

Original Pflasterklinker – Qualität aus Ton gebrannt

Technische Informationen

Planung, Gestaltung und Herstellung von Flächen
mit Original-Pflasterklinker

KLINKERPFLASTER



 ORIGINAL PFLASTER®
GEPRÜFTE QUALITÄT
KLINKER



Technische Informationen

Planung, Gestaltung und Herstellung von Flächen mit Original-Pflasterklinker

8. überarbeitete Auflage: Januar 2018

Arbeitsgemeinschaft Pflasterklinker e.V.
Reinhardtstraße 12-16
10117 Berlin
Telefon 030. 52 00 999-16
Telefax 030. 52 00 999-28
info@pflasterklinker.de
www.pflasterklinker.de

© Arbeitsgemeinschaft Pflasterklinker e.V. 2018
Berlin, Januar 2018



Vorbemerkung

Diese Broschüre soll die Gestaltungsmöglichkeiten, die planerischen und bautechnischen Grundsätze für Flächenbefestigungen mit Klinkerpflasterdecken aufzeigen. Ihre Inhalte sind gleichermaßen für befestigte private Flächen und Wege bis hin zu öffentlichen Verkehrsflächenbefestigungen anwendbar. Durch Anwendung dieser Inhalte sollen vorzeitige Schäden vermieden werden, um möglichst dauerhafte Klinkerpflasterbefestigungen zu erhalten.

Nachfolgend werden u.a. die wichtigsten im Technischen Regelwerk enthaltenen Anforderungen beschrieben. Daneben werden Ergebnisse wissenschaftlicher Untersuchungen dargestellt. Irrtümer oder Änderungen des Technischen Regelwerks im Rahmen seiner Fortschreibung sind jedoch vorbehalten. Die Ausführungsempfehlungen für die Planung, Gestaltung und Ausführung von Klinkerpflasterflächen sind auf Grundlage baupraktischer Erfahrungen erarbeitet worden. Die in dieser Broschüre enthaltenen technischen Hinweise beschreiben die sachgemäße Planung und Anwendungstechnik für häufige baupraktische Anwendungsfälle. Es können jedoch nicht alle denkbar

möglichen Sonderfälle erfasst werden, in denen dann sowohl weitergehende als auch einschränkende Maßnahmen erforderlich werden könnten. Die Anwendung der Broschüre befreit also nicht von der Verantwortung für eigenes Handeln, deren Einhaltung sichert jedoch nach aller bisherigen Erkenntnis eine einwandfreie technische Leistung zu. Den Lesern wird zusätzlich empfohlen, sich in Fragen der Wahl der Bauweisen, der Bemessung der Schichtdicken, des Erdbaus, der Baustoffe und der Entwässerung von entsprechenden Fachleuten beraten zu lassen.

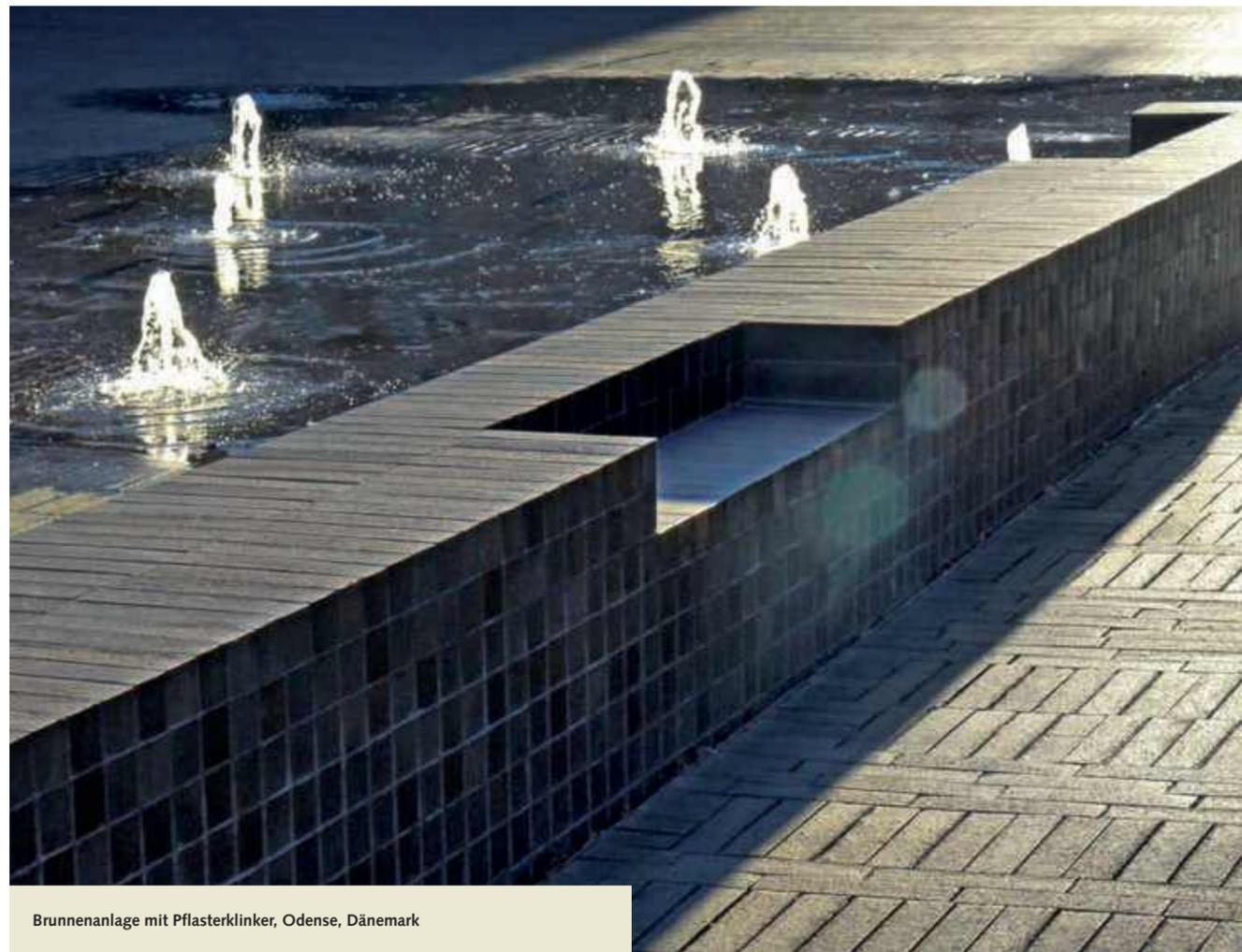
Für eine Mitteilung Ihrer Erfahrungen in der Nutzung dieser Broschüre sowie für Kritik und Anregungen bezüglich ihrer Inhalte wären wir Ihnen im Sinne einer Fortentwicklung unserer Fachinformationen sehr dankbar.

Arbeitsgemeinschaft Pflasterklinker e.V.
Berlin, Januar 2018



Inhalt

1	Pflasterklinker – ein traditioneller Baustoff für Pflasterdecken.	9
2	Vorteile und Einsatzgebiete von Klinkerpflasterdecken	10
3	Anforderungen an Pflasterziegel / Pflasterklinker	14
3.1	Anforderungen für das Inverkehrbringen nach BauPVO	14
3.2	Pflasterziegel nach DIN EN 1344	14
3.2.1	Maßabweichungen	14
3.2.2	Frost-Tau-Widerstand	15
3.2.3	Biegebruchlast (Festigkeit)	15
3.2.4	Abriebwiderstand	16
3.2.5	Gleit-/Rutschwiderstand	16
3.2.6	Säurebeständigkeit	16
3.3	Pflasterklinker nach DIN EN 1344 mit DIN 18503	17
3.3.1	Wasseraufnahme	17
3.3.2	Scherbenrohddichte	17
3.4	Leistungserklärung	17
3.4.1	Leistungserklärung in gedruckter Form als lieferungsbegleitende Unterlage	17
3.4.2	Leistungserklärung auf der Webseite des Herstellers	19
3.4.3	Leistungserklärung in Internet – Datenbanken	19
3.5	CE-Kennzeichnung	19
3.6	Zusätzliche Herstellerangaben	19
3.7	Anforderungen für die Verwendung von Pflasterziegel/Pflasterklinker	22
3.7.1	Anforderungen nach VOB/C ATV DIN 18318	22
3.7.2	Technischen Lieferbedingungen TL Pflaster-StB	22
4	Herstellung und Qualitätssicherung	24
4.1	Herstellung von Pflasterklinkern	24
4.1.1	Rohstoffgewinnung	24
4.1.2	Stufen der Rohstoffaufbereitung	25
4.1.3	Formen	26
4.1.4	Trocknen	26
4.1.5	Brennen	26
4.1.6	Verpacken und Transport	26
4.2	Qualitätskontrolle	27
4.3	Formate	28
4.3.1	Fugenbreite und Rastermaß	28
4.3.2	Standardformate	28
4.3.3	Formklinker	30
4.4	Farben	31
4.5	Herstellungsbedingte Besonderheiten	31
4.5.1	Farb- und Strukturabweichungen	31
4.5.2	Maß- und Formabweichungen	31
4.5.3	Haarrisse	31



Brunnenanlage mit Pflasterklinker, Odense, Dänemark

5	Planung und Bauausführung	32
5.1	Gestaltung von Klinkerpflasterflächen	32
5.1.1	Läuferverband	32
5.1.2	Fischgrätverband	32
5.1.3	Diagonalverband	32
5.1.4	Block- oder Parkettverband	32
5.1.5	Lineare Verlegemuster	33
5.1.6	Gestaltungsbeispiele unter Verwendung von quadratischen Klinkerformaten	33
5.1.7	Geeignete Verbände für befahrene Flächen	33
5.2	Städtebauliche und bautechnische Aspekte	34
5.3	Das Technische Regelwerk und seine Bedeutung im Bauvertrag	34
5.3.1	Allgemeine Technische Vertragsbedingungen	35
5.3.2	Technische Lieferbedingungen (TL)	35
5.3.3	Normen	35
5.3.4	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen	35
5.3.5	Richtlinien	36
5.3.6	Merkblätter, Empfehlungen und Arbeitspapiere	36
5.4	Baugrundsätze	37
5.4.1	Schichtenaufbau von Pflasterbefestigungen	37
5.4.2	Begriffe	37
5.5	Entwässerung	38
5.5.1	Oberflächenentwässerung	38
5.5.2	Planumsentwässerung	39
5.6	Dimensionierung und Festlegung der Schichten des Aufbaus der Befestigung	39
5.6.1	Vorgehensweise für Verkehrsflächen	39
5.6.2	Zusätzliche Hinweise für besondere Arten von Flächenbefestigungen	42
5.6.3	Dimensionierung des Oberbaus für private, nicht regelmäßig befahrene Flächen	44
5.7	Planung und Ausführung der Flächenbefestigung	45
5.7.1	Untergrund/Unterbau	45
5.7.2	Tragschichten ohne Bindemittel	46
5.7.3	Pflasterdecke	50
5.7.4	Rinnen, Randeinfassungen und Einbauten	58
6	Notwendige Arbeiten während der Nutzungsdauer von Klinker-Pflasterflächen	60
6.1	Optische Beurteilung der Flächen	60
6.1.1	Verband, Fugenbreite und Fugenverlauf	60
6.1.2	Unebenheiten, Anschlüsse	60
6.1.3	Kantenabplatzungen	60
6.1.4	Farb- und Strukturabweichungen	60
6.1.5	Ausblühungen	60
6.2	Hydrophobierung	61
6.3	Reinigung	61
6.4	Erhaltungsarbeiten	62
6.5	Aufgrabungen	63

7	Sonderbauweisen	64
7.1	Die gebundene Bauweise	64
7.1.1	Allgemeines	64
7.1.2	Anwendungsbereich	64
7.1.3	Charakteristiken der gebundenen Bauweise	64
7.1.4	Bettungsmörtel	65
7.1.5	Fugenmörtel	66
7.1.6	Bauausführung	66
7.2	Versickerungsfähige Klinkerpflasterflächen	67
7.2.1	Wasserversickerung, Wasserrückhalt und Wasserableitung	67
7.2.2	Klinkerpflaster-Systeme	67
7.2.3	Dimensionierung	68
7.2.4	Untergrund/Unterbau und Tragschichten	68
7.2.5	Pflasterdecke	69
8	Wiederverwendung und Recycling	70
8.1	Nachhaltigkeit	70
8.2	Wiederverwendung	70
8.3	Beseitigung der Klinkerpflasterdecke und Verwertung der Pflasterklinker	70
9	Literatur	71
	Normen, Technische Regeln und Wissensdokumente	71
	Fachliteratur	74
	Abbildungsverzeichnis	75
10	Anhang	76
	Anhang 1: Oberbaudimensionierung	76
	Anhang 2: Frostempfindlichkeitsklassen	85
	Anhang 3: Produktdatenblätter	88
	Anhang 4: Oberbaubemessung	92
	Anhang 5: Gestaltungsbeispiele	94
	Impressum	98
	Pflastern mit Pflasterklinker – so machen Sie es richtig	99



Die Autoren

Martin Köhler

Geboren 1960 in Hildesheim. Studium des Bauingenieurwesens, Vertiefungsrichtung „Verkehrswesen“, an der Universität Hannover; 1989–1997 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Konstruktiver Straßenbau im Institut für Verkehrswirtschaft, Straßenwesen und Städtebau der Universität Hannover; 1995 Promotion zum Dr. Ing. mit der Dissertation „Ein Beitrag zur Analyse und Bewertung des strukturellen Zustandes flexibler Fahrbahnbefestigungen“; 1995–1997 Lehraufträge an der Universität Hannover und an der Fachhochschule Hildesheim / Holzminden, seit 1998 Professor für das Lehrgebiet „Straßenwesen, insbes. Erd und Straßenbau“ im Fachbereich Bauingenieurwesen der Hochschule Ostwestfalen Lippe, Detmold; Lehr und Forschungsschwerpunkte: Dimensionierung, Baustoff- /

Bauverfahrensauswahl, Betriebsverhalten und Erhaltung von Verkehrswegebefestigungen sowie Infrastrukturmanagement für kommunale Verkehrsflächen. Seit 1992 beratende, bauplanerische und gutachterliche Tätigkeit als

Partner in der Ingenieurgemeinschaft ConVia. Mitglied der Vereinigung der Straßenbau und Verkehrsingenieure sowie der Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen und mehrerer ihrer Gremien, u. a. Leitung des Arbeitsausschusses 6.6 Pflasterdecken und Plattenbeläge und des Arbeitskreises 6.6.4 Erhaltung von Pflasterdecken und Plattenbelägen.

»Das Regelwerk des Straßenbaus basiert auf theoretischen Grundlagen und Erfahrungen mit bewährten regionalen Bauweisen. Diese Erkenntnisse, ergänzt mit konkreten Handlungsempfehlungen zur Planung und Ausführung von Klinkerpflaster sind Gegenstand dieser Broschüre.«

Anschrift des Autors Martin Köhler:
Ingenieurgemeinschaft ConVia
Hellerweg 52, 32052 Herford



Dieter Rosen

Geboren am 28.9.1956 in Köln Kalk. Studium des Bauingenieurwesens, Vertiefungsrichtung „Konstruktiver Ingenieurbau“ an der Fachhochschule Köln; Studium der Kunstgeschichte, Baugeschichte, Geographie an der RWTH Aachen; Bauleiter im Fassaden- und Natursteinbau in Aachen; Technischer Berater im Bundesinnungsverband



des Deutschen Steinmetz- und Bildhauerhandwerks in Frankfurt; Geschäftsführer der Bundesfachgruppe Hochbau im Zentralverband des Deutschen Baugewerbes (ZDB), hier u. a. zuständig für die Fortbildung der Sachverständigen im Straßen- und

Tiefbauhandwerk; seit 1998 Technischer Geschäftsführer im Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V. In dieser Aufgabe Mitglied in den FGSV Arbeitskreisen des Arbeitsausschusses 6.6 „Platten und Pflasterbeläge“, Mitglied im Fachberaterkreis zur Überarbeitung der ATVDIN 18318 „Verkehrswegebauarbeiten“, Mitglied im CEN/TC178.

»Die Besonderheit von Pflasterklinker weiß man erst nach Jahren zu schätzen. Keine Frage, jeder Baustoff altert, aber Pflasterklinker altert, wie man sagt, „in Würde“. Die Patinabildung von Pflasterklinker zeichnet sich aus durch eine hohe Farbbeständigkeit und Resistenz gegen Gebrauchsspuren. Das macht Pflasterklinker so einzigartig.«

Anschrift des Autors Dieter Rosen:
Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V.
Reinhardtstraße 12-16, 10117 Berlin



1 | Pflasterklinker – ein traditioneller Baustoff für Pflasterdecken

Klinkerpflaster gehört neben Betonstein- und Natursteinpflaster zu den traditionellen Pflasterbaustoffen im öffentlichen Straßen- und Wegebau.

Eine besondere Bedeutung hat Pflasterklinker immer dann, wenn es um die hochwertige Gestaltung repräsentativer Flächen im Verwaltungs-, Gewerbe- und Hotelbau geht. Architekten und Landschaftsplaner verwenden Pflasterklinker gerne für die Aufwertung privater und gewerblicher Wohnumfeld-Gestaltung.

Aufgrund der hohen Materialfestigkeit von Pflasterklinker ist es möglich, Riegel- und Langformate in Längen von bis zu 490 mm herzustellen. Hochkant verlegt erzeugt die sichtbare schlanke Breite der Riegelformate von 40 mm, 52 mm oder 71 mm ein interessantes Fugenbild. Neben dem bewährten Fischgrät- und Ellenbogenverband werden jetzt auch Läuferverbände möglich, bei denen Formatlängen von 490 mm, 360 mm, 240 mm und 115 mm kombiniert werden. Mit Einbindetiefen von 100 mm oder 115 mm gehört Klinkerpflaster in Hochkantverlegung zu den hochwertigsten Straßenbelägen überhaupt.

Wichtigstes Argument pro Pflasterklinker ist und bleibt die Farbeständigkeit und die Farbbeständigkeit.

Auch nach Jahren bieten Klinkeroberflächen aufgrund der hochfesten keramischen Bindung besten Schutz gegen Abrieb, Kratzer, Frost, Salz- oder Säureeinwirkung und Anhaftungen von Schmutz. Nicht ohne Grund sind die Strandpromenaden an der deutschen und belgischen Küste zu großen Teilen in Pflasterklinker ausgeführt. Sollten dennoch Gebrauchsspuren oder Grünbildung zu entfernen sein, kann Pflasterklinker auch nach Jahren ohne Sorge mit geeigneten mechanischen oder – wenn erforderlich – auch mit chemischen Mitteln gereinigt werden.

Keramische Baustoffe wie Klinkerpflaster haben eine überdurchschnittlich lange Lebensdauer. Eine lange Nutzungsdauer schont die Ressourcen und ist stets Voraussetzung für eine positive Nachhaltigkeitsbewertung. Muss eine Pflasterfläche dennoch einmal aufgenommen



Antike Pflasterklinker



Stadthaus, Groningen, Niederlande

Wo Architektur-Epochen aufeinander treffen, schaffen Pflasterklinker eine verbindende Einheit. Die großzügige Flächengestaltung wird durch die eingezogenen hellen Natursteinverbände betont.

werden, ist der hartgebrannte Pflasterklinker nach sortenreinem Rückbau ein gesuchter Ausgangsbaustoff zur Herstellung von Recyclingbaustoffen für den Straßen- und Vegetationsbau. Nicht selten werden historische Klinkerbeläge aufgenommen, gesäubert und im Sinne einer echten Wiederverwendung einer erneuten Nutzung zugeführt. Natürlich sind auch beim Pflasterklinker Gebrauchsspuren nicht zu vermeiden. Aber gerade die für die Keramik typische Patinabildung wird gerne als Gestaltungselement für Bauaufgaben in der Denkmalpflege ausgewählt. Hersteller bieten hierfür sogenannte gerumpelte Pflasterklinker an, die in einer Trommelmühle künstlich gealtert werden. Kohle- und Torfbrandklinker werden von Architekten hoch geschätzt, weil diese sich mit ihrem keramischen Farbenspiel wohltuend von der Uniformität industrieller Produktionen abheben.

Pflasterklinker sollte vornehmlich da eingesetzt werden, wo ein Anspruch auf Funktionalität, Gestaltung, Repräsentativität und Langlebigkeit erfüllt werden soll. Über die vielfältigen Möglichkeiten in der Verwendung von Pflasterklinker soll im Folgenden informiert werden.

2 | Vorteile und Einsatzgebiete von Klinkerpflasterdecken

2.1 Verwendungsbereiche für Klinkerpflaster

Pflasterklinker wird zur Befestigung in innerörtlichen Verkehrsflächen wie örtliche Hauptstraßen, Wohnstraßen, befahrbare Fußgängerzonen und öffentliche Parkplätze verwendet. Insbesondere hinsichtlich der städtebaulich-gestalterischen Ziele bieten Pflasterklinker als Verkehrsflächenbefestigung zahlreiche Vorteile, da sie umfangreiche, dem Umfeld angepasste Gestaltungsmöglichkeiten bieten. Ein weiterer wichtiger Einsatzbereich ist die Gestaltung

von Pflasterflächen des Garten- und Landschaftsbaus. Hierzu gehören alle Flächen und Wege rund ums Haus, wie Einfahrten, Erschließungs- und Parkwege, Terrassen, private Parkplätze und überdachte Carports.



Straßenbahnhaltestelle, Justinianstraße, Köln, Deutschland

2.2 Klinkerpflaster im öffentlichen Straßen- und Wegebau (RStO)

Nach den Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus (RStO 12 StB) sind Fahrbahndecken in Pflasterbauweise bis zur Bauklasse BK3,2 möglich. Hierzu gehören örtliche Einfahrts- und Geschäftsstraßen, Gewerbe- oder Industriestraßen. Der Hauptanwendungsbereich des Pflasterklinkers dürfte aber in der repräsentativen Geschäftsstraße, der dörflichen Hauptstraße und im Bereich der Wohn- und Quartiersstraßen zu finden sein. Die Regeldicke des Klinkerpflasters beträgt - abhängig von der Bauklasse - 8 cm oder 10 cm. Die RStO lässt auch geringere Dicken, jedoch nicht unter 6 cm, zu unter der Voraussetzung, dass ausreichende Erfahrungen mit bewährten regionalen Bauweisen vorliegen. Pflasterklinker kann flach oder hochkant verlegt werden. Auf eine ausreichende Griffigkeit der Gebrauchsfläche ist zu achten.

2.3 Terrassen, Treppen, Wege rund ums Haus

Pflegeleicht, verschmutzungsresistent, farbecht und farbbeständig sind die Qualitätsmerkmale, die im privaten

Bereich nachgefragt werden. Die Brillanz der im keramischen Brand hergestellten Farben Schwarz, Anthrazit, Chromgrau, Naturrot und Gelb sind ein Alleinstellungsmerkmal von Pflasterklinker.

Besonders geschlossene Oberflächen lassen auch im Außenbereich eine leichte Pflege zu. Aber auch hier gilt, die Qualität und Langlebigkeit der Pflasterdecke ist entscheidend abhängig von der richtigen Dimensionierung und Ausführung der Funktionsschichten

des Oberbaus. Hierzu gehören die Frostsicherheit, Tragfähigkeit und eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit der Konstruktion. Ein besonderes Material stellt auch besondere Anforderungen an die Qualität der Ausführung.

2.4 Parkwege, Einfahrten – Pflasterflächen im Garten- und Landschaftsbau

Für Pflasterklinkerflächen, die von Pkw und gelegentlich von Pflege- und Instandhaltungsfahrzeugen befahren werden, eignet sich Pflasterklinker in besondere Weise. Die außerordentlich hohe Materialfestigkeit von Pflasterklinker erlaubt eine wirtschaftliche Flachverlegung. Bereits Pflasterklinker mit einer Steindicke ab 52 mm erfüllen die Anforderungen der Biegebruchklasse T4. Der für die



Stadtpark, La Rioja, Spanien



Barockgarten, Münster, Deutschland



Strandpromenade, Wenduine, Belgien

Verkehrssicherung oft notwendige Einsatz von Enteisungssalzen schadet dem Pflasterklinker nicht. Umwelteinflüsse haben dank der geringen Wasseraufnahme des Pflasterklinkers und dem hohen Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel nur geringen Einfluss auf das Langzeitverhalten.

2.5 Landwirtschaftliches Bauen

Pflasterklinker weisen einen hohen Widerstand gegen Säureeinwirkung auf und sind daher für die Verwendung in gewerblichen Bereichen von Agrarbetrieben und Fußböden, die stets aggressiven chemischen Bedingungen ausgesetzt sind, bestens geeignet. Hierzu gehören Anwendungen in der Lebensmittelindustrie, chemische Werke und Bauernhöfe, wo Silageflüssigkeiten und aggressive Flüssigkeiten vorkommen können. Für die Mehrzahl dieser Anwendungen ist die ohnehin beim Pflasterklinker vorhandene Säurebeständigkeit völlig ausreichend. Es besteht aber die Möglichkeit, sich nach DIN EN 1344, Abschnitt 4.11, die Säurebeständigkeit vom Hersteller mit der Kennzeichnung „C“ noch einmal ausdrücklich bestätigen zu lassen.

2.6 Dachterrassen – Bauen auf Bauwerken

Die Kombination von Gehbelägen mit Dachbegrünung liegt im Trend. Funktionsschichten aus Ziegelsplitt-Substrat sorgen bei extensiven oder intensiven Dachbegrünungssystemen für das gewünschte Wasserrückhaltevermögen. Partiiell gepflasterte Gehwege, Schrittplatten bis hin zur Pflasterungen ganzer Dachterrassen garantieren auch auf dem Gründach eine uneingeschränkte Nutzung. Pflasterklinker ist das einzige Bodenbelag-Material, dessen Anwendungsbereich als Dachdeckungsmaterial auch normativ nach EN 1344 als Dachbaustoffe deklariert werden kann. Das Brandverhalten und der Feuerwiderstand sind immer in der Leistungserklärung des Herstellers ausgewiesen. Aufgrund der hohen Materialfestigkeit von Klinkerplatten kann die Pflasterdicke für die ungebundene Verlegung im Splittbett bis auf 40 mm reduziert werden. Klinkerplatten müssen gemäß den technischen Lieferbedingungen der Biegebruchklassen Klasse T2 (DIN EN 1344) entsprechen. So kann zum Beispiel eine Klinkerplatte mit einer Breite von 80 mm mindestens eine Bruchlast von 2.400 N (240 kg) aufnehmen.



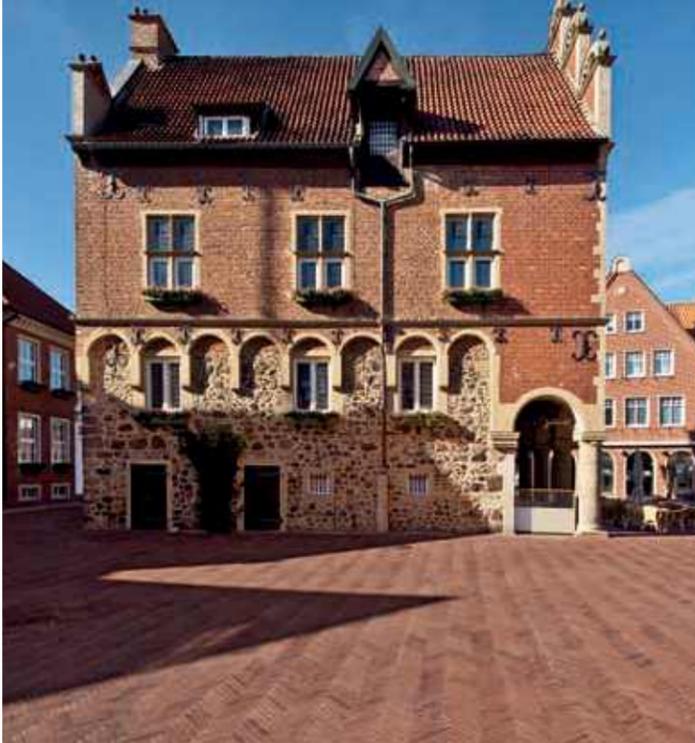
2 | Vorteile und Einsatzgebiete von Klinkerpflasterdecken

2.7 Denkmalpflege – Sanieren und Ergänzen im historischen Umfeld

Pflasterklinker wurden bereits von den Assyriern, den Ägyptern und den Römern zur Boden- und Verkehrsflächenbefestigung verwendet. Besonders in Gegenden, in denen geeignete Natursteine zur Pflasterherstellung nicht verfügbar waren, werden seit Jahrhunderten Pflasterklinker zur Befestigung von Straßen und Wegen verwendet. In den Niederlanden und in Norddeutschland gehören daher Klinkerpflasterdecken seit Jahrhunderten zum Stadtbild. Die Pflasterklinkerhersteller haben sich darauf eingestellt und können auf Nachfrage sogenannte künstlich gealterte Pflasterklinker anbieten. Die Pflasterklinker werden hierfür „gerumpelt“. Das heißt in einer mechanischen Nachbehandlung erhält der Pflasterklinker Gebrauchsspuren, wie man diese erst nach einer 100-jährigen Nutzung erwarten würde. Hiermit ist es möglich, im Falle von Sanierungen oder Erweiterungen historischer Klinkerbeläge passende Ergänzungssteine anzubieten. .

2.8 Pflasterklinker im Mörtelbett

Vermörtelte Pflasterbeläge werden immer da nachgefragt, wo hohe Beanspruchungen der Pflasterflächen, z.B. im Steigungsbereich, an Rampen oder im Kreisverkehr zu erwarten sind und somit hohe Anforderungen an die Standfestigkeit der Fuge gestellt werden. Auch eine intensive Pflege und Wartung der Pflasterflächen durch saugende Kehrfahrzeuge kann Grund dafür sein, auf die Vorteile der ungebundenen Verlegung zu verzichten und anstelle dafür die Tragschichten, Bettung und Fugen in einer gebundenen Mörtelbauweise auszuführen. Aber auch im privaten Anwendungsbereich wird die Mörtelfuge häufig nachgefragt. Als Vorbild wird gerne auf das traditionel-



Marktplatz und Rathaus, Meppen, Deutschland



Ziegelpflaster im Innen- und Außenbereich der Plaza, Elbphilharmonie, Hamburg, Deutschland

le Ziegelpflaster in Südeuropa verwiesen. Aber anderes als bei der Piazza del Campo in Siena, wo seit Jahrhunderten Ziegelpflaster den verschiedensten Beanspruchung widersteht, muss die Ausführungsplanung in nördlichen Breiten ein hohes Niederschlagsaufkommen und Frosteinwirkung berücksichtigen.



2.9 Dränpflaster (Sickerpflaster)

Wasserdurchlässige Klinkerpflasterflächen können mit Hilfe von aufgeweiteten Fugen (5 bis 15 mm) oder mit speziell dafür produzierten Sicker- oder Lochklinkern hergestellt werden. Bei der Verlegung werden die Aussparungen mit spezieller Gesteinskörnung gefüllt, um durch diese Aussparungen hindurch Niederschlagswasser durch die Flächenbefestigung bis in den Untergrund hinein zu versickern (Sickerpflasterflächen). Für begrünbare Beläge können die Aussparungen mit einer Mischung aus einer Gesteinskörnung, einem Bodensubstrat und Rasensamen gefüllt werden. Eine solche „Entsiegelung“ bebauter Flächen hat zur Folge, dass Regen- und Oberflächenwasser versickern kann und der natürliche Wasserkreislauf hierdurch nicht gestört wird. Viele Städte und Kommunen bieten zudem steuerliche Vorteile für den Nachweis der Regenwasserversickerung befestigter Flächen und Dächer an.



Pflasterfuge - gebunden mit Fugenmörtel und umweltoffen als begrünte Fuge

2.10 Verkehrsflächen auf Bauwerken

Im Unterschied zur Nutzung von Gründächern muss bei Verkehrsflächen auf Bauwerken, wie Tiefgaragen, Parkdecks oder Hofdurchfahrten mit einer Belastung aus gummiereiften Fahrzeugen gerechnet werden. Der fehlende Bodenanschluss erfordert besondere Überlegungen hinsichtlich der Statik, Abdichtung und Wasserführung.

2.11 Bodenbeläge im Innenraum

Aufgrund der hochwertigen Optik und des für die Keramik typischen Gebrauchsverhaltens kommt Pflasterklinker gerne auch in Innenräumen zur Anwendung. Die Ausführung erfolgt in der Regel dann in der gebundenen Bauweise mit Mörtelfuge.



Fussgängerzone, Le Touquet, Frankreich



Parkweg, Litauen

3.1 Anforderungen für das Inverkehrbringen nach BauPVO

Pflasterziegel werden unter Beachtung der Anforderungen der europäisch harmonisierten Norm nach EN 1344 Pflasterziegel hergestellt und auf Grundlage der europäischen Bauproduktenverordnung [...] in Verkehr gebracht. Zusätzlich zur europäischen Produktqualität werden für die in Deutschland typische Produktion von Pflasterklinker besonders dichtbrennende Tone mit hoher Rohdichte und geringer Wasseraufnahme (d.h. Klinkerqualität) verwendet.

Pflasterziegel / Pflasterklinker – wo ist denn der Unterschied?

Pflasterziegel und Formziegel sind ein nach der europäischen Produktnorm EN 1344 genormtes harmonisiertes Bauprodukt. Unter Pflasterziegel werden nahezu alle in Europa produzierten Qualitäten erfasst. Pflasterklinker ist eine deutsche Besonderheit. Nur Produkte mit einer geringen Wasseraufnahme (≤ 6 M.-%) und einer hohen Rohdichte ($\geq 1,9$ kg/dm³) dürfen als Pflasterklinker nach DIN 18503 bezeichnet werden. Die Klinker-Qualität ist Rohstoff-abhängig. Besonders geeignet hierfür ist der Schiefer-ton. Nur wo materialbedingte Unterschiede zu beachten sind, wird in dieser Broschüre zwischen Pflasterklinker und Pflasterziegel differenziert.

3.2 Pflasterziegel nach DIN EN 1344

Die im Oktober 2015 erschienene harmonisierte Produktnorm DIN EN 1344:2013+AC:2015 beinhaltet eine europaweite Festlegung der Eigenschaften, Anforderungen und Prüfverfahren für Pflasterziegel und Pflasterklinker. Um die Vielfalt der Verwendungsbedingungen für Pflasterziegel in Europa zu berücksichtigen, definiert die europäisch harmonisierte DIN EN 1344 unterschiedliche Anforderungsstufen und -klassen. Für die folgenden Eigenschaften sind in DIN EN 1344 die dargestellten Stufen und Klassen sowie die zugehörigen Anforderungswerte definiert.

3.2.1 Maßabweichungen

3.2.1.1 Zulässige Maßabweichung vom Mittelwert

Pflasterziegel nach DIN EN 1344 halten die Anforderung an die Maßabweichung ein, wenn die bei einer Stichprobe gemessene Abweichung des Mittelwertes (\pm) für die Länge, Breite und Höhe nicht größer ist, als das 0,4-fache der Quadratwurzel des vom Hersteller angegebenen Nennmaßes d (in mm). Diese Anforderung gilt nicht für Form- und Ergänzungsziegel.

Zulässige Maßabweichung vom Mittelwert

$$\leq 0,4 \cdot \sqrt{d}$$

wobei:

d Nennmaß (in mm) für die Länge, Breite und Höhe, die zulässige Maßabweichung wird auf den nächsten Millimeter aufgerundet.

3.2.1.2 Zulässige Maßspanne

Als Nebenanforderung gilt, dass innerhalb einer Lieferung für das gleiche Projekt die Differenz zwischen dem größten und dem kleinsten Messwert in der Klasse R1 für jedes Maß nicht größer als das 0,6-fache der Quadratwurzel des vom Hersteller angegebenen Nennmaßes d (in mm) betragen darf.

Klasse	Maßspanne mm
R0	keine Anforderung
R1	$\leq 0,6 \sqrt{d}$

Tabelle 3-1: Zulässige Maßspanne gemäß DIN EN 1344

Zur Prüfung der Maßhaltigkeit und der Maßspanne werden an jeweils zehn Pflasterziegeln bzw. Pflasterklinkern mit einem Messschieber gemäß DIN EN 1344 deren Länge, Breite und Dicke gemessen. Für jedes gemessene Maß werden der Mittelwert sowie der größte und der kleinste Messwert angegeben. Die Abweichung des Mittelwertes darf für jedes Maß nicht größer sein als das 0,4-fache der Quadratwurzel des vom Hersteller angegebenen Nennmaßes d .

Für übliche Nennmaße in der Tab. 3-2 sind die zulässigen Maßabweichungen und Maßspannen für die Klasse R1 angegeben.

	Nennmaß mm	zul. Abweichung vom Mittelwert mm	zul. Maßspanne Klasse R1 mm
	d	$\pm 0,4 \sqrt{d}$	$0,6 \sqrt{d}$
Dicke/Breite	45	± 3	4
	52	± 3	4
	62	± 3	5
	71	± 3	5
	80	± 4	5
	100	± 4	6
Länge	118	± 4	6
	200	± 6	8
	240	± 6	9
	360	± 8	11

Tabelle 3-2: Zulässige Maßabweichungen und Maßspannen

3.2.2 Frost-Tau-Widerstand

Die Prüfung des Frost-Tau-Widerstandes erfolgt nach dem in der DIN EN 1344 angegebenen Verfahren. Hier-nach werden die Pflasterziegel 24 Stunden im Wasserbad bei 80 °C gelagert. Für die anschließende Befrostung werden die Pflasterziegel in einem Prüfrahmen angeordnet, so dass nur eine Seite unmittelbar dem Frost ausgesetzt ist. Der Pflasterziegel wird durchgefroren, bis das gesamte aufgenommene Wasser gefroren ist. Das Wasser nahe der Oberfläche der Pflasterziegel wird mehrmals getaut und wieder gefroren. Anhand der Beschädigungen der Pflasterziegel bzw. Pflasterklinker nach 100 Frost-Tauwechseln wird deren Widerstandsfähigkeit beurteilt.

Klasse	Frost-Tau-Widerstand mm
FPO	keine Anforderung
FP100	widerstandsfähig gegen Frost-Tau-Wechsel

Tabelle 3-3: Frost-Tau-Widerstand gemäß DIN EN 1344

Die Klasse FPO ist damit in Deutschland nur für den Innenbereich geeignet. Wird die Frost-Tauwechselprüfung in der Klasse FP100 ohne nennenswerte Schäden bestanden, wird diese Eigenschaft auch von herkömmlichen Enteisungssalzen nicht beeinflusst.

3.2.3 Biegebruchlast (Festigkeit)

Die Biegebruchlast wird an zehn angefeuchteten Pflasterziegeln bzw. Pflasterklinkern geprüft, die an den Enden aufgelagert und mittig bis zum Bruch belastet werden. Entsprechend der erwarteten Belastungsrichtung muss die Gebrauchsfläche oben liegen. Sind herstellereits für den Pflasterklinker mehrere Gebrauchsflächen, sowohl für die Flach- wie auch für die Hochkantverlegung vorgesehen, ist die Biegebruchlast für die jeweilige Ausrichtung anzugeben. Es werden vier Biegebruchlastklassen unterschieden.

Klasse	Biegebruchlast ^{a,d} (N/mm)	
	Mittelwert	kleinster Einzelwert
TO ^b	keine Angabe	keine Angabe
T1	≥ 30	≥ 15
T2	≥ 30	≥ 24
T3	≥ 80	≥ 50
T4	≥ 80	$\geq 64^c$

- a Diese Anforderungen an die Biegebruchlast gelten nicht für Ergänzungsziegel oder Pflasterziegel mit einer Gesamtlänge von < 80 mm.
- b Klasse TO trifft nur für Pflasterziegel in gebundener Verlegung zu, bei der die Pflasterziegel mit Zementmörtelfugen auf ein Zementmörtelbett verlegt werden, das sich selbst auf einem festen Untergrund befindet.
- c Der Hersteller darf einen Mittelwert und einen kleinsten Einzelwert angeben, der höher als der für Klasse T4 angegebene ist.
- d Der Hersteller darf einen Mittelwert und einen kleinsten Einzelwert für die Biegezugfestigkeit deklarieren, der mit der in D.4.2 (DIN EN 1344) angegebenen Gleichung berechnet wird.

Tabelle 3-4: Biegebruchlast gemäß DIN EN 1344

Optional darf der Hersteller zusätzlich zur Biegebruchlast den Mittelwert und den kleinsten Einzelwert für die Biegezugfestigkeit des Probekörpers (in N/mm²) angeben, die nach folgender Gleichung ermittelt wird:

$$\sigma_t = \frac{3}{2} \cdot \frac{F \cdot s}{w \cdot t^2}$$

Dabei ist:

- σ_t Biegezugfestigkeit [N/mm²]
- F Bruchlast [N]
- s Abstand zwischen den Trägern [mm]
- w Gemessene Breite des Pflasterziegels [mm]
- t Gemessene Dicke des Pflasterziegels [mm]



Pflasterklinker im historischen Umfeld, Karolingische Torhalle, Lorsch, Deutschland

3 | Anforderungen an Pflasterziegel / Pflasterklinker

Das Tragverhalten eines Pflasterklinkers in der Pflasterdecke ist wesentlich abhängig von der Tragfähigkeit der Unterlage. Bei ungleichmäßiger Auflagerung des Pflasterklinkers oder bei der nicht selten festzustellenden deutlichen Überschreitung der zulässigen Achslasten im Lkw-Verkehr können jedoch erhebliche Biegebeanspruchungen auftreten. Für befahrene oder durch nennenswerte statische Lasten beanspruchte Klinkerpflasterflächen sollte daher in jedem Falle die Biegebruchlast-Klasse T4 verwendet werden.

3.2.4 Abriebwiderstand

Die Prüfung des Abriebwiderstandes erfolgt gemäß DIN EN 1344 mit dem Capon-Test an unpolierten Pflasterziegeln bzw. Pflasterklinkern. Der Abriebwiderstand wird durch Messung des Volumenverlustes einer Schleifspur bestimmt, die in der Oberfläche des Pflasterziegels durch eine rotierende Schleifscheibe bei festgelegten Bedingungen und unter Zusatz eines Schleifmittels erzeugt wird. Der Widerstand gegen Tiefenverschleiß wird aus der Sehnenslänge l der Schleifspur berechnet und als Volumen V des abgeriebenen Werkstoffs in mm^3 angegeben. Es werden drei Klassen des Abriebwiderstandes unterschieden.

Klasse	Mittleres Abriebvolumen mm^3
A1	≤ 2100
A2	≤ 1100
A3	≤ 450

Tabelle 3-5: Abriebwiderstand gemäß DIN EN 1344

3.2.5 Gleit-/Rutschwiderstand

Der Gleit-/Rutschwiderstand wird gemäß DIN EN 1344 mit dem SRT-Pendelgerät (Skid Resistance Tester) an fabrikneu hergestellten (unpolierten) Pflasterziegeln bzw. Pflasterklinkern gemessen. Die Prüfung wird nach CEN/TS 16165:2012, Anhang C mit dem Pendelgerät durchgeführt. Anhand des Messwertes (Unpolished Skid

Klasse	Mittelwert des USRV
U0	keine Anforderung
U1	≥ 35
U2	≥ 45
U3	≥ 55

Tabelle 3-6: Gleit-/Rutschwiderstand gemäß DIN EN 1344

Resistance Value) erfolgt eine Einstufung in vier Klassen. Der Hersteller deklariert gemäß der in Tabelle 5 der EN 1344 vorgesehenen Anforderungsklassen von U0 bis U3. Diese Angabe gilt nur für die deklarierte Gebrauchsfläche (z.B. für die Flach- oder Hochkantverlegung). Unter der Voraussetzung einer üblichen Wartung haben Pflasterziegel / Pflasterklinker während ihrer Lebensdauer einen ausreichenden Gleit- und Rutschwiderstand.

3.2.6 Säurebeständigkeit

Pflasterklinker weisen einen hohen Widerstand gegen Säureeinwirkung auf und sind daher für die Verwendung in Bereichen, die stets aggressiven chemischen Bedingungen ausgesetzt sind, bestens geeignet. Hierzu gehören Anwendungen in der Lebensmittelindustrie, chemische Werke und Bauernhöfe, wo Silageflüssigkeiten und aggressive Flüssigkeiten vorkommen können.

Die Prüfung der Säurebeständigkeit erfolgt am getrockneten Feinkorn, das in einem Rundkolben ca. eine Stunde in 10% Schwefelsäure und 10% Salpetersäure gekocht wird. Der Masseverlust zwischen den Messungen darf nicht mehr als 7 M.-% betragen.

Klasse	Gewichtsverlust %
C	≤ 7

Tabelle 3-7: Beständigkeit gegen Chemikalien gemäß DIN EN 1344



3.3 Pflasterklinker nach DIN EN 1344 mit DIN 18503

Zusätzlich zum „europäischen“ Pflasterziegel nach DIN EN 1344 gibt es auch weiterhin den in Deutschland bewährten Pflasterklinker nach DIN 18503, Ausgabe 12/2003. Pflasterklinker sind Pflasterziegel nach DIN EN 1344, jedoch zusätzlich mit besonderen Anforderungen an die Wasseraufnahme und die Scherbenrohddichte. Da die europäische Norm nicht alle national gebräuchlichen Produktmerkmale beinhalten kann, ist die DIN 18503 teilweise erhalten geblieben. Hierzu wurde im Dezember 2003 eine Ergänzungsnorm herausgegeben, DIN 18503:2003-12 Pflasterklinker – Anforderungen und Prüfverfahren. Diese beinhaltet den gesamten Regelungsgehalt der DIN EN 1344 und ergänzt die für die Klinkerqualität ausschlaggebenden Kriterien der „Wasseraufnahme“ und der „Scherbenrohddichte“.

3.3.1 Wasseraufnahme

Die Wasseraufnahme von Pflasterklinkern darf 6 M% nicht überschreiten. Die Bestimmung der Wasseraufnahme erfolgt nach 24-stündiger Wasserlagerung bei 80°C, entsprechend den Vorgaben der DIN EN 1344, Abschnitt C.3.2. Hierbei darf für Pflasterklinker höchstens eine Wasseraufnahme von 6%, bezogen auf die Masse, festgestellt werden.

3.3.2 Scherbenrohddichte

Die Scherbenrohddichte von Pflasterklinkern muss mindestens 2,0 kg/dm^3 (Mittelwert) bzw. mindestens 1,9 kg/dm^3 (Einzelwert) entsprechen. Wenn die Probenahme nach DIN EN 1344:2002-07, Anhang A, erfolgt und die Messung nach DIN EN 1344:2002-07, Abschnitt C.3.2, durchgeführt wurde, muss mindestens ein Mittelwert von 2,0 kg/dm^3 und ein Einzelwert von mindestens 1,9 kg/dm^3 festgestellt werden. Bei der Kennzeichnung der Scherbenrohddichte durch den Hersteller erfolgt lediglich die Angabe des Mindestwertes für den Mittelwert.

3.4 Leistungserklärung

Der Nachweis der Eignung der Bauprodukte für den vorgesehenen Verwendungszweck, wird auf Grundlage der vom Hersteller erstellten Leistungserklärung gemäß Artikel 4 und Anhang III der Verordnung (EU) 305/2011 (Bauproduktenverordnung BauPVO) geführt. Die Leistungserklärung des Herstellers beinhaltet die vollständige Deklaration aller für den betreffenden Verwendungsbereich erforderlichen Eigenschaftskennwerte. Um welche Eigenschaftskennwerte es sich im Einzelnen handelt, wird im Annex ZA der jeweiligen Produktnorm vorgegeben. Mit der Unterschrift des Verantwortlichen wird die Zuständigkeit und damit auch Verantwortung für die Einhaltung der deklarierten Leistungswerte für den Verwender der Bauprodukte gewährleistet.

3.4.1 Leistungserklärung in gedruckter Form als lieferungsbegleitende Unterlage

Die Leistungserklärung ist entweder in gedruckter Form als Etikett, Beileger zum Bauprodukt, als Anlage zur Auftragsbestätigung oder als Anlage zum Lieferschein zu finden. Das jeweilige unterschriebene Original der Leistungserklärung hält der Hersteller in seinen Unterlagen u. a. für den Fall vor, dass ein Abnehmer / Kunde die Leistungserklärung in gedruckter Form fordert. Der Hersteller kann die Leistungserklärung auch in elektronischer Weise (E-Mail, E-Mail mit Link auf die DoP, CD, USB oder Fax) zur Verfügung zu stellen. Auf expliziten Wunsch des Abnehmers wird der Hersteller eine gedruckte Fassung aushändigen. Für den Fall, dass einem einzigen Abnehmer ein Los gleicher Produkte geliefert wird, braucht diesem lediglich eine einzige Abschrift der Leistungserklärung übergeben zu werden. Zuständig für die Bereitstellung der Leistungserklärung ist immer der direkte Vertragspartner. Das heißt, werden Bauprodukte über den Baustoff-Fachhandel bezogen, ist auch der jeweilige Baustoff-Fachhandel für die Bereitstellung der Leistungserklärung zuständig. Werden Baustoffe im nicht-deutschsprachigen Ausland vermarktet, ist der Importeur der Bauprodukte (Hersteller, Handel usw.) auch für die Bereitstellung der jeweils am Ort der Anwendung der Bauprodukte üblichen Sprachfassung verantwortlich.

LEISTUNGSERKLÄRUNG			
0.	DoP Nr.: AAX12-12345		
1. Eindeutiger Kenncode des Produkttyps:	Pflasterziegel - AAX12-12345		
2. Verwendungszweck:	Pflasterziegel für Bodenbeläge im Innen- und Außenbereich		
3. Hersteller:	Ziegelwerk, Straße, Ort		
4. Bevollmächtigter:	K. A.		
5. System zur Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit:	System 4		
6. Harmonisierten Norm:	EN 1344:2013+ AC:2015		
7. Erklärte Leistung:			
Wesentliche Merkmale	Leistung	hEN	
Brandverhalten:	Klasse A1 _{FL}	EN 1344:2013 +AC:2015	
Freisetzung von gefährlichen Stoffen:	Nicht anwendbar		
Biegebruchlast:	Flachlage		Klasse T4
	Hochkant		Klasse T4
Rutsch- und Gleitwiderstand:	Flachlage		Klasse U3
	Hochkant		Klasse U3
Wärmeleitfähigkeit:	NPD		
Dauerhaftigkeit: Frost-Tau-Wechsel Beständigkeit	FP 100		
Dauerhaftigkeit: Gleit-/Rutschwiderstand	NPD		
Die Leistung des vorstehenden Produkts entspricht der erklärten Leistung/den erklärten Leistungen. Für die Erstellung der Leistungserklärung im Einklang mit der Verordnung (EU) Nr. 305/2011 ist allein der obengenannte Hersteller verantwortlich.			
Unterzeichnet für den Hersteller von:			
..... Unternehmer/CEO/Bevollmächtigter (Name und Funktion)			
..... Ort und Datum der Ausstellung / Unterschrift			

Leistungserklärung nach Anhang III BauPVO für Pflasterziegel nach EN 1344

- 0) Bezugsnummer der Leistungserklärung gemäß Artikel 9 Absatz 2 der Verordnung (EU) Nr. 305/2011. Die Nummer kann der Hersteller frei vergeben.
- 1) Produkttyp – ergänzt mit der DoP Bezugsnummer
- 2) Verwendungszweck – vom Hersteller deklariert gemäß EN 1344
- 3) Hersteller – Adresse des Pflasterklinkerherstellers, der im rechtlichen Sinne verantwortlich für das Inverkehrbringen des Produktes ist.
- 4) Bevollmächtigter (optional) – Ansprechpartner für die Überwachungsbehörden, für die Bereithaltung der Leistungserklärung
- 5) Als System zur Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit für Pflasterklinker ist nach EN 1344 System 4 (Herstellereklärung ohne Einschaltungen einer notifizierten Stelle) gefordert.
- 6) Harmonisierten Norm: Bezeichnung und Ausgabedatum der der europäisch harmonisierten Norm.
- 7) Erklärte Leistung nach EN 1344 Anhang ZA Tabelle ZA.1:
 - 7.1) Brandverhalten – kein Nachweis erforderlich.
 - 7.2) Freisetzung gefährlicher Stoffe: Nicht anwendbar – nationale Umwelanforderungen in Deutschland fordern keinen Nachweis auf Grundlage harmonisierter Prüfverfahren.
 - 7.3) Biegebruchlast in Abhängigkeit der Belastungsrichtung (Flach/Hochkant) hier: Klasse T4
 - 7.4) Gleit-/Rutschwiderstand in Abhängigkeit der vorgesehenen Gebrauchsfläche - hier: Klasse U3 (USRV-Mittelwert ≥ 55)
 - 7.5) Wärmeleitfähigkeit – hier NDP (keine Leistung festgestellt). Angabe nur im Falle der Innenanwendung auf Grundlage der EN 1745 als Lambda, 10, trocken - Wert
 - 7.6) Dauerhaftigkeit – angegeben in Form des Frost-Tau-Widerstand – hier: Klasse FP100
 - 7.7) Dauerhaftigkeit – des Gleit-/Rutschwiderstands: hier: NDP (keine Leistung festgestellt) bis zur Verfügbarkeit eines auf europäische Ebene genormten Prüfverfahrens

Abb. 3-1: Beispiel für eine Leistungserklärung

3.4.2 Leistungserklärung auf der Webseite des Herstellers

Die Baustoffhersteller haben auch die Möglichkeit, die Leistungserklärung nicht auf Papier jeder Lieferung, sondern auf einer Website bereit zu stellen. Er muss allerdings sicherstellen, dass die Leistungserklärung ständig verfügbar und über den in der BauPVO angegebenen Mindestzeitraum von 10 Jahren zugänglich ist. Der Hersteller muss ebenfalls mit geeigneten Maßnahmen sicherstellen, dass die Erklärung nachträglich nicht geändert oder manipuliert werden kann. Der Ordnungsgeber lässt ausdrücklich offen, wie diese Maßnahmen getroffen und die Wirksamkeit nachgewiesen wird.

3.4.3 Leistungserklärung in Internet – Datenbanken

Verschiedene Hersteller haben ihre Leistungserklärungen bereits auf der europäischen Internetplattform DoPCAP® zur Verfügung gestellt. DoPCAP ist eine Abkürzung aus „Declaration of Performance/Common Access Point“. DoPCAP ist eine Initiative von Baustoff-Herstellern, die Bauprodukte auf dem Europäischen Markt bereitstellen. Handel, Planer und Anwender können die Information leicht auf der Website www.dopcap.eu durch Eingabe der in der CE-Kennzeichnung angegebenen Nummer der Leistungserklärung herunterladen, speichern oder ausdrucken. Die Nutzung von DoPCAP durch den Anwender von Bauprodukten ist kostenfrei und bedarf keiner Registrierung.

3.5 CE-Kennzeichnung

Die Übereinstimmung mit den Anforderungen der DIN EN 1344 erklärt der Hersteller mit dem europaweit einheitlichen Konformitätszeichen (CE-Zeichen). Das CE-Zeichen ist somit kein Qualitätszeichen, sondern dokumentiert, dass die gekennzeichneten Produkte mit den Anforderungen der DIN EN 1344 übereinstimmen und entsprechend in allen Ländern der EU gehandelt und verwendet werden dürfen. Zentrales Element der Bauproduktenverordnung ist die Verpflichtung des Herstellers zur Kennzeichnung der Produkte mit dem CE-Zeichen und zur Übergabe / Bereitstellung der sogenannten Leistungserklärung für Handel, Planer und Anwender der Produkte. Der Leistungserklärung kann nach formal festgelegtem Schema die Liste aller in der Norm für den jeweiligen Verwendungszweck relevanten Produkteigenschaften entnommen werden. Auf Grundlage der Leistungserklärung erstellt der Hersteller die CE-Kennzeichnung.

CE-Kennzeichnung – bestehend aus dem Bildzeichen „CE“, gefolgt von ergänzenden Angaben und Leistungswerten – soll möglichst dauerhaft auf dem Produkt selbst, oder wenn nicht möglich, auf der Verpackung oder auf den produktbegleitenden Unterlagen wie Beipackzettel, Lieferschein etc. aufgebracht werden. Die Nummer der Leistungserklärung wird vom Hersteller selbst festgelegt. Anhand dieser DoP-Nummer auf der CE-Kennzeichnung können Handel, Planer oder Anwender eindeutig die Zuordnung zur ausführlichen Leistungserklärung des Herstellers vornehmen. Entsprechend dem Anhang V der BauPVO sind in Abhängigkeit der Systeme zur Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit für den Produktbereich notifizierte Drittstellen einzuschalten. Für Pflasterziegel nach DIN EN 1344 ist die Herstellereklärung (Leistungserklärung) ohne Einschaltung einer notifizierten Drittstelle ausreichend. Die Hersteller von Original Pflasterklinker unterziehen sich zusätzlich einer freiwilligen Fremdüberwachung, einschließlich Produktprüfung.

3.6 Zusätzliche Herstellerangaben

Im Gegensatz zur Gestaltung des CE-Zeichens ist die Form und der Inhalt von zusätzlichen Herstellerangaben nach DIN EN 1344 nicht detailliert geregelt. Zusätzliche Herstellerangaben, wie die Abmessungen des Pflasterklinkers, Abriebwiderstand, Maßspanne innerhalb einer Lieferung und – wenn erforderlich – die Säurebeständigkeit, können z. B. in Tabellenform oder in der bisher üblichen Form eines Beipackzettels deklariert werden.

Die Deklaration der Pflasterklinkereigenschaften ist nach dem Zurückziehen der früher gültigen DIN 18503:1989-08 nicht normativ geregelt. Trotzdem ist es für den Hersteller durchaus möglich, Pflasterklinkereigenschaften, wie eine Begrenzung der Wasseraufnahme oder eine Mindestscherbenrohdichte, als freiwillige Herstellerangabe zu deklarieren. Anstelle der Einzelangaben für die freiwilligen zusätzlichen Herstellerangaben kann auf dem Beipackzettel ein Gütezeichen, z.B. „Original Pflasterklinker-Geprüfte Qualität“ der Arbeitsgemeinschaft Pflasterklinker e.V. abgedruckt werden.

Die übliche Form der Gestaltung von Beipackzetteln braucht allein aufgrund der Verpflichtung zur CE-Kennzeichnung nicht aufgegeben zu werden. So können die Angaben zur Farbe, Stückzahl pro Palette, Fugenausbildung, E = eng oder F = breit unverändert weiter verwendet werden. Wichtig ist nur, dass die zusätzlichen Herstellerangaben nicht mit den (gesetzlich) vorgeschriebenen Angaben zur CE-Kennzeichnung vermischt werden.

CE		
Ziegelwerk Muster Ziegelstraße 1 12345 Ziegelhausen		
04		
Pflasterziegel - AAX12-12345		
EN 1344:2013+ AC:2015		
DoP Nr.: AAX12-12345		
Pflasterziegel für Bodenbeläge im Innen- und Außenbereich		
Biegebruchlast	Flachlage	Klasse T4
	Hochkant	Klasse T4
Brandverhalten		Klasse A1 _{FL}
Gleit-/Rutschwiderstand	Flachlage	Klasse U3
	Hochkant	Klasse U3
Dauerhaftigkeit (Frost-Tau-Wechsel Beständigkeit)		Klasse FP 100

Zusätzliche Herstellerangaben nach DIN EN 1344	
Maße (Länge/Breite/Dicke):	240 x 118 x 52 mm
Maßspanne:	Klasse R1
Abriebverhalten:	Klasse A3
Biegezugfestigkeit (MW)	≥ 10 N/mm ²
Biegezugfestigkeit (EW)	≥ 8 N/mm ²
Säurebeständigkeit	Klasse C

Herstellerangaben nach DIN 18503	
Wasseraufnahme:	≤ 6 M.-%
Scherbenrohddichte (MW):	≥ 2,0 kg/dm ³

CE Kennzeichnung nach DIN EN 1344

- 0) CE –Konformitätszeichen
- 1) Hersteller und/oder Lieferant: Name, Warenzeichen und Adresse des Pflasterklinkerherstellers
- 2) Jahr: Jahreszahl (letzten zwei Ziffern), in dem die Kennzeichnung zuerst aufgebracht wurde (hier: 2004)
- 3) Produkttyp
- 4) Norm: Bezeichnung der europäisch harmonisierten Norm
- 5) Bezugsnummer der Leistungserklärung nach BauPVO
- 6) Anwendungsbereich: Pflasterziegel werden i. d. R. für die ungebundene Verlegung im Sand/Splitt-Bett hergestellt.
- 7) Biegebruchlast in Abhängigkeit der Belastungsrichtung (Flach/Hochkant) hier: Klasse T4 für die Befahrung mit Lkw geeignet
- 8) Brandverhalten: kein Nachweis erforderlich. Angabe nur im Falle der Anwendung im Innenbereich
- 9) Gleit-/Rutschwiderstand in Abhängigkeit der vorgesehenen Gebrauchsfläche – hier: Klasse U3 (USRV-Mittelwert ≥ 55)
- 10) Frost-Tau-Widerstand – hier: Klasse FP100 (widerstandsfähig gegen Frost-Tau-Wechsel)

Zusätzliche Herstellerangaben DIN EN 1344

- 11) Zusätzliche Herstellerangaben nach DIN EN 1344 werden deutlich getrennt von der Deklaration der wesentlichen Merkmale nach Anhang ZA Tab. ZA.1 (CE Kennzeichnung) vom Hersteller angegeben.
- 12) Form und Maße: Nennmaße werden in der Reihenfolge Länge / Breite / Dicke [in mm] angegeben. Die Maßabweichung vom Nennmaß (Mittelwert) darf nicht größer sein als ± 0,4·√d, wobei „d“ das Nennmaß in mm ist.
- 13) Maßspanne – hier: Klasse R1 (Maßspanne nicht größer als 0,6·√d, wobei für „d“ das jeweilige Nennmaß in mm einzusetzen ist)
- 14) Abriebwiderstand – hier: Klasse A3 (Mittleres Abriebvolumen ≤ 450 mm³) entspricht der Klinkerqualität.
- 15) Biegezugfestigkeit: Optional kann zusätzlich zur Biegebruchlast (siehe 7) der Mittelwert und der kleinste Einzelwert für die Biegezugfestigkeit des Probekörpers (in N/mm²) angegeben. Die Biegezugfestigkeit wird durch Umrechnung abgeschätzt.
- 16) Säurebeständigkeit: Pflasterziegel/Pflasterklinker sind säurebeständig – hier: Klasse C entsprechend dem Nachweis der Säurebeständigkeit nach DIN EN 1344 Anhang F.

Zusätzliche Herstellerangaben DIN 18503

- 17) Werden zusätzlich zum „europäischen“ Pflasterziegel nach DIN EN 1344 besondere Anforderungen an die Wasseraufnahme und die Scherbenrohddichte eingehalten, wird Pflasterklinkerqualität mit Bezug auf DIN 18503 gekennzeichnet.
- 18) Wasseraufnahme – hier: ≤ 6 M.-%
- 19) Scherbenrohddichte (Mittelwert) – hier: ≥ 2,0 g/cm³

Abb. 3-2: Beispiel für eine CE-Kennzeichnung und zusätzliche Herstellerangaben

CE		
Ziegelwerk Muster Ziegelstraße, 12345 Ziegelhausen		
04		
EN 1344: 2013 + AC: 2015		
DOP Nr. AAF 12-12345		
Pflasterziegel für Bodenbeläge im Innen- und Außenbereich		
Brandverhalten:		Klasse A1 FL
Biegebruchlast:	Flachlage	Klasse T4
	Hochkant	Klasse T4
Gleit-/Rutschwiderstand:	Flachlage	Klasse U3
	Hochkant	Klasse U3
Dauerhaftigkeit: (Frost-Tau-Wechsel Beständigkeit)		Klasse FP100

Zusätzliche Herstellerangaben nach DIN EN 1344		
Maße L/B/D	240 x 118 x 52 mm	
Maßspanne	R1	
Abriebwiderstand	Klasse A3	
Säurebeständigkeit	Klasse C	
Biegezugfestigkeit	Mittelwert	≥ 10 N/mm ²
	Einzelwert	≥ 8 N/mm ²

Pflasterklinkereigenschaften nach DIN 18503	
Wasseraufnahme	≤ 6 M.-%
Scherbenrohddichte	≥ 2000 kg/m ³

BLAU-BUNT-DF

432 Stück mit Fase

Pflasterklinker DIN EN 1344 und DIN 18503
240 x 118 x 52 mm



Klinkerziegelei
Artikelnummer



Abb. 3-3: Beispiel für einen Paketeinleger



3 | Anforderungen an Pflasterziegel / Pflasterklinker

3.7 Anforderungen für die Verwendung von Pflasterziegel/Pflasterklinker

Mit der CE-Kennzeichnung oder Leistungserklärung wird vom Hersteller nicht notwendigerweise auch die Einhaltung der national zu beachtenden Anforderungen an die Verwendung von Bauprodukten im Bauwerk bescheinigt. Die Regelungskompetenz für die Festlegung von Anforderungen an Bauwerke – und damit auch für die Anwendung der Bauprodukte – verbleibt nach wie vor bei den EU-Mitgliedstaaten. Diese werden für Deutschland in der Bauregelliste und der Musterliste der technischen Baubestimmungen² präzisiert und in den Länderlisten bauordnungsrechtlich umgesetzt. Aufgrund der fehlenden bauordnungsrechtlichen Relevanz von Pflasterungen erfolgte weder eine Bekanntmachung dieser Produkte in der Bauregelliste B Teil 1, noch der Bezug zu Anwendungsregeln für Bauprodukte in der Musterliste der Technischen Baubestimmungen.

3.7.1 Anforderungen nach VOB/C ATV DIN 18318

Wird für Pflasterarbeiten ein Bauvertrag nach VOB geschlossen, gelten gemäß den Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen ATV DIN 18318 Verkehrswegebauarbeiten auch die Anforderungen der TL Pflaster-StB als Vertragsbestandteil. Pflasterziegel müssen die Anforderungen bezüglich der Maßspanne, Frost-Tauwiderstand, Biegebruchlast, Abriebwiderstand gemäß Abschnitt 4.2 der TL Pflaster-StB erfüllen. Soll die Pflasterfläche in Klinkerqualität ausgeführt werden, muss im Bauvertrag (Leistungsbeschreibung) zusätzlich zur DIN EN 1344 auch die Verwendung von Pflasterklinker nach DIN 18503:2003-12 ausgeschrieben werden. Pflasterklinker nach DIN 18503:2003-12 erfüllen zusätzliche Anforderungen an die Wasseraufnahme und die Scherbenrohndichte.

3.7.2 Technische Lieferbedingungen TL Pflaster-StB

Wird ein Bauvertrag nach VOB geschlossen oder wird im Rahmen von Pflasterarbeiten explizit auf die Einhaltung der Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen (ATV) DIN 18318 Verkehrswegebauarbeiten Bezug genommen, dann sind die in den Technischen Lieferbedingungen TL Pflaster-StB festgelegten Eigenschaften der Pflasterziegel und Pflasterklinker Vertragsgegenstand. Das heißt, werden in der europäischen Produktnorm mehrere Anforderungsklassen für eine Charakteristik angeboten, legt

die TL-Pflaster eindeutig fest, welche Klasse (und damit welche Anforderungen) Pflasterziegel bzw. Pflasterklinker einzuhalten haben, wenn sie in Deutschland verwendet werden. Da die TL Pflaster-StB in den ATV DIN 18318 als mitgeltend zur Definition der Baustoffanforderungen erwähnt sind, gelten diese Klassen in Bauverträgen automatisch für die Regelausführung gemäß ATV DIN 18318 als verbindlich, sofern nicht in der Leistungsbeschreibung andere Festlegungen getroffen sind.

3.7.2.1 Pflasterziegel und Pflasterklinker

In den TL Pflaster-StB sind die nationalen deutschen Anforderungen an Pflasterziegel und Pflasterklinker definiert. Die Definition beinhaltet jeweils die Festlegung der höchsten Klasse gemäß DIN EN 1344. Somit gelten je Eigenschaft die folgenden Anforderungen:

Eigenschaft	Klasse
Maßspanne	R1
Frost-Tau-Widerstand	FP 100
Biegebruchlast	T4
Abriebwiderstand	A3

Tabelle 3-8: Anforderungsklassen für Pflasterziegel/Pflasterklinker nach TL Pflaster-StB

Anforderungen an den Gleit-/Rutschwiderstand sind in den TL Pflaster StB nicht festgelegt; eine Klasse ist nicht aufgeführt. Daher muss – je nach den Bedingungen der zu bauenden Klinkerpflasterfläche – eine Klasse gewählt und in der Leistungsbeschreibung angegeben werden.

Hersteller von „Original Pflasterklinker“ sichern mit dem Qualitätszeichen die Einhaltung der höchsten Anforderungsklasse (U3) der DIN EN 1344 mit einem US-RV-Wert von 55, gemessen an unpolierten Pflasterziegeln, zu. Diese Angabe gilt nur für die deklarierte Gebrauchsfläche (z. B. für die Flachverlegung der Lagerfläche). Dieser Wert stimmt auch mit dem im FGSV-Merkblatt über den Rutschwiderstand von Pflaster- und Plattenbelägen für den Fußgängerverkehr angegebenen höchsten SRT-Wert als Orientierungswert für die Herstellung von Klinkerpflaster überein. Der Anforderungswert in der Klasse U3 für den frischen, unverlegten Pflasterziegel / Pflasterklinker ist so gewählt, dass ein ausreichender Rutschwiderstand des Klinkerpflasters auch nach Verlegung erreicht wird.

Pflasterklinker haben während ihrer Lebensdauer einen ausreichenden Gleit-/ Rutschwiderstand, vorausgesetzt,

dass sie einer üblichen Wartung unterzogen werden und dass sie nicht geschliffen und / oder poliert wurden, um eine glatte Oberfläche herzustellen. Einen konkreten Anforderungswert für die Griffigkeit am gealterten Stein gibt es z. Z. (noch) nicht. Als Empfehlung für die Beurteilung vorhandener Beläge im Fußgängerbereich nennt Tabelle 3 des FGSV-Merkblattes – je nach Ausflusswert – einen SRT-Wert von 35 (beginnend negativ) bis SRT-Wert von 55 (noch positiv). Eine Abnahme des Gleit-/Rutschwiderstandes aufgrund des Poliereffektes aus der Verkehrsbelastung ist unvermeidbar. Die Anfangsrauigkeit des Pflasterziegels / Pflasterklinkers sollte jedoch so hoch sein, dass bei vorgesehener Verwendung und üblicher Wartung ein ausreichender Gleit-/ Rutschwiderstand über die Nutzungsdauer erhalten bleibt.

Bei hochkant zu verlegenden Pflasterklinker ist bereits bei der Bestellung darauf zu achten, dass der deklarierte SRT-Wert für Gleit-/ Rutschwiderstand auch für die Gebrauchsfläche (in diesem Fall ist es die Läuferfläche) angegeben wird. Die Hersteller bieten hierfür eigens Pflasterklinker mit einer „geschälten“ Gebrauchsfläche an.

3.7.2.2 Klinkerplatten

Klinkerplatten nach Abschnitt 5.2 der TL Pflaster-StB müssen den gleichen Anforderungen wie für Pflasterziegel/Pflasterklinker entsprechen. Die Biegebruchlast von Klinkerplatten muss die Anforderungen der Klasse T4 erfüllen. Davon abweichend muss die Biegebruchlast bei Klinkerplatten mit einer Dicke ≤ 45 mm die Anforderungen der Klasse T2 erfüllen.

Klasse	Biegebruchlast (N/mm) nicht geringer als	
	Mittelwert	kleinster Einzelwert
T2	30	24
T4	80	64

ANMERKUNG Für die Berechnung der Bruchlast [kN] wird die Biegebruchlast [N/mm] mit der gemessenen Breite der Klinkerplatte [mm] multipliziert, durch 1000 dividiert und auf 0,1 kN gerundet angegeben (siehe DIN EN 1344, Anhang D.4.1.)

Tabelle 3-9: Anforderungsklassen für Klinkerplatten nach TL Pflaster-StB

3.7.2.3 Bordklinker

Bordklinker nach Abschnitt 6.2 der TL Pflaster-StB müssen die gleichen Anforderungen wie für Pflasterziegel/Pflasterklinker erfüllen.



Anpassen von Pflasterklinker an Schachtdeckel und Einläufe (Einbauten)



Parkweg mit Pflasterklinker, verlegt im Läuferverband in Gehrichtung, Kloster Lorsch



4 | Herstellung und Qualitätssicherung

4.1 Herstellung von Pflasterklinkern

Pflasterziegel bzw. Pflasterklinker sind ein Baustoff, der in Norddeutschland und in den Niederlanden seit über 300 Jahren im Straßenbau verwendet wird. Pflasterklinker werden heute aus Lehm, Ton oder tonigen Massen mit oder ohne Zusatzstoffe geformt und bis zur Sinterung gebrannt. Die mechanisierte Herstellung von Pflasterklinkern in modernen Anlagen lässt sich in 9 Produktionsschritten untergliedern.

4.1.1 Rohstoffgewinnung

Die für die Herstellung von Pflasterklinkern verwendeten natürlichen Tonvorkommen werden im Tagebau mechanisch abgebaut. Dabei werden Bagger, meist Eimerkettenbagger oder Radlader, zur Rohstoffgewinnung eingesetzt. Das Material wird auf diese Weise schonend gewonnen und auf Transportwagen, Loren oder Lastwagen verladen.

Die überwiegende Menge der Rohstoffe wird in unmittelbarer Nähe der Klinkerwerke gewonnen, so dass sich

sehr kurze und energiesparende Transportwege ergeben. Das Foto auf Seite 24 zeigt den Tonabbau in einer Grube mit rot brennendem Ton. Die Farbskala gibt mögliche Farbnuancen wieder. Je nach Art des Tones und der Brenntemperatur und Brennatmosphäre können unterschiedliche Klinkerfarben erzielt werden, von gelb über rot zu sehr dunklen Tönen.

Der Abbau von Ton für die Ziegelherstellung führt zu einem Eingriff in die Natur und Landschaft. Durch den Abbau entstehen jedoch auch neue Lebensräume mit ursprünglich nicht vorhandenen Standortbedingungen. Für eine planmäßige Rekultivierung sind Folgenutzung z. B. als Wassersport- und Freizeitseen und Freizeitanlagen sowie Landflächennutzung als Waldflächen, landwirtschaftliche Flächen, Grünflächen oder auch als Baugelände möglich.

4.1.2 Stufen der Rohstoffaufbereitung

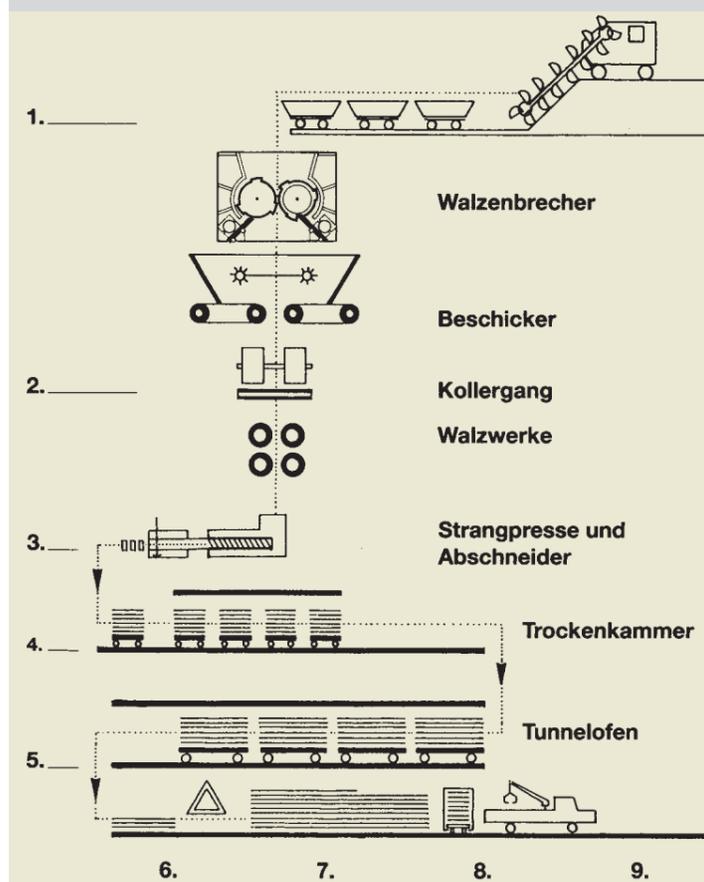
Nur selten kommen Lehm, Ton oder Schieferthon in ihrer Zusammensetzung und Struktur so vor, wie sie für die Herstellung von Pflasterklinkern erforderlich sind. Deshalb muss das gewonnene Rohmaterial im Klinkerwerk aufbereitet werden. Die Aufbereitung der Rohstoffe für die Herstellung von Pflasterklinkern erfolgt in mehreren Schritten:

- Mischen der Rohstoffe Ton und Lehm, sowie Beigabe von Sand, Tonmehl oder anderen geeigneten Magerungsmitteln,
- Aussondern unerwünschter Bestandteile,
- Zerkleinern zu großer und zu harter Bestandteile,
- Einstellen der gewünschten Plastizität durch Feuchte-regulierung.

Die Rohstoffe durchlaufen dabei einen Walzenbrecher, den Kastenbeschicker, den Kollergang und das Walzwerk.

Abb. 4-1: Herstellprozess

1. Rohstoffgewinnung
2. Aufbereitung
3. Formen
4. Trocknen
5. Brennen
6. Güteprüfung
7. Lagern
8. Verpacken
9. Verladen



Rohstoffgewinnung



Kollergang, zwei schwere Walzen zerkleinern den Ton

Eine besondere Bedeutung bei der Feinaufbereitung der Rohstoffe kommt dem Kollergang zu. Hier werden mit rundlaufenden Walzen die größeren Bestandteile des bereits voraufbereiteten Materials weiter zerkleinert, bevor es dem Walzwerk zugeführt wird, in dem es auf die gewünschte Korngröße (0-1mm) gebracht und so zu einem feinkörnigen Versatz wird. Um den gemischten und zerkleinerten Rohstoff plastisch verarbeiten zu können, wird anschließend Feuchtigkeit zugesetzt.



4 | Herstellung und Qualitätssicherung



Der Tonstrang wird mit dem Harfenabschneider auf Steingröße geteilt



Tunnelofenwagenbesatz mit Pflasterklinker

4.1.3 Formen

Über ein Walzwerk gelangt das aufbereitete Rohmaterial durch die Vakuumkammer, in der es entlüftet, mit Heißdampf erwärmt und dadurch geschmeidig gemacht wird, in die Presse. Diese ist in den meisten Fällen eine Strangpresse. Das Rohmaterial wird dabei mit einer Schnecke zum Mundstück der Presse strangförmig herausgedrückt. Der geformte Strang wird am Abschneider mit Drähten auf die gewünschten Längen abgeschnitten. Die so entstandenen Rohlinge entsprechen schon der Form des fertigen Klinkers, sind jedoch in ihren Abmessungen größer als der fertige Pflasterklinker. Dies ist notwendig, da der Rohling bei der Trocknung und beim Brennen schwindet. Das Schwinden ist rohstoffabhängig und liegt zwischen 7% und 12%.

Bei Rohlingen für Pflasterklinker mit an der Sichtseite umlaufender Fase wird diese bereits am Strang angeformt.

4.1.4 Trocknen

Die in feuchtem Zustand geformten Rohlinge werden in Trockenkammern bei Temperaturen bis zu 100°C langsam getrocknet. Hierbei wird der Masse Wasser entzogen. Die getrockneten Klinker-Rohlinge werden auf spezielle Tunnelofenwagen automatisiert so gestapelt, dass zwischen den Rohlingen ein ausreichender Abstand für die Durchströmung mit heißer Luft beim Brennvorgang verbleibt (Setzschema). Auf den Transportwagen werden die gesetzten Rohlinge in den Tunnelofen gefahren.

4.1.5 Brennen

Die getrockneten Rohlinge werden während der Durchfahrt des Transportwagens im Tunnelofen gebrannt. Bei Temperaturen von über 1.100 °C werden die Rohstoffkomponenten durch chemische Umwandlung bis zur Sinterung gebrannt. Dabei entsteht der charakteristische Scherben des Klinkers.

Während des Brennvorgangs durchlaufen die auf Tunnelofenwagen gesetzten Rohlinge zunächst die Vorwärmzone, dann die eigentliche Brennzone und danach die Abkühlzone. Sie werden dabei langsam erwärmt, gebrannt und allmählich wieder abgekühlt. Dadurch wird ein Produkt gewährleistet, das frei von Spannungsrissen ist. Der gesamte Brennvorgang dauert etwa 72 Stunden. Während dieser Zeit durchläuft das Brenngut die Länge des Tunnelofens, die je nach Bauart zwischen 60 und 180 Metern liegen kann, um als fertige Pflasterklinker den Ofen zu verlassen.

Die Energiezufuhr zum Tunnelofen erfolgt meist von der Oberseite her, gelegentlich auch von der Seite. Überwiegend wird Erdgas zum Brennen der Klinker verwendet, das besonders rückstandsarm verbrennt. Nicht mehr benötigte Wärmeenergie wird in Wärmerückgewinnungsanlagen zur Wiederverwendung, zum Beispiel in der Trockenanlage, aufbereitet.

4.1.6 Verpacken und Transport

An der Ofenausfahrt wird der mit gebrannten Ziegeln besetzte Ofenwagen durch eine programmgesteuerte,

automatische Fahrbühne übernommen, die sie je nach Bedarf zum Entladegleis oder auf die Speichergleise schiebt. Ein Entladegreifer nimmt komplette Brennpakete auf und setzt sie auf bereitgestellte Paletten. Zur Transportsicherung werden die Ziegelstapel mit horizontalen und vertikalen Kunststoffbändern umreift. Eine über das Ziegelpaket gezogene Kunststoff-Folie wird erhitzt, zieht sich beim Abkühlen zusammen und gibt so den Ziegelpaketen festen Halt. Diese extrem dehnfähige Stretchfolie, mit hoher Spannkraft, trägt zusätzlich zur Fixierung und Regendichtigkeit der Ziegelpakete bei. Die fertigen Pakete werden von einem Hubstapler zum Lagerplatz transportiert und anschließend auf Lkw verladen.

4.2 Qualitätskontrolle

Zur Qualitätssicherung ist für Pflasterziegel das System 4 des Konformitätsbescheinigungsverfahrens festgelegt. Im System 4 werden die Erstprüfung und die werkseigene Produktionskontrolle (WPK) durch den Hersteller selbst durchgeführt. Die Einschaltung einer zugelassenen Stelle ist für die Erstinspektion sowie für die Regelüberwachung der werkseigenen Produktionskontrolle und der Produktprüfung nicht vorgesehen. Bevor erstmals ein Pflasterziegel mit einem CE-Zeichen versehen wird, muss zunächst eine Typprüfung durchgeführt und ein System zur werkseigenen Produktionskontrolle vom Hersteller eingeführt werden. Mit diesem Verfahren wird sichergestellt und dokumentiert, dass die auf den Markt gebrachten Produkte mit der DIN EN 1344 und den vom Hersteller angegebenen Werten übereinstimmen.

Die werkseigene Produktionskontrolle muss aus wiederholten Kontrollen, Prüfungen und der Auswertung der Ergebnisse bestehen, um Rohstoffe oder andere eingehende Materialien, Ausrüstung, das Produktionsverfahren und das Endprodukt, die Pflasterklinker, zu überwachen. Einzelheiten zur werkseigenen Produktionskontrolle sind im Abschnitt 5.3 der DIN EN 1344 geregelt. Die Typprüfungen für die Frostbeständigkeit, den Abriebwiderstand und die Griffigkeit müssen mindestens einmal jährlich wiederholt werden.

Nach Abschnitt 5.3.2.6 der DIN EN 1344 werden im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle auch Prüfungen am Fertigprodukt durchgeführt. Die Häufigkeit der Probenahme und Prüfungen richtet sich nach



Gebrannte Pflasterklinker nach Verlassen des Ofens

statistischen Regeln, die sicherstellen, dass das Fertigprodukt mit den in dieser Norm einzuhaltenden Annahmekriterien und jedem angegebenen Wert übereinstimmt. Für die Stückprüfungen müssen mindestens täglich die Mittelwerte der Maße sowie wöchentlich die Biegebruchlast geprüft und die Ergebnisse aufgezeichnet werden. Die Probenahme erfolgt nach einem genauen Prüfplan, der in der Dokumentation niedergelegt ist.

Qualitätszeichen

Das Qualitätszeichen der Arbeitsgemeinschaft Pflasterklinker e.V. „Original Pflasterklinker – Geprüfte Qualität“ garantiert höchsten Qualitätsstandard und größte Produktsicherheit für Bauherren und Planer, bei Qualität und Wertbeständigkeit ihrer Investition.

Mit dem Qualitätszeichen wird zugesichert:

- Einhaltung der jeweils höchsten Anforderungsklassen nach DIN EN 1344 Pflasterziegel,
- Pflasterklinkerqualität nach DIN 18503 und eine
- Regelmäßige und unabhängige Güteüberwachung der Produkteigenschaften

Das Qualitätszeichen „Original Pflasterklinker – Geprüfte Qualität“ garantiert dem Anwender die Einhaltung der Anforderungen der TL Pflaster und kann als Nachweis für die Eignung der verwendeten Bauprodukte nach ZTV-Pflaster verwendet werden.



4.3 Formate

4.3.1 Fugenbreite und Rastermaß

Das für die Planung einer Pflasterfläche zu beachtende Rastermaß setzt sich immer aus den Nennmaßen der Pflasterklinker zuzüglich des aus bautechnischen Gründen erforderlichen Fugenmaßes zusammen. Dies gilt auch bei der Verwendung von unterschiedlich großen Steinen innerhalb einer Fläche. Die Dicke der Pflasterklinker von 52, 62 und 71 mm wurde früher aus der im Hochbau üblichen Maßordnung der Mauerziegel übernommen (Dünnsformat, Reichsformat und Normalformat). Häufig wurden sogenannte Pflasterklinker und Mauerziegel auf derselben Produktionslinie hergestellt. Die auf Straßenbauklinker spezialisierte Produktion hat sich bei der Fortentwicklung zu größeren Materialdicken folgerichtig auf Dicken von 80 mm und 100 mm eingestellt.

Flachverlegung	Materialbedarf in Stück* pro m ² ca.:
Länge x Breite in mm	
200 x 100 mm	48
240 x 118 mm	34
220 x 108 mm	40
200 x 200 mm	24
240 x 240 mm	17
150 x 150 mm	43
300 x 150 mm	22

* zuzüglich Verschnitt

Tabelle 4-1: Ausgewählte Formate und abgeleiteter Materialbedarf für die Flachverlegung

4.3.2 Standardformate

Pflasterklinker im Rechteck- oder Quadratformat werden für Fugenraster von 100 bis 300 mm hergestellt. Darüber hinaus stehen auch kleinere Formate, die sog. Mosaik-Pflasterklinker, zur Verfügung (siehe Tab. 4-3).

Formate und Maße sind nicht in der Norm geregelt. Die Herstellmaße richten sich nach der Verlegeart und sind vor der Lieferung zu vereinbaren.

Der Klinkerbedarf ergibt sich aus dem gewählten Format und der Verlegeart.

Hochkantverlegung	Materialbedarf in Stück* pro m ² ca.:			
	Breite in mm			
Länge in mm	52 mm	62 mm	71 mm	80 mm
200 mm	88	75	66	59
240 mm	74	63	55	49
280 mm	65	54	47	42
360 mm	50	42	37	33

* zuzüglich Verschnitt

Tabelle 4-2: Ausgewählte Formate und abgeleiteter Materialbedarf für die Hochkantverlegung

Pflasterklinker können mit oder ohne Fase geliefert werden. Weitere Zwischenmaße und Sonderformate sowie Pflasterklinker mit angeformten Abstandhaltern sind nach Vereinbarung möglich. Pflasterklinker mit Abstandhaltern ermöglichen die maschinelle Verlegung. Werden bei Hochkantverlegung besondere Anforderungen an die Rutschsicherheit gestellt, können Pflasterklinker auch geschält hergestellt werden.

Die Dicke des Pflasterklinkers ist in Abhängigkeit vom Tragverhalten im Verband und der zu erwartenden Verkehrsbelastung festzulegen.

Produkt	Verlegeart	Gebrauchsfläche mm	Dicke mm
Rechteckformate	Flachverlegung	200 x 100	45* / 52* / 62 / 71 / 80 / 100
		220 x 108	
		240 x 118	
Rechteckformate	Hochkant (Riegel)	200 x 52	52 / 62 / 71 / 80 / 100
		200 x 62	
		200 x 71	
		200 x 80	
		240 x 52	
		240 x 62	
Rechteckformate	Langformate	280 x 52	71 / 80 / 100
		280 x 62	
		280 x 71	
		280 x 80	
		360 x 52	
		360 x 62	
Quadratformate	Flachverlegung	100 x 100	45* / 52* / 62 / 71 / 80 / 100
		150 x 150	
		200 x 200	
Mosaik	Flachverlegung	60 x 60	52 / 62 / (80)
Rasenlochklinker	Flachverlegung	200 x 100	71 / 113
		230 x 110	
		240 x 115	
		300 x 145	

Tabelle 4-3: Ausgewählte Formate und Verlegearten von Pflasterklinker



Pflasterklinker, Ellbogenverband, Uferpromenade, Bilbao, Spanien



4 | Herstellung und Qualitätssicherung

4.3.3 Formklinker

Zur Ergänzung der überwiegend verwendeten Rechteckformate werden Pflasterklinker in Sonderformaten angeboten. So können z. B. für die Randausbildung von Diagonal- oder Fischgrätverband so genannte Bischofsmützen verwendet werden. Pflasterklinker werden in Dreieck-, Mehreck- oder Rundformen angeboten. Darüber hinaus stehen Verbundklinker und Rasenklinker zur Verfügung.

Abb. 4-2: Formklinker – Muldenrinne, Rinnenklinker, Bischofsmütze, Drainklinker, Gehsteigplatte, Rasenlochklinker, Stufenklinker, Quadratformat



4.4 Farben

Die Klinkerfarben werden durch die unterschiedliche geologische Zusammensetzung des Tons, den Anteil der darin enthaltenen Mineralien und die Brennatmosphäre bestimmt. Die im keramischen Brand erzeugten Farben sind farbbeständig und lichtecht. Ein Verblässen oder Ausbleichen – selbst bei intensiver Sonneneinstrahlung – bleibt aus. Für die individuellen Gestaltungswünsche steht bei Original-Pflasterklinker eine große Palette an Farbtönen zur Verfügung. Die unten dargestellten Standardfarben sind in jedem Sortiment verfügbar:

4.5 Herstellungsbedingte Besonderheiten

4.5.1 Farb- und Strukturabweichungen

Pflasterklinker haben eine natürliche Farbe, die nicht durch chemische Zusätze bestimmt, sondern durch die im natürlichen Rohstoff enthaltenen Mineralien sowie durch den Brennprozess geprägt wird. Aufgrund der für die Keramik typischen rohstoff- oder fertigungsbedingten Schwankungen in Farbe und Struktur kann ein nuanciert gewolltes Farbspiel erzielt werden. Durch Quermischung der Pflasterklinker aus mehreren Paketen können bei der Verlegung störende Eindrücke in der Flächenwirkung der fertigen Pflasterdecke vermindert werden.

4.5.2 Maß- und Formabweichungen

Bei Pflasterklinkern handelt es sich um grobkeramische Naturprodukte. Abweichungen vom Nennmaß sind daher aufgrund des Herstellungsprozesses sowie aufgrund unvermeidbarer Schwankungen in der Zusammensetzung der verwendeten Rohstonsorten nicht auszuschließen. Gemäß DIN EN 1344 „Pflasterziegel“ ist die Maßspanne, das heißt die zulässige Differenz zwischen dem kleinsten und größten Maß des Pflasterklinkers, für eine Lieferung begrenzt. Die für die Klasse R1 geltende Maßspanne ist in Tabelle 3-1 aufgeführt.

Die Durchführung der Messung zur Bestimmung der Maßhaltigkeit von Pflasterziegeln ist im unverbauten Zustand mit einem Messschieber und einer Probenanzahl von 10 Ziegeln durchzuführen.

4.5.3 Haarrisse

Feine Haarrisse sind in vielen gebräuchlichen Bauprodukten nicht völlig vermeidbar. Einen Einfluss auf die bauphysikalischen Eigenschaften der gelieferten Klinker, wie z.B. die Biegebruchlast und den Frost-Tau-Widerstand, haben derartige Risse nicht. Die beobachteten Haarrisse sind produktionsbedingt unvermeidbar und stellen keinen materialbedingten Mangel dar.

Abb. 4-3: Klinkerfarben (Standard)

Rot

Das klassische Naturrot der Pflasterklinker mit interessanten Nuancen von Hellrot über Rot-Orange geht bis zu dunklen Schattierungen wie Rotbraun. Die rötliche Farbigeit wird vom Eisengehalt in der Tonmasse bestimmt.

Braun

Für Brauntöne werden Tone mit reichem Kalk und geringem Eisen-gehalt verwendet, die anfänglich gelb und bei Steigerung der Brenntemperatur bis zur Sinterung in eine bräunliche und braune Färbung übergehen

Gelb

Die warmen Gelbtöne reichen von lebhaften Gelbtönen über Gelb-Orange bis hin zu einem Kupferschimmer. Die Kalziumverbindungen im Ton lassen die Gelbtöne entstehen.

Schwarz/Anthrazit

Dunkle bis hin zu schwarzen Brennfärbungen werden durch reduzierendes Brennen erzielt. Hierbei wird Verbrennungsluftzufuhr so gesteuert, dass in der Brennatmosphäre weniger Sauerstoff vorhanden ist.

Blau

Blaunuancierungen variieren von gedecktem Blau bis hin zu Blau-Schwarz. Durch Dämpfen (z.B. Blaudämpfen, Silberdämpfen) kann durch ein spezielles Reduktionsverfahren eine charakteristische blau- bis silbergraue Färbung der Scherbenoberfläche erreicht werden.

Rot-Bunt (geflammt)

Geflammte Mischöne wie Rot-Blau-Bunt oder Rot-Schwarz-Bunt setzen individuelle Akzente. Geflammte Pflasterklinker mit changierender Oberfläche entstehen durch sehr hohe Brenntemperaturen

Gelb-Bunt

Bei gelbbrennenden Ziegeln hat die Brenntemperatur Einfluss auf die Farbe, die bei steigender Temperatur zunehmend nach Gelb übergeht, d. h. heller wird. Dieses natürlich Farbspiel macht man sich bei Mischönen wie Gelb-Bunt zu nutze.



5.1 Gestaltung von Klinkerpflasterflächen

Planung und Entwurf von innerörtlichen Straßenräumen erfolgen gemäß dem Ziel, die Verträglichkeit der Nutzungsansprüche und der Umfeldnutzungen ausgewogen herzustellen. Die Verträglichkeit muss in der Regel auf vorgegebenen Flächen unter Berücksichtigung der

städtebaulichen Zusammenhänge und unter Berücksichtigung gestalterischer und ökologischer Belange angestrebt werden. Insbesondere hinsichtlich der städtebaulich-gestalterischen Ziele bieten Pflasterklinker als Verkehrsflächenbefestigung zahlreiche Vorteile, da sie umfangreiche, dem Umfeld angepasste Gestaltungsmöglichkeiten bieten.

Mit Pflasterklinkern kann eine Vielzahl unterschiedlicher Verbände (Verlegemuster) hergestellt werden. Allein durch die Verwendung rechteckförmiger Pflasterklinker können bereits mehrere Verbände realisiert werden. Durch die Kombination mit Bischofsmützen und quadratischen Pflasterklinkern ist eine Vielzahl weiterer Verbände möglich.

5.1.1 Läuferverband

Für rechteckige oder quadratische Pflasterklinker ist der Läufer- oder Reihenverband die klassische oder häufigste Verlegeform. Läuferverbände sind einfach zu verlegen und benötigen keine Passstücke. Auch das Verlegen im Bogen macht nur geringe Schwierigkeiten.

5.1.2 Fischgrät-/Keperverband

Der Fischgrätverband ist für Wege und Steigungen (z. B. auch Garageneinfahrten) gut geeignet. Er ist besonders standfest, weil er infolge der um 45° versetzten Klinker eine bessere Lastabtragung, insbesondere für Horizontalkräfte, besitzt. Mit ihm wird wegen der gleichmäßig verteilten Fugenlängen durch die Verlegung im Winkel von 45° zur Wegachse eine besonders gute Griffbarkeit erreicht. An den Wegrändern sind entweder besondere Passstücke erforderlich, zum Beispiel so genannte Bischofsmützen, oder die an den Rändern liegenden Klinker sind durch Schneiden anzupassen. Bei Verlegen des Fischgrätverbandes in Fahrbahnrichtung (Ellbogenverband) genügen halbe Klinker als Passstücke.

5.1.3 Diagonalverband

Beim Diagonalverband handelt es sich um einen Läufer- oder Reihenverband, der im Winkel von 45° zur Wegachse verlegt wird. Für den Diagonalverband gelten die zum Fischgrät- bzw. Keperverband gemachten Aussagen sinngemäß.

5.1.4 Block- oder Parkettverband

Für den Block- oder Parkettverband werden Pflasterklinker in kleinen Blöcken zu zwei oder drei Klinkern zusammengefasst oder um einen Mittelstein verlegt. Daraus ergeben sich Muster mit großer Variationsbreite. Da diese Verbände



Pflasterklinker als Langformat verlegt im Fischgrätverband



Strandpromenade, Wenduine, Belgien

Kreuzfugen und/oder durchgehende Längsfugen besitzen und somit die Pflasterfläche eine geringere Verformungsbeständigkeit aufweist, sollten sie nur für Flächen verwendet werden, die nicht von Kraftfahrzeugen befahren werden. Sie werden daher vorwiegend als Zierverbände für Gartenbereiche oder Terrassen eingesetzt. Sollen sie auch in stärker belasteten Bereichen verwendet werden, zum Beispiel in Fußgängerzonen, so ist eine Verlegung in gebundener Ausführung erforderlich.

5.1.5 Lineare Verlegemuster

Lineare Verlegemuster ermöglichen eine streng lineare Gliederung der Fläche. Beim Verlegen muss darauf geachtet werden, dass die Klinker exakt im Raster verlegt werden, damit gerade Fugenverläufe erzielt werden können. Mit diesen Verlegemustern können keine Kurven verlegt werden. Da diese Verbände Kreuzfugen und durchgehende Längsfugen besitzen und somit die Pflasterfläche keinerlei Verbundwirkung besitzt, sollten sie nur für Flächen verwendet werden, die nicht von Kraftfahrzeugen befahren werden.

5.1.6 Gestaltungsbeispiele unter Verwendung von quadratischen Klinkerformaten

Neben den überwiegend verwendeten Längsformaten werden quadratische Formate gerne zur Pflasterung von Flächen und Gliederungen eingesetzt. Beim Verlegen ist darauf zu achten, dass Klinker unterschiedlicher Formate möglichst gleiche Dicke aufweisen.

Weitere Gestaltungsbeispiele wie

- Anschlüsse von Klinkerpflaster an Baumscheiben oder Einbauten,
- gepflasterte Bögen und Rundformen,
- Mauern und Brüstungen in Verbindung mit Klinkerpflaster,
- gepflasterte Treppen und Rampen sowie
- Übergänge gepflasterter Flächen an Gebäudewände sind im Anhang zu finden.

5.1.7 Geeignete Verbände für befahrene Flächen

Verbände, die Kreuzfugen und/oder durchgehende Längsfugen (in Befahrungsrichtung) aufweisen, sind ungeeignet für Flächen, die regelmäßig mit Kraftfahrzeugen befahren werden. Gemäß ZTV Pflaster StB bedürfen daher Verbände mit Kreuzfugen der vorherigen ausdrücklichen Zustimmung des Auftraggebers.

Im Rahmen von Labor- und Feldversuchen wurde von JUNGELD, KRASS und ROHLER [1] der horizontale Verschiebungswiderstand von Klinkerpflasterflächen mit einem Spreizgerät systematisch untersucht. Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, dass sowohl Bauweisen mit quer verlegtem Läuferverband, als auch mit Fischgrät- bzw. Ellbogenverband, einen hohen horizontalen Verschiebungswiderstand aufweisen. Die genannten Versuche, wie auch die Untersuchungen von GLEITZ, ROSSBERG und WELLNER [2], lassen für die im Winkel von 45° verlegten Verbände (Fischgrät- und Diagonalverband) einen etwas höheren Verformungswiderstand erkennen, da bei diesen Verbänden Horizontalkräfte besser abgetragen werden.



Maschinenverlegung von Pflasterklinker, Den Haag, Niederlande

Abb. 5-1: Verbände (Verlegemuster)



5.2 Städtebauliche und bautechnische Aspekte

Bei Planung und Entwurf innerörtlicher Straßenräume sollten u.a. die folgenden Richtlinien, Empfehlungen und Hinweise beachtet werden:

- Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen (RASt),
- Empfehlungen zur Straßenraumgestaltung innerhalb bebauter Gebiete (ESG),
- Empfehlungen für Anlagen des ruhenden Verkehrs (EAR),
- Empfehlungen für Radverkehrsanlagen (ERA),
- Empfehlungen für Fußgängerverkehrsanlagen (EFA),
- Hinweise für barrierefreie Verkehrsanlagen (H BVA).

Bei der Planung und Gestaltung von Flächenbefestigungen für öffentliche und private Flächen stehen häufig gestalterische Gesichtspunkte im Vordergrund. Insbesondere für Flächen, die von Kraftfahrzeugen befahren werden, sind zusätzlich eine Reihe bautechnischer Grundsätze und Anforderungen zu beachten und mit den gestalterischen Anforderungen in Einklang zu bringen, um eine möglichst lange und weitgehend schadensfreie Nutzungsdauer der Flächenbefestigung zu erzielen.

Bei der Auswahl von Pflasterklinkern, der Wahl des Verlegemusters und der Festlegung der sonstigen Baustoffe des Oberbaus ist es notwendig, gestalterische und bautechnische Anforderungen gleichermaßen zu beachten. Das bautechnische Anforderungsniveau ergibt sich aus der Menge und der Art der Fahrzeug- und sonstigen Verkehrslasten. Zwingend beachtet werden muss, dass die Pflasterbauweise grundsätzlich für Verkehrsflächen mit hoher bis sehr hoher Schwerverkehrsbelastung, dies entspricht den Belastungsklassen Bk100, Bk32 und Bk10 der RStO, nicht geeignet ist.

5.3 Das Technische Regelwerk und seine Bedeutung im Bauvertrag

Unter der Annahme, dass eine Reihe von Nutzern dieser Broschüre nicht unbedingt mit dem Technischen Regelwerk vertraut sind, sollen nachfolgend die wichtigsten Inhalte des Technischen Regelwerks für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen mit Klinkerpflasterdecke dargestellt und erläutert werden. Von öffentlichen Auftraggebern wird grundsätzlich das Regelwerk als Vertragsbestandteil vereinbart. Jedoch auch bei Baumaßnahmen privater Auftraggeber sollte nach den hier formulierten Grundsätzen gearbeitet werden, was die vertragliche Vereinbarung des Regelwerks voraussetzt.

Einsatz- und Belastungskategorie		
1	2	3
Hohe Verkehrsbelastungen	Mittlere bis geringe Verkehrsbelastungen	Untergeordnete Belastung
hohe Achslasten, mittlerer bis hohe Schwerverkehrsbelastung (Belastungsklassen Bk3,2, BK1,8 und BK1,0)	mittlere, niedrige oder nur gelegentliche Schwerverkehrsbelastung (Belastungsklassen Bk1,0 oder Bk0,3)	Flächen ohne jegliche Fahrzeuglasten
hohe Horizontalbelastungen	überwiegend Pkw-Verkehr	
häufige Rangievorgänge	geringe sonstige Belastungen	
Beispiele:	Beispiele:	Beispiele:
Hauptgeschäftsstraßen, Sammelstraßen	Wohnstraßen und -wege	Terrassen und Gartenanlagen
Lkw-Abstellflächen und -Fahrgassen	Parkplätze und Parkstreifen für Pkw	Aufenthaltsflächen im Wohnumfeld
Busverkehrsflächen	Wege der Land- und Forstwirtschaft	Aufenthaltsflächen im Freien von Schulen, Kindergärten, Bädern u. Ä.
Kreisverkehrsplätze	Bereiche von Plätzen und Fußgängerzonen ohne Lade- und Busverkehr	
Plätze und Fußgängerzonen mit Ladeverkehr		
Industrieverkehrsflächen	Geh- und Radwege	
	Grundstückzufahrten, Hofflächen	

Tabelle 5-1: Einsatz- und Belastungskategorien entsprechend der Belastungssituation in Anlehnung an das Merkblatt M FP

Bei der Planung und Herstellung von Verkehrsflächenbefestigungen mit Klinkerpflaster sind die folgenden Allgemeinen und Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen, Lieferbedingungen, Normen und Richtlinien zu beachten.

DIN-Normen sind vom Beuth-Verlag erhältlich. Alle anderen Technischen Regeln werden - soweit nicht anders gekennzeichnet - von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) herausgegeben und sind vom FGSV-Verlag zu beziehen.

5.3.1 Allgemeine Technische Vertragsbedingungen

Wird die Verdingungsordnung für Bauleistungen (VOB), Teil B, als Vertragsbestandteil vereinbart, d. h. es wird ein Bauvertrag auf der Grundlage der VOB geschlossen, so gehören gemäß § 1 der VOB/B auch die im VOB-Teil C enthaltenen Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen (ATV) zum Bauvertrag. Auch die darin als mitgeltend oder maßgebend bezeichneten Normen, Vorschriften oder Technischen Lieferbedingungen werden somit zum Vertragsbestandteil. Die folgenden Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen sind von Bedeutung:

- ATV DIN 18318 Verkehrswegebauarbeiten, Pflasterdecken und Plattenbeläge in ungebundener Ausführung, Einfassungen
- ATV DIN 18299 Allgemeine Regelungen für Bauarbeiten jeder Art
- ATV DIN 18300 Erdarbeiten
- ATV DIN 18 315 Verkehrswegebauarbeiten, Oberbauschichten ohne Bindemittel
- ATV DIN 18316 Verkehrswegebauarbeiten, Oberbauschichten mit hydraulischen Bindemitteln
- ATV DIN 18317 Verkehrswegebauarbeiten, Oberbauschichten aus Asphalt

In der ATV DIN 18318 wird als Regelausführung für die Verlegung von Klinkerpflaster die Flachverlegung im Reihenverband mit versetzten Fugen vorausgesetzt. Diese gilt als Kalkulationsgrundlage und als geschuldete Leistung bei der Abnahme, sofern nicht in der Leistungsbeschreibung eine andere Form der Verlegung (z. B. die Hochkantverlegung) beschrieben ist.

5.3.2 Technische Lieferbedingungen (TL)

Zu den hier relevanten Technischen Lieferbedingungen zählen insbesondere:

- TL Pflaster-StB – Technische Lieferbedingungen für Bauprodukte zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen
- 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

Die TL Pflaster und die darin als mitgeltend aufgeführten TL Gestein werden durch ihre Nennung in der ATV DIN 18318 in VOB-Verträgen zum Vertragsbestandteil.

5.3.3 Normen

Aufgrund ihrer besonderen Relevanz bezüglich der darin genannten Anforderungen an Pflasterklinker seien hier nur genannt:

- DIN EN 1344 – Pflasterziegel – Anforderungen und Prüfverfahren
- DIN 18503 – Pflasterklinker – Anforderungen und Prüfverfahren

Daneben sind zahlreiche weitere, hier nicht genannte Normen als „anerkannte Regeln der Technik“ selbstständig zu beachten.

5.3.4 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen

Die Ergänzung der ATV durch Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen (ZTV) ist dann notwendig, wenn die in den ATV genannten allgemeinen Anforderungen für die jeweilige Flächenbefestigung nicht ausreichen. Die Inhalte der ZTV sind jedoch nur dann wirksam, wenn die jeweiligen ZTV im Bauvertrag ausdrücklich genannt sind. Für öffentliche Auftraggeber ist die Vereinbarung der ZTV zwingend notwendig. Privaten Auftraggebern wird, zumindest für befahrene Flächen die Vereinbarung der ZTV empfohlen. Für Pflasterbefestigungen relevant sind u. a. die

- ZTV Pflaster-StB - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen

- ZTV SoB-StB - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau
- ZTV E-StB - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau
- ZTV A-StB - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen
- ZTV LW - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Befestigung ländlicher Wege
- ZTV Ew-StB - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Entwässerungseinrichtungen im Straßenbau

5.3.5 Richtlinien

Die in den ZTV enthaltenen, durch kursiv gedruckten Text markierten Richtlinien sowie die als eigenständige Texte herausgegebenen Richtlinien enthalten Festlegungen und Empfehlungen, die vorwiegend in der Planungs- und Entwurfsphase beachtet werden sollten. Eine Vereinbarung als Vertragsbestandteil ist nicht vorgesehen. Hierzu zählen u. a. die

- RStO – Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen
- RAS-Ew – Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil Entwässerung
- RLW Richtlinien für den ländlichen Wegebau
- RuA-StB – Richtlinie für die umweltverträgliche Anwendung von industriellen Nebenprodukten und Recycling-Baustoffen im Straßenbau

5.3.6 Merkblätter, Empfehlungen und Arbeitspapiere

Die Inhalte von Merkblättern und Empfehlungen sind bereits als Stand der Technik anzusehen, während in Arbeitspapieren überwiegend erst ein Zwischenstand der Forschung oder weitergehender Aktivitäten formuliert ist. Sollen die darin enthaltenen Texte vertraglich vereinbart werden, so müssen die relevanten Inhalte in die Leistungsbeschreibung aufgenommen werden. Eine pauschale vertragliche Vereinbarung ist nicht vorgesehen. Für die Planung und Ausführung von Flächenbefestigungen mit Klinkerpflaster relevant sind

- Merkblatt für Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen in ungebundener Ausführung sowie für Einfassungen - M FP

- Arbeitspapier Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen in gebundener Ausführung (Neuausgabe als Merkblatt in Vorbereitung)
- Gebundene Bauweise - historisches Pflaster – Merkblatt E 5-21-07/D (Hrsg.: WTA)
- Merkblatt für Versickerungsfähige Verkehrsflächen – M VV
- Merkblatt über den Rutschwiderstand von Pflaster- und Plattenbelägen für den Fußgängerverkehr
- Merkblatt für Dränbetontragschichten - M DBT
- Merkblatt für die Herstellung von Trag- und Deck-schichten ohne Bindemittel
- Merkblatt für den Bau von Busverkehrsflächen
- Merkblatt für die Ausführung von Verkehrsflächen in Gleisbereichen von Straßenbahnen
- Begrünbares Pflaster – Empfehlungen für die Planung, Ausführung und Unterhaltung von Flächen aus begrünbaren Pflasterdecken und Plattenbelägen (Hrsg.: FLL)
- Verkehrsflächen auf Bauwerken - Empfehlungen zu Planung und Bau von Verkehrsflächen auf Bauwerken (Hrsg.: FLL)



Kastruplundga, Kopenhagen, Dänemark

5.4 Baugrundsätze

5.4.1 Schichtenaufbau von Pflasterbefestigungen

Der Oberbau von Verkehrsflächenbefestigungen besteht üblicherweise aus mehreren Oberbauschichten. Seine Aufgabe besteht darin, die statischen und dynamischen Fahrzeuglasten aufzunehmen, flächenhaft zu verteilen und an den Untergrund weiterzuleiten. Abbildung 5-2 zeigt beispielhaft den Schichtenaufbau. Der Oberbau von Klinkerpflasterflächen besteht aus der Pflasterdecke und

zumeist nur einer, ggf. auch mehreren Tragschichten. Darunter befindet sich die Oberfläche des Untergrundes, das Planum. Nur dort, wo zunächst eine Schüttung erforderlich wird, um die plangemäße Höhenlage des Planums herzustellen, ist in Form dieser Schüttung auch ein Unterbau vorhanden.

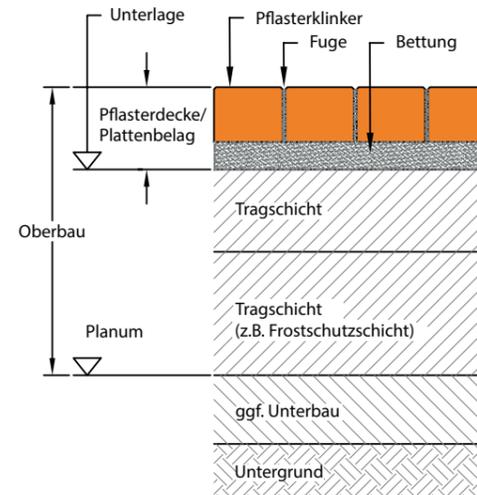


Abb. 5-2: Aufbau einer Verkehrsflächenbefestigung mit Klinkerpflasterdecke gemäß ZTV Pflaster-StB

Bei fachgerechter Planung und Ausführung und, sofern die in der Planung vorausgesetzte Beanspruchung durch den Verkehr sich nicht andersartig einstellt, erreichen Klinkerpflasterflächen eine Nutzungsdauer, die derjenigen anderer Bauweisen für Verkehrsflächen entspricht. Die Praxis wie auch unabhängige wissenschaftliche Untersuchungen [1] bestätigen dem Klinkerpflaster ein insgesamt gutes Verformungsverhalten. Untersuchungen zu horizontalen Verschiebungswiderständen (Schubkraftaufnahme) zeigen für das Klinkerpflaster gleich gute Ergebnisse wie bei anderen Pflastermaterialien. Bei vertikaler Verformungsbeanspruchung erreicht Klinkerpflaster sogar die günstigsten Werte. Diese positive Eigenschaft des Pflasterklinkers wird mit zunehmender Lastwechselzahl sogar noch verstärkt.

5.4.2 Begriffe

Zur Bezeichnung der Elemente des Schichtenaufbaus von Pflasterbefestigungen werden die folgenden Begriffe verwendet:

Oberbau	Pflasterdecke, Tragschicht(en)
Unterbau	Schüttung zur Herstellung der planmäßigen Höhenlage des Planums (falls erforderlich)
Untergrund	natürlich anstehender Baugrund (Boden, Fels)
Pflasterdecke / Klinkerpflaster	Klinkerpflasterschicht, Fugenfüllung und Bettung
Bettung	unterer Teil der Pflasterdecke, auch Pflasterbett genannt
Unterlage	Oberste Tragschicht als Auflager für die Pflasterdecke
Tragschicht(en)	z. B. Schotter-, Kiestragschicht und/oder Frostschuttschicht
Planum	Oberfläche des Untergrundes oder Unterbaues als Auflager für den Oberbau
Verbundklinker	Pflasterklinker, dessen Formgebung einen besonderen Verbund der Klinker untereinander bewirkt und ein Verschieben von Einzelklinkern durch die Einwirkung von Verkehrslasten vermeiden soll
Fugenfüllung	Gesteinskörnungsgemisch ohne Bindemittel, mit dem die Zwischenräume (Fugen) zwischen den Pflasterklinkern oder zu Randeinfassungen bzw. Einbauten verfüllt werden
Verband	Geometrische Anordnung, in der Pflasterklinker oder -platten verlegt bzw. versetzt werden
Pflaster	Das Klinkerpflaster bildet die oberste Schicht des Oberbaus. Nach den ZTV Pflaster-StB weisen die Befestigungselemente für Pflasterdecken ein Verhältnis von Gesamtlänge zu Dicke von ≤ 4 auf; ihre Gesamtlänge darf 400 mm nicht überschreiten.
Platten	Befestigungselemente für Plattenbeläge weisen nach den ZTV Pflaster-StB ein Verhältnis von Gesamtlänge zu Dicke von > 4 auf. Die Befestigungselemente für Plattenbeläge sollen die maximale Gesamtlänge von 600 mm nicht überschreiten – ansonsten gelten diese als Großformate.

Abb. 5-3: Begriffe zum Schichtenaufbau von Pflasterbefestigungen gemäß ZTV Pflaster-StB

5.5 Entwässerung

5.5.1 Oberflächenentwässerung

Die Oberflächenentwässerung einer Flächenbefestigung ist von besonderer Bedeutung sowohl im Hinblick auf die Verkehrssicherheit als auch hinsichtlich der Dauerhaftigkeit der Befestigung. Die Erarbeitung eines Entwässerungsplans ist daher im Verlauf des verkehrstechnischen und gestalterischen Entwurfes von Straßen, Wegen und Plätzen unerlässlich. Dabei wird unter anderem auch die Querneigung q und die Längsneigung s der Oberfläche der jeweiligen Verkehrsfläche in Abhängigkeit von der gewählten Deckenbauweise festgelegt. Die resultierende, abflusswirksame Neigung p , auch Schrägneigung genannt, errechnet sich aus der Querneigung q und der Längsneigung s

$$p = \sqrt{q^2 + s^2}$$

Bei der Festlegung der Neigung der Oberfläche sollten die Hinweise der einschlägigen Richtlinien und Empfehlungen (siehe Abs. 5.1) zur Längs-, Quer- und Schrägneigung der jeweiligen Verkehrsfläche beachtet werden. Grundsätzlich sollte für Klinkerpflasterdecken ein Mindestwert für die abflusswirksame, resultierende Neigung (Resultierende aus Quer- und Längsneigung) der Pflasterdecke von 2,5 % eingehalten werden. Gegebenenfalls ist die Fläche in abflusswirksame Teilflächen zu unterteilen.

Der genannte Mindestwert von 2,5 % für die abflusswirksame, resultierende Neigung sollte nicht unterschritten werden, um Gefährdungen und Belästigungen infolge Pfützenbildung zu vermeiden. Ein Aufstau von Niederschlagswasser auf der Fläche bewirkt zudem ein verstärktes Einsickern von Niederschlagswasser über die Pflasterfugen, was eine Reduzierung der Tragfähigkeit der Pflasterdecke und der Tragschichten und somit eine Verminderung der Nutzungsdauer zur Folge haben kann. Sind die genannten Nachteile bewusst hinnehmbar, so kann auch eine verminderte resultierende Neigung, allerdings nicht unter 2,0 %, angesetzt werden.

Gezielt versickerungsfähig konzipierte Flächenbefestigungen (siehe Abs. 7.2) hingegen sollten mit möglichst geringer Neigung ausgeführt werden, um die Versickerungsleistung zu erhöhen.

Aus bautechnischen Gründen wird die erforderliche Neigung (Mindestquerneigung: 2,5 % bei Fahrbahnen) in allen Schichten der Verkehrsflächenbefestigung hergestellt.

Unterscheidung zwischen Pflasterklinker und Klinkerplatte

Pflasterklinker müssen gemäß DIN EN 1344 eine Mindestdicke von 40 mm besitzen (Mindestdicke für die Verlegung im Mörtelbett: 30 mm). Der Geltungsbereich der harmonisierten Produktnorm DIN EN 1344 berücksichtigt Pflasterziegel, die das Verhältnis von Gesamtlänge zu Dicke (bezogen auf das Nennmaß) mit einem Wert von 6 nicht überschreiten. Die ZTV Pflaster StB hingegen legen in Abschnitt 1.2 fest, dass für einen Pflasterklinker das Verhältnis von Gesamtlänge zu Dicke nicht größer als 4 sein darf. Wird der Verhältniswert von 4 überschritten, so handelt es sich nach dieser Definition um eine Klinkerplatte.

Die in den ZTV Pflaster-StB enthaltene Abgrenzung von Pflasterstein und Platte gilt zwar einheitlich für alle Pflastersteine und Platten, unabhängig vom Baustoff. Sie geht allerdings auf die Unterscheidung von Pflastersteinen und Platten aus Beton zurück und basiert auf der Definition gemäß DIN EN 1338. Aufgrund der deutlich höheren Materialfestigkeit von Pflasterklinkern im Vergleich zu entsprechenden Betonprodukten, könnte Pflasterklinker aus Festigkeitsgesichtspunkten durchaus entsprechend der Festlegung der DIN EN 1344 verwendet werden, sofern dies vereinbart wird und hierfür regional langjährige positive Erfahrungen vorliegen:

Pflasterklinker	Gesamtlänge zu Dicke ≤ 6
Klinkerplatte	Gesamtlänge zu Dicke > 6

Ein weiterer Grund für die Längenbegrenzung von Pflasterelementen in der ZTV Pflaster-StB ist die Sicherstellung einer ausreichenden Lagestabilität der Pflasterelemente in der Pflasterdecke. Deshalb sollte für die Verwendung von Riegeln und Langformaten, die ein Dicken- / Längenverhältnis > 4 aufweisen, eine besondere Vereinbarung getroffen werden, sofern sie in öffentlichen Verkehrsflächen verwendet werden, die von Kraftfahrzeugen befahren werden.

Bereits das Planum und auch die Oberflächen der Tragschichten müssen somit bereits das Längs- und Quergefälle der Pflasterdecke aufweisen.

Weitere Angaben zur Oberflächenentwässerung von Verkehrsflächen sind den „Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil Entwässerung“ (RAS-Ew) zu entnehmen.

5.5.2 Planumsentwässerung

Anlagen zur Planumsentwässerung sind erforderlich, falls die Verkehrsflächenbefestigung auf wasserempfindlichen Böden ausgeführt werden soll. Als „wasserempfindlich“ können im Allgemeinen F2- und F3-Böden nach den ZTV E-StB angesehen werden. Da Pflasterdecken über ihre Fugen einen Teil des Oberflächenwassers aufnehmen und in die Tragschichten bis zum Planum weiterleiten, ist die Planumsentwässerung von besonderer Bedeutung für die Dauerhaftigkeit der Befestigung. Sie dient der Ableitung des in die Befestigung eindringenden Niederschlags- bzw. Schichtenwassers.

Die Planumsentwässerung wird realisiert durch

- eine ausreichende Querneigung des Planums und
- die Ableitung des Wassers aus der Befestigung am Tiefpunkt des Planums, wenn möglich durch Sickerschichten (in Dammlage), anderenfalls durch Sickerstränge oder Dränageleitungen. Diese sind nach dem Kriterium der hydraulischen Leistungsfähigkeit zu bemessen (siehe RAS-Ew).

5.6 Dimensionierung und Festlegung der Schichten des Aufbaus der Befestigung

5.6.1 Vorgehensweise für Verkehrsflächen

Die Dimensionierung von Verkehrsflächenbefestigungen mit Pflasterklinkern erfolgt auf Grundlage der „Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen“ (RStO). Die darin aufgeführten Standardbauweisen umfassen sowohl die Befestigungen für Fahrbahnen als auch für sonstige Verkehrsflächen sowie für Rad- und Gehwege. Für private Flächenbefestigungen sollte die Festlegung der Schichtenfolge und Schichtdicken ebenfalls nach den RStO durchgeführt werden, allerdings ist auch die Vorgehensweise nach den ZTV Wegebau möglich (siehe Abschnitt 5.5.3).

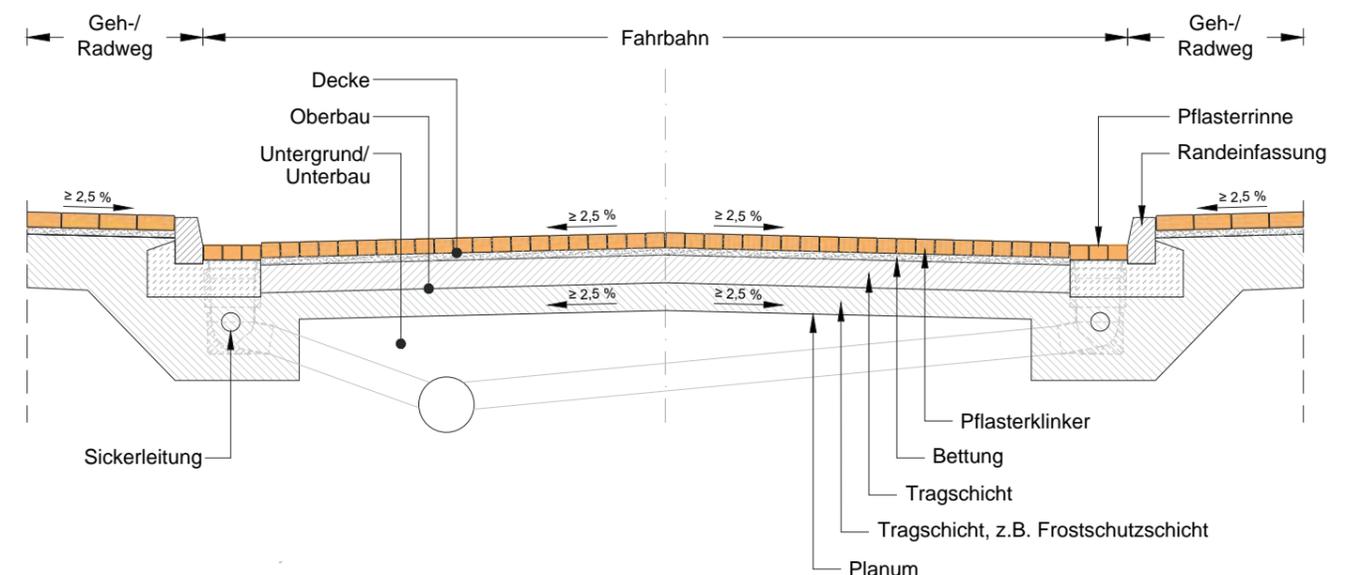
Die Dimensionierung des Oberbaus nach den RStO erfolgt unter Berücksichtigung der folgenden Eingangsdaten:

- Die Verkehrsbelastung in Form der dimensionierungsrelevanten Beanspruchung B , entsprechend der Anzahl äquivalenter 10 t-Achsen im Dimensionierungszeitraum (in der Regel 30 Jahre),
- die Angaben zu den örtlichen Gegebenheiten, insbesondere hinsichtlich der Bestimmung der Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus,
- die Tragfähigkeit des Untergrundes bzw. Unterbaues.

Die Dicke des Aufbaus der Verkehrsflächenbefestigung ist so festzulegen, dass eine ausreichende Tragfähigkeit und die notwendige Frostsicherheit gewährleistet sind.

Die Dimensionierung von Verkehrsflächenbefestigungen nach den RStO erfolgt in mehreren, zum Teil aufeinander aufbauenden Stufen.

Abb. 5-4: Querneigungen bei einer Innerortsstraße (RAS-Ew)





5 | Planung und Bauausführung

Tabelle 5-2: Bauweisen mit Pflasterdecke für Fahrbahnen auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau (RStO 12)

(Dickenangaben in cm; ∇ E_{t2} -Mindestwerte in MPa)

Zeile	Belastungsklasse	Bk							
		Bk100	Bk32	Bk10	Bk3,2	Bk1,8	Bk1,0	Bk0,3	
	B [Mio.]	> 32	> 10 - 32	> 3,2 - 10	> 1,8 - 3,2	> 1,0 - 1,8	> 0,3 - 1,0	≤ 0,3	
	Dicke des frostsich. Oberbaus	55 65 75 85	55 65 75 85	55 65 75 85	45 55 65 75	45 55 65 75	45 55 65 75	35 45 55 65	45 55 65
1	Schottertragschicht auf Frostschuttschicht								
	Pflasterdecke ¹⁾				10 4	10 4	8 4	8 4	
	Schottertragschicht				25 120	25 120	20 120	15 100	
	Frostschuttschicht				39 45	39 45	32 45	27 45	
	Dicke der Frostschuttschicht				26 36	26 36	33 43	18 28 38	
2	Kiestragschicht auf Frostschuttschicht								
	Pflasterdecke ¹⁾				10 4	10 4	8 4	8 4	
	Kiestragschicht				30 120	25 120	20 100	20 100	
	Frostschuttschicht				44 45	37 45	32 45	32 45	
	Dicke der Frostschuttschicht				31	28 38	23 33		
3	Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material								
	Pflasterdecke ¹⁾				10 4	10 4	8 4	8 4	
	Schotter- oder Kiestragschicht				30 ¹¹⁾ 180	30 ¹¹⁾ 150	25 ¹¹⁾ 150	25 ¹¹⁾ 120	
	Schicht aus frostunempfindlichem Material				44 45	44 45	42 45	37 45	
	Dicke der Schicht aus frostunempfindlichem Material ¹¹⁾				12	13	11		
4	Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht								
	Pflasterdecke ¹⁾				10 4	10 4	8 4	8 4	
	Wasserdurchlässige Asphalttragschicht ¹⁰⁾				14 120	14 120	12 120	10 100	
	Frostschuttschicht				28 45	28 45	24 45	22 45	
	Dicke der Frostschuttschicht				27 37 47	27 37 47	31 41 51	23 33 43	
5	Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschuttschicht								
	Pflasterdecke ¹⁾				10 4	10 4	8 4	8 4	
	Wasserdurchlässige Asphalttragschicht ¹⁰⁾				10 150	10 150	8 120	8 100	
	Schottertragschicht				15 120	15 120	15 100	15 100	
	Dicke der Frostschuttschicht				26 36	26 36	20 30 40	20 30	
6	Asphalttragschicht und Kiestragschicht auf Frostschuttschicht								
	Pflasterdecke ¹⁾				10 4	10 4	8 4	8 4	
	Wasserdurchlässige Asphalttragschicht ¹⁰⁾				10 150	10 150	8 120	8 100	
	Kiestragschicht				20 120	20 120	20 100	20 100	
	Dicke der Frostschuttschicht				31	31	25 35 45	15 25	
7	Dränbetontragschicht auf Frostschuttschicht								
	Pflasterdecke ¹⁾				10 4	10 4	8 4	8 4	
	Dränbetontragschicht (DBT) ¹¹⁾				20 120	20 120	15 120	15 100	
	Frostschuttschicht				34 45	34 45	27 45	27 45	
	Dicke der Frostschuttschicht				31 41	31 41	18 28 38 48	18 28 38	

1) Bei abweichenden Werten sind die Dicken der Frostschuttschicht bzw. des frostunempfindlichen Materials durch Differenzbildung zu bestimmen, siehe auch Tabelle 8
 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
 10) Siehe ZTV Pflaster-SB
 11) Bei Kiestragschicht 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 $E_{t2} \geq 150$ MPa bei bewährten regionalen Bauweisen anwendbar
 19) Nur Schottertragschicht

Tabelle 5-3: Bauweisen mit Pflasterdecke für Rad- und Gehwege auf F2- und F3-Untergrund/ Unterbau (RStO 12)

(Dickenangaben in cm; ∇ E_{t2} -Mindestwerte in MPa)

Zeile	Bauweisen	Bauweise							
		Asphalt		Beton		Pflaster (Plattenbelag)		ohne Bindemittel	
	Dicke des frostsich. Oberbaus	30	40	30	40	30	40	30	40
1	Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material								
	Decke	10 ¹⁴⁾ 80	12 ¹⁷⁾ 80	8 ¹⁴⁾ 80	4 120				
	Schotter- oder Kiestragschicht	15 25	15 27	15 27	4 29				
	Schicht aus frostunempfindlichem Material	45	45	45	45				
	Dicke der Schicht aus frostunempfindlichem Material ¹¹⁾	15	13	13	11				
2	ToB auf Planum								
	Decke	10 ¹⁴⁾ 80	12 ¹⁷⁾ 80	8 ¹⁴⁾ 80	4 120				
	Schotter-, Kiestragschicht oder Frostschuttschicht	10 45	12 45	12 45	4 45				
	Dicke der Schotter-, Kiestragschicht oder Frostschuttschicht	20	30	18	28	18	28	26	36

6) Asphalttragdeckschicht oder Asphalttrag- und Asphaltdeckschicht, siehe auch Abschnitt 3.3.3
 14) Auch geringe Dicke möglich
 16) Ab 12 cm aus frostunempfindlichem Material, geringere Restdicke ist mit dem darüber liegenden Material auszugleichen
 17) Bei einer 12 cm dicken Betondecke ist keine Verdübelung bzw. Verankerung möglich
 20) Bei Belastung durch Fahrzeuge (Wartung und Unterhaltung) $E_{t2} \geq 100$ MPa

Stufe 1: Zuordnung der Belastungsklasse

In den RStO werden, je nach Verkehrsmenge der Fahrzeugarten des Schwerverkehrs, sieben Belastungsklassen (Bk100 bis Bk0,3) unterschieden. Die Zuordnung der Belastungsklasse für eine Verkehrsfläche kann grundsätzlich nach zwei Vorgehensweisen erfolgen:

- a) Durch Berechnung der dimensionierungsrelevanten Beanspruchung B nach Methode 1 oder Methode 2 der RStO (siehe Anhang 1). Diese Vorgehensweise sollte der Regelfall sein. Dazu ist es allerdings notwendig, dass Angaben zur durchschnittlichen täglichen Verkehrsmenge der Fahrzeuge des Schwerverkehrs DTW^(SV) oder Daten aus Achslastwägungen im Verkehr vorliegen.
- b) Ist im Ausnahmefall die Verkehrsbelastung durch Fahrzeuge des Schwerverkehrs nicht bekannt, so darf gemäß den RStO die Zuordnung der Belastungsklasse anhand der „Typischen Entwurfsituationen“ nach den RAST erfolgen. Für Verkehrsflächen mit ruhendem Verkehr oder für Busverkehrsflächen kann die Belastungsklasse direkt zugeordnet werden. Die dazu notwendigen Tabellen der RStO sind in Anhang 1 aufgeführt.

Stufe 2: Ermittlung der Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus

Die Dicke des frostsicheren Schichtenaufbaus der Verkehrsflächenbefestigung ist so festzulegen, dass auch während der Frost- und Auftauperioden keine schädlichen Verformungen entstehen. Die erforderliche Mindestdicke

des frostsicheren Oberbaus berechnet sich in Abhängigkeit von

- der Frostempfänglichkeitsklasse des Bodens gemäß den ZTV E-StB,
- den örtlichen klimatischen und bautechnischen Gegebenheiten, u. a. der Frosteinwirkungszone und der Höhe des Grundwasserstandes, sowie
- der zuvor ermittelten Belastungsklasse.

Die Vorgehensweise ist in Anhang 1 erläutert. Die in der DIN 18196 genormten Böden sind hinsichtlich ihrer Frostempfänglichkeit in den ZTV E-StB in die Frostempfänglichkeitsklassen F1 (frosticher), F2 (frostempfindlich) und F3 (sehr frostempfindlich) eingeteilt (siehe Anhang 2).

Stufe 3: Wahl der Bauweise

Die Bauweisen mit Pflasterdecke für Fahrbahnen sind in Tafel 3 der RStO (Tabelle 5-2) zusammengestellt. Bauweisen mit Klinkerpflaster für Fahrbahnen können für die Belastungsklassen Bk3,2, Bk1,8, Bk1,0 und Bk0,3 verwendet werden. Die Bauweisen mit Pflasterdecke für Rad- und Gehwege sind in Tafel 7 der RStO zusammengestellt (Tabelle 5-3).

Die Auswahl der für die jeweilige Baumaßnahme technisch und wirtschaftlich günstigsten Bauweise kann nach folgenden Gesichtspunkten erfolgen:

- örtlich verfügbare Baustoffe,
- regionale Erfahrungen,
- Leistungsfähigkeit der in Frage kommenden Bauunternehmen,
- zu erwartende Belastungssituation.

Stufe 4: Festlegung der Schichtdicken

Für die gewählte Bauweise werden im entsprechenden Feld (Tab. 5-2 und 5-3) die empfohlenen Schichtdicken abgelesen. Die RStO legen die Nenndicken der Pflasterklinker für die Belastungsklassen Bk3,2 und Bk1,8 mit 10 cm, für die Belastungsklassen Bk1,0 und Bk0,3 sowie für Rad- und Gehwege mit 8 cm zugrunde. Für Fahrbahnen der Belastungsklassen Bk3,2 bis Bk0,3 können auch Pflasterklinker mit größerer Dicke (ggf. bei Hochkantverlegung) verwendet werden. Kleinere Dicken, jedoch nicht unter 6 cm, können bei Vorliegen ausreichend positiver Erfahrungen mit bewährten regionalen Bauweisen angewendet werden. Für Rad- und Gehwege bzw. entsprechende private Flächenbefestigungen können auch Pflasterklinker mit einer geringeren Dicke als 6 cm, z. B. 45 bis 52 mm, verwendet werden, sofern hierfür ausreichend positive Erfahrungen vorliegen.

Die in den Tafeln 3 und 6 der RStO (Tab. 5-2 und 5-3) enthaltenen Werte für die Dicke des frostsicheren Oberbaus sind anzuwenden für einen frostempfindlichen Untergrund/Unterbau (F2- bzw. F3-Boden). Die festgelegte Dicke des frostsicheren Oberbaus muss auch bei Verwendung von Pflasterklinkern beibehalten werden, welche von der Regeldicke abweichen. Die Abweichung wird durch Veränderung der Dicke der Frostschutzschicht oder der Schicht aus frostunempfindlichem Material ausgeglichen. Die Dicke der Frostschutzschicht ergibt sich aus dem festgelegten Maß des frostsicheren Oberbaus abzüglich der Schichtdicken des Pflasters, der Bettung und der angegebenen Dicke der Tragschicht. Aus Tragfähigkeitsgründen sind die in Tabelle A 1-15 angegebene Mindestdicken der Frostschutzschicht einzuhalten.

Ist ein frostsicherer Boden (F1-Boden) als Untergrund/Unterbau in ausreichender Dicke vorhanden, so ist keine Frostschutzschicht notwendig. Häufig ist es dann jedoch aus Tragfähigkeitsgründen erforderlich, anstelle der Frostschutzschicht dennoch eine Tragschicht anzuordnen. Für die Dickenfestlegung der Tragschicht dient Tabelle 8 der RStO als Orientierung (siehe hierzu Tab. A1-15).

Stufe 5: Mindestwerte der Tragfähigkeit auf den Schichten ohne Bindemittel

Für das Planum und die einzelnen Tragschichten ohne Bindemittel sind in den Tabellen 5-2 und 5-3 Mindest-Tragfähigkeitswerte (Verformungsmodul E_{v2} in MPa) angegeben. Hierbei handelt es sich um Empfeh-

lungen. Für die Bauausführung gelten die Anforderungen gemäß den ZTV E-StB, den ZTV SoB-StB und den ZTV Pflaster-StB.

Sind die ZTV SoB-StB Bestandteil des Bauvertrages, muss auf Schottertragschichten mit einer Dicke von mindestens 20 cm und auf Kiestragschichten ab einer Dicke von mindestens 25 cm (sofern sich darunter eine Frostschutzschicht mit $E_{v2} \geq 120$ MPa befindet) ein Verformungsmodul E_{v2} von ≥ 180 MPa erreicht werden (vgl. ZTV SoB-StB, Abs. 2.3.4.2). Dies gilt unabhängig von den Empfehlungen der RStO 12. Es ist jedoch zwingend darauf zu achten, dass die erforderliche Wasserdurchlässigkeit nicht durch eine zu starke Verdichtung gefährdet wird. Daher wird zunächst ein Probeeinbau im Baustellenmaßstab empfohlen. Werden die geforderten E_{v2} -Werte nicht erreicht, so sind andere, besser geeignete Gesteinskörnungsgemische für die Schotter- oder Kiestragschicht zu verwenden.

5.6.2 Zusätzliche Hinweise für besondere Arten von Flächenbefestigungen

5.6.2.1 Verkehrsflächen im Gleisbereich

Flächen im Gleisbereich sind Verkehrsflächen, die von Schienen und Straßenfahrzeugen gemeinsam befahren werden. Für diese Pflasterflächen soll mindestens die gleiche Gesamtdicke des Oberbaus wie die der angrenzenden Straße gewählt werden. Einzelheiten zu dieser Bauweise sind im „Merkblatt über die Ausführung von Verkehrsflächen in Gleisbereichen von Straßenbahnen“ enthalten.

5.6.2.2 Landwirtschaftliche Wege und sonstige landwirtschaftliche Flächen

Grundlage für den Bau von Wegen des landwirtschaftlichen Verkehrs sind:

- RLW – Richtlinien für den ländlichen Wegebau
- ZTV-LW – Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Befestigung ländlicher Wege
- ZTV Pflaster-StB – Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen

Die Bereiche von Einmündungen zu übergeordneten Straßen sollten wie diese bemessen werden.

Aufgrund der hohen Säurebeständigkeit von Pflasterklinkern werden diese häufig zur Befestigung von

landwirtschaftlichen Stall- und Siloflächen verwendet. Die Oberbaudimensionierung kann – unter Berücksichtigung der Belastung dieser Flächen – in Anlehnung an die RLW oder die RStO erfolgen.

5.6.2.3 Bauweisen mit Sickerpflasterklinker

Versickerungsfähige Verkehrsflächenbefestigungen mit Sickerpflasterklinker sind für Fahrbahnen, Abstellflächen und wenig befahrene Wohn- oder Versorgungswege der Belastungsklasse Bk0,3 nach den RStO geeignet. Dazu zählen auch gering belastete Verkehrsflächen in der Landwirtschaft, Parkbuchten und verkehrsberuhigte Zonen. Weitere Hinweise sind dem „Merkblatt für Versickerungsfähige Verkehrsflächen (M VV)“ zu entnehmen.

Die Bestimmung der Dicke des frostsicheren Oberbaus kann – abgeleitet aus den RStO – vereinfachend anhand der nachfolgenden Tabellen erfolgen. Darin ist berücksichtigt, ob der Untergrund aus einem frostsicheren (F1) Boden, einem gering bis mittel frostempfindlichen (F2) oder einem stark frostempfindlichen Boden (F3) gemäß den ZTV E StB besteht. Die Richtwerte für die erforderliche Oberbaudicke für wasserdurchlässige Verkehrsflächen mit Sickerpflaster bzw. Rasenklinker bei frostsicherem und wasserdurchlässigem Untergrund (F1-Untergrund/Unterbau) sind der Tabelle 5-4 zu entnehmen.

Besteht der Untergrund/Unterbau aus gering/mittel bis sehr frostempfindlichen Böden der Frostempfindlichkeitsklassen F2 oder F3, so sollte die Dimensionierung grundsätzlich für einen F3-Boden erfolgen. Zudem sind ungünstige Wasserverhältnisse und eine Entwässerung durch Versickerung bei der Ermittlung der Dicke des frostsicheren Oberbaus anzusetzen. Darüber hinaus muss ggf. eine Mehrdicke aufgrund der Lage der Gradienten (für Verkehrsflächen im Ein- oder Anschnitt) oder ungüns-

Untergrund ausreichend wasserdurchlässig:		Erforderliche Oberbaudicke für	
Frostempfindlichkeitsklasse	Art der Tragschicht	Fahrbahnen der Belastungsklasse Bk0,3 (RStO-Tafel 3, Zeile 3)	Rad- und Gehwege (RStO-Tafel 6, Zeile 2)
F1	Schottertragschicht	40 cm	30 cm
F1	Kiestragschicht	50 cm	30 cm

Tabelle 5-4: Richtwerte für die erforderliche Oberbaudicke für wasserdurchlässige Verkehrsflächenbefestigungen mit Sickerpflaster bzw. Rasenklinker bei frostsicherem und wasserdurchlässigem Untergrund (F1-Untergrund/Unterbau)

tiger kleinklimatischer Einflüsse vorgesehen werden. Damit ergibt sich bei frostempfindlichen Böden der Frostempfindlichkeitsklassen F2 und F3 die Mindestdicke des frostsicheren (wasserdurchlässigen) Oberbaus innerhalb der in Tabelle 5-5 aufgeführten Bereiche.



Begrünbare Beläge mit Rasenlockklinker

Untergrund:	Frostempfindlichkeitsklasse	Frosteinwirkungszone	Dickenbereiche des frostsicheren Oberbaus für			
			Fahrbahnen der Belastungsklasse Bk0,3 (RStO-Tafel 3, Zeile 3)		Rad- und Gehwege (RStO-Tafel 6, Zeile 2)	
			min.	max.	min.	max.
F2 oder F3	I und II		60 cm	70 cm	40 cm	50 cm
F2 oder F3	III		70 cm	80 cm	50 cm	60 cm

Tabelle 5-5: Dickenbereiche des frostsicheren Oberbaus für wasserdurchlässige Verkehrsflächenbefestigungen mit Sickerpflaster- bzw. Rasenpflasterklinker bei frostempfindlichen Böden (F2- und F3-Böden)

5.6.3 Dimensionierung des Oberbaus für private, nicht regelmäßig befahrene Flächen

Seitens der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V. (FLL) sind im August 2013 die „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen für den Bau von Wegen und Plätzen außerhalb von Flächen des Straßenverkehrs (ZTV Wegebau)“ herausgegeben worden. Sie sind speziell für gering belastete Flächen entwickelt worden und mit ihren bautechnischen Anforderungen bewusst unterhalb des Technischen Regelwerks des Straßenbaus angesiedelt worden. Ihre Anwendung zielt ab auf private Flächen des Landschaftsbaus. Grundlegend werden hierin die Flächen in drei Nutzungskategorien unterschieden:

Nutzungskategorie N 1

Dazu zählen begehbarer, nicht mit Kraftfahrzeugen befahrbare Flächenbefestigungen außerhalb von Flächen des Straßenverkehrs (z. B. Terrassen, Gartenwege, Wege im Hausgartenbereich, Sitzplätze in Parkanlagen).

Nutzungskategorie N 2

Es handelt sich um befahrbare Flächenbefestigungen für Fahrzeuge bis 3,5 t zulässiges Gesamtgewicht außerhalb von Flächen des Straßenverkehrs (z. B. Garagenzufahrten, Pkw-Stellplätze).

Nutzungskategorie N 3

Hierzu gehören befahrbare Flächenbefestigungen mit einer Belastung wie N 2, jedoch mit gelegentlichen Befahrungen mit Fahrzeugen bis 20 t zulässiges Gesamtgewicht mit Radlasten bis zu 5 t außerhalb von Flächen des Straßenverkehrs (z. B. Pflege-, Instandhaltungs- und Rettungswege sowie Feuerwehr-, Garagen- und Gebäudezufahrten).

Die Zuordnung zu den Nutzungskategorien erfordert eine möglichst zutreffende Abschätzung der auftretenden Fahrzeuglasten während der Nutzungsdauer. Dabei sollten insbesondere Möbel- und Anlieferungs- sowie Abfalltransportfahrzeuge und Fahrzeuge/Geräte mit Stützprätzen bedacht werden, da eine bereits einmalige Überschreitung der angenommenen Belastung Schäden an der Flächenbefestigung auslösen kann.

Entsprechend der Nutzungskategorien gibt die ZTV Wegebau die in Tabelle 5-6 aufgeführten Mindestdicken für den frostsicheren Oberbau an.

Nr.	Baugrund Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTV E-StB	Mindestdicke ¹⁾ cm	Mehrdicken bei Frosteinwirkungszonen nach RStO cm
Nutzungskategorie N 1			
1	F1	27	Zone II: + 5 Zone III: +15
2	F2	30	
3	F3	30	
Nutzungskategorie N 2			
4	F1	30	Zone II: + 5 Zone III: +15
5	F2	40	
6	F3	50	
Nutzungskategorie N 3 ²⁾			
7	F1	32	Zone II: + 5 Zone III: +15
8	F2	40	
9	F3	50	

¹⁾ Bei der Verwendung von Kiestragschichten oder Frostschutzschichten als obere Tragschicht, ist die Dicke der oberen Tragschicht um 5 cm zu erhöhen.

²⁾ Bei Nutzungskategorie N 3 ist die Verwendung einer Frostschutzschicht als obere Tragschicht nicht zulässig.

Tabelle 5-6: Mindestdicken des frostsicheren Oberbaus für Flächenbefestigungen außerhalb von Flächen des Straßenverkehrs gemäß ZTV Wegebau



Statischer Plattendruckversuch zur Bestimmung der Verformbarkeit und Tragfähigkeit des Bodens

5.7 Planung und Ausführung der Flächenbefestigung

Bei der Festlegung der standardisierten Bauweisen in den Tafeln der RStO sind drei Anforderungen zugrunde gelegt

- Frostsicherheit,
- ausreichende Tragfähigkeit,
- Verformungsbeständigkeit (Standfestigkeit) während der geplanten Nutzungsdauer für die vorausgesetzte Verkehrsbelastung.

Für Pflasterbefestigungen muss, da zumindest teilweise während der Nutzungsdauer Oberflächenwasser in die Fugen eindringt, zudem die

- ausreichende Wasserdurchlässigkeit für alle Schichten, verbunden mit der notwendigen Erosionsfestigkeit, gegeben sein.

5.7.1 Untergrund/Unterbau

Zur Aufnahme der Verkehrslasten, vor allem aber, um die erste Tragschicht einbauen und verdichten zu können, muss der Untergrund/Unterbau ausreichend tragfähig und verformungsbeständig sein. Das Planum darf nur befahren werden, wenn dadurch keine schädlichen Verdrückungen entstehen, die den Wasserabfluss behindern könnten.

5.7.1.1 Tragfähigkeit

Zum Nachweis einer ausreichenden Tragfähigkeit des Planums ist mit Hilfe des Plattendruckversuches nach DIN 18134 ein Verformungsmodul E_{v2} von mindestens 45 MPa nachzuweisen. Sollen dynamisch arbeitende Prüfverfahren, wie der dynamische Plattendruckversuch, verwendet werden, so ist je Prüffeld zunächst eine Kalibrierung auf gleichem Boden relativ zum Plattendruckversuch nach DIN 18134 notwendig. Wird die geforderte Tragfähigkeit nicht erreicht, so wird ein Bodenaustausch oder eine Bodenverfestigung notwendig, die jedoch eine entsprechende Planumsentwässerung benötigt.

5.7.1.2 Verdichtung

Als Voraussetzung für die angestrebte Verformungsbeständigkeit des Untergrundes/Unterbaues muss der anstehende bzw. eingebaute Boden die in der Tabelle 5-7 aufgeführten Verdichtungsgrade aufweisen.

Weitere Hinweise sind dem „Merkblatt für die Verdichtung des Untergrundes und Unterbaues im Straßenbau“ zu entnehmen.

Bereich	Bodengruppe nach DIN 18196	Verdichtungsgrad D_{Pr} [%]
1	Planum bis 1,0 m Tiefe bei Dämmen und 0,5 m Tiefe bei Einschnitten	100
2	1,0 m unter Planum bis Dammsohle	98
3	Planum bis Dammsohle und bis 0,5 m Tiefe bei Einschnitten	97

¹⁾ 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.

Tabelle 5-7: Anforderung an das 10% Mindestquantil für den Verdichtungsgrad D_{Pr} nach den ZTV E-StB

5.7.1.3 Ebenheit und profilgerechte Lage

Das Planum muss profilgerecht, eben und tragfähig hergestellt werden. Gemäß den ZTV E StB darf die Abweichung des Planums von der Sollhöhe nicht mehr als ± 3 cm betragen, wenn eine Schicht ohne Bindemittel darüber eingebaut wird. Die Querneigung des Planums sollte der Querneigung der Pflasterdecke entsprechen, mindestens aber 2,5 % betragen. Nur falls der Untergrund/Unterbau aus einem wasserempfindlichen Boden besteht, ist abweichend eine Querneigung des Planums von mindestens 4,0 % auszuführen.

5.7.1.4 Wasserdurchlässigkeit

Der Untergrund/Unterbau muss eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit aufweisen, um Wasser, das über die Fugen und die Tragschichten versickert ist, in den Boden weiterzuleiten. Anforderungswerte sind bisher im Regelwerk nicht definiert. Als ausreichend wasserdurchlässig kann in der Regel ein Untergrund/Unterbau angesehen werden, wenn der anforderungsgerecht hergestellte Untergrund/Unterbau einen Infiltrationsbeiwert von $k_i \geq 1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ aufweist. Bei versickerungsfähigen Pflasterbefestigungen sollte der Infiltrationsbeiwert k_i mindestens $3 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ betragen. Dies kann mit dem Schnelltest nach dem „Merkblatt für Versickerungsfähige Verkehrsflächen (M VV)“ geprüft werden. Weist der Untergrund/Unterbau einen Infiltrationsbeiwert zwischen $1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$ und $1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ auf, so sollte die Dicke der Frostschutzschicht aus Tragfähigkeitsgründen um mindestens 10 cm erhöht werden. Besitzt der Untergrund/Unterbau einen Infiltrationsbeiwert von unter $1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$ oder ist mit aufsteigen-



dem oder seitlich eindringendem Wasser zu rechnen, ist eine Planumsentwässerung anzuordnen.

5.7.2 Tragschichten ohne Bindemittel

Als Tragschichten werden alle Oberbauschichten unterhalb der Pflasterdecke bezeichnet. Sie haben die Aufgabe, die aus der Pflasterdecke eingetragenen Lasten flächenhaft zu verteilen und an den Untergrund abzuleiten. Tragschichten müssen daher sowohl eine anforderungsgerechte Tragfähigkeit als auch eine ausreichende Frost- und Verformungsbeständigkeit aufweisen. Die unter Pflasterdecken verwendeten Tragschichten müssen zudem dauerhaft wasserdurchlässig sein, um das in die Pflasterdecke eingesickerte Oberflächenwasser zum Untergrund/ Unterbau hin abführen zu können.

Als Tragschichten werden in Pflasterbefestigungen überwiegend Tragschichten ohne Bindemittel verwendet. Auf Flächen, bei denen aufgrund der Verkehrsbelastung besonders hohe Anforderungen an die Verformungsbeständigkeit der Tragschichten gestellt sind, kommen dagegen oft Dränbetontragschichten oder wasserdurchlässige Asphalttragschichten zum Einsatz.

Für Flächenbefestigungen mit Klinkerpflasterdecke werden überwiegend Tragschichten ohne Bindemittel verwendet. Die an diese Schichten gestellten Anforderungen sowie Hinweise an ihren Einbau sind nachfolgend zusammengestellt. Informationen zu Dränbetontragschichten sind dem „Merkblatt für Dränbetontragschichten (M DBT)“ zu entnehmen. Wasserdurchlässige Asphalttragschichten werden nach dem „Merkblatt für Versickerungsfähige Verkehrsflächen (M VV)“ konzipiert.

5.7.2.1 Anforderungen an Tragschichten ohne Bindemittel

Die Anforderungen an Böden oder Gesteinskörnungsgemische, die zur Herstellung von Tragschichten ohne Bindemittel verwendet werden, sind den „Technischen Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau (TL SoB StB)“ zu entnehmen. Für die darin verwendeten Gesteinskörnungen gelten zudem die Anforderungen der „Technischen Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau (TL Gestein StB)“ in Bezug auf die stoffliche Zusammensetzung, die Korngrößenverteilung, die Kornform, den Gehalt an Feinanteilen, den Widerstand gegen Zertrümmerung und den Frostwiderstand. Sowohl

die Eigenschaften der Gesteinskörnungen als auch die geforderten Kategorien (Mindestwerte) sind im Anhang E der TL Gestein-StB tabellarisch zusammengestellt.

Tragschichten ohne Bindemittel gemäß TL SoB-StB bzw. ZTV SoB-StB sind einerseits „Schichten aus frostunempfindlichem Material (SfM)“ und „Frostschuttschichten (FSS)“ gemäß Abschnitt 2.2 dieses Regelwerks sowie „Schottertragschichten (STS)“ und „Kiestragschichten (KTS)“ gemäß Abschnitt 2.3 der ZTV SoB-StB und der TL SoB-StB.

Eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit der Tragschichten ohne Bindemittel ist gegeben, sofern im eingebauten Zustand der auf diesen Schichten gemessene Infiltrationsbeiwert $k_i \geq 10^{-5}$ m/s beträgt. Es wird empfohlen, den Infiltrationsbeiwert vor Ort nach Herstellung der jeweiligen Schicht mit den Verfahren nach den TP Gestein, Teil 8.3.2 (Modifiziertes Standrohr-Infiltrometer), Teil 8.3.3 (Tropf-Infiltrometer) oder Teil 8.3.4 (Doppelring-Infiltrometer) zu überprüfen. Zur qualitativen Abschätzung der Infiltrationsleistung kann auch der Schnelltest nach dem „Merkblatt für Versickerungsfähige Verkehrsflächen (M VV)“ auf der anforderungsgerecht hergestellten Tragschicht durchgeführt werden. Es wird empfohlen, eine Anforderung und ein Prüfverfahren bauvertraglich zu vereinbaren.

Anstelle der Verwendung natürlicher Gesteinskörnungen wird oftmals der Einsatz von Gesteinskörnungen aus Recycling-Baustoffen oder industriellen Nebenprodukten in Erwägung gezogen. Durch Wasser, was aus den Tragschichten bis zur Oberfläche der Klinkerpflasterfläche aufsteigt und dort verdunstet, kann es bei Verwendung von Recycling-Baustoffen oder industriellen Nebenprodukten zu Ausblühungen an den Pflasterklinkern kommen. Sollen Recycling-Baustoffe oder industriellen Nebenprodukte unter Klinkerpflasterflächen zum Einsatz kommen, so sollten diese einer Güteüberwachung gemäß den TL G SoB-StB unterliegen. Die Anforderungen der TL SoB-StB und der ZTV SoB-StB gelten uneingeschränkt auch für die Verwendung von Recycling-Baustoffen und industriellen Nebenprodukten. Daneben sind die „Richtlinien für die umweltverträgliche Anwendung von industriellen Nebenprodukten und Recycling-Baustoffen im Straßenbau (RuA-StB)“ zu beachten. Zusätzlich sollte der Hersteller erklären, dass ihre Verwendung unter Klinkerpflasterflächen unbedenklich ist und nicht zu Ausblühungen führen kann.

5.7.2.2 Schichten aus frostunempfindlichem Material (SfM) und Frostschuttschichten (FSS)

Schichten aus frostunempfindlichem Material (SfM) dienen ausschließlich der Erhöhung der Oberbaudicke zur Herstellung der geplanten Dicke des frostsicheren Oberbaus. Eine Steigerung der Tragfähigkeit, ausgehend vom Planum, wird mit diesen Schichten nicht verfolgt. Zu ihrer Herstellung werden frostsichere Böden der Bodengruppen GE, GW, GI, SE, SW und SI gemäß DIN 18196 verwendet. Im Gegensatz zu Schichten aus frostunempfindlichem Material wird mit Frostschuttschichten (FSS) gleichzeitig eine Erhöhung der Tragfähigkeit, ausgehend vom Planum, verfolgt. Daher ist auf der Oberfläche einer Frostschuttschicht das Erreichen eines Mindestwertes für den Verformungsmodul E_{v2} mit Hilfe des Plattendruckversuches nach DIN 18134 nachzuweisen. Frostschuttschichten werden aus frostunempfindlichen Baustoffgemischen und/oder Böden hergestellt. Es werden Baustoffgemische der Körnungen 0/2, 0/4, 0/5, 0/8, 0/11, 0/16, 0/22, 0/32, 0/45, 0/56 und 0/63 verwendet, wobei in den oberen 20 cm der Frostschuttschicht das Nenn-Größtkorn mindestens 8 mm betragen muss. Anforderungen an den Verlauf der Kornverteilungslinie sind in den TL SoB-StB und den ZTV SoB-StB gestellt. Im Anlieferungszustand ist gemäß TL SoB-StB ein maximaler Feinanteil (Korngröße unter 0,063 mm) von 5 M.-% einzuhalten. Im eingebauten Zustand ist (unter Berücksichtigung von Kornverfeinerungen beim Einbau) ein maximaler Feinanteil von 7 M.-% zulässig. Die Mindesteinbaudicke jeder Schicht oder Lage ist in den ZTV SoB-StB in Abhängigkeit vom Nenn-Größtkorn des Baustoffgemisches angegeben. Nach dem Einbau der Schicht ist die Ebenheit und die profilgerechte Lage, der Verdichtungsgrad und der Verformungsmodul (nur auf der Oberfläche von Frostschuttschichten) zu kontrollieren.

a) Tragfähigkeit

Zum Nachweis der Tragfähigkeit ist der Verformungsmodul E_{v2} mit Hilfe des Plattendruckversuches nach DIN 18134 zu bestimmen. Die in Tabelle 5-8 genannten Werte für den Verformungsmodul E_{v2} sind einzuhalten.

b) Verdichtung

Die Frostschuttschicht bzw. Schicht aus frostunempfindlichem Material ist so zu verdichten, dass mindestens der Verdichtungsgrad D_{pr} nach Tabelle 5-9 erreicht wird.

Soll anstelle einer Verdichtungsprüfung eine ersatzweise Beurteilung der Verdichtungsqualität anhand der Ergebnisse des Plattendruckversuchs erfolgen, so gilt gemäß 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} 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.“

Auf der Oberfläche der Frostschuttschicht, ausgehend von einem Verformungsmodul auf dem Planum von $E_{v2} \geq 45$ MPa

in den Belastungsklassen Bk3,2, Bk1,8 und Bk1,0: $E_{v2} \geq 120$ MPa ($E_{v2} \geq 100$ MPa)¹⁾
in der Belastungsklasse Bk0,3I: $E_{v2} \geq 100$ MPa ($E_{v2} \geq 80$ MPa)²⁾

Die Anforderungen gelten nicht für Schichten aus frostunempfindlichem Material.

¹⁾ Wenn sich durch die Verdichtung der darüber liegenden Tragschicht ein E_{v2} -Wert von ≥ 120 MPa nachträglich erfüllen lässt, kann in der Leistungsbeschreibung für die Frostschuttschicht ein E_{v2} -Wert von ≥ 100 MPa vorgesehen werden.

²⁾ Wenn sich durch die Verdichtung der darüber liegenden Tragschicht ein E_{v2} -Wert von ≥ 100 MPa nachträglich erfüllen lässt, kann in der Leistungsbeschreibung für die Frostschuttschicht ein E_{v2} -Wert von ≥ 80 MPa vorgesehen werden.

Tabelle 5-8: Mindestwerte für das Verformungsmodul auf Frostschuttschichten gemäß den ZTV SoB-StB

Nr.	Bereiche	Baustoffgemische und Böden ¹⁾ gemäß ZTV SoB-StB, Abschnitt 2.2.2	Verdichtungsgrad D_{pr} in %	
			Belastungsklassen Bk3,2 bis Bk0,3	Bei $B < 100.000^2)$, Rad- und Gehwegen, sonstigen Verkehrsflächen
1	Oberfläche Frostschuttschicht bis 0,2 m Tiefe	0/8 bis 0/63 und Böden GW und GI	103	100
2	Frostschuttschicht unterhalb des Bereiches Nr. 1 und Schicht aus frostunempfindlichem Material	alle Baustoffgemische und Böden des Bereiches Nr. 1 sowie SE, SW, SI, GE sowie Gesteinskörnungen 0/2 und 0/4	100	

¹⁾ Bodengruppen nach DIN 18196

²⁾ Dimensionierungsrelevante Beanspruchung B gemäß den RStO 12

Tabelle 5-9: Mindestanforderungen für den Verdichtungsgrad D_{pr} von Baustoffgemischen und Böden in der Frostschuttschicht bzw. Schicht aus frostunempfindlichem Material in Anlehnung an die ZTV SoB-StB

c) Ebenheit und profilgerechte Lage

Eine ausreichende Ebenheit und profilgerechte Lage der Frostschuttschicht soll sicherstellen, dass der Materialbedarf für die darüber liegende Tragschicht sinnvoll begrenzt wird. Die Unebenheiten unter einer 4 m-Messlatte (4 m-Messstrecke) dürfen gemäß DIN 18315 auf der Oberfläche einer Frostschuttschicht nicht größer als 3 cm sein. Die profilgerechte Lage ist gemäß den ZTV SoB-StB gegeben, wenn die Abweichung der Oberfläche der Frostschuttschicht von der Sollhöhe nicht mehr als $\pm 2,0$ cm beträgt.

5.6.2.3 Kies- (KTS) und Schottertragschichten (STS)

Baustoffgemische für Kies- und Schottertragschichten werden in Kiesgruben bzw. Steinbrüchen durch mechanische Aufbereitung gewonnen und gezielt aus Korngruppen zu einer bestimmten Kornzusammensetzung gemischt. Es werden die Baustoffgemische 0/32, 0/45 und 0/56 hergestellt, wobei zur Vermeidung zu großer Entmischungen und im Hinblick auf die notwendige Filterstabilität zum Bettungsmaterial nur die Gemische 0/32 und 0/45 in Pflasterbefestigungen verwendet werden sollten.

Der Verlauf der Kornverteilungslinien der Baustoffgemische muss innerhalb der Sieblinienbereiche gemäß TL SoB-StB bzw. ZTV SoB-StB verlaufen. Zur Sicherstellung einer ausreichenden Wasserdurchlässigkeit und Frostsicherheit sollte abweichend zu den ZTV SoB-StB der Feinanteil (Korndurchmesser $< 0,063$ mm) im eingebauten Zustand 5 M.-% nicht überschreiten (anstelle von 7 Masse-%). 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 mindestens der Kategorie SZ_{22}/LA_{25} entsprechen.

Von besonderer Bedeutung für eine gute Verarbeitbarkeit und Verdichtbarkeit der Baustoffgemische sowie zur Vermeidung von Entmischungen ist die Einhaltung des vorgegebenen Einbauwassergerhaltes (siehe „Merkblatt für die Herstellung von Trag- und Deckschichten ohne Bindemittel“). Die Baustoffgemische müssen daher im Herstellerwerk gleichmäßig durchfeuchtet und gemischt

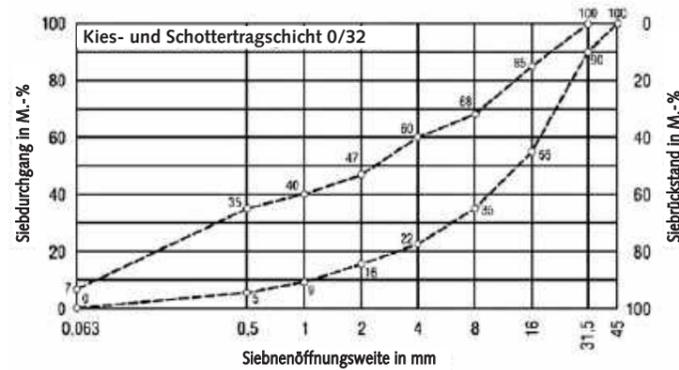


Abb. 5-5: Sieblinienbereich für Kies- und Schottertragschichten 0/32 im eingebauten Zustand gemäß den ZTV SoB-StB

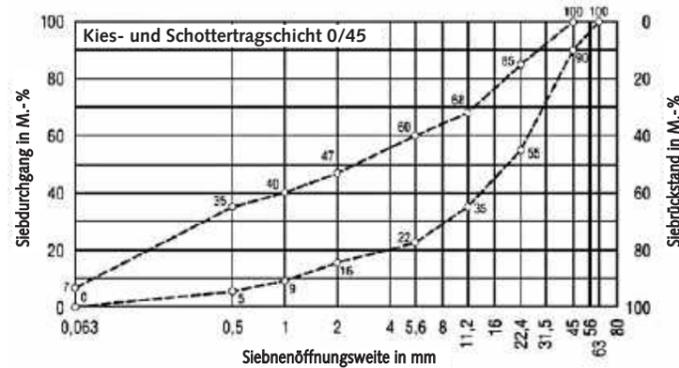


Abb. 5-6: Sieblinienbereich für Kies- und Schottertragschichten 0/45 im eingebauten Zustand gemäß den ZTV SoB-StB

werden. Auf der Baustelle müssen sie ggf. vor Austrocknung geschützt sowie sorgfältig eingebaut und verdichtet werden, um Entmischungen zu vermeiden. Entmischungen treten bei Transport- und Abkipfvorgängen auf, weshalb die Anzahl dieser Vorgänge möglichst gering zu halten ist.

Die profilgerechte 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 möglichst immer mit Straßenfertigern erfolgen, um die erforderliche Qualität der Tragschichten zu erreichen. Im Bereich kommunaler Verkehrsflächen, dem bevorzugten Anwendungsgebiet von Pflasterbefestigungen, können wegen zahlreicher Einbauten und häufig wechselnder Querschnittsbreiten nicht immer 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. Bei geringer Tragfähigkeit des bereits hergestellten Planums ist daher der Vor-Kopf-Einbau des Tragschichtmaterials erforderlich. Weitere Hinweise zum Einbau sind dem „Merkblatt für die Herstellung von Trag- und Deckschichten ohne Bindemittel“ zu entnehmen.

Nach dem Einbau der Schicht ist die Einbaudicke, die Ebenheit und die profilgerechte Lage, der Verdichtungsgrad und der Verformungsmodul zu kontrollieren:

a) Tragfähigkeit

Zum Nachweis der Tragfähigkeit ist der Verformungsmodul E_{v2} mit Hilfe des Plattendruckversuches nach DIN 18134 zu bestimmen. Die in Tabelle 5-10 genannten Werte für den Verformungsmodul E_{v2} sind einzuhalten.

Gemäß den ZTV Pflaster-StB soll bei Verkehrsflächenbefestigungen in den Belastungsklassen Bk3,2 bis Bk1,0 die obere Tragschicht ohne Bindemittel einen Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 180$ MPa aufweisen. Im Hinblick auf die notwendige Wasserdurchlässigkeit der Tragschicht sollte daher mit Hilfe eines Probeinbaues geprüft werden, ob sich die Anforderungen an die Tragfähigkeit und an die Wasserdurchlässigkeit gleichermaßen erfüllen lassen. Ggf. sollte ein anderes Baustoffgemisch verwendet werden.

Liegen regional positive Erfahrungen mit Schottertragschichten vor, auf denen in der Belastungsklasse Bk3,2 ein Verformungsmodul von lediglich $E_{v2} \geq 150$ MPa nachgewiesen wurde, so kann gemäß den RStO diese Bauweise weiterhin angewendet werden.

b) Verdichtung

Für Kies- oder Schottertragschichten wird ein Verdichtungsgrad D_{Pr} von mindestens 103% gefordert. Ausnahmen bilden Verkehrsflächen mit vielen Einbauten (Schächte, Schieber usw.), welche die Verdichtung behindern. Hier wird lediglich ein Verdichtungsgrad von mindestens 100% gefordert. Wird anstelle der Ermittlung des Verdichtungsgrades als indirekte Kennzeichnung des Verdichtungsgrades das Verhältnis E_{v2}/E_{v1} aus den Ergebnissen des Plattendruckversuches verwendet, so gilt das unter

Auf der Oberfläche der Tragschicht, ausgehend von einem Verformungsmodul auf der Frostschuttschicht von $E_{v2} \geq 120$ MPa	
Kiestragschicht in den Belastungsklassen Bk3,2 bis Bk1,0 Dicke ≥ 20 cm: $E_{v2} \geq 150$ MPa Dicke ≥ 25 cm: $E_{v2} \geq 180$ MPa	Schottertragschicht in den Belastungsklassen Bk3,2 bis Bk1,0 Dicke ≥ 15 cm: $E_{v2} \geq 150$ MPa Dicke ≥ 20 cm: $E_{v2} \geq 180$ MPa
Auf der Oberfläche der Tragschicht, ausgehend von einem Verformungsmodul auf der Frostschuttschicht von $E_{v2} \geq 100$ MPa	
Kiestragschicht in der Belastungsklasse Bk0,3 Dicke ≥ 20 cm: $E_{v2} \geq 120$ MPa Dicke ≥ 25 cm: $E_{v2} \geq 150$ MPa	Schottertragschicht in der Belastungsklasse Bk0,3 Dicke > 15 cm: $E_{v2} \geq 120$ MPa Dicke > 20 cm: $E_{v2} \geq 150$ MPa
Auf Kies- oder Schottertragschichten, die direkt auf dem Planum mit $E_{v2} \geq 45$ MPa eingebaut wurden:	
in den Belastungsklassen Bk3,2 bis Bk1,0:	$E_{v2} \geq 150$ MPa
in der Belastungsklasse Bk0,3:	$E_{v2} \geq 120$ MPa
bei Rad- und Gehwegen:	$E_{v2} \geq 80$ MPa

Tabelle 5-10: Mindestwerte für das Verformungsmodul auf Kies- und Schottertragschichten gemäß den ZTV SoB-StB

„Frostschuttschichten“ aufgeführte Zitat aus den ZTV SoB-StB gleichermaßen.

c) Ebenheit und profilgerechte Lage

Die Oberfläche von Kies- oder Schottertragschichten darf gemäß ZTV SoB StB Unebenheiten von maximal 2 cm innerhalb einer 4 m langen Messstrecke aufweisen. Zur Sicherstellung einer gleichmäßigen Bettungsdicke wird empfohlen, für die obere Tragschicht eine erhöhte Ebenheitsanforderung zu stellen und die zulässigen Unebenheiten auf $\leq 1,0$ cm innerhalb einer 4 m langen Messstrecke zu begrenzen.

Die profilgerechte 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.

d) Einbaudicke

Die in den ZTV SoB-StB in Abhängigkeit vom Nenn-Größtkorn des Tragschichtmaterials angegebenen Mindestdicken je Schicht oder Lage sind im verdichteten Zustand einzuhalten. Die für das Baulos berechneten Mittelwerte der gemessenen Einbaudicken dürfen gemäß ZTV SoB-StB die bauvertraglich vorgegebenen Werte um nicht mehr als 10% unterschreiten. Die Einzelwerte der Einbaudicke dürfen den vereinbarten Wert um nicht mehr als 3,5 cm unterschreiten.

5.7.3 Pflasterdecke

Die Pflasterdecke besteht aus dem Klinkerpflaster, der Bettung und der Fugenfüllung. Die Anforderungen an Klinkerpflaster, Bettungs- und Fugenmaterialien sind in ATV DIN 18 318 und den TL Pflaster-StB festgelegt. Festlegungen bezüglich des Vorgehens bei der Herstellung von Pflasterdecken und Plattenbelägen sowie Anforderungen an die Ausführungsqualität sind ergänzend zur DIN 18318 in den ZTV Pflaster-StB aufgeführt.

Vor Beginn der Herstellung der Pflasterdecke ist zu prüfen, ob die Unterlage den Anforderungen des Technischen Regelwerks hinsichtlich

- der Tragfähigkeit,
- der Verdichtungsqualität,
- der Wasserdurchlässigkeit,
- der planmäßigen Höhenlage, Neigung und Ebenheit, entspricht.

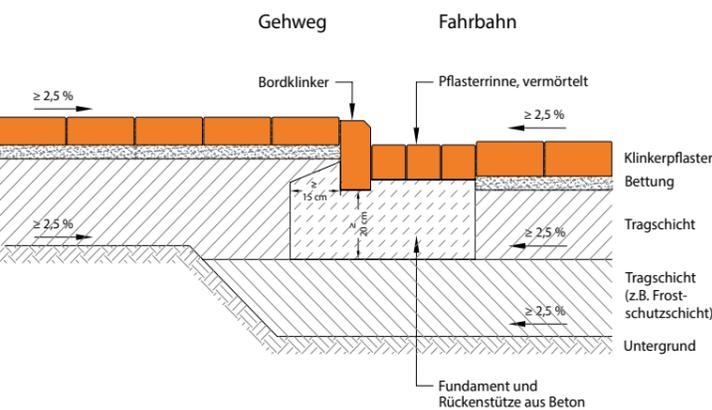


Abb. 5-7: Randeinfassung durch Hochbordstein mit einer dreizeiligen Entwässerungsrinne

5.7.3.1 Bettung

Bei Ausführung der Regelbauweise gemäß DIN 18318 und ZTV Pflaster-StB werden ungebundene Gesteinskörnungen der Lieferkörnungen 0/4, 0/5 oder 0/8 als Bettungsmaterial verwendet. Anforderungen an das Bettungsmaterial werden in den TL Pflaster-StB und in den ZTV Pflaster-StB beschrieben [3]. In Abbildung 5-7 wird beispielhaft das Anforderungsprofil für ein Bettungsmaterial 0/5 für eine Pflasterdecke für eine bestimmte Belastung zusammen gestellt. Das Produktdatenblatt, das als Grundlage für eine Beschreibung im Leistungsverzeichnis verwendet werden kann, berücksichtigt die Anforderungen und Empfehlungen der TL Gestein-StB, der TL Pflaster-StB und der ZTV Pflaster-StB.

Die Bettung hat die Aufgabe, Maßtoleranzen der Dicken der Pflasterklinker auszugleichen. Während der Nutzungsdauer muss sie die in die Flächenbefestigung eingebrachten Lasten mit ausreichendem Widerstand gegen Verformung in die Unterlage abführen.

Gesteinskörnungen, die als Bettungsmaterial verwendet werden sollen, müssen grundsätzlich folgende Eigenschaften besitzen:

- Homogene Durchmischung zur Vermeidung von Kornumlagerungen
- Gute Verdichtbarkeit zum Ausgleich der Dickentoleranzen der Pflasterklinker
- Ausreichende Wasserdurchlässigkeit, auch im verdichteten Zustand, durch eine abgestimmte Korngrößenverteilung
- Ausreichende Festigkeit (z. B. Hartgestein, wie Diabas, Basalt)

Gesteinskörnungen mit latent hydraulischen Eigenschaften sollten nur eingesetzt werden, wenn damit ausreichend positive Erfahrungen, insbesondere über einen längeren Zeitraum bei vergleichbarer Beanspruchung vorliegen.

Als Bettungsmaterial für Verkehrsflächen der Bauklassen Bk3,2 bis Bk1,0 sind Gesteinskörnungsgemische zu verwenden, deren Fließkoeffizient der Kategorie E_{CS35} (vgl. TL Pflaster-StB) entsprechen muss. Der Anteil gebrochener Oberflächen ergibt sich gemäß Kategorie $C_{90/3}$ (vgl. TL Gestein-StB). Die genannten Anforderungen werden in aller Regel nur von gebrochenen Gesteinskörnungen erfüllt. Die Gesteine sollten einen Zertrümmerungswiderstand der Kategorie SZ_{22} (Schlagzertrümmerungswert) bzw. LA_{25} (Los-Angeles-Wert) aufweisen. Zu empfehlen sind gebrochene Hartgesteine (z. B. Basaltplitt), die nach dem Abrütteln der Klinkerpflasterdecke eine hohe Lagestabilität aufweisen und die durch die Verkehrsbelastung nicht zerrieben werden. Abzuraten ist von wenig kornfestem Kalkstein als Bettungsmaterial bei gleichzeitig erhöhter Verkehrsbelastung, da dieser leicht zermahlen werden kann.

Für Verkehrsflächen mit besonderen Beanspruchungen sowie generell für die Belastungskategorie Bk3,2 sollten erhöhte Anforderungen an den Zertrümmerungswiderstand des Bettungsmaterials, z. B. Kategorie SZ_{18} bzw. LA_{20} gestellt werden.

Für Verkehrsflächen der Belastungskategorie Bk0,3 sowie für Wege und sonstige Flächen dürfen alternativ runderkörnige Gesteinskörnungen als Bettungsmaterial verwendet werden.

Die für Verkehrsflächen der Belastungsklassen Bk3,2 bis Bk0,3 verwendeten Bettungsmaterialien müssen zudem den folgenden Anforderungen der TL Pflaster-StB an den Verlauf der Korngrößenverteilung entsprechen:

- **Bettungsmaterial 0/4 und 0/5** (TL Pflaster-StB, Tabelle 4, Zeile 1, Kategorie $G_{U,B}$): Siebdurchgang 30 bis 60 M.-% bei einer Sieböffnungsweite von 2 mm,

- **Bettungsmaterial 0/8** (TL Pflaster-StB, Tabelle 5, Zeile 1, Kategorie GU): Siebdurchgang 30 bis 75 M.-% bei einer Sieböffnungsweite von 2 mm und 50 bis 90 M.-% bei einer Sieböffnungsweite von 4 mm.

Es wird empfohlen, diese Anforderungen auch an Bettungsmaterial zu stellen, das für geringer beanspruchte Verkehrsflächen verwendet wird.

PRODUKTDATENBLATT Bettungsmaterial B0/8G		Sorten-Nr.	
Baustoffgemisch aus gebrochenen Gesteinskörnungen für Pflasterdecken und Plattenbeläge in ungebundener Ausführung gemäß den TL Pflaster-StB und den ZTV Pflaster-StB			
Gesteinsart (Hüttensand (HS) und Hochofenstüchschlacke (HOS) dürfen gemäß den TL Pflaster-StB 06, Abschn. 2, nur in geeignetem Gemisch mit natürlichen Gesteinskörnungen eingesetzt werden)			
Anwendungsbereich Pflasterdecken bis einschließlich Belastungskategorie Bk3,2 gemäß den „RStO 12“ und Plattenbeläge			
Gesteinsspezifische Eigenschaften¹⁾			
Kornform grober Gesteinskörnungen	Kornformkennzahl ≤ 50 bzw. Plattigkeitskennzahl ≤ 50	Kategorie S_{50} bzw. Kategorie F_{50}	TL Gestein-StB 04, Fassung 2007, Anhang H
Schlagzertrümmerungswert bzw. Los Angeles Koeffizient	Soll: $\leq 26^{(2)}$ Ist:	Soll-Kategorie $SZ_{26}^{(2)}$ Ist-Kategorie	TL Gestein-StB 04, Fassung 2007, Anhang H
	Soll: $\leq 30^{(2)}$ Ist:	Soll-Kategorie $LA_{30}^{(2)}$ Ist-Kategorie	TL Gestein-StB 04, Fassung 2007, Anhang H
¹⁾ Alle hier nicht aufgeführten gesteinspezifischen Eigenschaften gemäß den TL Gestein-StB 04, Fassung 2007, Anhang H, werden ebenfalls eingehalten. ²⁾ Gesteine, die zur Herstellung von Bettungsmaterial für Pflasterdecken der Belastungskategorie Bk1,0 oder höher (RStO 12) verwendet werden, sollten mindestens der Kategorie SZ_{22} (LA_{25}) entsprechen. Bei Pflasterdecken mit besonderen Beanspruchungen gemäß den „RStO 12“ oder solchen mit einer Tragschicht mit Bindemittel mindestens SZ_{18} (LA_{20}) (ZTV Pflaster-StB 06, 1.5.1.1).			
Gemischspezifische Eigenschaften			
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 06, 1.5.1.1
Fließkoeffizient	≥ 35	Kategorie E_{CS35}	ZTV Pflaster-StB 06, 1.5.1.1
max. Feinanteil	Durchgang 0,063 mm ≤ 5 M.-%	Kategorie UF_5	TL Pflaster-StB 06, 3.2.2
min. Feinanteil	keine Anforderung	Kategorie LF_{NR}	TL Pflaster-StB 06, 3.2.2
Überkomanteil	Durchgang bei 2 D 100 M.-% Durchgang bei 1,4 D 100 M.-% Durchgang bei D 90-99 M.-%	Kategorie OC_{90}	TL Pflaster-StB 06, 3.2.3
Die Kornzusammensetzung des Baustoffgemisches liegt innerhalb des nebenstehenden Sieblinienbereiches. (Siebdurchgänge mit Wertangabe gemäß den TL Pflaster-StB 06, 3.2.2, 3.2.3 und 3.2.4, Tabelle 5, Zeile 1, Kategorie G_U . Siebdurchgänge ohne Wertangabe in Anlehnung an die Empfehlungen der Herausgeber.)			
Das Baustoffgemisch wird gleichmäßig durchfeuchtet und gleichmäßig gemischt ausgeliefert (TL Pflaster-StB 06, 3.1)			

Abb. 5-8: Beispiel eines Produktdatenblattes für Bettungsmaterial (hier: Bettungsmaterial B 0/8 G aus gebrochenen Gesteinskörnungen)

Die Anforderungen an Bettungsmaterialien für Pflasterdecken sind übersichtlich in Form von Produktdatenblättern zusammengestellt worden. Diese sind bei der Arbeitsgemeinschaft Pflasterklinker e.V. im Internet abrufbar unter: www.pflasterklinker.de/datenblaetter

Von größter Bedeutung ist eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit des Bettungsmaterials im verdichteten Zustand und vor allem die Filterstabilität gegenüber der unter der Bettung befindlichen Tragschicht ohne Bindemittel, um Erosionserscheinungen an der Schichtgrenze von Bettung und Tragschicht ohne Bindemittel zu vermeiden. Der Nachweis der Filterstabilität erfolgt anhand der Kornverteilungslinien von Bettungs- und Tragschichtmaterial. Die Filterstabilität gilt gemäß ZTV Pflaster-StB als erbracht, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

$D_{15}/d_{85} \leq 5$ Sicherheitsbedingung gegen Erosion

$D_{50}/d_{50} \leq 25$ Sicherheitsbedingung gegen Kontakt-erosion (Abstand der Sieblinien)

mit:

D_{15}, D_{50} Korndurchmesser [mm] des Tragschichtmaterials bei 15 bzw. 50 M.-% Siebdurchgang

d_{50}, d_{85} Korndurchmesser [mm] des Bettungsmaterials bei 50 bzw. 85 M.-% Siebdurchgang

Das Bettungsmaterial ist mit der planmäßigen Dicke zuzüglich eines Verdichtungsmaßes (Zuschlag für die Dickenreduzierung durch das spätere Verdichten) einzubauen. Das Verdichtungsmaß hängt von der Art und Größe der Pflasterklinker, dem Bettungsmaterial und dessen Einbaufeuchte ab. Bei Pflasterdecken, die maschinell verlegt werden, wird eine Vorverdichtung der Bettung vor dem Abziehen empfohlen.

Die Dicke der Bettung darf im verdichteten Zustand 3 bis max. 5 cm betragen. Der obere Wert sollte nicht überschritten werden, um Setzungsschäden möglichst zu vermeiden. Nach den ZTV Pflaster-StB ist die Unterschreitung des unteren Wertes um 1 cm (minimale Dicke des Pflasterbettes: 2 cm) zulässig. Unebenheiten auf der Oberfläche der oberen Tragschicht dürfen nicht mit Bettungsmaterial ausgeglichen werden.

Zusammenhängende Flächen sollten mit Pflasterklinker gleicher Dicke ausgeführt werden. Gegebenenfalls sich er-

gebende Dickenunterschiede (z. B. bei Hochkantverlegung oder an Überfahrten mit größerer Pflasterdicke) dürfen nicht in der Bettung, sondern müssen in der Tragschicht ausgeglichen werden.



Abb. 5-9: Abziehen der Oberfläche der Bettung unter Verwendung von zuvor ausgerichteten Metallschienen



Abb. 5-10: Abziehen der Oberfläche der Bettung unter Verwendung der Lehre

5.7.3.2 Pflasterschicht

Sowohl die Form als auch die Dicke von Pflasterklinkern haben einen erheblichen Einfluss auf die Stabilität und die Lebensdauer der Pflasterdecke. Die Auswahl der Pflasterklinker sollte daher in Abhängigkeit von der zu erwartenden Verkehrsbelastung und der jeweiligen Beanspruchungskategorie (siehe Abs. 5.2) gewählt werden.

Pflasterklinker für befahrene Verkehrsflächen:

Für Verkehrsflächen, die von Fahrzeugen des Schwerverkehrs befahren werden, sollte in den Belastungsklassen Bk1,0 und Bk0,3 gemäß RStO 12 die Regeldicke der Pflaster-

terklinker 80 mm betragen. Pflasterklinker mit einer geringeren Dicke, jedoch nicht unter 60 mm, können gemäß RStO 12 alternativ verwendet werden, sofern ausreichend positive Erfahrungen mit bewährten regionalen Bauweisen vorliegen. Dickendifferenzen zum Regelaufbau gemäß RStO sind dann in den Tragschichten auszugleichen.

In den Belastungsklassen Bk3,2 und Bk1,8 sind aufgrund der hohen Verkehrsbelastung Pflasterklinker mit einer Dicke von mindestens 100 mm notwendig (siehe RStO). Alternativ ist die Verlegung als Rollschicht (Hochkant-Verlegung) möglich, um eine Dicke der Pflasterschicht von mindestens 100 mm zu erreichen. Zudem sollten Pflasterverbände gewählt werden, welche eine gute Lastverteilung gewährleisten. Sind zudem große Horizontalbeanspruchungen zu erwarten (z. B. aufgrund von Lenk-, Brems- und Beschleunigungsbewegungen an Bushaltestellen, vor Knotenpunkten bzw. auf Flächen mit großer Längsneigung oder an Wendestellen), so sollte die Verlegung möglichst im Diagonal- oder Fischgrätverband erfolgen.

Pflasterklinker für Rad- und Gehwege:

Als Regeldicke ist in den RStO 12 auch für Rad- und Gehwege eine Dicke der Pflastersteine von 80 mm angegeben. Allerdings können hier auch Pflasterklinker mit einer geringeren Dicke, z. B. auch Dicken von 45 mm oder 52 mm verwendet werden, sofern ausreichend positive Erfahrungen damit vorliegen. Bei Überfahrten, wie z. B. Grundstückszufahrten, an denen ein regelmäßiges Befahren durch Kraftfahrzeuge erfolgt, ist die Dicke der Pflasterklinker, bei Hochkant-Verlegung die Dicke der Pflasterschicht - auf die Verkehrsbelastung abzustimmen.

Pflasterklinker für private, nicht befahrene Flächen:

Nicht befahrene Pflasterflächen mit geringen Belastungen, wie sie im privaten Bereich vorhanden sind, können mit geringer Pflasterdicke ausgeführt werden. Für Wege rund ums Haus, Terrassen und Zuwegungen sind Pflasterklinker in Dicken von beispielsweise 45 mm, 52 mm, 62 mm und 71 mm geeignet.

Bereits bei der Anlieferung der Pflasterklinker auf der Baustelle ist anhand des Lieferscheines, durch Inaugenscheinnahme und ggf. durch den Vergleich mit Mustersteinen zu prüfen, ob die Lieferung der Bestellung entspricht. Bestehen Zweifel oder Bedenken, darf mit den Verlegearbeiten nicht begonnen werden. Werden Steine geliefert,

die von der Bestellung abweichen, so sollte die Verlegung erst beginnen, wenn eine Klärung der Angelegenheit erfolgt ist.



Abb. 5-11: Handverlegung von Pflasterklinkern

Pflasterklinker werden, überwiegend per Hand, entsprechend des geplanten Verlegemusters mit einem gleichmäßigen Fugenbild auf der höhengerecht abgezogenen Bettung verlegt. Falls projektbezogen kein Verlegemuster geplant und vorgegeben wurde, so sind Pflasterklinker flach und im Reihen-/Läuferverband (Abs. 4.6.1) mit versetzten Fugen zu verlegen, wobei der Versatz der Klinker mindestens 1/4 der Länge der Klinker betragen muss.

Pflasterdecken und Plattenbeläge sind an den Fugen höhengleich herzustellen. Der zulässige Versatz von Stein zu Stein bei ebener Steinoberfläche nach dem Abrütteln beträgt 2 mm. Neben Randeinfassungen und Einbauten müssen die Anschlüsse 3 bis 5 mm über deren Oberfläche liegen, neben wasserführenden Rinnen 3 bis 10 mm über der Rinne.

Die Verlegung erfolgt von der bereits verlegten Fläche aus, wobei die Pflasterklinker aus mehreren Paketen gemischt flach oder hochkant nebeneinander abgelegt werden. Dabei ist auf die Einhaltung des vereinbarten Verlegemusters/Verbandes zu achten. Die Ausführung geradliniger Fugenverläufe in Längs- und Querrichtung muss regelmäßig mittels Schnur und Winkel kontrolliert werden. Von größter Bedeutung ist das Einhalten der Mindest-Fugenbreite von 3 mm gemäß DIN 18318. Bei einer Unterschreitung des Mindestmaßes können die Fugen nicht mehr ausreichend gefüllt werden. Ergibt sich sogar ein direkter Klinker-zu-Klinker-Kontakt, so kommt es bereits beim Abrütteln der Pflasterfläche zu Abplat-

zungen an den Kanten der Pflasterklinker. Auch die in der DIN 18318 festgelegte maximale Fugenbreite von 5 mm sollte eingehalten werden. Allerdings sollten Fugenbreiten bis zu 7 mm toleriert werden, da aufgrund der zulässigen Maßtoleranzen von Pflasterklinkern ansonsten regelmäßige, geradlinige Fugenverläufe nicht immer herstellbar sind.

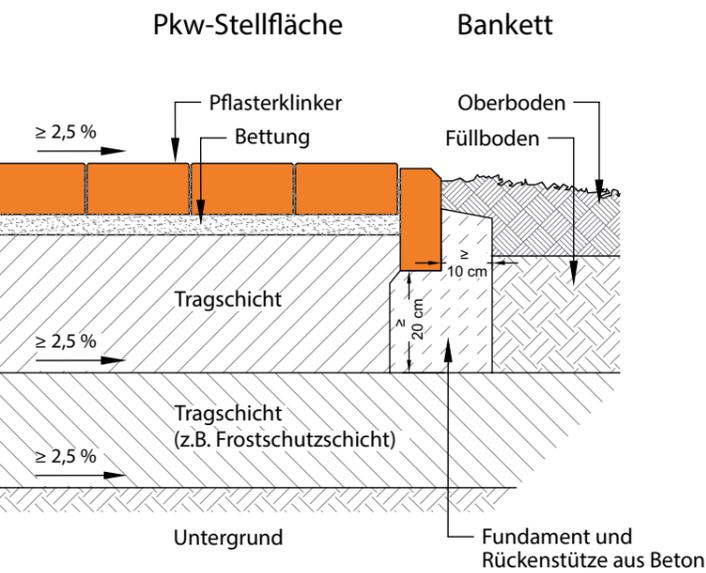


Abb. 5-13: Randeinfassung durch Tiefbordsteine

Bei einer ausreichenden Größe der zu verlegenden Pflasterfläche kann alternativ die maschinelle Verlegung der Pflasterklinker wirtschaftlich sein. Eine maschinelle Verlegung von Pflasterklinkern setzt aber voraus, dass die Pflasterklinker angeformte Abstandhalter aufweisen und die Pflasterklinker zuvor verlegerecht pakettiert worden sind. Mit Hilfe der Verlegeklammer wird bei der Verlegung von der Verlegemaschine jeweils eine Palettenlage gegriffen. Im geklammerten Zustand ergibt sich durch die Abstandhalter ein Mindestabstand von ca. 2 bis 2,5 mm zwischen den Pflasterklinkern. Durch das Nachlassen der Einspannkraft beim Ablegen der Pflasterklinker in Verbindung mit einer speziellen Anlegehilfe oder Abdrückvorrichtung, wie sie moderne Verlegemaschinen überwiegend besitzen, werden diese aus der Verlegeklammer bogenförmig nach unten heraus abgelegt. Dies bewirkt eine Vergrößerung der Fugenbreite auf das anforderungsgerechte Maß. Das horizontale Aneinanderschieben der Pflasterklinker im Anschluss an das Ablegen, z. B. mit Hilfe eines Vorschlaghammers und eines

Kantholzes, sollte unbedingt unterbleiben. Bei Bedarf ist ein Ausrichten der Pflasterklinker, häufig unter Verwendung eines Richteisens, zur Vergleichmäßigung des Fugenbildes durchzuführen. Dies darf jedoch nicht zur Unterschreitung der Mindest-Fugenbreite führen!

Bei der Planung von Klinkerpflasterflächen sollte die Verlegebreite nach Möglichkeit immer auf das Rastermaß abgestimmt werden. Das Rastermaß ergibt sich aus den Nennmaßen des Pflasterklinkerformats zuzüglich der Fugenbreite. Da produktionsbedingt die Abmessungen von Pflasterklinkern innerhalb der zulässigen Maßtoleranzen schwanken können, müssen vor dem Einbau die Maße der angelieferten Pflasterklinker geprüft werden. Danach ist ggf. das Rastermaß unter Berücksichtigung der normgerechten Fugenbreite anzupassen.

Auf diese Weise können unnötige Schneidearbeiten in den Randbereichen vermieden werden. Ist es allerdings notwendig, Pass-Steine zu schneiden, muss die verbleibende kürzeste Seite des Pass-Steines entsprechen:

- mindestens einem Drittel der größten Kantenlänge des angelieferten Pflasterklinkers und
- mindestens der Hälfte der Dicke des angelieferten Pflasterklinkers

Das Zurarbeiten ist per Nassschnitt auszuführen.

Sehr spitz zulaufende Pass-Steine (Winkel unter 45°) sollten vermieden werden. Die Vermeidung zu kleiner Pass-Steine ist notwendig, um die Stabilität der Pflasterfläche nicht zu gefährden, da diese Steine sich meist schon nach kurzer Zeit lockern. Es sollte versucht werden, die Anzahl der Pass-Steine auf ein Minimum zu reduzieren. Wird dieses Ziel konsequent verfolgt, so ist es auch erforderlich, den Verlegeverband im Bereich von Anschlüssen zu ändern, obwohl dies ggf. zu gestalterisch unbefriedigenden Lösungen führt.

5.7.3.3 Verdichtung und Fugenfüllung Fugenmaterial

Die Regelbauweise gemäß ZTV Pflaster-StB beinhaltet die Verwendung ungebundener Gesteinskörnungen als Fugenmaterial, wobei gebrochene, kornabgestufte Gesteinskörnungen (frühere Bezeichnung: Brechsand-Splitt-Gemische) besonders geeignet sind (vgl. [3]). Das Größtkorn ist auf die Fugenbreite abzustimmen. Das Fugenmaterial sollte sich leicht in die Fugen einkehren lassen, andererseits aber einen hohen Widerstand gegen Austragen besitzen, sodass

auch bei späterer intensiver Reinigung die Fugen möglichst vollständig gefüllt bleiben.

Die ZTV Pflaster StB lassen Baustoffgemische der Körnungen 0/4 mm, 0/5 mm, 0/8 mm und 0/11 mm als Fugenmaterial zu. Um ein vollständiges Einkehren des Fugenmaterials zu gewährleisten und das Blockieren der Fugenöffnung durch gröbere Gesteinskörner möglichst zu vermeiden, wird empfohlen, das Größtkorn nicht größer als die maximale Fugenbreite zu wählen. Es sollten daher in der Regel Fugenmaterialien 0/4 und 0/5 verwendet werden. Für Verbundsteinklinker können auch Fugenmaterialien 0/2 oder 0/3 verwendet werden.

Erfahrungen aus der Baupraxis zeigen, dass Fugenmaterialien 0/4 und 0/5 mm sich in der Regel nicht vollständig in Fugen der Regelbreite von 3 mm bis 5 mm einarbeiten lassen. Häufig behindern einzelne Gesteinskörner, die sich an der Fugenoberkante verkeilen, zudem eine vollständige Fugenfüllung. Im Hinblick auf eine möglichst vollständige Füllung der Fugen über die komplette Fugenhöhe sollte gegebenenfalls die Verwendung eines Fugenmaterials 0/3 als Alternative erwogen werden. Dieses lässt sich beispielsweise durch Mischung von Gesteinskörnungen 0/2 und 1/3 herstellen.

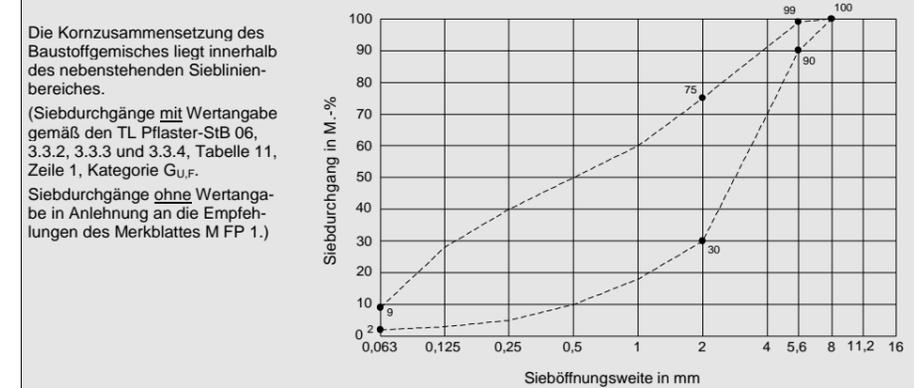
PRODUKTDATENBLATT Fugenmaterial F0/5G Sorten-Nr.	
Baustoffgemisch aus gebrochenen Gesteinskörnungen für Pflasterdecken und Plattenbeläge in ungebundener Ausführung gemäß den TL Pflaster-StB und den ZTV Pflaster-StB	
Gesteinsart (Hütensand (HS) und Hochofenstüchschlacke (HOS) dürfen gemäß den TL Pflaster-StB 06, Abschn. 2, nur in geeignetem Gemisch mit natürlichen Gesteinskörnungen eingesetzt werden)	

Anwendungsbereich
Pflasterdecken bis einschließlich Belastungsklasse Bk3,2 gemäß den „RStO 12“ und Plattenbeläge

Gesteinspezifische Eigenschaften ¹⁾			
Kornform grober Gesteinskörnungen	Kornformkennzahl ≤ 50 bzw. Plattigkeitskennzahl ≤ 50	Kategorie Sl_{50} bzw. Kategorie F_{50}	TL Gestein-StB 04, Fassung 2007, Anhang H
Schlagzertrümmerungswert bzw. Los Angeles Koeffizient	Soll-Wert: ≤ 26 Ist-Wert:	Soll-Kategorie SZ_{26} Ist-Kategorie	TL Gestein-StB 04, Fassung 2007, Anhang H
	Soll-Wert: ≤ 30 Ist-Wert:	Soll-Kategorie LA_{30} Ist-Kategorie	TL Gestein-StB 04, Fassung 2007, Anhang H

¹⁾ Alle hier nicht aufgeführten gesteinspezifischen Eigenschaften gemäß den TL Gestein-StB 04, Fassung 2007, Anhang H, werden ebenfalls eingehalten.

Gemischspezifische Eigenschaften			
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 06, 1.5.1.2
Fließkoeffizient	≥ 35	Kategorie EC_{35}	ZTV Pflaster-StB 06, 1.5.1.2
max. Feinanteil	Durchgang bei 0,063 mm ≤ 9 M.-%	Kategorie UF_9	TL Pflaster-StB 06, 3.3.2
min. Feinanteil	Durchgang bei 0,063 mm ≥ 2 M.-%	Kategorie LF_2	TL Pflaster-StB 06, 3.3.2
Überkornanteil	Durchgang bei 2 D 100 M.-% Durchgang bei 1,4 D 100 M.-% Durchgang bei D 90-99 M.-%	Kategorie OC_{90}	TL Pflaster-StB 06, 3.3.3



Das Baustoffgemisch wird gleichmäßig durchfeuchtet und gleichmäßig gemischt ausgeliefert (TL Pflaster-StB 06, 3.1)

Abb. 5-14: Beispiel eines Produktdatenblattes für Fugenmaterial (hier: Fugenmaterial F 0/5 G aus gebrochenen Gesteinskörnungen)

Das Fugenmaterial muss einen Mindestgehalt an Feinanteilen (Korndurchmesser < 0,063 mm) von 2 M.-% (Kategorie LF₂) aufweisen. Unter dem Aspekt der Frostsicherheit der Fugenfüllung ist der maximale Feinanteil gemäß ZTV Pflaster-StB mit 9 M.-% festgelegt (Kategorie UF₉).

Für Verkehrsflächen gemäß den Bauklassen Bk0,3 bis Bk3,2 sind Fugenmaterialien zu verwenden, die die folgenden Anforderungen der TL Pflaster-StB an ihre Korngrößenverteilung erfüllen:

- Fugenmaterial 0/4 und 0/5 (TL Pflaster-StB, Tabelle 11, Zeile 1): Siebdurchgang 30 bis 75 M. % bei einer Sieböffnungsweite von 2 mm.
- Für Fugenmaterialien 0/8 und 0/11 bestehen Anforderungen an den Siebdurchgang durch die Zwischensiebe gemäß Tabelle 12 bzw. 13 der TL Pflaster-StB
- Wird ein Fugenmaterial 0/2 verwendet, gilt nach den ZTV Pflaster-StB: Siebdurchgang 40 bis 70 M.-% bei einer Sieböffnungsweite von 1 mm.
- Für ein Fugenmaterial 0/3 verwendet, ist nach den ZTV Pflaster-StB ein Siebdurchgang von 30 bis 55 M.-% bei einer Sieböffnungsweite von 1 mm einzuhalten.

Für Verkehrsflächen gemäß den Bauklassen Bk0,3 bis Bk3,2 sind ausschließlich Baustoffgemische zu verwenden, deren Fließkoeffizient der Kategorie E_{CS}35 entsprechen (vgl. TL Pflaster-StB) muss. Der Anteil gebrochener Oberflächen muss der Kategorie C_{90/3} entsprechen, d. h. der Anteil vollständig und teilweise gebrochener Körner muss 90 bis 100 M.-% betragen; der Anteil vollständig gerundeter Körner darf 3 M.-% nicht überschreiten (vgl. TL Gestein-StB). Diese Anforderungen werden in aller Regel nur von Baustoffgemischen aus gebrochenen Gesteinskörnungen erfüllt.

Baustoffgemische aus rundkörnigen Gesteinskörnungen dürfen gemäß ZTV Pflaster StB nicht für Verkehrsflächen der Bauklassen Bk0,3 bis Bk3,2 verwendet werden. In einigen Bereichen der Bundesrepublik Deutschland sind bisher allerdings nur rundkörnige Gesteinskörnungen regional verfügbar. Diese lassen sich zudem leichter in die Fugen einarbeiten als gebrochene Gesteinskörnungen, bieten allerdings einen geringeren Widerstand gegen Ausaugen der Fugen. Sollten regional positive Erfahrungen

mit der Verwendung von Baustoffgemischen aus rundkörnigen Gesteinskörnungen als Fugenmaterial vorliegen, so können diese weiterhin verwendet werden. Dies muss allerdings ausdrücklich in der Leistungsbeschreibung vorgesehen und vereinbart werden. Das Fugenmaterial sollte jedoch auch dann ein Nenn-Größtkorn von 4 mm und eine gleichmäßig gestufte Korngrößenverteilung aufweisen.

Die Anforderungen an Bettungsmaterialien für Pflasterdecken sind übersichtlich in Form von Produktdatenblättern zusammengestellt worden. Diese sind bei der Arbeitsgemeinschaft Pflasterklinker e.V. im Internet abrufbar unter: www.pflasterklinker.de/datenblaetter

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 ist damit nicht mehr gewährleistet. Der Nachweis der Filterstabilität erfolgt anhand der Kornverteilungslinien von Fugen- und Bettungsmaterial. Die Filterstabilität gilt gemäß ZTV Pflaster-StB als erbracht, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

$D_{15}/d_{15} \geq 1$ Durchlässigkeitsbedingung

$D_{15}/d_{85} \leq 4$ Sicherheitsbedingung gegen Erosion

$D_{50}/d_{50} \leq 5$ Sicherheitsbedingung gegen Erosion

mit:

D_{15}, D_{50} Korndurchmesser [mm] des Bettungsmaterials bei 15 bzw. 50 M.-% Siebdurchgang

d_{15}, d_{50}, d_{85} Korndurchmesser [mm] des Fugenmaterials bei 15, 50 bzw. 85 M.-% Siebdurchgang

Für Baustoffgemische, die als Fugenmaterial verwendet werden, muss gemäß den TL Pflaster-StB ein Nachweis der Übereinstimmung (Güteüberwachung) vorliegen.

Fugenfüllung und Abrütteln

Um eine möglichst vollständige und widerstandsfähige Fugenfüllung zu erzielen, wird die folgende Vorgehensweise nach dem Merkblatt M FP empfohlen, bei der mehrere, sich zum Teil wiederholende Arbeitsschritte ausgeführt werden:

Das Verfüllen der Fugen erfolgt zunächst kontinuierlich mit dem Fortschreiten der Verlegearbeiten. Zuvor sollten – möglichst unter Verwendung eines Richteisens – die Fugenverläufe ausgerichtet werden, sodass ein gleichmäßiger Verlauf der Fugenachsen sichergestellt ist. Das Fugenmaterial wird dann auf das Pflaster aufgebracht, gleichmäßig verteilt und sorgfältig in die Fugen eingefegt, sodass diese weitgehend gefüllt sind. Zu große Gesteinskörner, die ggf. nicht in die Fugen passen, werden abgekehrt. Danach sollte die Pflasterdecke zunächst mit einer leichten Vibrationsplatte verdichtet werden. Unverfugte Pflasterflächen dürfen nicht abgerüttelt werden.

Im Anschluss an diesen Arbeitsschritt sollte erneut Fugenmaterial aufgebracht und unter geringer Wasserzufuhr eingeschlämmt werden. Das Einschlämmen kann auch maschinell mit hierfür angebotenen Maschinen und Anbaugeräte erfolgen, mit denen sich alle gängigen Fugenmaterialien in die Fugen einarbeiten lassen. Danach ist die Oberfläche der Pflasterdecke besenrein zu säubern. Nach dem Einschlämmen ist mit dem nachfolgenden Abrütteln solange zu warten, bis die Bettung und deren Unterlage ausreichend abgetrocknet sind. In dieser Zeit darf die Pflasterdecke von Fahrzeugen und Geräten nicht befahren werden. Nach hinreichender Trocknung erfolgt die Verdichtung der Pflasterdecke mit einer auf die Dicke



Abb. 5-15: Abrütteln der zuvor abgekehrten Klinkerpflasterfläche mit einer leichten Vibrationsplatte

der Pflasterklinker und die Tragfähigkeit der Unterlage abgestimmten Vibrationsplatte bis zum Erreichen der Ebenheit und Standfestigkeit.

Das Aufbringen von Fugenmaterial, Abkehren und ein erneutes Abrütteln sind gegebenenfalls mehrfach zu wiederholen, bis nach einem Abrütteln kein Absacken von Fugenmaterial mehr festgestellt werden kann oder bis die Fugen nur noch bis zu einer Tiefe von maximal 10 mm entleert sind, um nachfolgend einen Fugenschluss durchführen zu können.

Fugenschluss

Wie die Ergebnisse wissenschaftlicher Untersuchungen [4] und auch praktische Erkenntnisse zeigen, ist bei neuen und sehr jungen Pflasterdecken – bis zu einem Alter von etwa ein bis zwei Jahren – ein geringerer Verschiebungswiderstand vorhanden als dies bei Pflasterdecken mit längerer Liegezeit der Fall ist. Dies steht vermutlich in direktem Zusammenhang mit dem Eintrag von Feinanteilen in die Fugen, der im Laufe der Nutzungsdauer zunimmt und die Pflasterdecke zunehmend stabilisiert.

Als Abschluss der Pflasterarbeiten sollte daher ein sogenannter Fugenschluss hergestellt werden. Dazu wird ein Fugenschlussmaterial der Gesteinskörnung 0/2 oder 0/3 mit einem Feinanteil (Korndurchmesser < 0,063 mm) von 15 bis 30 M.-% in die Fugen eingeschlämmt. Durch den Fugenschluss wird das innerhalb der Nutzungsdauer zu erwartende Einspülen von Feinanteilen in die Fugen und die damit verbundene Zunahme der Stabilisierung der Pflasterdecke vorweggenommen. Gleichzeitig wird somit der Widerstand gegen Ausaugen des Fugenmaterials erhöht. Es kann sogar ein mehrmaliges Einschlämmen erforderlich sein, um die Widerstandsfähigkeit der Fugenfüllung zu verbessern. Das Fugenschlussmaterial sollte allerdings maximal die oberen 10 mm der Fuge füllen.

Geeignete Vibrationsplatten

Die zum Abrütteln der Pflasterfläche eingesetzten Vibrationsplatten müssen nach Herstellerangaben für den Einsatz geeignet sein. Sie müssen mit einer Platten-Gleit-Vorrichtung (z. B. Kunststoffschürze) versehen werden, um Beschädigungen der Oberfläche der Pflasterklinker möglichst zu vermeiden. Vibrationswalzen dürfen nicht eingesetzt werden. Es ist darauf zu achten, dass nach dem Einschlämmen die Fläche ausreichend abgetrocknet ist.

5.7.4 Rinnen, Randeinfassungen und Einbauten

5.7.4.1 Randeinfassungen

Für Klinkerpflasterdecken in ungebundener Ausführung (Regelausführung) ist grundsätzlich eine stabile Randeinfassung notwendig, um während der Herstellung und der Nutzungsdauer der Pflasterdecke ein seitliches Ausweichen oder Absinken der Pflasterklinker am Pflasterterrand zu verhindern. Die Randeinfassung muss vor der Pflasterdecke bzw. dem Plattenbelag hergestellt werden. Als Randeinfassungen können Bord- oder Formklinker, aber auch Borde oder Palisaden verwendet werden. Um Steinschnitte zu vermeiden, sollte der genaue Abstand der Randeinfassung durch Auslegen einzelner Steinzeilen der Pflasterklinker oder Plattenreihen der Klinkerplatten vorher ermittelt werden. Vor der Bauausführung erstellte Planunterlagen sind üblicherweise auf der Grundlage von Nennmaßen zzgl. der planmäßigen Fugenbreiten erstellt worden. Die Maße der angelieferten Pflasterklinker oder Klinkerplatten können produktionsbedingt von den Nennmaßen innerhalb der zulässigen Maßtoleranzen abweichen!

Bord- und Randeinfassungssteine sind auf ein mindestens 20 cm dickes Fundament aus unbewehrtem Beton C 20/25 nach DIN EN 206 zu versetzen. Das Versetzen muss in den frischen, d. h. noch verarbeitbaren Beton erfolgen. Werden die Borde oder Randeinfassungssteine regelmäßig durch Kraftfahrzeuge An-, Be- oder Überfahren, so ist das Aufbringen einer Haftbrücke auf der Unterseite der Borde oder Randeinfassungssteine zu empfehlen. Hinter Borden oder Randeinfassungssteinen ist eine Rückenstütze aus Beton in Schalung auszuführen. Um die notwendige Festigkeit des Betons zu erreichen, ist u. a. auf die Einhaltung der zulässigen Verarbeitungszeit des Frischbetons zu achten.

Die Rückenstütze ist mindestens 10 cm breit auszuführen, wenn die Randeinfassungselemente eine Nennbreite bis 80 mm aufweisen und mindestens 15 cm breit, wenn die Randeinfassungselemente eine Nennbreite über 80 mm aufweisen. Die Höhe der Rückenstütze richtet sich nach der Dicke der angrenzenden Flächenbefestigung. Falls keine Flächenbefestigung angrenzt, muss die Rückenstütze eine Höhe von 2/3 der Höhe der Einfassung aufweisen. Die Oberfläche der Rückenstütze ist nach außen abzuschrägen. Der Beton der Rückenstütze ist „frisch in frisch“ mit dem Fundamentbeton zu verarbeiten. Die Oberkante der Rückenstütze richtet sich nach der Dicke

der angrenzenden Flächenbefestigung. Die Oberfläche der Rückenstütze soll nach außen leicht abgeschrägt werden. Als Randeinfassung können auch Treppen und Mauern dienen, die unter Verwendung von Pflasterklinkern hergestellt werden können.

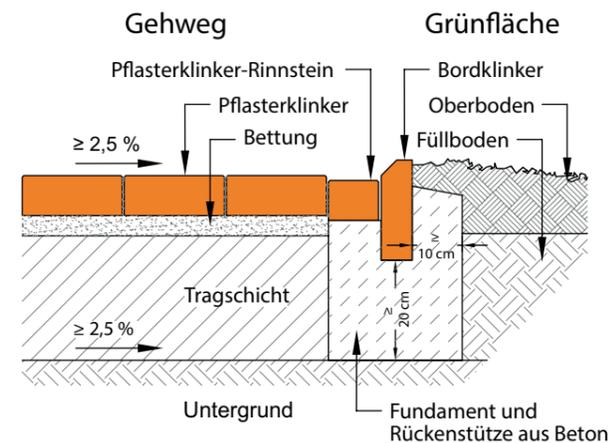


Abb. 5-16: Rinnenausbildung mit Pflasterklinkern und Bordklinkern

5.7.4.2 Rinnen

Das auf Klinkerpflasterdecken anfallende Niederschlagswasser wird, soweit es nicht durch die Fugen hindurch versickert, durch die Neigung der Pflasterfläche abgeführt. Zur Ableitung des anfallenden Wassers wird überwiegend eine Längsentwässerung durch Rinnen ausgeführt. Diese werden entlang oder zwischen Verkehrsflächen angelegt. Sie haben die Aufgabe, das von den Verkehrsflächen auf sie zufließende Wasser aufzunehmen und es Straßenabläufen oder direkt dem Vorfluter zuzuleiten. Man unterscheidet offene und geschlossene Rinnen. Offene Rinnen sind die Bordrinne und die Muldenrinne. Geschlossene Rinnen sind die Kastenrinne und die Schlitzrinne.

Die Planungsgrundsätze für die Entwässerung von Verkehrsflächen sind den RAS-Ew zu entnehmen.

Entwässerungsrinnen sind vor dem Einbau der angrenzenden Flächenbefestigungen herzustellen. Die Rinnenelemente, z. B. Rinnenklinker, sind unter Beachtung der vorgegebenen Längsneigung der Rinne mit Fugenbreiten von 8 bis 12 mm auf ein 20 cm dickes Fundament aus unbewehrtem Beton C 20/25 zu versetzen. Die Fugen zwischen den Elementen sind mit Fugenmörtel vollständig zu schließen. In Bettungsmörtel versetzte Pflaster- bzw. Rinnenklinker dürfen nicht abgerüttelt werden

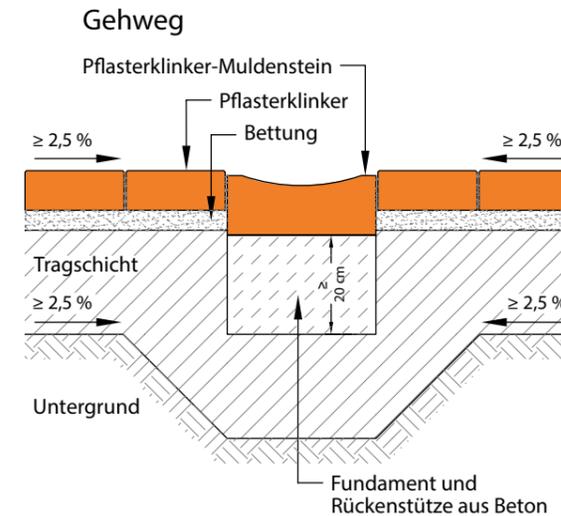


Abb. 5-17: Rinnenausbildung mit Pflasterklinkern und Rinnenklinkern

Die Breite der Rinne und des Fundamentes sind u. a. von der Art und Größe der zu verwendenden Entwässerungselemente abhängig. Es wird daher empfohlen, im Zuge der Planung stets eine maßstabsgetreue Querschnittszeichnung der Entwässerungsrinne anzufertigen.

Entwässerungsrinnen sind mit Bewegungsfugen im Abstand von höchstens 12 m durchgehend durch Fundament und ggf. Rückenstütze auszuführen. Bei befahrenen Rinnen müssen Bewegungsfugen im Abstand von 4 bis 6 m ausgeführt werden. Ist die Entwässerungsrinne Teil einer Randeinfassung, sind die Bewegungsfugen an gleicher Stelle auch durchgehend durch die Randeinfassung anzuordnen. Die Bewegungsfugen sind 8 bis 15 mm breit auszuführen und im Bereich der Rinnenelemente durch eine Fugeneinlage und einen mindestens 30 mm tiefen Verguss mit elastischen Fugenvergussmassen nach den ZTV Fug-StB zu schließen.

5.7.4.3 Einbauten und Anschlüsse

Schächte, Pflanzbeete und sonstige technische oder gestalterische Einrichtungen sind Einbauten innerhalb der Pflasterfläche. Sie sind entweder als feste Einbauten auszuführen oder mit einer Randeinfassung zu umgeben. Durch eine geschickte Auswahl von Ausgleichs- oder Keilklinkern können Anschlüsse an die Einbauten technisch und gestalterisch befriedigend ausgeführt werden.



Einfassung von Einbauten mit Mosaikklinkern (Segmentbogenpflaster)

6 | Notwendige Arbeiten während der Nutzungsdauer von Klinkerpflasterflächen

6.1 Optische Beurteilung der Flächen

Eine Pflasterdecke ist stets nach dem optischen Gesamteindruck zu beurteilen. Maßgebend dafür sind ein üblicher Betrachtungsabstand und entsprechende Lichtverhältnisse. Gestalterische Ansprüche sollten durch Bemusterung bzw. durch Herstellung von Musterflächen vorher festgelegt werden. Mit Hilfe von Grenzmustern kann die Variation der Farbe und Struktur und das gewünschte Erscheinungsbild zu jeder Zeit der Bauphase beurteilt werden.

6.1.1 Verband, Fugenbreite und Fugenverlauf

Der vereinbarte Verband (das Verlegemuster) muss in den jeweiligen (Teil-)Flächen plangerecht und grundsätzlich gleichmäßig ausgeführt werden. Dies gilt auch bei maschineller Verlegung. Dabei müssen die Fugenachsen einen gleichmäßigen Verlauf aufweisen. Im Sinne einer einheitlichen Beurteilung wird empfohlen, bezogen auf eine 4 m lange Messstrecke, keine größeren Abweichungen als ± 5 mm von den Fugenachsen zuzulassen. Derartige Abweichungen werden erfahrungsgemäß subjektiv als „noch gleichmäßiger Fugenverlauf“ empfunden.

Das Aufheben der gleichmäßigen Anordnung der Pflastersteine kann in Anschlussbereichen, Kurven, Rundungen oder Abwinkelungen erforderlich sein, um die Anforderungen der ZTV Pflaster-StB zu erfüllen.

Die im Technischen Regelwerk genannten Mindest-Fugenbreiten sollten grundsätzlich eingehalten werden. Die hier angegebenen Maximalwerte der Fugenbreite können im Sinne eines regelmäßigen Fugenverlaufs aufgrund der zulässigen Maßtoleranzen der Pflasterklinker an einzelnen Fugen ggf. leicht überschritten sein.

6.1.2 Unebenheiten, Anschlüsse

Unebenheiten der Oberfläche in Längs- und Querrichtung dürfen bei Klinkerpflasterdecken in Abhängigkeit der Nutzung, der resultierenden Neigung der Oberfläche und der verwendeten Messlatte die in Tab. 6-1 aufgeführten Anforderungswerte nicht überschreiten.

Die Pflasterklinker sollten innerhalb der Pflasterfläche grundsätzlich höhengerecht an den Fugen und an Anschlüssen aneinander anschließen. Zwischen benachbarten Pflasterklinkern sind Absätze und Höhenversprünge bis zu 2 mm zulässig.

Neben Randeinfassungen und Einbauten müssen die

Anschlüsse 3 bis 5 mm über deren Oberfläche liegen, neben Entwässerungsrinnen 3 bis 10 mm über der Rinne.

Nutzung der Fläche	Resultierende Neigung	Ebenheitsanforderungen ¹⁾ Stichmaß [mm] unter der:	
		2-m Latte	4-m Latte
begehbar, nicht von Kfz erreichbar (Nutzungskategorie N1)	$\geq 1,5$ bis $< 2,0$	≤ 5	≤ 8
	$\geq 2,0$ bis $< 2,5$	≤ 6	≤ 10
	$\geq 2,5$	≤ 10	≤ 12
von Kfz befahrbar, (Nutzungskategorien N2 und N3)	$\geq 2,0$ bis $< 2,5$	≤ 5	≤ 8
	$\geq 2,5$	≤ 6	≤ 10

¹⁾ Messung gemäß TP Eben - Berührende Messungen mit 2-m- oder 4-m-Richtlatte und einem 30 cm-Messkeil

Tabelle 6-1: Ebenheitsanforderungen in Anlehnung an die ZTV Wegebau

6.1.3 Kantenabplatzungen

Kantenabplatzungen sind meist die Folge einer unsachgemäßen Ausführung bei vielfach zu engen Fugen. Die Nutzungssicherheit der betroffenen Fläche wird dadurch in der Regel nicht eingeschränkt. Aufgrund der unschönen gestalterischen Wirkung handelt es sich dennoch um einen Verlegemangel.

6.1.4 Farb- und Strukturabweichungen

Rohstoff- oder fertigungsbedingte Schwankungen können leichte Abweichungen in Farbe und Struktur verursachen. Pflasterklinker haben eine natürliche, durch die im Rohstoff enthaltenen Mineralien sowie durch den Brennprozess geprägte Farbe ohne chemische Zusätze. Durch Quermischung der Pflasterklinker aus mehreren Paketen können störende Farb- oder Strukturschwankungen vermindert werden.

6.1.5 Ausblühungen

Unter Ausblühungen wird eine im trockenen Zustand sichtbare, weißliche Ablagerung auf der Oberfläche von Pflastersteinen und Platten verstanden, die unterschiedlich intensiv und / oder fleckenförmig sein kann. Verunreinigungen, die z. B. durch unsachgemäße Lagerung von Baumaterialien entstehen, können ein ähnliches Erscheinungsbild aufweisen, sind jedoch keine Ausblühungen. Ausblühungen oder vorgenannte andere Verunreinigungen können bei Pflasterklinkern oder Platten auftreten, beispielsweise aus einer unsachgemäßen Verfüllung mit hydraulisch gebundenem Fugenmaterial. Sie sind

technisch unbedenklich und beeinträchtigen nicht die mechanischen Eigenschaften der Pflasterklinker sowie der daraus hergestellten Flächenbefestigungen. Gelegentlich kann es nach der Verlegung an der Oberfläche zu einer Grauschleierbildung kommen, welche nach kurzer Zeit auf natürliche Art durch Beregnung wieder verschwindet. Da es sich hier um reine Salzausblühungen handelt, können diese wasserlöslichen Verbindungen ebenso durch Wasser abgewaschen werden. Auch tritt der Fall auf, dass Bettungsmaterial verwendet wird, welches nicht frei von ausblühungsfähigen Substanzen ist. Vor Verwendung industrieller Nebenprodukte (Schlacken, Recyclingmaterial) ist die Eignung hinsichtlich Ausblühung chemischer Reaktionen und Abbinden zu prüfen. Reine wasserlösliche Salzablagerungen, welche durch Kapillartransport an die Oberfläche gelangt sind, können durch Abfegen oder auch Abwaschen entfernt werden. Kann eine Ablagerung auf diese Weise nicht beseitigt werden, so ist an der Klinkeroberfläche eine Reaktion der ausblühfähigen Substanz erfolgt. Hier ist es erforderlich, diesen Belag halbmechanisch oder mit Steinreinigern zu entfernen. Ausblühungen sind eine vorübergehende Erscheinung. Sie verschwinden mit fortschreitender Nutzungsdauer.

6.2 Hydrophobierung

Insbesondere bei Klinkerpflasterflächen in überdachten Bereichen kann es aufgrund der fehlenden natürlichen Bewitterung zur Anreicherung von Salzen an den Oberflächen kommen. Diese Veränderung der Oberflächenoptik wird häufig als unansehnlich und optisch störend empfunden. Da ein Abspülen der wasserlöslichen Salze in überdachten Bereichen aufgrund der fehlenden Bewitterung nicht stattfinden kann, sollten die Klinkerpflasterflächen hier regelmäßig mit Wasser abgeschrubbt werden. Eine Reinigung der Klinkerfläche mit einem Hochdruckreiniger ist wegen der Gefahr der Fugenausspülung nicht zweckmäßig. Die bisherigen Erfahrungen haben gezeigt, dass sich der Zusatz von gewaschenem Sand als Scheuermittel bei dieser Reinigungsmaßnahme positiv auswirkt.

Für Klinkerpflasterflächen in überdachten Bereichen wird z. T. eine nachträgliche Hydrophobierung angeboten, die eine Reduzierung der kapillaren Saugfähigkeit bewirken soll. Hierbei ist generell zu beachten, dass auch andere Eigenschaften, wie z. B. die Rutsicherheit, bei Verwendung von Beschichtungsmitteln verändert werden

können. Die Eignung des Hydrophobierungsmittels muss daher grundsätzlich vorher an einer Musterfläche getestet werden. Die Verarbeitungshinweise des Herstellers sind stets genau einzuhalten.

6.3 Reinigung

Klinkerpflasterdecken in ungebundener Ausführung können mit den üblichen Kehrgeräten schonend gereinigt werden. Dabei ist besonders darauf zu achten, dass es durch das Reinigen nicht zu einem nennenswerten Austrag von Fugenmaterial kommt. Auf die saugende Beanspruchung der Fläche beim Reinigen sollte daher in jedem Fall verzichtet werden. Ist die Art der Reinigung bereits in der Planungsphase bekannt, so sollte bereits durch die Wahl eines darauf abgestimmten Fugenmaterials der Gefahr des Austrags von Fugenmaterial entgegengewirkt werden.

Art der Reinigung	Lage der Fläche	Fugenmaterial
von Hand (trocken)	im Freien	Baustoffgemische der Körnungen 0/4, 0/5, aber auch 0/2 und 0/3 aus gebrochenen oder ungebrochenen Gesteinskörnungen
von Hand (trocken)	überdacht	Baustoffgemische der Körnungen 0/4, 0/5, aber auch 0/2 und 0/3 (Fließkoeffizient Kategorie E _{C5} 35) aus gebrochenen Gesteinskörnungen
maschinell (Kehren, Saugen, Spülen)	im Freien	Baustoffgemische der Körnungen 0/4, 0/5 aus gebrochenen Gesteinskörnungen (Anteil gebrochener Oberflächen Kategorie C _{90/31} , Fließkoeffizient Kategorie E _{C5} 35)

Tabelle 6-2: Fugenmaterial in Abhängigkeit von der Reinigungsart und der Lage der Fläche (Fugenmaterial für Verkehrsflächen der Belastungsklassen Bk0,3 bis Bk3,2 siehe Abs. 5.6.3.3)

Die maschinelle Reinigung von Klinkerpflasterflächen sollte erst dann einsetzen, wenn sich das Fugenmaterial mit Feinanteilen derart angereichert und verfestigt hat, sodass es gegen Fugenaustrag ausreichend widerstandsfähig ist. Je nach örtlicher Lage und Nutzung der Fläche sind hierzu unterschiedlich lange Zeiträume erforderlich. Wissenschaftliche Untersuchungen [5], in denen der horizontale Verschiebungswiderstand von Pflasterflächen mit einem Spreizgerät gemessen wurde, zeigen, dass neue

6 | Notwendige Arbeiten während der Nutzungsdauer von Klinkerpflasterflächen

Pflasterflächen bis zu einem Alter von etwa ein bis zwei Jahren einen geringeren Verschiebungswiderstand aufweisen als ältere Pflasterflächen. Empfohlen wird daher, frühestens nach einer Liegezeit von einem Jahr mit der maschinellen Reinigung zu beginnen.

Führt die Reinigung dazu, dass die Fugen nicht mehr vollständig mit Fugenmaterial gefüllt sind, kann dies zu Verschiebungen und Verkantungen einzelner Pflasterklinker - insbesondere auf befahrenen Flächen - führen und die Funktionsfähigkeit der Pflasterdecke erheblich vermindern. Klinkerpflasterdecken sollten daher regelmäßig kontrolliert werden. Ausgetragenes Fugenmaterial muss unverzüglich ersetzt werden.

Bei Verschmutzungen von Klinkerpflaster durch Flüssigkeiten, die z. B. beim Grillen oder durch abtropfendes Motoröl entstehen, können zur Entfernung dieser Verschmutzungen die im Fachhandel angebotenen Reinigungsmittel verwendet werden. Pflasterklinker werden durch diese Reinigung weder angegriffen noch wird ihre Farbechtheit hierdurch beeinträchtigt. Bei frei bewitterten Flächen verschwinden derartige Verschmutzungen langfristig überwiegend von selbst.

Zur Entfernung von Streusalzablagerung empfiehlt sich einfaches Abfegen der Oberfläche. Durch die natürliche Bewitterung wird das Streusalz nach und nach entfernt. Grundsätzlich ist alternativ zu Streusalz die Verwendung von Splitt oder Granulaten als Streumittel zu empfehlen.

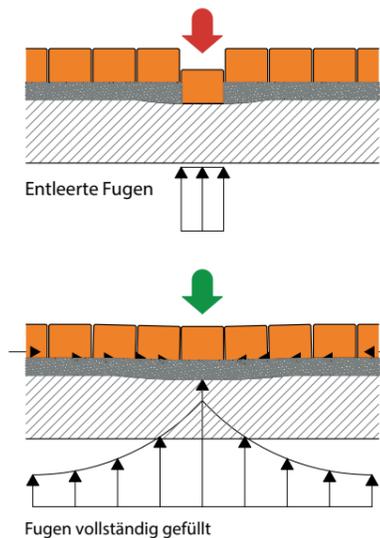


Abb. 6-1: Fehlende Verbundwirkung bei entleerten Fugen

6.4 Erhaltungsarbeiten

Wie bei allen Verkehrsflächenbefestigungen, so ist auch bei Klinkerpflasterdecken eine regelmäßige Inspektion des Oberflächenzustandes erforderlich, um ggf. notwendig werdende Erhaltungsarbeiten rechtzeitig einplanen und vorbereiten zu können. Besonderes Augenmerk ist dabei auf den Zustand der Fugen und der Fugenfüllung zu legen. Sind die Fugen nicht mehr vollständig gefüllt, so muss unverzüglich fehlendes Fugenmaterial ergänzt werden. Andernfalls besteht die Gefahr, dass die Pflasterdecke die auftretenden Beanspruchungen nicht mehr zwischen den Pflasterklinkern verteilen und es somit zu Verschiebungen und Verkantungen von Pflasterklinkern kommen kann. Die Ergebnisse von Forschungsarbeiten [4] [7] zeigen, dass bereits ab einer Entleerungstiefe von ca. 20% der Steindicke die Stabilität der Pflasterdecke gemindert ist.

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

Aufgrund ihres hohen Widerstandes gegen mechanische, chemische und biologische Beanspruchungen sind Pflasterklinker sehr langlebig. Die Nutzungsdauer von Klinkerpflasterflächen wird daher im Wesentlichen von der Dauerhaftigkeit der Tragschichten, der Bettung und Fugenfüllung bestimmt. Werden im Verlauf der Nutzungsdauer Aufgrabungs- oder Instandsetzungsarbeiten notwendig, so kann bei der ungebundenen Bauweise die Klinkerpflasterdecke aufgenommen und die weitaus überwiegende Zahl der Pflasterklinker nach Reinigung wiederverwendet werden.

Wesentliche Empfehlungen und Hinweise zur Durchführung der Zustandserfassung auf Pflasterdecken, zu Schadensursachen in Verbindung mit typischen Schadensbildern und zur Ausführung von Instandhaltungs-, Instandsetzungs- und Erneuerungsmaßnahmen sind dem „Merkmale für die Bauliche Erhaltung von Verkehrsflächen mit Pflasterdecken oder Plattenbelägen in ungebundener Ausführung sowie von Einfassungen (M BEP)“ zu entnehmen.

6.5 Aufgrabungen

Klinkerpflasterdecken in ungebundener Ausführung können jederzeit ganz- oder teilflächig aufgenommen und später auf gleicher Fläche wieder verlegt werden. Aufgrabungen, z.B. zur Verlegung oder Reparatur von Ver- und Entsorgungsleitungen, lassen sich daher in Pflasterdecken problemlos anlegen. Bei fachgerechter Wiederverfüllung der Aufgrabung kann unter Wiederverwendung der aufgenommenen Pflasterklinker die Verkehrsflächenbefestigung wiederhergestellt werden. Dazu müssen die aufgenommenen Pflasterklinker sorgfältig von anhaftendem Fugen- und Bettungsmaterial gereinigt und zwischengelagert werden. Sind einzelne Pflasterklinker zu ersetzen, so sind Farbabweichungen zwischen alten und neuen Pflasterklinkern oftmals nur durch die oberflächliche Verschmutzung der alten Pflasterklinker bedingt. Durch die später eintretende Verschmutzung auch der neuen Pflasterklinker werden nach einiger Zeit kaum noch Farbdifferenzen erkennbar sein.

Bei der Herstellung eines Leitungsgrabens oder einer Baugrube ist die Pflasterdecke 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 Grabenbreite hinausgeht, die Pflasterdecke aufgenommen werden, um die gelockerten Randbereiche der ungebundenen Tragschicht nachverdichten zu können. Es sind deshalb Abtreppungen in einer Breite von mindestens 2×15 cm bei Grabentiefen bis zu 2,00 m und von mindestens 2×20 cm bei Grabentiefen von mehr als 2,00 m vorzusehen (Maß „c“ in Abb. 6-2). Bei gepflasterten Fahrbahnen und Parkstreifen sind verbleibende Reststreifen mit einer Breite bis zum Pflasterrand von weniger als 40 cm (oder eine halbe Bogenbreite bei bogenförmigem Verlegemuster) ebenfalls aufzunehmen. Bei Geh- und Radwegen müssen Reststreifen von einer Formatbreite oder einer Breite < 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 Pflasterklinkern am Grabenrand ausrieselt und sich die Pflasterklinker lockern. Ist an den Fugen erkennbar, dass sich der Pflasterverband in größeren Randbereichen gelockert hat, so sind entsprechend größere Randstreifen

zu entfernen. Die gleiche Problematik entsteht, wenn Pflasterflächen in einer ungebundenen Bettung auf einer gebundenen Tragschicht (z.B. Asphalttragschicht) verlegt wurden. Auch hier muss vor dem Einbau der gebundenen Tragschicht ein Rückschnitt nach den ZTV A-StB erfolgen, um die darunter befindliche ungebundene Trag- bzw. Frostschuttschicht im Randbereich nachverdichten zu können. Nach Einbau der gebundenen Tragschicht kann die Aufnahme weiterer Pflastersteine notwendig werden (eine Formatbreite, vgl. Maß „d“ in Abb. 6-2), 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.

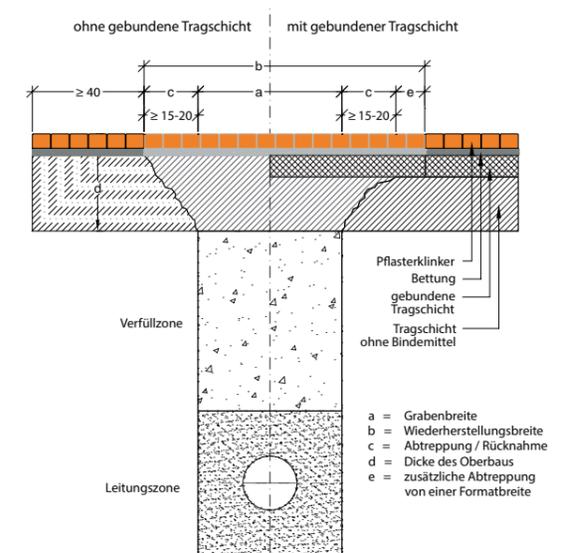


Abb. 6-2: Abtreppung bei Pflasterdecken und Plattenbelägen gemäß den ZTV A-StB

Die Wiederherstellung der Pflasterdecke ist nach den Vorgaben der ZTV A-StB, der ZTV Pflaster-StB und der DIN 18318 durchzuführen. Dies gilt insbesondere für die Wiederherstellung von Zwickelflächen oder von Anschlüssen und das damit verbundene Anfertigen von Pass-Steinen. Sowohl hinsichtlich der Wahl von Bettungs- und Fugenmaterialien als auch hinsichtlich der Bettungsdicke und der Fugenbreite beinhalten die ZTV A-StB Anforderungen, wie sie auch an den Neubau von Pflasterflächen gestellt werden (s. Abs. 5.6.3)

7.1 Die gebundene Bauweise

7.1.1 Allgemeines

Die gebundene Bauweise findet in Fällen Anwendung, wo es entweder auf eine besonders hohe Verformungsbeständigkeit der Pflasterdecke ankommt, oder wo gezielt aus Gründen der Gestaltung oder des Gebrauchsverhaltens eine geschlossene Oberfläche gewünscht wird. Klinkerpflasterdecken in gebundener Bauweise werden hergestellt durch die Verlegung von Pflasterklinkern im Mörtelbett. Auch die Pflasterfugen werden mit Fugenmörtel gefüllt. Die gebundene Ausführung erfordert immer die Verwendung von Baustoffgemischen mit Bindemittel sowohl für Bettung als auch für die Fuge. Zur Ausführung von Mischbauweisen, bei denen lediglich die Bettung oder die Fugenfüllung mit Bindemittel gebunden ist, gibt es noch zu wenig Erfahrung und daher werden diese hier nicht betrachtet.

7.1.2 Anwendungsbereich

Die Anwendung der im Folgenden beschriebenen gebundenen Bauweise zielt auf private Flächen des Landschaftsbau ab. Die folgenden Hinweise und Empfehlungen sind den Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen für den Bau von Wegen und Plätzen außerhalb von Flächen des Straßenverkehrs (ZTV Wegebau) Ausgabe 2013; Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL) entnommen. Hier wird in drei Nutzungskategorien (siehe Abs. 5.5.3) unterschieden:

Nutzungskategorie N 1:

begehbare, nicht mit Kfz befahrbare Flächenbefestigungen (z.B. Terrassen, Gartenwege, Wege im Hausgartenbereich, Sitzplätze in Parkanlagen);

Nutzungskategorie N 2:

befahrbare Flächenbefestigungen für Kfz bis 3,5 t zul. Gesamtgewicht (z.B. Garagenzufahrten, Pkw-Stellplätze);

Nutzungskategorie N 3:

befahrbare Flächenbefestigungen mit einer Belastung wie N 2, jedoch mit gelegentlichen Befahrungen mit Fahrzeugen bis 20 t zulässiges Gesamtgewicht mit Radlasten bis zu 5 t (z.B. Pflege-, Instandhaltungs- und Rettungswege sowie Feuerwehr-, Garagen- und Gebäudezufahrten). Gemäß ZTV Wegebau darf für die Nutzungskategorien

N 1 und N 2 die Mischbauweise mit gebundener Bettung, d. h. eine gebundene Pflasterdecke auf Tragschicht(en) ohne Bindemittel ausgeführt werden. Für die Nutzungskategorie N 3 hingegen ist in jedem Falle die gebundene Pflasterdecke auf einer gebundenen Tragschicht als Unterlage anzuordnen.

Nicht Gegenstand dieser Broschüre sind die Hinweise und Empfehlungen für die Anwendung der gebundenen Bauweise für befahrene Flächen, die den Belastungsklassen der RStO 12 zugeordnet werden können. Voraussetzung hierfür ist die Ausführung als gebundene Pflasterdecke mit darunter befindlicher gebundener Tragschicht. Die gebundene Tragschicht wird als wasserdurchlässige Dränbeton- oder Asphalttragschicht ausgeführt. Diese Empfehlungen sind dem FGSV-Arbeitspapier „Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen in gebundener Ausführung“ zu entnehmen.

Von der Wissenschaftlich-Technischen Arbeitsgemeinschaft Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V. (WTA) wurde das Merkblatt E 5 21 07/D „Gebundene Bauweise - historisches Pflaster“ erarbeitet und herausgegeben, dem ebenfalls Hinweise und Empfehlungen zur gebundenen Bauweise zu entnehmen sind.

Solange die gebundene Bauweise nicht hinreichend im Technischen Regelwerk beschrieben ist, ist es notwendig, für die Ausschreibung und bauvertragliche Abwicklung einer Baumaßnahme mit gebundener Pflasterdecke eigene Leistungstexte zu erarbeiten. Darin müssen alle Angaben bezüglich der zu verwendenden Baustoffe, der Bauausführung und der Qualitätssicherung jeweils vollständig formuliert sein. Ein Verweis auf das oben genannte Arbeitspapier bzw. Merkblatt ist nicht ausreichend; ggf. müssen die dort enthaltenen Texte abgeschrieben werden.

7.1.3 Charakteristiken der gebundenen Bauweise

Bei der Regelbauweise in ungebundener Ausführung handelt es sich um eine sogenannte flexible Verbundbauweise, d.h. Pflasterklinker, ungebundenes Bettungs- und Fugenmaterial besitzen unterschiedliche mechanische Eigenschaften. Durch Reibung innerhalb des Korngerüsts der granularen Gesteinskörnungsgemische und gegenüber den Unter- und Seitenflächen der Pflasterklinker entsteht eine Verbundwirkung, die eine gegenseitige Lastabtragung ermöglicht. Zugspannungen können nicht aufgenommen werden; sie führen zu einem Öffnen der Fugen.

Bei der gebundenen Bauweise handelt es sich hingegen um eine starre Bauweise. Pflasterklinker, Bettungs- und Fugenmörtel gehen einen weitgehend dauerhaften Verbund ein. Das Tragverhalten entspricht daher einer steifen Platte und ähnelt somit der Betonbauweise. Aus dem besonderen Tragverhalten der gebundenen Pflasterbauweise resultieren zahlreiche Besonderheiten, Anforderungen und spezielle Randbedingungen, die bei der Planung, Baustoffauswahl, Bauausführung und Baukontrolle zu berücksichtigen sind:

Bewegungsfugen:

Innerhalb der Pflasterfläche sollten in regelmäßigen Abständen in Quer- und Längsrichtung sowie an festen Einbauten Bewegungsfugen vorgesehen werden, an denen die thermisch bedingten Spannungen abgebaut werden.

Entwässerung:

Da das gesamte anfallende Oberflächenwasser planmäßig von der Pflasterfläche abgeleitet werden muss, sollte im Rahmen der Ausführungsplanung immer eine Entwässerungsplanung nach den RAS-Ew erstellt werden. Grundsätzlich ist die Entstehung von Haarrissen an oder in den vermörtelten Fugen unvermeidbar, sodass mit dem Eindringen von Wasser in die Konstruktion gerechnet werden muss. Bettung und Tragschichten müssen daher ausreichend wasserdurchlässig ausgeführt werden.

Dimensionierung des Oberbaus:

Die Dimensionierung des Oberbaus gemäß ZTV Wegebau ist in Abs. 5.5.3 beschrieben. Da gemäß ZTV Wegebau die obere Tragschicht ohne Bindemittel in der Nutzungskategorie N 1 einen Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 80$ MPa, für N 2: $E_{v2} \geq 100$ MPa, für N 3: $E_{v2} \geq 120$ MPa aufweisen muss, sollte die Tabelle 8 der RStO (Tab. A 1-15 im Anhang) beachtet werden.

Die Dicke der Bettung sollte im verdichteten Zustand 4 bis 6 cm betragen. Die Dicke der Pflasterklinker, bei Hochkant-Verlegung die Dicke der Pflasterschicht, sollte ähnlich wie bei der ungebundenen Bauweise auf die (Schwer-) Verkehrsbelastung abgestimmt werden.

Verbund Pflasterklinker / Mörtel:

Um eine entsprechend monolithisch als Platte funktionierende Pflasterdecke zu erhalten, ist es von entscheidender Bedeutung, dass sowohl der Bettungsmörtel als auch der Fugenmörtel so zusammengesetzt sind, dass im Verbund mit den Pflasterklinkern eine ausreichende Haftzugfestigkeit erreicht wird. Überwiegend ist eine Vorbehandlung der Pflasterklinker mit einem Haftvermittler oder ein Aufrauen der Kontaktflächen notwendig. Es wird empfohlen, sich vom Hersteller der Mörtelsysteme beraten zu lassen und Produkte desselben Herstellers gemeinsam einzusetzen. Zur Überprüfung, ob unter Baustellenbedingungen mit den gewählten Baustoffen die notwendige Haftzugfestigkeit zielsicher erreicht werden kann, sollte grundsätzlich eine Probefläche von mindestens 2 m² Größe angelegt und die Haftzugfestigkeiten an Ausbauproben geprüft werden.

7.1.4 Bettungsmörtel

Die Bettung sollte aus hydraulisch gebundenem oder kunststoffmodifiziertem, hydraulisch gebundenem Mörtel hergestellt werden. Kunstharzgebundene Mörtel können verwendet werden, sofern deren Eignung nachgewiesen wird. Als Ausgangsstoffe sollen Gesteinskörnungen verwendet werden, bei denen zugunsten einer besseren Wasserdurchlässigkeit auf die Verwendung von Feinkorn (d. h. Gesteinskörnungen 0,063 mm bis 2 mm) verzichtet wird. Es sollten Gesteinskörnungen nach TL Gestein StB, Tabelle 2, verwendet werden. Weil auf der Baustelle hergestellte Mörtel in der Regel nicht in der erforderlichen Qualität hergestellt werden können, sollten stets Werkmörtel verwendet werden.

Der Bettungsmörtel muss ausreichend wasserdurchlässig sein. Die Anforderungen an die Druckfestigkeit, Wasserdurchlässigkeit sowie Haftzug- und Zugfestigkeiten von hydraulisch gebundenen Bettungen sind den Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen für den Bau von Wegen und Plätzen außerhalb von Flächen des Straßenverkehrs (ZTV Wegebau) zu entnehmen. Nähere Angaben zur Durchführung der jeweiligen Prüfungen sind dort beschrieben.

	Nutzungskategorie			Prüfung nach
	N1	N2	N3	
Druckfestigkeit [N/mm ²]	≥ 10,0	≥ 10,0	≥ 10,0	DIN EN 12390-3
Haftzug- und Zugfestigkeit [N/mm ²]	≥ 0,4	≥ 0,8	≥ 0,8	FGSV Arbeitspapier – Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen in gebundener Ausführung, Abschnitt 7.2.4

Tabelle 6-3: Anforderungen an den Bettungsmörtel gemäß ZTV Wegebau

7.1.5 Fugenmörtel

Im Gegensatz zum Bettungsmörtel sollte der Fugenmörtel weitgehend wasserundurchlässig sein. Die Fugenfüllung sollte aus hydraulisch gebundenem oder kunststoffmodifiziertem, hydraulisch gebundenem Mörtel hergestellt werden. Kunstharzgebundene Mörtel können verwendet werden, sofern deren Eignung auf einer Probefläche nachgewiesen wird. Die Ausgangsstoffe müssen den Anforderungen des Technischen Regelwerks entsprechen. Auch für die Fugenfüllung sollten stets Werkmörtel verwendet werden. Fugenmörtel, die zu Verfärbungen der Pflasterklinker führen, dürfen nicht eingesetzt werden.

Fugenmörtel müssen so beschaffen sein, dass sich eine vollständige Fugenfüllung ausführen lässt. Sie müssen ausreichend fließfähig und weitgehend selbstverdichtend sein. Bei kunstharzgebundenen Fugenmörteln sind die Verarbeitungshinweise des Herstellers zu beachten. Nähere Angaben zur Durchführung der jeweiligen Prüfungen sind dort beschrieben.

7.1.6 Bauausführung

Die Unterlage muss eine genügende Tragfähigkeit und eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit aufweisen. Die Herstellung der gebundenen Klinkerpflasterdecke erfolgt von der Unterlage aus. Dabei werden die Pflasterklinker grundsätzlich manuell höhengerecht und hammerfest in den Bettungsmörtel gesetzt. Die Dicke der gebundenen Bettung beträgt 4 cm bis 6 cm. Steine und Platten sind, unter Verwendung einer Haftbrücke aus zementhaltigem Mörtel, frisch in frisch in die Bettung zu versetzen. Der Bettungsmörtel sollte dabei höchstens bis zu einem Drittel der Fugenhöhe aufsteigen. Die für die Verarbeitung des Bettungsmörtels zulässigen Außentemperaturen und die Verarbeitungszeit sind unbedingt zu beachten. Die Pflasterklinker dürfen nach dem Versetzen weder horizontal noch vertikal nachgerichtet werden. Mit dem Fortschreiten der Arbeiten sollten die versetzten Pflasterklinker sorgfältig von Bettungsmörtelresten und Verschmutzungen gereinigt werden. Die unverfugte Pflasterdecke ist danach vor schädlichen Witterungseinflüssen und Verschmutzungen zu schützen.

	Nutzungskategorie			Prüfung nach
	N1	N2	N3	
Druckfestigkeit [N/mm ²]	≥ 10,0	≥ 20,0	≥ 30,0	DIN EN 12808-3
Haftzug- und Zugfestigkeit [N/mm ²]	≥ 0,4	≥ 0,8	≥ 1,0	FGSV-Arbeitspapier – Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen in gebundener Ausführung
Frost-Tau-Widerstand S _n	≤ 800 g/m ²			DIN EN 12390-3 CF-Prüfverfahren
Frost-Tausalz-Widerstand S _n ^{1), 2)}	≤ 800 g/m ²			DIN EN 12390-3 CDF-Prüfverfahren

¹⁾ Nachweis nur, wenn Anforderungen an den Frost-Tausalz-Widerstand vereinbart sind.

²⁾ Ist die Widerstandsfähigkeit gegen Frost-Tausalz nachgewiesen, ist auch der Frost-Tau-Widerstand erfüllt.

Tabelle 6-4: Anforderungen an hydraulisch gebundene Fugenmörtel gemäß ZTV Wegebau

Beim Versetzen der Pflasterklinker sollte eine Fugenbreite von 5 bis 15 mm ausgeführt werden. Anders als bei der ungebundenen Bauweise sind bei der gebundenen Ausführung Kreuzfugen im Sinne einer erleichterten Fugenfüllung und Ausbildung von Bewegungsfugen ausdrücklich erwünscht. In Bettungsmörtel versetzte Pflastersteine und Platten dürfen nicht abgerüttelt werden.

Der Zeitpunkt des Verfugens ist von den verwendeten Materialien, den Witterungsbedingungen und der Festigkeit des Bettungsmörtels abhängig. Zunächst sind, ggf. unter Einsatz ölfreier Druckluft, Staub und andere lose Bestandteile aus den Fugen zu entfernen. Danach ist der verbleibende Fugenraum vollständig mit Fugenmörtel aufzufüllen, wobei der aufgestiegene, unverdichtete Bettungsmörtel eingebunden sein muss. Bei der Verwendung von Pflasterklinkern mit gefasteten oder gerundeten Kanten darf der Fugenraum nur bis zur Unterkante der Fase / Rundung aufgefüllt werden. Nach dem Verfugen sind die Pflasterklinkeroberseiten sorgfältig zu reinigen. Es ist darauf zu achten, dass durch die Reinigung kein Festigkeitsverlust des Fugenmörtels eintritt und die Fugen nicht ausgespült werden. Eine gegenüber der Klinkerpflasteroberfläche geringfügig tiefer liegende Fugenfüllung ergibt sich durch die Reinigung und ist unvermeidbar.

Bis zum Erreichen ausreichender Festigkeit des Fugenmörtels sollte die Pflasterdecke möglichst von Baustellen-, Fußgänger- und Fahrzeugverkehr freigehalten werden. Es sind die Anforderungen der ZTV Wegebau bezüglich der Eigenschaften der Bettung und der Fugenfüllung im eingebauten Zustand zu beachten.

7.2 Versickerungsfähige Klinkerpflasterflächen

7.2.1 Wasserversickerung, Wasserrückhalt und Wasserableitung

Seit vielen Jahren werden spezielle Pflasterklinker angeboten und eingesetzt, mit denen wasserdurchlässige Klinkerpflasterflächen in Form von Sickerpflasterflächen hergestellt werden können. Derartige Pflasterklinker weisen Aussparungen am oder im Pflasterklinker auf. Bei der Verlegung werden die Aussparungen mit spezieller Gesteinskörnung gefüllt, um durch diese Aussparungen hindurch Niederschlagswasser durch die Flächenbefestigung bis in den Untergrund hinein zu versickern (Sickerpflasterflächen).

Das FGSV-Merkblatt für Versickerungsfähige Verkehrsflächen (M VV) gibt an, dass erfahrungsgemäß für Sickerpflasterflächen ein Abflussbeiwert von $\Psi = 0,3$ bis $0,5$ angesetzt werden kann. Dies bedeutet, dass für den Bemessungsregen mit einem Abfließen von 30 bis 50% der Niederschlagsmenge von der Pflasterfläche zu rechnen ist. Das abfließende Wasser wird den Entwässerungsanlagen oder angrenzenden Versickerungsanlagen zugeführt. Im Falle des Bemessungsregens kann somit beim Sickerpflaster 50 bis 70% der Bemessungsregenspende durch die Flächenbefestigung hindurch versickert werden. Sickerpflasterflächen nehmen bei Niederschlagsereignissen von geringerer Intensität als der Bemessungsregen deutlich höhere Anteile der Regenmenge auf und versickern und / oder verdunsten das Regenwasser. Dadurch wird die Abwasserkanalisation wirksam entlastet, die Flächenversiegelung vermindert und die Grundwasserneubildung gefördert.

Versickerungsfähige Klinkerpflasterflächen sind nur für Verkehrsflächen mit einer geringen Verkehrsbelastung, d. h. Verkehrsflächen der Belastungskategorie Bk0,3 nach den RStO sowie für Rad- und Gehwege, private Wege und sonstige unbefahrene Flächen geeignet. Sie dürfen nur außerhalb von Wasserschutzgebieten ausgeführt werden. Zur Erhöhung der Wirksamkeit hinsichtlich der Wasser-

versickerung und des Wasserrückhalts wird empfohlen, die abflusswirksame Neigung der Flächen, soweit unter Abwägung verkehrssicherheitsrelevanter Aspekte möglich, zu reduzieren. Die resultierende Entwässerungsneigung sollte 1,0 % nicht unterschreiten. Dabei muss allerdings bei Starkregenereignissen mit einem kurzzeitigen Wasseraufstau auf der Fläche gerechnet werden. Im Hinblick auf den Schutz des Grundwassers muss auf Sickerpflasterflächen auf den Einsatz von Streusalz im Winterdienst verzichtet werden.

7.2.2 Klinkerpflaster-Systeme

Versickerungsfähige Klinkerpflastersysteme lassen sich – neben Sonderformen – im Wesentlichen nach der Art der Wasseraufnahme unterscheiden:

Klinkerpflaster – mit dauerhaft aufgeweiteten Fugen:

Durch geeignete Verlegung ergibt sich eine Fuge in der Regel im Bereich zwischen 15 und 30 mm. Die Fugen sind für eine dauerhafte Versickerungsfähigkeit mit versickerungsfähig konzipierten Gesteinskörnungen zu verfüllen. Klinkerpflasterdecken mit aufgeweiteten Fugen dürfen in der Belastungskategorie Bk0,3 nur bis zu einer dimensionierungsrelevanten Beanspruchung von höchstens 0,1 Mio. äquivalenten 10t-Achsübergängen verwendet werden, wobei die Nenndicke 80 mm betragen sollte. Für Rad- und Gehwege sowie sonstige Verkehrsflächen dürfen auch Pflasterklinker mit einer geringeren Nenndicke verwendet werden.

Pflasterklinker mit Aussparungen im oder am Stein:

Die Sickeröffnungen können als Löcher, Hohlräume oder Kammern ausgebildet sein. In der Regel wird ein Öffnungsanteil von mind. 10 % erreicht. Die Öffnungen sind auch hier für eine dauerhafte Versickerungsfähigkeit mit versickerungsfähig konzipierten Gesteinskörnungen zu verfüllen. Hierzu gehören Rasenlochklinker, Dränpflasterklinker, Sternklinker und Pflasterklinker mit Sickerschächten. Pflasterklinker mit Aussparungen im oder am Stein können in der

Abb. 6-3: Verschiedene Pflasterklinkerformate für versickerungsfähige Pflasterflächen



Belastungsklasse Bk0,3 mit einer Nenndicke von 100 mm verwendet werden. Beträgt die dimensionierungsrelevante Beanspruchung höchstens 0,1 Mio. äquivalente 10t-Achsübergänge, so sollte die Nenndicke 80 mm betragen. Für Rad- und Gehwege sowie sonstige Verkehrsflächen dürfen auch Pflasterklinker mit einer geringeren Nenndicke verwendet werden.

7.2.3 Dimensionierung

Die Ermittlung der Belastungsklasse erfolgt gemäß RStO. Die Anwendung Versickerungsfähiger Verkehrsflächenbefestigungen muss aus Gründen des Grundwasserschutzes auf die Belastungsklasse Bk0,3 beschränkt bleiben. Die Bestimmung der Dicke des frostsicheren Oberbaus kann, abgeleitet aus den RStO, vereinfachend erfolgen (s. Abs. 5.5.2.3).

Das Merkblatt M VV gibt für versickerungsfähige Pflasterdecken Empfehlungen hinsichtlich Aufbau und Einbaudicke.

Zur Berechnung des Wasserabflusses von einer Verkehrsfläche werden gemäß den RAS-Ew die regional vorliegenden Niederschlagsspenden aus den KOSTRA-Tabellen des Deutschen Wetterdienstes zugrunde gelegt. Insofern müsste die Ermittlung der dadurch notwendigen Wasserdurchlässigkeit von versickerungsfähigen Pflasterflächen auf der Basis regionaler Bemessungsregenereignisse erfolgen. Im Sinne einer Vereinheitlichung der Anforderungen an die Wasserdurchlässigkeit des Oberbaus von versickerungsfähigen Pflasterflächen wurden allerdings für eine Bemessungsregenspende von einheitlich 270 l/(s·ha) folgende Mindest-Durchlässigkeitsbeiwerte abgeleitet und im FGSV-Merkblatt für Versickerungsfähige Verkehrsflächen festgelegt:

- Alle Oberbauschichten
Klinkerpflasterdecke und Tragschichten:
 $k_f \geq 5 \cdot 10^{-5}$ m/s
 $k_i \geq 3 \cdot 10^{-5}$ m/s
- Untergrund/Unterbau:
 $k_f \geq 5 \cdot 10^{-5}$ m/s
 $k_i \geq 3 \cdot 10^{-5}$ m/s

Das Erreichen der erforderlichen Infiltrationsleistung des Untergrunds/Unterbaus und der Oberbauschichten sollte im Verlauf der Bauausführung durch Infiltrationsmessungen überwacht werden.

7.2.4 Untergrund/Unterbau und Tragschichten

Der Untergrund / Unterbau muss die bereits in Abs. 5.6.1 dargestellten Anforderungen erfüllen. Abweichend davon muss unter wasserdurchlässigen Pflasterbefestigungen der Untergrund / Unterbau einen Wasserdurchlässigkeitsbeiwert von $k_f \geq 5 \cdot 10^{-5}$ m/s bzw. einen Infiltrationsbeiwert von $k_i \geq 3 \cdot 10^{-5}$ m/s aufweisen. Um die notwendige Wasserabführung und die Reinigungswirkung im Boden zu erreichen, muss der wasserdurchlässige Untergrund mindestens eine Mächtigkeit von 1 m bis zum Erreichen des mittleren höchsten Grundwasserstandes aufweisen.

Tragschichten ohne Bindemittel sind als Unterlage für versickerungsfähige Pflasterdecken besonders geeignet, da sie konzeptionell grundsätzlich wasserdurchlässig sind. Ausgehend vom Planum kann entweder eine Frostschuttschicht und darüber eine Kies- oder eine Schottertragschicht angeordnet werden (Bauweisen nach Zeile 1 bzw. Zeile 2 der Tafel 3 der RStO). Aufgrund der besonderen Anforderungen an die Wasserdurchlässigkeit ($k_f \geq 5 \cdot 10^{-5}$ m/s) wird allerdings empfohlen, als Tragschicht nur korngestufte Kies- und Schottertragschichten gemäß Abs. 2.3 der TL SoB StB zu verwenden, die somit direkt auf dem Planum eingebaut werden (Zeile 3 der Tafel 3 der RStO), vgl. Abs. 5.5.1. Darüber hinaus müssen die Tragschichten die bereits in Abs. 5.6.2.1 aufgeführten Anforderungen erfüllen.

Zur Überprüfung der Infiltrationsleistung des Untergrunds/Unterbaus und der Tragschichten stehen eine Reihe von Infiltrometern gemäß TP Gestein-StB zur Verfügung:

- das Modifizierte Standrohr-Infiltrometer (TP Gestein-StB, Teil 8.3.2),
- das Tropf-Infiltrometer (TP Gestein-StB, Teil 8.3.3),
- das Doppelring-Infiltrometer (TP Gestein-StB, Teil 8.3.4)

Alternativ darf auch der im Merkblatt M VV beschriebene Schnelltest zur qualitativen Abschätzung der Infiltrationsleistung verwendet werden. Dazu wird ein Messring (z. B. KG-Rohr) mit 300 mm Innendurchmesser auf die zu prüfende Schichtoberfläche aufgesetzt und ringsum abgedichtet. Es wird die Zeit gemessen, die eine Wassermenge von 2 l benötigt, um innerhalb des Messrings (ohne flächenhaften Wasseraustritt) in die zu prüfende Schicht einzusickern. Bei einer Ausflusszeit von bis zu 6 Minuten kann die Infiltrationsleistung als ausreichend angesehen

werden. Eine Ausflusszeit von über 6 bis zu 10 Minuten macht eine Bestimmung des Infiltrationsbeiwertes mit einem der oben genannten Verfahren notwendig. Beträgt die Ausflusszeit über 10 Minuten, so kann die Infiltrationsleistung der zu prüfenden Schicht als nicht ausreichend betrachtet werden.

7.2.5 Pflasterdecke

Die Versickerungsleistung der Pflasterdecke wird maßgeblich von der Wasserdurchlässigkeit der Gesteinskörnung in den Fugen und Sickeröffnungen bestimmt, da nur hier das Oberflächenwasser in die Befestigung einsickern kann. Der geforderte Durchlässigkeitsbeiwert der Pflasterdecke von $k_f \geq 5 \cdot 10^{-5}$ m/s bzw. $k_i \geq 3 \cdot 10^{-5}$ m/s kann nur durch die Verwendung speziell versickerungsfähig konzipierter Gesteinskörnungen als Bettungs- und Fugenmaterial erreicht werden. Dabei handelt es sich um gebrochene Gesteinskörnungen 1/3, 2/4 oder 2/5. Es muss betont werden, dass für Versickerungsfähige Pflasterflächen die Wahl des Bettungs- und Fugenmaterials vordergründig unter dem Aspekt der Wasserdurchlässigkeit erfolgt. Da sich bei Verwendung dieser Gesteinskörnungen nur eine verminderte Stabilität der Pflasterdecke erzielen lässt, muss eine geringe Verformungsbeständigkeit Versickerungsfähiger Pflasterdecken hingenommen werden. Eine geringe Verbesserung der Verformungsbeständigkeit kann ggf. durch die Zugabe von ca. 10 M. % der Gesteinskörnung 0/2 zu dem o.g. Bettungs- und Fugenmaterial erreicht werden. Die Herstellung der Pflasterdecke erfolgt ansonsten wie bereits im Abs. 5.6.3 beschrieben.



Begrünbare Beläge mit Rasenlochklinker



Drainklinker – versickerungsfähige Klinkerpflastersysteme



Gut Opherdicke, Holzwickede, Deutschland



8 | Wiederverwendung und Recycling

8.1 Nachhaltigkeit

Der Pflasterklinker als nachhaltiges Bauprodukt zeichnet sich durch ein gutes Verhältnis des für die Herstellung des Bauproduktes benötigten Energie-, Wasser- und Rohstoffverbrauchs und der erwarteten Lebensdauer aus. Eine lange Nutzungsdauer bedeutet stets, dass natürliche Ressourcen für die Neuproduktion geschont werden.

8.2 Wiederverwendung

Aufgenommene und gesäuberte Pflasterklinker können nach Sichtprüfung wieder verwendet werden. Dabei ist aber zu beachten, dass die Restlebensdauer der wieder verlegten Pflasterklinker von der bisherigen Nutzung, den klimatischen Verhältnissen und von der fachgerechten Wiederverlegung abhängig ist.

8.3 Beseitigung der Klinkerpflasterdecke und Verwertung der Pflasterklinker

8.3.1 Sortenreiner Rückbau und Erfassung der Abfälle

Pflasterklinker (Abfallschlüssel 17 01 02) sind zum Beispiel mit einem Sieblöffel möglichst getrennt vom Bettungs- und Fugenmaterial aufzunehmen und einer Verwertung zuzuführen. Das heißt, vor dem Aufnehmen der Oberbauschichten der Pflasterdecke und Tragschicht sollte immer erst die Pflasterdecke aufgenommen und in einer gesonderten Mulde erfasst werden.

8.3.2 Störstoffe und Fremdanhaftungen

Der zulässige Anteil von Fremdanhaftungen, das sind Reste von Fugen- und Bettungsmörtel oder Störstoffen wie Holz oder Folien oder andere Annahmekriterien, ist zuvor mit dem Recyclingunternehmen abzuklären.

8.3.3 Verwertung

Der keramische Ziegelbruch wird in dafür spezialisierten und güteüberwachten Betrieben, u.a. für die Herstellung von Gesteinskörnungen für den Wege- und Sportplatzbau, für die Herstellung von Kultursubstraten für Dachbegrünungen, Baum- und Pflanzsubstraten sowie im Garten- und Landschaftsbau aufbereitet. Abfälle aus der thermischen Produktion (Brennbruch) können anteilig zur Aufbereitung und Zumischung als Rohstoffersatz für die Neuproduktion verwendet werden.



Herstellung rezyklierter Gesteinskörnungen zur Verwendung als Substrat im Vegetationsbau.

9 | Literatur

Normen, Technische Regeln und Wissensdokumente

DIN EN 1344	Pflasterziegel – Anforderungen und Prüfverfahren; Ausgabe Oktober 2015; Deutsche Fassung EN 1344:2013 + AC:2015; Deutsches Institut für Normung e.V. - DIN (Hrsg.); Berlin 2015
DIN 18503	Pflasterklinker – Anforderungen und Prüfverfahren, Ausgabe Dezember 2003; Deutsches Institut für Normung e.V. - DIN (Hrsg.); Berlin 2003
DIN 18299	VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Allgemeine Regelungen für Bauarbeiten jeder Art, Ausgabe September 2016; Deutsches Institut für Normung e.V. - DIN (Hrsg.); Berlin 2016
DIN 18300	VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Erdarbeiten, Ausgabe September 2016; Deutsches Institut für Normung e.V. - DIN (Hrsg.); Berlin 2016
DIN 18315	VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Verkehrswegebauarbeiten, Oberbauschichten ohne Bindemittel, Ausgabe September 2016; Deutsches Institut für Normung e.V. - DIN (Hrsg.); Berlin 2016
DIN 18316	VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Verkehrswegebauarbeiten, Oberbauschichten mit hydraulischen Bindemitteln, Ausgabe September 2016; Deutsches Institut für Normung e.V. - DIN (Hrsg.); Berlin 2016
DIN 18317	VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Verkehrswegebauarbeiten, Oberbauschichten aus Asphalt, Ausgabe September 2016; Deutsches Institut für Normung e.V. - DIN (Hrsg.); Berlin 2016
DIN 18318	VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Verkehrswegebauarbeiten – Pflasterdecken und Plattenbeläge in ungebundener Ausführung, Einfassungen, Ausgabe September 2016; Deutsches Institut für Normung e.V. - DIN (Hrsg.); Berlin 2016
DIN 18125-2	Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Bestimmung der Dichte des Bodens, Teil 2: Feldversuche, Ausgabe März 2011; Deutsches Institut für Normung e.V. - DIN (Hrsg.); Berlin 2011
DIN 18127	Baugrund; Versuche und Versuchsgeräte, Proctorversuch, Ausgabe September 2012; Deutsches Institut für Normung e.V. - DIN (Hrsg.); Berlin 2012
DIN 18130-1	Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes, Teil 1: Laborversuche, Ausgabe Mai 1998; Deutsches Institut für Normung e.V. - DIN (Hrsg.); Berlin 1998
DIN 18134	Baugrund, Versuche und Versuchsgeräte, Plattendruckversuch, Ausgabe April 2012; Deutsches Institut für Normung e.V. - DIN (Hrsg.); Berlin 2012
DIN 18196	Erd- und Grundbau, Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke, Ausgabe Mai 2011; Deutsches Institut für Normung e.V. - DIN (Hrsg.); Berlin 2011
DIN CEN/TS 15209	Taktile Bodenindikatoren gefertigt aus Beton, Ton und Stein, Ausgabe August 2008, Deutsches Institut für Normung e.V. - DIN (Hrsg.); Berlin 2008
DIN CEN/TS 16165	Bestimmung des Gleitwiderstandes von Fußgängerbereichen – Ermittlungsverfahren, Ausgabe Dezember 2016, Deutsches Institut für Normung e.V. - DIN (Hrsg.); Berlin 2016

Technisches Regelwerk und Wissensdokumente

(herausgegeben von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln)

	Arbeitspapier - Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen in gebundener Ausführung; Ausgabe 2007, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen - FGSV (Hrsg.); Köln 2007
EAR	Empfehlungen für Anlagen des ruhenden Verkehrs, Ausgabe 2005; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen - FGSV (Hrsg.); Köln 2005
EAÖ	Empfehlungen für Anlagen des öffentlichen Personennahverkehrs, Ausgabe 2013; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen - FGSV (Hrsg.); Köln 2013
EFA	Empfehlungen für Fußgängerverkehrsanlagen, Ausgabe 2002; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen - FGSV (Hrsg.); Köln 2002
ERA	Empfehlungen für Radverkehrsanlagen, Ausgabe 2010; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen - FGSV (Hrsg.); Köln 2010
ESG	Empfehlungen zur Straßenraumgestaltung innerhalb bebauter Gebiete, Ausgabe 2011; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen - FGSV (Hrsg.); Köln 2011
H BVA	Hinweise für barrierefreie Verkehrsanlagen, Ausgabe 2011; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen - FGSV (Hrsg.); Köln 2011
	Merkblatt für die Herstellung von Trag- und Deckschichten ohne Bindemittel, Ausgabe 1995; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen - FGSV (Hrsg.); Köln 1995
	Merkblatt für die Verdichtung des Untergrundes und Unterbaues im Straßenbau, Ausgabe 2003; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen - FGSV (Hrsg.); Köln 2003.
M BEP	Merkblatt für die Bauliche Erhaltung von Verkehrsflächen mit Pflasterdecken oder Plattenbelägen in ungebundener Ausführung sowie von Einfassungen, Ausgabe 2016; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen - FGSV (Hrsg.); Köln 2016
M FG	Merkblatt für Flächenbefestigungen mit Großformaten, Ausgabe 2013; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen - FGSV (Hrsg.); Köln 2013
M DBT	Merkblatt für Dränbetontragschichten, Ausgabe 2013; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen - FGSV (Hrsg.); Köln 2013
M FP	Merkblatt für Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen in ungebundener Ausführung sowie für Einfassungen, Ausgabe 2015; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen - FGSV (Hrsg.); Köln 2015
MVV	Merkblatt für Versickerungsfähige Verkehrsflächen; Ausgabe 2013; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen - FGSV (Hrsg.); Köln 2013
	Merkblatt über den Rutschwiderstand von Pflaster und Plattenbelägen für den Fußgängerverkehr, Ausgabe 1997 - FGSV (Hrsg.); Köln 1997
RAS-Ew	Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil Entwässerung, Ausgabe 2005; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen - FGSV (Hrsg.); Köln 2005
RAL	Richtlinien für die Anlage von Landstraßen, Ausgabe 2012; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen FGSV (Hrsg.); Köln 2012

RASt 06	Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen, Ausgabe 2006; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen - FGSV (Hrsg.); Köln 2006
RStO 12	Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, Ausgabe 2012; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen - FGSV (Hrsg.); Köln 2012
RLW Teil 1	Richtlinien für den ländlichen Wegebau - Teil 1: Richtlinien für die Anlage und Dimensionierung ländlicher Wege; Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. DWA.; Hennef, 2016
RuA-StB 01	Richtlinien für die umweltverträgliche Anwendung von industriellen Nebenprodukten und Recycling-Baustoffen im Straßenbau, Ausgabe 2001; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen - FGSV (Hrsg.); Köln 2001
TL BuB E-StB 09	Technische Lieferbedingungen für Böden und Baustoffe im Erdbau des Straßenbaus, Ausgabe 2009; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen - FGSV (Hrsg.); Köln 2009
TL Pflaster-StB 06/15	Technische Lieferbedingungen für Bauprodukte zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen, Ausgabe 2006, Fassung 2015; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen - FGSV (Hrsg.); Köln 2015
TL SoB-StB 04	Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau, Ausgabe 2004, Fassung 2007; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen - FGSV (Hrsg.); Köln 2007
TL Ge-stein-StB 04	Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau, Ausgabe 2004, Fassung 2007; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen - FGSV (Hrsg.); Köln 2007
TL LW 16	Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen, Baustoffe, Baustoffgemische und Bauprodukte für den Bau Ländlicher Wege; Ausgabe 2016; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen - FGSV (Hrsg.); Köln 2016
TP BF-StB Teil B 8.3	Technische Prüfvorschriften für Boden und Fels im Straßenbau Teil B 8.3: Dynamischer Plattendruckversuch mit Leichtem Fallgewicht, Ausgabe 2012; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen - FGSV (Hrsg.); Köln 2016
TP Eben-StB	Technische Prüfvorschrift für Ebenheitsmessungen auf Fahrbahnoberflächen in Längs- und Querrichtung, Ausgabe 2007; Teil Berührende Messungen (TP Eben - Berührende Messungen); Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen - FGSV (Hrsg.); Köln 2007
ZTV A-StB 12	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen, Ausgabe 2012; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen - FGSV (Hrsg.); Köln 2012
ZTV Ew-StB 14	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Entwässerungseinrichtungen im Straßenbau, Ausgabe 2014, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen - FGSV (Hrsg.); Köln 2014
ZTV SoB-StB 04	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau, Ausgabe 2004, Fassung 2007; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen - FGSV (Hrsg.); Köln 2007
ZTV E-StB 17	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Ausgabe 2009; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen - FGSV (Hrsg.); Köln 2017
ZTV Pflaster-StB 06	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen, Ausgabe 2006; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen - FGSV (Hrsg.); Köln 2006
ZTV Wegebau	ZTV-Wegebau – Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen für den Bau von Wegen und Plätzen außerhalb von Flächen des Straßenverkehrs. Ausgabe 2013; Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL); Bonn 2013
ZTV LW 16	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau Ländlicher Wege; Ausgabe 2016; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen - FGSV (Hrsg.); Köln 2016

Fachliteratur

[1] Jungfeld, I.; Krass, K.; Rohleder, M.: Tragverhalten von Decken aus Klinkerpflaster; in: Straße und Autobahn 53 (2002), Heft 5, S. 241-247

[2] Gleitz, T.; Roßberg, K.; Wellner, F.: Dynamische Belastungsversuche an Pflasterkonstruktionen, Forschungsbericht; Schriftenreihe des Lehrstuhls Straßenbau der Technischen Universität Dresden, Fachbereich Bauingenieurwesen, Heft 2; Dresden, 1995

[3] Köhler, M.; Ulonska, D.: Schadensvermeidung bei Pflasterbefestigungen - Aufeinander abgestimmte Gesteinskörnungen für Bettung und Fugen; in: Betonwerk und Fertigteil-Technik 74 (2008), Heft 9, S. 16 - 27

[4] Rohleder, M.: Horizontale Verschiebungen in Pflasterdecken und deren Visualisierung; Schriftenreihe des Instituts für Straßenwesen und Eisenbahnbau der Ruhr-Universität Bochum, Heft 15; Bochum, 2002

[5] Krass, K.; Jungfeld, I.; Rohleder, M.: Ermittlung eines Bewertungshintergrundes für den horizontalen Verschiebungswiderstand von Pflasterdecken; Schlussbericht zum AIF-Forschungsprojekt 12126 N; Ruhr-Universität Bochum, Institut für Straßenwesen und Eisenbahnbau; 2002

[6] Borgwardt, S.; Gerlach, A.; Köhler, M.: Versickerungsfähige Verkehrsflächen - Anforderungen, Einsatz und Bemessung -; Springer-Verlag; Berlin, Heidelberg, 2000

[7] Lerch, T. Untersuchungen zum Verformungsverhalten von Betonpflasterkonstruktionen unter praxisrelevanter Belastung; Technische Universität Dresden, Fakultät Bauingenieurwesen, Schriftenreihe Professur für Straßenbau, Heft 15; 2006



Abbildungsverzeichnis

ABC-KLINKERGRUPPE:

Titelseite rechts (Charleroi, Belgien),
Seite 2 (Dantes, Kopenhagen),
Seite 4 (Brunnenanlage, Odense),
Seite 9 oben (Stadthaus, Groningen),
Seite 11 (Strandpromenade, Wenduine),
Seite 12 (Marktplatz Meppen),
Seite 21 (Charleroi),
Seite 33 rechts (Strandpromenade, Wenduine),
Seite 81 (Marktplatz Groningen)

AKA KLINKER:

Titelseite Mitte (Strandpromenade, Belgien),
Seite 10 (Haltestelle, Köln und Stadtpark, La Rioja),
Seite 26 rechts (Tunnelofenwagenbesatz),
Seite 28 und 29 (Uferpromenade, Bilbao),
Seite 59 (Segmentbogenpflaster),
Seite 69 (Begrünbare Beläge mit Rasenlochklinker)

Arbeitsgemeinschaft Pflasterklinker e.V.:

Seite 9 (Antike Pflasterklinker),
Seite 12 (zwei Detailabbildungen, Fugenmörtel und begrünte Fuge),
Seite 24 (Rohstoffgewinnung),
Seite 44 (Plattendruckversuch),
Seite 52 (Abziehen der Oberfläche),
Seite 70 (rezyklierte Gesteinskörnungen)

Bockhorner Klinkerziegelei Uhlhorn GmbH & Co. KG:

Seite 23 (Anpassen von Pflasterklinker)

Girnglhuber GmbH (GIMA):

Seite 16 (Hochkant Fischgrätverband),
Seite 33 (Langformat), Foto: H. E. Schuster
Seite 87 (Winter, Privathaus), Foto: Prof. Ludwig Schegk
Seite 93 (Taktile Bodenindikatoren)

Hagemeister GmbH & Co.KG:

Titelseite links (Bundesfinanzschule),
Seite 10 unten (Barockgarten, Münster),
Seite 33 unten (Maschinenverlegung),
Seite 36 (Kastruplundga, Kopenhagen),
Seite 69 unten (Gut Opherdicke, Holzwickede),
Seite 84 (Carlsberg Quatier, Kopenhagen-Valby),

Seite 94 (Odensé, Gronnegade, Seite 95 (Baumscheibe),
Seite 96 (Entwässerungsrinne), Seite 97 (Mosaikklinker),
Seite 98 (Carlsberg Quatier, Kopenhagen-Valby)

Kerawil Tonwerk Wilhelmshöhe GmbH:

Seite 13 rechts (Fußgängerzone, Le Touquet),
Seite 26 (Harfenabschneider),
Seite 74 (Hemmelsdorfer See, Timmendorfer Strand)

Berthold Lorig:

Seite 24 (Rohstoffgewinnung)

Martin Köhler:

Seite 8 (Portrait),
Seite 57 (Verlegung, Abrütteln)

Olfry Ziegelwerke GmbH & Co. KG:

Seite 14 (Karolingische Torhalle, Lorsch),
Seite 23 unten (Parkweg mit Pflasterklinker, Lorsch)
Fotos: Studio Hanns Joosten Fotostudio,
Am Spreebord 5, 10589 Berlin

Photowerkstatt Esser Baus, Köln:

Seite 8 (Portrait Dieter Rosen)

Wienerberger GmbH:

Seite 25 (Kollergang), Seite 27 (Gebrannte Pflasterklinker),
Seite 43 (Begrünbare Beläge mit Rasenlochklinker),
Seite 53 (Handverlegung), Seite 69 Mitte (Drainklinker)

Ziegelwerk Schüring GmbH & Co. KG, Oliver Heissner:

Seite 13 (Elbphilharmonie, Hamburg)

Dimensionierung des Oberbaus

Die Dimensionierung von Verkehrsflächenbefestigungen mit Pflasterdecke erfolgt prinzipiell gemäß der „Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO)“. Das stufenweise Vorgehen bei der Oberbaudimensionierung ist nachfolgend erläutert:

**Stufe 1: Ermittlung der Belastungsklasse
Berechnung der dimensionierungsrelevanten Beanspruchung**

In den RStO werden, je nach Verkehrsmenge der Fahrzeugarten des Schwerverkehrs, sieben Belastungsklassen (Bk100 bis Bk0,3) unterschieden. Für Fahrbahnen wird zur Ermittlung der Belastungsklasse die dimensionierungsrelevante Beanspruchung B berechnet. Die dimensionierungsrelevante Beanspruchung B entspricht der Anzahl der gewichteten äquivalenten 10 t-Achsübergänge im vorgesehenen Nutzungszeitraum.

Die dimensionierungsrelevante Beanspruchung B kann gemäß den RStO nach zwei Methoden berechnet werden:

- Methode 1
wenn nur Angaben zur durchschnittlichen täglichen Verkehrsmenge des Schwerverkehrs DTV(SV) vorliegen,
- Methode 2
wenn detaillierte Achslastdaten vorliegen.

Da in aller Regel keine Achslastdaten aus Achslastwägungen oder Achslastabschätzungen vorliegen, sei hier nur die Methode 1 beschrieben. Sie sieht die Berechnung der dimensionierungsrelevanten Beanspruchung B nach folgender Gleichung vor:

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

mit

$$DTA_{i-1}^{(SV)} = DTV_{i-1}^{(SV)} \cdot f_A$$

- B** Äquivalente 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 A 1.2), der die straßenklassenspezifische mittlere Beanspruchung der jeweiligen tatsächlichen Achsübergänge ausdrückt (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 A 1-5)
- 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]
- f_{Ai-1}** Durchschnittliche Achszahl pro Fahrzeug des Schwerverkehrs (Achszahlfaktor) im Nutzungsjahr i-1 [A/Fz] (siehe Tabelle A1.1)
- f_{1i}** Fahrstreifenfaktor im Nutzungsjahr i (siehe Tabelle A 1.3)
- f_{2i}** Fahrstreifenbreitenfaktor im Nutzungsjahr i (siehe Tabelle A 1.4)
- p_i** Mittlere jährliche Zunahme des Schwerverkehrs im Nutzungsjahr i (siehe Tabelle A 1.6).

Ist abzusehen, dass sich im geplanten Nutzungszeitraum keine Änderung an der Verkehrsflächenbefestigung (keine zusätzlichen Fahrstreifen, keine Veränderungen der Fahrbahnbreiten usw.) ergeben, so sind die Faktoren f₁, f₂, f₃, f_A, und q_{Bm} konstant. Es kann dann die o.g. Gleichung vereinfacht werden. Die Berechnung kann dann für den Betrachtungszeitraum mit jeweils konstanten Werten für f₁, f₂, f₃, f_A, q_{Bm} und f_z erfolgen. Die Gleichung vereinfacht sich für den Betrachtungszeitraum (N > 1) zu:

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

mit

$$DTA^{(SV)} = DTV^{(SV)} \cdot f_A$$

$$f_z = \frac{(1 + p)^N - 1}{p \cdot N}$$

- p** Mittlere jährliche Zunahme des Schwerverkehrs (siehe Tabelle A 1.6).
- f_z** Mittlerer jährlicher Zuwachsfaktor des Schwerverkehrs (siehe Tabelle A 1.7)

Straßenklasse	Faktor f _A
Bundesautobahnen oder kommunale Straßen mit SV-Anteil > 6 %	4,5
Bundesstraßen oder kommunale Straßen mit SV-Anteil > 3 % und ≤ 6 %	4,0
Landes- und Kreisstraßen oder kommunale Straßen mit SV-Anteil ≤ 3 %	3,3

Tabelle A1-1: Achszahlfaktor f_A nach den RStO 12

Zahl der Fahrstreifen im Querschnitt oder Fahrtrichtung	Faktor f ₁ bei Erfassung des DTV ^(SV)	
	in beiden Fahrtrichtungen	für jede Fahrtrichtung getrennt
1	–	1,00
2	0,50	0,90
3	0,50	0,80
4	0,45	0,80
5	0,45	0,80
6 und mehr	0,40	–

Tabelle A1-3: Fahrstreifenfaktor f₁ zur Ermittlung des DTV^(SV) nach den RStO 12

Höchstlängsneigung [%]	Faktor f ₃
unter 2	1,00
2 bis unter 4	1,02
4 bis unter 5	1,05
5 bis unter 6	1,09
6 bis unter 7	1,14
7 bis unter 8	1,20
8 bis unter 9	1,27
9 bis unter 10	1,35
10 und mehr	1,45

Tabelle A1-5: Steigungsfaktor f₃ nach den RStO 12

N [a]	Mittlere jährliche Zunahme des Schwerverkehrs p		
	0,01	0,02	0,03
5	1,020	1,041	1,062
10	1,046	1,095	1,146
15	1,073	1,153	1,240
20	1,101	1,215	1,344
25	1,130	1,281	1,458
30	1,159	1,352	1,586

Tabelle A1-7: Mittlerer jährlicher Zuwachsfaktor des Schwerverkehrs f_z nach den RStO 12

Straßenklasse	Quotient q _{Bm}
Bundesautobahnen oder kommunale Straßen mit SV-Anteil > 6 %	0,33
Bundesstraßen oder kommunale Straßen mit SV-Anteil > 3 % und ≤ 6 %	0,25
Landes- und Kreisstraßen oder kommunale Straßen mit SV-Anteil ≤ 3 %	0,23

Tabelle A1-2: Lastkollektivquotient q_{Bm} nach den RStO 12

Fahrstreifenbreite [m]	Faktor f ₂
unter 2,50	2,00
2,50 bis unter 2,75	1,80
2,75 bis unter 3,25	1,40
3,25 bis unter 3,75	1,10
3,75 und mehr	1,00

Tabelle A1-4: Fahrstreifenbreitenfaktor f₂ nach den RStO 12

Straßenklasse	p ^(*)
Bundesautobahnen	0,03
Bundesstraßen	0,02
Landes- und Kreisstraßen	0,01

^{*)} Bei der Ermittlung der Verkehrsbelastung des zu dimensionierenden Fahrstreifens ist dessen Kapazität zu beachten.

Tabelle A1-6: Mittlere jährliche Zunahme des Schwerverkehrs p^(*) nach den RStO 12

Die dimensionierungsrelevante Beanspruchung B entspricht damit der Gesamtanzahl der gewichteten äquivalenten 10 t-Achsübergänge im vorgesehenen Nutzungszeitraum. Daraus ergibt sich die Ableitung der Belastungskategorie gemäß Tabelle A1-8.

Dimensionierungsrelevante Beanspruchung B Äquivalente 10 t-Achsübergänge in Mio.	Belastungs- klasse
über 32 ¹⁾	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

¹⁾ Bei einer dimensionierungsrelevanten Beanspruchung größer 100 Mio. sollte der Oberbau mit Hilfe der RDO dimensioniert werden.

Tabelle A1-8: Dimensionierungsrelevante Beanspruchung B und zugeordnete Belastungskategorie nach den RStO 12

Zuordnung der Belastungskategorie anhand der typischen Entwurfsituation nach RAST

In Ausnahmefällen, sofern sich die dimensionierungsrelevante Beanspruchung nicht ermitteln lässt, darf für Innerortsstraßen die Belastungskategorie anhand der typischen Entwurfsituation nach den RAST zugeordnet werden (Tabelle A1-9). Für Busverkehrsflächen, Neben- und Rastanlagen und Abstellflächen erfolgt eine tabellarische Zuordnung der Belastungskategorie (Tabellen A1-10 bis A1-12).

Typische Entwurfsituation	Straßen- kategorie	Belastungs- klasse
Anbaufreie Straße	VS II, VS III	Bk10 bis Bk100
Verbindungsstraße	HS III, HS IV	Bk3,2 / 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 / 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 / Bk1,0
Wohnweg	ES V	Bk0,3

Tabelle A1-9: Mögliche Belastungskategorien für die typischen Entwurfsituationen nach den RAST 06

Verkehrsbelastung	Belastungskategorie
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 Belastungskategorie gewählt werden.

Tabelle A1-10: Belastung von Busverkehrsflächen und zugeordnete Belastungskategorie nach den RStO 12

Verkehrsart	Belastungskategorie
Schwerverkehr	Bk3,2 bis Bk10
Pkw-Verkehr einschließlich geringem Schwerverkehrsanteil	Bk0,3 bis Bk1,8

Tabelle A1-11: Verkehrsflächen in Neben- und Rastanlagen und zugeordnete Belastungskategorie nach den RStO 12

Verkehrsart	Belastungskategorie
Schwerverkehr	Bk3,2 bis Bk10
Nicht ständig vom Schwerverkehr genutzte Flächen	Bk1,0 / Bk1,8
Pkw-Verkehr (Befahren durch Fahrzeuge des Unterhaltungsdienstes möglich)	Bk0,3

Tabelle A1-12: Abstellflächen und zugeordnete Belastungskategorie nach den RStO 12

Stufe 2: Ermittlung der Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus

Die Dicke des frostsicheren Schichtenaufbaus der Verkehrsflächenbefestigung ist so festzulegen, dass auch während der Frost- und Auftauperioden keine schädlichen Verformungen entstehen. Die erforderliche Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus berechnet sich in Abhängigkeit von

- der Frostempfindlichkeitsklasse des Bodens gemäß den ZTV E-StB (siehe Anhang 2),
- den örtlichen klimatischen Bedingungen, u. a. der Frosteinwirkungszone,
- den örtlichen Verhältnissen (bautechnischen Randbedingungen), welche die Frosteinwirkung beeinflussen (siehe Tab. A1-14) sowie
- der zuvor ermittelten Belastungskategorie.

Die in den DIN 18196 genormten Böden sind hinsichtlich ihrer Frostempfindlichkeit in den ZTV E-StB in die Frostempfindlichkeitsklassen F1 (frostsicher), F2 (frostepfindlich) und F3 (sehr frostepfindlich) eingeteilt.

2a) Dicke des Oberbaues bei nicht frostsicherem Untergrund / Unterbau

Für F2- und F3-Böden ergibt sich die Mindestdicke des

frostsicheren Oberbaues durch Addition des Ausgangswertes (Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaues (Tab. A1-13)) und der Werte infolge örtlicher Verhältnisse. Liegen keine besonderen Erfahrungen oder Einzeluntersuchungen vor, kann die Mehr- oder Minderdicke aus den Einzelwerten für die verschiedenen Kriterien gemäß Tabelle A1-14 wie folgt bestimmt werden:

$$\text{Mehr- oder Minderdicke} = A + B + C + D + E$$

Zur Bestimmung der Frosteinwirkungszone steht eine detaillierte Karte der Bundesrepublik Deutschland zur Verfügung. Damit lässt sich für jeden Ort in Deutschland anhand der Geo-Koordinaten die Frosteinwirkungszone bestimmen. Sie steht sowohl bei der Bundesanstalt für Straßenwesen (www.bast.de) als auch bei der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (www.fgsv.de) zum Download zur Verfügung.

Frostempfindlichkeitsklasse	Dicke [cm] bei Belastungskategorie		
	Bk100 bis Bk10	Bk3,2 bis Bk1,0	Bk0,3
F2	55	50	40
F3	65	60	50

Tabelle A1-13: Ausgangswerte für die Bestimmung der Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaues nach den RStO 12

Örtliche Verhältnisse ¹⁾		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	Kein Grund- und Schichtenwasser bis in eine Tiefe von 1,5 m unter Planum			± 0 cm		
	Kein Grund- oder Schichtenwasser dauernd oder zeitweise höher als 1,5 m unter Planum			+ 5 cm		
Lage der Gradienten	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

Tabelle A1-14: Mehr- oder Minderdicken infolge örtlicher Verhältnisse nach den RStO 12

Für Rad- und Gehwege ist bei Böden der Frostempfindlichkeitsklassen F2 und F3 eine Mindestdicke des frostsicheren Oberbaues von 30 cm ausreichend. Ungünstige klimatische Bedingungen und Wasserverhältnisse sind auf die Gesamtdicke des Gehweg- /Radwegoberbaues anzurechnen. Hierfür sollten örtliche Erfahrungen berücksichtigt werden.

Die Befestigungsdicke von Überfahrten für Kraftfahrzeuge (z. B. 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.

Auch für befestigte private Flächen, die nicht von Kraftfahrzeugen befahren werden, wie z.B. Wege und Terrassen, kann nach den RStO eine Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus von 30 cm vorgesehen werden, um Gefrier- und Auftauschäden oder Setzungen infolge statischer Lasten (z.B. Pflanzkübel, feste Gartengrills ...) zu vermeiden.

2b) Dicke des Oberbaues bei frostsicherem Untergrund / Unterbau

Besteht der Untergrund / Unterbau aus einem frostsicheren Boden (F1-Boden), sind keine Frostschutzmaßnahmen notwendig. Die Dicke der anstelle der Frostschutzschicht zu verwendenden Tragschicht ergibt sich aufgrund von Tragfähigkeitsanforderungen.

■ Erfüllt der F1-Boden gleichzeitig alle Anforderungen an Frostschutzschichten bezüglich des Verdichtungsgrades D_{pr} und des Verformungsmoduls E_{v2} und weist der F1-Boden mindestens die Dicke auf, die für die Frostschutzschicht auf einem Boden der Frostempfindlichkeitsklasse F2 oder F3 erforderlich wäre, kann die Frostschutzschicht entfallen. Die übrigen Schichten werden direkt auf dem Untergrund / Unterbau angeordnet. Ihre Reihenfolge und Schichtdicke ergibt sich für die gewählte Bauweise aus Tafel 3 der RStO.

■ Erfüllt der F1-Boden die Anforderungen an Frostschutzschichten ausgenommen der Tragfähigkeitsforderung, ist anstelle der Frostschutzschicht eine zusätzliche Tragschicht erforderlich. Ihre Dicke wird anhand des auf dem Planum (Oberfläche des F1-Bodens) vorhandenen

Verformungsmoduls E_{v2} und der Anforderung auf der sonst notwendigen Frostschutzschicht bemessen. Anhaltswerte können Tabelle A1-15 entnommen werden.

Nach der Ermittlung, ob und in welcher Dicke eine Frostschutzschicht notwendig wird, kann für die jeweilige Bauweise die Dicke der übrigen Schichten aus Tafel 3 der RStO abgelesen werden. Als Summe der Schichtdicken ergibt sich die Oberbaudicke.

Für Rad- und Gehwege sind bei Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F1 keine Frostschutzmaßnahmen erforderlich. Es ist jedoch eine Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 80$ MPa auf der Unterlage der Pflasterdecke sicherzustellen.

Stufe 3: Wahl der Bauweise

Die Bauweisen mit Pflasterdecke für Fahrbahnen sind in Tafel 3 der RStO zusammengestellt (Tabelle A1-16). Bauweisen mit Klinkerpflaster für Fahrbahnen können für die Belastungsklassen Bk3,2, Bk1,8, Bk1,0 und Bk0,3 verwendet werden. Jede Zeile innerhalb der Tabelle A1-16 repräsentiert eine Bauweise.

Die Auswahl der für die jeweilige Baumaßnahme technisch und wirtschaftlich günstigsten Bauweise kann nach folgenden Gesichtspunkten erfolgen:

- örtlich verfügbare Baustoffe,
- regionale Erfahrungen,
- Leistungsfähigkeit der in Frage kommenden Bauunternehmen,
- zu erwartende Beanspruchung.

E_{v2} -Wert [MPa] auf Oberfläche ToB	≥ 80	≥ 100	≥ 120	≥ 150	≥ 100	≥ 120	≥ 150	≥ 120	≥ 150	≥ 180	≥ 150	≥ 180
Art des Tragschichtmaterials:	↑				↑				↑			↑
Schottertragschicht [cm]	15*	15*	25	35**	–	20	25	15*	20	30	15*	20
Kiestragschicht [cm]	15*	15*	30	50**	–	25	35	20	30		20	
Frostschutzschicht [cm] aus überwiegend gebrochenem Material	15*	20	30		15*	25						
Frostschutzschicht [cm] aus überwiegend ungebrochenem Material	20	25	35		–	–						
	↑				↑			↑			↑	
E_{v2} -Wert [MPa]	45				80			100			120	
Unterlage	Planum						Frostschutzschicht					

■ nicht mögliche Kombination – nicht gebräuchliche Kombination 15* technologische Mindestdicke 0/45 ** bei örtlicher Bewährung auch geringere Dicke möglich

Tabelle A1-15: Anhaltswerte für die aus Tragfähigkeitsgründen erforderlichen Schichtdicken von Tragschichten ohne Bindemittel (ToB) gemäß den RStO 12 in Abhängigkeit von den E_{v2} -Werten der Unterlage sowie von der Tragschichtart (Dicken in [cm])



Marktplatz, Chojnice, Polen und Groningen, Niederlande

Stufe 5: Mindestwerte der Tragfähigkeit auf den Schichten ohne Bindemittel

Für das Planum und die einzelnen Tragschichten ohne Bindemittel sind in den Tabellen A1-16 und A1-17 Mindest-Tragfähigkeitswerte (Verformungsmodul E_{v2} in MPa) angegeben. Hierbei handelt es sich um Empfehlungen. Für die Bauausführung gelten die Anforderungen gemäß den ZTV E-StB, den ZTV SoB-StB und den ZTV Pflaster-StB.

Sind die ZTV SoB-StB Bestandteil des Bauvertrages, muss auf Schottertragschichten mit einer Dicke von mindestens 20 cm und auf Kiestragschichten ab einer Dicke von mindestens 25 cm (sofern sich darunter eine Frostschutzschicht mit $E_{v2} \geq 120$ MPa befindet) ein Verformungsmodul E_{v2} von ≥ 180 MPa erreicht werden (vgl. ZTV SoB-StB, Abs. 2.3.4.2). Dies gilt unabhängig von den Empfehlungen der RStO 12. Es ist jedoch zwingend darauf zu achten, dass die erforderliche Wasserdurchlässigkeit nicht durch eine zu starke Verdichtung gefährdet wird. Daher wird zunächst ein Probeeinbau im Baustellenmaßstab empfohlen. Werden die geforderten E_{v2} -Werte nicht erreicht, so sind andere, besser geeignete Gesteinskörnungsgemische für die Schotter- oder Kiestragschicht zu verwenden.



Carlsberg Quatier, Kopenhagen-Valby, Dänemark

Bodenklassifikation (DIN 18196)

Tabelle A2-1a:
Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke DIN 18196, Ausgabe 05/2011 - (1. Teil)
(rechts)

Tabelle A2-1b:
Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke DIN 18196, Ausgabe 05/2011 - (2. Teil)
(rechts unten)

Sp	1	2	3	4	5	Definition und Benennung			7	8			9														
						Zelle	Hauptgruppen	KorngrößenMassenanteil		Korn-durchmesser	Lage zur A-Linie (siehe Bild 1)	Gruppen	Kurzzeichen Gruppensymbol	Erkennungsmerkmale (u.a. für Zeilen 15 bis 22)			Beispiele	Anmerkungen*					Bautechnische Eignung als				
														Trockenfestigkeit	Reaktion beim Schüttelversuch	Plastizität beim Knetversuch		Sicherfestigkeit	Verdichtungsfähigkeit	Zusammendrückbarkeit	Durchlässigkeit	Erosionsempfindlichkeit	Frostempfindlichkeit	Baugrund für Gründungen	Erdbauarbeiten	Strassen- und Bahndämme	Dichtungen
1	graubraune Böden	kleiner 5 %	bis 60 %	-	Kies (Granit)	eng gestufte Kiese	GE	stetige Körnungslinie infolge Vorherrschens eines Korngrößenbereichs	Fluss- und Strandkies	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+					
2						weit gestufte Kies-Sand-Gemische	GW	über mehrere Korngrößenbereiche kontinuierlich verlaufende Körnungslinie	Terrassen-schotter	++	++	++	-	+	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++		
3						intermittierend gestufte Kies-Sand-Gemische	GI	meist treppenförmig verlaufende Körnungslinie infolge Fehlens eines oder mehrerer Korngrößenbereiche	vulkanische Schläcken	++	+	++	-	0	++	++	+	++	++	++	++	++	++	++	++	++	
4						über 60 %	-	Sand	eng gestufte Sande	SE	stetige Körnungslinie infolge Vorherrschens eines Korngrößenbereichs	Dünen- und Flugsand Fließsand Berliner Sand Beckenand Tertiärsand	+	+	++	-	-	++	+	-	+	-	+	-	0	+	
5									weit gestufte Sand-Kies-Gemische	SW	über mehrere Korngrößenbereiche kontinuierlich verlaufende Körnungslinie	Moränenand Terrassenand	++	++	++	-	0	++	++	+	+	-	+	+	+	+	+
6									intermittierend gestufte Sand-Kies-Gemische	SI	meist treppenförmig verlaufende Körnungslinie infolge Fehlens eines oder mehrerer Korngrößenbereiche	Granitgrus	+	+	++	-	0	++	++	0	+	-	+	-	+	+	+

Tabelle A2-1a: Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke - DIN 18196, Ausgabe 05/2011 - (1. Teil)

Sp	1	2	3	4	5	Definition und Benennung			7	8			9														
						Zelle	Hauptgruppen	KorngrößenMassenanteil		Korn-durchmesser	Lage zur A-Linie (siehe Bild 1)	Gruppen	Kurzzeichen Gruppensymbol	Erkennungsmerkmale (u.a. für Zeilen 15 bis 22)			Beispiele	Anmerkungen*					Bautechnische Eignung als				
														Trockenfestigkeit	Reaktion beim Schüttelversuch	Plastizität beim Knetversuch		Sicherfestigkeit	Verdichtungsfähigkeit	Zusammendrückbarkeit	Durchlässigkeit	Erosionsempfindlichkeit	Frostempfindlichkeit	Baugrund für Gründungen	Erdbauarbeiten	Strassen- und Bahndämme	Dichtungen
7	gemischtschluffige Böden	5 % bis 40 %	bis 60 %	-	Kies-Schluff-Gemische	5 % bis 15 %	$\leq 0,063$ mm	GU	weit oder intermittierend gestufte Körnungslinie	Moränenkies	++	+	++	0	+	0	++	++	+	-	+	-					
8						über 15 % bis 40 %	$\leq 0,063$ mm	GU*	Feinkornanteil ist schluffig	Verwitterungskies	+	+	+	+	-	-	+	+	0	+	0	+	-				
9						5 % bis 15 %	$\leq 0,063$ mm	GT	weit oder intermittierend gestufte Körnungslinie	Hangschutt	+	+	+	+	0	0	++	++	+	0	+	0	+	-			
10									Feinkornanteil ist tonig	Geschlebelehm	+	0	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-		
11						über 60 %	-	-	Sand-Schluff-Gemische	5 % bis 15 %	$\leq 0,063$ mm	SU	weit oder intermittierend gestufte Körnungslinie	Tertiärsand	++	+	+	0	0	0	++	0	+	0	0	-	
12										über 15 % bis 40 %	$\leq 0,063$ mm	SU*	Feinkornanteil ist schluffig	Auelehm Sanddöss	+	0	+	+	-	-	0	0	0	+	+	+	-
13	5 % bis 15 %	$\leq 0,063$ mm	ST	weit oder intermittierend gestufte Körnungslinie	Terrassenand Schlechtsand					+	+	+	+	0	0	-	+	+	+	0	0	-					
14				Feinkornanteil ist tonig	Geschlebelehm und -mergel					+	0	+	+	+	-	0	0	0	+	+	+	+	-				
15	feinkörnige Böden	über 40 %	-	/, ≤ 4 % oder unterhalb der A-Linie	Schluff	leicht plastische Tone	$w_L < 35$	LIL	niedrige	schnelle	keine bis leichte	Löss Hochflutlehm	-	0	+	+	-	-	+	-	0	-					
16						mittelpastische Tone	$35 \leq w_L \leq 50$	UM	niedrige bis mittlere	langsame	leichte bis mittlere	Seeton Beckenschluff	-	-	0	+	-	-	0	-	0	+	0	-			
17						ausgeprägt plastische Schluffe	$w_L > 50$	UA	hohe	langsame	keine bis ausgeprägte	vulkanische Böden Bimsböden	-	-	-	++	-	0	0	-	-	-	0	-			

Tabelle A2-1b: Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke - DIN 18196, Ausgabe 05/2011 - (2. Teil)

Sp	1	2	3	4	5	6	7	8	Anmerkungen ^a																
									Definition und Benennung			Erkennungsmerkmale (u.a. für Zeilen 15 bis 22)			Bautechnische Eigenschaften			Bautechnische Eignung als Baustoff für							
Zelle	Hauptgruppen	KorngrößenMassenanteil		Lage zur A-Linie (siehe Bild 1)	Gruppen	Kurzzeichen Gruppensymbol ^b	Trockenfestigkeit	Reaktion beim Schüttelversuch	Plastizität beim Knetversuch	Beispiele	Scherfestigkeit	Verdichtungsfähigkeit	Zusammenrückbarkeit	Durchlässigkeit	Erosionsempfindlichkeit	Frostempfindlichkeit	Baugrund für Grünanlagen	Bautechnische Eignung als Baustoff für							
		≤ 0,063 mm	Korndurchmesser															≤ 2 mm	Erde- und Baustrafen	Streifen- und Bahndämme	Dichtungen	Stützwerke	Dämmungen		
18	feinkörnige Böden	über 40 %	—	I ₁ ≥ 7 % und oberhalb der A-Linie	Ton	w _L < 35 %	TL	mittlere bis hohe	keine bis langsame	leichte	Geschiebemergel Bändererton	-	-	o	-	-	o	-	-	-	-	-			
19							TM	hohe	keine	mittlere	Lösslehm, Seeton, Beckerton Keuper-ton	-	-	-	++	-	o	-	-	o	-	-	+	-	-
20							TA	sehr hohe	keine	ausgeprägte	Tarnas, Lauenburger Ton, Beckerton	-	-	-	++	o	+	o	-	-	-	-	-	-	-
21	Böden mit organischen Beimengungen	über 40 %	—	I ₁ ≥ 7 % und unterhalb der A-Linie	nicht trenn- oder nicht schwerbar	35 % ≤ w _L ≤ 50 %	OU	mittlere	langsame bis sehr schnelle	mittlere	Seekreide Kieselgur Mutterboden	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-			
22							OT	hohe	keine	ausgeprägte	Schlick, Klätersande Kohle-tone	-	-	-	++	-	o	-	-	-	-	-	-	-	-
23	organogene und Böden mit organischen Beimengungen	bis 40 %	—	—	nicht trenn- oder nicht schwerbar	w _L > 50 %	OH	Beimengungen pflanzlicher Art, meist dunkle Färbung, Modergeruch, Glühverlust bis etwa 20 % Massenanteil			Mutterboden Palloboden	o	-	o	o	+	o	-	-	-	-	-			
24							OK	Beimengungen nicht pflanzlicher Art, meist helle Färbung, leichtes Gewicht, große Porosität			Kalk Tuffsand Wiesenkalk	+	o	-	o	o	+	o	-	o	-	-	-	-	-

Tabelle A2-1c: Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke - DIN 18196, Ausgabe 05/2011 - (3. Teil)

Sp	1	2	3	4	5	6	7	8	Anmerkungen ^a																
									Definition und Benennung			Erkennungsmerkmale (u.a. für Zeilen 15 bis 22)			Bautechnische Eigenschaften			Bautechnische Eignung als Baustoff für							
Zelle	Hauptgruppen	KorngrößenMassenanteil		Lage zur A-Linie (siehe Bild 1)	Gruppen	Kurzzeichen Gruppensymbol ^b	Trockenfestigkeit	Reaktion beim Schüttelversuch	Plastizität beim Knetversuch	Beispiele	Scherfestigkeit	Verdichtungsfähigkeit	Zusammenrückbarkeit	Durchlässigkeit	Erosionsempfindlichkeit	Frostempfindlichkeit	Baugrund für Grünanlagen	Bautechnische Eignung als Baustoff für							
		≤ 0,063 mm	Korndurchmesser															≤ 2 mm	Erde- und Baustrafen	Streifen- und Bahndämme	Dichtungen	Stützwerke	Dämmungen		
25	organische Böden	—	—	—	trenn- oder schwerbar	nicht bis mäßig zersetzte Torfe (Humus)	HN	an Ort und Stelle aufgewachsene Humusbildungen	Zersetzungsgrad 1 bis 5 nach DIN 19682-12, faserig, holzreich, hellbraun bis braun	Niedermoor-, Hochmoor-, Bruchwaldtorf	-	-	-	o	+	-	-	-	-	-	-	-			
26							HZ	zersetzte Torfe	Zersetzungsgrad 6 bis 10 nach DIN 19682-12, schwarzbraun bis schwarz	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27							F	Schlamm als Sammelbegriff für Faulschlamm, Mudde, Gytja, Dy und Sapropel	unter Wasser abgesetzte (siedimentäre) Schlamm aus pflanzlichen Resten, Kot und Mikroorganismen, oft von Sand, Ton und Kalk durchsetzt, blauschwarz oder grünlich bis gelbbraun, gelegentlich dunkelgrau-braun bis blauschwarz, federnd, weichschwammig	Mudde Faulschlamm	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	Auffüllung	—	—	—	—	Auffüllung aus natürlichen Böden (jeweiliges Gruppensymbol in Klammern)	[]	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
29						Auffüllung aus Fremdstoffen ^d	A	—	Müll, Schlacke Bauschutt Industrieabfall	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

^a Die Spalten 10 bis 21 enthalten als grobe Leitlinie Hinweise auf bautechnische Eigenschaften und auf die bautechnische Eignung nebst Beispielen in Spalte 9. Diese Angaben sind keine normativen Festlegungen.
^b An den Kurzzeichen U und T darf anstelle des Sterns auch der Querbalken verwendet werden, siehe Tabelle 3.
^c Unter Mitwirkung von Organismen gebildete Böden.
^d Die Klassifizierung ist kein Ersatz für die abfalltechnische Bewertung.

Tabelle A2-1d: Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke - DIN 18196, Ausgabe 05/2011 - (4. Teil)

Legende: Bedeutung der qualitativen und wertenden Angaben				
Spalte 10	Spalte 11	Spalten 12 bis 15	Spalten 16 bis 21	
--	sehr gering	--	sehr groß	
-	gering	-	schlecht	
-o	mäßig	-o	groß bis mittel	
o	mittel	o	mittel	
+o	groß bis mittel	+o	gut bis mittel	
+	groß	+	gut	
++	sehr groß	++	vernachlässigbar klein	
			+++	sehr gut geeignet

Frostempfindlichkeitsklassen (ZTV E-StB)

	Frostempfindlichkeit	Bodengruppen (DIN 18196)
F1	nicht frostempfindlich	GW, GI, GE SW, SI, SE
F2	gering bis mittel frostempfindlich	TA OT, OH, OK ST ¹⁾ , GT ¹⁾ SU ¹⁾ , GU ¹⁾
F3	sehr frostempfindlich	TL, TM UL, UM, UA OU ST*, GT* SU*, GU*

¹⁾ Zu F1 gehörig bei einem Anteil an Korn unter 0,063 mm von 5,0 M-% bei C_u ≥ 15,0 oder 15,0 M-% bei C_u ≤ 6,0
 Im Bereich 6,0 < C_u < 15,0 kann der für eine Zuordnung zu F1 zulässige Anteil an Korn unter 0,063 linear interpoliert werden (siehe Abb. 2)

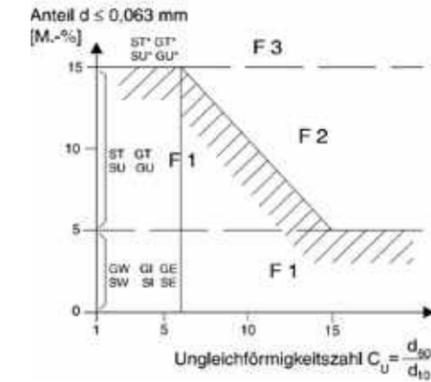


Abb. A2-1: Zuordnung der Frostempfindlichkeitsklassen

Tabelle A2-2: Frostempfindlichkeitsklassen nach den ZTV E-StB 17



Hauseingang, Freising, Deutschland



PRODUKTDATENBLATT Bettungsmaterial B0/4G Sorten-Nr.	
Baustoffgemisch aus gebrochenen Gesteinskörnungen für Pflasterdecken und Plattenbeläge in ungebundener Ausführung gemäß den TL Pflaster-StB und den ZTV Pflaster-StB	
Gesteinsart (Hüttensand (HS) und Hochofenstüchschlacke (HOS) dürfen gemäß den TL Pflaster-StB 06, Abschn. 2, nur in geeignetem Gemisch mit natürlichen Gesteinskörnungen eingesetzt werden)	
Anwendungsbereich	
Pflasterdecken bis einschließlich Belastungsklasse Bk3,2 gemäß den „RStO 12“ und Plattenbeläge	
Gesteinsspezifische Eigenschaften ¹⁾	
Kornform grober Gesteinskörnungen	nicht zutreffend - -
Schlagzertrümmerungswert bzw. Los Angeles Koeffizient	Soll: $\leq 26^{2)}$ Ist: Soll: $\leq 30^{2)}$ Ist:
	Soll-Kategorie SZ ₂₆ ²⁾ Ist-Kategorie Soll-Kategorie LA ₃₀ ²⁾ Ist-Kategorie
	TL Gestein-StB 04, Fassung 2007, Anhang H
	TL Gestein-StB 04, Fassung 2007, Anhang H
¹⁾ Alle hier nicht aufgeführten gesteinspezifischen Eigenschaften gemäß den TL Gestein-StB 04, Fassung 2007, Anhang H, werden ebenfalls eingehalten. ²⁾ Gesteine, die zur Herstellung von Bettungsmaterial für Pflasterdecken der Belastungsklasse Bk1,0 oder höher (RStO 12) verwendet werden, sollten mindestens der Kategorie SZ ₂₂ (LA ₂₅) entsprechen. Bei Pflasterdecken mit besonderen Beanspruchungen gemäß den „RStO 12“ oder solchen mit einer Tragschicht mit Bindemittel mindestens SZ ₁₈ (LA ₂₀) (ZTV Pflaster-StB 06, 1.5.1.1).	
Gemischspezifische Eigenschaften	
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 06, 1.5.1.1
Fließkoeffizient	≥ 35 Kategorie E _{CS35} ZTV Pflaster-StB 06, 1.5.1.1
max. Feinanteil	Durchgang 0,063 mm ≤ 5 M.-% Kategorie UF ₅ TL Pflaster-StB 06, 3.2.2
min. Feinanteil	keine Anforderung Kategorie LF _{NR} TL Pflaster-StB 06, 3.2.2
Überkornanteil	Durchgang bei 2 D 100 M.-% Durchgang bei 1,4 D 100 M.-% Durchgang bei D 90-99 M.-% Kategorie OC ₉₀ TL Pflaster-StB 06, 3.2.3
Die Kornzusammensetzung des Baustoffgemisches liegt innerhalb des nebenstehenden Sieblinienbereiches. (Siebdurchgänge mit Wertangabe gemäß den TL Pflaster-StB 06, 3.2.2, 3.2.3 und 3.2.4, Tabelle 4, Zeile 1, Kategorie G _{U,B} . Siebdurchgänge ohne Wertangabe in Anlehnung an die Empfehlungen der Herausgeber.)	
Das Baustoffgemisch wird gleichmäßig durchfeuchtet und gleichmäßig gemischt ausgeliefert (TL Pflaster-StB 06, 3.1)	

PRODUKTDATENBLATT Bettungsmaterial B0/5G Sorten-Nr.	
Baustoffgemisch aus gebrochenen Gesteinskörnungen für Pflasterdecken und Plattenbeläge in ungebundener Ausführung gemäß den TL Pflaster-StB und den ZTV Pflaster-StB	
Gesteinsart (Hüttensand (HS) und Hochofenstüchschlacke (HOS) dürfen gemäß den TL Pflaster-StB 06, Abschn. 2, nur in geeignetem Gemisch mit natürlichen Gesteinskörnungen eingesetzt werden)	
Anwendungsbereich	
Pflasterdecken bis einschließlich Belastungsklasse Bk3,2 gemäß den „RStO 12“ und Plattenbeläge	
Gesteinsspezifische Eigenschaften ¹⁾	
Kornform grober Gesteinskörnungen	Kornformkennzahl ≤ 50 bzw. Plattigkeitskennzahl ≤ 50 Kategorie S _{I50} bzw. Kategorie F _{I50} TL Gestein-StB 04, Fassung 2007, Anhang H
Schlagzertrümmerungswert bzw. Los Angeles Koeffizient	Soll: $\leq 26^{2)}$ Ist: Soll: $\leq 30^{2)}$ Ist:
	Soll-Kategorie SZ ₂₆ ²⁾ Ist-Kategorie Soll-Kategorie LA ₃₀ ²⁾ Ist-Kategorie
	TL Gestein-StB 04, Fassung 2007, Anhang H
	TL Gestein-StB 04, Fassung 2007, Anhang H
¹⁾ Alle hier nicht aufgeführten gesteinspezifischen Eigenschaften gemäß den TL Gestein-StB 04, Fassung 2007, Anhang H, werden ebenfalls eingehalten. ²⁾ Gesteine, die zur Herstellung von Bettungsmaterial für Pflasterdecken der Belastungsklasse Bk1,0 oder höher (RStO 12) verwendet werden, sollten mindestens der Kategorie SZ ₂₂ (LA ₂₅) entsprechen. Bei Pflasterdecken mit besonderen Beanspruchungen gemäß den „RStO 12“ oder solchen mit einer Tragschicht mit Bindemittel mindestens SZ ₁₈ (LA ₂₀) (ZTV Pflaster-StB 06, 1.5.1.1).	
Gemischspezifische Eigenschaften	
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 06, 1.5.1.1
Fließkoeffizient	≥ 35 Kategorie E _{CS35} ZTV Pflaster-StB 06, 1.5.1.1
max. Feinanteil	Durchgang 0,063 mm ≤ 5 M.-% Kategorie UF ₅ TL Pflaster-StB 06, 3.2.2
min. Feinanteil	keine Anforderung Kategorie LF _{NR} TL Pflaster-StB 06, 3.2.2
Überkornanteil	Durchgang bei 2 D 100 M.-% Durchgang bei 1,4 D 100 M.-% Durchgang bei D 90-99 M.-% Kategorie OC ₉₀ TL Pflaster-StB 06, 3.2.3
Die Kornzusammensetzung des Baustoffgemisches liegt innerhalb des nebenstehenden Sieblinienbereiches. (Siebdurchgänge mit Wertangabe gemäß den TL Pflaster-StB 06, 3.2.2, 3.2.3 und 3.2.4, Tabelle 4, Zeile 1, Kategorie G _{U,B} . Siebdurchgänge ohne Wertangabe in Anlehnung an die Empfehlungen der Herausgeber.)	
Das Baustoffgemisch wird gleichmäßig durchfeuchtet und gleichmäßig gemischt ausgeliefert (TL Pflaster-StB 06, 3.1)	

PRODUKTDATENBLATT Fugenmaterial F0/4G Sorten-Nr.	
Baustoffgemisch aus gebrochenen Gesteinskörnungen für Pflasterdecken und Plattenbeläge in ungebundener Ausführung gemäß den TL Pflaster-StB und den ZTV Pflaster-StB	
Gesteinsart (Hüttensand (HS) und Hochofenstüchschlacke (HOS) dürfen gemäß den TL Pflaster-StB 06, Abschn. 2, nur in geeignetem Gemisch mit natürlichen Gesteinskörnungen eingesetzt werden)	
Anwendungsbereich	
Pflasterdecken bis einschließlich Belastungsklasse Bk3,2 gemäß den „RStO 12“ und Plattenbeläge	
Gesteinspezifische Eigenschaften¹⁾	
Kornform grober Gesteinskörnungen	nicht zutreffend - -
Schlagzertrümmerungswert bzw. Los Angeles Koeffizient	Soll-Wert: ≤ 26 Ist-Wert: Soll-Kategorie SZ ₂₆ Ist-Kategorie TL Gestein-StB 04, Fassung 2007, Anhang H
	Soll-Wert: ≤ 30 Ist-Wert: Soll-Kategorie LA ₃₀ Ist-Kategorie TL Gestein-StB 04, Fassung 2007, Anhang H
¹⁾ Alle hier nicht aufgeführten gesteinspezifischen Eigenschaften gemäß den TL Gestein-StB 04, Fassung 2007, Anhang H, werden ebenfalls eingehalten.	
Gemischspezifische Eigenschaften	
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 06, 1.5.1.2
Fließkoeffizient	≥ 35 Kategorie E _{CS35} ZTV Pflaster-StB 06, 1.5.1.2
max. Feinanteil	Durchgang bei 0,063 mm ≤ 9 M.-% Kategorie UF ₉ TL Pflaster-StB 06, 3.3.2
min. Feinanteil	Durchgang bei 0,063 mm ≥ 2 M.-% Kategorie LF ₂ TL Pflaster-StB 06, 3.3.2
Überkomanteil	Durchgang bei 2 D - - Durchgang bei 1,4 D 100 M.-% Durchgang bei D 90-99 M.-% Kategorie OC ₉₀ TL Pflaster-StB 06, 3.3.3
Die Kornzusammensetzung des Baustoffgemisches liegt innerhalb des nebenstehenden Sieblinienbereiches. (Siebdurchgänge mit Wertangabe gemäß den TL Pflaster-StB 06, 3.3.2, 3.3.3 und 3.3.4, Tabelle 11, Zeile 1, Kategorie G _{U,F} . Siebdurchgänge ohne Wertangabe in Anlehnung an die Empfehlungen des Merkblattes M FP 1.)	
Das Baustoffgemisch wird gleichmäßig durchfeuchtet und gleichmäßig gemischt ausgeliefert (TL Pflaster-StB 06, 3.1)	

PRODUKTDATENBLATT Fugenmaterial F0/2G Sorten-Nr.	
Baustoffgemisch aus gebrochenen Gesteinskörnungen für Pflasterdecken und Plattenbeläge in ungebundener Ausführung gemäß den TL Pflaster-StB und den ZTV Pflaster-StB	
Gesteinsart (Hüttensand (HS) und Hochofenstüchschlacke (HOS) dürfen gemäß den TL Pflaster-StB 06, Abschn. 2, nur in geeignetem Gemisch mit natürlichen Gesteinskörnungen eingesetzt werden)	
Anwendungsbereich	
Pflasterdecken aus Verbundsteinen mit systembedingt geringen Fugenbreiten (ca. 3 mm) bis einschließlich Belastungsklasse Bk3,2 gemäß den „RStO 12“.	
Pflasterdecken bis einschließlich Belastungsklasse Bk3,2 gemäß den „RStO 12“ und Plattenbeläge, bewittert oder unbewittert, die <u>nicht</u> maschinell gereinigt werden; Fugenbreite 3 bis 5 mm.	
Gesteinspezifische Eigenschaften¹⁾	
Kornform grober Gesteinskörnungen	nicht zutreffend - -
Schlagzertrümmerungswert bzw. Los Angeles Koeffizient	Soll-Wert: ≤ 26 Ist-Wert: Soll-Kategorie SZ ₂₆ Ist-Kategorie TL Gestein-StB 04, Fassung 2007, Anhang H
	Soll-Wert: ≤ 30 Ist-Wert: Soll-Kategorie LA ₃₀ Ist-Kategorie TL Gestein-StB 04, Fassung 2007, Anhang H
¹⁾ Alle hier nicht aufgeführten gesteinspezifischen Eigenschaften gemäß den TL Gestein-StB 04, Fassung 2007, Anhang H, werden ebenfalls eingehalten.	
Gemischspezifische Eigenschaften	
Anteil gebrochener Oberflächen	nicht zutreffend - -
Fließkoeffizient	≥ 35 Kategorie E _{CS35} ZTV Pflaster-StB 06, 1.5.1.2
max. Feinanteil	Durchgang bei 0,063 mm ≤ 9 M.-% Kategorie UF ₉ TL Pflaster-StB 06, 3.3.2
min. Feinanteil	Durchgang bei 0,063 mm ≥ 2 M.-% Kategorie LF ₂ TL Pflaster-StB 06, 3.3.2
Überkomanteil	Durchgang bei 2 D 100 M.-% Durchgang bei 1,4 D 95-100 M.-% Durchgang bei D 85-99 M.-% Kategorie G _{F85} TL Gestein-StB 06, Fassung 2007, 2.2.2 und Anhang H
Die Kornzusammensetzung des Baustoffgemisches liegt innerhalb des nebenstehenden Sieblinienbereiches. (Siebdurchgänge mit Wertangabe gemäß den TL Gestein-StB 04, Tabelle 2, Zeile 2, und den ZTV Pflaster-StB 06, 1.5.1.2. Siebdurchgänge ohne Wertangabe in Anlehnung an die Empfehlungen des Merkblattes M FP 1.)	
Das Baustoffgemisch wird gleichmäßig durchfeuchtet und gleichmäßig gemischt ausgeliefert (TL Pflaster-StB 06, 3.1)	

Beispiel für die Oberbaudimensionierung nach den RStO 12

Eine Umsetzung der Beispiele bei der jeweiligen Objektplanung darf nicht ohne fachplanerische Beratung erfolgen!

1.) Wohnsammelstraße mit geringem Linienbusverkehr

Planungsdaten:

- Innerörtliche Sammelstraße im Raum Osnabrück; Schwerverkehrsbelastung nur durch den Busverkehr, Müllfahrzeuge und leichte Lieferfahrzeuge
- Busverkehr (ca. 25 Busse/Tag und Richtung) mit Haltestellen am Fahrbahnrand
- Keine besonderen Klimaeinflüsse
- Untergrund / Unterbau: Schluffiger Sand (SU gemäß DIN 18196) mit einem Anteil bindiger Bestandteile von 10 M.-% und einer Ungleichförmigkeitszahl C_u von 13: F2-Boden (gering bis mittel frostempfindlich)
- Grundwasserverhältnisse: kein Grund- und Schichtenwasser bis in eine Tiefe von 1,50 m unter Planum

Belastungsklasse:

Da die Schwerverkehrsbelastung $DTV^{(SV)}$ der Fahrbahn nicht bekannt ist und der Busverkehr die relevante Schwerverkehrsbelastung darstellt, wird die Belastungsklasse gemäß Tabelle A1-9 „Sammelstraße“ und Tabelle A1-10 abgeschätzt. Es ergibt sich die Belastungsklasse Bk1,8. Zusätzlich sind aufgrund der Fahrbahnbeanspruchung durch Brems- und Anfahrvorgänge und das häufig enge Einlenken der Busse Besondere Beanspruchungen zu berücksichtigen!

Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus:

Da der Untergrund nicht aus einem frostsicheren F1-Boden besteht, ergibt sich die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaues durch Addition des Ausgangswertes und der Mehr- oder Minderdicke infolge örtlicher Verhältnisse:

Ausgangswert	Belastungsklasse Bk1,8	50 cm
	Untergrund/Unterbau: F2-Boden	

Tabelle A4-1: Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus, abgelesen aus den RStO 12, Tabelle 6 (siehe A1-13)

Zu-/Abschläge	Frosteinwirkungszone I	A =	± 0 cm
	Keine besonderen Klimaeinflüsse	B =	± 0 cm
	Kein Grund- und Schichtenwasser bis in eine Tiefe von 1,50 m unter Planum	C =	± 0 cm
	In geschlossener Ortslage (geländegleich)	D =	± 0 cm
	Entwässerung der Fahrbahn über Rinnen, Abläufe und Rohrleitungen	E =	- 5 cm
Summe	Mehr- oder Minderdicke (A+B+C+D+E)		- 5 cm

Tabelle A4-2: Mehr- oder Minderdicke infolge örtlicher Verhältnisse, abgelesen aus den RStO 12, Tabelle 7 (siehe Tabelle A1-14)

Beispiel: Fahrbahnaufbau, aus RStO 12, Tafel 3, Zeile 1, Bk1,8 (siehe Tabelle A1-16):

- 10 cm Pflasterschicht
- 4 cm Pflasterbettung
- 25 cm Schottertragschicht, $E_{v2} \geq 150$ MPa
- Frostschuttschicht, $E_{v2} \geq 120$ MPa
- 45 cm Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus, aus RStO 12, Tabelle 6 mit 50 cm und der Minderdicke infolge örtlicher Verhältnisse von -5 cm

Festlegung der Dicke der Frostschuttschicht

Aufgrund der bautechnischen Anforderungen der DIN 18318, der ZTV Pflaster-StB und der ZTV SoB-StB ist eine Überprüfung der Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus durch eine Gegenüberstellung mit den aus Tragfähigkeitsgründen erforderlichen. In Abhängigkeit von der Tragfähigkeit auf dem Planum können Anhaltswerte für die Dicken der darüber liegenden Tragschichten ohne Bindemittel der Tabelle A1-15 entnommen werden.

Die Festlegung der Dicke der Frostschuttschicht erfolgt durch Berücksichtigung der Mindestdicke aufgrund der zu erzielenden Tragfähigkeit auf ihrer Oberfläche, da in Tabelle A1-16 keine Dicke der Frostschuttschicht angegeben ist. Ausgehend von einem Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45$ MPa auf dem Planum ist auf der Frostschuttschicht ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 120$ MPa nachzuweisen. Aus Tabelle A1-15 wird für die hier gewählte Frostschuttschicht aus überwiegend ungebrochenem Material ein Anhaltswert für die Dicke der Frostschuttschicht von 35 cm abgelesen.

In diesem Beispiel überschreitet die Oberbaudicke dadurch bei weitem die gemäß RStO ermittelte Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus.

Dicke der Frostschuttschicht (FSS), abgelesen aus RStO 12, Tabelle 8 (siehe Tabelle A1-15):

- 35 cm Frostschuttschicht (FSS) = aus überwiegend ungebrochenem Material für $E_{v2} \geq 45$ MPa (Planum)
- $E_{v2} \geq 120$ MPa (Oberfläche ToB)

Schichtdicken und beispielhafte Wahl der Baustoffe unter Berücksichtigung Besonderer Beanspruchungen (nur wesentliche Angaben):

- 10 cm Pflasterklinker, 10 cm dick oder als Rollschicht (Hochkant-Verlegung), verlegt im Fischgrätverband (diagonal), Fugenbreite: 3 bis 5 mm, Fugenfüllung aus einem gebrochenen Gesteinskörnungsgemisch 0/5 gemäß Produktdatenblatt F 0/5 G
- 4 cm Pflasterbettung (3 bis 5 cm) aus einem gebrochenen Gesteinskörnungsgemisch 0/8 gemäß Produktdatenblatt B 0/8 G;
- 25 cm Schottertragschicht 0/45 gemäß TL und ZTV SoB-StB, Abs. 2.3, E_{v2} auf der Oberfläche ≥ 150 MPa gemäß ZTV Pflaster-StB
- 35 cm Frostschuttschicht 0/32 gemäß TL und ZTV SoB-StB, Abs. 2.2 aus rundkörnigem Gesteinskörnungsgemisch, E_{v2} auf der Oberfläche ≥ 120 MPa

74 cm Oberbaudicke im Mittel

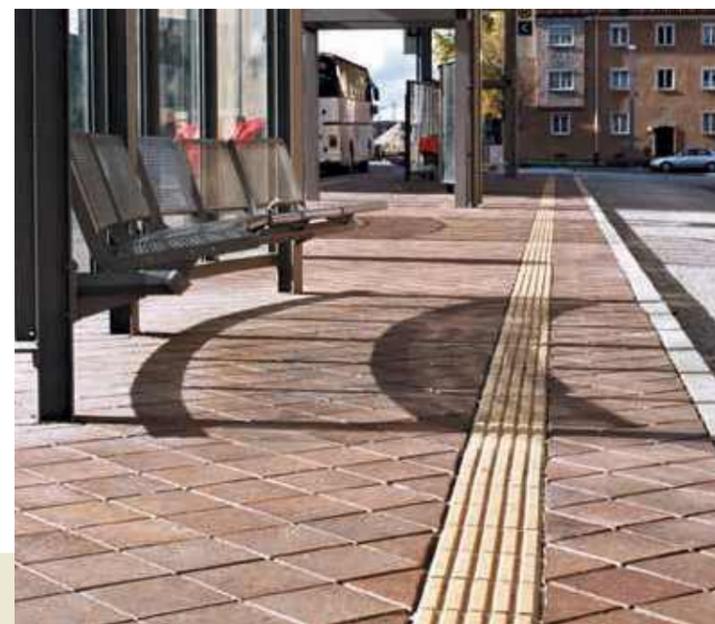
Alternativ Fahrbahnaufbau gemäß RStO 12,

Tafel 3, Zeile 4 (nur wesentliche Angaben):

- 10 cm Pflasterklinker, 10 cm dick oder als Rollschicht (Hochkant-Verlegung), Verband und Fugenfüllung wie oben
- 4 cm Pflasterbettung (3 bis 5 cm) wie oben
- 14 cm Wasserdurchlässige Asphalttragschicht 0/22, darauf Geotextil (z. B. mechanisch verfestigter Vliesstoff GRK 4, 250 g/m²)
- 30 cm Frostschuttschicht 0/45 gemäß TL und ZTV SoB-StB, Abs. 2.2 aus gebrochenem Gesteinskörnungsgemisch, E_{v2} auf der Oberfläche ≥ 120 MPa

58 cm Oberbaudicke im Mittel

Ein Vergleich der beiden alternativ angegebenen Oberbaukonstruktionen lässt erkennen, dass die in den RStO angegebenen Bauweisen sowohl hinsichtlich der Baukosten als auch hinsichtlich des zu erwartenden Verhaltens im Verlauf der Nutzungsdauer unterschiedlich sein können. Bei der Bauweisenauswahl sind zudem regionale Erfahrungen mit der jeweiligen Bauweise, der Baustoffverfügbarkeit und der Leistungsfähigkeit der regionalen Bauunternehmen zu berücksichtigen.



Verwendung wechselnder Formate

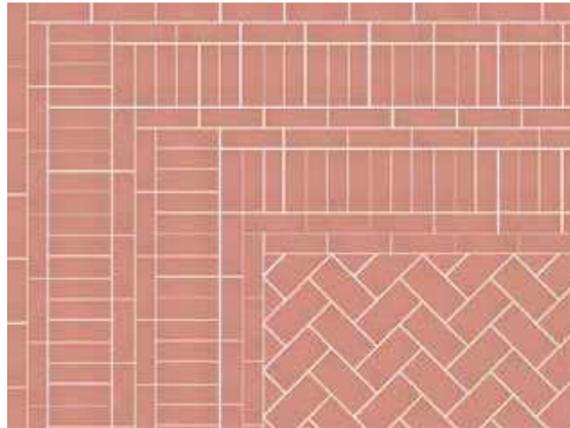


Abb. A5-1: Randausbildung hochkant versetzt im wechselnden Muster im Anschluss an Fischgrätverband, flach verlegt

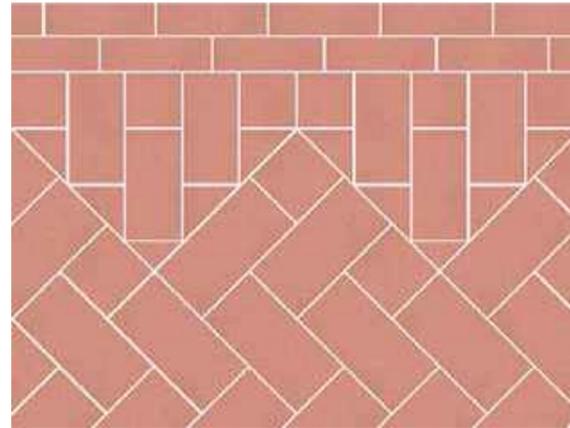


Abb. A5-2: Randausbildung mit hochkant und flachverlegten Pflasterklinkern im Anschluss an Fischgrätverband, flach verlegt

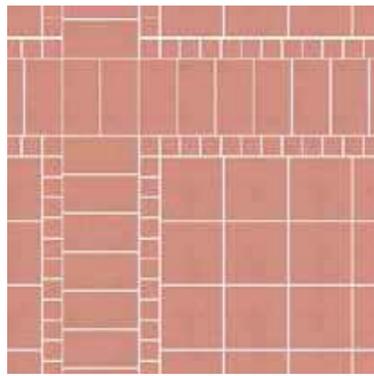


Abb. A5-3: Ornamental gestaltete Flächengliederung unter Verwendung von drei verschiedenen Klinkerformaten

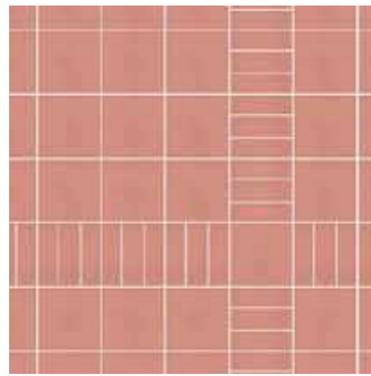


Abb. A5-4: Fläche aus Quadratformaten mit hochkant versetzten Friesen

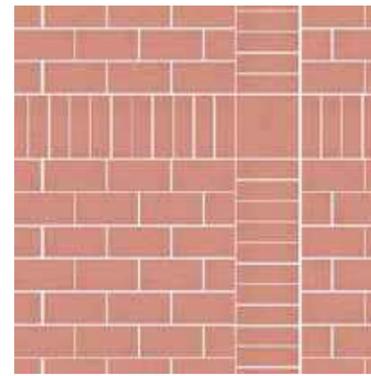


Abb. A5-5: Quadratformate in den Knotenpunkten einer im halben Verband verlegten Fläche

Verlegung an runden Einfassungen bzw. in Kurven

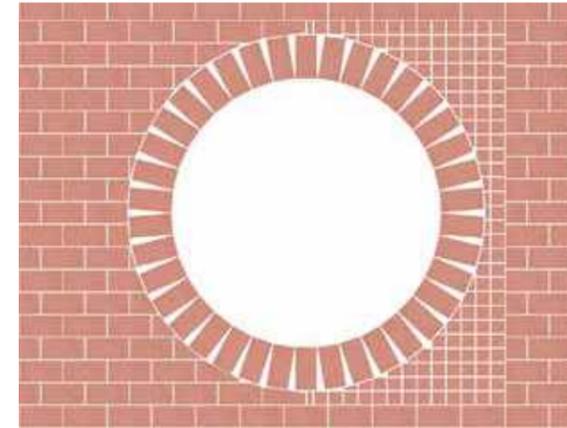


Abb. A5-6: Runde Baumscheibe aus Pflasterklinkern im Normalformat flach verlegt mit Keilfuge. Anschluss an Klinker im Normalformat oder im Mosaikformat

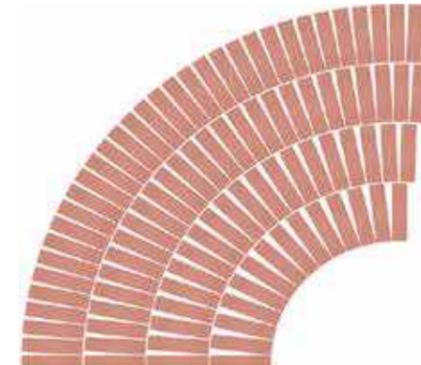


Abb. A5-8: Gepflasterter Bogen mit Pflasterklinkern im Längsformat, bzw. hochkant verlegten Klinkern

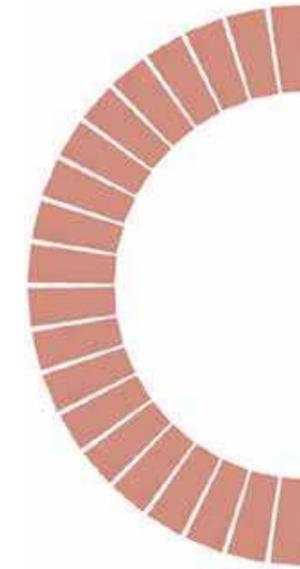


Abb. A5-7: Baumscheibe mit Keilklinkern

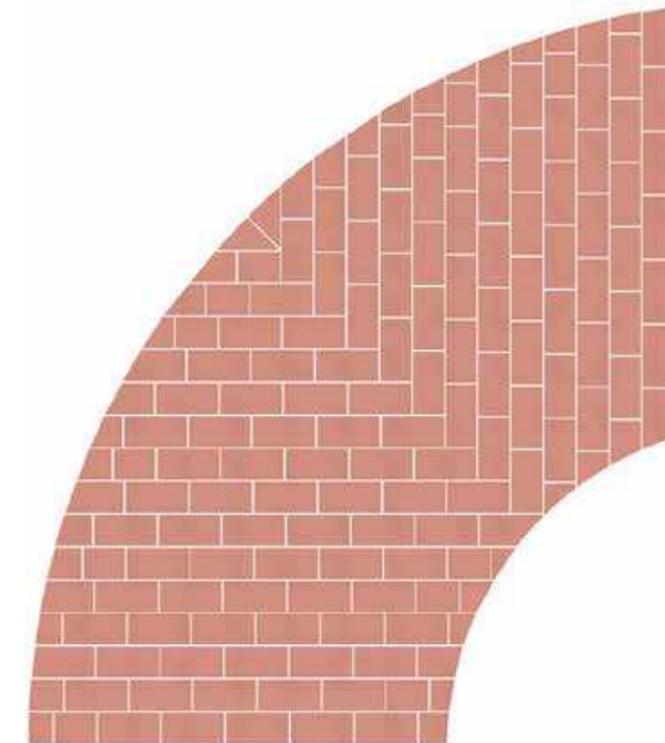


Abb. A5-9: Mit Rechteckklinkern verlegter Bogen. Die Rand- und Passsteine müssen passend zugeschnitten werden



Odensé, Grønnegade, Dänemark



Barockgarten, Münster, Deutschland



Verlegung in Eckbereichen

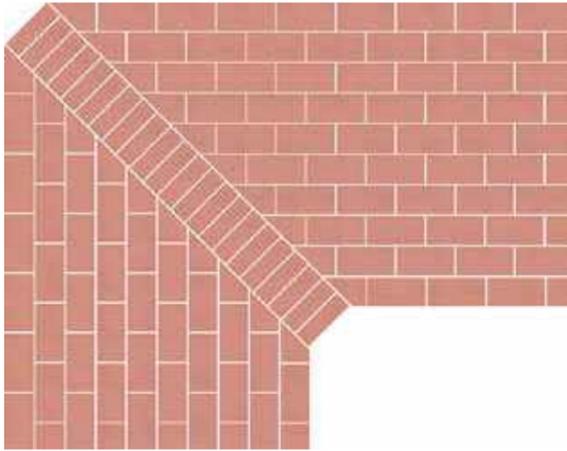


Abb. A5-10: Gehung mit Pflasterklinker als Rollschicht

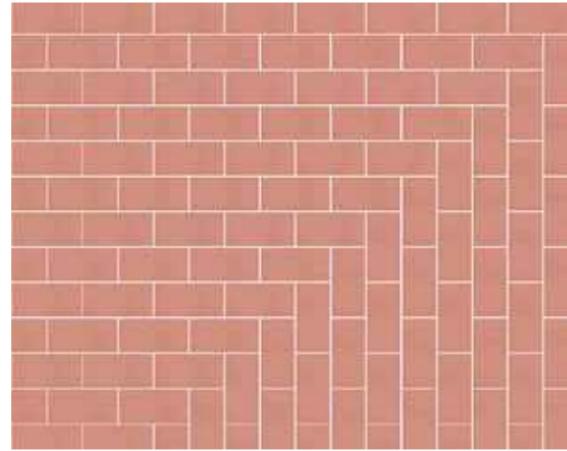


Abb. A5-11: Gehung mit Pflasterklinker durch Fugenversatz

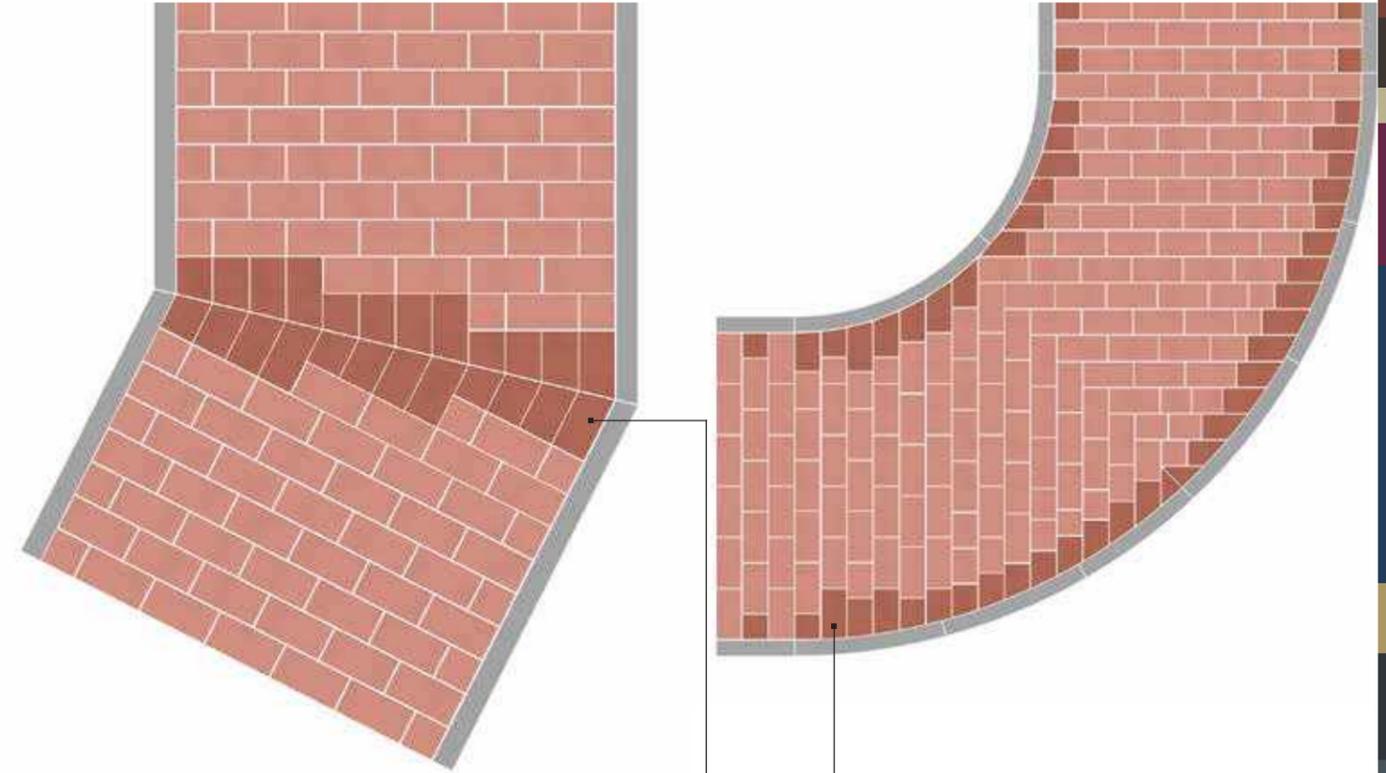
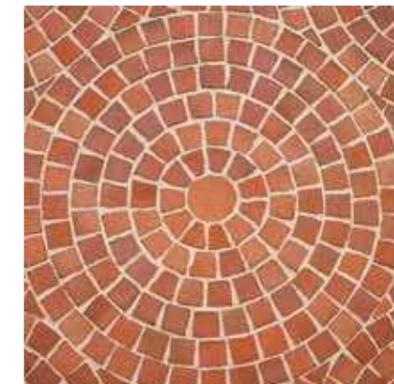
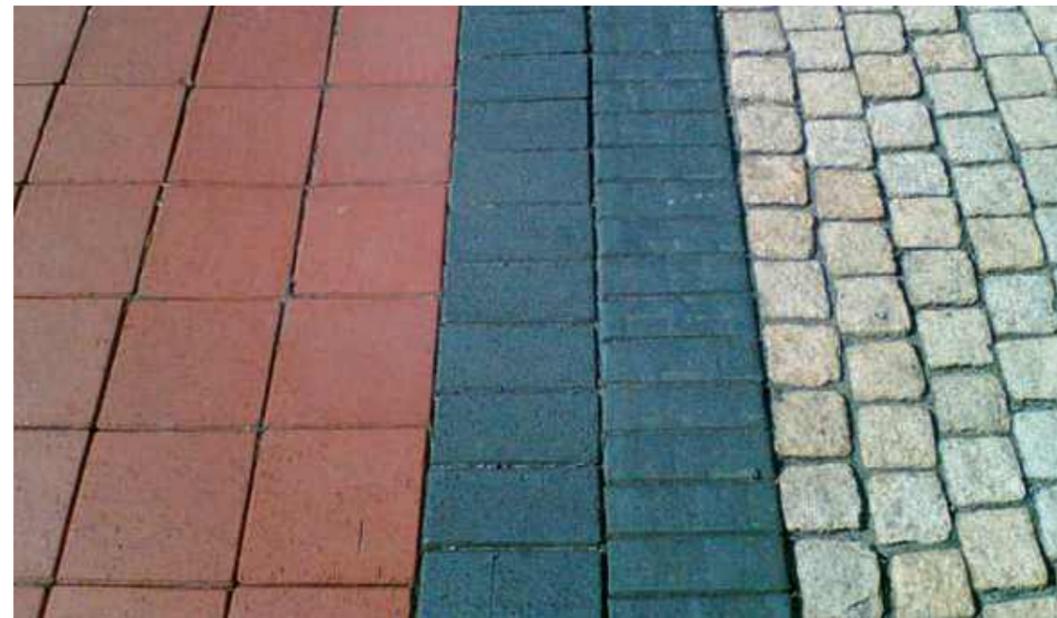


Abb. A5-12: Gehung mit Zuschnitt der Passsteine

zugearbeitete Pflasterklinker



Abschlussdetail – Entwässerungsrinne, Barsinghausen, Deutschland



Mosaikklinker in gebundener Ausführung



Impressum

Herausgeber:

Arbeitsgemeinschaft Pflasterklinker e.V.

Reinhardtstraße 12-16

10177 Berlin

Telefon 030. 52 00 999-16

Telefax 030. 52 00 999-28

info@pflasterklinker.de

www.pflasterklinker.de

8. überarbeitete Auflage Januar 2018

© Arbeitsgemeinschaft Pflasterklinker e.V. 2018

Nachdruck und Veröffentlichung nur mit schriftlicher
Genehmigung der Arbeitsgemeinschaft Pflasterklinker e.V.

Redaktion: Dieter Rosen, Martin Köhler

Fotos: Abbildungsverzeichnis auf Seite 75

Technische Zeichnungen:

Arbeitsgemeinschaft Pflasterklinker e.V.

Produktdatenblätter:

Betonverband Straße, Landschaft, Garten e.V.;

Bundesverband der deutschen Ziegelindustrie e.V.;

Bundesverband Mineralische Rohstoffe e.V.

Design: Raimund Spierling

Realisation: spierling-art.de



1. Die Tragschicht als Unterlage zur Aufnahme des Bettungsmaterials muss ausreichend tragfähig, frostsicher und wasserdurchlässig sein. Die lagenweise eingebrachte und anforderungsgerecht verdichtete Tragschicht muss bereits das für die Pflasterklinkerdecke erforderliche Gefälle von mindestens 2,5 % aufweisen. Aufgrund der Anforderungen an eine gleichmäßige Dicke der Bettung wird empfohlen, auf der Unterlage höchstens eine Unebenheit von 1 cm unter der 4-m-Latte zuzulassen. Ist die Unterlage bereits vorhanden, sollte sie gegebenenfalls nachgearbeitet werden.

2. Die Randeinfassung, z. B. eine in Mörtel versetzte Rollschicht mit außenseitiger Rückenstütze, verhindert das Verschieben der Pflasterklinker im Randbereich. Für einen ungehinderten Abfluss des Oberflächenwassers sollte die Oberkante der Randeinfassung ca. 1 cm unter der fertigen Höhenlage der abgerüttelten Klinkerpflasterfläche gesetzt werden.

3. Als Bettungsmaterial eignen sich Baustoffgemische aus gebrochenen Gesteinskörnungen 0/4, 0/5 und 0/8 mm mit ausreichender Festigkeit wie z. B. Brechsand-/ Splitt-/Gemische aus Hartgestein wie Basalt, Diabas usw. Von wenig kornfestem Kalkstein als Bettungsmaterial ist abzuraten. Für gering belastete Verkehrsflächen und im Privatbereich eignen sich auch Natursand-/Kies-/Gemische in den Gesteinskörnungen 0/4 und 0/5 mm. Es sollte kein Bettungsmaterial mit ausblühfähigen Stoffen verwendet werden. Das Pflasterbett soll im verdichteten Zustand eine Dicke von nicht weniger als 2 cm und nicht mehr als 5 cm aufweisen.

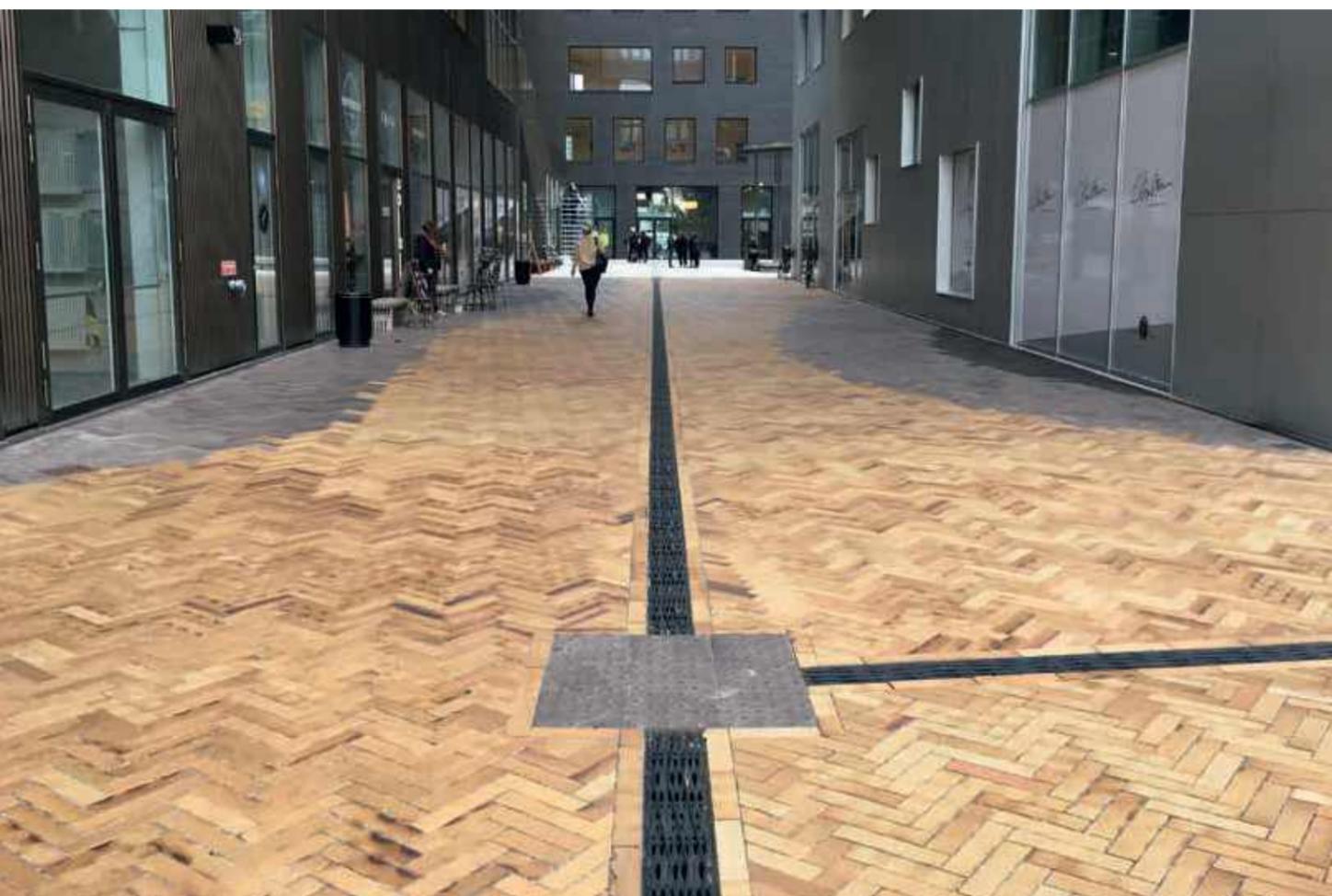
4. Pflasterklinker sind mit einer Fuge von mindestens 3 mm Breite zu verlegen. Die Fugenbreite sollte planmäßig das Maß von 5 mm nicht überschreiten. Bei knirsch verlegten Pflasterklinkern besteht die Gefahr der Kantenabplatzung. Der Fugenverlauf sollte gleichmäßig angelegt und vorzugsweise beim Verlegen an einer Schnur ausgerichtet werden. Die Fuge dient zum Ausgleich unvermeidbarer Materialtoleranzen. Das Fugenmaterial sollte in der Korngrößenverteilung auf das Bettungsmaterial abgestimmt sein. Geeignet für Fahrbahnen sind gebrochene Gesteinskörnungen 0/3, 0/4 und 0/5 mm, sowie die Körnung 0/2 mm, die als Fugenschluss eingefügt und mit begrenzter Wasserzugabe eingeschlämmt wird.

5. Die Verlegung von Pflasterklinker erfolgt von der schon fertigen Fläche auf das vorverdichtete und abgezogene Pflasterbett. Das Schneiden von Pflasterklinkern sollte per Nassschnitt erfolgen. Auf das Schneiden im trockenen Verfahren ist auf Grund einer möglichen gesundheitsschädlichen Staubbelastung durch Einatmen unbedingt zu verzichten. Bei der Verarbeitung sind unbedingt mehrere Pakete Pflasterklinker anzubrechen und quer zu mischen. Um ein Verschieben der Pflasterklinker zu verhindern, sind die Fugen der verlegten Fläche kontinuierlich mit dem Baufortschritt mit Fugenmaterial zu füllen.

6. Das Abrütteln erfolgt vorzugsweise mit einem Plattenrüttler mit Kunststoff-Schutzmatte. Nach dem Abrütteln sind die Fugen erneut durch Einschlämmen zu schließen. Treten Abplatzungen auf, so sind die entsprechenden Pflasterklinker auszutauschen. Zur Verfestigung des Fugen- und Bettungsmaterials sollte die Pflasterklinkerfläche vor Benutzung noch einige Tage ruhen. Pflasterfugen sollten regelmäßig überprüft und, wenn nötig, unverzüglich mit Fugenmaterial aufgefüllt werden. Nur eine geschlossene und verdichtete Fuge kann dem Klinkerpflaster ausreichend Halt in der Fläche geben. Der Einsatz von Kehrmaschinen mit Saugvorrichtung ist in den ersten Monaten gänzlich zu unterlassen.

7. Trotz aller Vorsichtsmaßnahmen kann sich ein leichter Grauschleier auf der Pflasterfläche bilden. Dieser verschwindet durch die natürliche Bewitterung von selbst. In Innenbereichen, unter großen Dachüberständen oder unter Carports, die von natürlicher Bewitterung nicht erreicht werden, sollten die Ablagerungen durch Abfegen, Abbürsten oder auch Abwaschen entfernt werden. Für hartnäckige Ablagerungen kann es erforderlich sein, diese halbmechanisch durch Bürsten oder mit handelsüblichen Steinreinigern zu entfernen.

8. Pflasterdecken sind schonend zu reinigen. Bewährt haben sich Reinigungsgeräte mit rotierenden Bürsten. Bei maschineller Reinigung ist Saugen zu vermeiden. Bei Verwendung von Reinigungsmitteln sind unbedingt die Herstellerangaben zu beachten. Die Eignung des Reinigungsmittels sollte zunächst an einer untergeordneten Stelle ausprobiert werden. Nass-Reinigungsmaschinen mit rotierenden Bürsten sind zu bevorzugen. Wird bei der Reinigung Fugenmaterial entfernt, so sind die Fugen unverzüglich mit Fugenmaterial erneut vollständig zu füllen. Selbstaufnehmende Kehrfahrzeuge sollten erst nach einjähriger Liegezeit des Belages eingesetzt werden.



Die Mitglieder der Arbeitsgemeinschaft Pflasterklinker e.V.



ABC-Klinkergruppe

Grüner Weg 8
D-49509 Recke
Telefon 0 54 53. 93 33-0
Telefax 0 54 53. 93 33-45
abc@abc-klinker.de
www.abc-klinker.de



Girnghuber GmbH

Ludwig-Girnghuber-Straße 1
84163 Marklkofen
Telefon 0 87 32. 24-0
Telefax 0 87 32. 24-200
info@gima-ziegel.de
www.gima-ziegel.de



KERAWIL Tonwerk

Wilhelmshöhe GmbH
Tonwerkstraße 96
32584 Löhne
Telefon 0 57 32. 10 90-0
Telefax 0 57 32 / 10 90-10
E-Mail: info@kerawil.de
www.kerawil.de



A-K-A | VANDERSANDEN

Vandersanden Deutschland GmbH

Unter den Eichen 13
31226 Peine
Telefon 0 51 71. 80 16 5-20
Telefax 0 51 71. 80 16 5-99
info@akaklinker.de
www.akaklinker.de

Arbeitsgemeinschaft Pflasterklinker e.V.

Reinhardtstraße 12-16
10117 Berlin
Telefon 030. 52 00 999-16
Telefax 030. 52 00 999-28
info@pflasterklinker.de
www.pflasterklinker.de