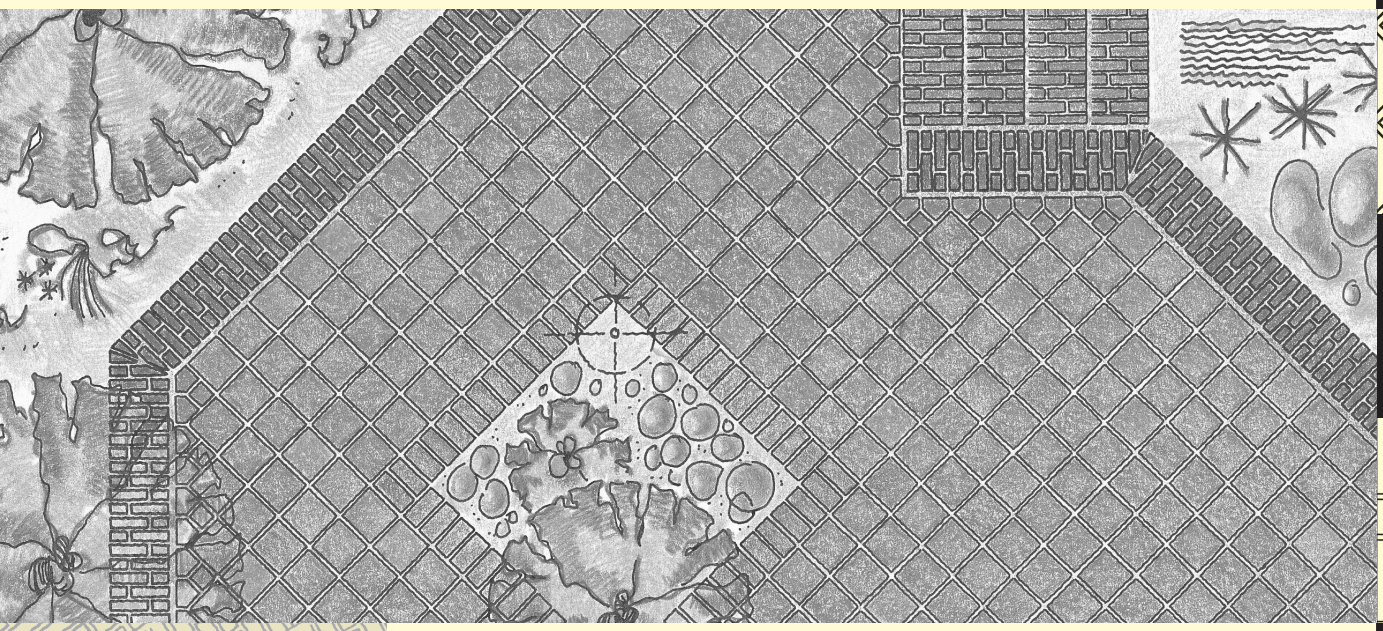
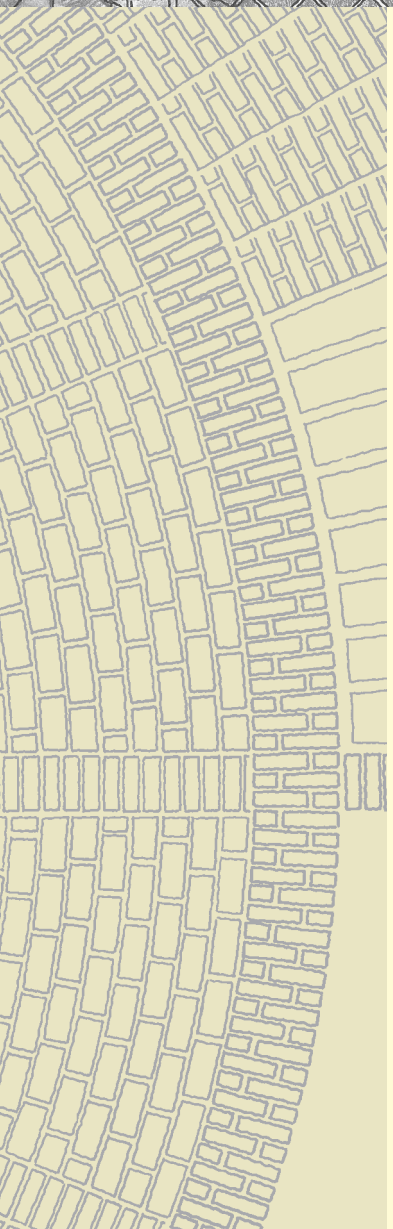
KERAWIL Pflasterklinker
Technische Informationen

Planung, Gestaltung und Herstellung von Flächen mit Original-Pflasterklinker





KERAWIL

Individuell. Natürlich. Für immer.

7. überarbeitete Auflage 12/2010
Arbeitsgemeinschaft Pflasterklinker e.V.
Schaumburg-Lippe-Str. 4, 53113 Bonn

Telefon 0228 – 9 14 93 – 31
Fax 0228 – 9 14 93 – 28
E-Mail info@pflasterklinker.de
Internet www.pflasterklinker.de

© Arbeitsgemeinschaft Pflasterklinker e.V., 2010

Klinkerpflaster - Technische Informationen

Planung, Gestaltung und Ausführung von Flächenbefestigungen mit Pflasterklinker

Vorbemerkung

Diese Broschüre soll die Gestaltungsmöglichkeiten, die planerischen und bautechnischen Grundsätze, aber auch die technischen Einsatzgrenzen 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 möglichst 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, dessen 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 Erdbaues, 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.
Bonn, Oktober 2010

Inhalt

1 Vorteile und Einsatzgebiete von Klinkerpflasterdecken 5

2 Grundsätze 7
2.1 Schichtenaufbau von Pflasterbefestigungen 7
2.2 Begriffe 7
2.3 Einsatzgebiete und Einsatzgrenzen von Klinkerpflasterdecken 8

3 Pflasterziegel / Pflasterklinker 9
3.1 Herstellung und Qualitätssicherung von Pflasterklinkern 10
3.2 Qualitätskontrolle anhand der Anforderungen der DIN EN 1344 12
3.3 Unterscheidung zwischen Pflasterklinker und Klinkerplatte 12
3.4 Anforderungen an Pflasterziegel / Pflasterklinker 13
3.5 Formate 20
3.6 Herstellungsbedingte Besonderheiten. 22
3.7 Verbände 23

4 Planung und Bauausführung 28
4.1 Das Technische Regelwerk und seine Bedeutung im Bauvertrag. 28
4.2 Entwässerung 30
4.3 Bemessung und Festlegung der Schichten des Aufbaus der Befestigung 31
4.4 Planung und Ausführung der Befestigung. 43

5 Nutzung, Wartung, Reinigung und Wiederherstellung von Klinkerpflasterflächen 62
5.1 Optische Beurteilung der Flächen 62
5.2 Hydrophobierung. 63
5.3 Reinigung 63
5.4 Erhaltungsarbeiten 64
5.5 Aufgrabungen 65

6 Sonderbauweisen. 67
6.1 Die gebundene Bauweise 67
6.2 Versickerungsfähige Klinkerpflasterflächen. 71

Literatur 75
Anhang 1 - Bodenklassifikation und Frostempfindlichkeitsklassen 78
Anhang 2 - Beispiele für die Oberbaubemessung nach RstO. 83
Anhang 3 - Gestaltungsbeispiele. 86

Zu den Autoren

Martin Köhler

Geboren am 21.12.1960 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“ am 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, der Deutschen Verkehrswissenschaftlichen Gesellschaft sowie der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen und mehrerer ihrer Gremien.

Anschrift des Autors Martin Köhler:

Ingenieurgemeinschaft ConVia
Hellerweg 52
32052 Herford

Dieter Rosen

Geboren am 28.09.1956 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, hier u.a. zuständig für die Fortbildung der Sachverständigen im Straßen- und Tiefbauhandwerk; seit 1998 Technischer Geschäftsführer im Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie.
In dieser Aufgabe Mitglied in den FGSV-Arbeitskreisen 6.6 „Platten und Pflasterbeläge“, Mitglied im Fachberaterkreis zur Überarbeitung der ATV DIN 18318 „Verkehrswegebauarbeiten“, Mitglied im CEN/TC 178.

Anschrift des Autors Dieter Rosen:

Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V.
Schaumburg-Lippe-Straße 4
53113 Bonn

1 Vorteile und Einsatzgebiete von Klinkerpflasterdecken

Klinkerpflaster dient zur Befestigung und Gestaltung einer Vielzahl befahrbarer und begehbarer Flächen, sowohl im öffentlichen wie auch im privaten Bereich. Der Pflasterklinker hat sich im Laufe der Jahrhunderte als besonders geeigneter Baustoff und als wichtiges Gestaltungselement erwiesen aufgrund seiner

- Farbechtheit, Farbbeständigkeit
- hohen Beständigkeit gegen mechanische und witterungsbedingte Einflüsse,
- Beständigkeit gegen chemische Beanspruchungen,
- ökologisch unverfälschten natürlichen Rohstoffe,
- Alterungsbeständigkeit,
- Echtheit des natürlichen, keramisch geprägten Farbspiels,
- Eigenschaft, zugleich Bau- und Gestaltungselement zu sein,
- handlichen Formate und
- seiner unproblematischen Wiederverwertbarkeit.

Gut gestaltete, mit Pflasterklinkern befestigte Flächen schaffen die gewünschte Harmonie. Daher wird Klinkerpflaster häufig bei Maßnahmen zur Verkehrsberuhigung und der Verbesserung des Wohnumfeldes verwendet. Beim Klinkerpflaster bewirkt das Zusammenspiel von Pflasterklinker und Fuge sowie von Farbe und Größe des Ziegelmaterials die maßstäbliche Ablesbarkeit.

Abb. 1-1: Historische Klinkerpflasterfläche

Pflasterklinker wurden bereits von den Assyrern, 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.

Abb. 1-2: Klinkerpflasterfläche im Kontext mit verklinkerten Fassaden

Pflasterklinker ermöglichen eine gestalterische Integration der Verkehrsflächen in Straßenräume oder Plätze, deren angrenzende Gebäude mit Klinker verkleidet wurden oder bei denen angrenzende Mauern aus Klinker hergestellt wurden.

Abb. 1-3: Gestaltung von Rad- und Gehwegen

Abb. 1-4: Klinkerpflasterflächen im privaten Raum

Durch die heute angebotene Formen- und Farbenvielfalt von Pflasterklinker wird den Planern eine große gestalterische Vielfalt ermöglicht. Pflasterklinker sind daher ein idealer Baustoff zur dauerhaft farbechten Befestigung moderner oder historisch geprägter Platzflächen, Geh- und Radwege sowie Straßen und Wege. Dies beinhaltet sowohl öffentliche Verkehrsflächen als auch private Flächen, wie beispielsweise Gebäudezufahrten, Zugangsbereiche, Terrassen und Wege. Nachfolgend wird die Regelbauweise für Pflasterflächen, also die Verlegung von Pflasterklinker unter Verwendung ungebundener Bettungs- und Fugenmaterialien, beschrieben. Sonderbauweisen, wie die gebundene Bauweise (Verlegung im Mörtelbett und vermörtelte Fugen) sowie die Herstellung gezielt wasserdurchlässiger Pflasterflächen werden am Ende dieser Broschüre erläutert.

2 Grundsätze

2.1 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 2 zeigt beispielhaft den Schichtenaufbau. Der Oberbau von Klinkerpflasterflächen besteht aus der Pflasterdecke und zumeist nur einer, ggf. auch mehrerer 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 mit dieser Schüttung auch ein Unterbau vorhanden.

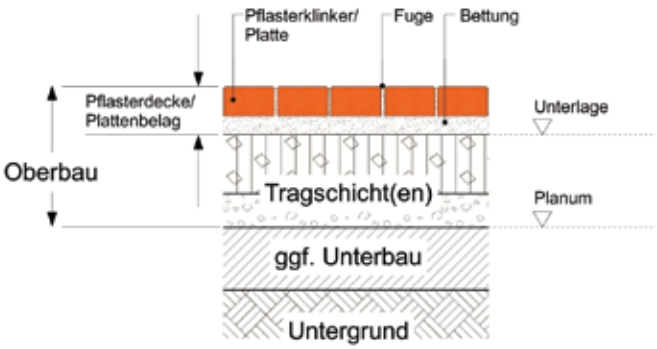


Abb. 2-1: Aufbau einer Verkehrsflächenbefestigung mit Klinkerpflasterdecke gemäß ZTV Pflaster

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. In vertikaler Verformungsbeanspruchung erreicht Klinkerpflaster sogar die günstigsten Werte. Diese positive Eigenschaft des Pflasterklinkers wird mit zunehmender Lastwechselzahl sogar noch verstärkt.

2.2 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	Oberfläche der obersten Tragschicht
Tragschicht(en)	z. B. Schotter-, Kies- und/oder Frostschutzschicht
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

2.3 Einsatzgebiete und Einsatzgrenzen von Klinkerpflasterdecken

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.

Bei Planung und Entwurf innerörtlicher Straßenräume sollten u.a. die folgenden Richtlinien und Empfehlungen 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 Fußgängerverkehrsanlagen (EFA).

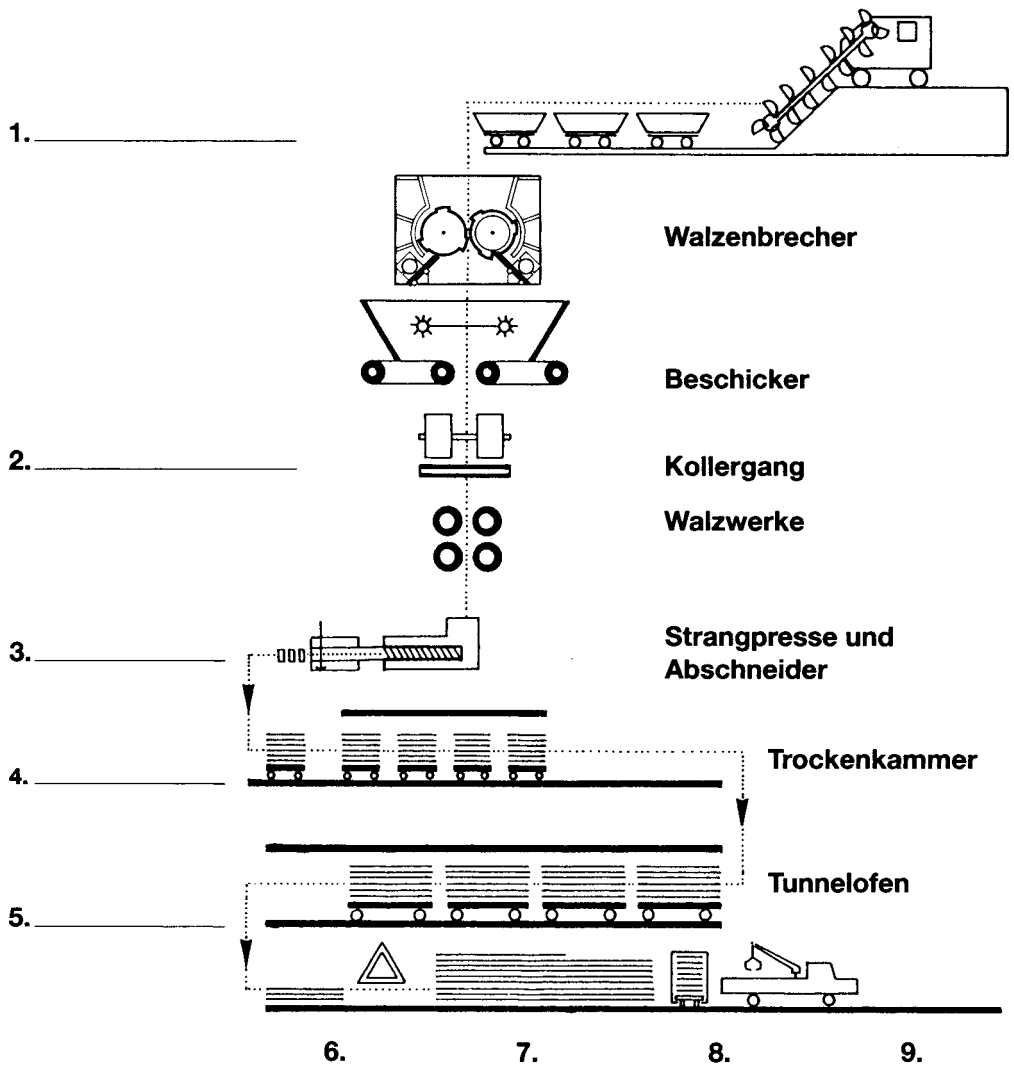
Der Entwurf von Pflasterflächen erfolgt häufig vorrangig unter gestalterischen Aspekten. Bei der Auswahl von Pflasterklinkern, der Wahl des Verlegemusters und der Festlegung der sonstigen Baustoffe des Oberbaus ist es jedoch notwendig, gestalterische und bautechnische Anforderungen gleichermaßen zu beachten. 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 Bauklassen SV, I und II der RStO, nicht geeignet ist.

Einsatz- und Beanspruchungskategorie		
1	**2**	**3**
hohe Verkehrsbeanspruchungen	**mittlere bis geringe Verkehrsbeanspruchungen**	**Besondere Einsatzgebiete**
– hohe Achslasten, hohe Schwerverkehrsbelastung (Bauklasse III und IV) – hohe Horizontalbeanspruchungen – häufige Rangiervorgänge	– mittlere, niedrige oder nur gelegentliche Schwerverkehrsbelastung (Bauklasse V und VI) – geringe sonstige Beanspruchungen	– Flächen auf Bauwerken – Flächen ohne jegliche Fahrzeuglasten
Beispiele: – Hauptverkehrsstraßen, Wohnsammelstraßen – Hofflächen mit Lkw-Verkehr – Busverkehrsflächen – Kreisverkehre – Plätze und Fußgängerzonen mit Ladeverkehr – Industrieverkehrsflächen	**Beispiele:** – Wohn- und Anliegerstraßen – Parkplätze und Parkstreifen für Pkw – land- und forstwirtschaftliche Wege – Bereiche von Plätzen und Fußgängerzonen ohne Lade- und Busverkehr – Geh und Radwege – Grundstückszufahrten, Hofflächen	**Beispiele:** – Parkpaletten – Terrassen und Gartenanlagen

Tab. 2-1: Einsatz- und Beanspruchungskategorien gemäß der Beanspruchungssituation

3 Pflasterziegel / Pflasterklinker

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 Produktionsschritte untergliedern (Abb. 3-1).



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

Abb. 3-1: Schematische Darstellung des Herstellprozesses von Pflasterklinkern

3.1 Herstellung und Qualitätssicherung von Pflasterklinkern

3.1.1 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.

Abb. 3-2: Rohstoffgewinnung in einer Grube mit rot brennendem Ton

Die überwiegende Menge der Rohstoffe wird in unmittelbarer Nähe der Klinkerwerke gewonnen, so dass sich sehr kurze und energiesparende Transportwege ergeben. Die Abbildung 3-1 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.

3.1.2 Stufen der Rohstoffaufbereitung

Nur selten kommen Lehm, Ton oder Schieferton 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 Feuchteregulierung.

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

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

Abb. 3-3: Kollergang

3.1.3 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.

Abb. 3-4: Zerschneiden eines Stranges in Einzelrohlinge mit bereits angeformter Fase

3.1.4 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.

3.1.5 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.

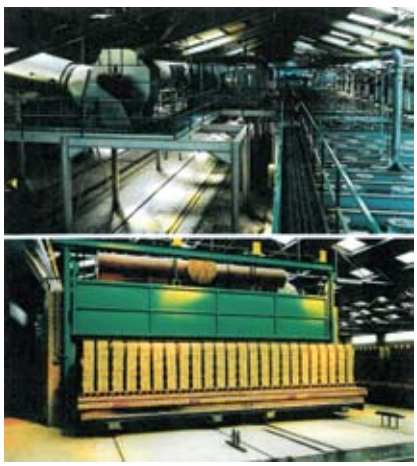


Abb. 3-5: Tunnelofen und Tunnelofenwagen mit fertig gebrannten Pflasterklinkern am Ende des Tunnelofens

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.

3.2 Qualitätskontrolle anhand der Anforderungen der DIN EN 1344

Zur Qualitätssicherung ist für Pflasterziegel das System 4 des Konformitätsbescheinigungsverfahrens festgelegt. Im System 4 wird 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 5.3.4.1 der DIN EN 1344 werden im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle auch Prüfungen am Fertigprodukt durchgeführt. Die Häufigkeit der Probenahme und Prüfungen richtet sich nach statistischen Regeln, die sicherstellen, dass das Fertigprodukt mit den in dieser Norm einzuhaltenden Annahmekriterien und jedem angegebenen Wert übereinstimmen. 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.

3.3 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). Entsprechend der Nennmaße des Pflasterklinkers darf das Verhältnis von Gesamtlänge zu Dicke einen 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 Biegebruchfestigkeit von Pflasterklinkern und Klinkerplatten im Vergleich zu entsprechenden Betonprodukten kann Pflasterklinker diese Anforderung auch bei einem Längen-/Dickenverhältnis > 4 dennoch erfüllen, unter der Voraussetzung, dass die Biegebruch-Klasse T4 nach 4.2 der TL Pflaster StB eingehalten wird.

3.4 Anforderungen an Pflasterziegel/Pflasterklinker

3.4.1 Nationale und europaweite Anforderungen

Pflasterklinker gehören zu den ersten Bauprodukten, die mit dem europaweit einheitlichen Konformitätszeichen (CE-Zeichen) gekennzeichnet sind und in allen Mitgliedsstaaten der Europäischen Union gehandelt und angewendet werden. Seit Beginn des Jahres 2004 kann der Anwender zwischen zwei Produktqualitäten wählen: dem europäischen Pflasterziegel nach DIN EN 1344 und dem in Deutschland bewährten Pflasterklinker, der zusätzlich die Anforderungen der DIN 18503 erfüllt. Beide Produkte tragen das CE-Zeichen. Pflasterklinker erfüllen darüber hinaus besondere Anforderungen an die Begrenzung der Wasseraufnahme und Einhaltung der Mindestscherbenrohdichte.

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

3.4.2 Pflasterziegel nach DIN EN 1344 und CE-Kennzeichnung

Die im Juli 2002 erschienene Euronorm DIN EN 1344 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 Anforderungsklassen. Für die folgenden Eigenschaften sind in den DIN EN 1344 die dargestellten Klassen sowie die zugehörigen Anforderungswerte definiert.

a) Maßspanne bzw. Maßhaltigkeit

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 wird 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 in (mm). 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 betragen darf.

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

b) Frost-Tau-Widerstand

Für die Prüfung des Frost-Tau-Widerstandes nach DIN EN 1344 werden die Pflasterziegel 24 Stunden im Wasserbad bei 80 °C gelagert. Anschließend werden die Pflasterziegel in einem Prüfrahmen angeordnet und befrostet, 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	Maßspanne [mm]
F0	keine Anforderung
FP100	widerstandsfähig gegen Frost-Tau-Wechsel

Die Klasse F0 ist damit in Deutschland nur für den Innenbereich geeignet. In der Klasse FP100 wurde die Frost-Tauwechselprüfung ohne nennenswerte Schäden überstanden. Diese Eigenschaft wird von herkömmlichen Enteisungssalzen nicht beeinflusst.

c) Biegebruchlast (Festigkeit)

Die Biegebruchlast wird an zehn angefeuchteten Pflasterziegeln bzw. Pflasterklinkern geprüft, die an den Enden aufgelagert und mittig bis zum Bruch belastet werden. Es werden vier Biegebruchlastklassen unterschieden.

Alternativ zur Biegebruchlast kann die geschätzte Biegezugfestigkeit des Probekörpers (in N/mm²) nach folgender Gleichung ermittelt werden:

$$\textit{Geschätzte Zugfestigkeit} = \frac{3}{2} \cdot \frac{LS}{wt^2}$$

Dabei sind:

- **L** Bruchlast [N]
- **S** Abstand zwischen den Trägern [mm]
- **w** Gemessene Breite des Pflasterziegels [mm]
- **t** Gemessene Dicke des Pflasterziegels [mm]

Das Tragverhalten eines Pflasterklinkers in der Pflasterdecke ist wesentlich abhängig von der Tragfähigkeit der Unterlage. Bei ungleichmäßiger Auflagerung können jedoch erheblichen Biegebeanspruchungen auftreten. Für befahrene oder durch nennenswerte statische Lasten beanspruchte Klinkerpflasterflächen sollte daher in jedem Falle die Biegebruchlast-Klasse T4 verwendet werden.

Klasse	Biegebruchlast (N/mm) nicht geringer als:	
	Mittelwert	kleinster Einzelwert
T0	keine Angabe	keine Angabe
T1	30	15
T2	30	24
T3	80	50
T4	80	64

ANMERKUNG 1 Diese Anforderungen an die Biegebruchlast gelten nicht für Ergänzungsziegel oder Pflasterziegel mit einer Gesamtlänge von < 80 mm.
ANMERKUNG 2 Klasse T0 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.
ANMERKUNG 3 Der Hersteller darf einen Mittelwert und einen kleinsten Einzelwert angeben, der höher als der für Klasse T4 angegebene ist.
ANMERKUNG 4 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.

d) 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 Schleifscheibe bei festgelegten Bedingungen und unter Zusatz eines Schleifmittels erzeugt wird. Der Widerstand gegen Tiefenverschleiß wird aus der Sehnenlänge 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 (nicht größer als) [mm^3]
A1	2100
A2	1100
A3	450

e) Gleit-/Rutschwiderstand

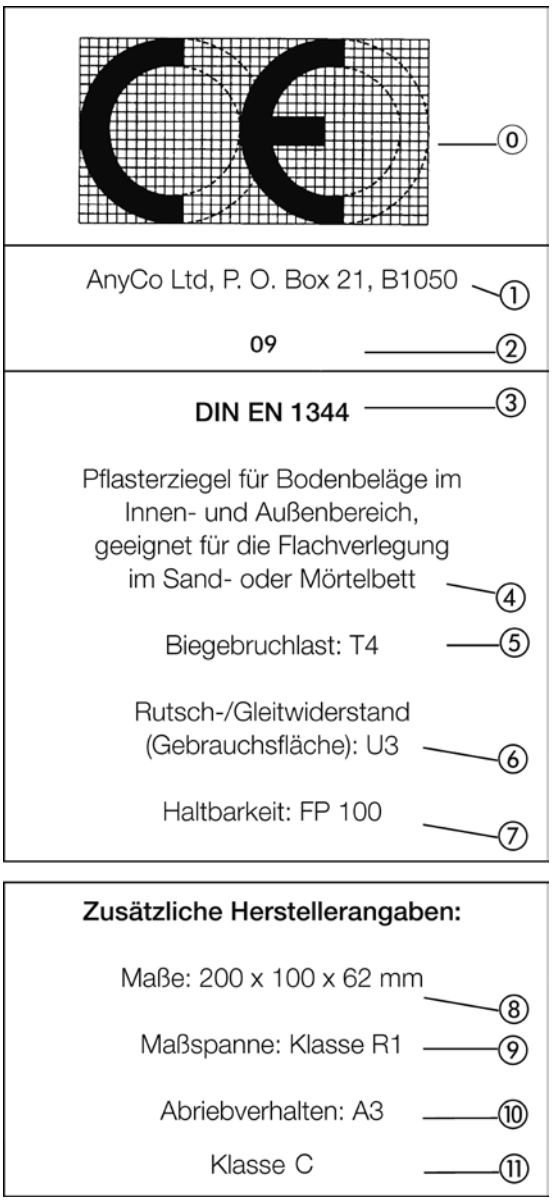
Der Gleit-/Rutschwiderstand wird gemäß DIN EN 1344 mit dem SRT-Pendelgerät (Skid Resistance Tester) an unpolierten Pflasterziegeln bzw. Pflasterklinkern gemessen. Anhand des Messwertes (Unpolished Skid Resistance Value) erfolgt eine Einstufung in vier Klassen. Der Hersteller deklariert gemäß der in Tabelle 5 der EN 1344 vorgesehenen Anforderungsklassen von U0 bis U3 (USRV = 55). Diese Angabe gilt nur für die deklarierte Gebrauchsfläche (z.B. für die Flachverlegung der Lagerfläche).

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

CE-Kennzeichnung

Im Unterschied zu dem früher für Pflasterklinker nach DIN 18 503, Ausg. August 1989, festgelegten Anforderungsniveau können heute durch die Klasseneinteilung in der DIN EN 1344 unterschiedliche Produktleistungsklassen beschrieben werden. Der Anwender muss heute – je nach vorgesehenem Verwendungszweck – darauf achten, welche Anforderungsklasse zusammen mit dem CE-Zeichen vom Hersteller zugesichert wird. Die jeweils höchsten Klassen entsprechen dabei näherungsweise den Anforderungen der früher gültigen DIN 18 503 Pflasterklinker, Ausgabe August 1989.

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 in Übereinstimmung mit der DIN EN 1344 brauchbar sind und entsprechend in allen Ländern der EU gehandelt und verwendet werden dürfen.



0) CE –Konformitätszeichen
1) Hersteller und/oder Lieferant: Name, Warenzeichen und Adresse des Pflasterklinkerherstellers
2) Jahr: Jahreszahl (letzten zwei Ziffern), in dem die Kennzeichnung aufgebracht wurde (hier: 2009)
3) Norm: Bezeichnung der Norm – hier DIN EN 1344
4) Anwendungsbereich: Pflasterziegel/Pflasterklinker werden i. d. R. für die ungebundene Verlegung im Sand/Splitt-Bett hergestellt. Pflasterziegel/Pflasterklinker für die Verlegung im Mörtelbett (gebundene Ausführung) müssen gesondert gekennzeichnet sein.
5) Biegebruchlast – hier: Klasse T4 (Biegebruchlast im Mittel N/mm)
6) Gleit-/Rutschwiderstand – hier: Klasse U3 (USRV-Mittelwert SRT ≥ 55)
7) Frost-Tau-Widerstand – hier: Klasse FP100 (widerstandsfähig gegen Frost-Tau-Wechsel)
8) Form und Abmessungen: Nennmaße
Die Maßabweichung vom Nennmaß (Mittelwert) darf nicht größer sein als $\pm 0{,}4 \cdot \sqrt{d}$, wobei „d“ das Nennmaß der Dicke in mm anzusetzen ist.
9) Maßspanne – hier: Klasse R1 (Maßspanne nicht größer als $0{,}6 \cdot \sqrt{d}$, wobei für „d“ das jeweilige Nennmaß in mm einzusetzen ist)
10) Abriebwiderstand – hier: Klasse A3 (Mittleres Abriebvolumen ≤ 450 mm³)
11) Säurebeständigkeit: Pflasterziegel/Pflasterklinker sind säurebeständig, um in Fabrikbereichen, in chemischen Werken, in der Lebensmittel- und in der Landwirtschaft eingesetzt zu werden.

Abb. 3-6: Beispiel für die CE-Kennzeichnung eines Pflasterziegels nach DIN EN 1344

3.4.3 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 1344, jedoch zusätzlich mit besonderen Anforderungen an die Wasseraufnahme und die Scherbenrohdichte. 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: die DIN 18503:2003-12. Diese beinhaltet den gesamten Regelungsgehalt der DIN EN 1344 und ergänzt die für die Klinkerqualität ausschlaggebenden Kriterien der „Wasseraufnahme“ und der „Scherbenrohdichte“:

a) Wasseraufnahme

Die Wasseraufnahme von Pflasterklinkern darf 6 M.-% nicht überschreiten. 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 worden ist, darf für Pflasterklinker höchstens eine Wasseraufnahme von 6%, bezogen auf die Masse, vorhanden sein.

b) Scherbenrohdichte

Die Scherbenrohdichte von Pflasterklinkern muss mindestens 2,0 kg/dm³ (Mittelwert) bzw. mindestens 1,9 kg/dm³ (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/dm³ und ein Einzelwert von mindestens 1,9 kg/dm³ festgestellt werden. Bei der Kennzeichnung der Scherbenrohdichte durch den Hersteller erfolgt lediglich die Angabe des Mindestwertes für den Mittelwert.

3.4.4 Kennzeichnung durch den Hersteller (Paket-Einleger)

CE	
Klinkerziegelei GmbH Postfach 1234, 20112 Musterstadt	
09	
DIN EN 1344	
Pflasterziegel für Bodenbeläge im Innen- und Außenbereich, geeignet für die Verlegung im Sandbett oder im Mörtelbett.	
Brandverhalten	Klasse A1
Biegebruchlast: bei Dicken ≥ 52 mm bei Dicken ≤ 45 mm	 Klasse T4 Klasse T2
Gleit-/Rutschwiderstand	Klasse U3
Haltbarkeit	Klasse FP 100

Zusätzliche Herstellerangaben nach DIN EN 1344	
Maße	240 x 118 x 52 mm
Abriebwiderstand	Klasse A3
Maßspanne	Klasse R1
Säurebeständigkeit	Klasse C
Biegezugfestigkeit Mittelwert: Einzelwert:	 ≥ 10 N/mm² ≥ 8 N/mm²

Pflasterklinkereigenschaften nach DIN 18503	
Wasseraufnahme	≤ 6 M.-%
Scherbenroh-dichte	≥ 2,0 g/cm³

BLAU-BUNT–DF

432 Stück mit Fase

Pflasterklinker DIN EN 1344
240 x 118 x 52 mm - E Maßspanne R1

Klinkerziegelei
Artikelnummer

Abb. 3-7: Beispiel für einen Paket-Einleger

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 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.

3.4.5 Pflasterziegel und Pflasterklinker nach den TL Pflaster-StB

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	FP100
Biegebruchlast	T4
Abriebwiderstand	A3

Für einige der am häufigsten verwendeten Nennmaße sind die sich in der Klasse R1 ergebenden zulässigen Maßabweichungen in Tab. 3-1 angegeben.

	Nennmaß [mm]	zul. Abweichung vom Mittelwert [mm]	Klasse R1 zul. Maßspanne [mm]
	d	± 0,4 √d	0,6 √d
Dicke	45	± 3	4
	52	± 3	4
	62	± 3	5
	71	± 3	5
Länge/Breite	100	± 4	6
	118	± 4	6
	200	± 6	8
	240	± 6	9

Tab. 3-1: Zulässige Maßabweichungen und Maßspannen

Anforderungen an den Gleit-/Rutschwiderstand sind in den TL Pflaster 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 USRV-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.

Klasse	USRV-Mittelwert
U3	≥ 55

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.

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.)		

3.4.6 Klinkerplatten

Klinkerplatten müssen den gleichen Anforderungen wie für Pflasterziegel/Pflasterklinker nach Abschnitt 4.2 der TL Pflaster 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.

3.4.7 Bordklinker

Bordklinker müssen die gleichen Anforderungen wie für Pflasterziegel/Pflasterklinker nach Abschnitt 4.2 der TL Pflaster erfüllen.

3.5 Formate

3.5.1 Fugenbreite und Rastermaß

Das für die Planung einer Pflasterfläche zu beachtende Rastermaß setzt sich immer aus den Nennmaßen der Pflasterklinker zuzüglich dem aus bautechnischen Gründen erforderlichen Fugenmaß 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 (Dünnformat, Reichsformat und Normalformat). Häufig wurden so genannte Pflasterklinker und Mauerziegel auf derselben Produktionslinie hergestellt. Die auf Straßenbauklinker spezialisierte Produktion hat bei der Fortentwicklung zu größeren Materialdicken sich folgerichtig auf Dicken von 80 mm und 100 mm eingestellt.

3.5.2 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. *3-2*).

Formate und Maße sind nicht in der Norm geregelt. Die Herstellmaße richten sich nach der Verlegeart und sind vor der Lieferung zu vereinbaren. Dabei ist zu berücksichtigen, ob die Pflasterklinker

- für engfugige Verlegung:
  Fugenbreite 3 mm bis maximal 5 mm (E) oder
- für Verlegung mit breiter Fuge:
  Fugenbreite 8 bis 10 mm (F)

vorgesehen sind. Der Klinkerbedarf ergibt sich aus dem gewählten Format zuzüglich Fugenanteil und Verschnitt je nach Verlegeart.

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.

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

Produkt	Verlegeart	Abmessungen der Gebrauchsfläche [mm]	Dicke [mm]
Rechteckformate	Enge Fuge (E)	200/100 220/108 240/118 300/150	45 – 100 52 – 71 52 – 80 52 – 71
	Breite Fuge (F)	240/115 220/105 300/145	52 – 100
	Hochkant/Riegel	200/52 – 71 220/52 – 71 240/52 – 71 290/52 – 71 490/52 – 71	80 – 118
Quadratformate	Enge Fuge (E) Breite Fuge (F)	100/100 118/118 120/120 150/150 180/180 200/200 205/205 240/240 300/300	45 – 100
Mosaik		60/60	52 – 62 (80)
Rasenlochklinker		200/100 230/110 240/115 300/145	71 – 113
Verbundpflaster – S-Form – Fischform – TT-Form – Sonderform	Enge Fuge (E)	200/125 200/170 240/115 240/160	52 – 100
Klinker für versickerungs-fähige Pflasterflächen	Breite Fuge (F)	Abmessungen s. o.	Abmessungen s. o.
Sonderformate	Enge Fuge (E)	240/160 200/150 300/118	45 – 100

Tab. 3-2: Ausgewählte Formate und Verlegearten von Pflasterklinker

3.5.3 Sonderformate

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 *(siehe Abb. 3-8).*

3.6 Herstellungsbedingte Besonderheiten

3.6.1 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.

3.6.2 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 Rohtonsorten nicht auszuschließen.

Gemäß DIN EN 1344:2002-07 „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.

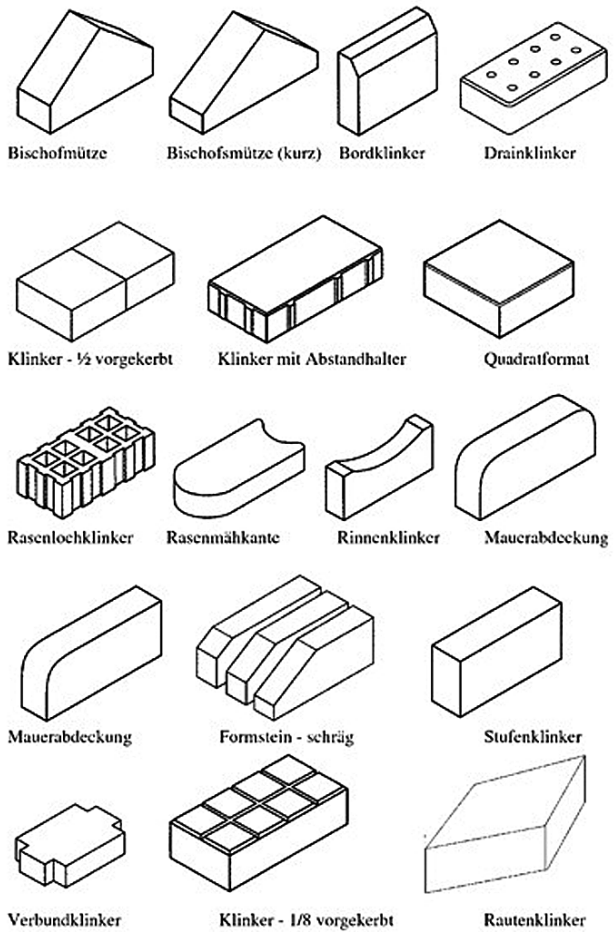


Abb. 3-8: Formklinker

3.6.3 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.

3.7 Verbände

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.

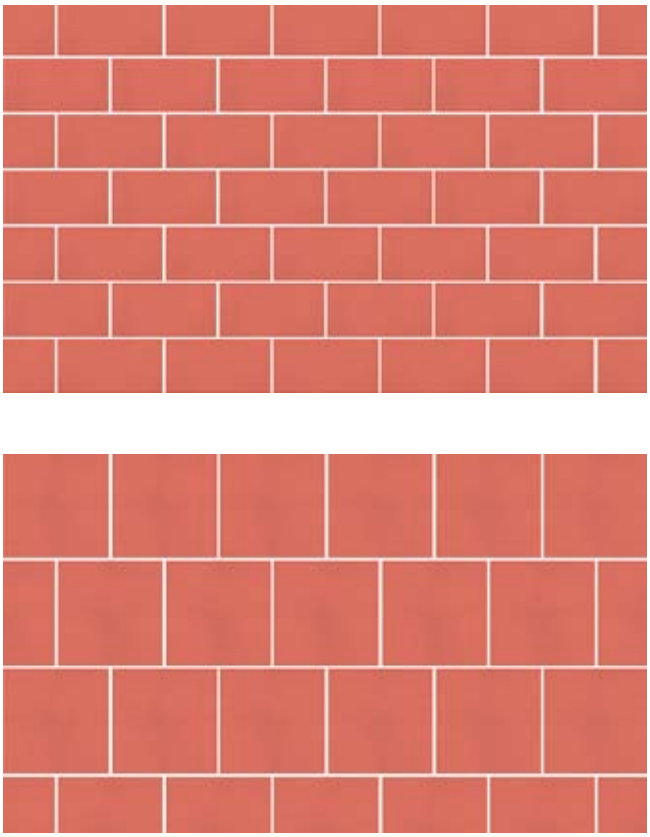


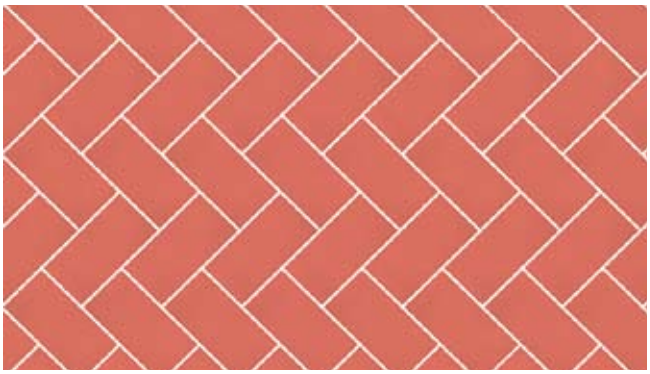
Abb. 3-9: Läuferverband mit rechteckförmigen oder quadratischen Pflasterklinkern

3.7.1 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.

3.7.2 Fischgrätverband

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 Griffigkeit 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.



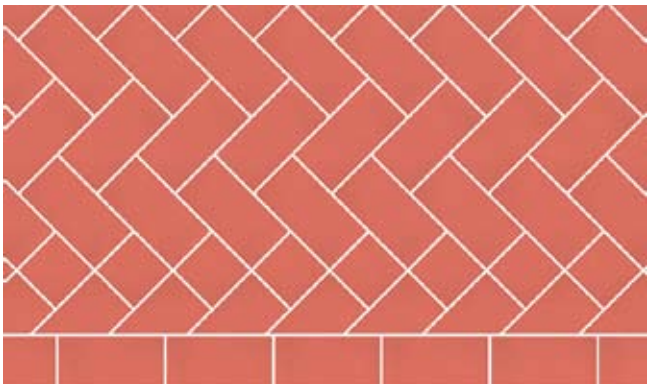
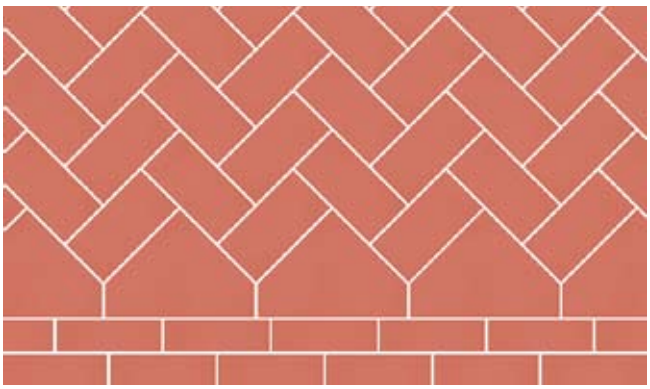


Abb. 3-10: Fischgrät- oder Keperverband; Randanschluss unter Verwendung von halben und geschnittenen Klinkern



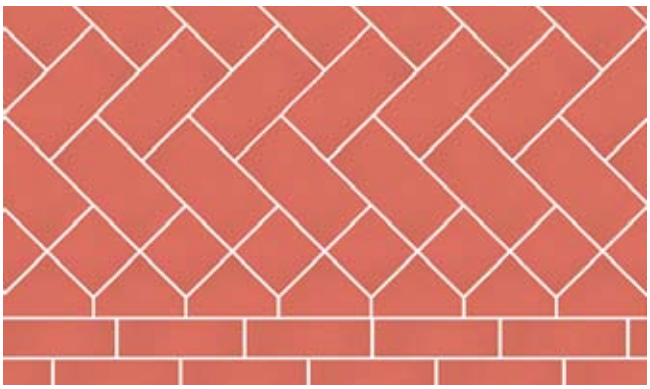


Abb. 3-11: Randanschluss unter Verwendung von Bischofsmützen

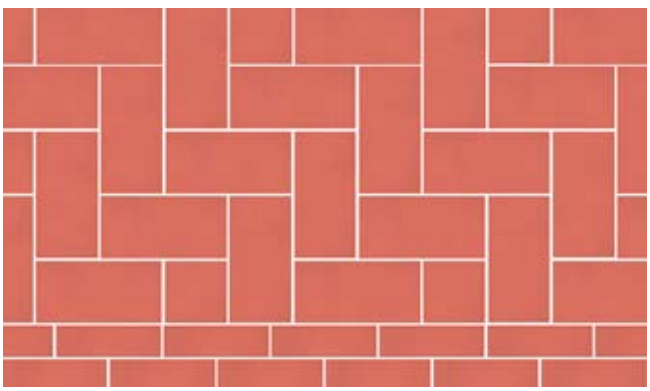


Abb. 3-12: Ellbogenverband

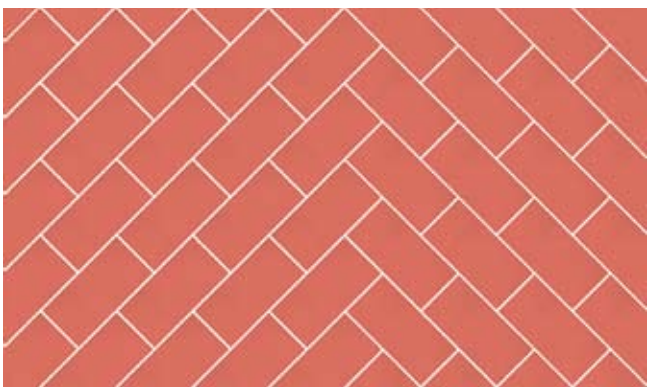


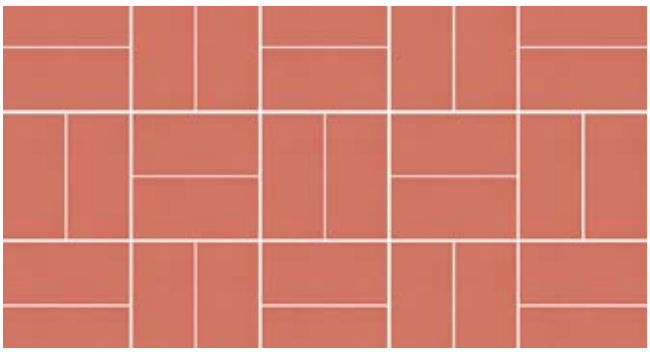
Abb. 3-13: Diagonalverband

3.7.3 Diagonalverband

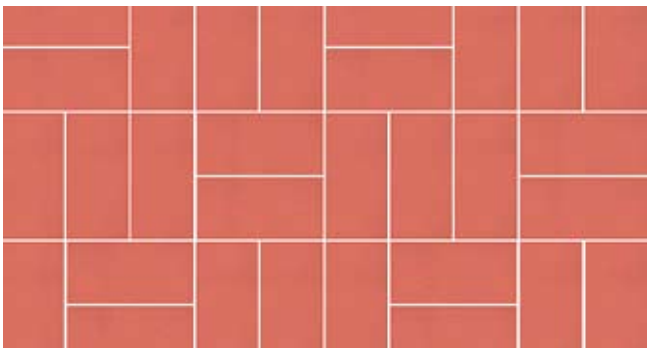
Beim Diagonalverband handelt es sich um einen Läufer- oder Reihenverband, der im Winkel von 45° zur Wegachse verlegt wird. Für den Diagonalverband gelten die zum Fischgrät- bzw. Keperverband gemachten Aussagen sinngemäß.

3.7.4 Block- oder Parkettverband

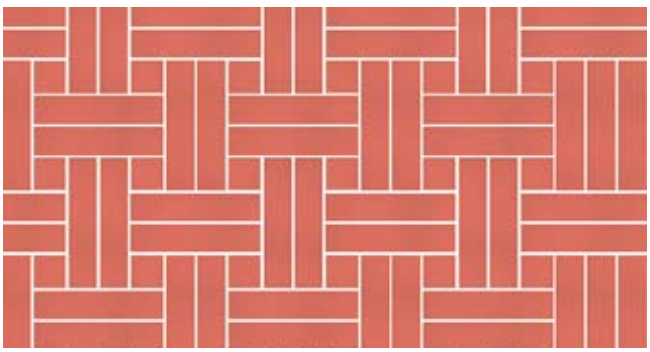
Für den Block- oder Parkettverband werden Pflasterklinker in kleinen Blöcken zu zwei oder drei Klinkern zusammengefasst oder um einen Mittelstein verlegt. Daraus ergeben sich Muster mit großer Variationsbreite. Da diese Verbände Kreuzfugen und/oder durchgehende Längsfugen besitzen und somit die Pflasterfläche 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.



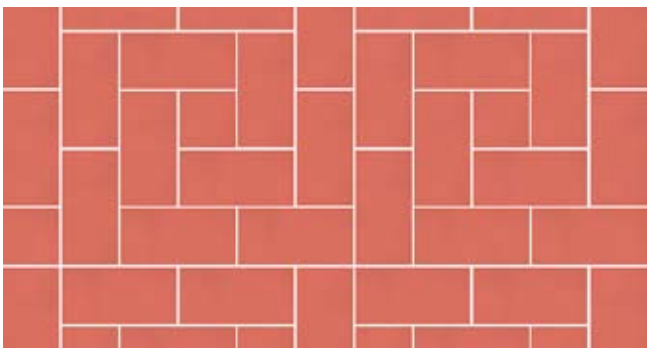
Je zwei Pflasterklinker in wechselnder Richtung flach verlegt



Abwechselnd je zwei bzw. drei Pflasterklinker in wechselnder Richtung flach verlegt



Hochkant verlegter Flechtverband mit quadratischen Ergänzungen 8 x 8 cm oder 6 x 6 cm

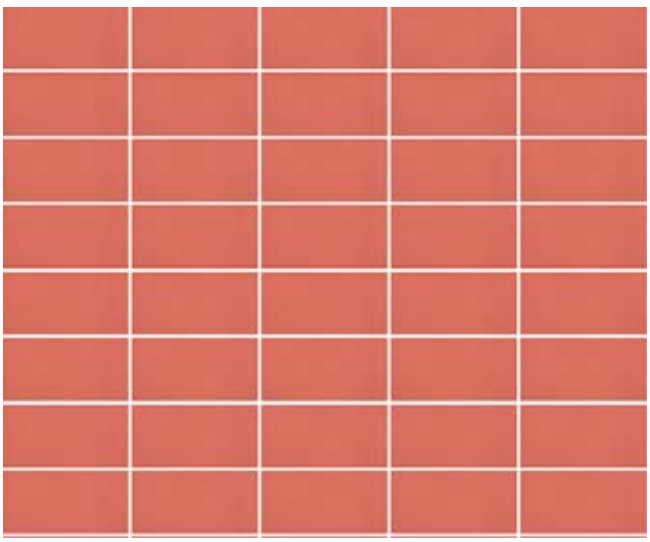


Mittelsteinverband flachverlegt. Bildung kleiner Blöcke aus je 12 Pflasterklinkern Mittenbildung mit halben Stein

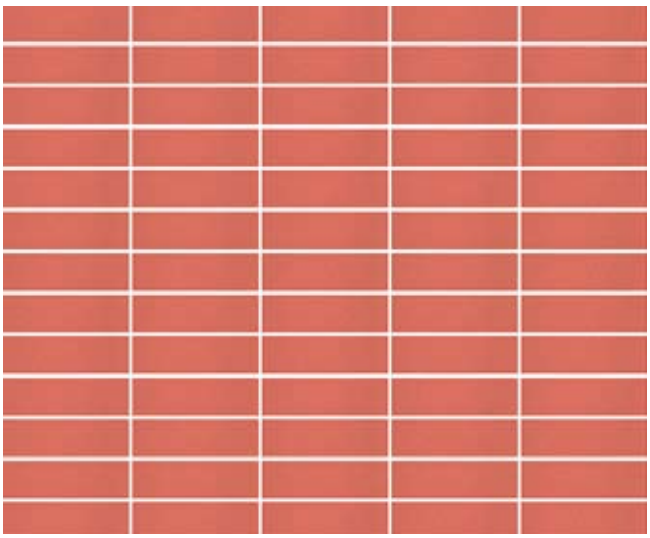
Abb. 3-14: Block- oder Parkettverbände

3.7.5 Lineare Verlegemuster

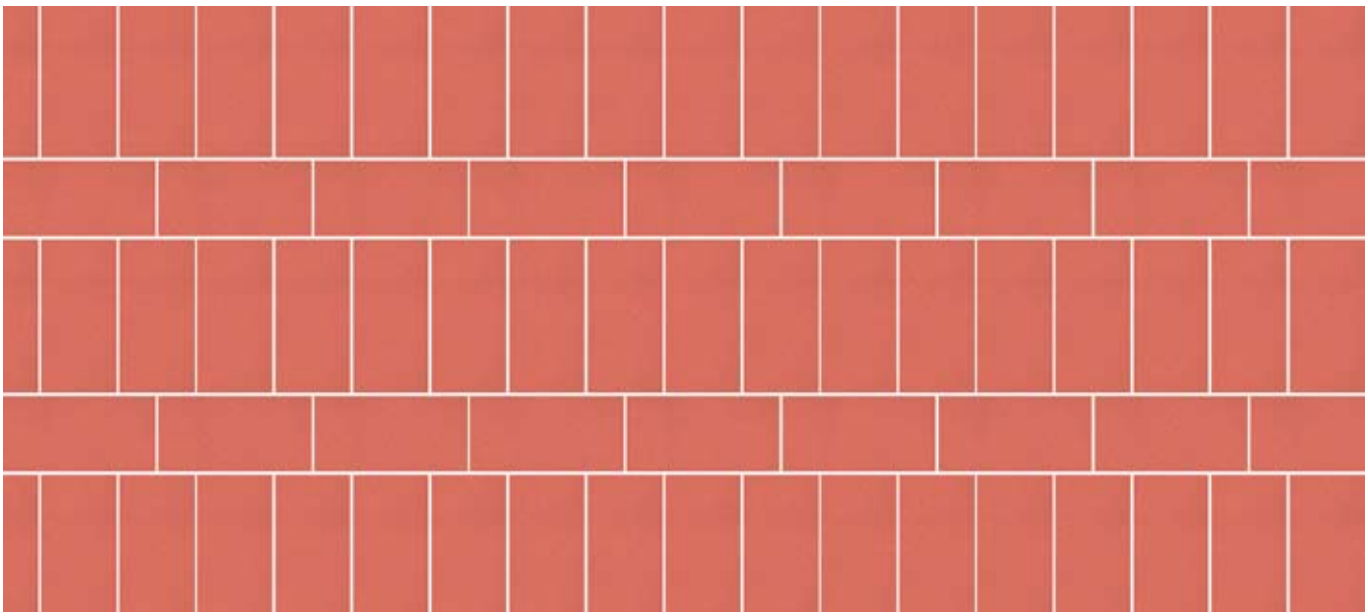
Lineare Verlegemuster ermöglichen eine streng lineare Gliederung der Fläche. Beim Verlegen muss darauf geachtet werden, dass die Klinker exakt im Raster verlegt werden, damit gerade Fugenverläufe erzielt werden können. Mit diesen Verlegemustern können keine Kurven verlegt werden. Da diese Verbände Kreuzfugen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



Lineares Muster bei Verwendung von normalen Rechteckklinkern



Lineares Muster mit hochkant verlegten Klinkern oder mit Klinkerriemchen



In wechselnder Richtung linear verlegtes Muster

Abb. 3-15: Lineare Verlegemuster

3.7.6 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

3.7.7 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 JUNGFELD, KRASS und ROHLEDER [1] der horizontale Verschiebungswiderstand von Klinkerpflasterflächen mit einem Spreizgerät systematisch untersucht. Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, dass sowohl Bauweisen mit Läuferverband quer als auch mit Fischgrät- bzw. Ellbogenverband einen hohen horizontalen Verschiebungswiderstand aufweisen. Diese, 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.

4 Planung und Bauausführung

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.

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.

4.1 Das Technische Regelwerk und seine Bedeutung im Bauvertrag

Bei der Planung und Herstellung von Verkehrsflächenbefestigungen mit Klinkerpflaster sind die folgenden technischen und zusätzlichen 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.

4.1.1 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 hierbei 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 18315 Verkehrswegebauarbeiten, Oberbauschichten ohne Bindemittel
- ATV DIN 18316 Verkehrswegebauarbeiten, Oberbauschichten mit hydraulischen Bindemitteln
- ATV DIN 18317 Verkehrswegebauarbeiten, Oberbauschichten aus Asphalt

In der DIN 18318 wird die Flachverlegung von Pflasterklinkern in Reihen vorausgesetzt. Diese gilt als Kalkulationsgrundlage und als geschuldete Leistung bei der Abnahme, sofern nicht in der Leistungsbeschreibung eine andere Form der Verlegung beschrieben ist.

4.1.2 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.

4.1.3 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.

4.1.4 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen

Die Ergänzung der ATV durch Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen (ZTV) ist dann notwendig, wenn die in den ATV genannten Mindestanforderungen 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

4.1.5 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
- Richtlinien für den ländlichen Wegebau
- RuA-StB – Richtlinie für die umweltverträgliche Anwendung von industriellen Nebenprodukten und Recycling-Baustoffen im Straßenbau aus wasserwirtschaftlicher Sicht

4.1.6 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

- M FP 1 – Merkblatt für Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen, Teil 1: Regelbauweise (ungebundene Ausführung)

- Arbeitspapier Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen in gebundener Ausführung
- Gebundene Bauweise – historisches Pflaster – Merkblatt E 5-21-07/D (Hrsg.: WTA)
- Merkblatt für wasserdurchlässige Befestigungen von Verkehrsflächen
- Merkblatt über den Rutschwiderstand von Pflaster- und Plattenbelägen für den Fußgängerverkehr
- Merkblatt für Dränbetontragschichten (DBT)
- Merkblatt für die Herstellung von Trag- und Deckschichten 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)

4.2 Entwässerung

4.2.1 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 Quer- und Längsneigung der Oberfläche der jeweiligen Verkehrsfläche in Abhängigkeit von der gewählten Deckenbauweise festgelegt.

Bei der Festlegung der Neigung der Oberfläche sollten die Hinweise der einschlägigen Richtlinien und Empfehlungen zur Längs-, Quer- und Schrägneigung der jeweiligen Verkehrsfläche beachtet werden. Üblicherweise wird eine Mindestquerneigung von 2,5 % zugrunde gelegt. Grundsätzlich ist in der DIN 18318 für Klinkerpflasterdecken ein Mindestwert für die abflusswirksame, resultierende Neigung (Resultierende aus Quer- und Längsneigung) der Pflasterdecken von 2,5 % vorgesehen. Dieser Wert sollte lediglich bei gezielt wasserdurchlässig konzipierten Flächenbefestigungen *(siehe Abs. 6.2)* unterschritten werden, um die Versickerungsleistung zu erhöhen.

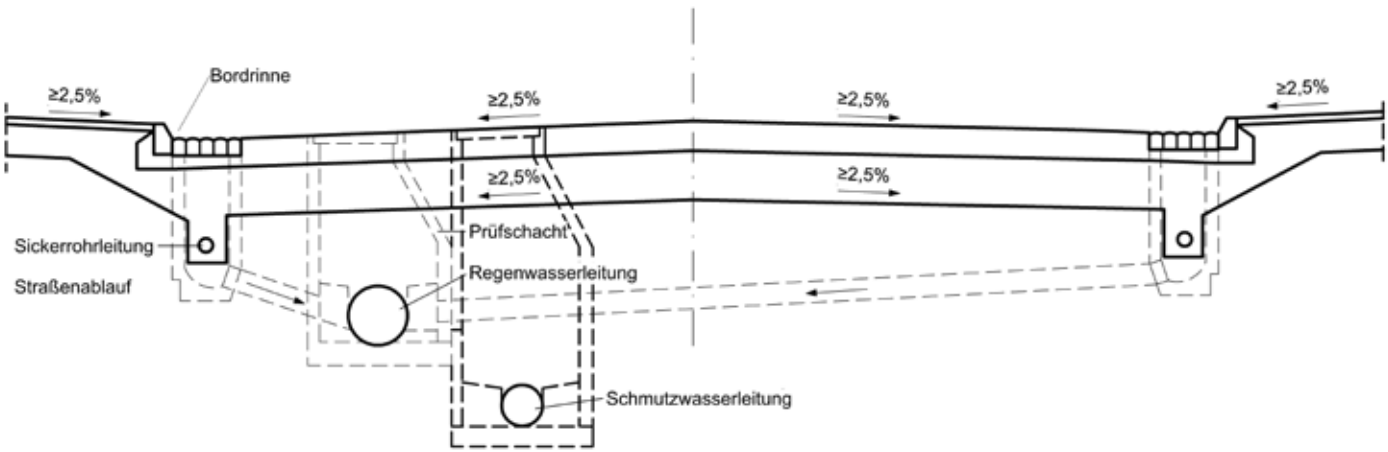


Abb. 4-1: Querneigungen bei einer Innerortsstraße (RAS-Ew)

Aus bautechnischen Gründen wird die erforderliche Neigung (Mindestquerneigung: 2,5 % bei Fahrbahnen) in allen Schichten der Verkehrsflächenbefestigung hergestellt. Bereits das Planum und auch die Oberflächen der Tragschichten müssen somit das Gefälle des Pflasterbelages aufweisen.

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

4.2.2 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 der 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).

4.3 Bemessung und Festlegung der Schichten des Aufbaus der Befestigung

4.3.1 Vorgehensweise

Die Bemessung 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 die für sonstige Verkehrsflächen sowie die für Rad- und Gehwege. Für private Flächenbefestigungen sollte die Festlegung der Schichtenfolge und Schichtdicken ebenfalls nach den RStO durchgeführt werden.

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

Stufe 1: Zuordnung einer Bauklasse

In den RStO werden je nach Verkehrsmenge der Fahrzeugarten des Schwerverkehrs sieben Bauklassen (SV, I bis VI) unterschieden. Für Fahrbahnen wird anhand der in der Nutzungszeit zu erwartenden Belastung durch den Schwerverkehr ($DTV^{(SV)}$) die bemessungsrelevante Beanspruchung B nach einem formal festgelegten Verfahren berechnet (siehe RStO 01).

Zeile	Bemessungsrelevante Beanspruchung B [Äquivalente 10-t-Achsübergänge in Mio. im Verlauf der Nutzungsdauer]	Bauklasse
1	über 32	SV
2	über 10 bis 32	I
3	über 3 bis 10	II
4	über 0,8 bis 3	III
5	über 0,3 bis 0,8	IV
6	über 0,1 bis 0,3	V
7	bis 0,1	VI

Tab. 4-1: Bemessungsrelevante Beanspruchung B und zugeordnete Bauklasse nach den RStO

Stehen keine Informationen über die zu erwartende Schwerverkehrsbelastung zur Verfügung, was bei Innerortsstraßen häufig der Fall ist, so darf die Zuordnung der Bauklasse ausnahmsweise anhand der Straßenart erfolgen. Für Busverkehrsflächen und Flächen des ruhenden Verkehrs (Parkplätze) erfolgt die Bauklassenzuordnung grundsätzlich anhand der jeweiligen Tabelle. Auch für private Flächen, die von Kraftfahrzeugen befahren werden, sollte eine Bauklasse bestimmt werden.

Zeile	Straßenart	Bauklasse
1	Schnellverkehrsstraße, Industriesammelstraße	SV / I / II
2	Hauptverkehrsstraße, Industriestraße, Straße im Gewerbegebiet	II / III
3	Wohnsammelstraße, Fußgängerzone mit Ladeverkehr	III / IV
4	Anliegerstraße, befahrbarer Wohnweg, Fußgängerzone (ohne Busverkehr)	V / VI

Tab. 4-2: Straßenart und zugeordnete Bauklasse (RStO 01)

Zeile	Busverkehrsfläche	Bemessungsrelevante Beanspruchung B für	Bauklasse min.
1	Von Bussen mitbenutzte Fahrstreifen	Fahrstreifen	[1]
2	Bushaltestellen im Fahrstreifen der Fahrbahn und im Busfahrstreifen	Fahrstreifen	III [2] [3]
3	Busfahrstreifen	Busfahrstreifen	III [2]
4	Busbuchten	Busbucht	III [2] [3] [4]
5	Busbahnhöfe	Fahrgasse	III [2]
		Haltestreifen	III
6	Busparkplätze	Fahrgasse	III [2]
		Parkstand	III

[1] Es ist zu prüfen, ob diese Verkehrsfläche besonderen Beanspruchungen unterliegt.
[2] Wenn die Belastung mehr als rd. 150 Busse/Tag beträgt, sollte eine höhere Bauklasse gewählt werden.
[3] Abweichend hiervon kann es zweckmäßig sein, die gleiche Bauklasse wie für die angrenzende Fahrbahn zu wählen.
[4] Wenn die Verkehrsbelastung weniger als rd. 15 Busse/Tag beträgt, kann eine niedrigere Bauklasse gewählt werden.

Tab. 4-3: Busverkehrsflächen und zugeordnete Bauklasse (RStO 01)

Gemäß Zeile 2 der Tabelle 4-3 sind von Bussen mitbenutzte Fahrstreifen mindestens in die Bauklasse III einzuordnen, sofern Bushaltestellen in der Fahrbahn angeordnet sind!

Zeile	Verkehrsart		Bauklasse
1.1	Ständig genutzte Parkfläche	Schwerverkehr	III / IV[1]
1.2		Pkw-Verkehr mit geringem Schwerverkehrsanteil	V
1.3		Pkw-Verkehr	VI
2.1	Gelegentlich genutzte Parkfläche	Schwerverkehr	IV / V
2.2		Pkw-Verkehr mit geringem Schwerverkehrsanteil	V / VI
2.3		Pkw-Verkehr	[2]

[1] Wenn diese Verkehrsfläche keinen besonderen Beanspruchungen gem. Abschnitt 2.7 der RStO unterliegt.
[2] Nach Erfordernis, siehe auch Abschnitt 5.3 der RStO.

Tab. 4-4: Parkflächen und zugeordnete Bauklasse (RStO 01)

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 1)*,
- den örtlichen klimatischen Bedingungen, u. a. der Frosteinwirkungszone (siehe Abb. 4-2),
- den örtlichen Verhältnissen (bautechnischen Randbedingungen), welche die Frosteindringung beeinflussen (siehe Tab. 4-7) sowie
- der zuvor ermittelten Bauklasse.

Die in den DIN 18196 genormten Böden sind hinsichtlich ihrer Frostempfindlichkeit in den ZTV E-StB in die Frostempfindlichkeitsklassen F1 (frostsicher), F2 (frostempfindlich) und F3 (sehr frostempfindlich) 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. 4-5) und der Werte infolge örtlicher Verhältnisse (Tab. 4-6). Liegen keine besonderen Erfahrungen oder Einzeluntersuchungen vor, kann die Mehr- oder Minderdicke aus den Einzelwerten für die verschiedenen Kriterien gemäß Tabelle 4-6 wie folgt bestimmt werden:

Mehr- oder Minderdicke = A + B + C + D

Die Frosteinwirkungszonen für die gesamte Bundesrepublik sind in Abb. 4-2 dargestellt. Diese Einteilung bietet nur einen groben Anhalt, örtliche Besonderheiten können zu Abweichungen führen.

Zeile	Frostempfindlichkeitsklasse	Dicke [cm] bei Bauklasse		
		SV / I / II	III / IV	V / VI
1	F2	55	50	40
2	F3	65	60	50

Tab. 4-5: Ausgangswerte für die Bestimmung der Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaues (RStO 01)

Zeile	Örtliche Verhältnisse [1)]		A	B	C	D
1.1	Frosteinwirkung	Zone I	± 0 cm			
1.2		Zone II	+ 5 cm			
1.3		Zone III	+ 15 cm			
2.1	Lage der Gradiente	Einschnitt, Anschnitt, Damm £ 2,0 m (ausgenommen Ziffer 2.2)		+ 5 cm		
2.2		In geschlossener Ortslage Etwa in Geländehöhe		± 0 cm		
2.3		Damm > 2,0 m		- 5 cm		
3.1	Wasser-verhältnisse	Günstig			± 0 cm	
3.2		Ungünstig gemäß ZTV E-StB			+ 5 cm	
4.1	Ausführung der Randbereiche (z. B. Seiten-streifen, Radwe-ge, Gehwege)	Außerhalb geschlossener Ortslage sowie in geschlossener Ortslage mit wasserdurchlässigen Randbereichen				± 0 cm
4.2		In geschlossener Ortslage mit teilweise wasserdurchlässigen Randbereichen sowie mit Entwässerungseinrichtungen				- 5 cm
4.3		In geschlossener Ortslage mit wasser-undurchlässigen Randbereichen und geschlossener seitlicher Bebauung sowie mit Entwässerungseinrichtungen				- 10 cm

[1)] Für weitere ungünstige Einflüsse auf die Frostsicherheit von Straßen (z. B. Nordhang- oder Schattenlage) kann eine Mehrdicke von 5 cm angesetzt werden.

Tab. 4-6: Mehr- oder Minderdicken infolge örtlicher Verhältnisse (RStO 01)

Für Rad- und Gehwege ist bei Böden der Frostempfindlichkeitsklassen F2 und F3 außerhalb geschlossener Ortschaften eine Mindestdicke des frostsicheren Oberbaues von 30 cm ausreichend. In geschlossener Ortslage ist die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaues mit 20 cm anzunehmen. 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, sollte eine Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus von 20 cm bis 30 cm vorgesehen werden, um Gefrier- und Auftauschäden oder Setzungen infolge statischer Lasten (z. B. Pflanzkübel, feste Gartengrills…) zu vermeiden.

Abb. 4-2: Frosteinwirkungszonen

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 4-7 entnommen werden.

Unterlage		**E_{v2} auf dem Planum**				**E_{v2} auf der Frostschutzschicht**			
		≥ 45 MN/m²		**≥ 80 MN/m²**		**≥ 100 MN/m²**		**≥ 120 MN/m²**	
Zu bauende Tragschicht ohne Bindemittel		Schotter-, Splitt-Sand-Gemisch	Kies-Sand-Gemisch	Schotter-, Splitt-Sand-Gemisch	Kies-Sand-Gemisch	Schotter-, Splitt-Sand-Gemisch	Kies-Sand-Gemisch	Schotter-, Splitt-Sand-Gemisch	Kies-Sand-Gemisch
E_{v2} auf Frostschutzschicht	≥ 100 MN/m²	20 cm	25 cm	15 cm	20 cm				
	≥ 120 MN/m²	30 cm	35 cm	20 cm	25 cm				
E_{v2} auf Schotter- oder Kiestragschicht	≥ 120 MN/m²	25 cm	30 cm	15 cm	20 cm	15 cm	20 cm	-	-
	≥ 150 MN/m²	30 cm	40 cm	20 cm	30 cm	20 cm	30 cm	15 cm	20 cm
	≥ 180 MN/m²	-	-	-	-	30 cm	-	20 cm	-

Tab. 4-7: Anhaltswerte für die aus Tragfähigkeitsgründen erforderlichen Schichtdicken von Tragschichten ohne Bindemittel gemäß den ZTV T-StB in Abhängigkeit von den E_{v2}-Werten der Unterlage sowie von der Tragschichtart (RStO 01)

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} ≥ 80 MN/m² auf der Unterlage der Pflasterdecke sicherzustellen.

Stufe 3: Wahl der Bauweise

Die Bauweisen mit Pflasterdecke für Fahrbahnen sind in Tafel 3 der RStO zusammengestellt (Tab. 4-8). Bauweisen mit Klinkerpflaster für Fahrbahnen können für die Bauklassen III bis VI verwendet werden. Die Bauweisen mit Pflasterdecke sind unter wesentlicher Berücksichtigung der Anforderungen an den Straßenbau in geschlossener Ortslage festgelegt worden. Sie können dabei untereinander und im Vergleich zu den in dieselbe Bauklasse eingeordneten Bauweisen mit Asphalt- oder Betondecke hinsichtlich ihrer Tragfähigkeit und Nutzungsdauer ungleichwertig sein (vgl. Abschnitt 2.5.1 der RStO).

Jede Zeile innerhalb der Tabellen 4-8 und 4-9 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.

(Dickenangaben in cm; ▼ E_{v2} - Mindestwerte in MN/m²)

Zeile	Bauklasse	SV				I				II				III				IV				V				VI			
	Äquivalente 10-t-Achsübergänge in Mio. B	> 32				> 10 - 32				> 3 - 10				> 0,8 - 3				> 0,3 - 0,8				> 0,1 - 0,3				≤ 0,1			
	Dicke des frostsich. Oberbaues[1]	55	65	75	85	55	65	75	85	55	65	75	85	45	55	65	75	45	55	65	75	35	45	55	65	35	45	55	65
	Schottertragschicht auf Frostschutzschicht																												
1	Pflasterdecke [8]													10				8				8				8			
	Schottertragschicht													150 / 3 / 25				150 / 3 / 20				120 / 3 / 15				120 / 3 / 15			
	Frostschutzschicht													120 / 38				120 / 31				100 / 26				100 / 26			
	Dicke der Frostschutzschicht													45				45				45				45			
														-	-	27[3]	37	-	-	34[2]	44	-	19[3]	29	39	-	19[3]	29	39
	Kiestragschicht auf Frostschutzschicht																												
2	Pflasterdecke [8]													10				8				8				8			
	Kiestragschicht													150 / 3 / 30				150 / 3 / 25				120 / 3 / 20				120 / 3 / 20			
	Frostschutzschicht													120 / 43				120 / 36				100 / 31				100 / 31			
	Dicke der Frostschutzschicht													45				45				45				45			
														-	-	-	32[2]	-	-	29[3]	39	-	-	24[2]	34	-	-	24[2]	34
	Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material																												
3	Pflasterdecke [8]													10				8				8				8			
	Schotter- oder Kiestragschicht													150 / 3 / 30 [16]				150 / 3 / 30 [16]				120 / 3 / 25 [16]				120 / 3 / 25 [16]			
	Schicht aus frostunempfindlichem Material													45 / 43				45 / 41				45 / 36				45 / 36			
	Dicke der Schicht aus frostunempfindlichem Material	Ab 12 cm aus frostunempfindlichem Material, geringere Restdicke ist mit dem darüber liegenden Material auszugleichen																											
	Asphalttragschicht auf Frostschutzschicht																												
4	Pflasterdecke [8]													10				8				8				8			
	Asphalttragschicht [15]													120 / 3 / 14				120 / 3 / 12				100 / 3 / 10				100 / 3 / 10			
	Frostschutzschicht													45 / 27				45 / 23				45 / 21				45 / 21			
	Dicke der Frostschutzschicht													-	28[3]	38	48	-	32[2]	42	52	-	24[2]	34	44	-	24[2]	34	44
	Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschutzschicht																												
5	Pflasterdecke [8]													10				8				8				8			
	Asphalttragschicht [15]													150 / 3 / 10				150 / 3 / 8				120 / 3 / 8				120 / 3 / 8			
	Schottertragschicht													120 / 15				120 / 15				100 / 15				100 / 15			
	Frostschutzschicht													45 / 38				45 / 34				45 / 34				45 / 34			
	Dicke der Frostschutzschicht													-	-	27[3]	37	-	-	31[2]	41	-	-	21[2]	31	-	-	21[2]	31
	Asphalttragschicht und Kiestragschicht auf Frostschutzschicht																												
6	Pflasterdecke [8]													10				8				8				8			
	Asphalttragschicht [15]													150 / 3 / 10				150 / 3 / 8				120 / 3 / 8				120 / 3 / 8			
	Kiestragschicht													120 / 20				120 / 20				100 / 20				100 / 20			
	Frostschutzschicht													45 / 43				45 / 39				45 / 39				45 / 39			
	Dicke der Frostschutzschicht													-	-	-	32[2]	-	-	26[3]	36	-	-	16[3]	26	-	-	16[3]	26
	Dränbetontragschicht auf Frostschutzschicht																												
7	Pflasterdecke [8]													10				8				8				8			
	Dränbetontragschicht (DBT) [15]													120 / 3 / 20				120 / 3 / 15				100 / 3 / 15				100 / 3 / 15			
	Frostschutzschicht													45 / 33				45 / 26				45 / 26				45 / 26			
	Dicke der Frostschutzschicht													-	-	32[2]	42	-	29[3]	39	49	-	19[3]	29	39	-	19[3]	29	39

1) Bei abweichenden Werten sind die Dicken der Frostschutzschicht bzw. des frostunempfindlichen Materials durch Differenzbildung zu bestimmen, siehe auch Tabelle 8

2) Mit rundkörnigen Gesteinskörnungen nur bei örtlicher Bewährung anwendbar

3) Nur mit gebrochenen Gesteinskörnungen und bei örtlicher Bewährung anwendbar

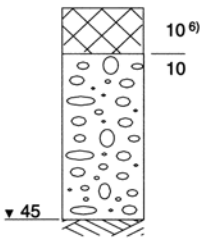
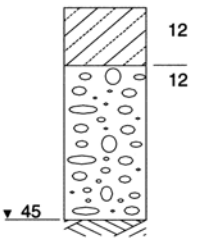
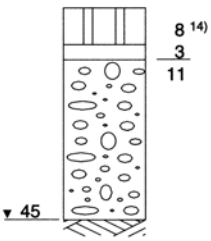
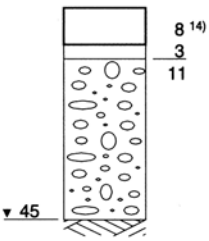
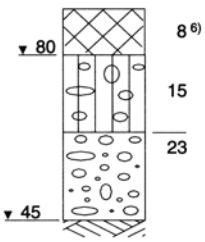
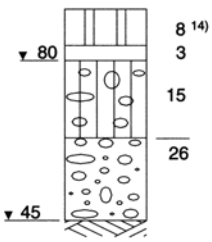
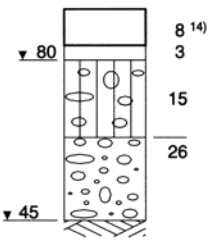
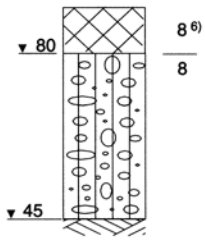
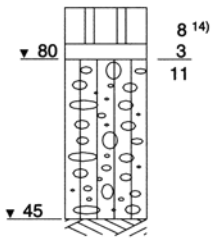
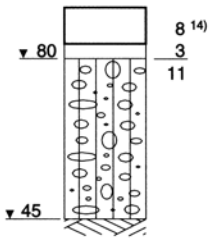
8) Abweichende Steindicke siehe Abschnitt 3.3.5

15) Siehe ZTV P-StB

16) Bei Kiestragschicht in Bauklassen III und IV in 40 cm Dicke, in Bauklassen V und VI in 30 cm Dicke

Tab. 4-8: Bauweisen mit Pflasterdecke für Fahrbahnen auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau (Tafel 3 der RStO 01)

(Dickenangaben in cm; ▼ E_{v2} - Mindestwerte in MN/m²)

Zeile	Bauweisen mit	Asphaltdecke			Betondecke			Pflasterdecke			Plattenbelag		
	Dicke des frostsich. Oberbaues	20	30	40	20	30	40	20	30	40	20	30	40
	Schicht aus frostunempfindlichem Material												
1	Decke Schicht aus frostunempfindlichem Material												
	Dicke der Schicht aus frostunempfindlichem Material	10	20	30	-	18	28	-	19	29	-	19	29
	Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material												
2	Decke Schotter- oder Kiestragschicht Schicht aus frostunempfindlichem Material												
	Dicke der Schicht aus frostunempfindlichem Material	-	-	17				-	-	14	-	-	14
	Schotter- oder Kiestragschicht auf Planum												
3	Decke Schotter- oder Kiestragschicht												
	Dicke der Schotter- oder Kiestragschicht	-	22	32				-	19	29	-	19	29

6) Tragdeckschicht, siehe auch Abschnitt 3.3.3

14) Auch geringere Dicke möglich

Tab. 4-9: Bauweisen mit Pflasterdecke für Rad- und Gehwege auf F2- und F3-Untergund/Unterbau (Tafel 7 der RStO 01)

Stufe 4: Festlegung der Schichtdicken

Für die gewählte Bauweise werden im entsprechenden Feld (Tab. 4-8 und 4-9) die Schichtdicken abgelesen. Die RStO legen die Nenndicken der Pflasterklinker für Bauklasse III mit 10 cm, für Bauklasse IV bis VI sowie für Rad- und Gehwege mit 8 cm zugrunde. Für Fahrbahnen der Bauklassen III bis VI können auch Pflasterklinker mit größerer Dicke verwendet werden. Kleinere Dicken, jedoch nicht unter 6 cm, können bei Vorliegen ausreichend positiver Erfahrungen mit entsprechenden 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. Die in den RStO pauschal mit 3 cm angegebene Dicke der Bettung muss gemäß DIN 18318 zwischen 3 cm und 5 cm liegen und sollte daher hier im Mittel mit 4 cm angesetzt werden.

Die festgelegte Dicke des frostsicheren Oberbaues 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 Oberbaues abzüglich der Schichtdicken des Pflasters, der Bettung und der Tragschicht. Zusätzlich ist unter Verwendung der Tab. 4-7 zu prüfen, ob die aus Tragfähigkeitsgründen erforderliche Mindestdicke der Frostschutzschicht vorhanden ist. Falls sich hieraus eine größere Dicke ergibt, so ist die Dicke der Frostschutzschicht und damit auch die Oberbaudicke entsprechend zu erhöhen.

Stufe 5: Mindestwerte der Tragfähigkeit auf den Schichten ohne Bindemittel

Für das Planum und die einzelnen Tragschichten ohne Bindemittel sind in den Tabellen 4-8 und 4-9 Mindest-Tragfähigkeitswerte (Verformungsmoduln E_{v2} in MN/m²) angegeben. Hierbei handelt es sind um Empfehlungen. Für die Bauausführung gelten die Anforderungen gemäß den ZTV E-StB, den ZTV SoB-StB und den ZTV Pflaster-StB. Für Rad- und Gehwege sollte grundsätzlich ein Verformungsmodul E_{v2} von mindestens 80 MN/m² auf der Unterlage (unter der Bettung) vorgesehen werden.

4.3.2 Zusätzliche Hinweise für besondere Arten von Flächenbefestigungen

4.3.2.1 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.

4.3.2.2 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 Oberbaubemessung kann – unter Berücksichtigung der Belastung dieser Flächen – in Anlehnung an die RLW oder die RStO erfolgen.

4.3.2.3 Bauweisen mit Sickerpflasterklinker und Rasenpflasterklinker

Versickerungsfähige Verkehrsflächenbefestigungen mit Sickerpflaster- und Rasenpflasterklinker sind für Fahrbahnen der Bauklassen V und VI sowie für Parkflächen und wenig befahrene Wohn- oder Versorgungswege geeignet. Dazu zählen auch gering belastete Verkehrsflächen in der Landwirtschaft, Parkbuchten und verkehrsberuhigte Zonen. 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.

Besteht der Untergrund/Unterbau aus gering/mittel bis sehr frostempfindlichen Böden der Frostempfindlichkeitsklassen F2 oder F3, so sollte die Bemessung grundsätzlich für einen F3-Boden erfolgen. Zudem sind „ungünstige Wasserverhältnisse„ und „wasserdurchlässige Randbereiche„ bei der Ermittlung der Dicke des frostsicheren Oberbaus anzusetzen. Darüber hinaus muss ggf. eine Mehrdicke aufgrund des Verlaufs der Gradiente (für Verkehrsflächen im Ein- und Anschnitt oder auf einem Damm < 2 m Höhe) oder weiterer ungünstiger Einflüsse auf die Frostsicherheit vorgesehen werden. Damit ergibt sich bei frostempfindlichen Böden der Frostempfindlichkeitsklassen F2 und F3 die Mindestdicke des frostsicheren (wasserdurchlässigen) Oberbaus innerhalb der in Tab. 4-11 aufgeführten Bereiche.

Untergrund ausreichend wasserdurchlässig:		**Erforderliche Oberbaudicke für**		
Frostempfindlichkeitsklasse	**Art der Tragschicht**	**Fahrbahnen (RStO-Tafel 3, Zeile 3)** Bauklasse		**Rad- und Gehwege (RStO-Tafel 7, Z. 3)**
		V	VI	
F 1	Schottertragschicht	40 cm	40 cm	30 cm
	Kiestragschicht	50 cm	50 cm	30 cm

Tab. 4-10: Richtwerte für die erforderliche Oberbaudicke bei frostsicherem und wasserdurchlässigem Untergrund (F1-Boden)

Untergrund:		**Dickenbereiche des frostsicheren Oberbaus für**			
Frostempfindlichkeitsklasse	**Frosteinwirkungszone**	**Fahrbahnen der Bauklassen V und VI (RStO-Tafel 3, Zeile 3)**		**Rad- und Gehwege (RStO-Tafel 7, Zeile 3)**	
		min.	max.	min.	max.
F2 oder F3	I und II	60 cm	70 cm	40 cm	50 cm
	III	70 cm	80 cm	50 cm	60 cm

Tab. 4-11: Dickenbereiche des frostsicheren Oberbaus für wasserdurchlässige Verkehrsflächenbefestigungen mit Sickerpflaster- bzw. Rasenpflasterklinker

4.4 Planung und Ausführung der Befestigung

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

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

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

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

gegeben sein.

4.4.1 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.

Tragfähigkeit

Zum Nachweis einer ausreichenden Tragfähigkeit des Planums ist mit Hilfe des Plattendruckversuches nach DIN 18134 ein Verformungsmodul E_{v2} von mindestens 45 MN/m² 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.

Verdichtung

Als Voraussetzung für die angestrebte Verformungsbeständigkeit des Untergrundes/Unterbaues muss der anstehende bzw. eingebaute Boden die in den Tabellen 4-10 und 4-11 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	GW, GI, GE SW, SI, SE, GU, GT, SU, ST	100
2	1,0 m unter Planum bis Dammsohle	GW, GI, GE SW, SI, SE GU, GT, SU, ST	98
3	Planum bis Dammsohle und bis 0,5 m Tiefe bei Einschnitten	GU*, GT*, SU*, ST* U, T, OU[1)], OT[1)]	97
[1)] Für Böden der Gruppen OU unt OT gelten die Anforderungen nur dann, wenn ihre Eignung und Einbaubedingungen gesondert untersucht und im Einvernehmen mit dem Auftraggeber festgelegt wurden.			

Tab. 4-12: Anforderung an das 10 % Mindestquantil für den Verdichtungsgrad D_{Pr} nach den ZTV E-StB

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; die Mindestquerneigung beträgt damit 2,5 %. Nur falls der Untergrund/Unterbau aus einem wasserempfindlichen Boden besteht, ist abweichend eine Querneigung des Planums von mindestens 4,0 % auszuführen.

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. Es kann in der Regel vorausgesetzt werden, dass ein Boden mit einem Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f > 1 \times 10^{-6}$ m/s eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit besitzt. Weist der Boden eine geringere Wasserdurchlässigkeit auf oder ist mit aufsteigendem oder seitlich eindringendem Wasser zu rechnen, so ist eine Planumsentwässerung anzuordnen.

4.4.2 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 nur Tragschichten ohne Bindemittel verwendet. Auf Flächen, bei denen aufgrund der Verkehrsbelastung besonders hohe Anforderungen an die Verformungsbeständigkeit der Tragschichten gestellt sind, kommen zudem gelegentlich 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“ zu entnehmen. Wasserdurchlässige Asphalttragschichten werden nach dem „Merkblatt für wasserdurchlässige Befestigungen von Verkehrsflächen“ konzipiert.

4.4.2.1 Anforderungen an Tragschichten ohne Bindemittel

Die Anforderungen an Böden oder Gesteinskörnungsgemische, die zur Herstellung von Tragschichten ohne Bindemittel verwendet werden, ist 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 frostunempfindlichen Material (SfM)“ und „Frostschutzschichten (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.

a) Schichten aus frostunempfindlichen Material (SfM) und Frostschutzschichten (FSS)

Schichten aus frostunempfindlichen 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 frostunempfindlichen Material wird mit Frostschutzschichten (FSS) gleichzeitig eine Erhöhung der Tragfähigkeit, ausgehend vom Planum, verfolgt. Daher ist auf der Oberfläche einer Frostschutzschicht das Erreichen eines Mindestwertes für den Verformungsmodul E_{v2} mit Hilfe des Plattendruckversuches nach DIN 18134 nachzuweisen. Frostschutzschichten 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 Frostschutzschicht das 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 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 FSSen) zu kontrollieren.

Tragfähigkeit

Zum Nachweis der Tragfähigkeit ist der Verformungsmodul E_{v2} mit Hilfe des Plattendruckversuches nach DIN 18134 zu bestimmen. Die in Tabelle 4-13 genannten Werte für den Verformungsmodul E_{v2} sind einzuhalten.

Bauklassen	Verformungsmodul E_{v2} auf der Frostschutzschicht ausgehend von einem Verformungsmodul auf dem Planum von E_{v2} ≥ 45 MN/ m²
III und IV	≥ 120 MN/m² (≥ 100 MN/m²)[1]
V und VI	≥ 100 MN/m² (≥ 80 MN/m²)[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 MN/m² erreichen lässt, kann in der Leistungsbeschreibung für die Frostschutzschicht ein E_{v2}-Wert von ≥ 100 MN/m² vorgesehen werden. [2] Wenn sich durch die Verdichtung der darüber liegenden Tragschicht ein E_{v2}-Wert von ≥ 100 MN/m² erreichen lässt, kann in der Leistungsbeschreibung für die Frostschutzschicht ein E_{v2}-Wert von ≥ 80 MN/m² vorgesehen werden.	

Tab. 4-13: Mindestwerte für den Verformungsmodul auf Frostschutzschichten gemäß den ZTV SoB-StB

Verdichtung

Die Frostschutzschicht bzw. Schicht aus frostunempfindlichem Material ist so zu verdichten, dass mindestens der Verdichtungsgrad D_{Pr} nach Tabelle 4-14 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."

Nr.	Bereiche	Baustoffgemische und Böden[1] gemäß ZTV SoB-StB, Abschnitt 2.2.2	Verdichtungsgrad D_{Pr} in %	
			Bauklassen III, IV und V	Bauklasse VI, Rad- und Gehwege, sonstige Verkehrsflächen
1	Oberfläche Frostschutzschicht bis 0,2 m Tiefe	0/8 bis 0/63 und Böden GW und GI	103	100
2	Frostschutzschicht 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				

Tab. 4-14: Mindestanforderungen für den Verdichtungsgrad D_{Pr} von Baustoffgemischen und Böden in der Frostschutzschicht bzw. Schicht aus frostunempfindlichem Material in Anlehnung an die ZTV SoB-StB

Ebenheit und profilgerechte Lage

Eine ausreichende Ebenheit und profilgerechte Lage der Frostschutzschicht 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 Frostschutzschicht nicht größer als 3 cm sein. Die profilgerechte Lage ist gemäß den ZTV SoB-StB gegeben, wenn die Abweichung der Oberfläche der Frostschutzschicht von der Sollhöhe nicht mehr als ± 2,0 cm beträgt.

b) 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 M.-%). 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 U ≥ 13 sein.

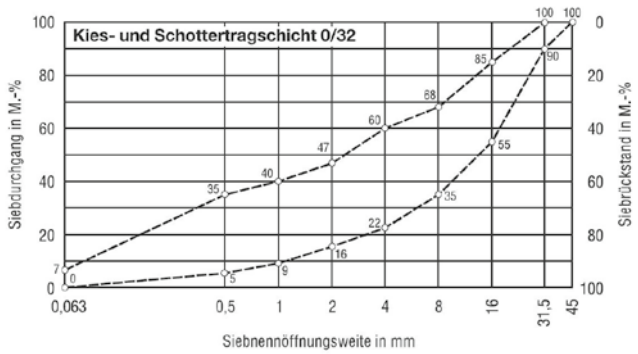


Abb. 4-3: Sieblinienbereich für Kies- und Schottertragschichten 0/32 im eingebauten Zustand gemäß den ZTV SoB-StB

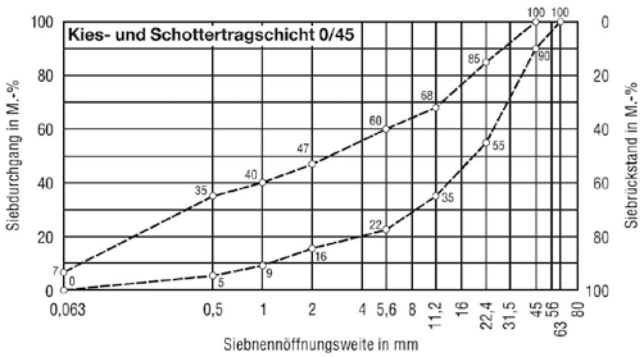


Abb. 4-4: Sieblinienbereich für Kies- und Schottertragschichten 0/45 im eingebauten Zustand gemäß den ZTV SoB-StB

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

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

Tragfähigkeit

Zum Nachweis der Tragfähigkeit ist der Verformungsmodul E_{v2} mit Hilfe des Plattendruckversuches nach DIN 18134 zu bestimmen. Die in Tabelle 4-15 genannten Werte für den Verformungsmodul E_{v2} sind einzuhalten.

Gemäß den ZTV Pflaster-StB soll bei Verkehrsflächenbefestigungen in den Bauklassen III und IV die obere Tragschicht ohne Bindemittel einen Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 180$ MN/m² aufweisen. Im Hinblick auf die notwendige Wasserdurchlässigkeit der Tragschicht sollte daher mit Hilfe eines Probeeinbaues geprüft werden, ob sich die Anforderungen an die Tragfähigkeit und an die Wasserdurchlässigkeit gleichermaßen erfüllen lassen. Ggf. sollte ein anderes Baustoffgemisch verwendet werden.

Bauweise „Schottertragschicht auf Frostschutzschicht“			
Bauklassen III und IV		**Bauklassen V und VI**	
Dicke der Schottertragschicht	**Verformungsmodul E_{V2} auf der Schottertragschicht[1)]**	**Dicke der Schottertragschicht**	**Verformungsmodul E_{V2} auf der Schottertragschicht[2)]**
≥ 15 cm	≥ 150 MN/m²	≥ 15 cm	≥ 120 MN/m²
≥ 20 cm	≥ 180 MN/m²	≥ 20 cm	≥ 150 MN/m²
[1)] ausgehend von einem Verformungsmodul auf der Frostschutzschicht von E_{V2} ≥ 120 MN/m²		[2)] ausgehend von einem Verformungsmodul auf der Frostschutzschicht von E_{V2} ≥ 100 MN/m²	

Bauweise „Kiestragschicht auf Frostschutzschicht“			
Bauklassen III und IV		**Bauklassen V und VI**	
Dicke der Kiestragschicht	**Verformungsmodul E_{V2} auf der Kiestragschicht[1)]**	**Dicke der Kiestragschicht**	**Verformungsmodul E_{V2} auf der Kiestragschicht[2)]**
≥ 20 cm	≥ 150 MN/m²	≥ 20 cm	≥ 120 MN/m²
≥ 25 cm	≥ 180 MN/m²	≥ 25 cm	≥ 150 MN/m²
[1)] ausgehend von einem Verformungsmodul auf der Frostschutzschicht von E_{V2} ≥ 120 MN/m²		[2)] ausgehend von einem Verformungsmodul auf der Frostschutzschicht von E_{V2} ≥ 100 MN/m²	

Bauweise „Schottertragschicht auf Planum bzw. auf Schicht aus frostunempfindlichem Material"				
Bauklassen III und IV		**Bauklassen V und VI**		**Rad- und Gehwege**
Dicke der Schottertragschicht	**Verformungsmodul E_{V2} auf der Schottertragschicht[3)]**	**Dicke der Schottertragschicht**	**Verformungsmodul E_{V2} auf der Schottertragschicht[3)]**	**Verformungsmodul E_{V2} auf der Schottertragschicht[3)]**
≥ 30 cm	≥ 150 MN/m²	≥ 25 cm	≥ 120 MN/m²	≥ 80 MN/m²
[3)] ausgehend von einem Verformungsmodul auf dem Planum von E_{V2} ≥ 45 MN/m²				

Bauweise „Kiestragschicht auf Planum bzw. auf Schicht aus frostunempfindlichem Material"				
Bauklassen III und IV		**Bauklassen V und VI**		**Rad- und Gehwege**
Dicke der Kiestragschicht	**Verformungsmodul E_{V2} auf der Kiestragschicht[3)]**	**Dicke der Kiestragschicht**	**Verformungsmodul E_{V2} auf der Kiestragschicht[3)]**	**Verformungsmodul E_{V2} auf der Kiestragschicht[3)]**
≥ 40 cm	≥ 150 MN/m²	≥ 30 cm	≥ 120 MN/m²	≥ 80 MN/m²
[3)] ausgehend von einem Verformungsmodul auf dem Planum von E_{V2} ≥ 45 MN/m²				

Tab. 4-15: Mindestwerte für den Verformungsmodul auf Kies- und Schottertragschichten gemäß den ZTV SoB-StB

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 Verdichtungszustandes das Verhältnis E_{v2}/E_{v1} aus den Ergebnissen des Plattendruckversuches verwendet, so gilt das unter „Frostschutzschichten“ aufgeführte Zitat aus den ZTV SoB-StB gleichermaßen.

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 ≤ 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 ± 2,0 cm betragen.

Einbaudicke

Die in den ZTV SoB-StB in Abhängigkeit vom Größtkorn des Tragschichtmaterials angegebenen Mindestdicken je Schicht oder Lage sind 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.

c) Wasserdurchlässigkeit von Tragschichten ohne Bindemittel

Anforderungen an die Wasserdurchlässigkeit von Tragschichten ohne Bindemittel sind in den ZTV SoB-StB nicht formuliert. Auch die ZTV Pflaster-StB setzen lediglich eine „ausreichende“ Wasserdurchlässigkeit der Unterlage von Pflasterdecken voraus, um das durch die Fugen eingedrungene Oberflächenwasser durch den Oberbau hindurch abzuleiten. Im Merkblatt M FP 1 wird eine Wasserdurchlässigkeit von Tragschichten ohne Bindemittel im verdichteten Zustand von $k_f \geq 10^{-5}$ m/s empfohlen. Da nur für wenige Tragschichtmaterialien Angaben zum Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte k_f vorliegen, erscheint es sinnvoll, anstelle der Wasserdurchlässigkeit die Versickerungsleistung vor Ort nach Herstellung der jeweiligen Schicht zu überprüfen. Dies kann mit Hilfe von Infiltrometern (z. B. Doppelring-Infiltrometer) erfolgen. Alternativ bietet sich als einfaches, praxisnahes Verfahren die Bestimmung des Wasserschluckwertes k* nach DIN 18035 Teil 6 an. Der Nachweis eines Wasserschluckwertes von $k^* \geq 10^{-5}$ m/s gilt als erbracht, wenn eine Wassermenge von 2 Litern innerhalb eines auf die Tragschichtoberfläche aufgesetzten und abgedichteten Metallringes mit einem lichten Durchmesser von 290 mm innerhalb von 50 Minuten versickert. Ein flächenhafter Wasseraustritt an der Tragschichtoberfläche darf dabei nicht auftreten. Es wird empfohlen, ein Prüfverfahren und eine Anforderung bezüglich des Messwertes bauvertraglich zu vereinbaren.

d) Verwendung von Recycling-Baustoffen und industriellen Nebenprodukten

Anstelle der Verwendung natürlicher Gesteinskörnungen wird oftmals der Einsatz von Gesteinskörnungen aus Recycling-Baustoffen oder industriellen Nebenprodukten erwogen. 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-Baustoffen oder industriellen Nebenprodukte unter Klinkerpflasterflächen zum Einsatz kommen, so sollten diese nicht nur einer Güteüberwachung gemäß den TL G SoB-StB unterliegen. Zusätzlich sollte der Hersteller erklären, dass ihre Verwendung unter Klinkerpflasterflächen unbedenklich ist und nicht zu Ausblühungen führen kann.

4.4.3 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 prüfen, ob die Unterlage den Anforderungen des Technischen Regelwerks hinsichtlich

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

entspricht.

4.4.3.1 Bettung

Bei Ausführung der Regelbauweise gemäß DIN 18318 und ZTV Pflaster-StB werden ungebundene Gesteinskörnungen als Bettungsmaterial verwendet. Anforderungen an das Bettungsmaterial werden in den TL Pflaster-StB, Abschnitt 3.2, und in den ZTV Pflaster-StB, Abschnitt 1.5.1.1, beschrieben (vgl. [3]).

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 III und IV sind Baustoffgemische aus gebrochenen Gesteinskörnungen mit einer ausreichenden Festigkeit zu verwenden. Sie müssen einen Zertrümmerungswiderstand der Kategorie SZ_{22} (Schlagzertrümmerungswert) bzw. LA_{25} (Los-Angeles-Wert) aufweisen. Zu empfehlen sind gebrochene Hartgesteine (z. B. Basaltsplitt), die nach dem Abrütteln der Klinkerpflasterdecke eine hohe Lagerstabilität 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 der Bauklassen V und VI sowie Wege und sonstige Flächen dürfen alternativ rundkörnige Gesteinskörnungen als Bettungsmaterial verwendet werden.

Die für Verkehrsflächen der Bauklassen III bis VI 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 Massen-% bei einer Sieböffnungsweite von 2 mm,
- **Bettungsmaterial 0/8** (TL Pflaster-StB, Tabelle 5, Zeile 1, Kategorie G_U): Siebdurchgang 30 bis 75

Massen-% bei einer Sieböffnungsweite von 2 mm und 50 bis 90 Massen-% bei einer Sieböffnungsweite von 4 mm.

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

Musterkörnung GmbH & Co KG
Schleichweg 13, 12345 Körnungshausen
Tel.: 00 00/1 23 45 67, Fax: 00 00/1 23 45 68
E-Mail: info@musterkoernung.de
Internet: www.musterkoernung.de

Produktdatenblatt Bettungsmaterial B0/8	Sorten-Nr. .....

Baustoffgemisch aus ungebrochenen und/oder gebrochenen Gesteinskörnungen für Pflasterdecken und Plattenbeläge in ungebundener Ausführung gemäß den TL Pflaster-StB und den ZTV Pflaster-StB

Gesteinsart .....
(Hüttensand (HS) und Hochofenstückschlacke (HOS) dürfen gemäß den TL Pflaster-StB 06, Abschn. 2, nur in geeignetem Gemisch mit natürlichen Gesteinskörnungen eingesetzt werden)

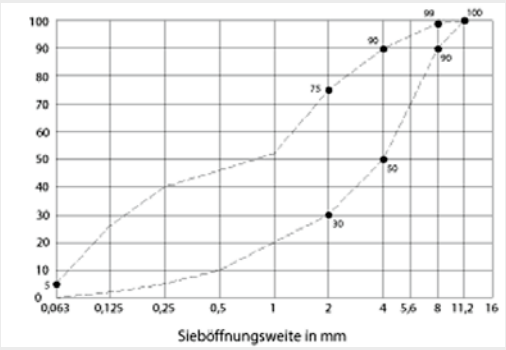
Anwendungsbereich
Pflasterdecken bis einschließlich Bauklasse V gemäß den RStO und Plattenbeläge

Gesteinsspezifische Eigenschaften[1)]			
Kornform grober Gesteinskörnungen	Kornformkennzahl ≤ 50 bzw. Plattigkeitskennzahl ≤ 50	Kategorie SI_{50} bzw. Kategorie FI_{50}	TL Gestein-StB 04, Anhang H
Schlagzertrümmerungswert bzw. Los Angeles Koeffizient	Soll: ≤ 26 Ist:	Soll-Kategorie SZ_{26} Ist-Kategorie	TL Gestein-StB 04, Anhang H
	Soll: ≤ 30 Ist:	Soll-Kategorie LA_{30} Ist-Kategorie	TL Gestein-StB 04, Anhang H

[1)] Alle hier nicht aufgeführten gesteinsspezifischen Eigenschaften gemäß den TL Gestein-StB 04, Anhang H, werden ebenfalls eingehalten.

Gemischspezifische Eigenschaften				
Anteil gebrochener Oberflächen	keine Anforderung		Kategorie C_{NR}	- -
Fließkoeffizient	Ist:		Kategorie E_{CS} angegeben	TL Gestein-StB 04, Anhang H bzw. TL Pflaster-StB 06, 2.
max. Feinanteil	Durchgang 0,063 mm ≤ 5 M.-%		Kategorie UF_5	TL Pflaster-StB 06, 3.2.2
min. Feinanteil	keine Anforderung		Kategorie LF_N	TL Pflaster-StB 06, 3.2.2
Überkornanteil	Durchgang bei 2 D Durchgang bei 1,4 D Durchgang bei D	100 M.-% 100 M.-% 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. 4-5: Beispiel eines Produktdatenblattes für Bettungsmaterialien (hier: Bettungsmaterial 0/8 aus rundkörnigen und/oder gebrochenen Gesteinskörnungen)

Die Anforderungen an Bettungsmaterialien für Pflasterdecken sind übersichtlich in Form von Produktdatenblättern zusammengestellt worden. Diese sind beim Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie im Internet abrufbar unter „www.pflasterklinker.de“.

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:

$$\frac{D_{15}}{d_{85}} \leq 5 \quad \textit{Sicherheitsbedingung gegen Erosion}$$

$$\frac{D_{50}}{d_{50}} \leq 25 \quad \textit{Sicherheitsbedingung gegen Kontakterosion (Abstand der Sieblinien)}$$

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 in der oberen Tragschichtebene dürfen nicht mit Bettungsmaterial ausgeglichen werden.

Zusammenhängende Flächen sollten mit Pflasterklinker gleicher Dicke ausgeführt werden. Etwaige sich ergebende Dickenunterschiede (z. B. bei Rollschichten oder an Überfahrten mit größerer Pflasterdicke) dürfen nicht in der Bettung, sondern müssen in der Tragschicht ausgeglichen werden.

Abb. 4-6: Abziehen der Oberfläche der Bettung unter Verwendung von zuvor ausgerichteten Metallschienen

Abb. 4-7: Abziehen der Oberfläche der Bettung unter Verwendung einer Lehre

4.4.3.2 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. 2.3)* gewählt werden.

Pflasterklinker für befahrene Verkehrsflächen:
Für Verkehrsflächen, die von Fahrzeugen des Schwerverkehrs befahren werden, sollte in den Bauklassen IV, V und VI gemäß RStO 01 die Regeldicke der Pflasterklinker 80 mm betragen. Pflasterklinker mit einer geringeren Dicke, jedoch nicht unter 60 mm, können gemäß RStO 01 alternativ verwendet werden, sofern ausreichend positive Erfahrungen mit bewährten regionalen Bauweisen vorliegen. Dickendifferenzen zum Regelaufbau gemäß RStO sind dann in den Tragschichten auszugleichen.

In Bauklasse III sind aufgrund der hohen Verkehrsbelastung Pflasterklinker mit einer Regeldicke von 100 mm versehen (siehe RStO). Alternativ ist die Verlegung als Rollschicht (Hochkant-Verlegung) möglich, um eine Dicke der Pflasterschicht von 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 Beschleunigungsbereiche an Bushaltestellen, vor Knotenpunkten bzw. mit 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 01 auch für Rad- und Gehwege eine Dicke der Pflastersteine von 80 mm angegeben. Allerdings können hier Pflasterklinker mit einer geringeren Dicke, z. B. auch Dicken von 45 mm oder 52 mm verwendet werden. Bei Überfahrten, wie z. B. Grundstückszufahrten, an denen ein regelmäßiges Befahren durch Kraftfahrzeuge erfolgt, ist die Dicke der Pflasterklinker, bei Aufkant-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.

Pflasterklinker werden überwiegend per Hand auf die höhengerecht abgezogene Bettung verlegt. 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 Verlegeverbandes 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 Abplatzungen 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. 4-8: Handverlegung von Pflasterklinkern

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 verlegegerecht paketiert 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 Steine 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 Steine, 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 Plasterklinkerformats 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, so darf die kürzere Länge des Pass-Steines nicht kleiner als die Hälfte der größten Kantenlänge des angelieferten Pflasterklinkers sein (vgl. auch ZTV Pflaster-StB). Zudem sollten sehr spitz zulaufende Pass-Steine (Winkel unter 45°) 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.

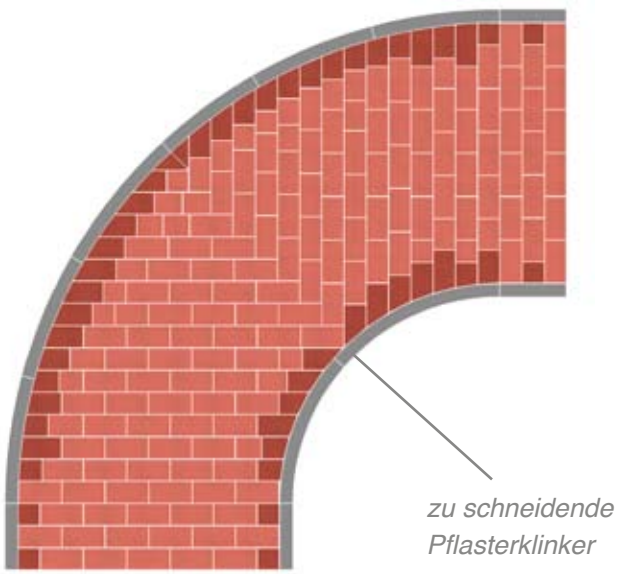


Abb. 4-9: Beispiel für Anschlüsse an Rundungen

4.4.3.3 Verdichtung und Fugenfüllung

Fugenmaterial

Die Regelbauweise gemäß DIN 18318 und 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.

Das Fugenmaterial muss einen Mindestgehalt an Feinanteilen (Korndurchmesser < 0,063 mm) von 2 M.-% (Kategorie LF_2) aufweisen. Unter dem Aspekt der Frostsicherheit der Fugenfüllung ist der maximale Feinanteil gemäß ZTV Pflaster-StB mit 9 M.-% festgelegt (Kategorie UF_9). Die Baustoffgemische 0/4 und 0/5 dürfen einen Überkornanteil von höchstens 10 M.-% aufweisen (Kategorie $G_{U,F}$). Bei der Siebgröße, die dem 1,4fachen des Größtkorns entspricht, muss der Siebdurchgang 100 M.-% betragen. Das Baustoffgemisch 0/2 darf einen Überkornanteil von höchstens 15 M.-% besitzen (Kategorie G_F85). Bei der Siebgröße 4 mm (2D) muss der Siebdurchgang 100 M.-% betragen. Zusätzlich gilt für ein Baustoffgemisch 0/2 aus Rundkorn (ungebrochenes Material), dass der Siebdurchgang bei der Siebgröße 2,8 mm (1,4D) mindestens 95 M.-% betragen muss.

Für Verkehrsflächen gemäß den Bauklassen III bis VI 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 Verkehrsflächen gemäß den Bauklassen III bis VI 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 III bis VI 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 Aussaugen 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 Größtkorn von 4 mm und eine gleichmäßig gestufte Korngrößenverteilung aufweisen.

Die Anforderungen an Fugenmaterialien 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“ im Bereich Technik.

Musterkörnung GmbH & Co KG
Schleichweg 13, 12345 Körnungshausen
Tel.: 00 00/1 23 45 67, Fax: 00 00/1 23 45 68
E-Mail: info@musterkoernung.de
Internet: www.musterkoernung.de

Produktdatenblatt Fugenmaterial F0/5g	Sorten-Nr. .....

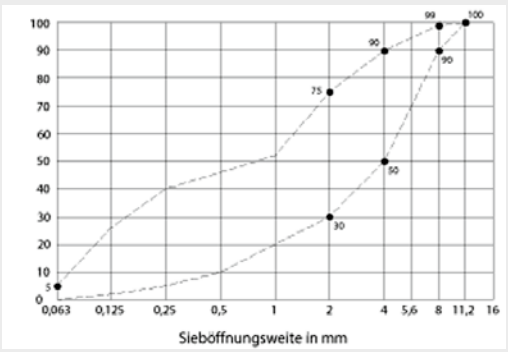
Baustoffgemisch aus gebrochenen Gesteinskörnungen für Pflasterdecken und Plattenbeläge in ungebundener Ausführung gemäß den TL Pflaster-StB und den ZTV Pflaster-StB

Gesteinsart .....
(Hüttensand (HS) und Hochofenstückschlacke (HOS) dürfen gemäß den TL Pflaster-StB 06, Abschn. 2, nur in geeignetem Gemisch mit natürlichen Gesteinskörnungen eingesetzt werden)

Anwendungsbereich
Pflasterdecken bis einschließlich Bauklasse III gemäß den RStO und Plattenbeläge

Gesteinsspezifische Eigenschaften[1)]			
Kornform grober Gesteinskörnungen	Kornformkennzahl ≤ 50 bzw. Plattigkeitskennzahl ≤ 50	Kategorie SI_{50} bzw. Kategorie FI_{50}	TL Gestein-StB 04, Anhang H
Schlagzertrümmerungswert bzw. Los Angeles Koeffizient	Soll: ≤ 26 Ist:	Soll-Kategorie SZ_{26} Ist-Kategorie	TL Gestein-StB 04, Anhang H
	Soll: ≤ 30 Ist:	Soll-Kategorie LA_{30} Ist-Kategorie	TL Gestein-StB 04, Anhang H

[1)] Alle hier nicht aufgeführten gesteinsspezifischen Eigenschaften gemäß den TL Gestein-StB 04, 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 $E_{CS}35$	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, 3.2.2
Überkornanteil	Durchgang bei 2 D Durchgang bei 1,4 D Durchgang bei D	100 M.-% 100 M.-% 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, 3.3.2, 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)

Abb. 4-10: Beispiel eines Produktdatenblattes für Fugenmaterialien (hier: Fugenmaterial 0/5G aus gebrochenen Gesteinskörnungen)

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:

$$\frac{D_{15}}{d_{15}} \geq 1$$ *Durchlässigkeitsbedingung*

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

$$\frac{D_{50}}{d_{50}} \leq 5$$ *Sicherheitsbedingung gegen Kontakterosion (Abstand der Sieblinien)*

mit:

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

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

Das Verfüllen der Fugen erfolgt kontinuierlich mit dem Fortschreiten der Verlegearbeiten. Zuvor sollten – möglichst unter Verwendung eines Richteisens – die Fugenverläufe ausgerichtet werden, sodass der gemäß DIN 18318 geforderte gleichmäßige Verlauf der Fugenachsen sichergestellt ist. Das Fugenmaterial wird dann auf das Pflaster aufgebracht, gleichmäßig verteilt und sorgfältig in die Fugen eingefegt. Zu große Gesteinskörner, die ggf. nicht in die Fugen passen, werden abgekehrt. Um ein möglichst vollständiges Füllen der Fugen zu erzielen, sollte das Fugenmaterial zusätzlich unter geringer Wasserzufuhr eingeschlämmt werden. Das Einschlämmen kann auch maschinell mit hierfür angebotenen Maschinen und Anbaugeräte erfolgen, mit denen sich alle gängigen Fugenmaterialien vollständig in die Fugen einarbeiten lassen. Die Fugen sind möglichst vollständig zu schließen, sodass beim Abrütteln keine Verschiebungen der Steine eintreten können. Unverfugte Pflasterflächen dürfen nicht abgerüttelt werden. Nach dem Einschlämmen ist mit dem 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.

Abb. 4-11: Abrütteln der zuvor abgekehrten Klinkerpflasterfläche

Vor dem Abrütteln muss überschüssiges Fugenmaterial von der Fläche abgekehrt werden, da sonst die Gefahr von Verunreinigungen der Pflasterfläche besteht. Es wird empfohlen mittelschwere Rüttelplatten mit Kunststoff-Gleitplatte zu verwenden (Zentrifugalkraft 20 KN, Betriebsgewicht ca. 130–160 kg). Die Pflasterfläche

wird dann bis zur Standfestigkeit gerüttelt. Das Abrütteln erfolgt in mehreren nebeneinander liegenden, sich überlappenden Bahnen und muss grundsätzlich von den Rändern beginnend zur Mitte hin durchgeführt werden. Durch das Abrütteln der Pflasterfläche erfolgt die Verdichtung bzw. Endverdichtung des Bettungsmaterials. Durch das Verdichten und den dabei verursachten horizontalen Schub auf die Pflastersteine wird zudem bewirkt, dass ein Teil des Bettungsmaterials von unten in die Fugen eindringt und diese zusätzlich stabilisiert. Das Eindringen von Bettungsmaterial von unten in die Fugen wird mit zunehmender Vorverdichtung des Bettungsmaterials abnehmen. Nach dem Abrütteln müssen die Fugen erneut vollständig gefüllt werden, was durch Einkehren oder erneutes Einschlämmen von Fugenmaterial erfolgen kann.

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 so genannter Fugenschluss hergestellt werden. Dazu wird ein feinkornreiches Fugenmaterial der Gesteinskörnung 0/2 in die Fugen eingefegt und 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 Aussaugen des Fugenmaterials erhöht. Es kann sogar ein mehrmaliges Einschlämmen erforderlich sein, um die Widerstandsfähigkeit der Fugenfüllung zu verbessern.

Geeignete Vibrationsplatten

Die zum Abrütteln der Pflasterfläche eingesetzten Vibrationsplatten müssen nach Herstellerangaben für den Einsatz geeignet sein. Sie müssen mit einer Platten-Gleit-Vorrichtung 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.

Je nach Dicke der Klinkerpflasterschicht (bei Flachverlegung entsprechend der Dicke der Pflasterklinker) werden Vibrationsplatten unterschiedlicher Größe eingesetzt. Die Auswahl der Vibrationsplatten wird wie folgt empfohlen:

- **Dicke der Klinkerpflasterschicht von bis zu 60 mm:**
  Flächenrüttler mit einem Betriebsgewicht von ca. 130 kg und einer Zentrifugalkraft von 18 bis etwa 20 kN.
- **Dicke der Klinkerpflasterschicht von über 60 mm bis zu 100 mm:**
  Flächenrüttler mit einem Betriebsgewicht von 170 bis 200 kg und einer Zentrifugalkraft von mindestens 20 bis 30 kN.

Zusätzlich müssen die Vibrationsplatten auf die Steifigkeit der Unterlage abgestimmt werden. Zum Beispiel sollte auch bei einer Dicke der Klinkerpflasterschicht von über 100 mm bei gebundener Tragschicht keine Vibrationsplatte mit einem Betriebsgewicht von über 200 kg verwendet werden. Für Klinkerpflasterdecken auf vorverdichteter Bettung sollten grundsätzlich schwerere Vibrationsplatten eingesetzt werden als für Klinkerpflasterdecken auf nicht vorverdichteter Bettung.

4.4.4 Rinnen, Randeinfassungen und Einbauten

4.4.4.1 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 Pflasterrand 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 20 cm dickes Fundament mit Rückenstütze aus unbewehrtem Beton zu versetzen. Um die nach DIN 18318 geforderte Festigkeit des Betons am fertigen Bauteil von mindestens 8 N/mm^2 , bei Bord- und Einfassungen, die überfahren werden, 15,0 N/mm^2 zu erreichen, ist u. a. auf die Einhaltung der zulässigen Verarbeitungszeit des Frischbetons zu achten.

Die Rückenstütze ist für Einfassungen und Bordsteine bis 80 mm Nennbreite mindestens 10 cm sonst mindestens 15 cm dick in Schalung auszuführen. 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.

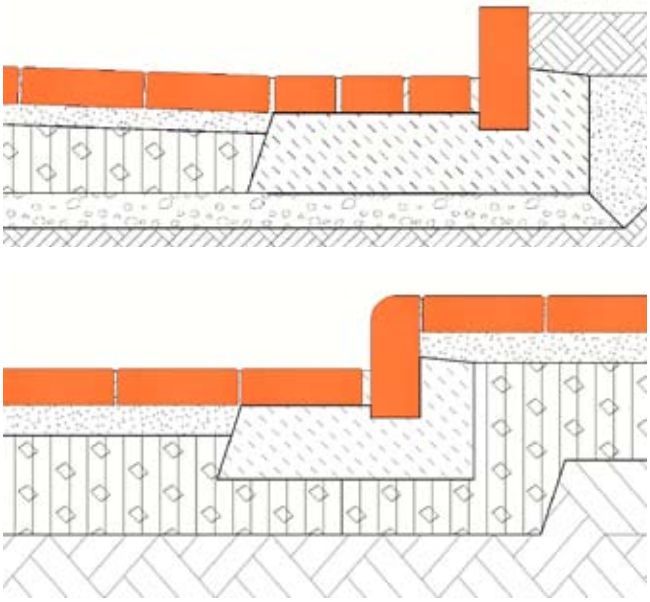


Abb. 4-12:Rinnenausbildung mit Pflasterklinkern, Formklinkern und Rinnenklinkern

Als Randeinfassung können auch Treppen und Mauern dienen, die unter Verwendung von Pflasterklinkern hergestellt werden können.

4.4.4.2 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.

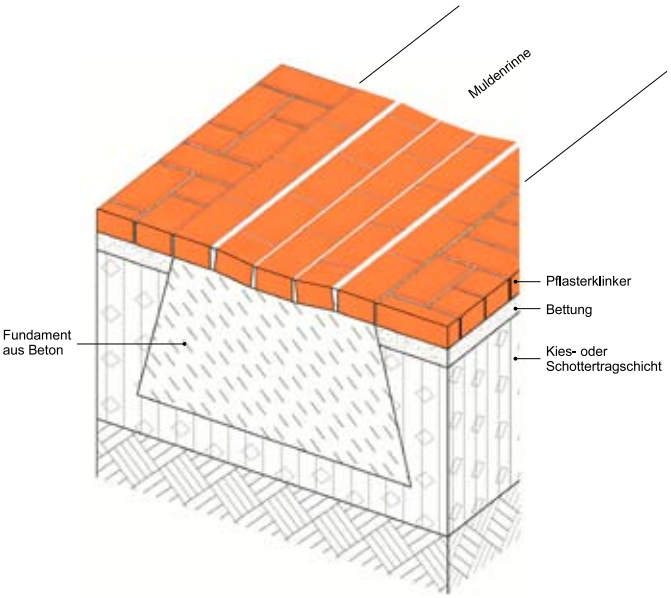


Abb. 4-13: Ausbildung einer Muldenrinne unter Verwendung von Pflasterklinkern

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 mit einer Druckfestigkeit von mindestens 15,0 N/mm² zu versetzen (Regelausführung nach DIN 18318). Die Fugen zwischen den Elementen sind mit Fugenmörtel vollständig zu schließen. Die Fugenbreite kann bis auf 5 mm reduziert werden, wenn mit geeignetem, fließfähigem Mörtel verfugt wird. In Bettungsmörtel versetzte Pflaster- bzw. Rinnenklinker dürfen nicht abgerüttelt werden

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. Es ist u. a. darauf zu achten, dass die unter den angrenzenden Pflasterdecken befindliche Tragschicht durch das Fundament möglichst in voller Dicke eingefasst wird.

Entwässerungsrinnen sind mit Bewegungsfugen mit einer Breite von 8 bis 12 mm im Abstand von höchstens 12 m bei befahrbaren Rinnen von 4 bis 6 m durchgehend durch Fundament und ggf. Rückenstütze auszuführen. Sie sind durch eine Fugeneinlage und einen mindestens 30 mm tiefen Fugenschluss aus Pflasterfugenmasse herzustellen. Ist die Entwässerungsrinne Teil einer Randeinfassung, sind die Bewegungsfugen auch durchgehend durch die Randeinfassung anzuordnen. Die Rückenstütze muss in diesem Fall 15 cm breit sein. Die Dehnungsfugen sind 8 bis 15 mm breit auszuführen und im Bereich der Rinnenelemente mit Pflasterfugenmasse nach den ZTV Fug-StB zu vergießen.

4.4.4.3 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.

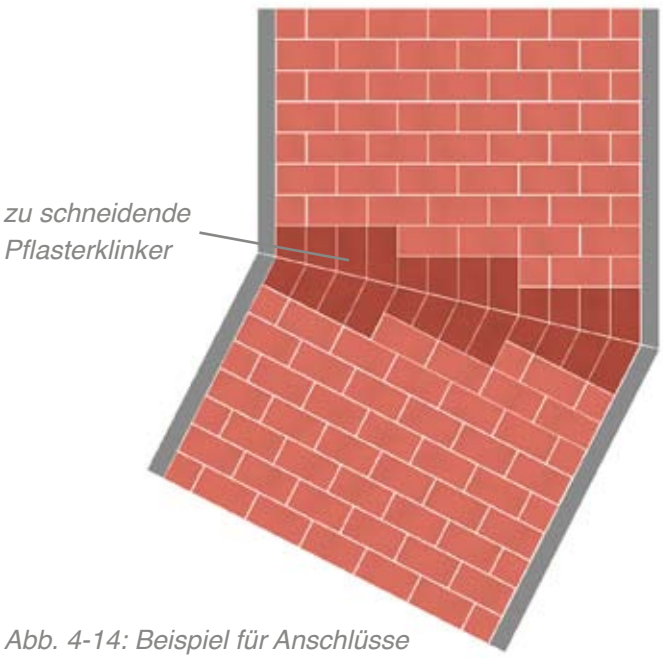


Abb. 4-14: Beispiel für Anschlüsse an Gehrungen

5. Nutzung, Wartung, Reinigung und Wiederherstellung von Klinkerpflasterflächen

5.1 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.

5.1.1 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 gemäß DIN 18318 einen gleichmäßigen Verlauf aufweisen. Zulässige Abweichungen werden von der DIN 18318 nicht genannt. Im Sinne einer einheitlichen Beurteilung wird empfohlen, bezogen auf eine 4 m langen 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 *(siehe Abb. 4-9 auf Seite 55)*.

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.

5.1.2 Unebenheiten, Anschlüsse

Unebenheiten der Oberfläche in Längs- und Querrichtung dürfen bei Klinkerpflasterdecken gemäß DIN 18318 innerhalb einer 4 m langen Messstrecke (4-m-Latte) nicht größer als 10 mm sein. Sollte aufgrund der Flächenabmessungen die Verwendung einer 4 m langen Messlatte nicht möglich sein, so wird der Einsatz einer 3 m oder einer 2 m langen Messlatte empfohlen. Als zulässige Unebenheit darf, unabhängig vom Abstand der Hochpunkte, nicht mehr als 10 mm angesetzt werden.

Die Pflasterklinker sollten innerhalb der Pflasterfläche grundsätzlich höhengerecht an den Fugen und an Anschlüssen aneinander anschließen. Gemäß DIN 18318 darf bei höhengleichen Anschlüssen die Abweichung nicht größer als 2 mm sein.

Neben Randeinfassungen und Einbauten müssen gemäß DIN 18318 die Flächenbefestigungen an den Anschlüssen 3 bis 5 mm über deren Oberfläche liegen, neben Entwässerungsrinnen 3 bis 10 mm über der Rinne.

5.1.3 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.

5.1.4 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.

5.1.5 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 Lagerung von Baumaterialien, Bauabfällen oder Gegenständen aus der Gartengestaltung 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 Verfugung 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.

5.2 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 Rutschsicherheit, 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.

5.3 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 aus gebrochenen oder ungebrochenen Gesteinskörnungen
	überdacht	Baustoffgemische der Körnungen 0/4, 0/5, aber auch 0/2 (Fließkoeffizient Kategorie $E_{CS}35$)
maschinell (Kehren, Saugen, Spülen)	im Freien	Baustoffgemische der Körnungen 0/4, 0/5 aus gebrochenen Gesteinskörnungen (Anteil gebrochener Oberflächen Kategorie $C_{90/3}$, Fließkoeffizient Kategorie $E_{CS}35$)

Tab. 5-1: Fugenmaterial in Abhängigkeit von der Reinigungsart und der Lage der Fläche (Fugenmaterial für Verkehrsflächen der Bauklassen III bis VI siehe Abs. 4.4.3.3)

Die maschinelle Reinigung von Klinkerpflasterflächen sollte erst dann einsetzen, wenn sich das Fugenmaterial mit Feinanteilen derart angereichert und verfestigt hat, dass 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 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.

5.4 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 Überbeanspruchungen der belasteten Flächen kommen kann. Verschiebungen und Verkantungen von Pflasterklinkern wären die Folge. Infolge des gelösten Verbundes der Pflasterdecke wäre eine weitere Ausbreitung des Schadens zu erwarten. Einige Kommunen und Städte sind bereits dazu übergegangen, in den Ausschreibungen zum Bau von

Pflasterdecken das Ergänzen fehlenden Fugenmaterials (oftmals als „Nachsanden“ bezeichnet) mindestens zweimal innerhalb der Gewährleistungsfrist festzuschreiben.

Abb. 5-1: Fehlende Verbundwirkung bei entleerten Fugen

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.

5.5 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 Klinkerpflasterdecken 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 diese in Form und Farbe an den vorhandenen Belag anzupassen. Ersatzmaterial ist in zusammenhängenden Flächen einzubauen. Farbabweichungen zwischen alten und neuen Pflasterklinkern sind 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 auf jeder Seite der Aufgrabung in einer Breite von mindestens 15 cm bei Grabentiefen bis zu 2,00 m und von mindestens 20 cm bei Grabentiefen von mehr als 2,00 m vorzusehen

(Abb. 5-2). 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 bis zu 20 cm einschließlich der eventuell vorhandenen gebundenen Tragschicht entfernt werden.

Je nach vorhandenem 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 Breiten der 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,

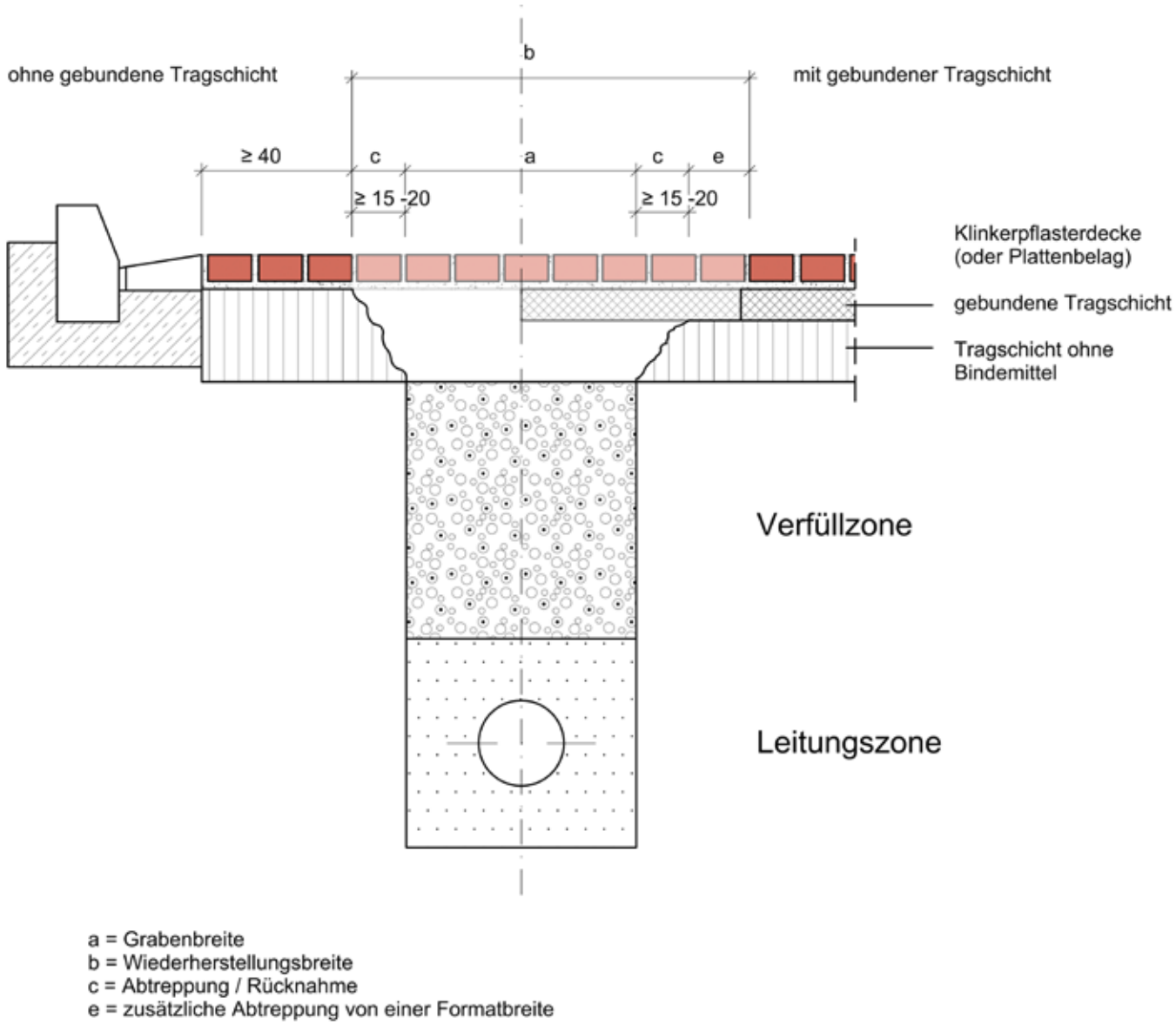


Abb. 5-2: Abtreppung bei Pflasterdecken und Plattenbelägen gemäß den ZTV A-StB

um die darunter befindliche Tragschicht ohne Bindemittel im Randbereich nachverdichten zu können. In der Pflasterdecke ist eine zusätzliche Abtreppung von einer Formatbreite erforderlich (vgl. Maß „e“ in Abb. 5-2). Zusätzlich kann die Aufnahme weiterer Pflasterklinker notwendig sein, wenn diese sich augenscheinlich gelockert haben. Wurden die Pflasterklinker in einer Mörtelbettung auf der gebundenen Tragschicht verlegt, lockern sich diese im Allgemeinen nicht. Die Abtreppung gemäß den ZTV A-StB ist dennoch erforderlich.

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. 4.4.3).

Beim Schließen der Pflasterdecke ist darauf zu achten, dass wiederverwendete Pflasterklinker in den Bereichen eingebaut werden, in denen sie aufgenommen wurden. Sowohl hinsichtlich der Farbgebung, des Verlegemusters als auch der Fugenbreite soll die alte Oberflächenstruktur gewahrt bleiben.

6 Sonderbauweisen

6.1 Die gebundene Bauweise

6.1.1 Allgemeines

Klinkerpflasterdecken in gebundener Bauweise werden hergestellt durch die Verlegung von Pflasterklinkern im Mörtelbett. 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. Mischbauweisen, bei denen lediglich die Bettung oder die Fugenfüllung mit Bindemittel gebunden ist, sind nicht fachgerecht und werden daher hier nicht betrachtet.

Die Verwendung der gebundenen Bauweise sollte auf Sonderfälle beschränkt bleiben, in denen entweder eine besonders hohe Verformungsbeständigkeit der Pflasterdecke angestrebt wird, gezielt eine geschlossene Oberfläche entstehen soll oder gestalterisch eine Anpassung an benachbartes Klinkermauerwerk angestrebt ist.

In den vergangenen Jahren wurden immer wieder negative Erfahrungen mit dieser Bauweise gemacht. Diese waren einerseits auf eine unsachgemäße Baustoffauswahl und Bauausführung zurückzuführen. Andererseits wurde festgestellt, dass bisher keine ausreichend wissenschaftlich und empirisch abgesicherten Empfehlungen für die Planung, Vergabe, Bauausführung und Qualitätssicherung von Pflasterdecken in gebundener Ausführung vorlagen. Das derzeitige Technische Regelwerk aus DIN 18318, TL Pflaster-StB und ZTV Pflaster-StB beinhaltet daher ausschließlich die ungebundene Bauweise, die darin als „Regelbauweise“ bezeichnet ist. Die gebundene Bauweise wurde bewusst ausgeklammert.

Zwischenzeitlich wurde der derzeitige Kenntnisstand zur gebundenen Bauweise seitens der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) im Arbeitspapier „Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen in gebundener Ausführung“ zusammengestellt. Parallel dazu wurde von der Wissenschaftlich-Technischen Arbeitsgemeinschaft Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V. (WTA) das Merkblatt E 5-21-07/D „Gebundene Bauweise – historisches Pflaster“ erarbeitet und herausgegeben. Nachfolgend wird maßgeblich auf die Inhalte des FGSV-Arbeitspapiers Bezug genommen.

Da die gebundene Bauweise nicht im Technischen Regelwerk enthalten 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.

6.1.2 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 Korngerüstes 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 eine weitgehend dauerhafte Verbindung 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 im Abstand von 4 bis 6 m 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.
- **Bemessung des Oberbaus:**
  Auch Pflasterdecken in gebundener Bauweise sollten nicht für Verkehrsflächen der Bauklassen SV, I und II verwendet werden. Nach der Ermittlung der Bauklasse und der Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus nach den RStO sollten bei der Bauweisenauswahl nur Bauweisen mit Asphalttragschicht oder Dränbetontragschicht in Betracht gezogen werden, um so für die Pflasterdecke eine ausreichend steife und verformungsbeständige Unterlage zu erhalten. Die Dicke der Bettung sollte im verdichteten Zustand 4 bis 6 cm betragen. Die Dicke der Pflasterklinker 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.

Eigenschaft	Eignungsprüfung (Laborprüfung)	Kontrollprüfung am fertigen Bauwerk
Druckfestigkeit in Anlehnung an DIN EN 1015-11	im Mittel ≥ 30 N/mm² 6 Laborprüfkörper	im Mittel ≥ 25 N/mm² Einzelwert ≥ 20 N/mm²
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel Differenz der Druckfestigkeit vor/nach Frost-Tau-Wechselbeanspruchung	Differenz der Mittelwerte < 10 %, der Einzelwerte < 20 % 6 Laborprüfkörper	-
Haftzugfestigkeit in Anlehnung an DIN EN 1015-12	im Mittel ≥ 1,5 N/mm² Einzelwert ≥ 1,2 N/mm² 6 Laborprüfkörper	≥ 0,8 N/mm² mind. 3 Prüfkörper
Wasserdurchlässigkeit Prüfverfahren gemäß FGSV-Arbeitspapier	$k_f \geq 1 \cdot 10^{-6}$ m/s 6 Laborprüfkörper	-

Tab. 6-1: Anforderungen an den Bettungsmörtel gemäß FGSV-Arbeitspapier „Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen in gebundener Ausführung“

6.1.3 Bettungsmörtel

Die Bettung sollte aus hydraulisch gebundenem oder kunststoffmodifiziertem hydraulisch gebundenem Mörtel hergestellt werden. Kunstharzgebundene Mörtel können verwendet werden. Die Ausgangsstoffe müssen den Anforderungen des Technischen Regelwerks entsprechen. Es sollten stets Werkmörtel verwendet werden, da auf der Baustelle hergestellte Mörtel in der Regel nicht in der erforderlichen Qualität hergestellt werden können.

Es sollte auf eine ausreichende Haftzugfestigkeit zwischen Mörtel und Klinker geachtet werden. Der Bettungsmörtel muss ausreichend wasserdurchlässig sein. Die Anforderungen des FGSV-Arbeitspapiers sind in der Tabelle 6-1 zusammengestellt. Nähere Angaben zur Durchführung der jeweiligen Prüfungen sind im FGSV-Arbeitspapier beschrieben.

6.1.4 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. 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, sollten nicht verwendet 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. Die Anforderungen des FGSV-Arbeitspapiers sind in der Tabelle 6-2 zusammengestellt. Nähere Angaben zur Durchführung der jewei-ligen Prüfungen sind im FGSV-Arbeitspapier beschrieben.

Eigenschaft	Eignungsprüfung (Laborprüfung)	Kontrollprüfung am fertigen Bauwerk
Druckfestigkeit in Anlehnung an DIN EN 1015-11	im Mittel ≥ 45 N/mm² Einzelwert ≥ 40 N/mm² 6 Laborprüfkörper	-
Widerstand gegen Frost-Tausalz-Beanspruchung nach DIN CEN/TS 12390-9, CDF-Prüfverfahren	Mittlere Ultraschalllaufzeit > 90 % des Wertes vor Frost-Tausalz-Beanspruchung, Abwitterung: Einzelwert < 500 g 3 Laborprüfkörper	-
Haftzugfestigkeit in Anlehnung an DIN EN 1015-12	im Mittel ≥ 1,5 N/mm² Einzelwert ≥ 1,2 N/mm² 6 Laborprüfkörper	≥ 0,8 N/mm² mind. 3 Prüfkörper

Tab. 6-2: Anforderungen an den Fugenmörtel gemäß FGSV-Arbeitspapier „Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen in gebundener Ausführung“

6.1.5 Bauausführung

Die Herstellung der gebundenen Klinkerpflasterdecke erfolgt von der Unterlage aus. Dabei werden die Pflasterklinker grundsätzlich manuell höhengerecht und hammerfest in den Bettungsmörtel gesetzt. Der Bettungsmörtel sollte dabei höchstens bis zur 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.

Beim Versetzen der Pflasterklinker sollte eine Fugenbreite von 6 bis 10 mm hergestellt 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 gefasten 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 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.

Innerhalb der Pflasterfläche sind in Abständen von 4 bis 6 m sowie zusätzlich an festen Einbauten Bewegungsfugen auszuführen. Sind bereits Bewegungsfugen in der Unterlage vorhanden, beispielsweise in Form von Kerben bei einer Dränbetontragschicht, so müssen die Bewegungsfugen der Pflasterdecke unmittelbar darüber angeordnet werden. Bei Pflasterflächen, die von Kraftfahrzeugen befahren werden, müssen an den Bewegungsfugen Stahlwinkel auf der Unterlage befestigt werden. Für sonstige Pflasterflächen ist eine bis zur Unterlage aufgeschnittene und gesäuberte Fuge ausreichend. Die Bewegungsfugen sollen mit einer Vorfüllung aus Fugenbändern und einem anschließenden Verguss mit einer dauerelastischen Fugenfüllmasse gemäß ZTV Fug-StB versehen werden. Konkretere Hinweise zur Ausführung von Bewegungsfugen sind sowohl dem FGSV-Arbeitspapier als auch dem WTA-Merkblatt zu entnehmen.

6.2 Versickerungsfähige Klinkerpflasterflächen

6.2.1 Wasserversickerung, Wasserrückhalt und Wasserableitung

Seit vielen Jahren werden spezielle Pflasterklinker angeboten und eingesetzt, mit denen wasserdurchlässige Klinkerpflasterflächen in Form von Sicker- oder Rasenpflasterflächen hergestellt werden können. Derartige Pflasterklinker weisen Aussparungen am oder im Pflasterklinker auf. Bei der Verlegung werden die Aussparungen entweder mit speziellen Gesteinskörnung gefüllt, um durch diese Aussparungen hindurch Niederschlagswasser durch die Flächenbefestigung hindurch bis in den Untergrund hinein zu versickern (Sickerpflasterflächen). Alternativ können die Aussparungen mit einer Mischung aus einer Gesteinskörnung, einem Bodensubstrat und Rasensamen gefüllt werden, um aus den Aussparungen heraus Rasen aufwachsen zu lassen (Rasenpflasterflächen). Aufgrund des sich ausbildenden Wurzelfilzes weisen Rasenpflasterflächen langfristig nur eine geringe Versickerungsleistung auf. Da aber der Rasen bei Starkregenereignissen einen erheblichen Wasserrückhalt verursacht und dadurch das Niederschlagswasser stark verzögert den Entwässerungseinrichtungen zufließt, kommt Rasenpflasterflächen gleichermaßen ein positiver Effekt im Rahmen der Regenwasserbewirtschaftung zu.

Das FGSV-Merkblatt für wasserdurchlässige Befestigungen von Verkehrsflächen ordnet sowohl Sickerpflasterflächen als auch Rasenpflasterflächen einen Abflussbeiwert von $\Psi = 0{,}5$ zu. Dies bedeutet, dass für den Bemessungsregen mit einem Abfließen von 50 % der Niederschlagsmenge von der Pflasterfläche zu rechnen ist. Diese werden den Entwässerungsanlagen oder angrenzenden Versickerungsanlagen zugeführt. Im Falle des Bemessungsregens kann somit beim Sickerpflaster 50 % der Bemessungsregenspende durch die Flächenbefestigung hindurch versickert werden. Für Rasenpflasterflächen wird davon ausgegangen, dass 50 % der Bemessungsregenspende auf der Pflasterfläche zurückgehalten und verzögert abgeleitet oder verdunstet werden. Sowohl Sicker- als auch Rasenpflaster 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.

Wasserdurchlässige Klinkerpflasterflächen sind nur für Verkehrsflächen mit einer geringen Verkehrsbelastung (Bauklassen V und VI) 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 Wasserversickerung und des Wasserrückhalts wird empfohlen, die abflusswirksame Neigung der Flächen, soweit unter Abwägung verkehrssicherheitsrelevanter Aspekte möglich, auf bis zu 1 % zu reduzieren. Dabei muss allerdings bei Starkregenereignissen mit einem kurzzeitigen Wasseraufstau auf der Fläche gerechnet werden. Im Hinblick auf den Schutz des Grundwassers muss auf diesen Flächen auf den Einsatz von Streusalz im Winterdienst verzichtet werden.

6.2.2 Klinkerpflaster-Systeme

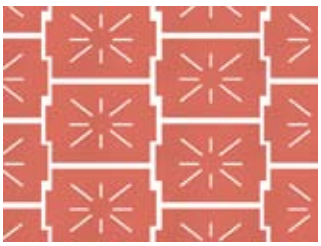
Versickerungsfähige Klinkerpflastersysteme lassen sich – neben Sonderformen – im Wesentlichen nach der Art der Wasseraufnahme unterscheiden:

- **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 wasserdurchlässig konzipierten Gesteinskörnungen zu verfüllen. Eine Begrünung der Fugen kann aus gestalterischen Gründen gefordert sein, es ist aber zu berücksichtigen, dass durch eine Rasenfuge die Versickerungsleistung erheblich beeinträchtigt, der Wasserrückhalt und die Verdunstungsleistung aber gefördert 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 wasserdurchlässig konzipierten Gesteinskörnungen zu verfüllen.
  Hierzu gehören Rasenlochklinker, Drainpflasterklinker, Sternklinker und Pflasterklinker mit Sickerschächten.

6.2.3 Hydraulische Oberbaubemessung

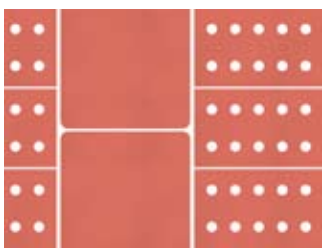
Zur Berechnung des Wasserabflusses von einer Verkehrsfläche werden gemäß den RAS-Ew die regional vorliegenden Niederschlagsspenden aus den KOSTRA-Tabellen des Deutschen Wetterdienstes zugrunde gelegt. Insofern müsste die Ermittlung der dadurch notwendigen Wasserdurchlässigkeit von versickerungsfähigen 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)

a). Pflasterflächen mit Stickerschächten im Reihenverband



c). Pflasterflächen mit Sickerschächten

b). Sternklinker



d). Drainklinker

e). Rasenpflasterklinker

Abb. 6-1: Verschiedene Pflasterklinkerformate für versickerungsfähige Pflasterflächen

folgende Mindest-Durchlässigkeitsbeiwerte abgeleitet [6] (vgl. FGSV-Merkblatt für wasserdurchlässige Befestigungen von Verkehrsflächen):

- Klinkerpflasterdecke:
  Fugen-/Kammerfüllmaterial
  und Bettungsmaterial: $k_f \geq 5{,}4 \cdot 10^{-4}$ m/s
- Tragschichten: $k_f \geq 5{,}4 \cdot 10^{-5}$ m/s
- Untergrund/Unterbau: $k_f \geq 5{,}4 \cdot 10^{-5}$ m/s

Die erhöhte Anforderung an die Durchlässigkeit der Pflasterdecke (am Beginn der Nutzungsdauer) berücksichtigt eine zu erwartende Verminderung der Wasserdurchlässigkeit im Verlauf der Nutzungsdauer. Ist die Wasserdurchlässigkeit der Tragschichten größer als diejenige des Untergrunds/Unterbaus, so kommt es zu einer kurzfristigen Zwischenspeicherung des Sickerwassers in den Tragschichten bis zum Einsickern in den Untergrund/Unterbau. Das Erreichen der erforderlichen Wasserdurchlässigkeit der Schichten sollte im Verlauf der Bauausführung durch Infiltrationsmessungen überwacht werden [6]. Die dabei nachzuweisende Mindest-Infiltrationsrate entspricht der Hälfte der o. g. Mindest-k_f-Werte.

Die Ermittlung der Bauklasse erfolgt gemäß RStO. Die Anwendung versickerungsfähiger Verkehrsflächenbefestigungen muss aus Gründen des Grundwasserschutzes auf die Bauklassen V und VI beschränkt bleiben. Die Bestimmung der Dicke des frostsicheren Oberbaus kann – abgeleitet aus den RStO – vereinfachend erfolgen *(s. Abs. 4.3.2.3)*.

6.2.4 Untergrund/Unterbau und Tragschichten

Der Untergrund/Unterbau muss die bereits in *Abs. 4.4.1* dargestellten Anforderungen erfüllen. Abweichend davon muss unter wasserdurchlässigen Pflasterbefestigungen der Untergrund/Unterbau einen Wasserdurchlässigkeitsbeiwert von $k_f \geq 5{,}4 \cdot 10^{-5}$ m/s aufweisen. Um die notwendige Reinigungswirkung im Boden zu erreichen, muss die Mächtigkeit des Sickerraums, also der Abstand vom Planum bis zum mittleren höchsten Grundwasserstand mindestens 1 m betragen.

Tragschichten ohne Bindemittel sind als Unterlage für versickerungsfähige Pflasterdecken besonders geeignet, da sie konzeptionell grundsätzlich wasserdurchlässig sind. Ausgehend vom Planum kann entweder

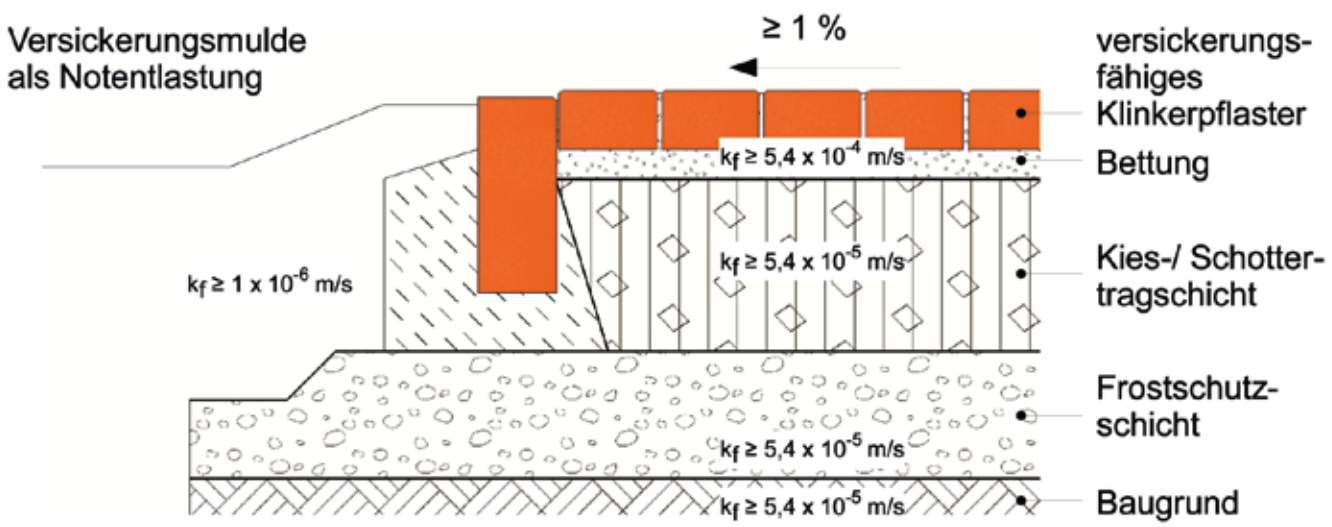


Abb. 6-2: Aufbau einer wasserdurchlässigen Klinkerpflasterbefestigung und Mindest-Durchlässigkeitsbeiwerte der einzelnen Schichten

eine Frostschutzschicht 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 ($k_f \geq 5{,}4 \cdot 10^{-5}$ 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. 4.3.1.* Darüber hinaus müssen die Tragschichten die bereits in Abs. 4.4.2.1 aufgeführten Anforderungen erfüllen.

6.2.5 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. Daher müssen speziell wasserdurchlässig konzipierter Gesteinskörnungen als Bettungs- und Fugenmaterial verwendet werden. Dabei handelt es sich um gebrochene Gesteinskörnungen 1/3 oder 2/5 mm. Es muss betont werden, dass für wasserdurchlässige 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 wasserdurchlässiger 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. 4.4.3 beschrieben.

Literatur:

Normen, Technische Regeln und Wissensdokumente

DIN 18299 VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Allgemeine Regelungen für Bauarbeiten jeder Art, Ausgabe April 2010; Deutsches Institut für Normung e.V. – DIN (Hrsg.); Berlin April 2010

DIN 18300 VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Erdarbeiten, Ausgabe April 2010; Deutsches Institut für Normung e.V. – DIN (Hrsg.); Berlin April 2010

DIN 18315 VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Verkehrswegebauarbeiten, Oberbauschichten ohne Bindemittel, Ausgabe April 2010; Deutsches Institut für Normung e.V. – DIN (Hrsg.); Berlin April 2010

DIN 18316 VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Verkehrswegebauarbeiten, Oberbauschichten mit hydraulischen Bindemitteln, Ausgabe April 2010; Deutsches Institut für Normung e.V. – DIN (Hrsg.); Berlin April 2010

DIN 18317 VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Verkehrswegebauarbeiten, Oberbauschichten aus Asphalt, Ausgabe April 2010; Deutsches Institut für Normung e.V. – DIN (Hrsg.); Berlin April 2010

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 April 2010; Deutsches Institut für Normung e.V. – DIN (Hrsg.); Berlin April 2010

DIN 18125-2 Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Bestimmung der Dichte des Bodens, Teil 2: Feldversuche, Ausgabe August 1999; Deutsches Institut für Normung e.V. – DIN (Hrsg.); Berlin 1999

DIN 18127 Baugrund; Versuche und Versuchsgeräte, Proctorversuch, Ausgabe November 1997; Deutsches Institut für Normung e.V. – DIN (Hrsg.); Berlin 1997

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 September 2001; Deutsches Institut für Normung e.V. – DIN (Hrsg.); Berlin 2001

DIN 18196 Erd- und Grundbau, Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke, Ausgabe Juni 2006; Deutsches Institut für Normung e.V. – DIN (Hrsg.); Berlin 2006

Technisches Regelwerk und Wissensdokumente

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

EAR 05 „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 2003; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen – FGSV (Hrsg.); Köln 2003“

EFA 02 „Empfehlungen für Fußgängerverkehrsanlagen, Ausgabe 2002; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen – FGSV (Hrsg.); Köln 2002“

ERA 10 „Empfehlungen für Radverkehrsanlagen, Ausgabe 2010; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen – FGSV (Hrsg.); Köln 2010“

ESG 96 „Empfehlungen zur Straßenraumgestaltung innerhalb bebauter Gebiete, Ausgabe 1996; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen – FGSV (Hrsg.); Köln 1996“

„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.“

DBT „Merkblatt für Dränbetontragschichten, Ausgabe 1996; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen – FGSV (Hrsg.); Köln 1996“

M FP 1 „Merkblatt für Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen Teil 1: Regelbauweise (Ungebundene Ausführung), Ausgabe 2003; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen – FGSV (Hrsg.); Köln 2003“

„Merkblatt für wasserdurchlässige Befestigungen von Verkehrsflächen, Ausgabe 1998; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen – FGSV (Hrsg.); Köln 1998“
„Änderungen und Ergänzungen zu dem Merkblatt für wasserdurchlässige Befestigung von Verkehrsflächen, Ausgabe 1998 Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen – FGSV (Hrsg.) Köln 2009“
„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“

RAS-L „Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil Linienführung, Ausgabe 1995, berichtigter Nachdruck 1999; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen – FGSV (Hrsg.); Köln 1999“

RASt 06 „Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen, Ausgabe 2006; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen – FGSV (Hrsg.); Köln 2006“

RStO 01 „Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen, Ausgabe 2001; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen – FGSV (Hrsg.); Köln 2001“

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 „Technische Lieferbedingungen für Bauprodukte zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen, Ausgabe 2006; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen – FGSV (Hrsg.); Köln 2006“

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 Gestein-StB 04 „Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau, Ausgabe 2004, Fassung 2007; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen – FGSV (Hrsg.); Köln 2007“

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 2003; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen – FGSV (Hrsg.); Köln 2003“

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 10 „Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen, Ausgabe 2010; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen – FGSV (Hrsg.); Köln 2010“, (in Vorbereitung)

ZTV Ew-StB 91 „Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Entwässerungseinrichtungen im Straßenbau, Ausgabe 1991, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen – FGSV (Hrsg.); Köln 1991“

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 09 „Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Ausgabe 2009; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen – FGSV (Hrsg.); Köln 2009“

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“

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

Anhang 1

Bodenklassifikation (DIN 18196) und Frostempfindlichkeitsklassen (ZTV E-StB)

Sp	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	Sp
Zeile	Definition und Benennung									Anmerkungen[a]												Zeile
	Hauptgruppen									Bautechnische Eigenschaften						Bautechnische Eignung als Baustoff für						
	Korngrößenmischanteil	Korndurchmesser		Lage zur A-Linie (siehe Bild 1)		Gruppen	Kurzzeichen Gruppensymbol[b]	Erkennungsmerkmale (u.a. für Zeilen 15 bis 22)														
								Trockenfestigkeit	Reaktion beim Schüttelversuch	Plastizität beim Knetversuch												
1	grobkörnige Böden																					1
2	kleiner 5 %																					2
3	über 60 %		bis 60 %																			3
4				–																		4
5	Sand		Kies (Grant)																			5
6						eng gestufte Kiese	GE	steile Körnungslinie infolge Vorherrschens eines Korngrößenbereichs	Flussand und Strandkies	+	±o	±	±	+	±	+	±	+	±	+	±o	6
						weit gestufte Kies-Sand-Gemische	GW	über mehrere Korngrößenbereiche kontinuierlich verlaufende Körnungslinie	Terrassenschotter	±	±	±	o	+	±	±	±	±	±	o	7
						intermittierend gestufte Kies-Sand-Gemische	GI	meist treppenartig verlaufende Körnungslinie infolge Fehlens eines oder mehrerer Korngrößenbereiche	vulkanische Schlacken	±	+	±	-	o	±	±	+	±	±	±	8
						eng gestufte Sande	SE	steile Körnungslinie infolge Vorherrschens eines Korngrößenbereichs	Dünen- und Flugsand Fließsand Berliner Sand Beckensand Tertiärsand	+	+o	±	-	-	±	+	-	+o	±	o	9
						weit gestufte Sand-Kies-Gemische	SW	über mehrere Korngrößenbereiche kontinuierlich verlaufende Körnungslinie	Moränensand Terrassensand	±	±	±	o	+o	±	±	+	+	±	+	10
						intermittierend gestufte Sand-Kies-Gemische	SI	meist treppenartig verlaufende Körnungslinie infolge Fehlens eines oder mehrerer Korngrößenbereiche	Granitgrus	+	+	±	o	+o	±	±	o	+	±	+	11
Zeile	1	2	3	4	5	6																Sp
	≤ 2 mm	≤ 0,063 mm																				

Tab. A1.1a: Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke – DIN 18196, Ausg. 06/2006 – (1. Teil)

Sp	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	Sp
Zeile	Hauptgruppen	Korngrößenmassenanteil	Korndurchmesser	Lage zur A-Linie (siehe Bild 1)	Gruppen		Kurzzeichen Gruppensymbol[b]	Erkennungsmerkmale (u.a. für Zeilen 15 bis 22)														Zeile
						Definition und Benennung																
7	gemischtkörnige Böden	5 % bis 40 %	bis 60 %	–	Kies-Schluff-Gemische	5 % bis 15 %	GU	weit oder intermittierend gestufte Körnungslinie Feinkornanteil ist schluffig	Moränenkies	++	+	+	+	+	-o	++	+	+	-	+	-	7
8						über 15 % bis 40 %	GU*		Verwitterungskies	+o	+	+	+	+	--	+	+	-o	+o	-	--	8
9					Kies-Ton-Gemsche	5 % bis 15 %	GT	weit oder intermittierend gestufte Körnungslinie Feinkornanteil ist tonig	Hangschutt	+	+	+	+o	+o	-o	++	+o	-o	-o	+o	-	9
10						über 15 % bis 40 %	GT*		Geschiebelehm	+o	o	+o	++	+o	-	+o	+o	+o	+	--	--	10
11					Sand-Schluff-Gemische	5 % bis 15 %	SU	weit oder intermittierend gestufte Körnungslinie Feinkornanteil ist schluffig	Tertiärsand	++	+	+	o	o	o	++	+o	o	o	-o	-	11
12						über 15 % bis 40 %	SU*		Auelehm Sandlöss	+	o	+o	+	-	--	o	-o	+o	+o	--	--	12
13					Sand-Ton-Gemische	5 % bis 15 %	ST	weit oder intermittierend gestufte Körnungslinie Feinkornanteil ist tonig	Terrassensand Schleichsand	+	+o	+o	+o	o	-o	+	+o	+o	o	-	--	13
14						über 15 % bis 40 %	ST*		Geschiebelehm und -mergel	+o	-o	+o	++	-o	-	o	o	o	+	--	--	14
15	feinkörnige Böden	über 40 %		Schluff		leicht plastische Tone	UL	niedrige	schnelle	keine bis leichte	Löss Hochflutlehm	-o	-o	+o	++	--	--	-o	o	--	--	15
16						mittelplastische Tone	UM	niedrige bis mittlere	langsame	leichte bis mittlere	Seeton Beckenschluff	-o	-	-o	+	o	o	-o	+o	--	--	16
17				$I_P \leq 4$ % oder unterhalb der A - Linie		ausgeprägt plastische Schluffe	UA	hohe	keine bis langsame	mittlere bis ausgeprägte	vulkanische Böden Bimsboden	-	-	-	++	--	--	-o	-o	--	--	17

Anmerkungen[a]

Bautechnische Eigenschaften

Baustoff für

Bautechnische Eignung als

Tab. A1.1b: Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke – DIN 18196, Ausg. 06/2006 – (2. Teil)

Sp	1	2	3	4	5	6	7	8			9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	Sp
Zeile	Definition und Benennung: Hauptgruppen	Korngrößenmassenanteil, Korndurchmesser ≤ 0,063 mm	Korngrößenmassenanteil, Korndurchmesser ≤ 2 mm	Lage zur A-Linie (siehe Bild 1)		Gruppen	Kurzzeichen Gruppensymbol[b]	Erkennungsmerkmale (u.a. für Zeilen 15 bis 22): Trockenfestigkeit	Reaktion beim Schüttelversuch	Plastizität beim Knetversuch	Anmerkungen[a]: Beispiele	Bautechnische Eigenschaften: Scherfestigkeit	Verdichtungsfähigkeit	Zusammendrückbarkeit	Durchlässigkeit	Erosionsempfindlichkeit	Frostempfindlichkeit	Bautechnische Eignung als: Baugrund für Gründungen	Baustoff für: Erd- und Baustraßen	Straßen- und Bahndämme	Dichtungen	Stützkörper	Dränagen	Zeile
18	feinkörnige Böden	über 40 %	—	I_P ≥ 7 % und oberhalb der A - Linie	Ton	leicht plastische Tone $w_L < 35$ %	TL	mittlere bis hohe	keine bis langsame	leichte	Geschiebemergel Bänderton	-o	-o	o	+	-	--	o	-	-o	++	--	--	18
19						mittelplastische Tone 35 % < w_L < 50 %	TM	hohe	keine	mittlere	Lösslehm, Seeton, Beckenton Keuperton	-	-	-o	++	-o	-o	o	-	-o	+	--	--	19
20						ausgeprägt plastische Tone $w_L > 50$ %	TA	sehr hohe	keine	ausgeprägte	Tarras, Lauenburger Ton, Beckenton	--	--	--	++	o	+o	-o	--	-	-	--	--	20
21	organogene[c] und Böden mit organischen Beimengungen	über 40 %	—	I_P ≥ 7 % und unterhalb der A - Linie	nicht brenn- oder nicht schwelbar	Schluffe mit organischen Beimengungen und organogene[c] Schluffe 35 % ≤ w_L ≤ 50 %	OU	mittlere	langsame bis sehr schnelle	mittlere	Seekreide Kieselgur Mutterboden	-o	-	-o	+o	--	--	--	--	--	--	--	--	21
22						Tone mit organischen Beimengungen und organogene[c] Tone $w_L > 50$ %	OT	hohe	keine	ausgeprägte	Schlick, Klei tertiäre Kohletone	--	--	-	++	-o	-o	--	--	--	-	--	--	22
23		bis 40 %		—		grob- bis gemischtkörnige Böden mit Beimengungen humoser Art	OH	Beimengungen pflanzlicher Art, meist dunkle Färbung, Modergeruch, Glühverlust bis etwa 20 % Massenanteil			Mutterboden Paläoboden	o	-o	-o	o	+o	-o	-	o	-	--	--	--	23
24						grob- bis gemischtkörnige Böden mit kalkigen, kieseligen Bildungen	OK	Beimengungen nicht pflanzlicher Art, meist helle Färbung, leichtes Gewicht, große Porosität			Kalk Tuffsand Wiesenkalk	+	o	-o	-o	o	+o	-o	o	-o	--	--	--	24

Tab. A1.1c: Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke – DIN 18196, Ausg. 06/2006 – (3. Teil)

Sp	1	2	3	4	5	6	7	8			9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	Sp
Zeile	Definition und Benennung							Erkennungsmerkmale (u.a. für Zeilen 15 bis 22)			Anmerkungen[a]													Zeile
	Hauptgruppen	KorngrößenMassenanteil		Lage zur A-Linie (siehe Bild 1)		Gruppen	Kurzzeichen Gruppensymbol[b]				Beispiele	Bautechnische Eigenschaften						Bautechnische Eignung als						
		Korndurchmesser																	Baustoff für					
		≤ 0,063 mm	≤ 2 mm					Trockenfestigkeit	Reaktion beim Schüttelversuch	Plastizität beim Knetversuch		Scherfestigkeit	Verdichtungsfähigkeit	Zusammendrückbarkeit	Durchlässigkeit	Erosionsempfindlichkeit	Frostempfindlichkeit	Baugrund für Gründungen	Erd- und Baustraßen	Straßen- und Bahndämme	Dichtungen	Stützkörper	Dränagen	
25	organische Böden	—		—	brenn- oder schwelbar	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	+o	-	--	--	--	--	--	--	25
26						zersetzte Torfe	HZ		Zersetzungsgrad 6 bis 10 nach DIN 19682-12, schwarzbraun bis schwarz			--	--	--	+o	-	--	--	--	--	--	--	--	26
27						Schlamme als Sammelbegriff für Faulschlamm, Mudde, Gyttja, Dy und Sapropel	F	unter Wasser abgesetzte (sedimentäre) Schlamme aus pflanzenresten, Kot und Mikroorganismen, oft von Sand, Ton und Kalk durchsetzt, blauschwarz oder grünlich bis gelbbraun, gelegentlich dunkelgraubraun bis blauschwarz, federnd, weichschwammig			Mudde Faulschlamm	--	--	--	+o	-	--	--	--	--	--	--	--	27
28	Auffüllung	—		—		Auffüllung aus natürlichen Böden (jeweiliges Gruppensymbol in Klammern)	[ ]	—			—	—												28
29						Auffüllung aus Fremdstoffen[d]	A	—			Müll, Schlacke Bauschutt Industrieabfall													29

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.

Legende: Bedeutung der qualitativen und wertenden Angaben

Spalte 10		Spalte 11		Spalten 12 bis 15		Spalten 16 bis 21	
--	sehr gering	--	sehr schlecht	--	sehr groß	--	ungeeignet
-	gering	-	schlecht	-	groß	-	weniger geeignet
-o	mäßig	-o	mäßig	-o	groß bis mittel	-o	mäßig brauchbar
o	mittel	o	mittel	o	mittel	o	brauchbar
+ o	groß bis mittel	+o	gut bis mittel	+o	gering bis mittel	+o	geeignet
+	groß	+	gut	+	sehr gering	+	gut geeignet
++	sehr groß	++	sehr gut	++	vernachlässigbar klein	++ t	sehr gut geeigne

Tab. A1.1d: Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke – DIN 18196, Ausg. 06/2006 – (4. Teil)

	Frostempfindlichkeit	Bodengruppen (DIN 18196)
F1	nicht frostempfindlich	GW, GI, GE SW, SI, SE
F 2	gering bis mittel frostempfindlich	TA OT, OH, OK ST, GT } [1]) SU, GU } [1])
F 3	sehr frostempfindlich	TL, TM UL, UM, UA OU ST*, GT*, SU*, GU*

[1]) Zu F 1 gehörig bei einem Anteil an Korn unter 0,063 mm von 5,0 M-% bei $C_U \geq 15{,}0$ oder 15,0 M-% bei $C_U \leq 6{,}0$.
Im Bereich $6{,}0 < C_U < 15{,}0$ kann der für eine Zuordnung zu F 1 zulässige Anteil an Korn unter 0,063 mm linear interpoliert werden (siehe Bild 2).

Tab. A1.2: Frostempfindlichkeitsklassen nach ZTV E-StB 09

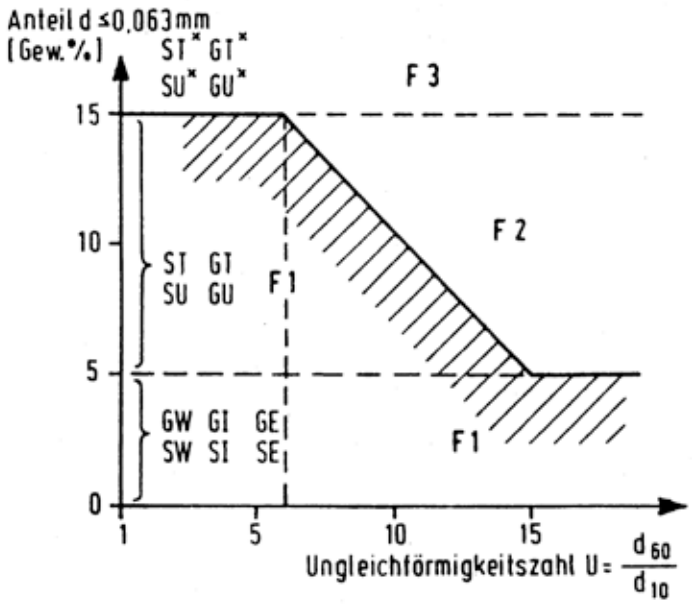


Bild 2: Zuordnung der Frostempfindlichkeitsklassen

Anhang 2

Beispiele für die Oberbaubemessung nach den RStO

Die Beispiele für die Oberbaubemessung nach den RStO 01 sollen exemplarisch die Vorgehensweise in der Bemessung erläutern Eine Umsetzung der Beispiele bei der jeweiligen Objektplanung darf nicht ohne fachplanerische Beratung erfolgen!

1.) Wohnsammelstraße mit Linienbusverkehr

Planungsdaten:

- Innerörtliche Sammelstraße im Raum Nienburg
- Busverkehr (ca. 40 Busse/Tag und Richtung) mit Haltestellen am Fahrbahnrand
- Im Straßenraum sind zwischen den angrenzenden Gebäuden nur versiegelte Flächen vorhanden
- Untergrund/Unterbau: Schluffiger Sand (SU gemäß DIN 18196) mit einem Anteil bindiger Bestandteile von 10 M.-% und einer Ungleichförmigkeitszahl von 13:
  F2-Boden (gering bis mittel frostempfindlich)
- Grundwasserverhältnisse: günstig

Bauklasse:

Gemäß *Abs. 4.3, Tab. 4-3* ist bei Bushaltestellen im Fahrstreifen der Fahrbahn die bemessungsrelevante Beanspruchung B aufgrund der Schwerverkehrsbelastung DTV$^{(SV)}$ der Fahrbahn zu ermitteln. Die sich daraus ergebende Bauklasse ist maßgebend, muss aber aufgrund der Busverkehrsbelastung bis zu einer Menge von 150 Bussen/Tag mindestens Bauklasse III betragen. Insofern wird häufig die Busverkehrsbelastung für die Festlegung der Bauklasse relevant. 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:

Mehr- oder Minderdicke = A + B + C + D

Ausgangswert	Bauklasse: III		50 cm
	Untergrund/Unterbau: F2-Boden		
Zu-/Abschläge	Frosteinwirkungszone I	A =	± 0 cm
	In geschlossener Ortslage	B =	± 0 cm
	Günstige Wasserverhältnisse (Gw-Spiegel ≥ 2 m unter Planum)	C =	± 0 cm
	Wasserundurchlässige Randbereiche (geschlossene seitl. Bebauung, Entwässerungseinrichtungen)	D =	- 10 cm
		Summe:	**40 cm**

Fahrbahnaufbau, abgelesen aus RStO 01, Tafel 3, Zeile 3

10 cm	Pflasterschicht
3 cm	Pflasterbettung
30 cm	Schottertragschicht
_____	alternativ: 40 cm Kiestragschicht
43 cm	Oberbaudicke

Beispielhafte Wahl der Baustoffe unter Berücksichtigung **Besonderer Beanspruchungen** (nur wesentliche Angaben):

10 cm	Pflasterklinker, 10 cm dick oder in Aufrecht-Verlegung (Rollschicht), verlegt im Fischgrätverband (diagonal), Fugenbreite: 3 bis 5 mm, Fugenfüllung aus einem gebrochenen Gesteinskörnungsgemisch 0/5 gemäß Produktdatenblatt F 0/5 G
3–5 cm	Pflasterbettung aus einem gebrochenen Gesteinskörnungsgemisch 0/8 gemäß Produktdatenblatt B 0/8 G;
50 cm	Schottertragschicht 0/45 gemäß TL und ZTV SoB-StB, Abs. 2.3, E_{v2} auf der Oberfläche ≥ 180 MN/m² gemäß ZTV Pflaster-StB **Die Schichtdicke muss ggf. weiter erhöht werden, um den geforderten E_{v2}-Wert zu erreichen!**
64 cm	Oberbaudicke im Mittel

Alternativ Fahrbahnaufbau gemäß RStO 01, Tafel 3, Zeile 5 (nur wesentliche Angaben):

10 cm	Pflasterklinker, 10 cm dick oder in Aufrecht-Verlegung (Rollschicht), Verband und Fugenfüllung wie oben
3–5 cm	Pflasterbettung wie oben
10 cm	Wasserdurchlässige Asphalttragschicht 0/22, darauf Geotextil (z. B. mech. verfestigter Vliesstoff GRK 4, 250 g/m²)
15 cm	Schottertragschicht 0/45 gemäß TL und ZTV SoB-StB, Abs. 2.3, E_{v2} auf der Oberfläche ≥ 150 MN/m²
35 cm	Frostschutzschicht gemäß TL und ZTV SoB-StB, Abs. 2.2 aus rundkörnigem Gesteinskörnungsgemisch, E_{v2} auf der Oberfläche ≥ 120 MN/m²; Schichtdicke ergibt sich als Mindestwert gemäß *Tab. 4-7 in Abs. 4.3.1*
74 cm	Oberbaudicke im Mittel

Aufgrund der bautechnischen Anforderungen der DIN 18318, der ZTV Pflaster-StB und der ZTV SoB-StB sind unter Berücksichtigung Besonderer Beanspruchungen eine Reihe von Veränderungen gegenüber dem RStO-gemäßen Schichtenaufbau notwendig. Die Oberbaudicke überschreitet dadurch bei weitem die gemäß RStO ermittelte Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus.

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 sehr unterschiedlich sein können. Bei der Bauweisenauswahl sind zudem regionale Erfahrungen mit der jeweiligen Bauweise, der Baustoffverfügbarkeit und der Leistungsfähigkeit der regionalen Bauunternehmen zu berücksichtigen. Liegen entsprechende positive Erfahrungen vor, so kann ggf. bei der Bauweise mit Asphalttragschicht die Dicke der Pflasterklinker auf 8 cm reduziert werden.

2.) Parkplatzfläche, ausschließlich von Pkw-Verkehr genutzt

Planungsdaten:

- Ständig als Pkw-Parkplatz genutzte Verkehrsfläche in Braunschweig
- Untergrund/Unterbau: Stark schluffiger Sand (SU* gemäß DIN 18196)
  F3-Boden (stark frostempfindlich)
- Grundwasserverhältnisse: ungünstig

Bauklasse:

Gemäß *Abs. 4.3, Tab. 4-4* ist die Parkplatzfläche in die Bauklasse VI einzuordnen. Ggf. auftretende häufige enge Lenkbewegungen der Fahrzeuge sollten durch die Wahl eines verformungsstabileren Verbandes (Verlegemusters) berücksichtigt werden.

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:

Mehr- oder Minderdicke = A + B + C + D

Ausgangswert	Bauklasse: VI		50 cm
	Untergrund/Unterbau: F3-Boden		
Zu-/Abschläge	Frosteinwirkungszone II	A =	+ 5 cm
	In geschlossener Ortslage	B =	± 0 cm
	Ungünstige Wasserverhältnisse (Gw-Spiegel < 2 m unter Planum)	C =	+ 5 cm
	Wasserdurchlässige Randbereiche (seitlich grenzen z. T. nicht versiegelte Flächen an)	D =	± 0 cm
		Summe:	**60 cm**

Fahrbahnaufbau, abgelesen aus RStO 01, Tafel 3, Zeile 1:

8 cm	Pflasterschicht
3 cm	Pflasterbettung
15 cm	Schottertragschicht
34 cm	Frostschutzschicht
60 cm	Oberbaudicke

Beispielhafte Wahl der Baustoffe (nur wesentliche Angaben):

8 cm	Pflasterklinker, 8 cm dick verlegt im Ellbogenverband, Fugenbreite: 3 bis 5 mm, Fugenfüllung aus einem gebrochenen Gesteinskörnungsgemisch 0/5 gemäß Produktdatenblatt F 0/5 G
3–5 cm	Pflasterbettung aus einem Gesteinskörnungsgemisch 0/5 gemäß Produktdatenblatt B 0/5;
15 cm	Schottertragschicht 0/45 gemäß TL und ZTV SoB-StB, Abs. 2.3, E_{v2} auf der Oberfläche ≥ 120 MN/m²
34 cm	Frostschutzschicht gemäß TL und ZTV SoB-StB, Abs. 2.2 aus rundkörnigem Gesteinskörnungsgemisch, E_{v2} auf der Oberfläche ≥ 100 MN/m²
61 cm	Oberbaudicke im Mittel

Liegen positive Erfahrungen mit der Verwendung von 6 cm dicken Pflasterklinkern vor, so können auch diese verwendet werden. Die Verminderung der Dicke der Pflasterschicht um 2 cm wird dann ausgeglichen durch eine Erhöhung der Dicke der Frostschutzschicht auf 36 cm!

3.) Terrassenfläche

Planungsdaten:

- Nutzung der Fläche für das Aufstellen von Gartenmöbeln und von kleinen Kübelpflanzen, kein Befahren durch Fahrzeuge
- Untergrund/Unterbau: Schwach toniger Kies (GT gemäß DIN 18196)
  als F2-Boden (gering bis mittel frostempfindlich) eingeordnet
- Grundwasserverhältnisse: ungünstig

Bauklasse:

Da es sich nicht um eine von Kraftfahrzeugen befahrene Fläche handelt, entfällt die Ermittlung einer Bauklasse. Die Fläche wird eingeordnet wie ein Rad- und Gehweg. Aufgrund der statischen Belastung durch Kübelpflanzen sollte eine Tragschicht mit erhöhter Tragfähigkeit und Verformungsbeständigkeit verwendet werden.

Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus:

Da ein gering bis mittel frostempfindlicher Boden vorhanden ist und ungünstige Wasserverhältnisse vorliegen, wird die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus gewählt zu 25 cm.

Schichtenaufbau der Verkehrsflächenbefestigung, abgelesen aus RStO 01, Tafel 7, Zeile 3:

8 cm	Pflasterschicht
3 cm	Pflasterbettung
19 cm	Schottertragschicht (Mindestdicke)
30 cm	Oberbaudicke

Beispielhafte Wahl der Baustoffe (nur wesentliche Angaben):

6 cm	Pflasterklinker, 6 cm dick Verlegemuster entsprechend gestalterischer Vorgaben, Fugenbreite: 3 bis 5 mm, Fugenfüllung aus einem Gesteinskörnungsgemisch 0/4 oder 0/5 (siehe Produktdatenblätter)
3–5 cm	Pflasterbettung aus einem Gesteinskörnungsgemisch 0/5 gemäß Produktdatenblatt B 0/5;
20 cm	Schottertragschicht gemäß TL und ZTV SoB-StB, Abs. 2.3, E_{v2} auf der Oberfläche ≥ 80 MN/m²
30 cm	Oberbaudicke im Mittel

Anhang 3 Gestaltungsbeispiele:

Verwendung wechselnder Formate

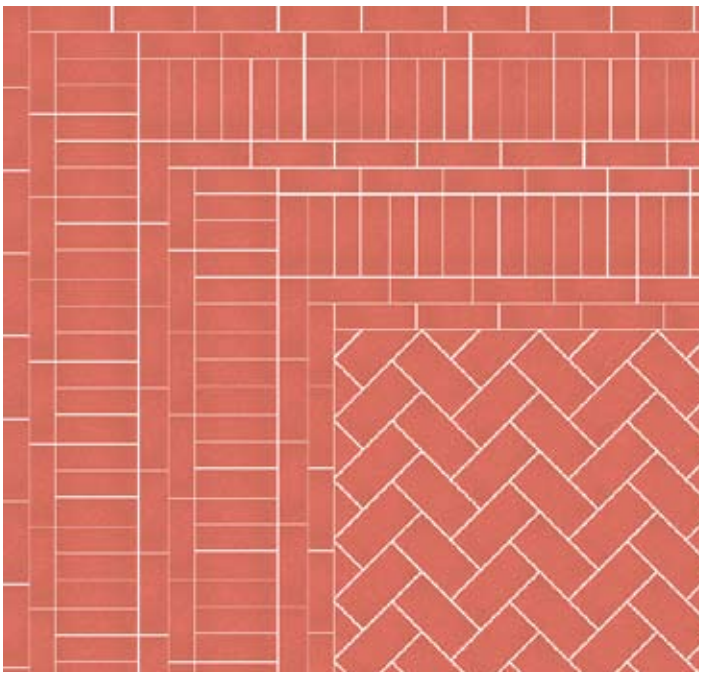


Abb. 3-1 Randausbildung hochkant versetzt im wechselnden Muster im Anschluss an Fischgrätverband, flach verlegt

Abb. 3-2 Randausbildung mit hochkant und flachverlegten Pflasterklinkern im Anschluss an Fischgrätverband, flach verlegt

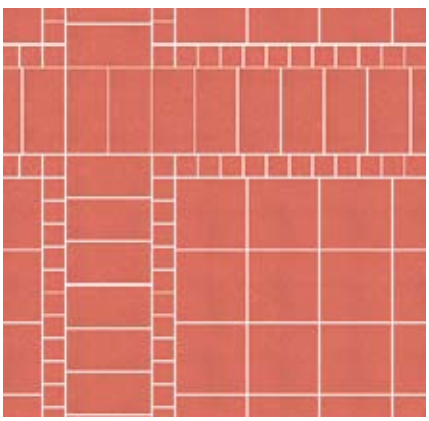


Abb. 3-3 Ornamental gestaltete Flächengliederung unter Verwendung von drei verschiedenen Klinkerformaten

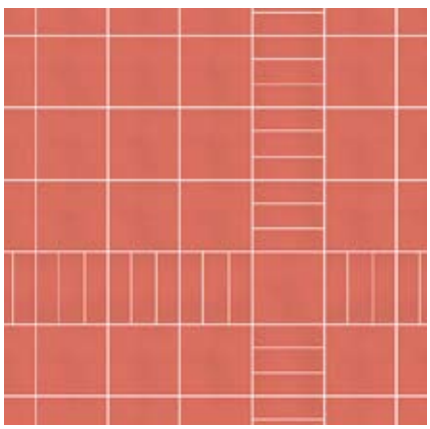


Abb. 3-4 Fläche aus Quadratformaten mit hochkant versetzten Friesen

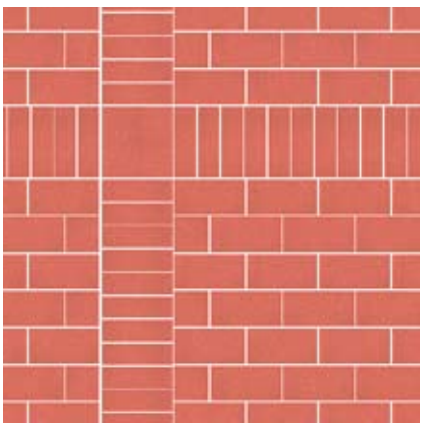


Abb. 3-5 Quadratformate in den Knotenpunkten einer im halben Verband verlegten Fläche

Verlegung an runden Einfassungen bzw. in Kurven

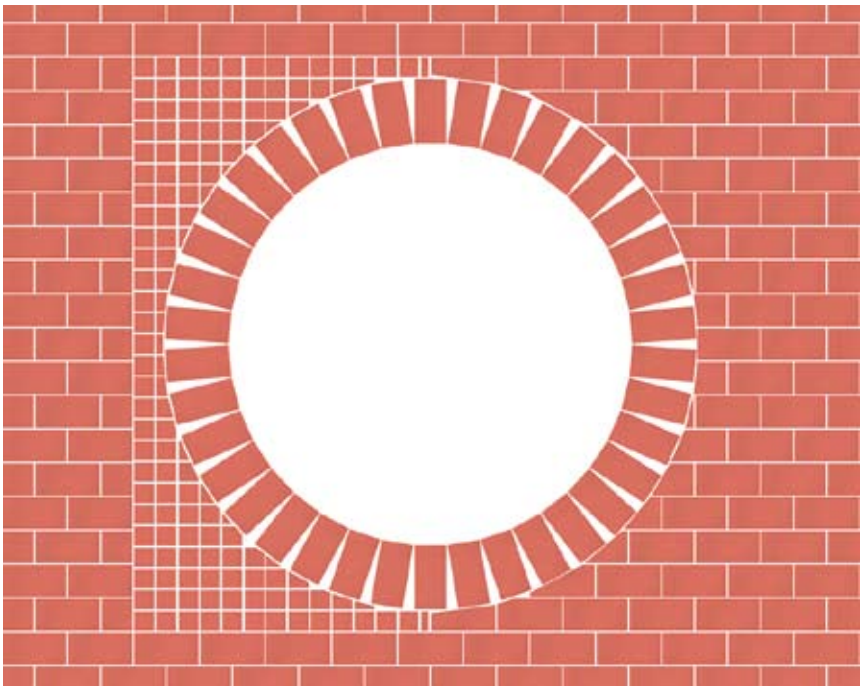


Abb. 3-6 Runde Baumscheibe aus Pflasterklinkern im Normalformat flach verlegt mit Keilfuge. Anschluss an Klinker im Normalformat oder im Mosaikformat

Abb. 3-7 Baumscheibe mit Keilklinkern

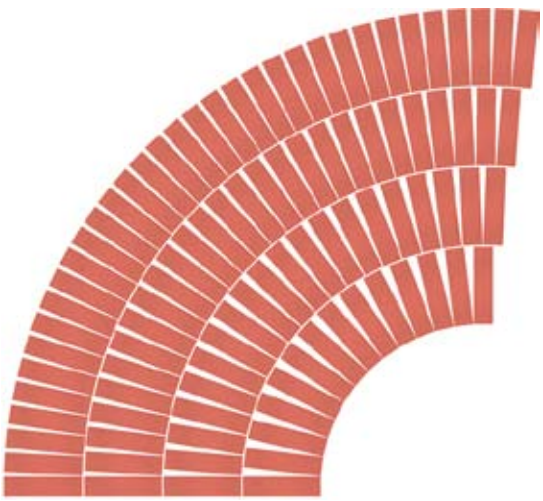


Abb. 3.8 Gepflasterter Bogen mit Pflasterklinkern im Längsformat, bzw. hochkant verlegten Klinkern

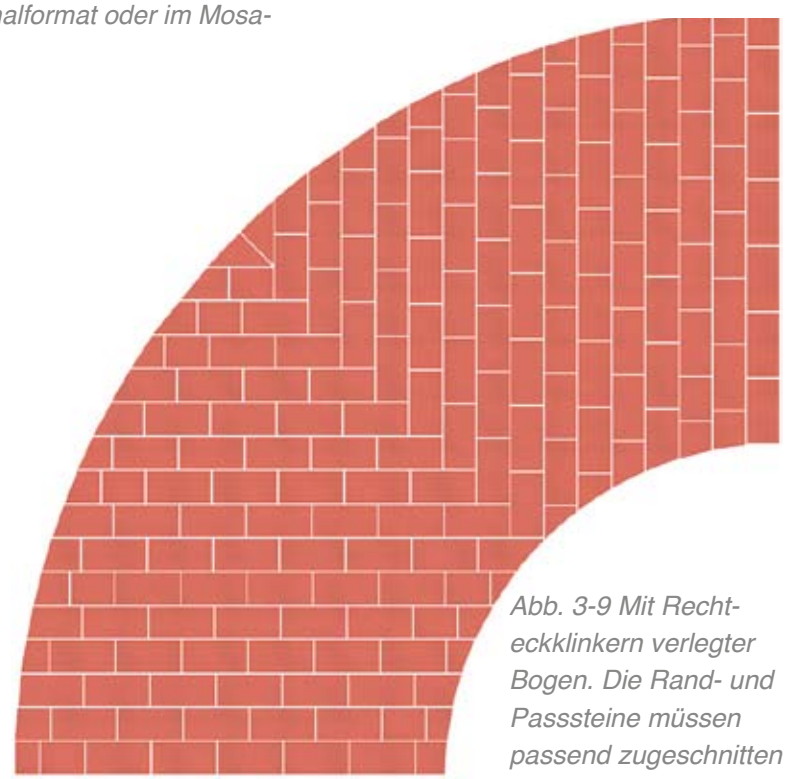


Abb. 3-9 Mit Rechteckklinkern verlegter Bogen. Die Rand- und Passsteine müssen passend zugeschnitten werden

Verlegung in Eckbereichen

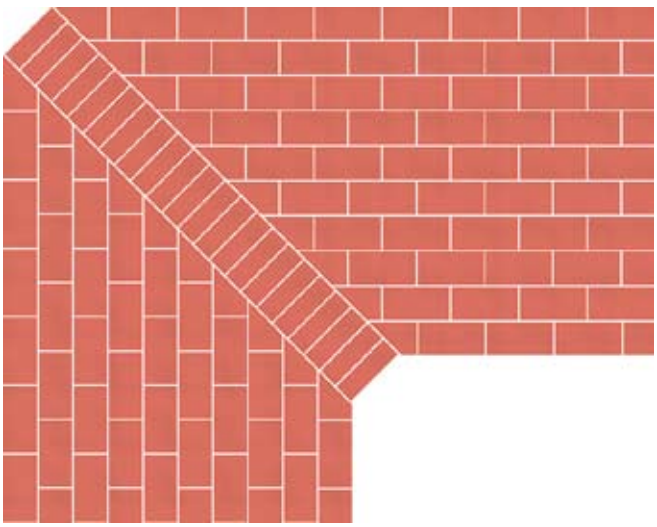


Abb. 3-10 Gehrung mit Pflasterklinker als Rollschicht

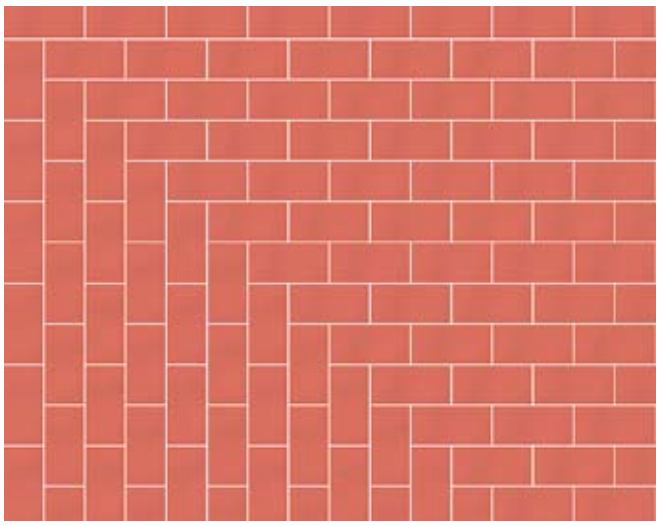


Abb. 3-11 Gehrung mit Pflasterklinker durch Fugenversatz

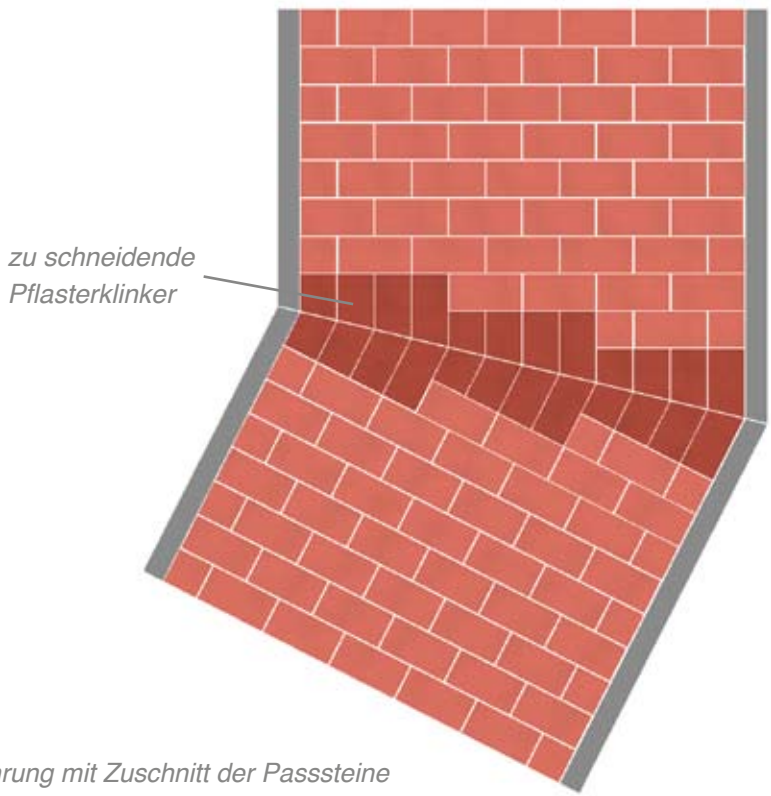
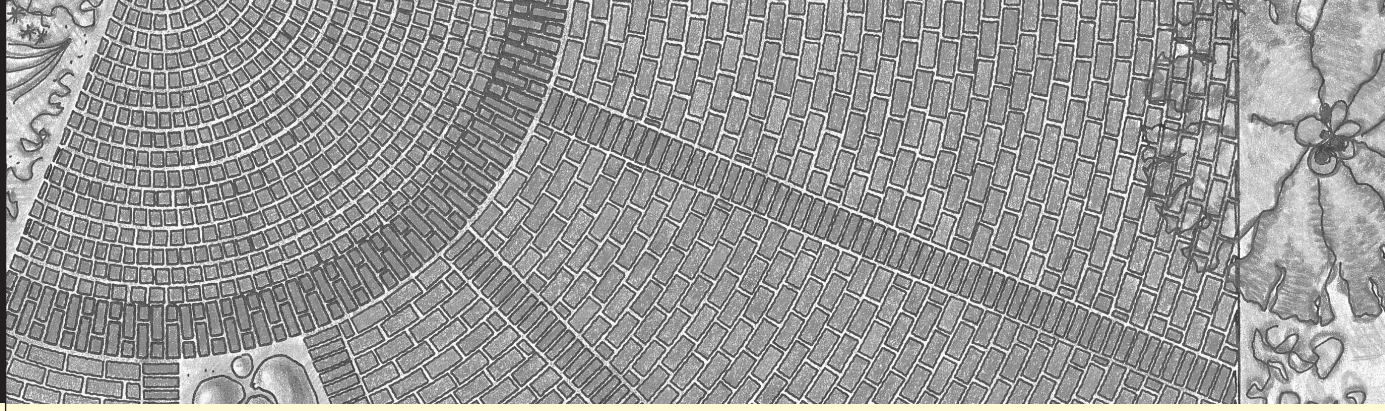


Abb. 3-12 Gehrung mit Zuschnitt der Passsteine



KERAWIL

KERAWIL Tonwerk Wilhelmshöhe GmbH
Tonwerkstraße 96 · 32584 Löhne · Postfach 1336 · 32566 Löhne
Telefon +49 (0) 57 32/10 90-0 · Telefax +49 (0) 57 32/10 90 10 · www.kerawil.de