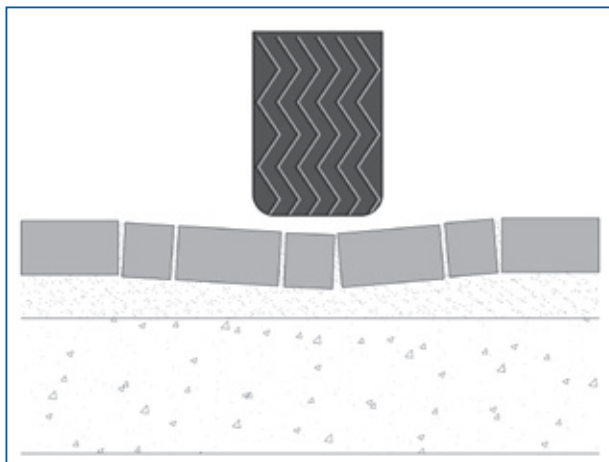


Bild 35: Verdrückungen in der Bettung bei zu großer Bettungsdicke

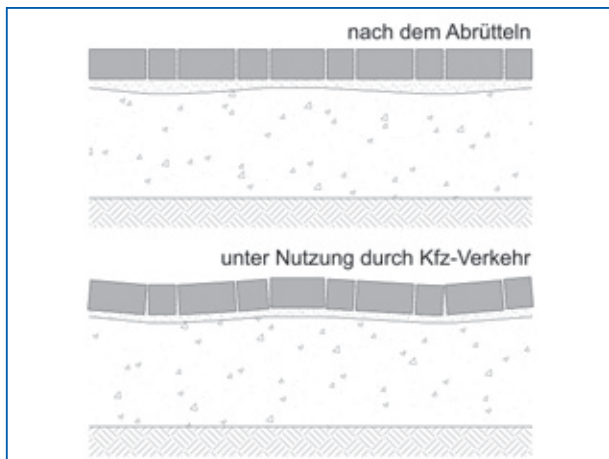


Bild 36: Verformungen in der Bettung durch ungleichmäßige Bettungsdicke

12.3.2.2 Bettungsmaterial

Das Bettungsmaterial muss für die Herstellung einer funktionsfähigen Bettung, insbesondere im Hinblick auf die geplante Nutzung der Pflasterdecke, geeignet sein. Allgemeine Anforderungen an ein ungebundenes Bettungsmaterial für eine Pflasterdecke sind nachfolgend genannt.

- Geeignete Kornzusammensetzung im Hinblick auf
 - eine ausreichende Verdichtbarkeit zum Ausgleich der produktionsbedingten Dickentoleranzen der Pflastersteine,
 - eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit im eingebauten Zustand und während der Nutzungsdauer,
 - die erforderliche Filterstabilität zur oberen ungebundenen Tragschicht und zum Fugenmaterial (siehe Abschnitt 12.4).
- Ausreichende Widerstandsfähigkeit gegen Schlagzertrümmerung und Kornabrieb. Zur Einschätzung der Eignung und zur Erfahrungssammlung kann zusätzlich der Modifizierte Micro-Deval-Koeffizient nach den TP Gestein-StB Teil 5.5.3 bestimmt werden (vgl. auch ZTV Pflaster-StB). Derzeit wird in Fachkreisen diskutiert, für Verkehrsflächen, die der Belastungsklasse Bk0,3 bis Bk3,2 zuzuordnen sind, einen Anforderungswert von $MM_{DE} \leq 25$ zu empfehlen.
- Es sollte eine Gesteinsart gewählt werden, deren Feinanteile nicht zu einer latent hydraulischen Verfestigung neigen.

Als Bettungsmaterial ist ein Baustoffgemisch aus gebrochenen Gesteinskörnungen (Brechsand-Splitt-Gemisch) in einer korngabgestuften Zusammensetzung besonders geeignet.

Ein korngabgestuftes Bettungsmaterial aus ungebrochenen Gesteinskörnungen (Natursand-Kies-Gemisch) sollte nur dort eingesetzt werden, wo die Verkehrsbelastung für die Pflasterdecke entsprechend gering erwartet werden kann.

Nicht-korngabgestufte Bettungsmaterialien oder Baustoffgemische ohne nennenswerte Fein- und Sandanteile, wie zum Beispiel Körnung 1/3 oder 2/5, können für Pflasterdecken mit untergeordneter Belastung, mit einer Belastung durch Geh- und Radverkehr (siehe Tabelle 1) und mit einer Belastung entsprechend einer Belastungsklasse Bk0,3 gemäß den RStO geeignet sein. Dabei ist zu beachten:

- Nicht-korngabgestufte Bettungsmaterialien weisen gegenüber korngabgestuften Materialien ein zum Teil deutlich geringeres Verdichtungsmaß auf. Dies kann sich beim Verdichten der Pflasterdecke auf den Ausgleich von Dickentoleranzen der Pflastersteine auswirken.

- Nicht-kornabgestufte Bettungsmaterialien weisen einen vergleichsweise hohen Hohlraumgehalt auf, was für die Auswahl des ungebundenen Fugenmaterials im Hinblick auf die Sicherstellung der Filterstabilität zur Bettung besonders wichtig ist.
- Nicht-kornabgestufte Bettungsmaterialien weisen eine vergleichsweise hohe Wasserdurchlässigkeit auf, was bei der Planung und Ausführung der Tragschichten zu berücksichtigen ist. Gegebenenfalls sollte für die Tragschichten ohne Bindemittel ein höherer Infiltrationswert als nach Abschnitt 10.2.3.2.4 angestrebt bzw. erreicht werden.
- In einer Bettung aus einem nicht-kornabgestuften Bettungsmaterial berühren sich eine Vielzahl von Gesteinskörnungen lediglich punktuell, so dass eine erhöhte Gefahr für Kornzertrümmerung innerhalb der Bettung besteht. Gesteine zur Herstellung von nicht-kornabgestuften Bettungsmaterialien sollten daher einen ausreichenden Widerstand gegen Zertrümmerung (siehe TL Gestein-StB) aufweisen und mindestens der Kategorie SZ₂₂ bzw. LA₂₅ entsprechen.
- Der positive Effekt des Eindringens von Bettungsmaterial von unten in die Fugen durch das Abrütteln ist bei der Verwendung von nicht-kornabgestuften Bettungsmaterialien gegenüber kornabgestuften deutlich geringer bis nicht mehr vorhanden.

In jedem Fall sollten für eine Verwendung von nicht kornabgestuften Bettungsmaterialien oder solchen ohne nennenswerte Fein- und Sandanteile regional ausreichend positive Erfahrungen vorliegen (siehe auch Tabelle 11).

Der Tabelle 11 kann entnommen werden, welches der aufgeführten gebrochenen und ungebrochenen Bettungsmaterialien für welche Belastungsart und für welche Bettungsdicke geeignet ist. Dabei bedeutet der Zusatz „G“, dass es sich um ein gebrochenes Material handelt.

Den besten Überblick über die von einem bestimmten ungebundenen Bettungsmaterial insgesamt zu erfüllenden Anforderungen bietet ein entsprechendes eigens dafür entwickeltes Produktdatenblatt. Die Produktdatenblätter für die in Tabelle 11 genannten Bettungsmaterialien (SLG, ZIEGEL, MIRO, 2020) sind im Anhang C aufgeführt.

Wird für die Pflasterbefestigung eine obere gebundene Tragschicht (Dränbeton- oder Asphalttragschicht) vorgesehen und werden die groben oberflächlichen Öffnungen der Tragschicht mit Splittkörnern verschlossen (vgl. Abschnitt 10.3.3), ist zur Sicherstellung der Filterstabilität das darauf aufzubringende Bettungsmaterial hinsichtlich seiner Korngrößenverteilung auf diese Art der Ausführung abzustimmen.

Tabelle 11: Empfehlungen zu ungebundenen Bettungsmaterialien für Pflasterdecken aus Beton in Abhängigkeit der Belastungsart und Solldicke der Bettung

Bettungs- material	Solldicke der Bettung		Belastungsart der Betonpflasterdecke ¹⁾				
	3 cm	4 cm	untergeordnete Belastung sowie Geh- und Radwege	nach den RStO klassifizierbare Verkehrsbelastung bis max. Bk0,3	nach den RStO klassifizierbare Verkehrsbelastung Bk1,0 oder Bk1,8 ^{2) 4)}	nach den RStO klassifizierbare Verkehrsbelastung Bk3,2 ^{3) 4)}	außerge- wöhnliche Belastung ^{3) 4)}
B0/4	+	+	+	+			
B0/4G, B0/5G	+	+	+	+	+	+	+
B0/8		+	+	+			
B0/8G		+	+	+	+	+	+
B1/3G ²⁾	+		+	o			
B2/5G ²⁾	+	+	+	o			

Legende:

- + = geeignet
- o = bei regional positiven Erfahrungen anwendbar
- = Anwendung nicht empfohlen
- = nicht geeignet

¹⁾ Beispiele für die Verkehrsbelastung, für Einsatzbereiche und Verkehrsflächen siehe Tabelle 1.

²⁾ Der Schlagzertrümmerungswert sollte ≤ 22 oder der Los Angeles Koeffizient sollte ≤ 25 betragen (Kategorie SZ₂₂ oder Kategorie LA₂₅).

³⁾ Der Schlagzertrümmerungswert sollte ≤ 18 oder der Los Angeles Koeffizient sollte ≤ 20 betragen (Kategorie SZ₁₈ oder Kategorie LA₂₀).

⁴⁾ Gemäß den ZTV Pflaster-StB kann zur Einschätzung der Eignung und zur Erfahrungssammlung zusätzlich der Modifizierte Micro-Deval-Koeffizient nach der TP Gestein-StB Teil 5.5.3 bestimmt werden. Siehe auch Aufzählung weiter vorn.

12.3.3 Fugenfüllung

12.3.3.1 Fugenbreite und Fugenverlauf

Zur Erfüllung der technischen Aufgaben müssen die Fugenbreiten bei Pflasterdecken grundsätzlich so eng wie möglich, aber so weit wie notwendig sein und mit einem geeigneten Fugenmaterial vollständig gefüllt sein. Es hat sich als zweckmäßig herausgestellt, wenn die Sollfugen bei dickeren Pflastersteinen grundsätzlich breiter geplant und ausgeführt werden, als bei dünneren Pflastersteinen. So wird im Allgemeinen bei der Ausführung leichter erreicht, dass das Fugenmaterial über die gesamte Steindicke bis nach unten eingebracht werden kann.

Die Sollfugenbreite sollte betragen (siehe auch ZTV Pflaster-StB):

- 4 mm bei Pflastersteinen aus Beton mit einer Nenndicke unter 120 mm und
- 6 mm bei Pflastersteinen aus Beton mit einer Nenndicke ab 120 mm.

Die zulässigen Abweichungen sind derzeit in den ATV DIN 18318 und in den ZTV Pflaster-StB unterschiedlich geregelt. Daher sind sie gegebenenfalls in der Leistungsbeschreibung gesondert anzugeben.

Merke

Technische Aufgaben der Fuge sind

- Ausgleich der fertigungsbedingten Maßtoleranzen der Pflastersteine,
- Reduzierung von Spannungen in der Pflasterdecke bei temperaturbedingten Bewegungen,
- Lastübertragung durch Aufnahme von Schub- und Scherkräften aus der Verkehrsbelastung, das heißt Aufbau einer Verbundwirkung.

Ohne eine ordnungsgemäße Fugenbreite und Fugenfüllung kann es vor allem bei befahrenen Flächen zu Schäden kommen.

Ein gleichmäßiger Fugenverlauf wird in den ATV DIN 18318 zwar grundsätzlich gefordert, jedoch werden keine quantitativen, messbaren Anforderungen gestellt. Wird also seitens der Planung Wert auf die Einhaltung einer bestimmten Gleichmäßigkeit beim Fugenverlauf gelegt, sind entsprechende Angaben in der Leistungsbeschreibung aufzunehmen. Dabei ist darauf zu achten, dass diese Anforderungen unter den üblichen Bedingungen der Steinherstellung und den Baustellenbedingungen auch erfüllbar sind. Je geringer die zulässigen Abweichungen vom Fugenverlauf formuliert werden, desto größer ist der Aufwand bei der Produktion der Pflastersteine im Betonwerk und bei der Ausführung auf der Baustelle.

Abweichungen vom Verlauf der Fugenachse oder der Fugenflucht in einer Größenordnung von ± 5 mm – bezogen auf eine Länge von 4 m – können je nach gestalterischem Anspruch der Flächenbefestigung als technisch und optisch unkritisch angesehen werden. Entsprechende Anforderungen sollten im Leistungsverzeichnis beschrieben werden.

12.3.3.2 Fugenmaterial

Das Fugenmaterial muss für die Herstellung einer funktionsfähigen Fuge, insbesondere im Hinblick auf die geplante Nutzung der Pflasterdecke, geeignet sein. Allgemeine Anforderungen an ein ungebundenes Fugenmaterial für eine Pflasterdecke sind nachfolgend genannt.

- Geeignete Kornzusammensetzung im Hinblick auf
 - die Fugenbreite und eine vollständige Fugenfüllung,
 - ein ausreichendes Lastübertragungspotenzial,
 - die erforderliche Filterstabilität zum Bettungsmaterial (siehe Abschnitt 12.5),
 - ausreichende Widerstandsfähigkeit gegen Fugenaus-trag (Kfz-Verkehr, Kehrsaugmaschinen).
- Zudem muss das Material eine ausreichende Widerstandsfähigkeit gegen Schlagzertrümmerung und Kornabrieb aufweisen. Zur Einschätzung der Eignung und zur Erfahrungssammlung kann zusätzlich der Modifizierte Micro-Deval-Koeffizient nach den TP Gestein-StB Teil 5.5.3 bestimmt werden (vgl. auch ZTV Pflaster-StB). Derzeit wird in Fachkreisen diskutiert, für Verkehrsflächen, die der Belastungsklasse Bk0,3 bis Bk3,2 zuzuordnen sind, einen Anforderungswert von $MM_{DE} \leq 25$ zu empfehlen.
- Es darf keine bleibenden Verfärbungen auf der Oberfläche der Pflastersteine hinterlassen. Es kann zweckmäßig sein, in Abstimmung mit dem Auftragnehmer in Frage kommende Fugenmaterialien in Vorversuchen zu untersuchen.

Als Fugenmaterial ist grundsätzlich ein Baustoffgemisch aus gebrochenen Gesteinskörnungen (Brechsand-Splitt-Gemisch) in einer kornabgestuften Zusammensetzung besonders geeignet.

Ein Fugenmaterial aus ungebrochenen Gesteinskörnungen (Natursand-Kies-Gemisch) sollte nur auf Flächen ohne Schwerverkehrsbelastung verwendet werden und sofern darauf keine maschinelle Reinigung erfolgt.

Zweckmäßig kann aber auch die Verwendung von nur einem Baustoffgemisch als Bettungs- und Fugenmaterial sein, wenn damit die eingangs beschriebenen Anforderungen eingehalten werden können, weil dadurch der

Nachweis der Filterstabilität entfallen kann.

Der Tabelle 12 kann entnommen werden, welches der aufgeführten gebrochenen und ungebrochenen Fugematerialien für welche Belastungsart und für welche Fugenbreite geeignet ist. Dabei bedeutet der Zusatz „G“, dass es sich um ein gebrochenes Material handelt.

Den besten Überblick über die von einem bestimmten ungebundenen Fugematerial insgesamt zu erfüllenden Anforderungen bietet ein entsprechendes eigens dafür entwickeltes Produktdatenblatt. Die Produktdatenblätter für die in Tabelle 12 genannten Fugematerialien (SLG, ZIEGEL, MIRO, 2020) sind im Anhang D aufgeführt.

Tabelle 12: Empfehlungen zu ungebundenen Fugematerialien für Pflasterdecken aus Beton in Abhängigkeit der Belastungsart und Sollbreite der Fugen

Fugenmaterial	Sollbreite der Fugen				Belastungsart der Betonpflasterdecke ¹⁾			
	3 mm	4 mm	5 mm	6 mm	untergeordnete Belastung sowie Geh- und Radwege	nach den RStO klassifizierbare Verkehrsbelastung bis max. Bk1,8 ^{3) 5)}	nach den RStO klassifizierbare Verkehrsbelastung Bk3,2 ^{4) 5)}	außergewöhnliche Belastung ^{4) 5)}
F0/2 ²⁾	+				+			
F0/2G	+				+	+	+	+
F0/3G	+	+			+	+	+	+
F0/4 ²⁾		+	+		+			
F0/4G		+	+		+	+	+	+
F0/5G			+	+	+	+	+	+

Legende: + = geeignet
 = nicht geeignet

¹⁾ Beispiele für die Verkehrsbelastung, für Einsatzbereiche und Verkehrsflächen siehe Tabelle 1.
²⁾ Nicht in überdachten Bereichen.
³⁾ Der Schlagzertrümmungswert sollte ≤ 22 oder der Los Angeles Koeffizient sollte ≤ 25 betragen (Kategorie SZ_{22} oder Kategorie LA_{25}).
⁴⁾ Der Schlagzertrümmungswert sollte ≤ 18 oder der Los Angeles Koeffizient sollte ≤ 20 betragen (Kategorie SZ_{18} oder Kategorie LA_{20}).
⁵⁾ Gemäß den ZTV Pflaster-StB kann zur Einschätzung der Eignung und zur Erfahrungssammlung zusätzlich der Modifizierte Micro-Deval-Koeffizient nach der TP Gestein-StB Teil 5.5.3 bestimmt werden. Siehe auch Aufzählung weiter vorn.

12.3.4 Fugenschlussmaterial

Um eine gegen Fugenaustrag besonders widerstandsfähige ungebundene Fugenfüllung zu erreichen, hat es sich als zweckmäßig erwiesen, ein Fugenschlussmaterial in die zuvor mit Fugematerial vollständig gefüllten Fugen einzubringen. Vorangehend erfolgt also zunächst die für die Stabilität der Pflasterdecke erforderliche Fugenfüllung mit einem Material nach Abschnitt 12.3.3.2.

Im Anschluss wird ein Fugenschlussmaterial aufgebracht und eingeschlämmt („finish“), um die Fugen möglichst dicht auszuführen und durch die Feinstanteile im Fugenschlussmaterial ein „Verkleben“ des Fugematerials zu erreichen (siehe auch Abschnitt 13.6). Durch den Fugenschluss wird der mit zunehmender Liegedauer erwartete Eintrag von Feinanteilen in die Fugen und die damit verbundene Zunahme der Stabilisierung der Pflasterdecke quasi vorgezogen. Gleichzeitig wird durch den Fugenschluss der Widerstand gegen Austrag des Fugematerials erhöht.

Als Fugenschlussmaterial eignet sich eine Gesteinskörnung 0/2 mit einem Feinanteil von etwa 15 M.-% bis 30 M.-%, welches keine bleibenden Verfärbungen auf

der Oberfläche der Pflastersteine hinterlassen darf. Das Größtkorn sollte höchstens 3 mm betragen.

Gegebenenfalls sind in Abstimmung mit dem Auftragnehmer in Frage kommende Fugenschlussmaterialien in Vorversuchen hinsichtlich ihrer technischen und optischen Eignung zu untersuchen.

Merke: Warum Fugenschluss?

Aufgrund der Ergebnisse wissenschaftlicher Untersuchungen (Rohleder, 2002) kann in Verbindung mit praktischen Erfahrungen davon ausgegangen werden, dass bei Pflasterdecken mit einer erst kurzen Liegedauer (etwa ein bis zwei Jahre unter Verkehr) ein geringerer Verschiebewiderstand vorliegt, als dies bei älteren Pflasterdecken mit deutlich längerer Liegedauer der Fall ist. Dies steht vermutlich in direktem Zusammenhang mit der unter Verkehrsbelastung stattfindenden Nachverdichtung des Fugematerials sowie dem Eintrag von Feinanteilen in die Fugen, der im Laufe der Liegedauer zunimmt und die Pflasterdecke zunehmend stabilisiert.

12.4 Nachweis der Filterstabilität zwischen Bettung und oberer Tragschicht ohne Bindemittel

Der Nachweis der Filterstabilität zwischen Bettung und der darunter befindlichen Tragschicht ohne Bindemittel erfolgt mit Hilfe der in Abschnitt 8.3 aufgeführten Filterregel 1. Nachfolgend ist ein Beispiel für die Anwendung

der Filterregel 1 beschrieben:

Gegeben sind ein Schottertragschichtmaterial 0/45 nach den TL SoB-StB und ein Bettungsmaterial 0/5 nach den ZTV Pflaster-StB mit den im Bild 37 dargestellten Sieblinien und den sich daraus ergebenden Kenndaten (siehe auch Tabelle 13).

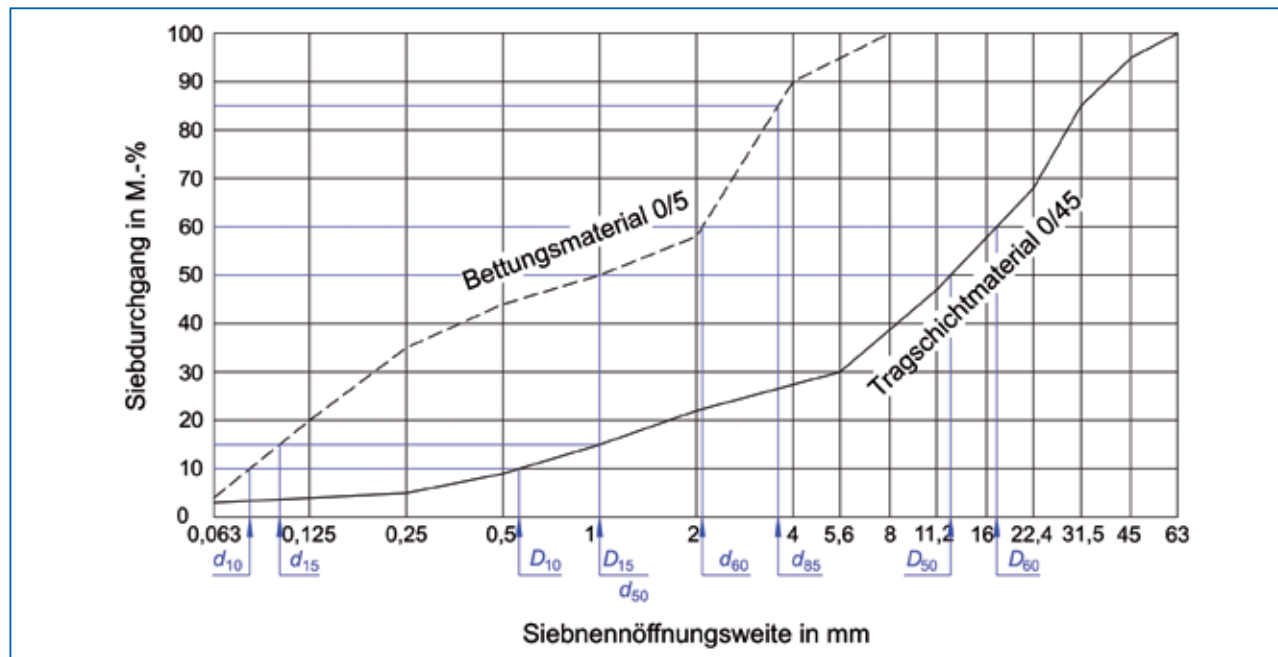


Bild 37: Sieblinien und zugehörige Kenndaten zu dem Beispiel „Filterstabilität Bettungsmaterial/Tragschichtmaterial“

Tabelle 13: Kenndaten der Sieblinien zu dem Beispiel „Filterstabilität Bettungsmaterial/Tragschichtmaterial“

Bettungsmaterial: gebrochene Gesteinskörnung (Brechsand-Splitt-Gemisch) 0/5		Schottertragschichtmaterial: Baustoffgemisch 0/45	
$d_{15} = 0,10 \text{ mm}$		$D_{15} = 1,00 \text{ mm}$	
$d_{50} = 1,00 \text{ mm}$		$D_{50} = 12,37 \text{ mm}$	
$d_{85} = 3,59 \text{ mm}$			
$d_{10} = 0,08 \text{ mm}$	$C_U = d_{60}/d_{10} = 26,1$	$D_{10} = 0,56 \text{ mm}$	$C_U = D_{60}/D_{10} = 30,7$
$d_{60} = 2,09 \text{ mm}$		$D_{60} = 17,20 \text{ mm}$	

Prüfung:

- $D_{15}/d_{15} = 1,00 / 0,10 = 10,0 > 1$ Durchlässigkeitsbedingung ist erfüllt
- $D_{15}/d_{85} = 1,00 / 3,59 = 0,28 < 5$ Sicherheitsbedingung gegen Erosion ist erfüllt
- $D_{50}/d_{50} = 12,37 / 1,00 = 12,4 < 25$ Sicherheitsbedingung gegen Kontakterosion ist erfüllt

Ergebnis: Der rechnerische Nachweis der Filterstabilität der Baustoffgemische gilt als erbracht.

12.5 Nachweis der Filterstabilität zwischen Fugen- und Bettungsmaterial

Von besonderer Bedeutung ist die Filterstabilität des Fugenmaterials gegenüber dem Bettungsmaterial. Ist

die Filterstabilität nicht gegeben, kann Fugenmaterial in die Bettung eindringen. Die Fugen bleiben dann nicht dauerhaft gefüllt. Die Lagestabilität der Pflasterfläche wird dadurch gefährdet. Das Bild 38 zeigt einen dadurch entstandenen Schaden an einer Pflasterdecke, der zu-

dem durch einen ungeeigneten Verband, nämlich einem Kreuzfugenverband, begünstigt wurde.

Kriterien zur Abschätzung der Filterstabilität sind in den ZTV Pflaster-StB enthalten. Die hier anzuwendende Filterregel 2 ist im Abschnitt 8.3 aufgeführt. Sie dient der notwendigen Abstimmung der Korngrößenverteilung des Fugen- und Bettungsmaterials.

Nachfolgend ist ein Beispiel für die Anwendung der Filterregel 2 beschrieben:

Gegeben sind ein annähernd gleichkörniges Bettungsmaterial 2/5 und ein relativ feinkörniges, nicht dem Technischen Regelwerk entsprechendes Fugenmaterial 0/2 mit den im Bild 39 dargestellten Sieblinien und den sich daraus ergebenden Kenndaten (siehe auch Tabelle 14).



Bild 38: Schadhafte Pflasterfläche durch Abwandern des Fugenmaterials aufgrund fehlender Filterstabilität zwischen Fugen- und Bettungsmaterial

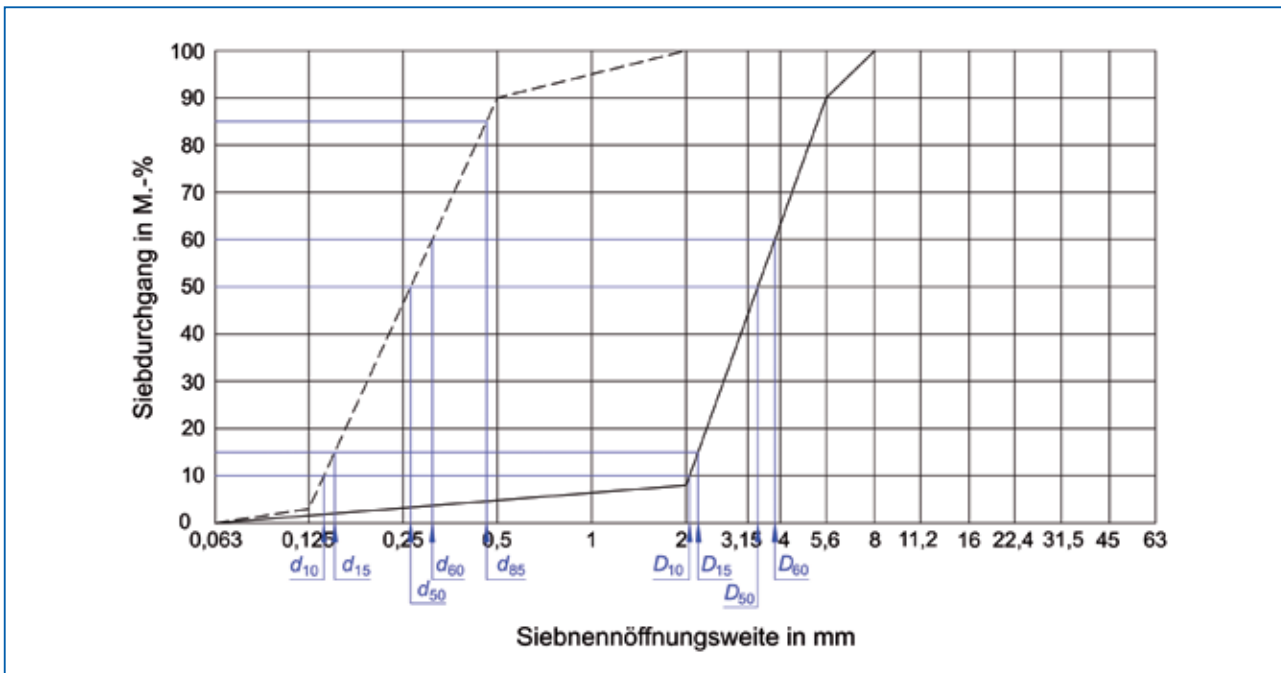


Bild 39: Sieblinien und zugehörige Kenndaten zu dem Beispiel „Filterstabilität Fugenmaterial/Bettungsmaterial 2/5“

Tabelle 14: Kenndaten der Sieblinien zu dem Beispiel „Filterstabilität Fugenmaterial/Bettungsmaterial 2/5“

Fugenmaterial: relativ feinkörnige, rundkörnige Gesteinskörnung (Sand) 0/2		Bettungsmaterial: gebrochene Gesteinskörnung (Splitt) 2/5	
$d_{15} = 0,15 \text{ mm}$		$D_{15} = 2,18 \text{ mm}$	
$d_{50} = 0,26 \text{ mm}$		$D_{50} = 3,39 \text{ mm}$	
$d_{85} = 0,46 \text{ mm}$			
$d_{10} = 0,14 \text{ mm}$	$C_U = d_{60} / d_{10} = 2,2$	$D_{10} = 2,05 \text{ mm}$	$C_U = D_{60} / D_{10} = 1,9$
$d_{60} = 0,31 \text{ mm}$		$D_{60} = 3,84 \text{ mm}$	

Prüfung:

$D_{15} / d_{15} = 2,18 / 0,15 = 14,5 > 1$

Durchlässigkeitsbedingung ist erfüllt

$D_{15} / d_{85} = 2,18 / 0,46 = 4,7 > 4$

Sicherheitsbedingung gegen Erosion ist nicht erfüllt

$D_{50} / d_{50} = 3,39 / 0,26 = 13,0 > 5$

Sicherheitsbedingung gegen Kontakterosion ist nicht erfüllt

Ergebnis:

Die Sieblinien der beiden Gesteinskörnungen liegen zu weit auseinander. Sie sind nicht filterstabil zueinander. Anstelle der viel zu feinkörnigen, nicht den TL Gestein-StB entsprechenden Gesteinskörnung 0/2 ist eine Gesteinskörnung 0/2 mit gleichmäßiger Kornabstufung und einem angemessenen Anteil von Mittel- und Grobsand zu verwenden, so dass damit die Sieblinie zwischen den Korndurchmessern 0,063 mm und 2 mm einen etwa gleichmäßig steigenden Verlauf aufweist. Gemäß den ZTV Pflaster-StB muss der Siebdurchgang durch das Sieb mit einer Öffnungsweite von 1 mm 40 M.-% bis 70 M.-% betragen. Zudem ist anstelle der ungeeigneten

Körnung 2/5 ein kornabgestuftes Material, zum Beispiel 0/5, zu verwenden.

Nachfolgend ist ein weiteres Beispiel für die Anwendung der Filterregel 2 beschrieben:

Gegeben sind ein relativ grobes Bettungsmaterial 0/5 und ein Fugenmaterial 0/2 mit den im Bild 40 dargestellten Sieblinien und den sich daraus ergebenden Kenndaten (siehe Tabelle 15). Beide Materialien entsprechen den TL Pflaster-StB bzw. den ZTV Pflaster-StB.

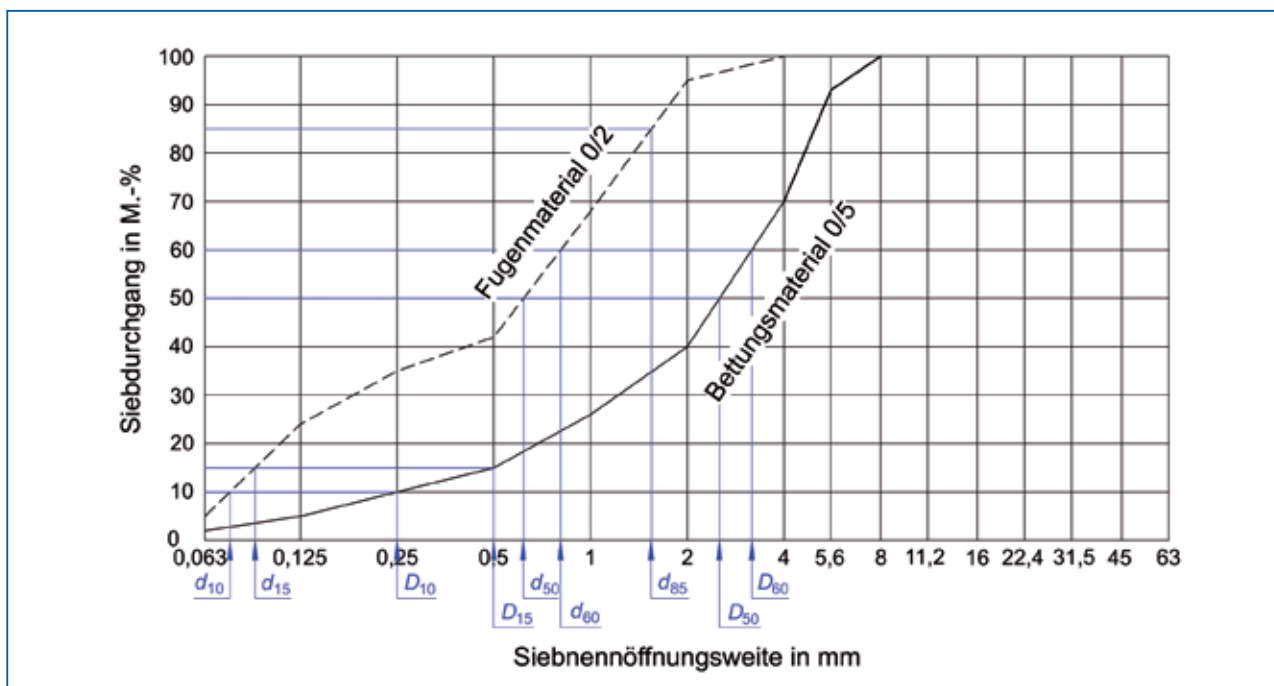


Bild 40: Sieblinien und zugehörige Kenndaten zu dem Beispiel „Filterstabilität Fugenmaterial/Bettungsmaterial 0/5“

Tabelle 15: Kenndaten der Sieblinien zu dem Beispiel „Filterstabilität Fugenmaterial/Bettungsmaterial 0/5“

Fugenmaterial: rundkörnige Gesteinskörnung (Sand) 0/2		Bettungsmaterial: gebrochene Gesteinskörnung (Brechsand-Splitt-Gemisch) 0/5	
$d_{15} = 0,09 \text{ mm}$		$D_{15} = 0,50 \text{ mm}$	
$d_{60} = 0,62 \text{ mm}$		$D_{60} = 2,52 \text{ mm}$	
$d_{85} = 1,55 \text{ mm}$			
$d_{10} = 0,08 \text{ mm}$	$C_U = d_{60}/d_{10} = 10,1$	$D_{10} = 0,25 \text{ mm}$	$C_U = D_{60}/D_{10} = 12,7$
$d_{60} = 0,81 \text{ mm}$		$D_{60} = 3,18 \text{ mm}$	

Prüfung:

- $D_{15}/d_{15} = 0,50 / 0,09 = 5,6 > 1$ Durchlässigkeitsbedingung ist erfüllt
- $D_{15}/d_{85} = 0,50 / 1,55 = 0,3 < 4$ Sicherheitsbedingung gegen Erosion ist erfüllt
- $D_{60}/d_{60} = 2,52 / 0,62 = 4,1 < 5$ Sicherheitsbedingung gegen Kontakterosion ist erfüllt

Ergebnis:

Der rechnerische Nachweis der Filterstabilität der Baustoffgemische gilt als erbracht.

12.6 Pflastersteine aus Beton

Die Dicke und die Form der Pflastersteine haben einen erheblichen Einfluss auf die Stabilität und die Nutzungsdauer der Pflasterdecke und sollten in Abhängigkeit von der zu erwartenden Verkehrsbelastung gewählt werden.

Für Verkehrsflächen, welche von Fahrzeugen des Schwerverkehrs befahren werden, sollte die Stein-Nennstärke mindestens 80 mm betragen. In den Belastungsklassen Bk3,2 und Bk1,8 wird die Verwendung von Pflastersteinen mit einer Nennstärke von mindestens 100 mm empfohlen (siehe auch RStO). Zudem sollten Pflastersteinformen und/oder Pflasterverbände gewählt werden, welche eine gute Lastverteilung in vertikaler Richtung gewährleisten. Bleibende Verformungen, wie Spurrinnen und Längsunebenheiten, können dadurch wirksamer verhindert werden.

Hinsichtlich der Tragfähigkeit der Pflasterdecke ist das Verhältnis von Steinlänge zu Steinbreite, also die Schlankheit des Pflastersteins, von besonderer Bedeutung. Bei Flächen mit besonderen Beanspruchungen gemäß den RStO sollten Pflastersteine mit einem gedungenen Format, das heißt, mit einem Verhältnis Länge zu Dicke $L/D \leq 2,5$ und einem Verhältnis Länge zu Breite $L/B \leq 2$ gewählt werden (siehe auch M FP).

Sind hohe Schubbeanspruchungen zu erwarten, zum Beispiel bei Bushaltestellen, Wendestellen, Brems- und Beschleunigungsbereichen oder Bereichen mit großer Längsneigung, sind Pflastersteine mit einer guten Verbundwirkung (siehe Abschnitt 5.4) vorzuziehen.

Die Steine sollten – sofern es ihre Form erlaubt – in einem sich verzahnenden Verband, wie beispielsweise dem Fischgrätverband, verlegt werden. Die Stein-Nennstärke sollte hier in keinem Fall 100 mm unterschreiten.

Steine mit Nennstärken unter 80 mm können für Geh- und Radwege oder sonstige Flächen angewendet werden, wenn die Benutzung durch Fahrzeuge des Schwerverkehrs ausgeschlossen werden kann.

Merke:

Eine Verbundwirkung im Pflaster kann sich, unabhängig von Art, Form und Größe der Pflastersteine, nur dann aufbauen, wenn die Fugen eine anforderungsgerechte Breite aufweisen, vollständig gefüllt sind und dieser Zustand dauerhaft gegeben ist. Ohne geeignetes Fugenmaterial zwischen den Steinen ist keine Kraftübertragung und damit keine Stabilität der Pflasterdecke erzielbar. Eine Verbesserung der Kraftübertragung durch die Steinform (zum Beispiel Verbundstein), angeformte Profile und/oder den Verband (Verlegemuster) kann nur bei vollständig gefüllten Fugen eintreten.

Zusammenhängende Flächen sind mit Pflastersteinen gleicher Nennstärke auszuführen. Gleiches gilt für die Kombination aus zum Beispiel Pflastersteinen und Platten.

Der Bedarf an Steinen pro Quadratmeter verlegter Fläche ist unter Berücksichtigung der bautechnisch erforderlichen Fugenbreite zu ermitteln. Dementsprechend ist die Liefermenge an Betonpflastersteinen im Allgemeinen so zu bemessen, dass die betreffende Fläche unter Berücksichtigung eines erfahrungsgemäßen Mehrbedarfs für den Verschnitt sowie unter Einhaltung des Rastermaßes – und damit unter Berücksichtigung der Sollfugenbreite – verlegt werden kann.

12.7 Verbände

12.7.1 Allgemeines

Nicht jeder Verband ist für die vorgesehene Belastung geeignet. Daher ist die Wahl des Verbandes nicht nur aus gestalterischen Erwägungen zu treffen (siehe auch Abschnitt 12.7.3). Der Verband sollte stets zeichnerisch, zum Beispiel mit Hilfe eines Verlegeplanes, vorgegeben werden.

12.7.2 Rastermaße

Der obere Teil der Pflasterdecke besteht aus den Pflastersteinen und den Fugen. Dabei ist das Rastermaß, zum Beispiel eines Steines oder eines Steinsystems immer der Abstand von Achse Sollfuge bis Achse Sollfuge. Daraus folgen zwei wichtige Erkenntnisse:

- Das Nennmaß eines Steines (Nennlänge oder Nennbreite) ist immer kleiner als das zugehörige Rastermaß.
- Das Nennmaß eines Steines (Nennlänge oder Nennbreite) zuzüglich dem Sollfugenmaß ergibt das Rastermaß.

Nennmaß und Rastermaß haben somit unterschiedliche Bedeutung und dürfen nicht verwechselt oder gar gleichgesetzt werden. Den Zusammenhang macht das Bild 41 deutlich. Im Folgenden wird auf die unterschiedliche Funktion von Rastermaß und Nennmaß eingegangen.

Das Rastermaß ist in erster Linie für den Planer von Interesse, da es ein wesentliches Gestaltungselement ist. Es bestimmt zum Beispiel die Größe von Flächen (auch Teilflächen) oder Wegbreiten. Mit dem Rastermaß wird gegliedert, gebändert, optisch geleitet usw. Aber auch umgekehrt kann sich ein Rastermaß aus Vorhandenem, zum Beispiel aus Bauwerken, bestehenden Flächenbefestigungen oder festgelegten Linienführungen, ergeben. Ein weiteres Gestaltungselement bei Pflasterdecken ist die Fuge oder genauer gesagt, die Fugenbreite. Neben den technischen Aufgaben (siehe Abschnitt 12.3.3.1) fällt der Fuge somit auch eine optische Aufgabe zu.

Das Rastermaß ist in der Regel die Grundlage für die Produktbezeichnungen der Betonsteinhersteller. Zudem müssen die Hersteller auch die Nennmaße ihrer Pflastersteine – auch Sollmaße genannt – angeben. Die Nennmaße sind produktspezifische Kennwerte, um damit zum Beispiel ein Steinsystem mit unterschiedlichen, maßlich aufeinander abgestimmten Formaten

(wie im Bild 41 beispielhaft dargestellt) entwickeln zu können. Die Nennmaße dienen auch dem Vergleich mit den tatsächlichen Maßen der Pflastersteine, den so genannten Istmaßen, zum Beispiel im Rahmen der Qualitätskontrolle, um festzustellen, ob die zulässigen Maßabweichungen eingehalten sind.

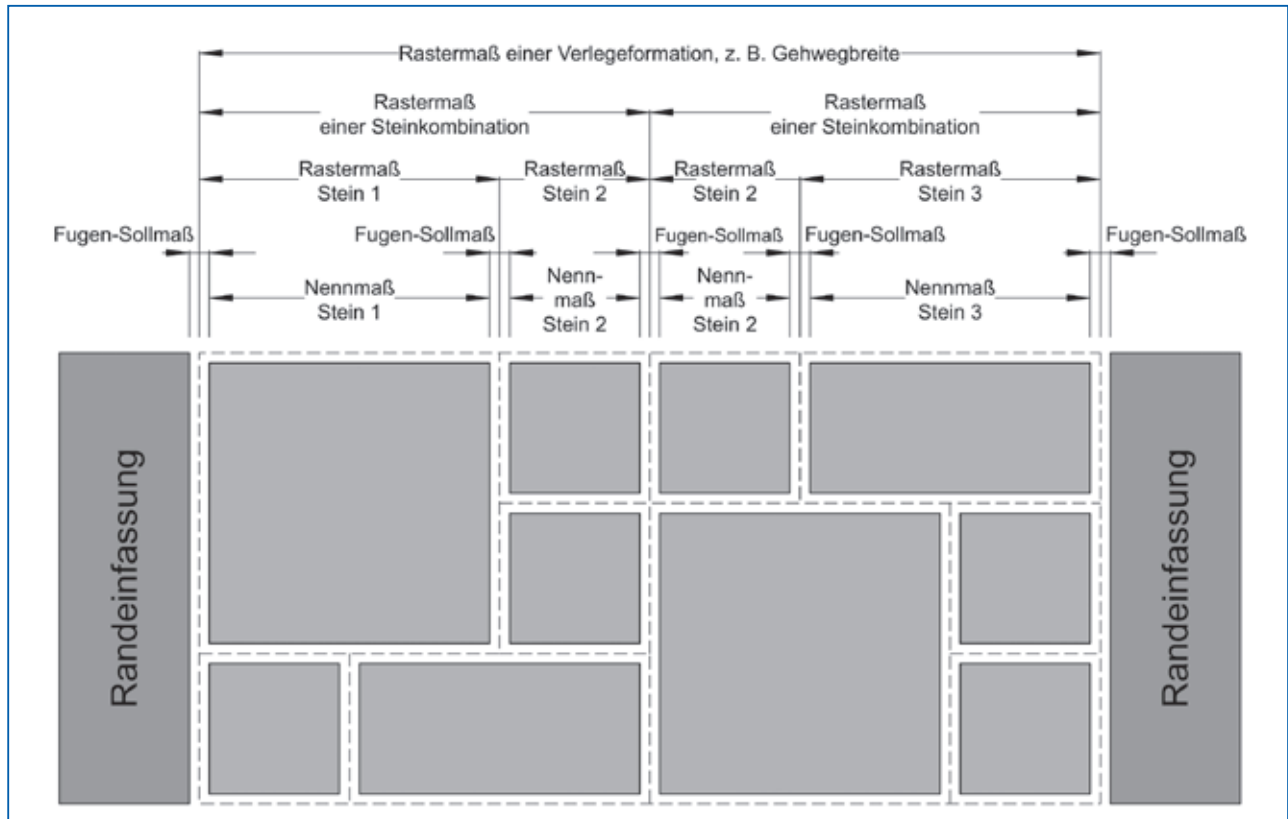


Bild 41: Zusammenhang zwischen Rastermaß, Nennmaß und Fugensollmaß bei Pflasterdecken bzw. Pflastersteinen aus Beton

12.7.3 Eignung von (Pflaster)Verbänden

Bei Pflasterdecken sind hinsichtlich der Aufnahme von Kräften aus der Verkehrsbelastung Verbände von Vorteil, deren Längs- und Quertugungen diagonal zur Fahrtrichtung oder Hauptfahrtrichtung verlaufen oder die durch besondere geometrische Anordnung, zum Beispiel Fischgrätverband, eine gute Lastverteilung erzielen. Bei dieser Art der Verlegung werden beim Überrollen des Pflasters mehr Steine, das heißt auch ein größerer Fugenanteil – und zwar bis zu 15 % – vom Fahrzeugrad erfasst und damit zur Lastverteilung herangezogen als bei quer zur Fahrtrichtung verlegten Steinen (Bild 42).

Verbände mit Kreuzfugen oder durchgehenden Längsfugen in der Hauptfahrtrichtung sind für befahrene Pflasterdecken im Allgemeinen ungeeignet, da es leicht zu Verschiebungen oder Verdrehungen der Pflastersteine unter dem Einfluss der dynamischen Beanspruchung kommen kann. Im Allgemeinen stellt sich die Eignung

der Verbände aus Betonpflastersteinen im Hinblick auf die Widerstandsfähigkeit gegen Verformungen – von „hoch“ nach „gering“ – wie folgt dar (vgl. auch M FP):

- Fischgrätverband (Ellenbogenverband, diagonal)
- Ellenbogenverband, quer
- Diagonalverband als Läufer- oder Reihenverband
- Läufer- oder Reihenverband, quer
- Verbände mit Kreuzfugen oder durchgehenden Fugen in Fahrtrichtung.

Zum Verhalten von Pflasterverbänden bzw. zu deren Eignung wurden bereits zahlreiche Untersuchungen durchgeführt, zum Beispiel (Roßberg, Wellner & Gleitz, 1995), (Krass et al., 1997) und (Wellner et al., 2004). Dabei konnten folgende Aussagen abgeleitet werden:

- Der Fischgrätverband ist weniger anfällig gegenüber Horizontalverschiebungen und Spurrinnenbildung als

der Läuferverband. Horizontal- und Vertikalkräfte werden besser aufgenommen als bei quer zur Fahrtrichtung verlegten Steinen (Bild 43).

- In Fahrtrichtung durchgehende Längsfugen sind zu vermeiden, da diese eine deutlich schlechtere Lastverteilung aufweisen als zum Beispiel der Fischgrätverband (Bild 44).

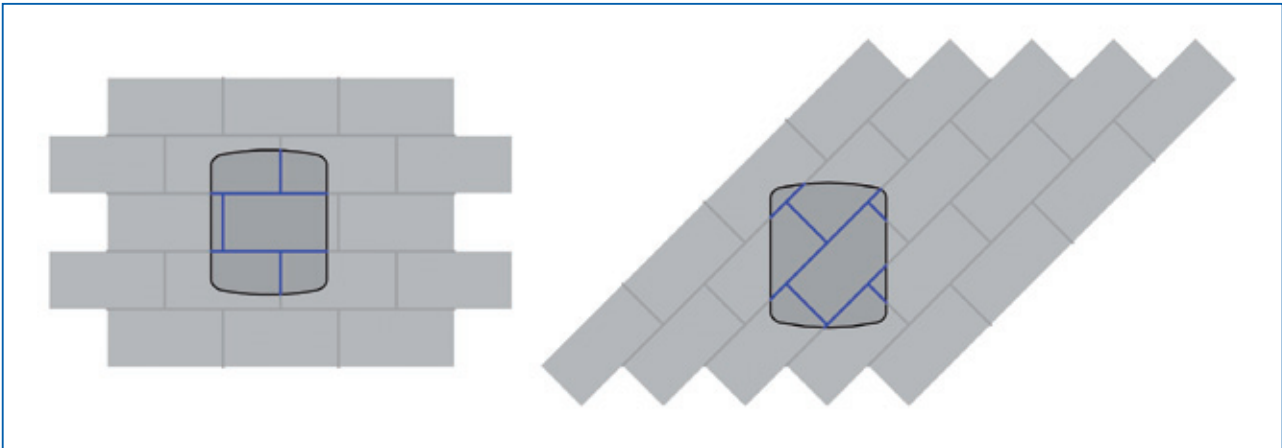


Bild 42: Aufstandsfläche eines Lkw-Rades auf Rechtecksteinen im Läuferverband, quer und diagonal zur Fahrtrichtung

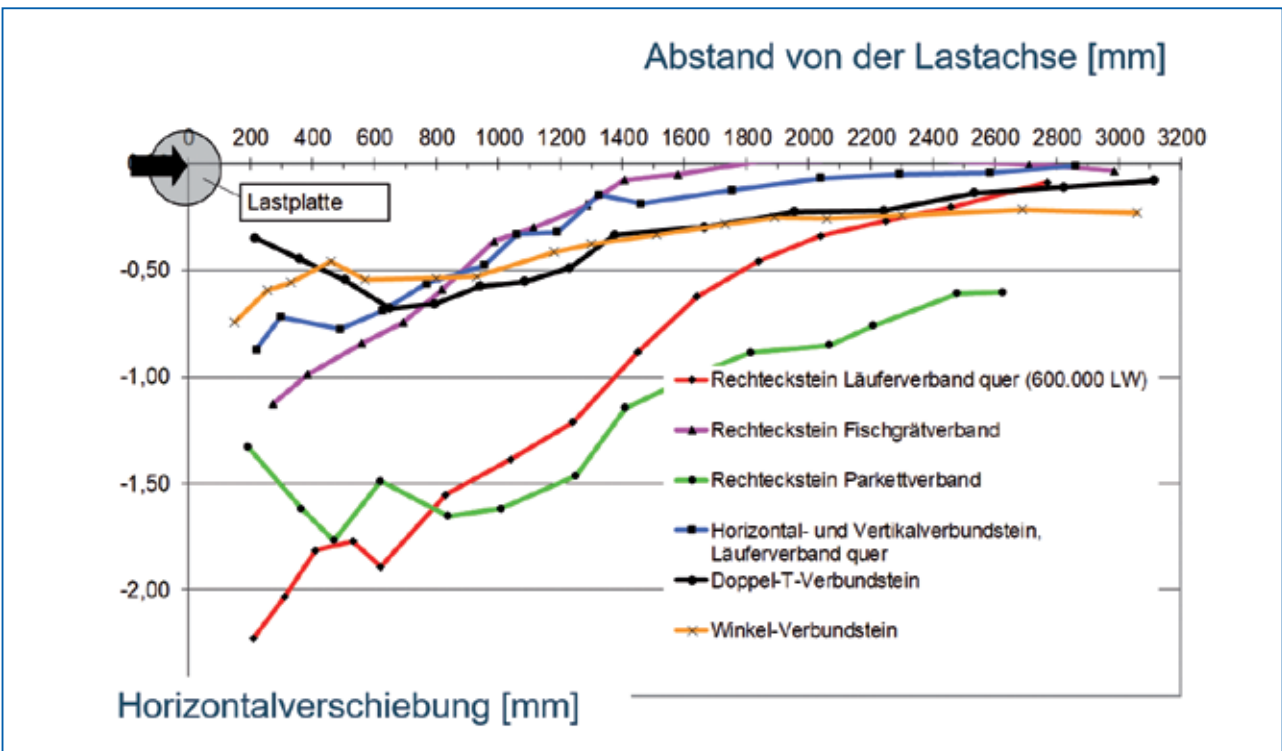


Bild 43: Einfluss des Verbandes auf das Langzeitverhalten bei gleichzeitiger Horizontal- und Vertikalbelastung von Betonpflasterdecken (Wellner et al., 2004)

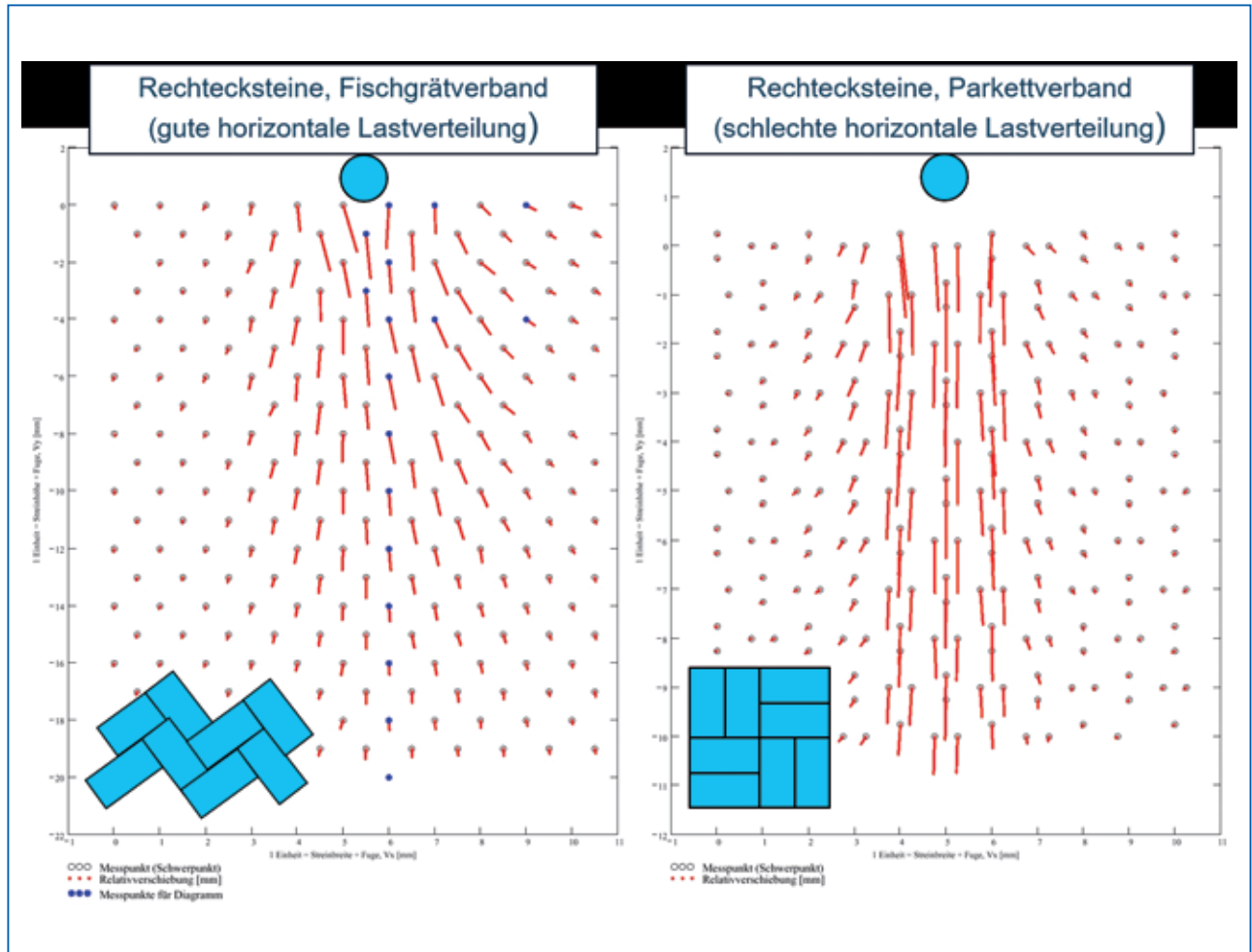


Bild 44: Vergleich des Langzeitverhaltens eines Fischgrät- und eines Parkettverbandes bei kombinierter Horizontal- und Vertikalbelastung unter Laborbedingungen (Wellner et al., 2004)

Sollen Verbände mit Kreuzfugen oder durchgehenden Fugen in Fahrtrichtung dennoch zur Ausführung gelangen, zum Beispiel aus gestalterischen Gründen, sollte dies nur für gelegentlich befahrene Verkehrsflächen und mit besonderen Maßnahmen vorgesehen werden. Besondere Maßnahmen können zum Beispiel einzeln oder in Kombination sein:

- Verwendung von ausschließlich gebrochenem Fugenmaterial mit einem hohen Widerstand gegen Kornzertrümmerung
- Verwendung von besonders geformten Pflastersteinen, zum Beispiel mit Vertikalverbund oder unterseitiger Profilierung
- Verwendung von Pflastersteinen mit derart angeformten Profilen, dass der Verschiebewiderstand, insbesondere in horizontaler Richtung, deutlich erhöht wird.

Mit gegebenenfalls anzuordnenden besonderen Maßnahmen sollten bereits positive Erfahrungen vorliegen. Zudem ist zu beachten, dass der maßgebende Einfluss auf den Widerstand gegen Verschieben oder Verdrehen unabhängig von Form, Größe und Ausbildung der

Pflastersteine im Wesentlichen durch eine ordnungsgemäße Fugenfüllung erreicht wird.

Bei der Verwendung von unterschiedlich großen Formaten ist zusätzlich zu beachten, dass dies trotz gleicher Nenndicke zu unterschiedlichen Nachsetzungen im Verlauf der Nutzung führen kann, da kleinere Formate bei gleicher vertikaler Belastung eine höhere Flächenpressung in der Bettung erzeugen, als größere Formate.

In dem Bild 45 sind typische Pflasterverbände mit Rechtecksteinen dargestellt. Ein Diagonalverband als Läufer- oder Reihenverband kann auf unterschiedliche Weise hergestellt werden, zum Beispiel bei Fahrbahnen von Straßen (siehe Bild 46).

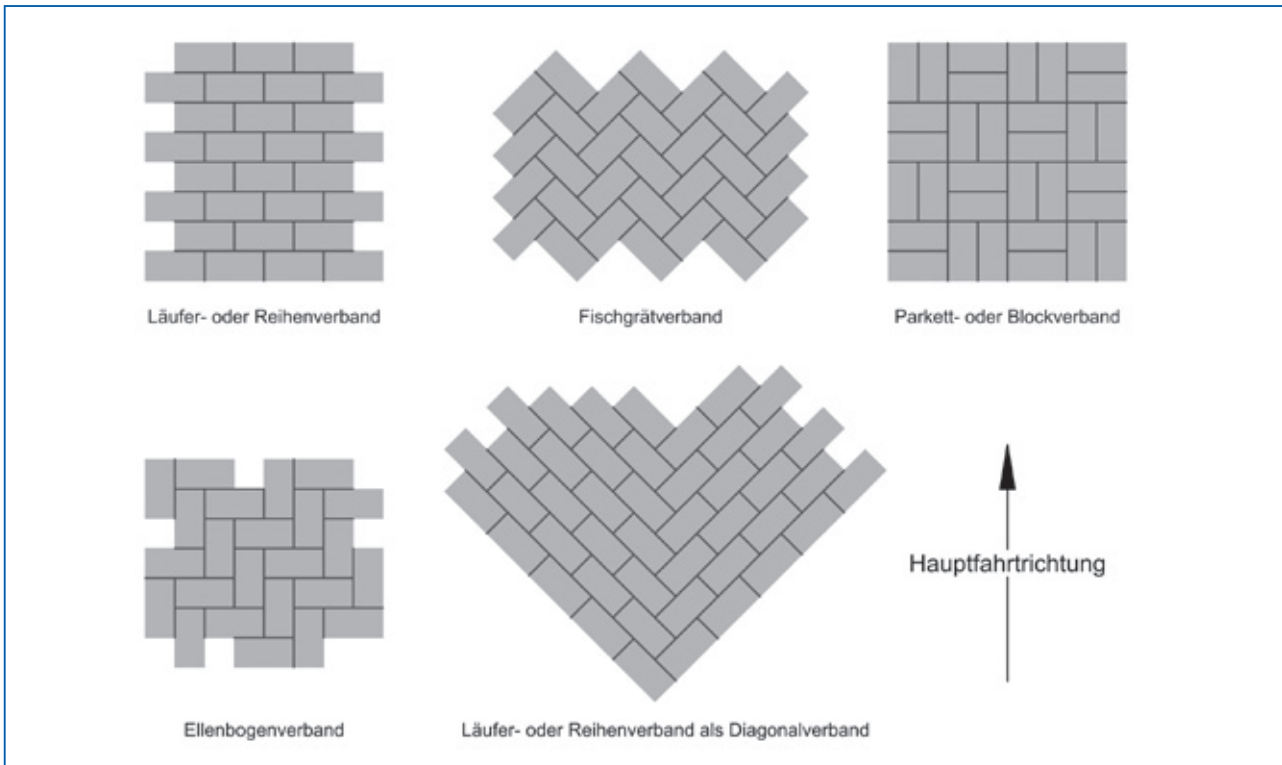


Bild 45: Beispiele für Verbände (Verlegemuster) mit Rechtecksteinen

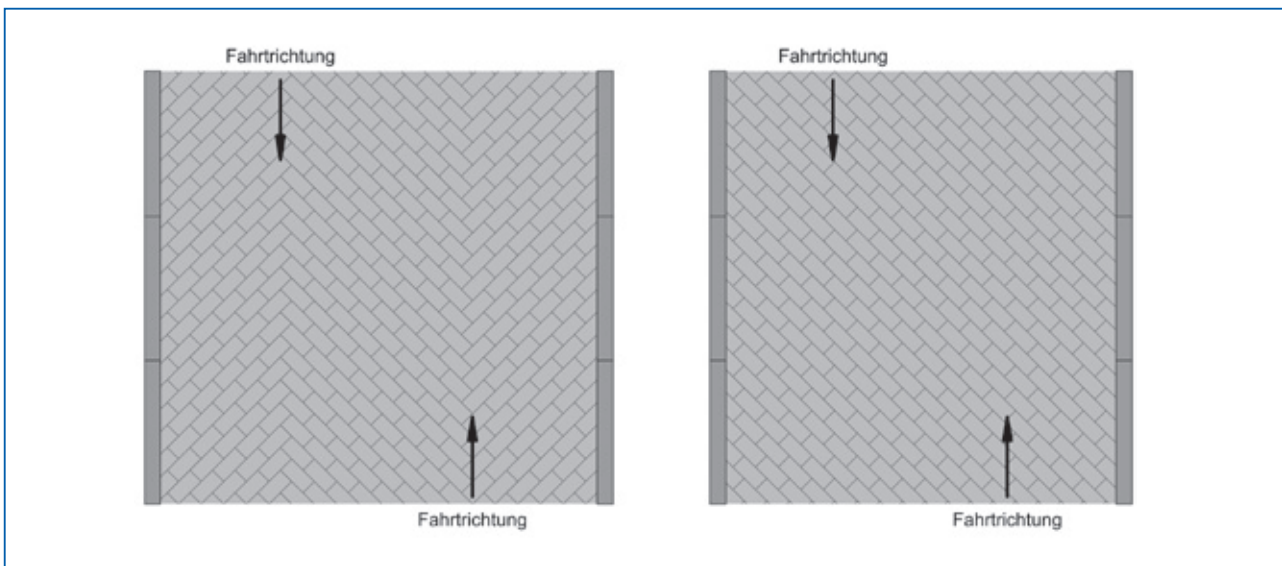


Bild 46: Beispiele für die Anordnung eines Läufer- oder Reihenverbandes diagonal zur Fahrtrichtung bei einer zweistreifigen Fahrbahn

12.8 Anschlüsse

12.8.1 Anschluss an Einbauten, Randeinfassungen und Entwässerungsrinnen

Die Bereiche der Pflasterdecke, die an Schächte, Abfläufe, Hohlfundamente von Lichtmasten oder Ähnliches angrenzen, sind derart auszubilden, dass ungebundenes Bettungs- und Fugenmaterial nicht abwandern kann. Für die Fugenausbildung am Übergang zu Einbauten kann es – je nach Art der Einbauten – zweckmäßig sein, diese in flexibler Ausführung oder als Bewegungsfuge zu planen, damit zum Beispiel vom Wind erfasste Lichtmaste nicht zu

Schäden an den Steinen führen können.

Die Fugen der Pflasterdecke, die unmittelbar an Einbauten, Randeinfassungen und Entwässerungsrinnen angrenzen, gehören zur Pflasterdecke selbst und unterliegen somit den Planungsgrundsätzen, die für die Pflasterdecke gelten, zum Beispiel im Hinblick auf Fugenbreite und Fugenfüllung.

Pflasterdecken müssen über angrenzende Einbauten, Randeinfassungen und Entwässerungsrinnen überstehen. Die Höhe des Überstandes ist in den ATV DIN 18318 und den ZTV Pflaster-StB nicht einheitlich geregelt und daher gegebenenfalls durch die Leistungsbeschreibung vorzu-

geben. Es wird empfohlen, die Anforderungen der ZTV Pflaster-StB zugrunde zu legen:

- Der Überstand über der Oberfläche von Randeinfassungen und Entwässerungsrinnen muss danach 5 mm bis 10 mm betragen (Bild 47, rechter Pfeil).
- Der Überstand über der Oberfläche von Einbauten muss danach mindestens 3 mm und höchstens 5 mm betragen (Bild 47, linker Pfeil).



Bild 47: Die Oberfläche der Pflasterdecke muss an Entwässerungsrinnen und Einbauten überstehen

12.8.2 Anschluss an Gebäude

Beim Anschluss von Pflasterbefestigungen an Gebäude ist generell darauf zu achten, dass die fachlich dem Hochbau zuzuordnende Werkleistung (Gebäudeaußenhaut) nicht durch die anschließende Werkleistung des Ausführenden für die Pflasterbefestigung beschädigt wird. Zu den Aufgaben des Hochbaus gehört in diesem Zusammenhang der Schutz der Gebäudeaußenhaut oder anderer betreffender Bauteile durch geeignete Maßnahmen vor den zu erwartenden Beanspruchungen aus der Pflasterbefestigung und deren Herstellung.

Durch die notwendigen Verdichtungsarbeiten der einzelnen Schichten des Oberbaus für die Pflasterbefestigung dürfen keine Beschädigungen an den Abdichtungs-, Schutz- und Dämmschichten des Gebäudes verursacht werden.

Es ist zu beachten, dass insbesondere ungebundene ausgeführte Pflasterdecken am Anfang ihrer Nutzungsdauer noch vergleichsweise gut wasserdurchlässig sind. Durch die Pflasterdecke in den Oberbau einsickerndes Wasser ist stets von Gebäuden – dies können zum Beispiel auch Altbauten oder Bestandsgebäude auf Nachbargrundstücken sein – fern zu halten, damit keine Schäden entstehen können, zum Beispiel durch Vernässung. Daher ist die Pflasterbefestigung – sofern möglich – immer mit einer ausreichenden Neigung weg vom Gebäude zu planen und zu bauen. Ist dies nicht möglich, sind Maßnahmen vorzusehen, die den Schutz des Gebäudes – gegebenenfalls auch im Bestand – vor dem einsickernden Wasser sicherstellen. Derartige Maßnahmen können auch notwendig werden, wenn ehemals „dichte“ Beläge, zum Beispiel im Zuge der

Sanierung, durch ungebundene Pflasterdecken ersetzt werden.

Bei Pflasterbefestigungen, die an Gebäude angrenzen, ist grundsätzlich mit einer entsprechenden Spritzwasserbelastung zu rechnen. Dies sollte bei der Planung des Sockelbereiches, zum Beispiel durch Anordnung eines Spritzschutzbereichs (siehe Bild 48), berücksichtigt werden.

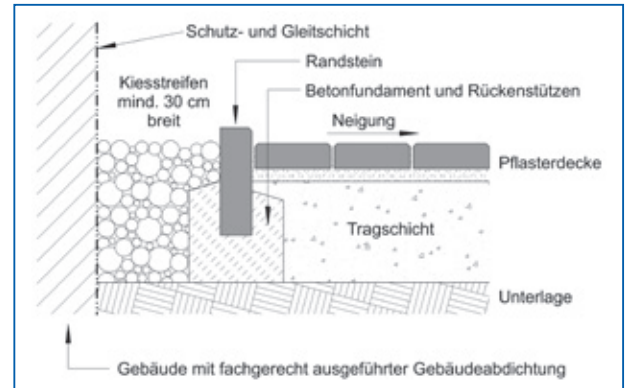


Bild 48: Beispiel für den Anschluss einer Pflasterbefestigung an ein Gebäude - Variante Randstein mit Kiestreifen als Spritzschutz

12.8.3 Beschaffenheit von Passsteinen

Bei Anschlüssen, zum Beispiel an schräg verlaufende Kanten oder an Rundungen, sind immer Passsteine erforderlich. Dies ist bereits bei der Planung insofern zu berücksichtigen, als dass klare Vorgaben für den Ausführenden gemacht werden sollten, gegebenenfalls unterstützt durch die Bereitstellung von zeichnerischen Darstellungen, zum Beispiel für bestimmte Detailpunkte.

Der Aufwand für das Zuarbeiten von Pflastersteinen bei Anschlüssen kann dadurch gemindert werden, dass im Raster geplant wird, das heißt die Verlegebreite von Pflasterflächen ist nach Möglichkeit auf das Rastermaß der gewählten Steine abzustimmen. Zudem sollten immer dort vorgefertigte Formsteine vorgesehen werden, wo das technisch möglich und wirtschaftlich sinnvoll ist. Das gleiche gilt auch für Bereiche mit besonderer Geometrie, wie zum Beispiel in Kurven.

Zur Herstellung von Passsteinen sollte das Nassschnittverfahren vorgesehen – sprich ausgeschrieben – werden. Zu den handwerklichen Grundregeln siehe Abschnitt 13.3.6.

Das Bild 49 und das Bild 50 zeigen je ein Beispiel für die Ausgestaltung von Passsteinen beim Anschluss an eine schräg verlaufende Kante. Hierbei müssen grundsätzlich zwei Fälle unterschieden werden:

- Anschluss an Schräge unter einem Winkel $> 45^\circ$ und
- Anschluss an Schräge unter einem Winkel $\leq 45^\circ$.

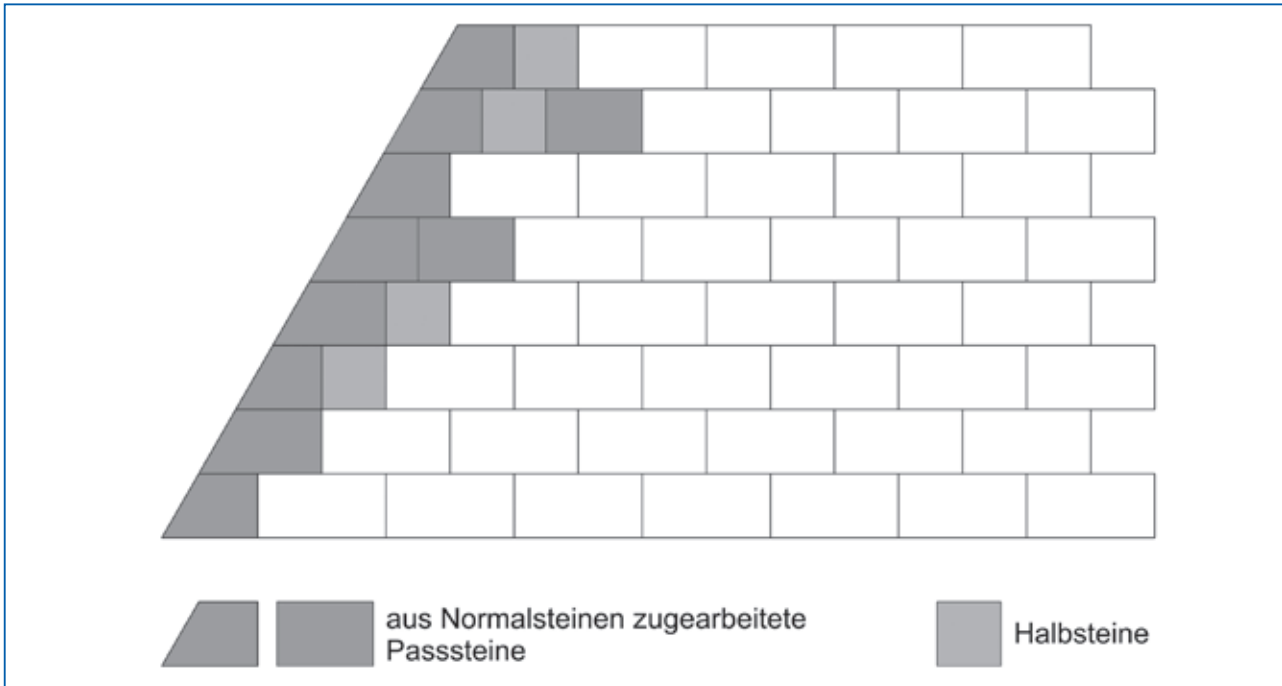


Bild 49: Beispiel für den Anschluss von rechteckigen Pflastersteinen an eine Schräge unter einem Winkel von mehr als 45° (hier: 60°)

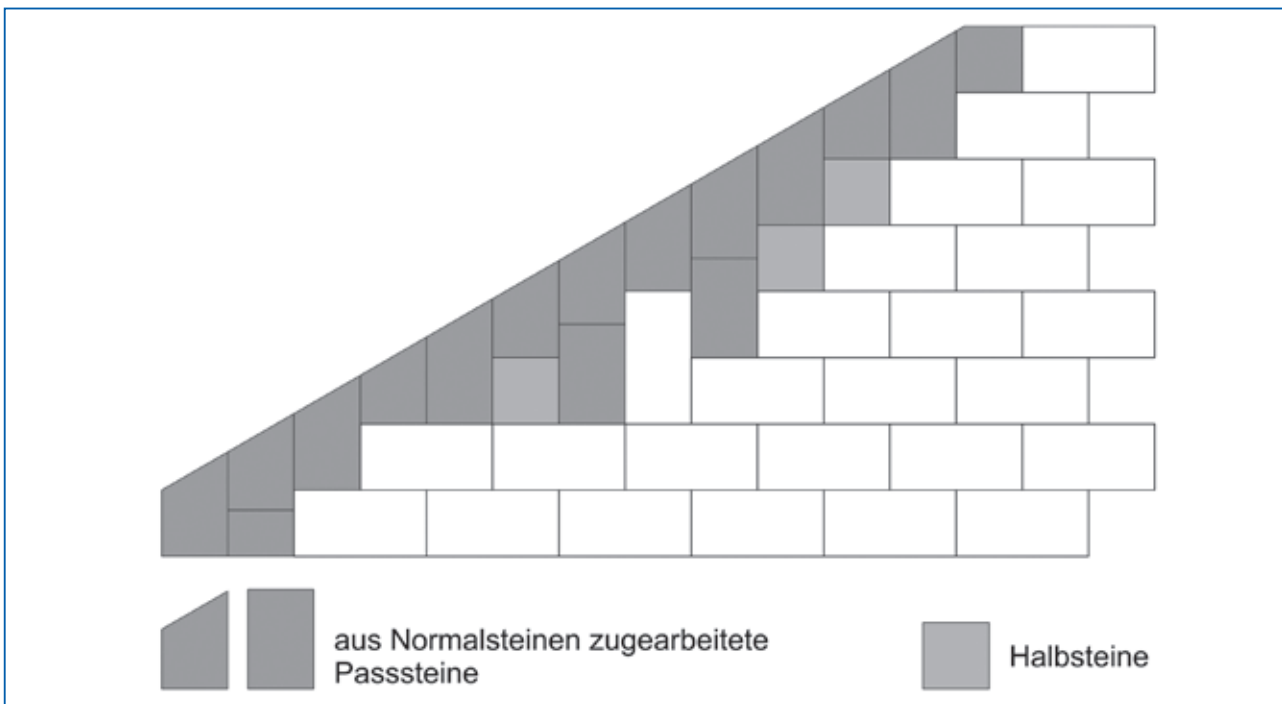


Bild 50: Beispiel für den Anschluss von rechteckigen Pflastersteinen an eine Schräge unter einem Winkel von höchstens 45° (hier: 30°)

Stehen vorgefertigte quadratische Steine als Ergänzung zu den Rechteckformaten (Halbsteine) zur Verfügung, wie in dem Bild 49 und dem Bild 50 beispielhaft gewählt, würde sich der Aufwand für das Zuarbeiten von Passsteinen auf der Baustelle unter Umständen erheblich reduzieren.

Für besondere Anschlüsse, zum Beispiel an Rundungen, Lichtmaste, Straßenkappen oder Schachtdeckel, insbesondere bei gestalterisch hochwertigen Flächenbefestigungen, kann es zweckmäßig sein, spezielle Nassschnitt-

verfahren, zum Beispiel das Wasserstrahlschneiden oder eine Kernbohrung, vorzusehen (Bild 51). Spezialverfahren sind in der Regel mit höheren Kosten verbunden als konventionelle Verfahren. Daher sollten diese – soweit vorhersehbar – bereits in der Planungsphase und in der Leistungsbeschreibung berücksichtigt werden.



Bild 51: Passgenauer Anschluss an eine runde Straßenkappe durch Kernbohrverfahren



Bild 52: Passgenauer Anschluss an eine quadratische Straßenkappe durch geraden Zuschnitt im Nassschnittverfahren

12.9 Hochpunkte bei Neigungswechseln

Der Ausbildung von Pflasterdecken in den Hochpunkten von Neigungswechseln ist bereits bei der Planung besondere Aufmerksamkeit zu widmen, um späteren Schäden an der Pflasterdecke vorzubeugen.

Zum einen entstehen vertikale Keilfugen (Bild 53), die bei Verwendung von besonders dicken Pflastersteinen und entsprechender Neigung besondere Maßnahmen erfordern, um die Fugenbreite am oberen Rand der Steine zu begrenzen. Dies können sein:

- Fugenbreite am Fuß der Pflastersteine verringern,
- gegebenenfalls Nacharbeiten der unmittelbar betroffenen Pflastersteine durch Unterwinkeln (Bild 54)
- Ausrunden des Scheitelpunktes, das heißt die Größe einer Keilfuge auf mehrere Fugen verteilen (Bild 56)
- Verwendung von Pflastersteinen mit reduzierter Länge (Bild 57).

Schon bei der Planung ist darauf zu achten, an welcher Stelle der Pflasterdecke vertikale Keilfugen entstehen könnten. Maßnahmen, wie vor beschrieben, sollten dann bereits in der Leistungsbeschreibung vorgesehen werden.

Das Bild 53 zeigt das Prinzip einer vertikalen Keilfuge im Hochpunkt eines Neigungswechsels. Am oberen Rand sollte die maximal zulässige Fugenbreite nach den ZTV Pflaster-StB nicht überschritten werden.

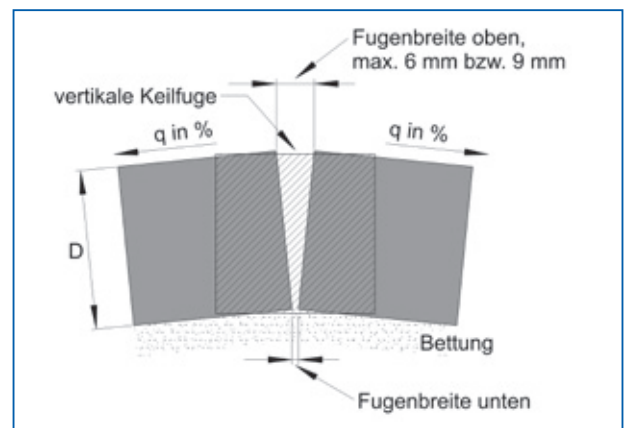


Bild 53: Prinzip einer vertikalen Keilfuge im Hochpunkt einer Pflasterdecke

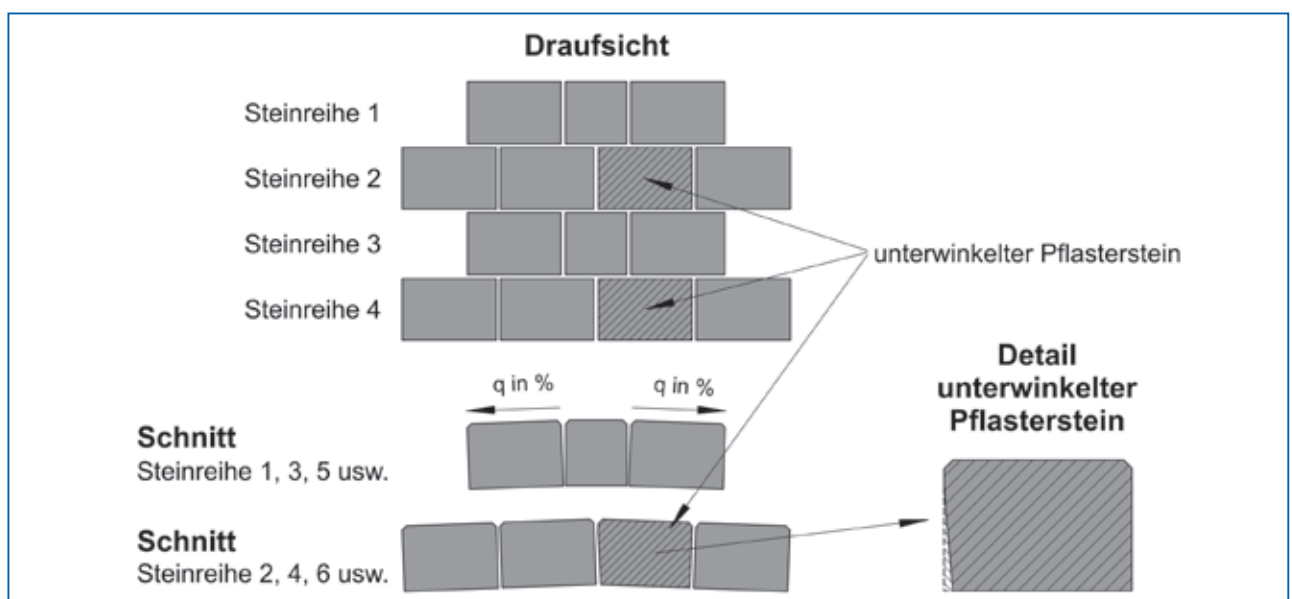


Bild 54: Beispiel für eine fachgerechte Lösung eines Hochpunktes einer Pflasterdecke zur Begrenzung der Fugenbreite durch Nacharbeiten (Unterwinkeln) von Pflastersteinen

Neben der Entstehung von vertikalen Keilfugen können in den Hochpunkten von Pflasterdecken auch Steinüberstände entstehen, die von den Grundrissabmessungen der verwendeten Steine und der Neigung der Pflasterdecke abhängig sind. Im Hinblick auf die Verkehrssicherheit der Pflasterdecke, das heißt zur Vermeidung von Stolperkanten, aber auch zur Vermeidung von Rüttelschäden an den Pflastersteinen sind Überstände von mehr als 2 mm zu vermeiden.

Zur Vermeidung oder Verminderung von Überständen können folgende Maßnahmen einzeln oder in Kombination angewendet werden:

- Ausrunden des Scheitelpunktes der Pflasterdecke bei allen Verbänden, das heißt Verringerung der Überstände durch Verteilung auf mehrere Pflastersteine (Bild 56),
- Verwendung von Pflastersteinen mit reduzierter Länge im Bereich der Hochpunkte (Bild 57) unter Berücksichtigung der im Abschnitt 13.3.6 beschriebenen Regeln.

Die Verwendung von Pflastersteinen mit gefasteten oder abgerundeten Kanten mindern zwar grundsätzlich die Neigung von Kantenabplatzungen, jedoch können Pflastersteine mit kleinen Fasen oder gering abgerundeten Kanten die Problematik der vorbeschriebenen Überstände nicht maßgeblich lösen.

Schon bei der Planung ist daher darauf zu achten, an welcher Stelle der Pflasterdecke Überstände entstehen könnten. Maßnahmen, wie vor beschrieben, sollten dann bereits in der Leistungsbeschreibung vorgesehen werden.

Das Bild 55 zeigt das Prinzip der Bildung von Überständen im Hochpunkt eines Neigungswechsels in Abhängigkeit von der Kantenlänge des Pflastersteins. Dem Bild kann zudem entnommen werden, ab welcher Steinlänge/Steinbreite bzw. ab welcher Neigung Maßnahmen – wie vor beschrieben – zu empfehlen sind.

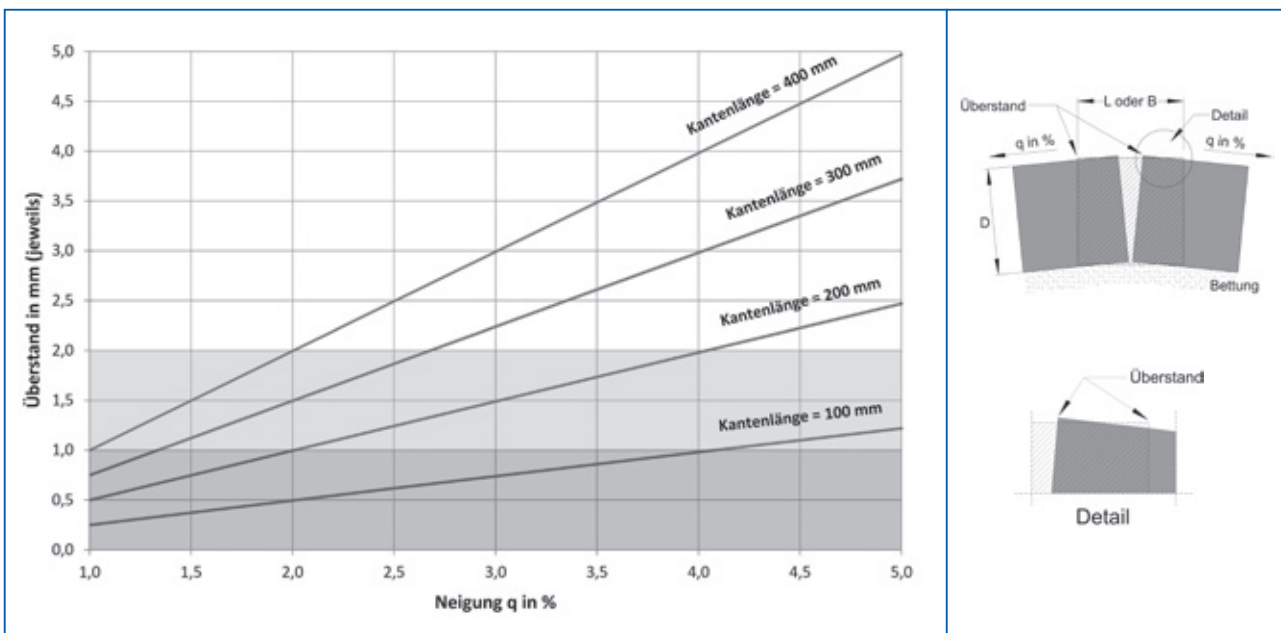


Bild 55: Überstände in Hochpunkten von Pflasterdecken in Abhängigkeit von der Kantenlänge der Pflastersteine und der Neigung der Pflasterdecke

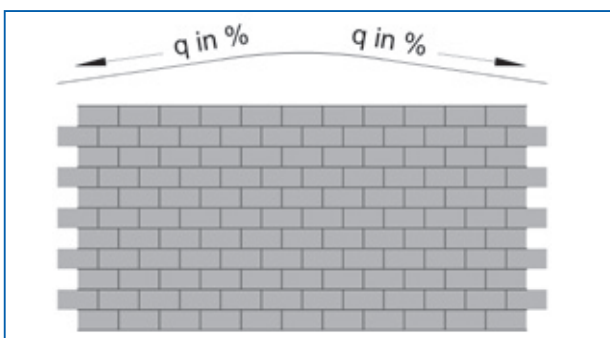


Bild 56: Beispiel zur Verminderung von Überständen bei einer Pflasterdecke im Bereich des Hochpunktes eines Neigungswechsels durch Ausrunden des Scheitelpunktes

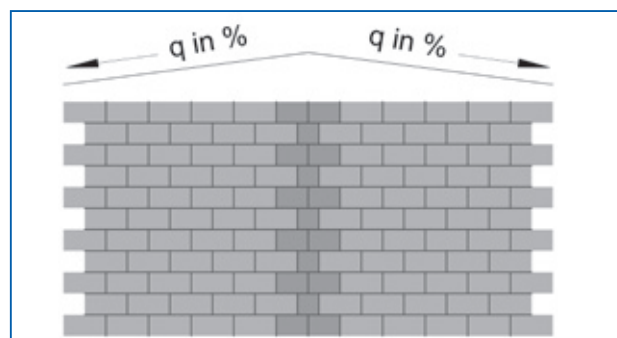


Bild 57: Beispiel zur Verminderung von Überständen bei einer Pflasterdecke im Bereich des Hochpunktes eines Neigungswechsels durch Verwendung von Pflastersteinen mit reduzierter Länge

12.10 Stark geneigte Flächen

Für befahrbare Pflasterdecken, die eine Längsneigung über 6 % bis etwa 15 % aufweisen, sind besondere Maßnahmen bei Planung und Ausführung erforderlich. Dies können einzeln oder in Kombination sein:

- Verwendung von Pflastersteinen mit einer über die Regeldicke nach den RStO hinausgehenden Nenndicke.
- Verwendung von Pflastersteinen mit hoher Verbundwirkung und/oder mit angeformten Profilen, die eine Erhöhung des Verschiebewiderstandes innerhalb der verlegten und ausgefugten Pflasterdecke bewirken.
- Verwendung separater Verschiebeschutzsysteme.
- Festlegung von Verbänden mit einem hohen Widerstand gegen Horizontalverformungen (siehe auch Abschnitt 12.7).
- Festlegung von Verbänden, bei denen durchgehende Fugen in Richtung des abfließenden Oberflächenwassers vermieden werden.
- Verwendung von Bettungs- und Fugenmaterialien, die für Verkehrsflächen gemäß den Belastungsklassen Bk3,2 oder Bk1,8 nach den RStO geeignet sind.
- Verwendung eines Fugenschlussmaterials unter Beimischung eines erprobten Zusatzstoffes, der den Widerstand gegen Ausspülen erhöht.

Je nach Neigung und Länge der Verkehrsfläche sowie unter Berücksichtigung der zu erwartenden Verkehrsbelastung kann es zweckmäßig sein, die Gesamtfläche in Richtung der Längsneigung in Teilflächen zu unterteilen, wobei jede Teilfläche durch einen Querriegel nach vorn und nach hinten einzufassen ist. Innerhalb der Teilflächen können so die auftretenden Schubkräfte, zum Beispiel aus Anfahren und Bremsen, vergleichsweise gering gehalten werden.

Querriegel sind nach den für Randeinfassungen beschriebenen Regeln und Empfehlungen zu planen und auszuführen.

Für Pflasterdecken, die von Fahrzeugen befahren werden und eine Längsneigung von über 15 % aufweisen, sollte nach bisher vorliegenden Erfahrungen von der ungebundenen Ausführung abgesehen werden. In jedem Einzelfall ist abzuwägen, ob die Verkehrsfläche, wie vor beschrieben, durch Riegel – gegebenenfalls mit Entwässerungsfunktion - unterteilt werden kann, mit einer Pflasterdecke in gebundener Ausführung hergestellt werden kann oder ob eine andere Bauweise nach den RStO gewählt werden sollte.

Das Verlegen der Pflastersteine sollte immer entgegen der Neigung, das heißt „von unten nach oben“ erfolgen.

13 Betonpflasterdecke – Ausführung

13.1 Annahme der Betonwaren auf der Baustelle

Unmittelbar nach Eintreffen der Pflastersteine, Bordsteine, Rinnensteine usw. auf der Baustelle ist eine Überprüfung der angelieferten Produkte erforderlich. Hinweise hierzu sind dem Abschnitt „Eigenüberwachung“ der ZTV Pflaster-StB zu entnehmen. Insbesondere ist – zumindest anhand des Lieferscheines, durch Inaugenscheinnahme und gegebenenfalls durch den Vergleich mit Mustersteinen – zu prüfen, ob die Lieferung der Bestellung entspricht und ob die Produkte erkennbar mängelfrei sind. Bestehen Zweifel oder Bedenken, darf mit den Verlegearbeiten oder der anderweitigen Verarbeitung der Produkte nicht begonnen werden, bis eine Klärung der Angelegenheit erfolgt ist. Das Ausbleiben einer unmittelbar erfolgten Mängelrüge kann zum Verlust von Gewährleistungsansprüchen führen.

13.2 Pflasterbettung

13.2.1 Allgemeines

Die Herstellung der Pflasterdecke beginnt mit dem Vorbereiten der Bettung. Die Bettung hat die Aufgabe, die zulässigen Unebenheiten der oberen Tragschicht und die zulässigen Abweichungen von der Nenndicke der Pflastersteine auszugleichen. Im eingebauten Zustand, das heißt, während der Nutzungsdauer, hat die Bettung die Aufgabe, die in die Pflasterdecke eingebrachten Lasten mit ausreichendem Widerstand gegen Verformung in die Unterlage abzuleiten.

13.2.2 Einbau des Bettungsmaterials

Das Bettungsmaterial muss gleichmäßig gemischt und durchfeuchtet angeliefert und eingebaut werden. Es darf generell kein gefrorenes Bettungsmaterial verarbeitet werden.

Ein für die spätere Verdichtung günstiger Wassergehalt sollte bereits werksseitig eingestellt werden. An der Einbaustelle wird das Material möglichst ohne Zwischenlagerung zügig auf der Tragschichtoberfläche in gleichbleibender Dicke verteilt. Erkennbare Entmischungen des Bettungsmaterials sind durch Nacharbeiten zu beseitigen. Im Anschluss wird das Bettungsmaterial mit Lehren auf die geplante Höhe, zuzüglich eines Zuschlages für die Zusammendrückung durch die spätere Verdichtung (das Abrütteln), abgezogen. Die Mehrdicke hierfür, das so genannte Verdichtungs- oder Vorhaltemaß, ist unter anderem abhängig von der Korngrößenverteilung des Bettungsmaterials. Sie beträgt erfahrungsgemäß, zum Beispiel bei einem kornabgestuften Bettungsmaterial 0/5, ca. 20 % bis 25 % der Dicke der abgezogenen, unverdichteten Bettung. Die Verlegung der Pflastersteine sollte möglichst unmittelbar nach

dem Vorbereiten der Bettung erfolgen, um Veränderungen des Wassergehaltes im Bettungsmaterial, zum Beispiel durch Austrocknen, zu vermeiden.

Ist eine Handverlegung der Pflastersteine vorgesehen, sollte das Bettungsmaterial nicht vorverdichtet werden. Bei maschineller Verlegung hingegen kann eine Vorverdichtung des Bettungsmaterials zweckmäßig sein. Dadurch werden Verformungen durch das Befahren mit Transport- und Verlegegeräten des bereits verlegten, aber noch nicht abgerüttelten Pflasters verhindert. Die Vorverdichtung kann durch Einsatz eines Straßenfertigers erfolgen, da dieses Gerät das Abziehen des Bettungsmaterials in einem Arbeitsgang mit dem Vorverdichten erlaubt. Es kann auch mit einer üblichen Vibrationsplatte (Betriebsgewicht bis max. 200 kg) oder einer leichten statischen Walze (bis 2 t) vorverdichtet werden. Im Anschluss ist eine dünne Schicht aus Bettungsmaterial gleichmäßig aufzubringen und nochmals höhen- und profilgerecht abzuziehen.

Das Vorbereiten einer vorverdichteten Bettung hat so zu erfolgen, dass eine homogene Unterlage für die Pflastersteine entsteht und Unebenheiten während der Nutzung vermieden werden.

Da der positive Effekt des Eindringens von Bettungsmaterial von unten in die Fugen mit zunehmender Vorverdichtung des Bettungsmaterials abnimmt, sollte eine Vorverdichtung insbesondere bei der Verwendung von Pflastersteinen mit unterseitiger Profilierung unabhängig von der Art der Verlegung unterbleiben.

Die Verdichtung bzw. Endverdichtung der Bettung erfolgt durch die im Anschluss gegebenenfalls mehrfach durchzuführenden Abrüttelvorgänge der Pflasterdecke, die dafür eine ausreichende Fugenfüllung aufweisen muss, damit sich die Pflastersteine durch das Abrütteln nicht verschieben können.

13.3 Verlegung der Betonpflastersteine

13.3.1 Allgemeines

Die Pflastersteine müssen fluchtgerecht, höhengleich, im vereinbarten Verband und mit der vorgegebenen Sollfugenbreite verlegt werden.

Betonpflastersteine werden von der bereits verlegten Fläche aus verlegt (so genannte Vor Kopf-Verlegung). Geradlinige Fugenverläufe sind durch ausreichendes Schnüren in Längs- und Querrichtung sicherzustellen. Das vorbereitete Pflasterbett darf nicht betreten werden. Die Verlegung kann von Hand erfolgen, mit Handverlegegeräten oder mit motorisierten Verlegegeräten (Verlegemaschinen). Dementsprechend unterscheidet sich die Verlegeleistung.

13.3.2 Fugenbreiten

Sofern die Leistungsbeschreibung nichts anderes vorsieht, beträgt die Sollfugenbreite 4 mm bei Pflastersteinen mit einer Nenndicke unter 120 mm und 6 mm bei Pflastersteinen mit einer Nenndicke ab 120 mm. Im Rahmen der Ausführung lassen sich Abweichungen von der Sollfugenbreite, zum Beispiel zum Ausgleich der Maßtoleranzen der Pflastersteine, durch Neigungswechsel, Verschwenkung der Verlegerichtung usw., nicht vermeiden.

Durch die Leistungsbeschreibung können andere als die vorgenannten Sollfugenbreiten, zum Beispiel systembedingt erforderliche Fugenbreiten, vorgegeben werden. Derartige Abweichungen von den geltenden Regelwerken sind zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer ausdrücklich zu vereinbaren.

Die zulässigen Abweichungen sollten auf der Grundlage der ZTV Pflaster-StB festgelegt werden. Diese betragen bei einer 4 mm breiten Sollfuge ± 1 mm und bei einer 6 mm breiten Sollfuge ± 2 mm.

Die Untergrenze der Fugenbreite sollte grundsätzlich nicht unter 3 mm betragen, damit eine vollständige Verfüllung der Fugen über die gesamte Fugenhöhe mit einem geeigneten Fugenmaterial sichergestellt werden kann. Eine unter technischen Gesichtspunkten noch akzeptable Obergrenze der Fugenbreite hängt von der Dicke der verwendeten Steine einerseits und von der Korngrößenverteilung des verwendeten Fugenmaterials andererseits ab und beträgt im Allgemeinen 5 mm bzw. 8 mm. Durch die Einhaltung einer Obergrenze für die Fugenbreite und bei vollständiger Fugenfüllung wird eine ausreichende Abstützung der Pflastersteine untereinander und eine Querkraftübertragung von Stein zu Stein sichergestellt.

Zu breite Fugen bedeuten nicht nur eine Stabilitätseinbuße der Pflasterdecke; sie können auch, insbesondere bei maschineller Reinigung der Pflasterdecke zu einem vermehrten Austrag von Fugenmaterial führen. Darüber hinaus besteht bei zu breiten Fugen die Gefahr, dass Fugenmaterial durch abfließendes Oberflächenwasser ausgespült wird, insbesondere in Bereichen mit hoher Längsneigung.

In Bereichen, in denen die Pflastersteine „verzogen“ werden müssen, zum Beispiel bei Anschlüssen (Bild 58) oder in Kurven, sollten bei der Verwendung von unbearbeiteten Pflastersteinen die gegebenenfalls entstehenden keilförmigen Fugen an der breitesten Stelle die vorgegebene Sollfugenbreite um nicht mehr als 5 mm überschreiten. Anderenfalls sind die Pflastersteine entsprechend zu bearbeiten.



Bild 58: Durch das Verziehen der Pflastersteine entstehen Keilfugen, deren Breite zu begrenzen ist

Die Einhaltung der vorgegebenen Fugenbreite und der zulässigen Abweichungen ist eine der wichtigsten Voraussetzungen für die Dauerhaftigkeit der Pflasterdecke (Krass, Jungfeld & Rohleder, 2002).

An den Pflastersteinen etwaig angeformte Profile geben im Allgemeinen nicht das Maß der in der Leistungsbeschreibung oder in den Regelwerken angegebenen Sollfugenbreiten vor. Derartige Profile können zum Beispiel den Verschiebewiderstand des Flächenbelages erhöhen. Sie können hinsichtlich der Kraftübertragung eine ordnungsgemäße Fugenfüllung jedoch nicht ersetzen. Bei der Verlegung ist somit sicherzustellen, dass zwischen den Steinen ausreichend Raum für das Verfüllen mit einem geeigneten Fugenmaterial zur Verfügung steht.

Die so genannte Press- oder Knirschverlegung ist grundsätzlich nicht zulässig, um das flexible Tragverhalten der Pflasterdecke nicht zu beeinträchtigen. Dies gilt für manuelle und maschinelle Verlegung gleichermaßen. Die Pflastersteine sollten daher nicht planmäßig auf Kontakt gelegt werden. Einzelne punktuelle Kontaktstellen sind zulässig.

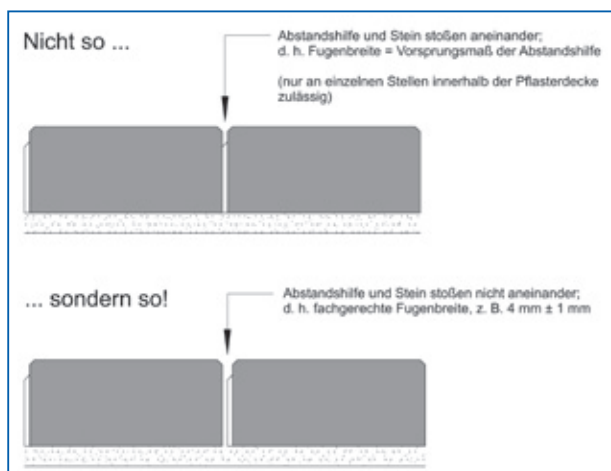


Bild 59: Ausführung der Pflasterfuge bei Steinen mit angeformten Profilen, z. B. Abstandshilfen

13.3.3 Verlegung in Kurven

Bei befahrenen, insbesondere vom Schwerverkehr genutzten Flächen, ist es besonders wichtig, die Verbundwirkung auch in Kurven aufrecht zu erhalten, da hier hohe Schubkräfte von der Pflasterdecke aufgenommen werden müssen. In Kurven sollten daher spezielle Formsteine, so genannte Kurvensteine oder Kurvensteinsätze, verwendet werden. Verschiedene Hersteller bieten zu den unterschiedlichen Verbundpflastersteinsystemen derartige Formsteine an. Bei Pflasterdecken, die nicht regelmäßig von Kraftfahrzeugen genutzt werden, zum Beispiel bei Geh- und Radwegen, kann in Kurven auch der so genannte Odenwälder Verband ausgeführt werden. Ein Beispiel zeigt das Bild 60.



Bild 60: Odenwälder Verband aus Rechtecksteinen bei einem kurvenförmig verlaufenden Gehweg (Foto: Wellner)

13.3.4 Ausbildung der Hochpunkte bei Neigungswechseln

Müssen Pflastersteine mit besonders großen Abmessungen – insbesondere Länge und/oder Dicke – verlegt werden, kann es im Hochpunkt eines Neigungswechsels zu Problemen in Form von klaffenden Fugen und/oder zu Steinüberständen kommen. In den betroffenen Bereichen der Pflasterdecke sind – um Schäden beim Abrütteln oder durch die spätere Nutzung zu vermeiden – daher im Zuge der Ausführung besondere Maßnahmen erforderlich (siehe dazu Abschnitt 12.9).

13.3.5 Maschinelle Verlegung

Siehe auch *Merkblatt für die maschinelle Verlegung von Pflastersteinen und Platten aus Beton* (SLG, 2024). Pflastersteine lassen sich mit dem heutigen technischen Standard der Verlegegeräte und -maschinen problemlos mit ausreichend breiten Fugen verlegen. Dazu müssen die Pflastersteine angeformte Abstandshilfen aufweisen, die im geklammerten Zustand einen Abstand zwischen den Steinen erzeugen, der etwa 0,5 mm bis 1 mm geringer ist, als die zu erzielende Sollfugenbreite. Durch das Nachlassen der Einspannkraft beim Ablegen der Steine in Verbindung mit einer Anleghilfe oder Abdrückvorrich-

tung werden diese aus der Verlegeklammer bogenförmig nach unten heraus abgelegt. Dies bewirkt eine Vergrößerung der Fugenbreite auf das anforderungsgerechte Maß. Das horizontale Aneinanderdrücken der Steine im Anschluss an das Ablegen, zum Beispiel mit Hilfe von Vorschlaghammer und Kantholz, sollte unbedingt unterbleiben. Bei Bedarf ist ein Ausrichten der Steine zur Vergleichmäßigung des Fugenbildes durchzuführen. Dies darf jedoch nicht zu knirsch aneinander liegenden Pflastersteinen und zur Unterschreitung der regelgerechten Fugenbreite führen. Der unsachgemäße Einsatz von Richteisen kann zu Kantenabplatzungen an den Steinen führen.

Die Art der Verlegung ist bei Planung sowie bei der Ausschreibung und Bestellung der Pflastersteine zu berücksichtigen, damit diese in verlegegerechter Form geliefert werden können. Vom Hersteller werden, gegebenenfalls unter Einsatz von Passsteinen, die Palettenlagen so vorbereitet, dass sie mit Hilfe der Verlegegeräte eingebaut werden können. Je nach Verlegemuster und Steinform sind gegebenenfalls Passsteine zu entfernen oder einzelne Pflastersteine einer Palettenlage umzulegen, um einen durchgehenden Verbund bzw. ein einheitliches Verlegemuster herzustellen.

Die Möglichkeiten der Vorbereitung von verlegegerechten Steinlagen ist mit den infrage kommenden Herstellern bzw. Lieferanten abzustimmen.

Der Grad der Wirtschaftlichkeit eines Maschineneinsatzes ist von der Größe und der Art der herzustellenden Pflasterdecke abhängig. Neben der Wirtschaftlichkeit sind der enorme Fachkräftemangel und die Arbeitserleichterung die Hauptgründe für den Einsatz von Pflasterverlegemaschinen.

13.3.6 Zuarbeiten von Betonpflastersteinen

Das Zuarbeiten von Betonpflastersteinen zu Passsteinen hat nach den Planungsvorgaben (siehe Abschnitt 12.8.3) und den nachfolgend beschriebenen handwerklichen Grundregeln – vorzugsweise im Nassschnittverfahren – zu erfolgen. Ist die ZTV Pflaster-StB Bestandteil des Bauvertrages, ist das Zuarbeiten durch Nassschnitt geschuldete Leistung.

Die Pflastersteine aus Beton sollten vor dem Schneiden mit klarem Wasser vorgespült und unmittelbar nach dem Schneiden gründlich mit klarem Wasser abgespült und gegebenenfalls abgebürstet werden, damit durch anhaftenden Schneidschlamm keine Flecken verbleiben oder eine Wolkenbildung entsteht.

Die verbleibende kürzeste Seite des Passsteins sollte mindestens ein Drittel der größten Kantenlänge des unbearbeiteten Steines sowie mindestens der halben Dicke des unbearbeiteten Steines und mindestens 5 cm betragen. Es können auch Passsteine verwendet werden, die größer als der Normalstein sind. Spitz zulaufende

Passsteine, das heißt solche, die einen Winkel unter 45° aufweisen, sollten vermieden werden. Grundsätzlich sollte immer angestrebt werden, die Anzahl der Passsteine auf ein Minimum zu reduzieren. Dazu ist es in der Regel erforderlich, den Verband (das Verlegemuster) im Bereich von Anschlüssen zu ändern, obwohl dies gegebenenfalls gestalterischen Vorstellungen widerspricht. Jeweils ein Beispiel dazu ist im Bild 49, im Bild 50, im Bild 61 und im Bild 62 dargestellt.



Bild 61: Positivbeispiel – Vorbildlich ausgeführte Anschlüsse bei einem beidseitigen Anschluss an eine Muldenrinne



Bild 62: Positivbeispiel – Vorbildlich ausgeführter Anschlüsse an Schräge und Rundung im Bereich eines Hauseingangs

Es ist in der Praxis leider häufig zu beobachten, dass – entgegen den handwerklichen Regeln – Passsteine mit ungeeigneten Abmessungen verarbeitet werden (Bild 63). Derartige Passsteine vermindern die Stabilität der Pflasterdecke, da sie sich meist schon nach kurzer Zeit lockern oder brechen.

Weitere Informationen und Beispiele im Gesamtkontext „Zuarbeiten von Pflastersteinen und Platten“ können der Foliensammlung (Ulonska, 2021) entnommen werden.²

² Die Foliensammlung „Regel- und handwerksgerechte Anschlüsse mit Pflastersteinen und Platten aus Beton“ kann unter <https://www.betonstein.org/technik/foliensammlung-regel-und-handwerksgerechte-anschluesse-mit-pflastersteinen-und-platten-aus-beton/> heruntergeladen werden.



Bild 63: Negativbeispiel – Extrem schmal zugeschnittene Pflastersteine

13.4 Verfugen, Verdichten

Pflasterdecken benötigen zwingend ein funktionierendes Fugensystem, damit der Belag die Verkehrsbelastungen ordnungsgemäß aufnehmen und in die Unterlage ableiten kann. Vor diesem Hintergrund kommt dem Herstellen der Fugenfüllung und dem Verdichten der Pflasterdecke eine besondere Bedeutung zu. Jüngere Technische Regelwerke, zum Beispiel das M FP und die ZTV Pflaster-StB, haben dieser Bedeutung dadurch Rechnung getragen, dass mindestens jeweils zwei Arbeitsgänge für das Füllen der Fugen und für das Verdichten des Belages vorgesehen sind.

Das Füllen der Fugen muss kontinuierlich mit dem Fortschreiten der Verlegearbeiten erfolgen, indem das Fugenmaterial auf den Belag aufgebracht und in die Fugen eingearbeitet – in der Regel eingekehrt – wird, so dass diese weitgehend gefüllt sind (erste Fugenfüllung). Das Einkehren kann von Hand, aber auch maschinell erfolgen (Bild 64).



Bild 64: Pflaster-Einkehrmaschine

Beim Verfugen ist darauf zu achten, dass Straßenabläufe und ähnliche Einbauten nicht verunreinigt werden und die Oberfläche der Pflasterdecke nicht verfärbt wird. Gegebenenfalls sollten in Frage kommende Fugenmaterialien in Vorversuchen hinsichtlich ihrer Verfärbungsneigung untersucht werden.

Überschüssiges Fugenmaterial ist im Anschluss zu beseitigen, indem die Pflasterdecke vollständig und sauber abgefegt wird. Danach ist die Pflasterdecke zu verdichten, wodurch ihre Standfestigkeit noch nicht erreicht werden muss (erstes Verdichten). Das erste Verdichten soll vorrangig dafür sorgen, das Fugenmaterial anzuregen und zu mobilisieren, damit es sich bis nach unten in die Fugen einarbeiten und dabei verdichten kann. So wird auch Platz für die zweite Fugenfüllung geschaffen.

Im Anschluss ist erneut Fugenmaterial aufzubringen, in die Fugen einzuarbeiten und unter begrenzter Wassergabe einzuschlämmen (zweite Fugenfüllung).

Die Pflasterdecke ist dann wieder vollständig und sauber abzufegen und im Anschluss bei abgetrockneter Oberfläche bis zum Erreichen der Standfestigkeit zu verdichten (zweites Verdichten).

Bei größeren Pflastersteindicken oder bei an den Steinen angeformten, ineinandergreifenden Verzahnungssystemen kann es mehr als zweimal erforderlich sein, Fugenmaterial einzuarbeiten, um die Fugen vollständig zu füllen.

Es darf generell kein gefrorenes Fugenmaterial in der Pflasterdecke verarbeitet werden.

Das Verdichten der Pflasterdecke darf – insbesondere bei hochwertig gestalteten Oberflächen – nur bei sauberer, von überschüssigem Fugenmaterial befreiter und oberflächlich trockener Belagsoberfläche erfolgen. Nach einem Einschlämmvorgang ist mit dem Verdichten der Pflasterdecke stets solange zu warten, bis die Bettung und insbesondere die Tragschichten ausreichend abgetrocknet sind (siehe auch Abschnitt 13.6 und Abschnitt 13.8). Dies ist erforderlich, da ein vermehrter Eintrag von Wasser in die Konstruktion zu einer Verminderung der Tragfähigkeit führen kann.

Pflasterdecken sind grundsätzlich in sich überlappenden Bahnen beginnend von den Rändern zur Mitte hin bzw. entgegen der Neigung der Pflasterdecke (von unten nach oben) zu verdichten. Dabei darf der geplante Fugenverlauf nicht beeinträchtigt werden.

Generell dürfen Pflasterdecken mit unverfüllten Fugen nicht verdichtet, das heißt nicht abgerüttelt, werden.

Für das erste Verdichten genügt in der Regel eine vergleichsweise leichte Vibrationsplatte. Das zweite Verdichten dient dem Erreichen der Ebenheit und der Standfestigkeit der Pflasterdecke und sollte mit einer schwereren Vibrationsplatte erfolgen. Eine Kombination von kleiner Amplitude und hoher Frequenz ist bei Vibrationsplatten für die Verdichtung von Pflasterdecken von Vorteil.

Zum Verdichten von Pflasterdecken eignen sich zum Beispiel gummiummantelte Walzenrüttler (vielfach auch als Rollenrüttler bezeichnet) oder Vibrationsplatten mit planebener Unterseite. Vibrationsplatten aus Stahl sollten immer mit einer Kunststoffmatte an der Unterseite ausgestattet sein.

Vibrationswalzen dürfen nicht für die Verdichtung der Pflasterdecke eingesetzt werden.



Bild 65: Maschinelles Einschlämmen der Pflasterdecke mit Hilfe der am Radlader montierten Einschlämmeinheit



Bild 66: Vollständige Fugenfüllung nach maschinellem Einschlämmen

Merke Abrütteln

Durch das Abrütteln der Pflasterfläche erfolgt die Verdichtung bzw. Endverdichtung des Bettungsmaterials. Durch das Verdichten wird zudem bewirkt, dass ein Teil des Bettungsmaterials von unten in die Fugen eindringt und diese zusätzlich bereits während des Verdichtungsprozesses stabilisiert. Das Eindringen von Bettungsmaterial von unten in die Fugen nimmt mit zunehmender Vorverdichtung des Bettungsmaterials ab. Das Abrütteln darf den geplanten Fugenverlauf nicht beeinträchtigen.

In der Regel ist die Pflasterdecke nur bei trockener Oberfläche und nur unter Verwendung einer geeigneten Vibrationsplatte, zum Beispiel einer solchen mit planebener Unterseite, abzurütteln. Dies gilt insbesondere für farbiges Pflaster und solches mit besonderer Oberflächengestaltung.

Merke Einschlämmen

Das Einschlämmen kann von Hand oder maschinell erfolgen. Für das maschinelle Einschlämmen werden bereits seit vielen Jahren geeignete Maschinen und Anbaugeräte angeboten (siehe Bild 65), mit denen sich alle gängigen Fugenmaterialien vollständig in die Fugen einarbeiten lassen (Bild 66).

13.5 Geeignete Vibrationsplatten

Die meisten Vibrationsplatten sind als Universalplatten oder für den Erdbau konzipiert. Das heißt, dass sie hinsichtlich ihrer Form und Arbeitsweise in erster Linie dem Erdbau angepasst sind. Die Verwendung dieser Geräte zum Verdichten von Pflasterdecken ist grundsätzlich möglich, hat aber seine Grenzen.

Vibrationsplatten sollten hinsichtlich ihres Betriebsgewichtes, ihrer Zentrifugalkraft und ihrer Frequenz auf die Dicke der Pflasterdecke und auf die Beschaffenheit der Unterlage, das heißt auf die Steifigkeit der Unterlage, abgestimmt sein. In der Praxis haben sich Frequenzen ab 70 Hz als sinnvoll erwiesen.

Tabelle 16: Empfehlungen für Vibrationsplatten mit Kunststoffmatte in Abhängigkeit der Nenndicke der verwendeten Pflastersteine (in Anlehnung an die Empfehlungen der BOMAG GmbH)

Vibrationsplatte	Gewicht [kg]	90 - 130	130 - 160	200 - 250	380 - 450	400 - 450	500 - 600
	Zentrifugalkraft [kN]	18 - 20	20 - 25	30 - 40	45 - 50	55 - 60	70
Nenndicke der Pflastersteine	unter 80 mm	+	+	+			
	80 mm bis unter 120 mm		+	+	+	+	+
	ab 120 mm				+	+	+
Legende	+	= Anwendung möglich					
		= Anwendung nicht empfohlen					

Farbige Betonpflastersteine oder solche mit besonderer Oberflächenbeschaffenheit sollten stets durch eine geeignete Vorrichtung, zum Beispiel einer Kunststoffmatte, geschützt werden. Besonders vorteilhaft ist die Verwendung so genannter Rollenrüttler oder von Vibrationsplatten mit planebener Unterseite aus Kunststoff. Das Abrütteln der Betonpflasterdecke mit der ungeschützten Stahlplatte führt häufig zu Schäden, wie Kratzern, Kantenabplatzungen und Scheuerstellen, und sollte daher unterbleiben.

Empfehlungen für Vibrationsplatten mit Kunststoffmatte sind der Tabelle 16 zu entnehmen.

13.6 Fugenschluss, Reinigung

Es kann zweckmäßig sein, zum Abschluss der Verlegearbeiten einen Fugenschluss auszuführen (siehe auch Abschnitt 12.3.4). Hierzu wird ein geeignetes Fugenschlussmaterial auf die Pflasterdecke aufgebracht, verteilt und durch Wasserzugabe in die Fugen eingeschlämmt. Das Fugenschlussmaterial sollte höchstens die oberen 8 bis 10 mm der ansonsten mit Fugenschlussmaterial geschlossenen Fuge ausfüllen.

Es darf generell kein gefrorenes Fugenschlussmaterial in der Pflasterdecke verarbeitet werden.

Nach dem Herstellen des Fugenschlusses ist die Pflasterdecke solange von Fahrzeugen und schweren Geräten frei zu halten, bis die Bettung und insbesondere die Tragschichten ausreichend abgetrocknet sind. Dies ist erforderlich, um die Gefahr eines Tragfähigkeitsverlustes in der Befestigung auszuschließen (durchnässte Tragschichten sind nicht ausreichend tragfähig).

Unmittelbar nach der Fertigstellung der verdichteten und gegebenenfalls mit einem Fugenschluss ausgeführten Pflasterdecke ist diese gründlich zu reinigen und so zum Beispiel von Resten noch verbliebenen Fugen- oder Fugenschlussmaterials zu befreien. Hierzu hat sich in umfangreichen Untersuchungen (Voß, 2018d) eine Nassreinigung als zweckmäßig erwiesen. Soll die Nassreinigung durch Verwendung eines Hochdruckreinigers unterstützt werden, darf dieser lediglich mit moderatem Wasserdruck (weniger als 100 bar) und unter Einhaltung des vom Hersteller vorgegebenen Mindeststrahlabstandes betrieben werden. Verbleibt das Fugen- oder Fugenschlussmaterial hingegen über längere Zeit auf der Pflasterdecke, steigt das Risiko für bleibende Verfärbungen auf den Pflastersteinen.

Gegebenenfalls sollten in Frage kommende Fugen- und Fugenschlussmaterialien in Vorversuchen hinsichtlich ihrer Verfärbungsneigung untersucht werden (siehe auch Abschnitt 12.3.3.2 und Abschnitt 12.3.4).

Bei der Reinigung der Pflasterdecke darf Fugen- bzw. Fugenschlussmaterial nicht übermäßig ausgetragen

werden. Ein geringfügiger Austrag ist im Allgemeinen nicht zu vermeiden. Es ist zudem darauf zu achten, dass Straßenabläufe und ähnliche Einbauten nicht verunreinigt werden.

13.7 Lage der Pflasterdecke, zulässige Abweichungen

Die planmäßige Bettungsdicke beträgt in der Regel 3 cm oder 4 cm (siehe dazu Abschnitt 12.3.2.1). Die zulässige Abweichung von der planmäßigen Bettungsdicke beträgt ± 1 cm. In jedem Fall darf die Bettungsdicke an keiner Stelle den Wert von 2 cm unterschreiten und den Wert von 5 cm überschreiten.

Zu den zulässigen Abweichungen von der Sollfugenbreite siehe Abschnitt 13.3.2.

Die Neigung der Pflasterdecke muss der in der Leistungsbeschreibung vorgegebenen Neigung entsprechen (siehe auch Abschnitt 8.1.1). Abweichungen von der Längs- und Querneigung oder von der abflusswirksamen Neigung dürfen nicht mehr als $\pm 0,4$ % (absolut) betragen.

Pflasterdecken sind höhengleich herzustellen. Ein Höhenversprung, das heißt ein Absatz zwischen benachbarten Pflastersteinen aus Beton darf höchstens 2 mm betragen.

Zur Lage der Pflasterdecke im Bereich von Anschlüssen an angrenzende Einbauten, Randeinfassungen, Abläufen und Entwässerungsrinnen siehe Abschnitt 12.8.1.

Die zulässige Abweichung der Pflasterdecke von der Ebenheit ist in den ATV DIN 18318 und in den ZTV Pflaster-StB derzeit unterschiedlich beschrieben. Es wird empfohlen, grundsätzlich die Werte der ZTV Pflaster-StB und damit die höheren Anforderungen einzuhalten (siehe Tabelle 17). Dabei ist zu beachten, dass es sich bei den in der Tabelle 17 angegebenen Neigungen um die jeweils abflusswirksame Neigung an der entsprechenden Messstelle handelt.

Die Messung der Abweichung erfolgt nach den TP Eben - Berührende Messungen mit der Richtlatte und einem 30 cm-Messkeil. Die Messungen mit der 2-m-Latte erfolgen lediglich in Anlehnung an diese Prüfvorschrift, da die TP Eben nur die 4-m-Richtlatte beinhaltet, nicht jedoch kürzere Messwerkzeuge.

Tabelle 17: Zulässige Abweichung von der Ebenheit der Pflasterdecke aus Betonsteinen in Anlehnung an die ZTV Pflaster-StB

Belastungsart (siehe auch Tabelle 1)	Neigung ¹⁾	zulässige Abweichung von der Ebenheit (Stichmaß unter der Messlatte)	
		2-m-Latte	4-m-Latte
<ul style="list-style-type: none"> • untergeordnete Belastung • Geh- und Radverkehr 	≥ 1,6 % ²⁾ und < 2,0 %	≤ 5 mm	≤ 8 mm
	≥ 2,0 % und < 2,5 %	≤ 6 mm	≤ 10 mm
	≥ 2,5 %	≤ 8 mm	≤ 12 mm
<ul style="list-style-type: none"> • nach den RStO klassifizierbare Verkehrsbelastung bis max. Bk3,2 • außergewöhnliche Belastung 	≥ 2,0 % und < 2,5 %	≤ 5 mm	≤ 8 mm
	≥ 2,5 %	≤ 6 mm	≤ 10 mm

¹⁾An der Messstelle vorhandene abflusswirksame Neigung.
²⁾Der Wert resultiert aus einer Planungsvorgabe von 2,0 % unter Ausnutzung der zulässigen Abweichung im Rahmen der Ausführung von minus 0,4 % (absolut).

13.8 Verkehrsfreigabe

Die Pflasterdecke darf erst für den Verkehr freigegeben werden, wenn Bettung und Tragschichten nach dem letzten Einschlammvorgang ausreichend entwässert und abgetrocknet sind. Je nach Wasserdurchlässigkeit des Untergrundes und der vorherrschenden Witterungsbedingungen kann dies mehrere Tage dauern. Dies gilt auch für Teilflächen.

Für die Erhaltung von Pflasterdecken aus Betonsteinen wird auf das M BEP verwiesen.

14 Optische Beurteilung von Betonpflasterdecken

14.1 Allgemeines

Die – im Wesentlichen optische – Beurteilung von Pflasterdecken aus Beton durch die Baubeteiligten, zum Beispiel Bauherr, Planer, Ausführender oder Baustoffhersteller, erfolgt oftmals sehr unterschiedlich. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass bisher keine objektiven Beurteilungskriterien zur Verfügung stehen und somit die subjektiven Eindrücke überwiegen, die naturgemäß sehr verschieden sein können.

Für die Beurteilung optischer Belange von Pflasterdecken aus Beton wird zur Vermeidung oder Beilegung von Streitigkeiten empfohlen, die nachfolgenden Hinweise sowie den *Leitfaden für die Beurteilung von Flächenbefestigungen mit Betonbauteilen* (AK Beurteilungsgrundlagen, 2023) zu beachten.

14.2 Musterflächen

Das Herstellen einer oder mehrerer Musterflächen zur Vereinbarung der zu erreichenden optischen Qualität der Pflasterdecke im Vorfeld der Bauausführung hat sich – insbesondere bei größeren oder gestalterisch anspruchsvollen Bauvorhaben – als zweckmäßig erwiesen. Dabei sollten die vorgesehenen Pflastersteine in einer Schwankungsbreite verwendet werden, die von

allen Beteiligten als akzeptabel angesehen wird. Das Herstellen von Musterflächen sollte unter praxistypischen Baustellenbedingungen erfolgen. Abweichungen davon, zum Beispiel ohne Verwendung von Fugenmaterial, sind zu vereinbaren.

Eine Musterfläche sollte annähernd quadratisch und ausreichend groß sein, das heißt, sie sollte aus einer genügend großen Anzahl von Pflastersteinen bestehen, um den optischen Eindruck des Belages hinsichtlich seiner Oberflächenbeschaffenheit, wie Farbe, Textur und Wirkung des Fugenbildes, ausreichend wiedergeben zu können (siehe M FPgeb).

Im Anschluss sollte eine Musterfläche als Referenzmusterfläche für die bevorstehende Bauausführung festgelegt werden. Mehrere Referenzmusterflächen, zum Beispiel für unterschiedliche Bauabschnitte, sind möglich. Der gesamte Vorgang ist zu dokumentieren. Referenzmusterflächen sollten mindestens bis zur Abnahme der betreffenden Baumaßnahme erhalten bleiben.

14.3 Gesamteindruck

Die optische Beurteilung von Pflasterdecken – dies gilt auch für Muster- und Referenzflächen – sollte bei Tageslicht, trockener Witterung und trockener Belagsoberfläche sowie aus dem üblichen Betrachtungsabstand vorgenommen werden. Ein Betrachtungsabstand von 2 m – horizontal vom zu betrachtenden Punkt aus gemessen – ist bei Flächenbefestigungen in der Regel üblich.

14.4 Einzelkriterien

14.4.1 Verband, Fugenbreite, Fugenverlauf

Der Verband muss in den dafür vorgesehenen Flächen – dies können auch Teilflächen sein – grundsätzlich gleichmäßig ausgeführt werden.

Das Aufheben der gleichmäßigen Anordnung der Pflastersteine kann in Anschlussbereichen, Kurven, Rundungen oder Abwinkelungen erforderlich sein, um die in den

Abschnitten 12.8.3 und 13.3.6 genannten Anforderungen und Empfehlungen umsetzen zu können.

Einzelne geringe Unter- oder Überschreitungen der geforderten Fugenbreite (Sollfugenbreite einschließlich zulässiger Abweichung) sind unbedenklich, wenn Stabilität und Nutzungssicherheit der Pflasterdecke dauerhaft nicht gefährdet sind.

Der Fugenverlauf ist anhand des vereinbarten Verbandes zu beurteilen. Abweichungen im Fugenverlauf fallen bei durchgehenden Fugen, zum Beispiel in Längsrichtung eines Läuferverbandes, erheblich mehr auf, als bei einem Verband mit regelmäßig unterbrochenen Fugen, zum Beispiel einem Ellenbogen- oder Fischgrätverband.

Sofern eine zulässige Abweichung vom Verlauf der Fugenachse oder der Fugenflucht nicht vereinbart worden ist, kann eine Abweichung in einer Größenordnung von ± 5 mm – bezogen auf eine 4 m lange Messstrecke – als technisch und optisch unkritisch angesehen werden.

14.4.2 Kantenabplatzungen

Kantenabplatzungen können planungs-, ausführungs-, nutzungs- und/oder materialbedingte Ursachen haben. Scharfkantige Pflastersteine haben unabhängig von ihren Festigkeitseigenschaften eine höhere Kantenempfindlichkeit als solche mit gefasteten oder ähnlich ausgebildeten Kanten.

Kantenabplatzungen oder -ausbrüche, die ein horizontales und vertikales Maß von 2 mm nicht überschreiten (Ausfransen der Kanten), sind aufgrund von mechanischen Einwirkungen beim Transport, Abladen, Einbau und durch Nutzung während der Bauphase im Allgemeinen nicht zu vermeiden.

14.4.3 Unregelmäßigkeiten des äußeren Erscheinungsbildes

Unregelmäßigkeiten des äußeren Erscheinungsbildes sind für Pflastersteine aus Beton rohstoff- und fertigungsbedingt nicht vermeidbar und für die Technologie dieser Erzeugnisse charakteristisch.

Anforderungen an eine zum Beispiel besonders glatte und gleichzeitig farbgleiche Sichtfläche sind konkurrierend und im Allgemeinen nicht gleichzeitig erfüllbar. Je rauer und strukturierter die Sichtfläche des Pflastersteins aus Beton ist, umso weniger fallen Farbschwankungen, Wolkenbildungen, Marmorierungen sowie auch Ausblühungen und Haarrisse optisch auf.

Im Allgemeinen nicht zielsicher erfüllbare Anforderungen an Pflastersteine aus Beton sind:

- gleichmäßiger Farbton der Sichtflächen über die gesamte Pflasterdecke oder auch über Teilflächen

- gleichmäßige Textur der Sichtflächen über die gesamte Pflasterdecke oder auch über Teilflächen

- porenfreie Sichtflächen

- gleichmäßige Porenstruktur, das heißt gleichmäßige Größe und Verteilung von Poren

- Sichtflächen ohne Haar- oder Netzrisse.

Festlegungen über das äußere Erscheinungsbild der Pflastersteine innerhalb einer gewissen Schwankungsbreite sollten im Vorfeld mit Hilfe von Muster- bzw. Referenzflächen getroffen werden (siehe auch 14.2).

14.4.4 Ausblühungen, Verfärbungen

Unter Ausblühungen wird eine zumeist weißliche Ablagerung auf der Sichtfläche oder anderen Oberflächen von Betonprodukten verstanden, die unterschiedlich intensiv oder fleckenförmig sein kann. Verunreinigungen, die zum Beispiel durch Lagerung von Baumaterialien oder Bauabfällen, aber auch infolge der Verfügung mit einem ungeeigneten Fugenmaterial oder Fugenschlussmaterial entstehen, können ein ähnliches Erscheinungsbild aufweisen, sind jedoch technologisch betrachtet keine Ausblühungen.

Ausblühungen können bei den Pflastersteinen aus Beton selbst auftreten oder – bei gebundenen Pflasterdecken – zum Beispiel aus einer Verfügung mit hydraulisch gebundenem Fugenmaterial herrühren. Ausblühungen sind technisch unbedenklich und beeinträchtigen nicht die mechanischen Eigenschaften der Pflastersteine sowie der daraus hergestellten Pflasterdecke.

Ausblühungen können auch infolge fehlerhafter Planung oder Ausführung auftreten, wenn zum Beispiel die Unterlage unter der Pflasterdecke nicht ausreichend wasserdurchlässig ist und dadurch die Pflastersteine ständig oder über einen längeren Zeitraum einer durchfeuchteten Bettung ausgesetzt sind.

14.4.5 Haarrisse

Bei Pflastersteinen aus Beton können an der Oberfläche Haarrisse auftreten. Unter einem Haarriss wird in der Betontechnologie ein oberflächlich erkennbarer feiner Riss verstanden. Nach dem M FPgeb weist ein Haarriss eine Breite von maximal 0,2 mm auf. Haarrisse sind technologisch unbedenklich. Sie beeinträchtigen weder die mechanische Festigkeit noch die Dauerhaftigkeit der Produkte. Der Gebrauchswert der Pflastersteine aus Beton und der Pflasterdecke wird somit durch das Vorhandensein von Haarrissen nicht gemindert, sofern die Pflastersteine ansonsten den technischen Spezifikationen (siehe DIN EN 1338 und TL Pflaster-StB) entsprechen.

Im Allgemeinen fallen Haarrisse am trockenen Produkt optisch nicht auf. Sie werden erst erkennbar, wenn eine zunächst nasse Oberfläche fast abgetrocknet ist.

14.4.6 Alterung, Nutzungs- und Gebrauchsspuren

Pflasterdecken „altern“ und verschmutzen wie jedes andere Bauwerk auch, das heißt, Farbe und Textur der Oberseite oder Sichtfläche der Pflastersteine können sich im Laufe der Nutzung verändern. Unterschiede im Erscheinungsbild können durch wechselnde Witterungsbedingungen, zum Beispiel während der Abtrocknungsphase nach Niederschlägen, oder durch unterschiedliche mechanische Beanspruchung, zum Beispiel Fahrgasse/nicht befahrene Randbereiche, verursacht werden.

Nutzungs- und Gebrauchsspuren sind auf Pflasterdecken bei bestimmungsgemäßer Nutzung nicht vermeidbar. Dies können zum Beispiel Schleifspuren, Kratzer oder Schmutzeintrag sein. Bei Pflasterdecken, die der Nutzung durch Fahrzeuge dienen, sind zudem Reifenspuren durch Reifenabrieb nicht zu vermeiden. Sie sind auf hellen Pflasterdecken deutlicher zu erkennen als auf dunklen.

14.4.7 Abtrocknungsverhalten

Eine ungleichmäßige Abtrocknung von Pflastersteinen aus Beton innerhalb einer größeren zusammenhängenden Fläche (und bei Betonwaren im Allgemeinen) ist nichts Ungewöhnliches (siehe auch (Mentlein, 2016)). Dies wird auch durch Versuche unter Laborbedingungen bestätigt. Die Zeitdauer bis zu einer augenscheinlich trockenen Oberfläche von im Labor untersuchten Pflastersteinen hängt sowohl von der Wassermenge, die der einzelne Stein aufgenommen hat, als auch von seiner Oberflächentextur und seiner Hohlraumstruktur nahe der Oberfläche ab. Außerdem ist das Abtrocknungsverhalten im Freien wesentlich von der Exposition der betroffenen Fläche (zum Beispiel Lage und Windbewegung) und der gerade vorherrschenden Witterung (zum Beispiel Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Sonnen-

einstrahlung) abhängig. Eine vergleichsweise lange Abtrocknungsdauer muss daher nicht zwingend bedeuten, dass die betreffenden Produkte fehlerhaft sind oder eine mangelnde Dauerhaftigkeit aufweisen.

Ein Grenzwert für die Abtrocknungsdauer kann derzeit weder genannt, noch aussagekräftig ermittelt werden. Zum einen sind die Einflüsse auf das Abtrocknungsverhalten ausgesprochen vielfältig (siehe vor), zum anderen ist ein Prüf- oder Messverfahren zur Bestimmung des Abtrocknungsverhaltens von Betonpflastersteinen in abgestimmter bzw. standardisierter Form weder auf nationaler noch auf europäischer Ebene dokumentiert.

Im Fall von Meinungsverschiedenheiten über das Abtrocknungsverhalten und damit einhergehender Zweifel an der Normkonformität der Pflastersteine sollten gegebenenfalls streitende Parteien die normgemäßen Prüfverfahren im Hinblick auf die Wasseraufnahme und auf die Frost-Tausalz-Widerstandsfähigkeit veranlassen. Nur die Ergebnisse aus diesen Prüfungen lassen einen objektiven Vergleich der ermittelten Produkteigenschaften mit denen zu, die in der DIN EN 1338 festgelegt sind. Falls Untersuchungen durchgeführt werden sollen, ist im Voraus über deren Umfang und darüber, wer die Kosten dafür zu tragen hat, Einvernehmen zu erzielen.

15 Erhaltung von Verkehrsflächen mit Betonpflasterdecken

15.1 Grundbegriffe der Erhaltung

Mit der Übergabe einer Verkehrsfläche an den Bauherrn beginnt nach der Bauausführung und der Bauabnahme der Nutzungszeitraum, der gleichzeitig als Erhaltungszeitraum zu bezeichnen ist. Betonpflasterdecken haben bei fachgerechter Planung und Ausführung sowie bei sorgfältiger Auswahl der Baustoffe und Baustoffgemische eine lange Nutzungsdauer, die vor allem durch die Dauerhaftigkeit der Tragschichten sowie der Bettung und Fugenfüllung bestimmt wird. Um die angestrebte Nutzungsdauer zu erreichen, sind für Verkehrsflächenbefestigungen mit Pflasterdecke – ähnlich wie bei Asphalt- und

Tabelle 18: Begriffssystematik der Erhaltung und Erhaltungsmaßnahmen

Erhaltung	Betriebliche Erhaltung	Kontrolle
		Wartung (Betriebliche Unterhaltung); z. B. Reinigung, Winterdienst
	Bauliche Erhaltung	Instandhaltung (Bauliche Unterhaltung)
		Bauliche Maßnahmen auf Teilflächen oder in kurzen Abschnitten, die in der Regel mit geringem Aufwand sofort nach dem Auftreten eines örtlich begrenzten Schadens von Hand oder maschinell ausgeführt werden.
Instandsetzung		
	Bauliche Maßnahmen zur Substanzerhaltung oder zur Verbesserung der Oberflächeneigenschaften von Verkehrsflächen, die auf zusammenhängenden Flächen, auf Straßen in der Regel zumindest über eine Fahrstreifenbreite, ausgeführt werden.	
	Erneuerung	
	Bauliche Maßnahmen zur vollständigen Wiederherstellung einer Verkehrsflächenbefestigung oder Teilen davon.	

Betondecken – Erhaltungsmaßnahmen notwendig.

Die Erhaltung von Verkehrsflächen besteht aus der Betrieblichen Erhaltung und der Baulichen Erhaltung. Zur Betrieblichen Erhaltung zählen die regelmäßige Straßenkontrolle sowie die Wartung, zum Beispiel Reinigung, Winterdienst. Die Bauliche Erhaltung wird – je nach Umfang und Intensität der Maßnahme – in die Instandhaltung, die Instandsetzung und die Erneuerung unterteilt (siehe Tabelle 18 und M BEP).

15.2 Betriebliche Erhaltung

15.2.1 Straßenkontrolle

Im Rahmen der Wahrnehmung ihrer Verkehrssicherungspflicht führen die öffentlichen Baulastträger regelmäßige Straßenkontrollen durch, deren Häufigkeit sich an der Verkehrsbedeutung der Verkehrsfläche orientiert. Die dabei festgestellten Mängel können unmittelbar zum Auslösen von Erhaltungsmaßnahmen führen. Wesentliches Augenmerk ist auf den Zustand der Fugen und der Fugenfüllung zu legen. Sind die Fugen nicht mehr vollständig gefüllt, muss unverzüglich fehlendes Fugenmaterial ergänzt werden.

15.2.2 Reinigung, Pflege

15.2.2.1 Allgemeines

Bezüglich der Reinigung einer Verkehrs- und Nutzfläche im Außenbereich wird im Allgemeinen zwischen Bauabschlussreinigung, Unterhaltsreinigung und Grundreinigung unterschieden.

Die Oberflächenbeschaffenheit der Pflastersteine aus Beton sowie die Nutzungs- und Gebrauchseigenschaften der Pflasterdecke dürfen weder durch die Art der Reinigung, noch durch das verwendete Reinigungsmittel übermäßig beeinträchtigt werden. So ist zum Beispiel darauf zu achten, dass es durch die Reinigung nicht zu einem Verlust der Gleit- und Rutschsicherheit des Belages kommt.

15.2.2.2 Bauabschlussreinigung

Unter Bauabschlussreinigung im Sinne dieses Technischen Handbuchs versteht man das gründliche Säubern der Pflasterdecke – das kann auch für Teilflächen gelten – nach Beendigung der entsprechenden Baumaßnahme. Bei dieser kann es sich um Neubau-, Umbau- oder Erhaltungsarbeiten handeln.

Nach Abschluss der Ausführungsarbeiten sind im Zuge der Bauabschlussreinigung alle vorhandenen und durch den Ausführenden verursachten Verschmutzungen, wie lose aufliegender Sand, Fugenmaterial oder Grobstaub, anhaftende Mörtelreste und Markierungen, zum Beispiel Kreidestriche, durch diesen von der Pflasterdecke



Bild 67: Pflasterdecke, bei welcher die Bauabschlussreinigung offenbar versäumt wurde. Dies kann zu hartnäckigen Verschmutzungen, zum Beispiel durch das Fugenmaterial, führen

zu entfernen, gegebenenfalls unter Zuhilfenahme von geeigneten Reinigungsmitteln (siehe dazu auch Abschnitt 15.2.2.5). Zu entfernen sind zudem gegebenenfalls herumliegende Schutzfolien und Paketbeileger ebenso wie eventuell an den Pflastersteinen noch verbliebene Etiketten oder Etikettenreste.

Für eventuell entstandene Verunreinigungen der Pflasterdecke durch andere Gewerke, zum Beispiel durch Maler oder Verputzer, ist der Ausführende der Pflasterdecke grundsätzlich nicht verantwortlich. Gleichwohl sollte er auf entsprechende Verunreinigungen unverzüglich hinweisen, damit die Zuständigkeiten geklärt und die notwendigen Reinigungsarbeiten eingeleitet werden können.

Merke

Die Bauabschlussreinigung ist innerhalb eines VOB-Vertrages eine vom Auftragnehmer geschuldete Leistung, ohne dass dies einer besonderen Erwähnung im Leistungsverzeichnis bedarf. Denn, bei der in den ATV DIN 18299 erwähnten Leistung „Entsorgen von Abfall aus dem Bereich des Auftragnehmers sowie Beseitigen der Verunreinigungen, die von den Arbeiten des Auftragnehmers herrühren“ handelt es sich um eine so genannte Nebenleistung.

15.2.2.3 Unterhaltsreinigung

Verkehrsflächen mit Pflasterdecken werden – je nach örtlicher Lage und Zweck – täglich von zahlreichen Menschen genutzt. Hinzu kommen Festivitäten, Märkte usw., gegebenenfalls Baustellen sowie die Launen des Wetters. Verunreinigungen auf den Verkehrsflächen sind zwangsläufig die Folge. Eine regelmäßige Reinigung der Pflasterdecke ist daher unverzichtbar, um deren gepflegtes Erscheinungsbild und deren tadellose Funktion dauerhaft sicherstellen zu können.

Die Unterhaltsreinigung obliegt dem Nutzer oder Betreiber der entsprechenden Verkehrsfläche und dient der

Beseitigung von stets wiederkehrenden und nicht zu vermeidenden Verschmutzungen. Die Häufigkeit der Unterhaltsreinigung ist sowohl von der Art und Intensität der Nutzung als auch von dem Anspruch an die Pflasterdecke hinsichtlich deren Funktionalität und Optik abhängig. Die Zyklen, in denen eine Unterhaltsreinigung durchzuführen ist, sollten gegebenenfalls durch den Nutzer oder Betreiber festgelegt werden.

15.2.2.4 Grundreinigung

Eine Grundreinigung der Pflasterdecke sollte durchgeführt werden, wenn sich Verschmutzungen trotz regelmäßiger Unterhaltsreinigung nicht mehr rückstandslos entfernen lassen.

Wie häufig eine Grundreinigung durchzuführen ist, hängt von Art und Intensität der Nutzung, vom Anspruch an die Pflasterdecke hinsichtlich deren Funktionalität und Optik sowie selbstverständlich von der Intensität und Häufigkeit der Unterhaltsreinigung ab.

15.2.2.5 Reinigungsmethoden und Reinigungsmittel

Pflasterdecken aus Beton sind grundsätzlich schonend zu reinigen.

In Anbetracht der zahlreichen unterschiedlichen Arten von möglichen Verschmutzungen und Verunreinigungen sowie mit Blick auf die heute bei Betonprodukten üblichen und vielfältigen Oberflächenschutzsysteme können nachfolgend nur grundlegende Hinweise und Empfehlungen gegeben werden. Es wird empfohlen, sich zum Thema Reinigung gegebenenfalls auch mit Artikeln aus der Fachliteratur auseinanderzusetzen, zum Beispiel (Rohowski H. , 2016) und (Rohowski H. , 2017).

Pflasterdecken aus Beton können im öffentlichen und gewerblichen Bereich mit den üblichen Straßenreinigungsgeräten gereinigt werden. Dies darf jedoch nicht zu einem signifikanten Austrag von Fugenmaterial führen, da dies die Stabilität der Pflasterdecke gefährden würde.

Eine maschinelle Reinigung – insbesondere von ungebundenen Pflasterdecken – sollte daher erst einsetzen, wenn sich das Fugenmaterial mit Feinanteilen derart angereichert und verfestigt hat, dass es gegen Fugenaus-trag ausreichend widerstandsfähig ist. Je nach örtlicher Lage und Nutzung der Fläche können hierzu unterschiedlich lange Zeiträume erforderlich sein. Als Anhaltswert kann eine Liegedauer von mindestens einem Jahr genannt werden, in welcher auf eine maschinelle Reinigung verzichtet werden sollte. Ist dies nicht möglich oder nicht umsetzbar, sollte während dieser Zeit auf saugende Beanspruchung – insbesondere in vertikaler Richtung – verzichtet werden. Wissenschaftliche Untersuchungen, bei denen der horizontale Verschiebungswiderstand von Pflasterdecken mit einem Spreizergerät gemessen wurde

(siehe zum Beispiel Krass, Jungfeld & Rohleder, 2002) zeigen, dass neue Pflasterdecken bis zu einem Alter von etwa ein bis zwei Jahren einen geringeren Verschiebungswiderstand aufweisen als ältere Pflasterdecken.

Führt die Reinigung dazu, dass die Fugen nicht mehr vollständig mit Fugenmaterial gefüllt sind, muss unverzüglich fehlendes Fugenmaterial ergänzt werden. Unvollständig gefüllte Fugen können zu Verschiebungen und Verkantungen einzelner Pflastersteine, insbesondere in stark beanspruchten Bereichen, führen und die Funktionsfähigkeit der Pflasterdecke erheblich einschränken. Der Gefahr des Austrags von Fugenmaterial sollte bereits bei der Planung durch Auswahl eines für die jeweiligen Bedingungen geeigneten Fugenmaterials entgegengewirkt werden (siehe auch Abschnitt 12.3.3.2). Für überdachte Bereiche wird die Verwendung von gebrochenem, ungebundenem Fugenmaterial empfohlen. Zudem wird empfohlen, dort auf den Einsatz maschineller Reinigungsgeräte nach Möglichkeit zu verzichten.

Kleinere Flächen, zum Beispiel im privaten Wohnumfeld, werden im Allgemeinen durch regelmäßiges trockenes Kehren mit einem Besen oder einer Bürste sauber gehalten. Um das Reinigungsergebnis im Bedarfsfall zu verbessern, kann die Pflasterdecke nach einer Trockenreinigung nochmals mit viel Wasser und einem Besen oder eine Bürste gesäubert werden.

Verschmutzungen durch beispielsweise Getränke, Fettspritzer, frisches Obst usw. sollten unverzüglich nass gereinigt werden, damit keine fleckenbildenden Stoffe tiefer in die Poren der Betonoberfläche eindringen können. Organische Materialien, wie Laub, Gras oder andere Pflanzenteile sollten zeitnah entfernt werden, um hartnäckige Verschmutzungen zu verhindern.

Für spezielle Verschmutzungen sowohl im öffentlichen, im gewerblichen als auch im privaten Bereich, wie Moose, Algen, Schimmel, Flechten, Vogelkot, Öl, Rost, Gerbsäure (Laub), Braunverfärbungen, Reifenabrieb usw., sind im Allgemeinen spezielle Reinigungsmittel notwendig, die wiederum auf die Art der Betonoberfläche und gegebenenfalls deren Vergütung, wie Beschichtung, Imprägnierung oder Hydrophobierung, abzustimmen sind. Es wird daher empfohlen, sich zu diesbezüglichen Fragen an die Hersteller der betreffenden Betonprodukte oder an die Hersteller von entsprechenden Reinigungsmitteln zu wenden.

Über Spezialreinigungsgeräte oder –methoden zum Entfernen von Kaugummi konnten in den letzten Jahren einige Informationen aus der Fachpresse entnommen werden. Siehe zum Beispiel (Jadon (Niederlande), 2018), (Kärcher, 2018) oder (TH Köln, 2017). Die Wirkungsweise sowie die Eignung der Geräte und Verfahren können jedoch vom Herausgeber dieses Handbuchs bisher nicht eingeschätzt werden.

Die Verwendung falscher oder ungeeigneter Reinigungsmittel kann Pflastersteine aus Beton angreifen oder gar zerstören.

15.2.3 Winterdienst

Für den Winterdienst auf Pflasterdecken sollte das Motto „So wenig wie möglich, so viel wie nötig“ befolgt werden. Grundsätzlich können auftauende oder abstumpfende Streustoffe eingesetzt werden. Auftauende Streustoffe erhöhen die Griffigkeit der Pflasterdecke auf physikalisch-chemischem Wege, abstumpfende Streustoffe auf mechanischem Wege. Dem Umweltschutzgedanken folgend sollten ausschließlich abstumpfende Streustoffe verwendet werden.

Als abstumpfender Streustoff eignet sich ein Splitt der Korngröße 1/3, 1/4 oder 2/5, da ähnliche Materialien auch häufig zum Füllen der Fugen verwendet werden. So kann der Winterdienst auch gleichzeitig ein Nachfüllen der Fugen in der Pflasterdecke mit sich bringen, wodurch die Funktionsfähigkeit der Pflasterdecke im Allgemeinen verbessert wird. Abstumpfende Streustoffe können zu Kratzern auf der Oberfläche der Pflastersteine führen, wodurch zwar die Gebrauchstauglichkeit nicht gemindert wird, das optische Erscheinungsbild aber beeinträchtigt werden kann.

Pflastersteine aus Beton gemäß der DIN EN 1338 sind „Frost-Tausalz-widerstandsfähig“, wenn sie mit dem darin genormten Prüfverfahren untersucht worden sind und die entsprechenden in der Norm beschriebenen Anforderungen erfüllen. Das Normprüfverfahren sieht die Verwendung von Natriumchlorid (NaCl), dem meist verwendeten Auftausalz, vor. Beim Einsatz anderer Taumittel im Zuge des Winterdienstes, zum Beispiel hochkonzentrierte Calciumchloride, hochkonzentrierte Magnesiumchloride, Abfallsalze oder stark sulfathaltige Taumittel, können insofern Schädigungen an normgerechten Produkten und möglicherweise eine Verkürzung der Nutzungsdauer der Verkehrsfläche nach derzeitigem Kenntnisstand nicht ausgeschlossen werden.

Das maschinelle Schneeräumen sollte auf Pflasterdecken zu deren Schutz vor mechanischen Beschädigungen mit Pflugentlastung oder in der so genannten Schwimmstellung des Pfluges erfolgen. Zudem sollte die Pflugschar mit einer Gummischürfleiste oder einer Vollkunststoffleiste ausgestattet sein. „Aggressives Räumen“ sollte grundsätzlich vermieden werden. Als Alternative zum herkömmlichen Schneeräumen mit der Pflugschar bietet sich das Räumen mit Hilfe von Kehrbesen oder Schneefräsen an.

Auf das (Merkblatt Winterdienst, 2010) und auf das M FP wird verwiesen.

15.3 Bauliche Erhaltung

15.3.1 Zustandserfassung und –bewertung

Im Verlauf der Nutzungsdauer ist eine regelmäßige, etwa im Abstand von 4 bis 5 Jahren erfolgende Erfassung des Zustandes der Pflasterdecke durch die öffentlichen Bau-träger notwendig, da sich infolge der Beanspruchung durch Verkehr und Witterung Zustandsveränderungen einstellen können (siehe auch M BEP). Die Zustandserfassung kann in Form einer visuellen Zustandserfassung oder einer messtechnischen Zustandserfassung mit Hilfe von Messfahrzeugen, die mit multifunktionalen Messsystemen ausgestattet sind, erfolgen. Die Zustandserfassung erfolgt formalisiert anhand einer vom Bau-träger erstellten Erfassungsrichtlinie. Es werden in der Regel die Zustandsmerkmale der Ebenheit und die Substanzmerkmale offene Pflaster- oder Plattenfugen, Störungen im Verband, Risse, Abplatzungen, Gefügearlösnungen und Flickstellen erfasst. Als Grundlage für eine systematische Erhaltungsplanung sollte im Anschluss an die Zustandserfassung eine Zustandsbewertung durchgeführt werden, um den Gebrauchswert und den „Substanzwert (Oberfläche)“ zu ermitteln. Eine systematische Zustandserfassung und -bewertung ist nicht identisch mit der regelmäßigen Straßenkontrolle.

Werden bei der Zustandserfassung unvollständige Fugenfüllungen festgestellt, so ist unverzüglich ein Nachfüllen von Fugenmaterial als Instandhaltungs- oder Instandsetzungsmaßnahme durchzuführen. Andernfalls besteht die Gefahr, dass die Pflasterdecke Horizontalkräfte nicht mehr ordnungsgemäß übertragen kann. Verschiebungen und Verkantungen von Pflastersteinen wären die Folge. Weitreichende Schäden an der Fläche wären zu erwarten. Wie die Ergebnisse von Forschungsarbeiten (Rohleder, 2002) und (Lerch, 2006) zeigen, ist ab einer Fugentleerung von ca. 20 % der Steindicke bzw. der Fugenhöhe bereits die Stabilität der Pflasterdecke gemindert.

Werden bei der Zustandserfassung Unebenheiten, zum Beispiel als mulden- oder wellenartige Verformung, festgestellt und sind diese so stark ausgeprägt, dass sie einen Wasserrückhalt verursachen können, so sind sie unverzüglich zu beseitigen.

15.3.2 Art und Ursache von Schäden und technischen Mängeln

Das Verhalten der Verkehrsflächenbefestigung oder einzelner Schichten wird mit den vorgenannten Verfahren der Zustandserfassung nicht erfasst. Zur Feststellung der Ursachen von Schäden und technischen Mängeln sind daher gegebenenfalls ergänzende Messungen notwendig, um die Schadensursachen weiter einzugrenzen. Hinweise zu möglichen Schadensursachen für die Ausprägung des jeweiligen Zustandsmerkmals sind dem M BEP zu entnehmen.

Tabelle 19: Erhaltungsmaßnahmen für Pflasterdecken aus Beton

Bauliche Erhaltung	Instandhaltung (Bauliche Unterhaltung)	Bauliche Maßnahmen auf Teilflächen oder in kurzen Abschnitten. Hierzu zählen: <ul style="list-style-type: none"> • das Nachfüllen von Fugenmaterial, • das Richten/Anheben oder Austauschen einzelner Pflastersteine und • der vorübergehende Ersatz.
	Instandsetzung	Bauliche Maßnahmen auf zusammenhängenden Flächen, auf Straßen in der Regel zumindest über eine Fahrstreifenbreite. Hierbei sind zu nennen: <ul style="list-style-type: none"> • das Aufrauen der Oberfläche, • das großflächige Nachfüllen von Fugenmaterial und • der Fugenverguss.
	Erneuerung	Bauliche Maßnahmen zur vollständigen Wiederherstellung einer Verkehrsflächenbefestigung oder Teilen davon. Dies beinhaltet: <ul style="list-style-type: none"> • die Erneuerung der Decke oder • die Erneuerung der Decke und der Tragschicht(en).

15.3.3 Maßnahmen der Baulichen Erhaltung

In Abhängigkeit vom flächenhaften Umfang und der Tiefe des Eingriffs in die Verkehrsflächenbefestigung werden Maßnahmen der Baulichen Erhaltung in Instandhaltungs-, Instandsetzungs- und Erneuerungsmaßnahmen unterteilt (siehe Tabelle 19 und M BEP).

15.4 Aufgrabungen

Betonpflastersteine in ungebundenen Pflasterdecken lassen sich problemlos abschnittsweise aufnehmen und später an gleicher Stelle wieder verlegen. Die ungebundene Pflasterbauweise bietet daher den großen Vorteil, Aufgrabungen, zum Beispiel zur Verlegung oder Reparatur von Ver- und Entsorgungsleitungen, so durchzuführen, dass in der Regel keine optischen und funktionalen Beeinträchtigungen der Verkehrsfläche verbleiben. Hierzu ist es jedoch wesentlich, dass die aufgenommenen Steine sorgfältig zwischengelagert werden, damit sie später für die Wiederherstellung der Pflasterdecke wieder vollständig zur Verfügung stehen. Insbesondere bei größeren Aufgrabungen muss sichergestellt werden, dass keine Steine mit dem Aushubmaterial oder durch Diebstahl verloren gehen. Müssen ersatzweise neue Steine eingesetzt werden, sind Farbabweichungen zu den bereits vorhandenen Steinen in der Regel gegeben. In Einzelfällen, insbesondere, wenn die Fläche gestalterisch in Teilflächen untergliedert ist, kann es daher zweckmäßig sein, die Pflastersteine einer zusammenhängenden, von der Aufgrabung betroffenen Teilfläche komplett auszutauschen. Lässt sich die Aufgrabungsfläche unter Verwendung der Steine nicht vollständig schließen, so ist gegebenenfalls das Schneiden von Passsteinen notwendig.

Bei der Herstellung eines Leitungsgrabens oder einer Baugrube ist das Pflaster so breit aufzunehmen, dass beim weiteren Aushub der verbleibende Belag nicht mehr beschädigt oder gelöst wird. Nach den ZTV A-StB muss in einem Bereich, dessen Breite über die Graben-

breite hinausgeht, das Pflaster aufgenommen werden, um die gelockerten Randbereiche der ungebundenen Tragschicht nachverdichten zu können. Es sind deshalb parallel zur Grabenkante Abtreppungen auf jeder Seite der Aufgrabung in einer Breite von mindestens 15 cm bei Grabentiefen bis zu 2,00 m und von mindestens 20 cm bei Grabentiefen von mehr als 2,00 m vorzusehen (vgl. Maß „c“ in Bild 68). Bei gepflasterten Fahrbahnen und Parkstreifen sind verbleibende Reststreifen mit einer Breite bis zum Pflasterrand von weniger als 40 cm ebenfalls aufzunehmen. Bei Geh- und Radwegen müssen Reststreifen von einer Formatbreite oder einer Breite von bis zu 20 cm einschließlich der eventuell vorhandenen gebundenen Tragschicht entfernt werden.

Je nach vorgefundenem Bettungsmaterial besteht die Gefahr, dass beim Verdichten der Grabenverfüllung oder der ungebundenen Tragschicht Bettungsmaterial unter den Steinen am Grabenrand ausrieselt und sich die Steine lockern. Ist an den Fugenbreiten erkennbar, dass sich der Pflasterverband seitlich neben dem Grabenrand in größeren Bereichen gelockert hat, so sind entsprechend größere Randstreifen, mindestens in Formatbreite, aufzunehmen.

Die gleiche Problematik entsteht, wenn Pflasterdecken in einer ungebundenen Bettung auf einer gebundenen Tragschicht, zum Beispiel Asphalttragschicht, verlegt wurden. Hier muss vor dem Einbau der gebundenen Tragschicht ein Rückschnitt dieser Schicht nach den ZTV A-StB erfolgen, um die darunter befindliche ungebundene Tragschicht im Randbereich nachverdichten zu können. In der Pflasterdecke ist eine zusätzliche Abtreppung von mindestens einer Formatbreite erforderlich (vgl. Maß „e“ in Bild 68). Zusätzlich kann die Aufnahme weiterer Pflastersteine notwendig werden, wenn diese sich augenscheinlich gelockert haben. Wurden die Pflastersteine in einer Mörtelbettung auf der gebundenen Tragschicht verlegt, lockern sich diese im Allgemeinen nicht. Die Abtreppung gemäß den ZTV A-StB ist dennoch erforderlich.

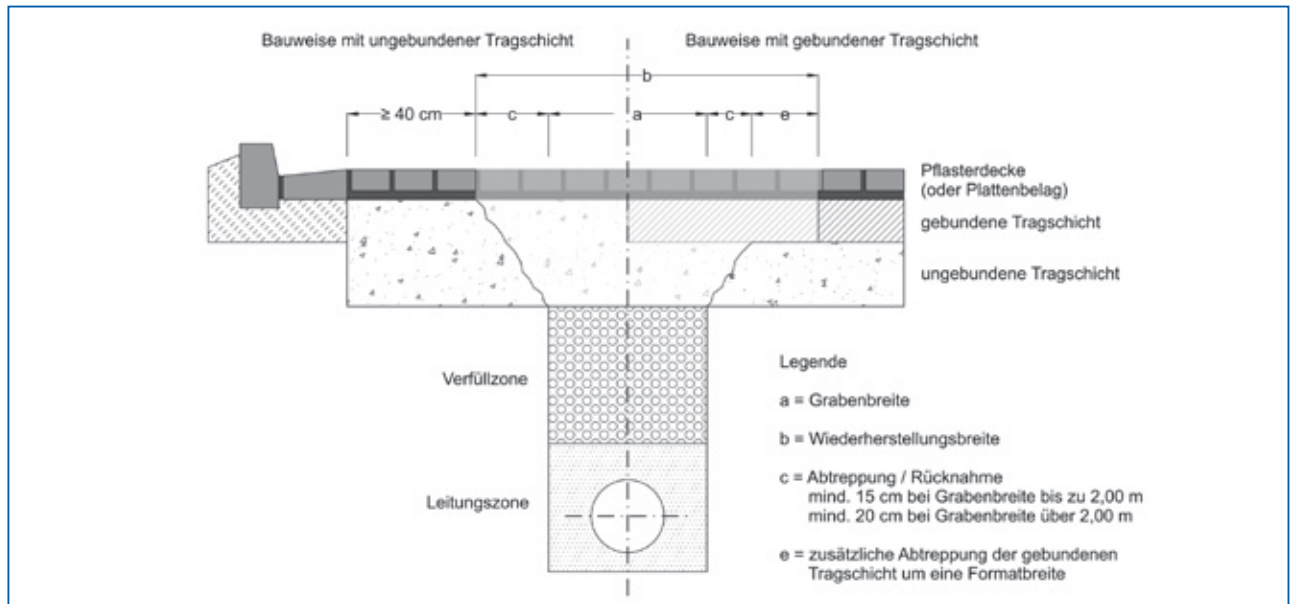


Bild 68: Abtrepung bei Pflasterdecken und Plattenbelägen gemäß den ZTV A-StB

Die Wiederherstellung der Pflasterdecke ist nach den Vorgaben der ZTV A-StB unter Berücksichtigung der ZTV Pflaster-StB durchzuführen. Dies gilt insbesondere für die Wiederherstellung von Zwickelflächen oder von Anschlüssen und das damit verbundene Zuarbeiten von Pflastersteinen.

Gemäß den ZTV A-StB sind die einzubauenden Pflastersteine in Form und Farbe an die vorhandenen anzupassen. Dort, wo ganze Pflastersteine vorhanden waren, sind auch wiederum ganze Steine in gleicher Farbe zu verwenden. Dabei ist darauf zu achten, dass wiederverwendete Pflastersteine in den Bereichen eingebaut werden, in denen sie aufgenommen wurden. Neue Pflastersteine, die als Ersatz für beschädigte oder verlorengegangene Steine vorgesehen sind, sollten in zusammenhängenden Flächen eingebaut werden. Das für die Wiederherstellung der Aufgrabung zu verwendende Bettungs- und Fugenmaterial sollte dem jeweils vorgefundenen Material entsprechen. Entspricht das vorgefundene Material nicht den Vorgaben der TL Pflaster-StB bzw. der ZTV Pflaster-StB, ist vor der Wiederherstellung mit dem Auftraggeber zu vereinbaren, wie zu verfahren ist.

Voraussetzung für eine ordnungsgemäße Wiederherstellung ist die sorgfältige Reinigung der aufgenommenen Steine von gegebenenfalls anhaftenden Resten von Bettungs- oder Fugenmaterial (so genannter Pflasterkitt). Nur mit sorgfältig gereinigten Steinen kann wieder eine durchgängige, den Technischen Regelwerken entsprechende Fugenfüllung erreicht werden, die für die Standfestigkeit der Pflasterdecke unabdingbare Voraussetzung ist.



Die Dimensionierung von Verkehrsflächenbefestigungen mit Pflasterdecke erfolgt prinzipiell auf der Grundlage der *Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen* (RStO).

Das schrittweise Vorgehen nach den RStO ist im Folgenden detailliert dargestellt:

1. Schritt: Zuordnung der Belastungsklasse

In Abhängigkeit von der Belastung durch Fahrzeuge des Schwerverkehrs werden sieben Belastungsklassen (Bk100 bis Bk0,3) definiert. Bei Fahrbahnen ist als Kenngröße der Verkehrsbelastung die dimensionierungsrelevante Verkehrsbeanspruchung B zugrunde zu legen (siehe Tabelle A 1). Die dimensionierungsrelevante Beanspruchung B entspricht der Anzahl der gewichteten äquivalenten 10-t-Achsübergänge im vorgesehenen Nutzungszeitraum.

Tabelle A 1: Dimensionierungsrelevante Beanspruchung B und zugeordnete Belastungsklasse nach den RStO

dimensionierungsrelevante Beanspruchung B in Mio. äquivalenten 10 t-Achsübergängen	Belastungsklasse
über 32	Bk100
über 10 bis 32	Bk32
über 3,2 bis 10	Bk10
über 1,8 bis 3,2	Bk3,2
über 1,0 bis 1,8	Bk1,8
über 0,3 bis 1,0	Bk1,0
bis 0,3	Bk0,3

Zu Methode 1

Die Berechnung der dimensionierungsrelevanten Beanspruchung B erfolgt nach folgender Gleichung (siehe Methode 1.1 der RStO):

$$B = 365 \cdot q_{Bm} \cdot f_3 \cdot \sum_{i=1}^N [DTA_{i-1}^{(SV)} \cdot f_{1i} \cdot f_{2i} \cdot (1 + p_i)] \quad \text{mit} \quad DTA_{i-1}^{(SV)} = DTV_{i-1}^{(SV)} \cdot f_{A_{i-1}}$$

mit:

B Summe der gewichteten äquivalenten 10-t-Achsübergänge im zugrunde gelegten Nutzungszeitraum

N Anzahl der Jahre des zugrunde gelegten Nutzungszeitraumes; in der Regel 30 Jahre

q_{Bm} Einer bestimmten Straßenklasse zugeordneter mittlerer Lastkollektivquotient (siehe Tabelle 7 der RStO), der die straßenklassenspezifische mittlere Beanspruchung der je weiligen tatsächlichen Achsübergänge ausdrückt. Der Lastkollektivquotient ist der Quotient aus der Summe der äquivalenten 10-t-Achsübergänge und der Summe der tatsächlichen Achsübergänge des Schwerverkehrs (SV) für einen festgelegten Zeitraum in einem Fahrstreifen.

f₃ Steigungsfaktor (siehe Tabelle 10 der RStO)

DTV^(SV)_{i-1} Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke des Schwerverkehrs im Nutzungsjahr i-1 [Fz/24h]

DTA^(SV)_{i-1} Durchschnittliche Anzahl der täglichen Achsübergänge (Aü) des Schwerverkehrs im Nutzungsjahr i-1 [Aü/24h]

Ermittlung der dimensionierungsrelevanten Beanspruchung B

Die dimensionierungsrelevante Beanspruchung B kann gemäß den RStO 12/24, Abschnitt 2.7, nach zwei Methoden ermittelt werden:

- nach Methode 1, wenn lediglich DTV^(SV)-Angaben vorliegen,
- nach Methode 2, wenn detaillierte Achslastdaten vorliegen.

Methode 1: Hiernach kann aus den DTV^(SV)-Werten die dimensionierungsrelevante Beanspruchung B rechnerisch unter Annahme einer durchschnittlichen Anzahl von Achsen je Fahrzeug des Schwerverkehrs sowie eines Auslastungsgrades der Fahrzeuge über den mittleren Lastkollektivquotienten berechnet werden.

Methode 2: Aus Angaben von Achslastwägungen oder bei genauer Kenntnis der zu erwartenden Fahrzeuge des Schwerverkehrs, zum Beispiel bei der Dimensionierung der Befestigung von Industrie- oder Busverkehrsflächen, kann B berechnet werden. Mit Methode 2 sind realitätskonformere Ergebnisse zu erwarten als mit Methode 1. Daher sollte die Methode 2 vorgezogen werden.

- f_A Durchschnittliche Achszahl pro Fahrzeug des Schwerverkehrs (d. h. der Achszahlfaktor) [A/Fz] (siehe Tabelle 6 der RStO)
- f_{1i} Fahrstreifenfaktor im Nutzungsjahr i (siehe Tabelle 8 der RStO)
- f_{2i} Fahrstreifenbreitenfaktor im Nutzungsjahr i (siehe Tabelle 9 der RStO)
- p_i Mittlere jährliche Zunahme des Schwerverkehrs im Nutzungsjahr i (siehe Tabelle 11 der RStO).

Ist abzusehen, dass sich über den betrachteten Zeitraum keine Änderungen an der Verkehrsflächenbefestigung bzw. keine Änderung der Verkehrsorganisation usw. ergeben, das heißt, die Faktoren $f_1, f_2, f_3, f_A,$ und q_{Bm} als konstant über den Nutzungszeitraum anzunehmen sind, kann die oben genannte Gleichung vereinfacht werden. Eine Änderung an der Verkehrsflächenbefestigung kann zum Beispiel ein zusätzlicher Fahrstreifen sein, eine Änderung der Verkehrsorganisation kann zum Beispiel eine zusätzliche Einmündung im betrachteten Straßenabschnitt während der Nutzungsdauer sein. Treffen keine Änderungen zu, kann die Berechnung dann für den Betrachtungszeitraum mit jeweils konstanten Werten für $f_1, f_2, f_3, f_A, q_{Bm}$ und f_z erfolgen. Die Gleichung vereinfacht sich für diesen Fall zu (siehe Methode 1.2 der RStO):

$$B = N \cdot DTA^{(SV)} \cdot q_{Bm} \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_A \cdot 365 \quad \text{mit} \quad DTA^{(SV)} = DTV^{(SV)} \cdot f_z$$

f_z ergibt sich zu: $f_z = \frac{(1+p)^{N-1}}{p \cdot N}$

mit:

- p Mittlere jährliche Zunahme des Schwerverkehrs (siehe Tabelle 11 der RStO).
- f_z Mittlerer jährlicher Zuwachsfaktor des Schwerverkehrs (siehe Tabelle 12 der RStO).

Zu Methode 2

Die erforderlichen Achslastdaten können aus Achslastwägungen gewonnen werden, können aber auch anhand der zu erwartenden Verkehrsbelastung abgeschätzt werden. Letzteres ist zum Beispiel möglich bei der Berechnung von B für Verkehrsflächen für Busse oder industriell genutzte Verkehrsflächen, wenn die zu erwartende Anzahl und Art der Fahrzeuge und damit entweder die zu erwartenden oder die zulässigen Achslasten und deren Häufigkeiten der Fahrzeuge bekannt sind. Weiterhin wird im Rahmen eines FGSV-Arbeitspapiers (AP EDS-1, 2022), ein Verfahren zur Bestimmung von zu erwartenden Achslastkollektiven auf der Grundlage entweder von Daten aus den Zählstellen für den Verkehr oder durch Auswertung von Videoerfassung von Fahrzeugsilhouetten zur Verfügung gestellt. Die Achslasten werden auf Grundlage dieser Daten dann in Achslastklassen (in der Regel 1-t-Schritte) eingeteilt. Die Berechnung der dimensionierungsrelevanten Beanspruchung B erfolgt nach folgender Gleichung (siehe Methode 2.1 der RStO):

$$B = 365 \cdot f_3 \cdot \sum_{i=1}^N [EDTA_{i-1}^{(SV)} \cdot f_{1i} \cdot f_{2i} \cdot (1+p_i)] \quad \text{mit} \quad EDTA_{i-1}^{(SV)} = \sum_k \left[DTA_{(i-1)k}^{(SV)} \cdot \left(\frac{I_{\text{L}_k}}{L_0} \right)^4 \right]$$

mit:

- B Summe der gewichteten äquivalenten 10-t-Achsübergänge im zugrunde gelegten Nutzungszeitraum
- N Anzahl der Jahre des zugrunde gelegten Nutzungszeitraumes; in der Regel 30 Jahre
- f_3 Steigungsfaktor (siehe Tabelle 10 der RStO)
- $EDTA_{i-1}^{(SV)}$ Durchschnittliche Anzahl der täglichen äquivalenten Achsübergänge des Schwerverkehrs im Nutzungsjahr $i-1$
- $DTA_{i-1}^{(SV)}$ Durchschnittliche Anzahl der täglichen Achsübergänge (Aü) des Schwerverkehrs im Nutzungsjahr $i-1$ [Aü/24h]

k	Lastklasse, als Gruppe von Einzelachslasten definiert
$DTA^{(SV)}_{i-1}$	Durchschnittliche Anzahl der täglichen Achsübergänge (Aü) des Schwerverkehrs im Nutzungsjahr i-1 [Aü/24h] der Lastklasse k
L_k	Mittlere Achslast in der Lastklasse k
L_0	Bezugsachslast: 10 t
f_{1i}	Fahrstreifenfaktor im Nutzungsjahr i (siehe Tabelle 8 der RStO)
f_{2i}	Fahrstreifenbreitenfaktor im Nutzungsjahr i (siehe Tabelle 9 der RStO)
p_i	Mittlere jährliche Zunahme des Schwerverkehrs im Nutzungsjahr i (siehe Tabelle 11 der RStO). Für das erste Jahr wird $p_1 = 0$ angesetzt.

Ergibt sich über den betrachteten Zeitraum keine entwurfstechnische Änderung an der Verkehrsflächenbefestigung bzw. keine Änderung der Verkehrsorganisation usw., das heißt, die Faktoren f_1, f_2, f_3 sind als konstant über die gesamte Nutzungsdauer anzusetzen, vereinfacht sich die Formel. Eine Änderung an der Verkehrsflächenbefestigung kann zum Beispiel ein zusätzlicher Fahrstreifen sein. Eine Änderung der Verkehrsorganisation kann zum Beispiel eine zusätzliche Einmündung im betrachteten Straßenabschnitt während der Nutzungsdauer sein. Treffen keine Änderungen zu, vereinfacht sich die oben genannte Gleichung zur Berechnung von B dann zu (siehe Methode 2.2 der RStO):

$$B = N \cdot EDTA^{(SV)} \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_z \cdot 365$$

f_z ergibt sich wiederum zu: $f_z = \frac{(1+p)^{N-1}}{p \cdot N}$

mit:

p	Mittlere jährliche Zunahme des Schwerverkehrs (siehe Tabelle 11 der RStO)
f_z	Mittlerer jährlicher Zuwachsfaktor des Schwerverkehrs (siehe Tabelle 12 der RStO)

Die dimensionierungsrelevante Beanspruchung B entspricht damit der Anzahl der gewichteten äquivalenten 10-t-Achsübergänge im vorgesehenen Nutzungszeitraum.

Zuordnung der Belastungsklasse anhand der typischen Entwurfssituation nach den RAST

Die Belastungsklasse darf für Innerortsstraßen in Ausnahmefällen, zum Beispiel wenn Verkehrsbelastungsdaten nicht erhoben werden können, auch anhand der typischen Entwurfssituation nach den RAST zugeordnet werden (siehe Tabelle A 2). Für Neben- und Rastanlagen bzw. Abstellflächen erfolgt eine tabellarische Zuordnung der Belastungsklasse (siehe Tabelle A 4 bzw. Tabelle A 5). Bei Anwendung dieser Tabellen kann

es jedoch zu einer erheblichen Fehleinschätzung der Verkehrsbelastung kommen.

Für Busverkehrsflächen darf eine Zuordnung nach der Tabelle A 3 nur dann vorgenommen werden, wenn keine anderen Angaben zum Busverkehr aus dem Fahrplan oder aus Informationen der zuständigen Verkehrsbetriebe zu entnehmen sind. Gerade bei Busverkehrsflächen besteht die große Gefahr der Fehleinschätzung der Verkehrsbelastung bei Zugrundelegung der Tabelle A 2. Siehe auch Anhang A 2.

Tabelle A 2: Mögliche Belastungsklassen gemäß den RStO für die typischen Entwurfssituationen nach den RAST

typische Entwurfssituation	Straßenkategorie	Belastungsklasse
Anbaufreie Straße	VS II, VS III	Bk10 bis Bk100
Verbindungsstraße	HS III, HS IV	Bk3,2 oder Bk10
Industriestraße	HS IV, ES IV, ES V	Bk3,2 bis Bk100
Gewerbestraße	HS IV, ES IV, ES V	Bk1,8 bis Bk100
Hauptgeschäftsstraße	HS IV, ES IV	Bk1,8 bis Bk10
Örtliche Geschäftsstraße	HS IV, ES IV	Bk1,8 bis Bk10
Örtliche Einfahrtsstraße	HS III, HS IV	Bk3,2 oder Bk10
Dörfliche Hauptstraße	HS IV, ES IV	Bk1,0 bis Bk3,2
Quartiersstraße	HS IV, ES IV	Bk1,0 bis Bk3,2
Sammelstraße	ES IV	Bk1,0 bis Bk3,2
Wohnstraße	ES V	Bk0,3 oder Bk1,0
Wohnweg	ES V	Bk0,3

Tabelle A 3: Belastung von Busverkehrsflächen und zugeordnete Belastungsklasse gemäß den RStO

Verkehrsbelastung	Belastungsklasse
über 1400 Busse / Tag	Bk100
über 425 Busse / Tag bis 1400 Busse / Tag	Bk32
über 130 Busse / Tag bis 425 Busse / Tag	Bk10
über 65 Busse / Tag bis 130 Busse / Tag	Bk3,2
bis 65 Busse / Tag ¹⁾	Bk1,8

¹⁾ Wenn die Verkehrsbelastung weniger als 15 Busse/Tag beträgt, kann eine niedrigere Belastungsklasse gewählt werden.

- der Frostempfindlichkeitsklasse des Bodens gemäß den ZTV E-StB (siehe Anhang B dieses Handbuchs),
- der Belastungsklasse (siehe Tabelle A 1 bis Tabelle A 5).

Des Weiteren sind Mehr- oder Minderdicken in Abhängigkeit von

- den örtlichen klimatischen Bedingungen, unter anderem der Frosteinwirkungszone, sowie
- den örtlichen Verhältnissen, welche die Frostein-dringung beeinflussen (siehe Tabelle A 8),

zu berücksichtigen.

Die in der DIN 18196 beschriebenen Böden sind hinsichtlich ihrer Frostempfindlichkeit in den ZTV E-StB in die Frostempfindlichkeitsklasse F1 (frostsicher), F2 (frostempfindlich) oder F3 (sehr frostempfindlich) eingeteilt.

Dicke des Oberbaus bei nicht frostsicherem Untergrund/Unterbau

Für F2- und F3-Böden ergibt sich die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus durch Addition des Ausgangswertes, das heißt, aus der Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaus gemäß Tabelle A 6, und den Werten infolge örtlicher Verhältnisse gemäß Tabelle A 8.

Tabelle A 6: Ausgangswerte für die Bestimmung der Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus gemäß den RStO

Frostempfindlichkeitsklasse	Dicke in cm bei Belastungsklasse		
	Bk100 bis Bk10	Bk3,2 bis Bk1,0	Bk0,3
F2	55	50	40
F3	65	60	50

Tabelle A 4: Verkehrsflächen in Neben- und Rastanlagen und zugeordnete Belastungsklasse gemäß den RStO

Verkehrsart	Belastungsklasse
Schwerverkehr	Bk3,2 bis Bk10
Pkw-Verkehr einschließlich geringem Schwerverkehrsanteil	Bk0,3 bis Bk1,8

Tabelle A 5: Abstellflächen¹⁾ und zugeordnete Belastungsklasse gemäß den RStO

Verkehrsart	Belastungsklasse
Schwerverkehr	Bk3,2 bis Bk10
nicht ständig von Schwerverkehr genutzte Flächen	Bk1,0 oder Bk1,8
Pkw-Verkehr (Befahren durch Fahrzeuge des Unterhaltungsdienstes möglich)	Bk0,3

¹⁾ Abstellflächen (auch Abstellplätze) sind zum Abstellen von Fahrzeugen bestimmte Flächen einschließlich der Manövrierfläche, wobei unter „Abstellen“ der Stillstand eines Fahrzeugs verstanden wird, der weder verkehrs- oder betriebsbedingt ist, noch ausschließlich dem Ein- und Aussteigen oder dem Be- und Entladen dient.

2. Schritt: Ermittlung der Dicke des frostsicheren Oberbaus

Zur Vermeidung von Schäden infolge Frosteinwirkung ist die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus einzuhalten. Die Ausgangswerte zur Bestimmung der frostsicheren Gesamtdicke sind festzulegen in Abhängigkeit von

Die Dicke der Frostschuttschicht berechnet sich als Differenz aus der Gesamtdicke des frostsicheren Oberbaus abzüglich der Summe der Dicken der weiteren Schichten des Oberbaus (siehe Tabelle A 9). Wenn die so ermittelte Dicke der Frostschuttschicht größer ist als die in Tabelle A 7 für die erforderliche Tragfähigkeitserhöhung ausgewiesene Dicke, dann kann diese Dicke der Frostschuttschicht angewendet werden. Ist die berechnete Dicke der Frostschuttschicht jedoch kleiner als die in Tabelle A 7 ausgewiesene Dicke, so ist die Dicke der Tabelle A 9 zu übernehmen. Die erforderliche Gesamtdicke des Oberbaus ist dann größer als die berechnete Dicke des frostsicheren Oberbaus. Die erforderliche Gesamtdicke ergibt sich dann aus der Summe der Dicken der Schichten oberhalb der Frostschuttschicht (siehe Tabelle A 9) und der Dicke der Frostschutz- bzw. Tragschicht nach Tabelle A 7.

Dicke des Oberbaus bei frostsicherem Untergrund/ Unterbau

Es ist keine Frostschuttschicht notwendig, wenn der Untergrund bzw. der Unterbau unmittelbar unter dem Oberbau aus einem Boden der Frostepfindlichkeitsklasse F1 besteht und dieser bis in eine Tiefe von 1,2 m in der Frosteinwirkungszone I bzw. von 1,3 m in der Frosteinwirkungszone II bzw. von 1,5 m in der Frosteinwirkungszone III unter die Oberfläche der Verkehrsfläche

reicht. Die Dicke der anstelle der Frostschuttschicht zu verwendenden Tragschicht ergibt sich dann aufgrund von Tragfähigkeitsanforderungen.

- Erfüllt der F1-Boden alle Anforderungen an Frostschuttschichten bezüglich des Verdichtungsgrades D_{Pr} und des Verformungsmoduls E_{v2} , kann die zusätzliche Tragschicht vollständig entfallen. Die Schichten oberhalb der Frostschuttschicht werden dann direkt auf dem Untergrund/Unterbau angeordnet. Ihre Reihenfolge und Schichtdicke ergibt sich für die gewählte Bauweise aus Tafel 3 der RStO (siehe auch Tabelle A 9).
- Erfüllt der F1-Boden die Anforderungen an Frostschuttschichten ausgenommen der Tragfähigkeitsanforderung, ist anstelle der Frostschuttschicht eine zusätzliche Tragschicht erforderlich. Ihre Dicke wird anhand des auf dem Planum, das heißt, auf der Oberfläche des F1-Bodens, vorhandenen Verformungsmoduls E_{v2} und der Anforderung auf der sonst notwendigen Frostschuttschicht festgelegt. Anhaltswerte hierfür können der Tabelle A 7 entnommen werden. Die erforderliche Gesamtdicke des Oberbaus ergibt sich dann aus der Summe der Dicken der Schichten oberhalb der Frostschuttschicht (siehe Tabelle A 9) und der Dicke der Tragschicht nach Tabelle A 7.

Tabelle A 7: Anhaltswerte für die aus Tragfähigkeitsgründen erforderlichen Schichtdicken von Tragschichten ohne Bindemittel gemäß den RStO in Abhängigkeit von den E_{v2} -Werten der Unterlage sowie von der Art des Tragschichtmaterials

E_{v2} -Wert [MPa] auf Oberfläche ToB		≥ 80	≥ 100	≥ 120	≥ 150	≥ 100	≥ 120	≥ 150	≥ 120	≥ 150	≥ 180	≥ 150	≥ 180
		↑				↑			↑			↑	
Art der ToB	STS [cm]	15	15	25	35**	-	20	25	15*	20	30	15*	20
	KTS [cm]	15	15	30	50**	-	25	35	20	30		20	
	FSS [cm] aus überwiegend gebrochenem Material	15*	20	30		15*	25						
	FSS [cm] aus überwiegend ungebrochenem Material	20	25	35		-	-						
		↑				↑			↑			↑	
E_{v2} -Wert [MPa] der Unterlage		45				80			100			120	
Unterlage		Planum						Frostschuttschicht					
		= nicht mögliche Kombination				15* technologische Mindestdicke							
		- = nicht gebräuchliche Kombination				** bei der örtlichen Bewährung auch geringere Dicke möglich							

Auf die Abbildung der Karte der Frosteinwirkungszone gemäß den RStO wird hier verzichtet. Die Karte steht unter anderem auf der Homepage der Bundesanstalt für Straßenwesen (www.bast.de) sowie auf der Homepage des FGSV-Verlages (www.fgsv-verlag.de) zum kostenlosen Download zur Verfügung. Mit ihr lässt sich für jede

örtliche Lage in Deutschland die Frosteinwirkungszone anhand von Gauss-Krüger-Koordinaten exakt bestimmen.

Tabelle A 8: Mehr- oder Minderdicken infolge örtlicher Verhältnisse gemäß den RStO

örtliche Verhältnisse		A	B	C	D	E
Frosteinwirkung	Zone I	± 0 cm				
	Zone II	+ 5 cm				
	Zone III	+ 15 cm				
kleinräumige Klimaunterschiede	ungünstige Klimaeinflüsse, z. B. durch Nordhang oder in Kammlagen von Gebirgen		+ 5 cm			
	keine besonderen Klimaeinflüsse		± 0 cm			
	günstige Klimaeinflüsse bei geschlossener seitlicher Bebauung entlang der Straße		- 5 cm			
Wasserverhältnisse im Untergrund	kein Grund- und Schichtenwasser bis in eine Tiefe von 1,5 m unter Planum			± 0 cm		
	Grund- oder Schichtenwasser dauernd oder zeitweise höher als 1,5 m unter Planum			+ 5 cm		
Lage der Gradiente	Einschnitt, Anschnitt				+ 5 cm	
	Geländehöhe bis Damm ≤ 2,0 m				± 0 cm	
	Damm > 2,0 m				- 5 cm	
Entwässerung der Fahrbahn/ Ausführung der Randbereiche	Entwässerung der Fahrbahn über Mulden, Gräben bzw. Böschungen					± 0 cm
	Entwässerung der Fahrbahn und Randbereiche über Rinnen bzw. Abläufe und Rohrleitungen					5 cm

Für Rad- und Gehwege ist beim Vorhandensein eines Bodens der Frostempfindlichkeitsklasse F1 keine Frostschutzschicht erforderlich. Es ist jedoch gemäß den RStO eine Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 100$ MPa auf der Unterlage der Pflasterdecke sicherzustellen. Steht ein Boden der Frostempfindlichkeitsklasse F2 oder F3 an, ist außerhalb geschlossener Ortschaften eine Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus von 30 cm ausreichend. Ungünstige klimatische Bedingungen und Wasserverhältnisse sind jedoch in Hinblick auf die Gesamtdicke des Gehweg- bzw. Radwegoberbaus zu berücksichtigen. Hierfür sollten örtliche Erfahrungen herangezogen werden.

Die Befestigungsdicke von Überfahrten für Kraftfahrzeuge, zum Beispiel Grundstückszufahrten, ist für die jeweils maßgebende Verkehrsbelastung zu ermitteln. Liegen Überfahrten in kurzen Abständen nebeneinander, sollte die für die Überfahrten gewählte Bauweise und maßgebende Dicke im gesamten Geh- und Radwegbereich ausgeführt werden.

3. Schritt: Wahl der Bauweise

Die Bauweisen mit Pflasterdecke für Fahrbahnen sind in der Tafel 3 der RStO zusammengestellt (siehe auch Tabelle A 9). Sie sind grundsätzlich bautechnisch geeig-

net für eine dimensionierungsrelevante Beanspruchung von $B \leq 3,2$ Mio. äquivalente 10-t-Achsübergänge, das heißt für die Belastungsklasse Bk3,2 bis Bk0,3. Für höhere Verkehrsbelastungen, das heißt, für eine Belastungsklasse Bk10 oder höher wird eine Bauweise mit Pflasterdecke nicht empfohlen. Die Bauweisen mit Pflasterdecke sind unter wesentlicher Berücksichtigung der Anforderungen an den Straßenbau in geschlossener Ortslage festgelegt worden. Sie können dabei untereinander und im Vergleich zu den in dieselbe Belastungsklasse eingeordneten Bauweisen mit Asphalt- oder Betondecke hinsichtlich ihrer Tragfähigkeit und Nutzungsdauer ungleichwertig sein (vgl. auch RStO).

Tabelle A 9: Bauweisen mit Pflasterdecke für Fahrbahnen auf F2- und F3-Untergund/Unterbau gemäß den RStO

(Dickenangaben in cm; ∇ E_{v2} -Mindestwerte in MPa)

Zeile	Belastungsklasse B [Mio.]	Bk100				Bk32				Bk10				Bk3,2				Bk1,8				Bk1,0				Bk0,3							
		> 32				> 10 - 32				> 3,2 - 10				> 1,8 - 3,2				> 1,0 - 1,8				> 0,3 - 1,0				≤ 0,3							
Dicke des frostsicheren Oberbaus ¹⁾		55	65	75	85	55	65	75	85	55	65	75	85	45	55	65	75	45	55	65	75	45	55	65	75	45	55	65	75	35	45	55	65
Schottertragschicht auf Frostschuttschicht¹³⁾																																	
1	Pflasterdecke ⁹⁾																																
	Schottertragschicht																																
	Frostschuttschicht																																
Dicke der Frostschuttschicht																26 ³⁾	36			26 ³⁾	36			33 ²⁾	43			18 ³⁾	28	38			
Kiestragschicht auf Frostschuttschicht																																	
2	Pflasterdecke ⁹⁾																																
	Kiestragschicht																																
	Frostschuttschicht																																
Dicke der Frostschuttschicht																					31 ²⁾			28 ³⁾	38			23 ²⁾	33				
Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material ¹³⁾																																	
3	Pflasterdecke ⁹⁾																																
	Schotter- oder Kiestragschicht																																
	Schicht aus frostunempfindlichem Material																																
Dicke der Schicht aus frostunempfindlichem Material		Ab 12 cm aus frostunempfindlichem Material, geringere Restdicke ist mit dem darüber liegenden Material auszugleichen																															
Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht																																	
4	Pflasterdecke ⁹⁾																																
	wasserdurchlässige Asphalttragschicht ¹⁰⁾																																
	Frostschuttschicht																																
Dicke der Frostschuttschicht																27 ³⁾	37	47			27 ²⁾	37	47			31 ²⁾	41	51			23 ²⁾	33	43
Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschuttschicht																																	
5	Pflasterdecke ⁹⁾																																
	wasserdurchlässige Asphalttragschicht ¹⁰⁾																																
	Schottertragschicht																																
	Frostschuttschicht																																
Dicke der Frostschuttschicht																26 ³⁾	36			26 ²⁾	36			20 ²⁾	30	40			20 ²⁾	30			
Asphalttragschicht und Kiestragschicht auf Frostschuttschicht																																	
6	Pflasterdecke ⁹⁾																																
	wasserdurchlässige Asphalttragschicht ¹⁰⁾																																
	Kiestragschicht																																
	Frostschuttschicht																																
Dicke der Frostschuttschicht																	31 ²⁾				31 ²⁾			25 ³⁾	35	45			15 ³⁾	25			
Dränbetontragschicht auf Frostschuttschicht																																	
7	Pflasterdecke ⁹⁾																																
	Dränbetontragschicht (DBT) ¹⁰⁾																																
	Frostschuttschicht																																
Dicke der Frostschuttschicht																	31 ²⁾	41				31 ²⁾	41	18 ³⁾	28	38	48			18 ³⁾	28	38	

¹⁾ Bei abweichenden Werten sind die Dicken der Frostschuttschicht bzw. des frostempfindlichen Materials durch Differenzbildung zu bestimmen, siehe auch Tab. 8 der RStO
²⁾ Mit rundkörnigen Gesteinskörnungen nur bei örtlicher Bewehrung anwendbar
³⁾ Nur mit gebrochenen Gesteinskörnungen und bei örtlicher Bewehrung anwendbar
⁹⁾ Abweichende Steindicke siehe Abschnitt 3.3.5 der RStO

¹⁰⁾ Siehe ZTV Pflaster-StB
¹¹⁾ Bei Kiestragschichten in Belastungsklassen Bk1,8 und Bk3,2 in 40 cm Dicke, in Belastungsklassen Bk0,3 und Bk1,0 in 30 cm Dicke
¹³⁾ Anwendung in Bk3,2 nur bei örtlicher Bewehrung
¹⁵⁾ Mit $E_{v2} \geq 150$ MPa bei bewährten regionalen Bauweisen anwendbar
¹⁹⁾ Nur Schottertragschicht

Bauweisen mit einer Pflasterdecke sind für eine Erneuerung des Oberbaus nicht gesondert standardisiert. Für die Erneuerung des gesamten Oberbaus gelten folglich die standardisierten Bauweisen gemäß der Tafel 3 der RStO (siehe auch Tabelle A 9). Die Erneuerung nur der Pflasterdecke kann erfolgen, wenn die vorhandene Unterlage ausreichend tragfähig, eben und wasserdurchlässig ist (siehe auch Abschnitt 10) sowie – falls

erforderlich - die frostsichere Gesamtdicke der Befestigung gewährleistet ist. Weiterhin ist auf ausreichende Filterstabilität zwischen Bettungs- und Tragschichtmaterial zu achten (siehe auch Abschnitt 12.4).

Die Bauweisen mit Pflasterdecke für Rad- und Gehwege sind in der Tafel 6 der RStO zusammengestellt (siehe auch Tabelle A 10).

Tabelle A 10: Bauweisen mit Pflasterdecke oder Plattenbelag für Rad- und Gehwege auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau gemäß den RStO
(Dickenangaben in cm; ▾ E_{v2}-Mindestwerte in MPa)

Zeile	Bauweisen	Pflasterdecke oder Plattenbelag	
		30	40
1	Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material		
	Decke Schotter- oder Kiestragschicht		
	Schicht aus frostunempfindlichen Material		
	Dicke der Schicht aus frostunempfindlichen Material ¹⁶⁾	-	13
2	ToB auf Planum		
	Decke		
	Schotter-, Kiestragschicht oder Frostschutzschicht		
	Dicke der Schotter-, Kiestragschicht oder Frostschutzschicht	18	28

¹⁴⁾ Auch geringere Dicke möglich
¹⁶⁾ Aus 12 cm aus frostunempfindlichem Material, geringere Restdicke ist mit dem darüberliegenden Material auszugleichen
²⁰⁾ Kann keine Belastung durch Fahrzeuge (Wartung und Unterhaltung) erfolgen, so ist auch E_{v2} > 80 MPa möglich.

Jede Zeile innerhalb der Tabelle A 9 und der Tabelle A 10 repräsentiert eine Bauweise. Die Auswahl der für die jeweilige Baumaßnahme technisch und wirtschaftlich günstigsten Bauweise kann zum Beispiel nach folgenden Gesichtspunkten erfolgen:

- örtlich verfügbare Baustoffe
- regionale Erfahrungen
- Leistungsfähigkeit der in Frage kommenden Bauunternehmen sowie
- zu erwartende Beanspruchung.

4. Schritt: Festlegung der Schichtdicken

Für die gewählte Bauweise werden im entsprechenden Feld der Tabelle A 9 bzw. der Tabelle A 10 die Schicht-

dicken abgelesen. Die RStO legen 10 cm Pflastersteindicke für Bk3,2 und Bk1,8 sowie 8 cm Pflastersteindicke für Bk1,0 und Bk0,3 sowie für Rad- und Gehwege als Regelsteindicke zugrunde. Grundsätzlich können auch Pflastersteine mit größerer Dicke verwendet werden. Kleinere Dicken, jedoch nicht unter 6 cm, sind ebenfalls grundsätzlich möglich und können bei Vorliegen ausreichend positiver Erfahrungen mit entsprechenden regionalen Bauweisen angewendet werden. Mit Regelsteindicke ist stets die Stein-Nenndicke gemeint. Diese werden in anderen Regelwerken, zum Beispiel in der DIN EN 1338 und in den ATV DIN 18318, in Millimeter angegeben.

Die festgelegte Dicke des frostsicheren Oberbaus muss auch bei Verwendung von Pflastersteinen beibehalten werden, welche von der Regeldicke abweichen. Die Abweichung bei dickeren Steinen wird durch Verringe-

Die Dicke der Frostschutzschicht oder der Schicht aus frostunempfindlichem Material und bei dünneren Steinen durch Erhöhung der oberen Tragschicht ausgeglichen. Die Dicke der Frostschutzschicht ergibt sich aus der Gesamtdicke des frostsicheren Oberbaus abzüglich der Dicken der Pflasterdecke und der übrigen Tragschicht(en).

5. Schritt: Zuordnung der Tragfähigkeit

Die für die einzelnen Schichten angegebenen Tragfähigkeitswerte sind Empfehlungen, welche bauvertraglich als Mindestwerte vereinbart werden sollten. Für die Bauausführung sollten weiterhin die ZTV E-StB und die ZTV SoB-StB bauvertraglich vereinbart werden. Diese Regelwerke stellen teilweise höhere Tragfähigkeitsanforderungen als die RStO (siehe Abschnitt 9 und Abschnitt 10).



Anhang A.2 Dimensionierung des Oberbaus am Beispiel von Busverkehrsflächen

Vorbemerkungen

Im Abschnitt 7 wurde bereits darauf hingewiesen, dass zur realitätsnahen Berücksichtigung der Verkehrsbelastung eine Berechnung der dimensionierungsrelevanten Beanspruchung B nach Methode 1 oder 2 gemäß den RStO dringend zu empfehlen ist. Die Alternative, nämlich die Zuordnung der betreffenden Verkehrsfläche zu einer Belastungsklasse unter Anwendung der Tabelle A 2 oder der Tabelle A 3 ist risikobehaftet und kann zu einer erheblichen Fehleinschätzung der Verkehrsbelastung führen. Schäden an der Pflasterbefestigung infolge zu hoher Verkehrsbelastung können dann bereits während der Gewährleistungszeit auftreten. Ursache hierfür ist die relativ zu gebundenen Schichten (Asphalt- oder Beton) geringe Lastverteilung durch die ungebundene Pflasterdecke. Nur die Pflastersteine, welche direkt von der Reifenaufstandsfläche erfasst werden, verteilen die Last und reduzieren dadurch nur in geringem Maße die Vertikalspannung direkt auf der Oberfläche zur Unterseite der Pflasterdecke hin.

Beispiele

Anhand von Beispielrechnungen (Busverkehr) soll verdeutlicht werden, welche Auswirkung die Fehleinschätzung der Verkehrsbelastung haben kann. In der Tabelle A 11 ist für verschiedene Arten von Bussen unter der Voraussetzung der Frequentierung einer Busverkehrsfläche mit der maximalen Anzahl gemäß Tabelle A 3 zum einen die Zuordnung dieser Anzahl an Bussen/Tag zu einer Belastungsklasse und zum anderen unter Zuordnung der Belastungsklasse entsprechend der Berechnung der dimensionierungsrelevanten Beanspruchung B (anhand der Methode 2, RStO) gegenübergestellt.

In Tabelle A 3, werden in Anlehnung an die RStO für bis zu 15 Bussen/Tag die Belastungsklasse Bk0,3 für bis zu 65 Bussen/Tag die Bk1,8 und für bis zu 130 Bussen/Tag die Bk3,2 angegeben. Diese Zuordnung wurde im Rahmen der Erarbeitung der RStO auf der Grundlage eines gemischten Buskollektivs (Kleinbusse bis vierachsige Busse) berechnet, und ist demzufolge auch nur für diese Art von Busverkehrsbelastung anzuwenden.

Für Busverkehrsflächen, aber auch für alle anderen regelmäßig durch Schwerverkehr frequentierten Betonpflasterbefestigungen wird generell empfohlen, die Berechnung der dimensionierungsrelevanten Beanspruchung B auf der Grundlage der Methode 2 gemäß den RStO vorzunehmen. Hierfür ist die Kenntnis der zu erwartenden Achslasten sowie der Häufigkeit des Auftretens dieser erforderlich.

Für die Berechnung der in der Tabelle A 11 dargestellten Ergebnisse wurden zwei-, drei- und vierachsige Busse mit Achslasten – abgeleitet aus den maximal zulässigen

Achslasten verschiedener Bushersteller – angenommen. Die angenommene Anzahl der Busse pro Tag entspricht dabei den Angaben (Maxima) der Tabelle A 3, woraus die Häufigkeit des Auftretens der einzelnen Achslasten bestimmt werden konnte. Die Berechnungen wurden zudem unter der Annahme mit bzw. ohne Pendelbewegung der Busse in Querrichtung durchgeführt.

- Annahme mit Pendelbewegung: Spurfaktor $f_2 = 1,0$ gemäß RStO, Fahrstreifenbreite $> 3,75$ m.
- Annahme ohne Pendelbewegung (Spurtreue): Spurfaktor $f_2 = 2,0$ gemäß RStO, Fahrstreifenbreite $< 2,5$ m, zum Beispiel Ein- und Ausstiegsbereiche von Haltestellen und Bereiche von Überquerungshilfen, in denen Spurtreue erzwungen wird.

Ansonsten wurde der Steigungsfaktor f_2 für alle Berechnungen zu 1,02 gesetzt und alle weiteren Faktoren f wurden zu 1,0 gesetzt.

Aus den Berechnungsergebnissen ist erkennbar, dass bei Befahrung einer Busverkehrsfläche mit 130 Bussen/Tag – ohne Ansatz der Spurtreue – mit drei- und vierachsigen Bussen statt Bk3,2 (Pflasterbefestigung wird gemäß RStO, Tafel 3, noch empfohlen) Bk10 (Pflasterbefestigung wird gemäß RStO, Tafel 3, nicht mehr empfohlen) berechnet wird. Für Busverkehrsflächen mit spurtreuem Befahren (Bushaltestelle) ist bereits bei Annahme von nur zweiachsigen Bussen davon auszugehen, dass eine dimensionierungsrelevante Beanspruchung B von $> 3,2$ Mio. 10-t Standardachsen im Nutzungszeitraum von 30 Jahren erreicht und Bk10 (Pflasterbefestigung wird nicht mehr empfohlen) berechnet wird. Bei Annahme von ausschließlich vierachsigen Bussen ergibt sich die dimensionierungsrelevante Beanspruchung zu $B = 12$ Mio. 10-t Standardachsen in einem Nutzungszeitraum von 30 Jahren, und damit die Zuordnung zu Bk32! Selbst unter Annahme einer reduzierten Nutzungsdauer von nur 15 statt 30 Jahren reduziert sich B auf 6 Mio. 10-t Standardachsen, wofür eine Bk10 anzunehmen ist und die Anwendung einer Pflasterbefestigung nicht mehr empfohlen werden kann.

Auch bei Annahme von nur 65 Bussen/Tag zeigt sich für die drei- und vierachsigen Busse unter Annahme des Spurtreuen Fahrens dieser, dass eine Zuordnung zu Bk10 erforderlich ist, eine Pflasterbefestigung wird hierfür ebenfalls nicht mehr zur Anwendung empfohlen. Bei möglicher Pendelbewegung der drei- und vierachsigen Busse ist zumindest die Zuordnung zu Bk3,2 statt Bk1,8 erforderlich. Auch bei 15 Bussen/Tag fällt die Empfehlung mit und ohne Spurtreue aus der Berechnung für die drei- und vierachsigen Busse zugunsten einer höheren Belastungsklasse als in Tabelle A 3 aus.

Für einen weiteren Vergleich wurde die Berechnung unter der Annahme von zweiachsigen Kleinbussen mit einer maximalen Achslast von 1,6 t, wie sie zum Beispiel im

Schülerbusverkehr häufig eingesetzt werden, durchgeführt. Dabei zeigen die Berechnungen, dass eine unrealistisch hohe Anzahl von Kleinbussen angesetzt werden müsste, um die Grenze der Belastungsklasse zu er-

reichen bzw. dass es bei einer realistisch auftretenden Anzahl von Kleinbussen zu einer Überdimensionierung und damit unter Umständen zu einer unwirtschaftlichen Befestigung kommen kann.

Tabelle A 11: Ergebnisse von berechneten Belastungsklassen anhand unterschiedlicher Busverkehrsbelastungen

130 Busse, mit Spurtreue ($f_2 = 2$)													
Bus	Busse/d	Bk nach Tab. A 3	Achslasten				Faktoren gemäß RStO				EDTA ^(SV)	B [Mio]	berechnete Bk ¹⁾
							f ₁	f ₂	f ₃	f _z			
2-Achser	130	Bk3,2	6,6	11			1	2	1,02	1	215,0	4,8	Bk10
3-Achser	130	Bk3,2	6	10	11		1	2	1,02	1	337,2	7,5	Bk10
4-Achser	130	Bk3,2	7,5	10	13	6,93	1	2	1,02	1	542,5	12,1	Bk32
Kleinbus	110.000	keine Angaben	1,6	1,6			1	2	1,02	1	144,2	3,2	Bk3,2
130 Busse, mit Spurtreue ($f_2 = 1$)													
Bus	Busse/d	Bk nach Tab. A 3	Achslasten				Faktoren gemäß RStO				EDTA ^(SV)	B [Mio]	berechnete Bk ¹⁾
							f ₁	f ₂	f ₃	f _z			
2-Achser	130	Bk3,2	6,6	11			1	1	1,02	1	215,0	2,4	Bk3,2
3-Achser	130	Bk3,2	6	10	11		1	1	1,02	1	337,2	3,8	Bk10
4-Achser	130	Bk3,2	7,5	10	13	6,93	1	1	1,02	1	542,5	6,1	Bk10
Kleinbus	210.000	keine Angaben	1,6	1,6			1	1	1,02	1	288,4	3,2	Bk3,2
65 Busse, mit Spurtreue ($f_2 = 2$)													
Bus	Busse/d	Bk nach Tab. A 3	Achslasten				Faktoren gemäß RStO				EDTA ^(SV)	B [Mio]	berechnete Bk ¹⁾
							f ₁	f ₂	f ₃	f _z			
2-Achser	65	Bk1,8	6,6	11			1	2	1,02	1	107,5	2,4	Bk3,2
3-Achser	65	Bk1,8	6	10	11		1	2	1,02	1	168,6	3,8	Bk10
4-Achser	65	Bk1,8	7,5	10	13	6,93	1	2	1,02	1	271,3	6,1	Bk10
Kleinbus	60.000	keine Angaben	1,6	1,6			1	2	1,02	1	78,6	1,8	Bk1,8
65 Busse, ohne Spurtreue ($f_2 = 1$)													
Bus	Busse/d	Bk nach Tab. A 3	Achslasten				Faktoren gemäß RStO				EDTA ^(SV)	B [Mio]	berechnete Bk ¹⁾
							f ₁	f ₂	f ₃	f _z			
2-Achser	65	Bk1,8	6,6	11			1	1	1,02	1	107,5	1,2	Bk1,8
3-Achser	65	Bk1,8	6	10	11		1	1	1,02	1	168,6	1,9	Bk3,2
4-Achser	65	Bk1,8	7,5	10	13	6,93	1	1	1,02	1	271,3	3,0	Bk3,2
Kleinbus	120.000	keine Angaben	1,6	1,6			1	1	1,02	1	157,3	1,8	Bk1,8
15 Busse, mit Spurtreue ($f_2 = 2$)													
Bus	Busse/d	Bk nach Tab. A 3	Achslasten				Faktoren gemäß RStO				EDTA ^(SV)	B [Mio]	berechnete Bk ¹⁾
							f ₁	f ₂	f ₃	f _z			
2-Achser	15	Bk0,3	6,6	11			1	2	1,02	1	24,8	0,6	Bk1,0
3-Achser	15	Bk0,3	6	10	11		1	2	1,02	1	38,9	0,9	Bk1,0
4-Achser	15	Bk0,3	7,5	10	13	6,93	1	2	1,02	1	62,6	1,4	Bk1,8
Kleinbus	10.000	keine Angaben	1,6	1,6			1	2	1,02	1	13,1	0,3	Bk0,3
15 Busse, ohne Spurtreue ($f_2 = 1$)													
Bus	Busse/d	Bk nach Tab. A 3	Achslasten				Faktoren gemäß RStO				EDTA ^(SV)	B [Mio]	berechnete Bk ¹⁾
							f ₁	f ₂	f ₃	f _z			
2-Achser	15	Bk0,3	6,6	11			1	1	1,02	1	24,8	0,3	Bk0,3
3-Achser	15	Bk0,3	6	10	11		1	1	1,02	1	38,9	0,4	Bk1,0
4-Achser	15	Bk0,3	7,5	10	13	6,93	1	1	1,02	1	62,6	0,7	Bk1,0
Kleinbus	10.000	keine Angaben	1,6	1,6			1	1	1,02	1	13,1	0,3	Bk0,3

¹⁾ Rote Schrift = Warnhinweis: Die berechnete Bk ist höher bzw. deutlich höher als die nach der Tabelle A 3 zugeordnete Bk.

Schlussfolgerungen

Die Beispiele mit den angenommenen, aus den zulässigen Achslasten verschiedener Bushersteller abgeleiteten Achslasten zeigen, dass die Werte der Tabelle A 3 zur Einordnung einer Busverkehrsfläche zu einer Belastungsklasse äußerst risikobehaftet sein kann. Für die Planung von Pflasterbefestigungen für Busverkehrsflächen sollten stattdessen zum Beispiel Fahrpläne ausgewertet und die Angaben der Verkehrsbetriebe zu Größe und Häufigkeit des Auftretens von Achslasten herangezogen werden, um darauf aufbauend die dimensionierungsrelevante Beanspruchung B möglichst zutreffend und realitätsnah ermitteln zu können.

Diese Empfehlung gilt analog auch für die Zuordnung von Belastungsklassen zu Verkehrsflächen nach der Tabelle A 2. Auch hier ist die Zuordnung der Belastungsklasse lediglich anhand einer bestimmten Entwurfsituation äußerst risikobehaftet. Wenn immer möglich sollten Verkehrszählungen als Grundlage für die Bestimmung der Belastungsklassen für die einzelnen zu planenden Befestigungen herangezogen werden. Dabei sollte

zusätzlich berücksichtigt werden, dass örtliche Gegebenheiten, wie zum Beispiel Gewerbegebiete, Industriebetriebe, Steinbrüche, Mischanlagen usw., meist in eine Richtung unbeladene, aber in die andere Richtung fast ausschließlich vollbeladene Fahrzeuge – teilweise auch mit der Tendenz zur Überladung – verursachen. In solchen Fällen sollte die Zuordnung zu einer Belastungsklasse immer auf der Grundlage der Berechnung der dimensionierungsrelevanten Beanspruchung B nach der Methode 2 gemäß den RStO erfolgen. Anderenfalls kann eine deutliche Fehleinschätzung der Verkehrsbelastung erfolgen, mit der Konsequenz des vorzeitigen Versagens der Befestigung im Allgemeinen, insbesondere jedoch einer ungebundenen Pflasterbefestigung.

Wie bereits weiter vorn beschrieben, sind Pflasterbefestigungen gegen eine Überlastung besonders empfindlich, da die lastverteilende Wirkung durch die Pflasterdecke gegenüber der von Asphalt- oder Betonbefestigungen viel geringer ist. Pflasterbefestigungen tolerieren keine Überlastungen.



Anhang B Böden für bautechnische Zwecke

Tabelle B 1: Klassifikation von Bodengruppen nach ihrer Frostempfindlichkeit gemäß den ZTV E-StB einschließlich Beschreibung und Eigenschaftsangaben nach der DIN 18196

Frostempfindlichkeitsklasse und Frostempfindlichkeit	Bodengruppe nach DIN 18196	
<p style="text-align: center;">F1</p> <p style="text-align: center;">nicht frostempfindlich</p>	<p>grobkörnige Böden der Gruppen</p>	<p>Eigenschaften u. a.</p>
	<p>GE eng gestufte Kiese, z. B. Flussskies, Strandkies</p>	<p>Feinanteil $\leq 0,063$ mm: < 5 M.-% Kornanteil ≤ 2 mm: ≤ 60 M.-% gute bis mittlere Verdichtungsfähigkeit, sehr große Durchlässigkeit</p>
	<p>GW weit gestufte Kies-Sand-Gemische, z. B. Terrassenschotter</p>	<p>Feinanteil $\leq 0,063$ mm: < 5 M.-% Kornanteil ≤ 2 mm: ≤ 60 M.-% sehr gute Verdichtungsfähigkeit, große bis mittlere Durchlässigkeit</p>
	<p>GI intermittierend gestufte Kies-Sand-Gemische, z. B. unverfestigte vulkanische Schlacken</p>	<p>Feinanteil $\leq 0,063$ mm: < 5 M.-% Kornanteil ≤ 2 mm: ≤ 60 M.-% gute Verdichtungsfähigkeit, große Durchlässigkeit</p>
	<p>SE eng gestufte Sande, z. B. Dünen sand, Flugsand, Beckensand</p>	<p>Feinanteil $\leq 0,063$ mm: < 5 M.-% Kornanteil ≤ 2 mm: > 60 M.-% mittlere Verdichtungsfähigkeit, große Durchlässigkeit</p>
	<p>SW weit gestufte Sand-Kies-Gemische, z. B. Niederungssand, Terrassensand, Geschiebedecksand</p>	<p>Feinanteil $\leq 0,063$ mm: < 5 M.-% Kornanteil ≤ 2 mm: > 60 M.-% sehr gute Verdichtungsfähigkeit, große bis mittlere Durchlässigkeit</p>
	<p>SI intermittierend gestufte Sand-Kies-Gemische, z. B. Geschiebedecksand, Flusssand, Granitgrus</p>	<p>Feinanteil $\leq 0,063$ mm: < 5 M.-% Kornanteil ≤ 2 mm: > 60 M.-% gute Verdichtungsfähigkeit, große bis mittlere Durchlässigkeit</p>

Tabelle B 1 (fortgesetzt): Klassifikation von Bodengruppen nach ihrer Frostempfindlichkeit gemäß den ZTV E-StB einschließlich Beschreibung und Eigenschaftsangaben nach der DIN 18196

Frostempfindlichkeitsklasse und Frostempfindlichkeit	Bodengruppe nach DIN 18196	
F2 gering bis mittel frostempfindlich	gemischtkörnige Böden der Gruppen	Eigenschaften u. a.
	GU¹⁾ Kies-Schluff-Gemische, z. B. Hangschutt, Moränenkies	Feinanteil ≤ 0,063 mm: ≥ 5 M.-% bis 15 M.-% Kornanteil ≤ 2 mm: ≤ 60 M.-% gute Verdichtungsfähigkeit, mittlere Durchlässigkeit
	GT¹⁾ Kies-Ton-Gemische, z. B. Hangschutt	Feinanteil ≤ 0,063 mm: ≥ 5 M.-% bis 15 M.-% Kornanteil ≤ 2 mm: ≤ 60 M.-% gute Verdichtungsfähigkeit, geringe bis mittlere Durchlässigkeit
	SU¹⁾ Sand-Schluff-Gemische, z. B. Beckensand, Hochflutsand, Auesand, Wattsand	Feinanteil ≤ 0,063 mm: ≥ 5 M.-% bis 15 M.-% Kornanteil ≤ 2 mm: > 60 M.-% gute Verdichtungsfähigkeit, mittlere Durchlässigkeit
	ST¹⁾ Sand-Ton-Gemische, z. B. Terrassensand, Hanglehm	Feinanteil ≤ 0,063 mm: ≥ 5 M.-% bis 15 M.-% Kornanteil ≤ 2 mm: > 60 M.-% mittlere Verdichtungsfähigkeit, geringe bis mittlere Durchlässigkeit
	feinkörnige Böden der Gruppe	Eigenschaften u. a.
	TA ausgeprägt plastische Tone, z. B. Beckenton	Feinanteil ≤ 0,063 mm: > 40 M.-% sehr schlechte Verdichtungsfähigkeit, sehr geringe Durchlässigkeit
	organogene Böden und Böden mit organischen Beimengungen der Gruppen	Eigenschaften u. a.
	OT Tone mit organischen Beimengungen und organogene Tone, z. B. Schlick, Klei, Glimmertone	Feinanteil ≤ 0,063 mm: > 40 M.-% sehr schlechte Verdichtungsfähigkeit, sehr geringe Durchlässigkeit
	OH grob- bis gemischtkörnige Böden mit Beimengungen humoser Art, z. B. Oberboden	Feinanteil ≤ 0,063 mm: ≤ 40 M.-% mäßige Verdichtungsfähigkeit, mittlere Durchlässigkeit

¹⁾ Zu F1 gehörig bei einem Anteil an Korn ≤ 0,063 mm von 5,0 M.-% bei $C_u \geq 15,0$ oder 15,0 M.-% bei $C_u \leq 6,0$. Im Bereich $6,0 < C_u < 15,0$ kann der für eine Zuordnung zu F1 zulässige Anteil an Korn < 0,063 mm linear interpoliert werden (siehe auch Bild B 1).

Tabelle B 1 (fortgesetzt): Klassifikation von Bodengruppen nach ihrer Frostempfindlichkeit gemäß den ZTV E-StB einschließlich Beschreibung und Eigenschaftsangaben nach der DIN 18196

Frostempfindlichkeitsklasse und Frostempfindlichkeit	Bodengruppe nach DIN 18196	
<p style="text-align: center;">F3</p> <p style="text-align: center;">sehr frostempfindlich</p>	<p style="text-align: center;">gemischtkörnige Böden der Gruppen</p>	<p style="text-align: center;">Eigenschaften u. a.</p>
	<p>GU* Kies-Schluff-Gemische, z. B. Verwitterungskies, Hanglehm</p>	<p>Feinanteil ≤ 0,063 mm: > 15 M.-% bis 40 M.-% Kornanteil ≤ 2 mm: ≤ 60 M.-% gute bis mittlere Verdichtungsfähigkeit, geringe Durchlässigkeit</p>
	<p>GT* Kies-Ton-Gemische, z. B. Geschiebelehm, Verwitterungskies</p>	<p>Feinanteil ≤ 0,063 mm: > 15 M.-% bis 40 M.-% Kornanteil ≤ 2 mm: ≤ 60 M.-% mittlere Verdichtungsfähigkeit, sehr geringe Durchlässigkeit</p>
	<p>SU* Sand-Schluff-Gemische, z. B. Auemergel, Auelehm, Sandlöss, Hochflutsand</p>	<p>Feinanteil ≤ 0,063 mm: > 15 M.-% bis 40 M.-% Kornanteil ≤ 2 mm: > 60 M.-% mittlere Verdichtungsfähigkeit, geringe Durchlässigkeit</p>
	<p>ST* Sand-Ton-Gemische, z. B. Geschiebelehm, Geschiebemergel, Hanglehm</p>	<p>Feinanteil ≤ 0,063 mm: > 15 M.-% bis 40 M.-% Kornanteil ≤ 2 mm: > 60 M.-% mäßige Verdichtungsfähigkeit, sehr geringe Durchlässigkeit</p>
	<p style="text-align: center;">feinkörnige Böden der Gruppen</p>	<p style="text-align: center;">Eigenschaften u. a.</p>
	<p>TL leicht plastische Tone, z. B. Geschiebelehm, Geschiebemergel, Bänderton</p>	<p>Feinanteil ≤ 0,063 mm: > 40 M.-% mäßige Verdichtungsfähigkeit, geringe Durchlässigkeit</p>
	<p>TM mittelplastische Tone, z. B. Löss, Lösslehm, Beckenton</p>	<p>Feinanteil ≤ 0,063 mm: > 40 M.-% schlechte Verdichtungsfähigkeit, sehr geringe Durchlässigkeit</p>
	<p>UL leicht plastische Schluffe, z. B. Löss, Hochflutlehm, Auelehm, Auemergel</p>	<p>Feinanteil ≤ 0,063 mm: > 40 M.-% mäßige Verdichtungsfähigkeit, geringe bis mittlere Durchlässigkeit</p>
	<p>UM mittelplastische Schluffe, z. B. Beckenschluff</p>	<p>Feinanteil ≤ 0,063 mm: > 40 M.-% schlechte Verdichtungsfähigkeit, geringe Durchlässigkeit</p>
	<p>UA ausgeprägt plastische Schluffe, z. B. vulkanische Böden</p>	<p>Feinanteil ≤ 0,063 mm: > 40 M.-% schlechte Verdichtungsfähigkeit, sehr geringe Durchlässigkeit</p>
	<p style="text-align: center;">organogene Böden und Böden mit organischen Beimengungen der Gruppe</p>	<p style="text-align: center;">Eigenschaften u. a.</p>
	<p>OU Schluffe mit organischen Beimengungen und organogene Schluffe, z. B. Seekreide, Schlick, Klei, Oberboden</p>	<p>Feinanteil ≤ 0,063 mm: > 40 M.-% schlechte Verdichtungsfähigkeit, geringe bis mittlere Durchlässigkeit</p>

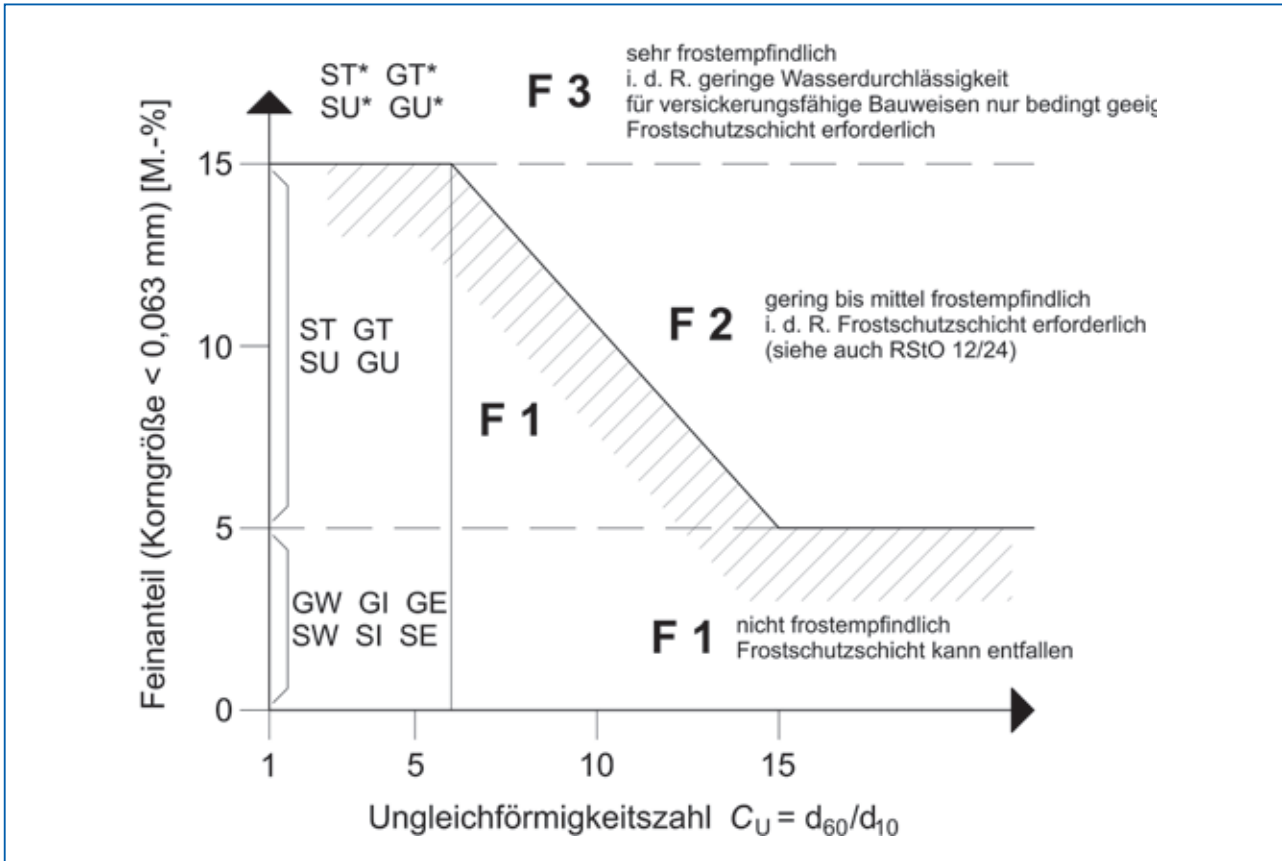


Bild B 1: Zuordnung der Frostepfindlichkeitsklassen nach den ZTV E-StB

Anforderungen an ungebundene Bettungsmaterialien für Pflasterdecken und Plattenbeläge gemäß den ZTV Pflaster-StB 20

PRODUKTDATENBLATT Bettungsmaterial B0/4	Datenblatt-Nr. B04-ZTV-020920
Bezeichnung nach TL Pflaster-StB: Baustoffgemisch 0/4	
Allgemeine Hinweise	
<ul style="list-style-type: none"> Baustoffgemisch aus ungebrochenen Gesteinskörnungen, daher i. d. R. Verwendung von natürlichen Gesteinskörnungen (Kies, Natursand). Bei der Verwendung von industriellen hergestellten Gesteinskörnungen und Recycling-Baustoffen sind die TL Pflaster-StB, Abschnitt 2, sowie die ZTV Pflaster-StB 20, Abschnitt 2.3, zu beachten. 	

Anwendungsbereiche (beispielhaft ohne Anspruch auf Vollständigkeit)
Pflasterdecken für von Kfz befahrbare Verkehrsflächen bis max. Bk0,3 gemäß den RStO 12 und für sonstige Verkehrsflächen.
Plattenbeläge für nicht von Kfz befahrbare Verkehrsflächen.

Anforderungen			Regelwerkhinweis
Es gelten die Anforderungen der TL Gestein-StB, Anhang H, und der TL Pflaster-StB, sofern nachfolgend nichts anderes festgelegt oder präzisiert ist.			TL Gestein-StB TL Pflaster-StB
max. Feinanteil	Durchgang 0,063 mm ≤ 5 M.-%	Kategorie UF ₅	TL Pflaster-StB
min. Feinanteil	keine Anforderung	Kategorie LF _N	TL Pflaster-StB
Anteil gebrochener Oberflächen	nicht zutreffend	--	--
Fließkoeffizient	< 30	Kategorie E _{CS} angegeben	TL Gestein-StB, Anhang H
Widerstand gegen Zertrümmerung ¹⁾	Schlagzertrümmerungswert ≤ 26 oder Los Angeles Koeffizient ≤ 30	Kategorie SZ ₂₆ oder Kategorie LA ₃₀	TL Gestein-StB, Anhang H

¹⁾ Die Anforderung richtet sich an das Gestein, aus welchem das Bettungsmaterial hergestellt wird.

Korngrößenverteilung (KGV)			
Überkomanteil	Durchgang bei 1,4 D Durchgang bei D	100 M.-% 90 - 99 M.-%	Kategorie OC ₉₀ TL Pflaster-StB
Die KGV des Bettungsmaterials B0/4 muss innerhalb des nebenstehenden Sieblinienbereichs liegen. Dabei sind			
<ul style="list-style-type: none"> Siebdurchgänge mit Punkt (•) Anforderungen gemäß den TL Pflaster-StB bzw. gemäß den TL Gestein-StB und andere Siebdurchgänge Empfehlungen gemäß dem M FP. 			

Zitierte Regelwerke (alphabetisch)

- M FP - Merkblatt für Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen in ungebundener Ausführung sowie für Einfassungen, Ausgabe 2015 (FGSV-Nr. 618/1)
- RStO 12 - Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, Ausgabe 2012 (FGSV-Nr. 499)
- TL Gestein-StB - Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau, Ausgabe: 2004/Fassung 2018 (FGSV-Nr. 613)
- TL Pflaster-StB 06/15 - Technische Lieferbedingungen für Bauprodukte zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen, Ausgabe 2006/Fassung 2015 (FGSV-Nr. 643)
- ZTV Pflaster-StB 20 - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen, Ausgabe 2020 (FGSV-Nr. 699)

Haftungsausschluss: Die in diesem Produktdatenblatt aufgeführten Angaben wurden nach bestem Gewissen und mit größtmöglicher Sorgfalt zusammengestellt. Inhaltliche Fehler können dennoch nicht vollständig ausgeschlossen werden. Eine Haftung für etwaige Unrichtigkeiten kann daher nicht übernommen werden. Die Anwendung dieses Produktdatenblattes ersetzt nicht die Beachtung der einschlägigen Technischen Regeln des Straßenbaus.

Herausgeber

- Betonverband Straße, Landschaft, Garten e. V. (SLG), www.betonstein.org
- Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V., www.ziegel.de
- Bundesverband Mineralische Rohstoffe e. V. (MIRO), www.bv-miro.org

Bonn, Berlin, Duisburg. September 2020

Anforderungen an ungebundene Bettungsmaterialien für Pflasterdecken und Plattenbeläge gemäß den ZTV Pflaster-StB 20

PRODUKTDATENBLATT Bettungsmaterial B0/4G	Datenblatt-Nr. B04G-ZTV-092020
Bezeichnung nach TL Pflaster-StB: Baustoffgemisch oder Gesteinskörnung 0/4	
Allgemeine Hinweise	
<ul style="list-style-type: none"> • Verwendung gebrochener („G“) Gesteinskörnungen, z. B. gebrochenem Kies oder gebrochenem Festgestein. • Verwendung von natürlichen Gesteinskörnungen, industriell hergestellten Gesteinskörnungen oder Recycling-Baustoffen. Bei der Verwendung von industriell hergestellten Gesteinskörnungen und Recycling-Baustoffen sind die TL Pflaster-StB, Abschnitt 2, sowie die ZTV Pflaster-StB 20, Abschnitt 2.3, zu beachten. 	

Anwendungsbereiche (beispielhaft ohne Anspruch auf Vollständigkeit)
Pflasterdecken für von Kfz befahrbare Verkehrsflächen bis max. Bk3,2 gemäß den RStO 12 und für sonstige Verkehrsflächen.
Plattenbeläge für nicht von Kfz befahrbare Verkehrsflächen.

Anforderungen			Regelwerkhinweis
Es gelten die Anforderungen der TL Gestein-StB, Anhang H, und der TL Pflaster-StB, sofern nachfolgend nichts anderes festgelegt oder präzisiert ist.			TL Gestein-StB TL Pflaster-StB
max. Feinanteil	Durchgang 0,063 mm ≤ 5 M.-%	Kategorie UF_5	TL Pflaster-StB
min. Feinanteil	keine Anforderung	Kategorie LF_N	TL Pflaster-StB
Anteil gebrochener Oberflächen	nicht zutreffend	--	--
Fließkoeffizient	≥ 35	Kategorie EC_{35}	ZTV Pflaster-StB 20
Widerstand gegen Zertrümmerung ¹⁾	Bk0,3 und Verkehrsflächen mit geringerer Beanspruchung: Schlagzertrümmerungswert ≤ 26 oder Los Angeles Koeffizient ≤ 30	Kategorie SZ_{26} oder Kategorie LA_{30}	TL Gestein-StB, Anhang H
	Bk1,0 und Bk1,8: Schlagzertrümmerungswert ≤ 22 oder Los Angeles Koeffizient ≤ 25	Kategorie SZ_{22} oder Kategorie LA_{25}	ZTV Pflaster-StB 20
	Bk3,2 und Verkehrsflächen mit Besonderen Beanspruchungen: Schlagzertrümmerungswert ≤ 18 oder Los Angeles Koeffizient ≤ 20	Kategorie SZ_{18} oder Kategorie LA_{20}	

¹⁾ Die Anforderung richtet sich an das Gestein, aus welchem das Bettungsmaterial hergestellt wird.

Korngrößenverteilung (KGV)			
Überkornanteil	Durchgang bei 1,4 D Durchgang bei D	100 M.-% 90 - 99 M.-%	Kategorie OC_{90} TL Pflaster-StB
Die KGV des Bettungsmaterials B0/4G muss innerhalb des nebenstehenden Sieblinienbereichs liegen. Dabei sind			
<ul style="list-style-type: none"> • Siebdurchgänge mit Punkt (•) Anforderungen gemäß den TL Pflaster-StB bzw. gemäß den TL Gestein-StB und • andere Siebdurchgänge Empfehlungen gemäß dem M FP. 			

Zitierte Regelwerke (alphabetisch)

- M FP - Merkblatt für Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen in ungebundener Ausführung sowie für Einfassungen, Ausgabe 2015 (FGSV-Nr. 618/1)
- RStO 12 - Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, Ausgabe 2012 (FGSV-Nr. 499)
- TL Gestein-StB - Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau, Ausgabe: 2004/Fassung 2018 (FGSV-Nr. 613)
- TL Pflaster-StB 06/15 - Technische Lieferbedingungen für Bauprodukte zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen, Ausgabe 2006/Fassung 2015 (FGSV-Nr. 643)
- ZTV Pflaster-StB 20 - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen, Ausgabe 2020 (FGSV-Nr. 699)

Haftungsausschluss: Die in diesem Produktdatenblatt aufgeführten Angaben wurden nach bestem Gewissen und mit größtmöglicher Sorgfalt zusammengestellt. Inhaltliche Fehler können dennoch nicht vollständig ausgeschlossen werden. Eine Haftung für etwaige Unrichtigkeiten kann daher nicht übernommen werden. Die Anwendung dieses Produktdatenblattes ersetzt nicht die Beachtung der einschlägigen Technischen Regeln des Straßenbaus.

Herausgeber

- Betonverband Straße, Landschaft, Garten e. V. (SLG), www.betonstein.org
- Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V., www.ziegel.de
- Bundesverband Mineralische Rohstoffe e. V. (MIRO), www.bv-miro.org

Bonn, Berlin, Duisburg. September 2020

Anforderungen an ungebundene Bettungsmaterialien für Pflasterdecken und Plattenbeläge gemäß den ZTV Pflaster-StB 20

PRODUKTDATENBLATT Bettungsmaterial B0/5G		Datenblatt-Nr. B05G-ZTV-092020	
Bezeichnung nach TL Pflaster-StB: Baustoffgemisch oder Gesteinskörnung 0/5			
Allgemeine Hinweise			
<ul style="list-style-type: none"> • Verwendung gebrochener („G“) Gesteinskörnungen, z. B. gebrochenem Kies oder gebrochenem Festgestein. • Verwendung von natürlichen Gesteinskörnungen, industriell hergestellten Gesteinskörnungen oder Recycling-Baustoffen. Bei der Verwendung von industriell hergestellten Gesteinskörnungen und Recycling-Baustoffen sind die TL Pflaster-StB, Abschnitt 2, sowie die ZTV Pflaster-StB 20, Abschnitt 2.3, zu beachten. 			
Anwendungsbereiche (beispielhaft ohne Anspruch auf Vollständigkeit)			
Pflasterdecken für von Kfz befahrbare Verkehrsflächen bis max. Bk3,2 gemäß den RStO 12 und für sonstige Verkehrsflächen. Plattenbeläge für nicht von Kfz befahrbare Verkehrsflächen.			
Anforderungen			Regelwerkhinweis
Es gelten die Anforderungen der TL Gestein-StB, Anhang H, und der TL Pflaster-StB, sofern nachfolgend nichts anderes festgelegt oder präzisiert ist.			TL Gestein-StB TL Pflaster-StB
max. Feinanteil	Durchgang 0,063 mm \leq 5 M.-%	Kategorie UF_5	TL Pflaster-StB
min. Feinanteil	keine Anforderung	Kategorie LF_N	TL Pflaster-StB
Anteil gebrochener Oberflächen	Anteil vollständig gebrochener und teilweise gebrochener Körner 90-100 M.-%; Anteil vollständig gerundeter Körner 0-3 M.-%	Kategorie $C_{90/3}$	ZTV Pflaster-StB 20
Fließkoeffizient	≥ 35	Kategorie EC_{35}	ZTV Pflaster-StB 20
Widerstand gegen Zertrümmerung ¹⁾	Bk0,3 und Verkehrsflächen mit geringerer Beanspruchung: Schlagzertrümmerungswert ≤ 26 oder Los Angeles Koeffizient ≤ 30	Kategorie SZ_{26} oder Kategorie LA_{30}	TL Gestein-StB, Anhang H
	Bk1,0 und Bk1,8: Schlagzertrümmerungswert ≤ 22 oder Los Angeles Koeffizient ≤ 25	Kategorie SZ_{22} oder Kategorie LA_{25}	ZTV Pflaster-StB 20
	Bk3,2 und Verkehrsflächen mit Besonderen Beanspruchungen: Schlagzertrümmerungswert ≤ 18 oder Los Angeles Koeffizient ≤ 20	Kategorie SZ_{18} oder Kategorie LA_{20}	
¹⁾ Die Anforderung richtet sich an das Gestein, aus welchem das Bettungsmaterial hergestellt wird.			
Korngrößenverteilung (KGV)			
Überkoranteil	Durchgang bei 1,4 D	100 M.-%	Kategorie OC_{90}
	Durchgang bei D	90 - 99 M.-%	
Die KGV des Bettungsmaterials B0/5G muss innerhalb des nebenstehenden Sieblinienbereichs liegen. Dabei sind			
<ul style="list-style-type: none"> • Siebdurchgänge mit Punkt (•) Anforderungen gemäß den TL Pflaster-StB bzw. gemäß den TL Gestein-StB und • andere Siebdurchgänge Empfehlungen gemäß dem M FP. 			

Zitierte Regelwerke (alphabetisch)

- M FP - Merkblatt für Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen in ungebundener Ausführung sowie für Einfassungen, Ausgabe 2015 (FGSV-Nr. 618/1)
- RStO 12 - Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, Ausgabe 2012 (FGSV-Nr. 499)
- TL Gestein-StB - Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau, Ausgabe: 2004/Fassung 2018 (FGSV-Nr. 613)
- TL Pflaster-StB 06/15 - Technische Lieferbedingungen für Bauprodukte zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen, Ausgabe 2006/Fassung 2015 (FGSV-Nr. 643)
- ZTV Pflaster-StB 20 - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen, Ausgabe 2020 (FGSV-Nr. 699)

Haftungsausschluss: Die in diesem Produktdatenblatt aufgeführten Angaben wurden nach bestem Gewissen und mit größtmöglicher Sorgfalt zusammengestellt. Inhaltliche Fehler können dennoch nicht vollständig ausgeschlossen werden. Eine Haftung für etwaige Unrichtigkeiten kann daher nicht übernommen werden. Die Anwendung dieses Produktdatenblattes ersetzt nicht die Beachtung der einschlägigen Technischen Regeln des Straßenbaus.

Herausgeber

- Betonverband Straße, Landschaft, Garten e. V. (SLG), www.betonstein.org
- Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V., www.ziegel.de
- Bundesverband Mineralische Rohstoffe e. V. (MIRO), www.bv-miro.org

Bonn, Berlin, Duisburg, September 2020

Anforderungen an ungebundene Bettungsmaterialien für Pflasterdecken und Plattenbeläge gemäß den ZTV Pflaster-StB 20

PRODUKTDATENBLATT Bettungsmaterial B0/8	Datenblatt-Nr. B08-ZTV-092020
Bezeichnung nach TL Pflaster-StB: Baustoffgemisch 0/8	
Allgemeine Hinweise	
<ul style="list-style-type: none"> Baustoffgemisch aus ungebrochenen Gesteinskörnungen, daher i. d. R. Verwendung von natürlichen Gesteinskörnungen (Kies, Natursand). Bei der Verwendung von industriellen hergestellten Gesteinskörnungen und Recycling-Baustoffen sind die TL Pflaster-StB, Abschnitt 2, sowie die ZTV Pflaster-StB 20, Abschnitt 2.3, zu beachten. 	

Anwendungsbereiche (beispielhaft ohne Anspruch auf Vollständigkeit)
Pflasterdecken für von Kfz befahrbare Verkehrsflächen bis max. Bk0,3 gemäß den RStO 12 und für sonstige Verkehrsflächen.
Plattenbeläge für nicht von Kfz befahrbare Verkehrsflächen.

Anforderungen		Regelwerkhinweis	
Es gelten die Anforderungen der TL Gestein-StB, Anhang H, und der TL Pflaster-StB, sofern nachfolgend nichts anderes festgelegt oder präzisiert ist.		TL Gestein-StB TL Pflaster-StB	
max. Feinanteil	Durchgang 0,063 mm \leq 5 M.-%	Kategorie UF_5	TL Pflaster-StB
min. Feinanteil	keine Anforderung	Kategorie LF_N	TL Pflaster-StB
Anteil gebrochener Oberflächen	keine Anforderung	Kategorie C_{NR}	TL Gestein-StB, Anhang H
Fließkoeffizient	< 30	Kategorie E_{CS} angegeben	TL Gestein-StB, Anhang H
Widerstand gegen Zertrümmerung ¹⁾	Schlagzertrümmerungswert \leq 26 oder Los Angeles Koeffizient \leq 30	Kategorie SZ_{26} oder Kategorie LA_{30}	TL Gestein-StB, Anhang H

¹⁾ Die Anforderung richtet sich an das Gestein, aus welchem das Bettungsmaterial hergestellt wird.

Korngrößenverteilung (KGV)			
Überkornanteil	Durchgang bei 1,4 D Durchgang bei D	100 M.-% 90 - 99 M.-%	Kategorie OC_{90}
Die KGV des Bettungsmaterials B0/8 muss innerhalb des nebenstehenden Sieblinienbereichs liegen. Dabei sind			
<ul style="list-style-type: none"> Siebdurchgänge mit Punkt (•) Anforderungen gemäß den TL Pflaster-StB bzw. gemäß den TL Gestein-StB und andere Siebdurchgänge Empfehlungen gemäß dem M FP. 			

Zitierte Regelwerke (alphabetisch)

- M FP - Merkblatt für Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen in ungebundener Ausführung sowie für Einfassungen, Ausgabe 2015 (FGSV-Nr. 618/1)
- RStO 12 - Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, Ausgabe 2012 (FGSV-Nr. 499)
- TL Gestein-StB - Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau, Ausgabe: 2004/Fassung 2018 (FGSV-Nr. 613)
- TL Pflaster-StB 06/15 - Technische Lieferbedingungen für Bauprodukte zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen, Ausgabe 2006/Fassung 2015 (FGSV-Nr. 643)
- ZTV Pflaster-StB 20 - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen, Ausgabe 2020 (FGSV-Nr. 699)

Haftungsausschluss: Die in diesem Produktdatenblatt aufgeführten Angaben wurden nach bestem Gewissen und mit größtmöglicher Sorgfalt zusammengestellt. Inhaltliche Fehler können dennoch nicht vollständig ausgeschlossen werden. Eine Haftung für etwaige Unrichtigkeiten kann daher nicht übernommen werden. Die Anwendung dieses Produktdatenblattes ersetzt nicht die Beachtung der einschlägigen Technischen Regeln des Straßenbaus.

Herausgeber

- Betonverband Straße, Landschaft, Garten e. V. (SLG), www.betonstein.org
- Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V., www.ziegel.de
- Bundesverband Mineralische Rohstoffe e. V. (MIRO), www.bv-miro.org

Bonn, Berlin, Duisburg, September 2020

Anforderungen an ungebundene Bettungsmaterialien für Pflasterdecken und Plattenbeläge gemäß den ZTV Pflaster-StB 20

PRODUKTDATENBLATT Bettungsmaterial B0/8G	Datenblatt-Nr. B08G-ZTV-092020
Bezeichnung nach TL Pflaster-StB: Baustoffgemisch 0/8	
Allgemeine Hinweise	
<ul style="list-style-type: none"> • Verwendung gebrochener („G“) Gesteinskörnungen, z. B. gebrochenem Kies oder gebrochenem Festgestein. • Verwendung von natürlichen Gesteinskörnungen, industriell hergestellten Gesteinskörnungen oder Recycling-Baustoffen. Bei der Verwendung von industriell hergestellten Gesteinskörnungen und Recycling-Baustoffen sind die TL Pflaster-StB, Abschnitt 2, sowie die ZTV Pflaster-StB 20, Abschnitt 2.3, zu beachten. 	

Anwendungsbereiche (beispielhaft ohne Anspruch auf Vollständigkeit)
Pflasterdecken für von Kfz befahrbare Verkehrsflächen bis max. Bk3,2 gemäß den RStO 12 und für sonstige Verkehrsflächen.
Plattenbeläge für nicht von Kfz befahrbare Verkehrsflächen.

Anforderungen		Regelwerkhinweis	
Es gelten die Anforderungen der TL Gestein-StB, Anhang H, und der TL Pflaster-StB, sofern nachfolgend nichts anderes festgelegt oder präzisiert ist.		TL Gestein-StB TL Pflaster-StB	
max. Feinanteil	Durchgang 0,063 mm \leq 5 M.-%	Kategorie UF_5	TL Pflaster-StB
min. Feinanteil	keine Anforderung	Kategorie LF_N	TL Pflaster-StB
Anteil gebrochener Oberflächen	Anteil vollständig gebrochener und teilweise gebrochener Körner 90-100 M.-%; Anteil vollständig gerundeter Körner 0-3 M.-%	Kategorie $C_{90/3}$	ZTV Pflaster-StB 20
Fließkoeffizient	≥ 35	Kategorie EC_{35}	ZTV Pflaster-StB 20
Widerstand gegen Zertrümmerung ¹⁾	Bk0,3 und Verkehrsflächen mit geringerer Beanspruchung: Schlagzertrümmerungswert ≤ 26 oder Los Angeles Koeffizient ≤ 30	Kategorie SZ_{26} oder Kategorie LA_{30}	TL Gestein-StB, Anhang H
	Bk1,0 und Bk1,8: Schlagzertrümmerungswert ≤ 22 oder Los Angeles Koeffizient ≤ 25	Kategorie SZ_{22} oder Kategorie LA_{25}	ZTV Pflaster-StB 20
	Bk3,2 und Verkehrsflächen mit Besonderen Beanspruchungen: Schlagzertrümmerungswert ≤ 18 oder Los Angeles Koeffizient ≤ 20	Kategorie SZ_{18} oder Kategorie LA_{20}	

¹⁾ Die Anforderung richtet sich an das Gestein, aus welchem das Bettungsmaterial hergestellt wird.

Korngrößenverteilung (KGV)			
Überkomanteil	Durchgang bei 1,4 D	100 M.-%	Kategorie OC_{90}
	Durchgang bei D	90 - 99 M.-%	
Die KGV des Bettungsmaterials B0/8G muss innerhalb des nebenstehenden Sieblinienbereichs liegen. Dabei sind			
<ul style="list-style-type: none"> • Siebdurchgänge mit Punkt (•) Anforderungen gemäß den TL Pflaster-StB bzw. gemäß den TL Gestein-StB und • andere Siebdurchgänge Empfehlungen gemäß dem M FP. 			

Zitierte Regelwerke (alphabetisch)

- M FP - Merkblatt für Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen in ungebundener Ausführung sowie für Einfassungen, Ausgabe 2015 (FGSV-Nr. 618/1)
- RStO 12 - Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, Ausgabe 2012 (FGSV-Nr. 499)
- TL Gestein-StB - Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau, Ausgabe: 2004/Fassung 2018 (FGSV-Nr. 613)
- TL Pflaster-StB 06/15 - Technische Lieferbedingungen für Bauprodukte zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen, Ausgabe 2006/Fassung 2015 (FGSV-Nr. 643)
- ZTV Pflaster-StB 20 - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen, Ausgabe 2020 (FGSV-Nr. 699)

Haftungsausschluss: Die in diesem Produktdatenblatt aufgeführten Angaben wurden nach bestem Gewissen und mit größtmöglicher Sorgfalt zusammengestellt. Inhaltliche Fehler können dennoch nicht vollständig ausgeschlossen werden. Eine Haftung für etwaige Unrichtigkeiten kann daher nicht übernommen werden. Die Anwendung dieses Produktdatenblattes ersetzt nicht die Beachtung der einschlägigen Technischen Regeln des Straßenbaus.

Herausgeber

- Betonverband Straße, Landschaft, Garten e. V. (SLG), www.betonstein.org
- Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V., www.ziegel.de
- Bundesverband Mineralische Rohstoffe e. V. (MIRO), www.bv-miro.org

Bonn, Berlin, Duisburg, September 2020

Anforderungen an ungebundene Bettungsmaterialien für versickerungsfähige Pflasterdecken gemäß dem M VV

PRODUKTDATENBLATT Bettungsmaterial B1/3G Datenblatt-Nr. B13G-MVV-092020

Bezeichnung nach TL Gestein-StB: grobe Gesteinskörnung

Allgemeine Hinweise

- Verwendung gebrochener („G“) Gesteinskörnungen, z. B. gebrochenem Kies oder gebrochenem Festgestein.
- Verwendung von natürlichen Gesteinskörnungen, industriell hergestellten Gesteinskörnungen oder Recycling-Baustoffen. Bei der Verwendung von industriell hergestellten Gesteinskörnungen und Recycling-Baustoffen sind die TL Pflaster-StB, Abschnitt 2, sowie die ZTV Pflaster-StB 20, Abschnitt 2.3, zu beachten.

Anwendungsbereiche (beispielhaft ohne Anspruch auf Vollständigkeit)

Pflasterdecken für versickerungsfähige Verkehrsflächen der Belastungsklassen Bk0,3 – ggf. Bk1,0 und Bk1,8 – gemäß den RStO 12 und für sonstige Verkehrsflächen.

Anforderungen Regelwerkhinweis

Es gelten die Anforderungen der TL Gestein-StB, Anhang H, sofern nachfolgend nichts anderes festgelegt oder präzisiert ist. siehe links

max. Feinanteil	≤ 1 M.-%	Kategorie f_1	M VV und TL Gestein-StB
Anteil gebrochener Oberflächen	nicht zutreffend	--	--
Fließkoeffizient	entfällt	--	--
Widerstand gegen Zertrümmerung ¹⁾	Schlagzertrümmerungswert ≤ 22 oder Los Angeles Koeffizient ≤ 25	Kategorie SZ_{22} oder Kategorie LA_{25}	M VV und TL Gestein-StB, Anhang H

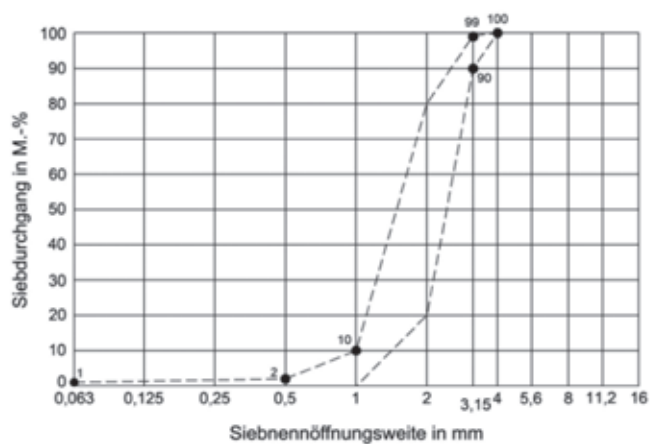
¹⁾ Die Anforderung richtet sich an das Gestein, aus welchem das Bettungsmaterial hergestellt wird.

Korngrößenverteilung (KGV)

Über-/Unterkornanteil	Durchgang bei 1,4 D	100 M.-%	Kategorie $G_{C90/10}$	TL Gestein-StB, Anhang H
	Durchgang bei D	90 - 99 M.-%		
	Durchgang bei d	0 - 10 M.-%		
	Durchgang bei d/2	0 - 2 M.-%		

Die KGV des Bettungsmaterials B1/3G muss innerhalb des nebenstehenden Sieblinienbereichs liegen. Dabei sind

- Siebdurchgänge mit Punkt (•) Anforderungen gemäß den TL Gestein-StB und
- andere Siebdurchgänge Empfehlungen der Herausgeber.



Zitierte Regelwerke (alphabetisch)

- M VV – Merkblatt für Versickerungsfähige Verkehrsflächen, Ausgabe 2013 (FGSV-Nr. 947)
- RStO 12 - Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, Ausgabe 2012 (FGSV-Nr. 499)
- TL Gestein-StB - Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau, Ausgabe: 2004/Fassung 2018 (FGSV-Nr. 613)
- TL Pflaster-StB 06/15 - Technische Lieferbedingungen für Bauprodukte zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen, Ausgabe 2006/Fassung 2015 (FGSV-Nr. 643)
- ZTV Pflaster-StB 20 - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen, Ausgabe 2020 (FGSV-Nr. 699)

Haftungsausschluss: Die in diesem Produktdatenblatt aufgeführten Angaben wurden nach bestem Gewissen und mit größtmöglicher Sorgfalt zusammengestellt. Inhaltliche Fehler können dennoch nicht vollständig ausgeschlossen werden. Eine Haftung für etwaige Unrichtigkeiten kann daher nicht übernommen werden. Die Anwendung dieses Produktdatenblattes ersetzt nicht die Beachtung der einschlägigen Technischen Regeln des Straßenbaus.

Herausgeber

- Betonverband Straße, Landschaft, Garten e. V. (SLG), www.betonstein.org
- Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V., www.ziegel.de
- Bundesverband Mineralische Rohstoffe e. V. (MIRO), www.bv-miro.org

Bonn, Berlin, Duisburg, September 2020

Anforderungen an ungebundene Bettungsmaterialien für versickerungsfähige Pflasterdecken gemäß dem M VV

PRODUKTDATENBLATT Bettungsmaterial B2/5G	Datenblatt-Nr. B25G-MVV-092020
Bezeichnung nach TL Gestein-StB: grobe Gesteinskörnung	
Allgemeine Hinweise	
<ul style="list-style-type: none"> • Verwendung gebrochener („G“) Gesteinskörnungen, z. B. gebrochenem Kies oder gebrochenem Festgestein. • Verwendung von natürlichen Gesteinskörnungen, industriell hergestellten Gesteinskörnungen oder Recycling-Baustoffen. Bei der Verwendung von industriell hergestellten Gesteinskörnungen und Recycling-Baustoffen sind die TL Pflaster-StB, Abschnitt 2, sowie die ZTV Pflaster-StB 20, Abschnitt 2.3, zu beachten. 	

Anwendungsbereiche (beispielhaft ohne Anspruch auf Vollständigkeit)
Pflasterdecken für versickerungsfähige Verkehrsflächen der Belastungsklassen Bk0,3 – ggf. Bk1,0 und Bk1,8 – gemäß den RStO 12 und für sonstige Verkehrsflächen.

Anforderungen			Regelwerkhinweis								
Es gelten die Anforderungen der TL Gestein-StB, Anhang H, sofern nachfolgend nichts anderes festgelegt oder präzisiert ist.			siehe links								
max. Feinanteil	≤ 1 M.-%	Kategorie f_1	M VV und TL Gestein-StB								
Anteil gebrochener Oberflächen	keine Anforderung	Kategorie C_{NR}	TL Gestein-StB								
Fließkoeffizient	entfällt	--	--								
Widerstand gegen Zertrümmerung ¹⁾	Schlagzertrümmerungswert ≤ 22 oder Los Angeles Koeffizient ≤ 25	Kategorie SZ_{22} oder Kategorie LA_{25}	M VV und TL Gestein-StB, Anhang H								
¹⁾ Die Anforderung richtet sich an das Gestein, aus welchem das Bettungsmaterial hergestellt wird.											
Korngrößenverteilung (KGV)											
Überkornanteil	<table border="0"> <tr> <td>Durchgang bei 1,4 D</td> <td>100 M.-%</td> </tr> <tr> <td>Durchgang bei D</td> <td>90 - 99 M.-%</td> </tr> <tr> <td>Durchgang bei d</td> <td>0 - 10 M.-%</td> </tr> <tr> <td>Durchgang bei d/2</td> <td>0 - 2 M.-%</td> </tr> </table>	Durchgang bei 1,4 D	100 M.-%	Durchgang bei D	90 - 99 M.-%	Durchgang bei d	0 - 10 M.-%	Durchgang bei d/2	0 - 2 M.-%	Kategorie $G_c90/10$	TL Gestein-StB
Durchgang bei 1,4 D	100 M.-%										
Durchgang bei D	90 - 99 M.-%										
Durchgang bei d	0 - 10 M.-%										
Durchgang bei d/2	0 - 2 M.-%										
Die KGV des Bettungsmaterials B2/5G muss innerhalb des nebenstehenden Sieblinienbereichs liegen. Dabei sind											
<ul style="list-style-type: none"> • Siebdurchgänge mit Punkt (•) Anforderungen gemäß den TL Gestein-StB und • andere Siebdurchgänge Empfehlungen der Herausgeber. 											

Zitierte Regelwerke (alphabetisch)

- M VV – Merkblatt für Versickerungsfähige Verkehrsflächen, Ausgabe 2013 (FGSV-Nr. 947)
- RStO 12 - Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, Ausgabe 2012 (FGSV-Nr. 499)
- TL Gestein-StB - Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau, Ausgabe: 2004/Fassung 2018 (FGSV-Nr. 613)
- TL Pflaster-StB 06/15 - Technische Lieferbedingungen für Bauprodukte zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen, Ausgabe 2006/Fassung 2015 (FGSV-Nr. 643)
- ZTV Pflaster-StB 20 - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen, Ausgabe 2020 (FGSV-Nr. 699)

Haftungsausschluss: Die in diesem Produktdatenblatt aufgeführten Angaben wurden nach bestem Gewissen und mit größtmöglicher Sorgfalt zusammengestellt. Inhaltliche Fehler können dennoch nicht vollständig ausgeschlossen werden. Eine Haftung für etwaige Unrichtigkeiten kann daher nicht übernommen werden. Die Anwendung dieses Produktdatenblattes ersetzt nicht die Beachtung der einschlägigen Technischen Regeln des Straßenbaus.

Herausgeber

- Betonverband Straße, Landschaft, Garten e. V. (SLG), www.betonstein.org
- Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V., www.ziegel.de
- Bundesverband Mineralische Rohstoffe e. V. (MIRO), www.bv-miro.org

Bonn, Berlin, Duisburg, September 2020

Anforderungen an ungebundene Fugenmaterialien für Pflasterdecken und Plattenbeläge gemäß den ZTV Pflaster-StB 20

PRODUKTDATENBLATT Fugenmaterial F0/2G	Datenblatt-Nr. F02G-ZTV-092020
Bezeichnung nach TL Pflaster-StB: Gesteinskörnung 0/2	
Allgemeine Hinweise	
<ul style="list-style-type: none"> • Verwendung gebrochener („G“) Gesteinskörnungen, z. B. gebrochenem Kies oder gebrochenem Festgestein. • Verwendung von natürlichen Gesteinskörnungen, industriell hergestellten Gesteinskörnungen oder Recycling-Baustoffen. Bei der Verwendung von industriell hergestellten Gesteinskörnungen und Recycling-Baustoffen sind die TL Pflaster-StB, Abschnitt 2, sowie die ZTV Pflaster-StB 20, Abschnitt 2.3, zu beachten. 	

Anwendungsbereiche (beispielhaft ohne Anspruch auf Vollständigkeit)
Pflasterdecken für von Kfz befahrbare Verkehrsflächen bis max. Bk3,2 gemäß den RStO 12 und für sonstige Verkehrsflächen – in besonderen Fällen. Plattenbeläge für nicht von Kfz befahrbare Verkehrsflächen – in besonderen Fällen.
Anmerkung: Ein besonderer Fall kann z. B. vorliegen, wenn eine Sollfugenbreite von 3 mm vorgegeben ist.

Anforderungen		Regelwerkhinweis	
Es gelten die Anforderungen der TL Gestein-StB, Anhang H, und der TL Pflaster-StB, sofern nachfolgend nichts anderes festgelegt oder präzisiert ist.		siehe links	
max. Feinanteil	Durchgang 0,063 mm ≤ 9 M.-%	Kategorie UF ₉	TL Pflaster-StB
min. Feinanteil	Durchgang 0,063 mm ≥ 2 M.-%	Kategorie LF ₂	TL Pflaster-StB
Anteil gebrochener Oberflächen	nicht zutreffend	--	--
Fließkoeffizient	≥ 35	Kategorie E _{Cs} 35	ZTV Pflaster-StB 20
Widerstand gegen Zertrümmerung ¹⁾	Bk0,3 und Verkehrsflächen mit geringerer Beanspruchung: Schlagzertrümmerungswert ≤ 26 oder Los Angeles Koeffizient ≤ 30	Kategorie SZ ₂₆ oder Kategorie LA ₃₀	TL Gestein-StB, Anhang H
	Bk1,0 und Bk1,8: Schlagzertrümmerungswert ≤ 22 oder Los Angeles Koeffizient ≤ 25	Kategorie SZ ₂₂ oder Kategorie LA ₂₅	ZTV Pflaster-StB 20
	Bk3,2 und Verkehrsflächen mit Besonderen Beanspruchungen: Schlagzertrümmerungswert ≤ 18 oder Los Angeles Koeffizient ≤ 20	Kategorie SZ ₁₈ oder Kategorie LA ₂₀	

¹⁾ Die Anforderung richtet sich an das Gestein, aus welchem das Fugenmaterial hergestellt wird.

Korngrößenverteilung (KGV)			
Überkornanteil	Durchgang bei 2 D Durchgang bei 1,4 D Durchgang bei D	100 M.-% -- 85 - 99 M.-%	Kategorie G _F 85
Die KGV des Fugenmaterials 0/2G muss innerhalb des nebenstehenden Sieblinienbereichs liegen. Dabei sind		TL Gestein-StB, Anhang H	
<ul style="list-style-type: none"> • Siebdurchgänge mit Kreis (•) Anforderungen gemäß den TL Gestein-StB, gemäß den TL Pflaster-StB bzw. gemäß den ZTV Pflaster-StB 20 und • andere Siebdurchgänge Empfehlungen gemäß dem M FP. 			

Zitierte Regelwerke

- M FP - Merkblatt für Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen in ungebundener Ausführung sowie für Einfassungen, Ausgabe 2015 (FGSV-Nr. 618/1)
- RStO 12 - Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, Ausgabe 2012 (FGSV-Nr. 499)
- TL Gestein-StB - Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau, Ausgabe: 2004/Fassung 2018 (FGSV-Nr. 613)
- TL Pflaster-StB 06/15 - Technische Lieferbedingungen für Bauprodukte zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen, Ausgabe 2006/Fassung 2015 (FGSV-Nr. 643)
- ZTV Pflaster-StB 20 - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen, Ausgabe 2020 (FGSV-Nr. 699)

Haftungsausschluss: Die in diesem Produktdatenblatt aufgeführten Angaben wurden nach bestem Gewissen und mit größtmöglicher Sorgfalt zusammengestellt. Inhaltliche Fehler können dennoch nicht vollständig ausgeschlossen werden. Eine Haftung für etwaige Unrichtigkeiten kann daher nicht übernommen werden. Die Anwendung dieses Produktdatenblattes ersetzt nicht die Beachtung der einschlägigen Technischen Regeln des Straßenbaus.

Herausgeber

- Betonverband Straße, Landschaft, Garten e. V. (SLG), www.betonstein.org
- Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V., www.ziegel.de
- Bundesverband Mineralische Rohstoffe e. V. (MIRO), www.bv-miro.org

Anforderungen an ungebundene Fugenmaterialien für Pflasterdecken und Plattenbeläge gemäß den ZTV Pflaster-StB 20

PRODUKTDATENBLATT Fugenmaterial F0/3G	Datenblatt-Nr. F03G-ZTV-102020
Bisher ist ein Fugenmaterial 0/3 in den TL Pflaster-StB nicht beschrieben. Es wurde in der ZTV Pflaster-StB 20 erstmals als ein mögliches Fugenmaterial aufgenommen. Es kann in Anlehnung an die TL Gestein-StB grundsätzlich als feine Gesteinskörnung bezeichnet werden. In der Praxis wird es sich i. A. um ein Gesteinskörnungsgemisch aus den Korngruppen/Lieferkörnungen 0/2 und 1/3 handeln.	
Allgemeine Hinweise	
<ul style="list-style-type: none"> • Verwendung gebrochener („G“) Gesteinskörnungen, z. B. gebrochenem Kies oder gebrochenem Festgestein. • Verwendung von natürlichen Gesteinskörnungen, industriell hergestellten Gesteinskörnungen oder Recycling-Baustoffen. Bei der Verwendung von industriell hergestellten Gesteinskörnungen und Recycling-Baustoffen sind die TL Pflaster-StB, Abschnitt 2, sowie die ZTV Pflaster-StB 20, Abschnitt 2.3, zu beachten. 	

Anwendungsbereiche (beispielhaft ohne Anspruch auf Vollständigkeit)
Pflasterdecken für von Kfz befahrbare Verkehrsflächen bis max. Bk3,2 gemäß den RStO 12 und für sonstige Verkehrsflächen – in besonderen Fällen. Plattenbeläge für nicht von Kfz befahrbare Verkehrsflächen – in besonderen Fällen.
Anmerkung: Ein besonderer Fall kann z. B. vorliegen, wenn eine Sollfugenbreite von 3 mm vorgegeben ist.

Anforderungen	Regelwerkhinweis
Es gelten die Anforderungen der TL Gestein-StB, Anhang H, sofern nachfolgend nichts anderes festgelegt oder präzisiert ist.	siehe links
max. Feinanteil	Durchgang 0,063 mm ≤ 9 M.-% Kategorie UF ₉ TL Pflaster-StB ²⁾
min. Feinanteil	Durchgang 0,063 mm ≥ 2 M.-% Kategorie LF ₂ TL Pflaster-StB ²⁾
Anteil gebrochener Oberflächen	nicht zutreffend -- --
Fließkoeffizient	≥ 35 bei Bk0,3 bis Bk3,2 Kategorie EC ₃₅ ZTV Pflaster-StB 20 ²⁾
	< 30 bei Verkehrsflächen mit geringerer Beanspruchung als Bk0,3 Kategorie EC _{Sangegeben} ZTV Pflaster-StB 20 ²⁾
Widerstand gegen Zertrümmerung ¹⁾	Bk0,3 und Verkehrsflächen mit geringerer Beanspruchung: Schlagzertrümmerungswert ≤ 26 oder Los Angeles Koeffizient ≤ 30 Kategorie SZ ₂₆ oder Kategorie LA ₃₀ TL Gestein-StB, Anhang H
	Bk1,0 und Bk1,8: Schlagzertrümmerungswert ≤ 22 oder Los Angeles Koeffizient ≤ 25 Kategorie SZ ₂₂ oder Kategorie LA ₂₅ ZTV Pflaster-StB 20
	Bk3,2 und Verkehrsflächen mit Besonderen Beanspruchungen: Schlagzertrümmerungswert ≤ 18 oder Los Angeles Koeffizient ≤ 20 Kategorie SZ ₁₈ oder Kategorie LA ₂₀ ZTV Pflaster-StB 20

¹⁾ Die Anforderung richtet sich an das Gestein, aus welchem das Fugenmaterial hergestellt wird.

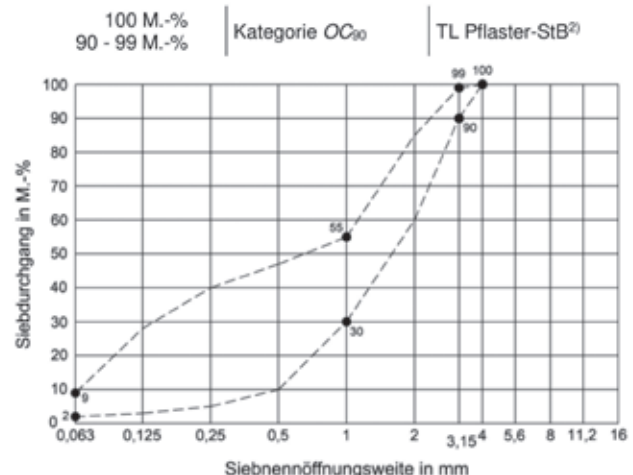
²⁾ In Anlehnung.

Korngrößenverteilung (KGV)

Überkomanteil | Durchgang bei 1,4 D
Durchgang bei D

Die KGV des Fugenmaterials 0/3G muss innerhalb des nebenstehenden Sieblinienbereichs liegen. Dabei sind

- Siebdurchgänge mit Punkt (•) Anforderungen in Anlehnung an die TL Gestein-StB, an die TL Pflaster-StB bzw. an die ZTV Pflaster-StB 20 und
- andere Siebdurchgänge Empfehlungen in Anlehnung an das M FP.



Zitierte Regelwerke

- M FP - Merkblatt für Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen in ungebundener Ausführung sowie für Einfassungen, Ausgabe 2015 (FGSV-Nr. 618/1)
- RStO 12 - Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, Ausgabe 2012 (FGSV-Nr. 499)
- TL Gestein-StB - Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau, Ausgabe: 2004/Fassung 2018 (FGSV-Nr. 613)
- TL Pflaster-StB 06/15 - Technische Lieferbedingungen für Bauprodukte zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen, Ausgabe 2006/Fassung 2015 (FGSV-Nr. 643)
- ZTV Pflaster-StB 20 - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen, Ausgabe 2020 (FGSV-Nr. 699)

Haftungsausschluss: Die in diesem Produktdatenblatt aufgeführten Angaben wurden nach bestem Gewissen und mit größtmöglicher Sorgfalt zusammengestellt. Inhaltliche Fehler können dennoch nicht vollständig ausgeschlossen werden. Eine Haftung für etwaige Unrichtigkeiten kann daher nicht übernommen werden. Die Anwendung dieses Produktdatenblattes ersetzt nicht die Beachtung der einschlägigen Technischen Regeln des Straßenbaus.

Herausgeber

- Betonverband Straße, Landschaft, Garten e. V. (SLG), www.betonstein.org
- Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V., www.ziegel.de
- Bundesverband Mineralische Rohstoffe e. V. (MIRO), www.bv-miro.org

Bonn, Berlin, Duisburg, September 2020

Anforderungen an ungebundene Fugenmaterialien für Pflasterdecken und Plattenbeläge gemäß den ZTV Pflaster-StB 20

PRODUKTDATENBLATT Fugenmaterial F0/4	Datenblatt-Nr. F04-ZTV-092020
Bezeichnung nach TL Pflaster-StB: Baustoffgemisch 0/4	
Allgemeine Hinweise	
<ul style="list-style-type: none"> Baustoffgemisch aus ungebrochenen Gesteinskörnungen, daher i. d. R. Verwendung von natürlichen Gesteinskörnungen (Kies, Natursand). Bei der Verwendung von industriellen hergestellten Gesteinskörnungen und Recycling-Baustoffen sind die TL Pflaster-StB, Abschnitt 2, sowie die ZTV Pflaster-StB 20, Abschnitt 2.3, zu beachten. 	

Anwendungsbereiche (beispielhaft ohne Anspruch auf Vollständigkeit)
Pflasterdecken für sonstige Verkehrsflächen und Plattenbeläge für nicht von Kfz befahrbare Verkehrsflächen –mit einer Sollfugenbreite von 4 mm bis 6 mm. Anmerkung: Das Fugenmaterial 0/4 sollte nicht in dauerhaft überdachten Bereichen sowie in solchen mit vorwiegendem Einsatz von Kehrsaugmaschinen eingesetzt werden.

Anforderungen		Regelwerkhinweis	
Es gelten die Anforderungen der TL Gestein-StB, Anhang H, und der TL Pflaster-StB, sofern nachfolgend nichts anderes festgelegt oder präzisiert ist.		siehe links	
max. Feinanteil	Durchgang 0,063 mm \leq 9 M.-%	Kategorie UF_9	TL Pflaster-StB
min. Feinanteil	Durchgang 0,063 mm \geq 2 M.-%	Kategorie LF_2	TL Pflaster-StB
Anteil gebrochener Oberflächen	nicht zutreffend	--	--
Fließkoeffizient	< 30	Kategorie $E_{CSangegeben}$	TL Gestein-StB, Anhang H
Widerstand gegen Zertrümmerung ¹⁾	Schlagzertrümmerungswert \leq 26 oder Los Angeles Koeffizient \leq 30	Kategorie SZ_{26} oder Kategorie LA_{30}	TL Gestein-StB, Anhang H

¹⁾ Die Anforderung richtet sich an das Gestein, aus welchem das Fugenmaterial hergestellt wird.

Korngrößenverteilung (KGV)			
Überkornanteil	Durchgang bei 1,4 D Durchgang bei D	100 M.-% 90 - 99 M.-%	Kategorie OC_{90} TL Pflaster-StB
Die KGV des Fugenmaterials F0/4 muss innerhalb des nebenstehenden Sieblinienbereichs liegen. Dabei sind			
<ul style="list-style-type: none"> Siebdurchgänge mit Punkt (•) Anforderungen gemäß den TL Pflaster-StB und andere Siebdurchgänge Empfehlungen gemäß dem M FP. 			

Zitierte Regelwerke

- M FP - Merkblatt für Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen in ungebundener Ausführung sowie für Einfassungen, Ausgabe 2015 (FGSV-Nr. 618/1)
- TL Gestein-StB - Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau, Ausgabe: 2004/Fassung 2018 (FGSV-Nr. 613)
- TL Pflaster-StB 06/15 - Technische Lieferbedingungen für Bauprodukte zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen, Ausgabe 2006/Fassung 2015 (FGSV-Nr. 643)
- ZTV Pflaster-StB 20 - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen, Ausgabe 2020 (FGSV-Nr. 699)

Haftungsausschluss: Die in diesem Produktdatenblatt aufgeführten Angaben wurden nach bestem Gewissen und mit größtmöglicher Sorgfalt zusammengestellt. Inhaltliche Fehler können dennoch nicht vollständig ausgeschlossen werden. Eine Haftung für etwaige Unrichtigkeiten kann daher nicht übernommen werden. Die Anwendung dieses Produktdatenblattes ersetzt nicht die Beachtung der einschlägigen Technischen Regeln des Straßenbaus.

Herausgeber

- Betonverband Straße, Landschaft, Garten e. V. (SLG), www.betonstein.org
- Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V., www.ziegel.de
- Bundesverband Mineralische Rohstoffe e. V. (MIRO), www.bv-miro.org

Bonn, Berlin, Duisburg, September 2020

Anforderungen an ungebundene Fugenmaterialien für Pflasterdecken und Plattenbeläge gemäß den ZTV Pflaster-StB 20

PRODUKTDATENBLATT Fugenmaterial F0/4G	Datenblatt-Nr. F04G-ZTV-102020
Bezeichnung nach TL Pflaster-StB: Baustoffgemisch oder Gesteinskörnung 0/4	
Allgemeine Hinweise	
<ul style="list-style-type: none"> • Verwendung gebrochener („G“) Gesteinskörnungen, z. B. gebrochenem Kies oder gebrochenem Festgestein. • Verwendung von natürlichen Gesteinskörnungen, industriell hergestellten Gesteinskörnungen oder Recycling-Baustoffen. Bei der Verwendung von industriell hergestellten Gesteinskörnungen und Recycling-Baustoffen sind die TL Pflaster-StB, Abschnitt 2, sowie die ZTV Pflaster-StB 20, Abschnitt 2.3, zu beachten. 	

Anwendungsbereiche (beispielhaft ohne Anspruch auf Vollständigkeit)
Pflasterdecken für von Kfz befahrbare Verkehrsflächen bis max. Bk3,2 gemäß den RStO 12 und für sonstige Verkehrsflächen mit einer Sollfugenbreite von 4 mm bis 6 mm. Plattenbeläge für nicht von Kfz befahrbare Verkehrsflächen mit einer Sollfugenbreite von 4 mm bis 6 mm.

Anforderungen			Regelwerkhinweis
Es gelten die Anforderungen der TL Gestein-StB, Anhang H, und der TL Pflaster-StB, sofern nachfolgend nichts anderes festgelegt oder präzisiert ist.			siehe links
max. Feinanteil	Durchgang 0,063 mm ≤ 9 M.-%	Kategorie UF_9	TL Pflaster-StB
min. Feinanteil	Durchgang 0,063 mm ≥ 2 M.-%	Kategorie LF_2	TL Pflaster-StB
Anteil gebrochener Oberflächen	nicht zutreffend	--	--
Fließkoeffizient	≥ 35	Kategorie EC_{35}	ZTV Pflaster-StB 20
Widerstand gegen Zertrümmerung ¹⁾ (bei Gesteinskörnungsgemischen)	Bk0,3 und Verkehrsflächen mit geringerer Beanspruchung: Schlagzertrümmerungswert ≤ 26 oder Los Angeles Koeffizient ≤ 30	Kategorie SZ_{26} oder Kategorie LA_{30}	TL Gestein-StB, Anhang H
	Bk1,0 und Bk1,8: Schlagzertrümmerungswert ≤ 22 oder Los Angeles Koeffizient ≤ 25	Kategorie SZ_{22} oder Kategorie LA_{25}	ZTV Pflaster-StB 20
	Bk3,2 und Verkehrsflächen mit Besonderen Beanspruchungen: Schlagzertrümmerungswert ≤ 18 oder Los Angeles Koeffizient ≤ 20	Kategorie SZ_{18} oder Kategorie LA_{20}	

¹⁾ Die Anforderung richtet sich an das Gestein, aus welchem das Fugenmaterial hergestellt wird.

Korngrößenverteilung (KGV)			
Überkoranteil	Durchgang bei 1,4 D Durchgang bei D	100 M.-% 90 - 99 M.-%	Kategorie OC_{90} TL Pflaster-StB
Die KGV des Fugenmaterials F0/4G muss innerhalb des nebenstehenden Sieblinienbereichs liegen. Dabei sind			
<ul style="list-style-type: none"> • Siebdurchgänge mit Punkt (•) Anforderungen gemäß den TL Pflaster-StB bzw. gemäß den ZTV Pflaster-StB 20 und • andere Siebdurchgänge Empfehlungen gemäß dem M FP. 			

Zitierte Regelwerke

- M FP - Merkblatt für Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen in ungebundener Ausführung sowie für Einfassungen, Ausgabe 2015 (FGSV-Nr. 618/1)
- RStO 12 - Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, Ausgabe 2012 (FGSV-Nr. 499)
- TL Gestein-StB - Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau, Ausgabe: 2004/Fassung 2018 (FGSV-Nr. 613)
- TL Pflaster-StB 06/15 - Technische Lieferbedingungen für Bauprodukte zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen, Ausgabe 2006/Fassung 2015 (FGSV-Nr. 643)
- ZTV Pflaster-StB 20 - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen, Ausgabe 2020 (FGSV-Nr. 699)

Haftungsausschluss: Die in diesem Produktdatenblatt aufgeführten Angaben wurden nach bestem Gewissen und mit größtmöglicher Sorgfalt zusammengestellt. Inhaltliche Fehler können dennoch nicht vollständig ausgeschlossen werden. Eine Haftung für etwaige Unrichtigkeiten kann daher nicht übernommen werden. Die Anwendung dieses Produktdatenblattes ersetzt nicht die Beachtung der einschlägigen Technischen Regeln des Straßenbaus.

Herausgeber

- Betonverband Straße, Landschaft, Garten e. V. (SLG), www.betonstein.org
- Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V., www.ziegel.de
- Bundesverband Mineralische Rohstoffe e. V. (MIRO), www.bv-miro.org

Bonn, Berlin, Duisburg, September 2020

Anforderungen an ungebundene Fugenmaterialien für Pflasterdecken und Plattenbeläge gemäß den ZTV Pflaster-StB 20

PRODUKTDATENBLATT Fugenmaterial F0/5G	Datenblatt-Nr. F05G-ZTV-102020
Bezeichnung nach TL Pflaster-StB: Baustoffgemisch oder Gesteinskörnung 0/5	
Allgemeine Hinweise	
<ul style="list-style-type: none"> • Verwendung gebrochener („G“) Gesteinskörnungen, z. B. gebrochenem Kies oder gebrochenem Festgestein. • Verwendung von natürlichen Gesteinskörnungen, industriell hergestellten Gesteinskörnungen oder Recycling-Baustoffen. Bei der Verwendung von industriell hergestellten Gesteinskörnungen und Recycling-Baustoffen sind die TL Pflaster-StB, Abschnitt 2, sowie die ZTV Pflaster-StB 20, Abschnitt 2.3, zu beachten. 	

Anwendungsbereiche (beispielhaft ohne Anspruch auf Vollständigkeit)
Pflasterdecken für von Kfz befahrbare Verkehrsflächen bis max. Bk3,2 gemäß den RStO 12 und für sonstige Verkehrsflächen mit einer Sollfugenbreite von 5 mm bis 8 mm. Plattenbeläge für nicht von Kfz befahrbare Verkehrsflächen mit einer Sollfugenbreite von 5 mm bis 8 mm.

Anforderungen		Regelwerkhinweis	
Es gelten die Anforderungen der TL Gestein-StB, Anhang H, und der TL Pflaster-StB, sofern nachfolgend nichts anderes festgelegt oder präzisiert ist.		siehe links	
max. Feinanteil	Durchgang 0,063 mm ≤ 9 M.-%	Kategorie UF ₉	TL Pflaster-StB
min. Feinanteil	Durchgang 0,063 mm ≥ 2 M.-%	Kategorie LF ₂	TL Pflaster-StB
Anteil gebrochener Oberflächen (bei Gesteinskörnungsgemischen)	Anteil vollständig gebrochener und teilweise gebrochener Körner 90-100 M.-%; Anteil vollständig gerundeter Körner 0-3 M.-%	Kategorie C _{90/3}	ZTV Pflaster-StB 20
Fließkoeffizient	≥ 35	Kategorie EC ₃₅	ZTV Pflaster-StB 20
Widerstand gegen Zertrümmerung ¹⁾ (bei Gesteinskörnungsgemischen)	Bk0,3 und Verkehrsflächen mit geringerer Beanspruchung: Schlagzertrümmerungswert ≤ 26 oder Los Angeles Koeffizient ≤ 30	Kategorie SZ ₂₆ oder Kategorie LA ₃₀	TL Gestein-StB, Anhang H
	Bk1,0 und Bk1,8: Schlagzertrümmerungswert ≤ 22 oder Los Angeles Koeffizient ≤ 25	Kategorie SZ ₂₂ oder Kategorie LA ₂₅	ZTV Pflaster-StB 20
	Bk3,2 und Verkehrsflächen mit Besonderen Beanspruchungen: Schlagzertrümmerungswert ≤ 18 oder Los Angeles Koeffizient ≤ 20	Kategorie SZ ₁₈ oder Kategorie LA ₂₀	

¹⁾ Die Anforderung richtet sich an das Gestein, aus welchem das Fugenmaterial hergestellt wird.

Korngrößenverteilung (KGV)

Überkornanteil	Durchgang bei 1,4 D Durchgang bei D	100 M.-% 90 - 99 M.-%	Kategorie OC ₉₀	TL Pflaster-StB
----------------	--	--------------------------	----------------------------	-----------------

Die KGV des Fugenmaterials F0/5G muss innerhalb des nebenstehenden Sieblinienbereichs liegen. Dabei sind

- Siebdurchgänge mit Punkt (•) Anforderungen gemäß den TL Pflaster-StB bzw. gemäß den ZTV Pflaster-StB 20 und
- andere Siebdurchgänge Empfehlungen gemäß dem M FP.

- Zitierte Regelwerke**
- M FP - Merkblatt für Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen in ungebundener Ausführung sowie für Einfassungen, Ausgabe 2015 (FGSV-Nr. 618/1)
 - RStO 12 - Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, Ausgabe 2012 (FGSV-Nr. 499)
 - TL Gestein-StB - Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau, Ausgabe: 2004/Fassung 2018 (FGSV-Nr. 613)
 - TL Pflaster-StB 06/15 - Technische Lieferbedingungen für Bauprodukte zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen, Ausgabe 2006/Fassung 2015 (FGSV-Nr. 643)
 - ZTV Pflaster-StB 20 - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen, Ausgabe 2020 (FGSV-Nr. 699)

Haftungsausschluss: Die in diesem Produktdatenblatt aufgeführten Angaben wurden nach bestem Gewissen und mit größtmöglicher Sorgfalt zusammengestellt. Inhaltliche Fehler können dennoch nicht vollständig ausgeschlossen werden. Eine Haftung für etwaige Unrichtigkeiten kann daher nicht übernommen werden. Die Anwendung dieses Produktdatenblattes ersetzt nicht die Beachtung der einschlägigen Technischen Regeln des Straßenbaus.

- Herausgeber**
- Betonverband Straße, Landschaft, Garten e. V. (SLG), www.betonstein.org
 - Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V., www.ziegel.de
 - Bundesverband Mineralische Rohstoffe e. V. (MIRO), www.bv-miro.org

Literatur und Regelwerke

- AK Beurteilungsgrundlagen (2023). Leitfaden für die Beurteilung von Flächenbefestigungen mit Betonbauteilen - Grundlagen für die Beurteilung optischer Eigenschaften (Bd. 1. Auflage). (Fraunhofer IRB Verlag, Hrsg.) Stuttgart.
- AP EDS-1 (März 2022). Arbeitspapier Eingangsgrößen für die Dimensionierung und Bewertung der strukturellen Substanz Teil 1: Verkehrsbelastung. (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- Arnold, G., & Werkmeister, S. (2006). Performance Tests for selecting Aggregates for Roads – Report on Progress. Annual AQA and IOQNZ Conference, July 12-14 2006. Christchurch (NZ).
- ATV DIN 18299 (September 2019). Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) Allgemeine Regelungen für Bauarbeiten jeder Art. (Deutsches Institut für Normung e.V., Hrsg.) Berlin: DIN Media.
- ATV DIN 18300 (September 2019). Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) Erdarbeiten. (Deutsches Institut für Normung e.V., Hrsg.) Berlin: DIN Media.
- ATV DIN 18315 (September 2019). Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) Verkehrswegebauarbeiten - Oberbauschichten ohne Bindemittel. (Deutsches Institut für Normung e.V., Hrsg.) Berlin: DIN Media.
- ATV DIN 18316 (September 2019). Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) Verkehrswegebauarbeiten - Oberbauschichten mit hydraulischen Bindemitteln. (Deutsches Institut für Normung e.V., Hrsg.) Berlin: DIN Media.
- ATV DIN 18317 (September 2019). Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) Verkehrswegebauarbeiten - Oberbauschichten aus Asphalt. (Deutsches Institut für Normung e.V., Hrsg.) Berlin: DIN Media.
- ATV DIN 18318 (September 2019). Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Pflasterdecken und Plattenbeläge, Einfassungen. (Deutsches Institut für Normung e.V., Hrsg.) Berlin: DIN Media.
- BBSV (August 2020). Begriffsbestimmungen für das Straßen- und Verkehrswesen. (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- Bomag Fayat Group (2013). Light Equipment Empfehlungen Pflasterbau; Folienpräsentation. Boppard: BOMAG GmbH.
- CEN/TS 12633 (Dezember 2014). Verfahren zur Bestimmung des Griffigkeitsbeiwertes vor und nach Polierung. (Deutsches Institut für Normung e.V., Hrsg.) Berlin: DIN Media.
- DIN 1045-2 (August 2023). Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 2: Beton. (Deutsches Institut für Normung e.V., Hrsg.) Berlin: DIN Media.
- DIN 18125-2 (November 2020). Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung der Dichte des Bodens - Teil 2: Feldversuche. (Deutsches Institut für Normung e.V., Hrsg.) Berlin: DIN Media.
- DIN 18127 (September 2012). Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Proctorversuch. (Deutsches Institut für Normung e.V., Hrsg.) Berlin: DIN Media.
- DIN 18134 (April 2012). Baugrund - Versuche und Versuchsgeräte - Plattendruckversuch. (Deutsches Institut für Normung e.V., Hrsg.) Berlin: DIN Media.
- DIN 18196 (Februar 2023). Erd- und Grundbau - Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke. (Deutsches Institut für Normung e.V., Hrsg.) Berlin: DIN Media.
- DIN 18500-1 (Oktober 2022). Betonwerkstein -Teil 1: Begriffe, Anforderungen, Prüfung. (Deutsches Institut für Normung e.V., Hrsg.) Berlin: DIN Media.
- DIN 18507-1 (Juni 2024). Pflastersteine aus haufwerksporigem Beton - Teil 1: Begriffe, Anforderungen, Prüfungen. (Deutsches Institut für Normung e.V., Hrsg.) Berlin: DIN Media.
- DIN 32984 (April 2023). Bodenindikatoren im öffentlichen Raum. (Deutsches Institut für Normung e.V., Hrsg.) Berlin: DIN Media.
- DIN 483 (Oktober 2005). Bordsteine aus Beton - Formen, Maße, Kennzeichnung. (Deutsches Institut für Normung e.V., Hrsg.) Berlin: DIN Media.
- DIN 52101 (Oktober 2013). Prüfverfahren für Gesteinskörnungen - Probenahme. (Deutsches Institut für Normung e.V., Hrsg.) Berlin: DIN Media.
- DIN EN 12004-1 (Mai 2017). Mörtel und Klebstoffe für keramische Fliesen und Platten - Teil 1: Anforderungen, Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit, Einstufung und Kennzeichnung. (Deutsches Institut für Normung e.V., Hrsg.) Berlin: DIN Media.

- DIN EN 13198 (September 2003). Betonfertigteile - Straßenmöbel und Gartengestaltungselemente. (Deutsches Institut für Normung e.V., Hrsg.) Berlin: DIN Media.
- DIN EN 13242 (März 2008). Gesteinskörnungen für ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische für den Ingenieur- und Straßenbau. (Deutsches Institut für Normung e.V., Hrsg.) Berlin: DIN Media.
- DIN EN 13286-2 (Februar 2013). Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische - Teil 2: Laborprüfverfahren zur Bestimmung der Referenz-Trockendichte und des Wassergehaltes - Proctorversuch. (Deutsches Institut für Normung e.V., Hrsg.) Berlin: DIN Media.
- DIN EN 1338 (August 2003). Pflastersteine aus Beton - Anforderungen und Prüfverfahren; einschl. Berichtigung 1 : November 2006. (Deutsches Institut für Normung e. V., Hrsg.) Berlin: DIN Media.
- DIN EN 1339 (August 2003). Platten aus Beton - Anforderungen und Prüfverfahren; einschl. Berichtigung 1 : November 2006. (Deutsches Institut für Normung e. V., Hrsg.) Berlin: DIN Media.
- DIN EN 1340 (August 2003). Bordsteine aus Beton - Anforderungen und Prüfverfahren; einschl. Berichtigung 1 : November 2006. (Deutsches Institut für Normung e.V., Hrsg.) Berlin: DIN Media.
- DIN EN 1433 (September 2005). Entwässerungsrinnen für Verkehrsflächen - Klassifizierung, Bau- und Prüfgrundsätze, Kennzeichnung und Beurteilung der Konformität. (Deutsches Institut für Normung e. V., Hrsg.) Berlin: DIN Media.
- DIN EN 206 (Juni 2021). Beton - Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Deutsche Fassung EN 206:2013+A2:2021. (Deutsches Institut für Normung e.V., Hrsg.) Berlin: DIN Media.
- DIN EN 932-1 (November 1996). Prüfverfahren für allgemeine Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Teil 1: Probenahmeverfahren. (Deutsches Institut für Normung e.V., Hrsg.) Berlin: DIN Media.
- DIN EN 932-2 (März 1999). Prüfverfahren für allgemeine Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Teil 2: Verfahren zum Einengen von Laboratoriumsproben. (Deutsches Institut für Normung e.V., Hrsg.) Berlin: DIN Media.
- EAR (September 2023). Empfehlungen für Anlagen des ruhenden Verkehrs. (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- EFA (September 2002). Empfehlungen für Fußgängerverkehrsanlagen. (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- ERA (Dezember 2010). Empfehlungen für Radverkehrsanlagen. (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- ESG (Juni 2011). Empfehlungen zur Straßenraumgestaltung innerhalb bebauter Gebiete. (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- EU-BauPVO (9. März 2011). Verordnung (EU) Nr. 305/2011 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. März 2011 zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates. (Europäische Union (EU), Hrsg.) Brüssel: Amtsblatt der Europäischen Union (ABl).
- H BVA (Juni 2011). Hinweise für barrierefreie Verkehrsanlagen. (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- Jadon (Niederlande) (November/Dezember 2018). Hamburgs Jungfernstieg wird vom Kaugummi befreit. (I. Huckewitz, Hrsg.) Kommunal Direkt (6), S.13.
- Kärcher (November/Dezember 2018). Neues Dampfgerät von Kärcher zur Kaugummientfernung. (I. Huckewitz, Hrsg.) Kommunal Direkt (6), S. 11.
- Krass, K., Jungfeld, I. & Rohleder, M. (2002). Ermittlung eines Bewertungshintergrundes für den horizontalen Verschiebungswiderstand von Pflasterdecken. Forschungsbericht zum AiF-Projekt 12126 N, Ruhr-Universität Bochum, Institut für Straßenwesen und Eisenbahnbau, Bochum.
- Krass, K. et al. (1997). Untersuchung über die Verteilung von auftretenden Schub- und Torsionskräften in Pflasterbelägen. Forschungsbericht zu Projekt 6.058, Ruhr-Universität Bochum, Bochum.
- Krass, K., Görener, E. (2005). Anforderungen an das Bettungs- und Fugenmaterial für Pflasterdecken bei statischer und dynamischer Verkehrsbeanspruchung. Forschungsbericht zu Projekt 6.078, Ruhr-Universität Bochum, Institut für Straßenwesen und Eisenbahnbau, Bochum.
- Lerch, T. (2006). Untersuchungen zum Verformungsverhalten von Betonpflasterkonstruktionen unter praxisrelevanter Belastung. Schriftenreihe Professur für Straßenbau, Heft 15, Technische Universität Dresden, Fakultät Bauingenieurwesen, Dresden.

- M BEP (Februar 2022). Merkblatt für die Bauliche Erhaltung von Verkehrsflächen mit Pflasterdecken, Platten- und Großformatbelägen sowie von Einfassungen. (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- M DBT (September 2013). Merkblatt für Dränbetontrag-schichten. (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- M FG (März 2022). Merkblatt für Flächenbefestigungen mit Großformaten. (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- M FP (Februar 2024). Merkblatt für Flächenbefestigun-gen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen in ungebundener Ausführung. (Forschungsgesell-schaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- M FPgeb (April 2018). Merkblatt für Flächenbefestigun-gen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen in gebundener Ausführung. (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- M Geok E (März 2016). Merkblatt über die Anwendung von Geokunststoffen im Erdbau des Straßenbaus. (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrs-wesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- M LP (April 2019). Merkblatt für Lärmarme Pflasterbau-weisen. (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- M RR (März 2023). Merkblatt für Randeinfassungen und Entwässerungsrinnen. (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- M SoB (Februar 2021). Merkblatt für Schichten ohne Bindemittel. (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- M VV (Juli 2013). Merkblatt für Versickerungsfähige Ver-kehrsflächen. (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- Mentlein, H. (2016). Abtrocknung von Betonpflaster. (Giesel Verlag, Hrsg.) Straßen- & Tiefbau, Heft 5, S. 16-21.
- Merkblatt (Februar 2003). Merkblatt für die Verdichtung des Untergrundes und Unterbaues im Straßenbau. (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrs-wesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- Merkblatt (Februar 2020). Merkblatt über den Rutsch-widerstand von Pflasterdecken und Plattenbelägen für den Fußgängerverkehr. (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- Merkblatt Winterdienst (Mai 2020). Merkblatt für den Winterdienst auf Straßen. (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- Radenberg, M., Sedaghat, N., Kollar, J. & Flottmann, N. (2018). Evaluation Ressourcen schonender Trag-schichten. Bundesministerium für Verkehr und digi-tale Infrastruktur (Hrsg.). Bremen: Fachverlag NW in der Carl Ed. Schünemann KG.
- RASt (Januar 2009). Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen, Ausgabe 2006, korr. Nachdr. 2009. (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrs-wesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- REwS (März 2020). Richtlinien für die Entwässerung von Straßen. (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- Rohleder, M. (2002). Horizontale Verschiebungen in Pflasterdecken und deren Visualisierung. Ruhr-Uni-versität Bochum, Institut für Straßenwesen und Eisenbahnbau. Bochum: Prof. Dr.-Ing. Klaus Krass.
- Rohowski, H. (2016). Perfekt verlegt, aber falsch gepflegt? Folgekosten bei Bodenbelägen im Au-ßenraum. Veitshöchheimer Berichte 177, 33-37.
- Rohowski, H. (2017). Vergütete - Was sie leisten. (Haymarket Media GmbH, Hrsg.) Taspo Garten-Design (4), S. 59-66.
- Roßberg, K., Wellner, F. & Gleitz, T. (1995). Dynamische Belastungsversuche an Pflasterkonstruktionen. For-schungsbericht, Technische Universität Dresden, Fakultät für Bauingenieurwesen, Institut für Stadt-bauwesen und Straßenbau, Dresden.
- RStO (Januar 2024). Richtlinien für die Standar-disierung des Oberbaus von Verkehrsflächen. (For-schungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswe-sen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- RuA-StB (Juni 2023). Richtlinien für die umweltverträgli-che Anwendung von mineralischen Ersatzbaustof-fen im Straßenbau. (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- Shackel, B. (1980). An Experimental Investigation of the Roles of the Bedding and Jointing Sands in the Performance of Interlocking Concrete Block Pavements. Concrete / Beton, No. 19/1980.

- SLG (2020). Merkblatt für versickerungsfähige Pflasterbefestigungen aus Beton. (Betonverband Straße, Landschaft, Garten e.V., Hrsg.) Bonn.
- SLG (2021a). Merkblatt Plattenbeläge aus Beton für befahrbare Verkehrsflächen. (Betonverband Straße, Landschaft, Garten e.V., Hrsg.) Bonn.
- SLG, ZIEGEL, MIRO (Oktober 2020). Produktdatenblätter Bettungs- und Fugenmaterialien, Referenzfassungen 09/2020 und z. T. 10/2020. (Betonverband Straße, Landschaft, Garten e. V., Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V., & Bundesverband Mineralische Rohstoffe e.V., Hrsg.) Bonn, Berlin, Duisburg.
- Spanier, T. & Wolf, M. (2019). Schaffung eines Bewertungshintergrundes für die Bestimmung des Infiltrationsbeiwertes mit dem Standrohr-Infiltrometer im Labor. Kurzbericht zum Forschungsauftrag FE 06.0112/2015/FGB, Technische Universität Dresden, Fakultät für Bauingenieurwesen, Institut für Stadtbauwesen und Straßenbau, Dresden.
- TH Köln (Oktober 2017). Neues Verfahren - Mit Ultraschall gegen Kaugummis. (MuP Verlag GmbH, Hrsg.) Kommunalen Beschaffungs-Dienst (10), S. 33.
- TL Asphalt-StB (2013). Technische Lieferbedingungen für Asphaltmischgut für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen (Ausg. 2007, Fassg. 2013). (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- TL Beton-StB (2007). Technische Lieferbedingungen für Baustoffe und Baustoffgemische für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton. (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- TL BuB E-StB (Juli 2023). Technische Lieferbedingungen für Bodenmaterialien und Baustoffe für den Erdbau im Straßenbau. (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- TL Fug-StB (Juli 2016). Technische Lieferbedingungen für Fugenfüllstoffe in Verkehrsflächen. (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- TL G SoB-StB (Dezember 2020). Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau Teil: Güteüberwachung. (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- TL Gestein-StB (2023). Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau (Ausg. 2004, Fassg. 2018). (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- TL Pflaster-StB (Dezember 2015). Technische Lieferbedingungen für Bauprodukte zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen (Ausg. 2006, Fassg. 2015). (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- TL SoB-StB (Dezember 2020). Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau. (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- TP BF-StB E 2 (1994). Technische Prüfvorschriften für Boden und Fels im Straßenbau Teil E 2: Flächendeckende dynamische Prüfung der Verdichtung. (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- TP BF-StB Teil B 8.3 (Oktober 2012). Technische Prüfvorschriften für Boden und Fels im Straßenbau Teil B 8.3: Dynamischer Plattendruckversuch mit Leichtem Fallgewichtsgesetz. (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- TP Eben - Berührende Messungen (2017). Technische Prüfvorschriften für Ebenheitsmessungen auf Fahrbahnoberflächen in Längs- und Querrichtung Teil: Berührende Messungen. (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- TP Gestein-StB Teil 5.5.3 (2013). Technische Prüfvorschriften für Gesteinskörnungen im Straßenbau Teil 5.5.3 Bestimmung der mechanischen Festigkeit an der Gesteinskörnung 0/5,6 mm – modifiziertes Micro-Deval-Verfahren. (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- TP Gestein-StB Teil 8.1.1 (2015). Technische Prüfvorschriften für Gesteinskörnungen im Straßenbau Teil 8.1.1 Bestimmung der Proctordichte. (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- TP Gestein-StB Teil 8.2.1 (2016). Technische Prüfvorschriften für Gesteinskörnungen im Straßenbau Teil 8.2.1 Dynamischer Plattendruckversuch mit dem Mittelschweren Fallgewichtsgesetz. (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.

- TP Gestein-StB Teil 8.3.2 (2012). Technische Prüfverfahren für Gesteinskörnungen im Straßenbau Teil 8.3.2 Bestimmung des Infiltrationsbeiwertes mit dem Modifizierten Standrohr-Infiltrometer – in situ-Verfahren. (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- TP Gestein-StB Teil 8.3.3 (2015). Technische Prüfverfahren für Gesteinskörnungen im Straßenbau Teil 8.3.3 Bestimmung des Infiltrationsbeiwertes mit dem Tropf-Infiltrometer – in situ-Verfahren. (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- TP Gestein-StB Teil 8.3.4 (2015). Technische Prüfverfahren für Gesteinskörnungen im Straßenbau Teil 8.3.4 Bestimmung des Infiltrationsbeiwertes mit dem Doppelring-Infiltrometer – in situ-Verfahren. (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- Ulonska, D. (Januar 2021). Regel- und handwerksgerechte Anschlüsse mit Pflastersteinen und Platten aus Beton (Foliensammlung). (Betonverband Straße, Landschaft, Garten e.V., Hrsg.) Bonn.
- Velske, S., Mentlein, H. & Eymann, P. (2013). Straßenbau Straßenbautechnik, 7. Auflage. Köln: Werner Verlag.
- Voß, K.-U. (November 2018d). Verfärbungen an Betonpflastersteinen durch Fugenmaterialien. (Bundesanzeiger Verlag GmbH & Fraunhofer IRB Verlag, Hrsg.) Der Bausachverständige (6), S. 22-26.
- Wellner, F. (April 2001). Tragschichten unter Pflasterdecken. Die Naturstein-Industrie, S. 12-18.
- Wellner, F., Leutner, R., Lerch, T., Numrich, R., Hampel, U. & Lorenzl, H. (2004). Weiterführende Untersuchungen zum Verhalten von Pflasterdecken unter horizontaler Belastung. Forschungsbericht zum Projekt 6.072 des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, TU Dresden / TU Braunschweig, Bonn.
- Windhövel, U., Wetzels, C., & Ulonska, D. (April 2010). Rutschhemmung von geschliffenen Betonwaren für Außenbereiche - Zusammenfassung über eine Untersuchung der Bergischen Universität Wuppertal. (Betonverband Straße, Landschaft, Garten e.V., Hrsg.) Bonn.
- Wolf, M. (2014). Untersuchungen zur Wasserdurchlässigkeit von Tragschichten ohne Bindemittel in Straßenbefestigungen. Dresden: Technische Universität Dresden, Fakultät Bauingenieurwesen.
- ZTV Asphalt-StB (Januar 2014). Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt, Ausg. 2007, Fassg. 2013. (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- ZTV A-StB (Januar 2012). Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen. (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- ZTV Beton-StB (Juni 2008). Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton. (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- ZTV E-StB (September 2017). Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau. (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- ZTV Ew-StB (November 2014). Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Entwässerungseinrichtungen im Straßenbau. (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- ZTV Fug-StB (Juli 2016). Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Fugen in Verkehrsflächen. (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- ZTV Pflaster-StB (Juni 2020). Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen. (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- ZTV SoB-StB (Dezember 2020). Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau. (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hrsg.) Köln: FGSV Verlag.
- ZTV-Wegebau (November 2022). Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen für den Bau von Wegen und Plätzen außerhalb von Flächen des Straßenverkehrs. Bonn: Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.



