

DIPLOMARBEIT

Master Thesis

Pflasterbefestigungen in gebundener Bauweise

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades
eines Diplom-Ingenieurs/ einer Diplom-Ingenieurin

unter der Leitung von

Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Ronald Blab,
Dipl.-Ing. Dr. techn. Wolfgang Kluger-Eigl
und
Dipl.-Ing. Barbara Gagliano

E230/3

Institut für Verkehrswissenschaften
Forschungsbereich für Straßenwesen

eingereicht an der Technischen Universität Wien,
Fakultät für Bauingenieurwesen,
von

Nevena Yoncheva

1029242

Wien, am 29.04.2015

eigenhändige Unterschrift

Kurzfassung

Diese Diplomarbeit umfasst eine Literaturrecherche zur gebundenen Pflasterbauweise. Zuerst werden die Grundlagen, die Einsatzmöglichkeiten für Pflasterbefestigungen, sowie die verschiedenen Pflasterbauweisen allgemein betrachtet. Weiters werden die Regelwerke für die ungebundene Bauweise der Länder Österreich, Deutschland und Schweiz untersucht.

Anschließend wird ausführlich die gebundene Pflasterbauweise beschrieben. Es werden die Vor- und Nachteile dieser Methode dargelegt, sowie die Dimensionierung und die Baustoffe erklärt. Weiters werden noch die Herstellungsgrundsätze verschiedener Schichten und einige Besonderheiten bei der Ausführung einer solchen Verkehrsfläche wie z.B. Bewegungsfugen dargestellt. In diesem Zusammenhang werden Empfehlungen für die Anordnung von Bewegungsfugen und die Auswirkungen, wenn diese nicht vorhanden sind, beschrieben.

Im Rahmen dieser Arbeit wird abschließend eine Analyse der aktuell vorhandenen Mörtelprodukte auf dem österreichischen Bauproduktmarkt durchgeführt. Es werden die technischen Kennwerte und die Verarbeitungshinweise dieser Mörtelprodukte von verschiedenen Herstellern gegenübergestellt.

Abstract

This thesis includes a literature review of bounded block pavement constructions. First, the basics and the possibilities of block pavement placement, as well as the various types of constructions are considered. Furthermore, the regulations in different countries Austria, Germany and Switzerland are examined. The bound block pavement design needs a specific approach.

Further, the bound block pavement construction is described in detail. There are given the advantages and disadvantages of this method, as well as the pavement design and the used materials. Described are the production principles of different layers and some peculiarities in the execution of the road construction such as expansion joints. In this context, the requirements for this expansion joints are described.

In this work it will be given an analysis of the currently existing mortar types for pavement constructions on the Austrian market. The technical characteristics and the instructions of these products from different manufactures will be described and compared.

INHALTSVERZEICHNIS

1. EINLEITUNG	6
1.1 ENTWICKLUNG DES PFLASTERBAUES	6
1.2 PROBLEMSTELLUNG	6
1.3 ZIELSETZUNG	7
2. GRUNDLAGEN.....	8
2.1 BEGRIFFSBESTIMMUNGEN.....	8
2.2 EINSATZBEREICHE	9
2.3 BAUWEISEN.....	10
2.3.1 <i>Ungebundene Bauweise</i>	10
2.3.2 <i>Gebundene Bauweise</i>	11
2.3.3 <i>Gemischte Bauweise</i>	11
2.4 REGELWERKE	11
2.4.1 <i>Österreich</i>	12
2.4.2 <i>Deutschland</i>	12
2.4.3 <i>Schweiz</i>	14
3. GEBUNDENE PFLASTERBEFESTIGUNGEN	15
3.1 VOR- UND NACHTEILE DER GEBUNDENEN BAUWEISE	15
3.2 DIMENSIONIERUNG	16
3.2.1 <i>Lasteinwirkungen</i>	17
3.2.2 <i>Oberbaubemessung</i>	20
3.2.3 <i>Unterschiede in der Dimensionierung in Österreich, Deutschland und der Schweiz</i>	29
3.3 BAUSTOFFE.....	29
3.3.1 <i>Tragschichten</i>	30
3.3.2 <i>Gebundenes Bettungsmaterial</i>	32
3.3.3 <i>Gebundenes Fugenmaterial</i>	37
3.3.4 <i>Pflastermaterialien</i>	40
3.4 HERSTELLUNGSGRUNDSÄTZE UND AUSFÜHRUNG.....	49
3.4.1 <i>Schichtaufbau</i>	49
3.4.2 <i>Bettung</i>	51
3.4.3 <i>Verlegen und Versetzen</i>	53
3.4.4 <i>Fugenfüllung</i>	54
3.4.5 <i>Bewegungsfugen</i>	55
3.4.6 <i>Einbautemperatur</i>	60
3.5 THERMISCHE BEANSPRUCHUNGEN.....	60
3.5.1 <i>Wärmedehnung</i>	61
3.5.2 <i>Materialkennwerte</i>	61
3.6 PRÜFUNGEN.....	64
3.6.1 <i>Haftzugfestigkeit – Laborprüfung</i>	64

3.6.2	<i>Biegezugfestigkeit – Laborprüfung</i>	68
3.6.3	<i>Druckfestigkeit – Laborprüfung</i>	69
3.1	WARTUNG UND ERHALTUNG	70
3.1.1	<i>Charakteristische Schadensbilder und Ursachen</i>	70
3.1.2	<i>Maßnahmen</i>	76
4.	MARKTANALYSE MÖRTELPRODUKTE UND HERSTELLERHINWEISE	79
4.1	ROST SYSTEMBAUSTOFFE – RSB	79
4.1.1	<i>RSB Drainfeinbeton – RSB DFB-5S</i>	79
4.1.2	<i>RSB BM-ADDITIV</i>	81
4.1.3	<i>RSB Kontaktschlämme KS</i>	82
4.1.4	<i>RSB Haftbrücke HB-EP</i>	83
4.1.5	<i>RSB PFM System</i>	83
4.1.6	<i>RSB PFM-HF Pflasterfugenmörtel</i>	84
4.1.7	<i>RSB PFM-SV Pflasterfugenmörtel</i>	85
4.2	VERGUSIT.....	87
	<i>Pflasterfugenmörtel PFM 25-System</i>	87
4.3	SOPRO	88
	<i>Sopro Pflasterfugenmörtel HF</i>	88
4.4	JURALITH.....	90
	<i>Juralith Pflasterfugenmörtel ZFM 600</i>	90
4.5	VERGLEICH DER MÖRTELPRODUKTE	91
5.	ZUSAMMENFASSUNG	93
	VERZEICHNISSE	95
	NORMENVERZEICHNIS	95
	LITERATURVERZEICHNIS	96
	INTERNETQUELLEN	97
	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	98
	TABELLENVERZEICHNIS	100
	ANHANG 1: VERGLEICH DER REGELWERKE IN DEN VERSCHIEDENEN LÄNDER FÜR DIE BETTUNG BEI DER GEBUNDENEN PFLASTERBEFESTIGUNG	102
	ANHANG 2: VERGLEICH DER REGELWERKE IN DEN VERSCHIEDENEN LÄNDER FÜR DAS FUGENMATERIAL BEI DER GEBUNDENEN PFLASTERBEFESTIGUNG	103

1. EINLEITUNG

1.1 Entwicklung des Pflasterbaues

Zum ersten Mal wurden Pflasterflächen in Mesopotamien in der Zeit um 4000 v. Chr. errichtet. Später, im Zeitraum 2600 bis 2500 v. Chr. dienten die Pflasterstraßen als Transportwege für Baumaterialien beim Bau der Pyramiden von Gizeh. Die weitere Entwicklung erfolgte im Römischen Reich mit dem planmäßigen Aufbau aus einer verdichteten Unterlage und der Verlegung einer Querneigung zur Entwässerung. Damit die Flächen möglichst eben waren, wurden die Natursteine bearbeitet und gepflastert.

Im 19. Jahrhundert erschien die erste Anweisung zur Herstellung von Pflasterbefestigung in Deutschland. „Beispielhaft sind hier die „Instruktion der Straßenpflasterungskommission der Stadt Kiel“ aus dem Jahre 1839 und die „Wegeverordnung für die Herzogtümer Schleswig und Holstein“ aus dem Jahre 1842 [1].

Mit der Veränderung der Nutzung veränderten sich aber auch die Anforderungen an die Pflasterflächen und Tragschichten. Durch die rasante Entwicklung der Motorisierung und die damit gestiegenen Geschwindigkeiten waren die Pflasterbefestigungen nicht mehr geeignet. Aufgrund steigender Achslasten und der zunehmenden Verkehrsbelastung waren die Tragfähigkeit der Tragschichten und des Untergrundes von wesentlicher Bedeutung. Die Erfindung des Asphaltmischgutes führte zu einer Verdrängung der Pflasterbauweise [1].

1.2 Problemstellung

Bei der Ausführung der Pflasterbeläge in gebundener Bauweise werden die Tragschichten, die Bettung sowie die Fugenfüllung aus gebundenen Baustoffen mit hohen Festigkeiten hergestellt. Diese Bauweise wird immer öfter angewandt, da im Vergleich zur ungebundenen Bauweise – die Regelbauweise ist – gebundene Flächen besser zu reinigen sind.

Pflasterflächen in gebundener Bauweise haben viele Vorteile im Vergleich zur ungebundenen Bauweise, die gebundene Pflasterbauweise ist aber im deutschen und österreichischen Regelwerk nicht enthalten. Bis 2006 war sie in der DIN 18318 geregelt, die dort verankerten Anforderungen zur Bettung und zum Fugenmörtel führten aber häufig zu Schäden im gebundenen Pflasterbelag. Die Tatsache, dass diese Bauweise seit der Überarbeitung 2006 in der DIN 18318 nicht mehr geregelt wird und somit als Sonderbauweise gilt, führt jedoch zu Problemen bei der Ausschreibung und Umsetzung [9]. Dies ist durch den Mangel an abgestimmten Empfehlungen und Vorgaben zwischen der Planung, Bauausführung, Industrie, Wissenschaft, Materialprüfung und Vergabestelle zu erklären (FGSV Arbeitspapier).

Deswegen ist es wichtig bei den Pflasterbefestigungen in gebundener Bauweise die den derzeitigen Wissen- und Erfahrungsstandes entsprechende Hinweise einzuhalten, sowie die Empfehlungen der Hersteller zu beachten.

1.3 Zielsetzung

Im Zuge dieser Arbeit sollen die Normen und Regelwerke verschiedener Länder untersucht werden und es soll festgestellt werden, ob diese Bauweise in etwaigen Richtlinien der Länder Österreich, Deutschland und Schweiz erwähnt wird. In Bulgarien gibt es keine Regelwerke und keine Erfahrungen über Pflasterbefestigungen in gebundener Bauweise.

Im zweiten Teil dieser Diplomarbeit wird die Methode der gebundenen Bauweise ausführlich beschrieben. Auf der Grundlage des derzeitigen Wissen- und Erfahrungsstandes werden entsprechende Empfehlungen und Hinweise gegeben.

In Rahmen dieser Diplomarbeit werden auch die Angaben und die Empfehlungen der Hersteller bei der Ausführung der gebundenen Bauweise zusammengefasst.

2. GRUNDLAGEN

2.1 Begriffsbestimmungen

Eine Verkehrsflächenbefestigung wird in die Bestandteile Oberbau, Untergrund und Unterbau unterteilt. Das Unterbauplanum trennt Oberbau und Unterbau voneinander. Als Oberbau werden alle darauf folgenden Schichten und auch die Pflasterdecke bezeichnet. Abbildung 1 zeigt den Aufbau einer befestigten Fläche.

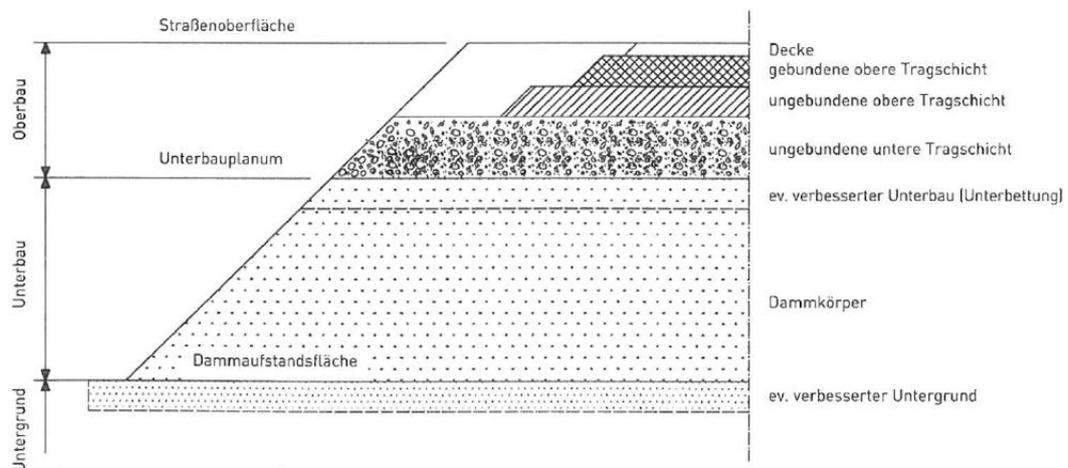


Abbildung 1: Aufbau einer befestigten Fläche (RVS 03.08.63, 2008)

Nachfolgend gelten folgende Begriffsbestimmungen:

- **Pflasterstein** – Stein, dessen größte Gesamtlänge 30 cm nicht überschreitet und dessen Dicke größer als ein Drittel der größten Gesamtlänge ist, [ÖNORM B 2214].
- **Gesamtlänge** – längere Seite des kleinstmöglichen Rechtecks, das den Pflasterstein umschließen kann [ÖNORM B 2214].
- **Fuge** – Zwischenraum zwischen den Pflastersteinen oder zu den Randeinfassungen bzw. zu den Einbauten in der jeweiligen Verkehrsfläche hin [ZTV Pflaster-StB 06].
- **Längsfuge** – Fuge, die in Hauptnutzungsrichtung angeordnet ist [ÖNORM B 2214].
- **Querfuge** – Fuge, die rechtwinkelig zu Längsfugen angeordnet ist [ÖNORM B 2214].
- **Dehnungsfuge** – plangemäß festgelegte Fuge bei der gebundenen oder gemischten Bauweise, die entweder aus dem Untergrund übernommen wird, oder innerhalb der Fläche oder im Bereich von Wandanschlüssen und Einbauten angeordnet wird [ÖNORM B 2214].
- **Anschlussfuge** – Fuge, die sich durch Anarbeiten von Werkstücken aus Stein an Bauteile aus anderen Werkstoffen ergibt [ÖNORM B 2214].
- **Bettung** – unterer Teil der Pflasterdecke, auch Pflasterbett genannt [ZTV Pflaster-StB 06].
- **Pflasterdecke** – oberste Schicht des Oberbaues, bestehend aus Pflastersteinen, einschließlich ihrer Bettung und der Fugenfüllung [ZTV Pflaster-StB 06].

- **Unterlage** – der Bereich unter der Pflasterdecke [ZTV Pflaster-StB 06].
- **Randeinfassung** – fasst eine Pflasterfläche ein, ist in Mörtel oder Beton zu verlegen bzw. zu versetzen, wirkt kräfteableitend. Die Steine der Randeinfassung sind im Regelfall dicker als die Steine der Pflasterfläche [ÖNORM B 2214].
- **Verlegen** – Auflegen der Pflastersteine mit geringen Dickentoleranzen auf eine profilgerechte Bettung aus Sand oder Mörtel oder das Einbetten (Pflastern) von Rand- oder Bordsteinen in eine Mörtelbettung [ÖNORM B 2214].
- **Geringe Dickentoleranz** – Abweichung der Nenndicke um maximal das zulässige Versatzmaß [ÖNORM B 2214].
- **Versetzen** – Einbetten (Pflastern) von Randeinfassung in eine Betonbettung [ÖNORM B 2214].
- **Pflastern** – manuelles Hineintreiben der Pflastersteine sowie der Rand- oder Bordsteine in eine Bettung aus Sand oder Mörtel [ÖNORM B 2214].
- **Verband** – sich wiederholende regelmäßige oder unregelmäßige Anordnung von Steinen in Abhängigkeit von der Steingröße [ÖNORM B 2214].
- **Gesteinskörnung [Mineralstoff, Zuschlag]** – körniges Material für die Verwendung im Bauwesen. Gesteinskörnungen können natürlich, industriell hergestellt oder rezykliert sein [RVS 08.15.01].
- **Korngruppe** – Bezeichnung einer Gesteinskörnung mittels unterer (**d**) und oberer (**D**) Siebgröße, angegeben als d/D [RVS 08.15.01].
- **Kornklasse d_i/D_i** – Fraktion einer Gesteinskörnung, die durch das größere (D_i) von zwei Sieben hindurchgeht und auf dem kleineren (d_i) liegend bleibt [RVS 08.15.01].
- **Gebrochenes Korn c** - Korn dessen Oberfläche zu mehr als 50 % gebrochen ist [RVS 08.15.01].
- **Gerundetes Korn r** – Korn, dessen Oberfläche zu 50 % oder weniger gebrochen ist [RVS 08.15.01].
- **Pflasterziegel** – Ziegel, der für die Pflasterung von Gehwegen verwendet wird, bestimmte Form- und Maßanforderungen erfüllt und vorwiegend aus Ton oder tonartigem Material, mit oder ohne Zusatzstoffe, durch Formen, Trocknen und Brennen bei einer ausreichend hohen Temperatur hergestellt wird, um ein dauerhaftes keramisches Endprodukt zu erzeugen [ÖNORM EN 1344].
- **Nennmaß** – jedes zur Herstellung eines Pflasterziegels festgelegtes Maß, mit dem das Ist-Maß unter Berücksichtigung der angegebenen zulässigen Abweichungen übereinstimmen sollte [ÖNORM EN 1344].
- **Fase** – abgeschrägte oder abgerundete Kante an einem Pflasterziegel [ÖNORM EN 1344].

2.2 Einsatzbereiche

Pflasterdecken sind für befahrene und auch für nicht befahrene Flächen verwendbar. Prinzipiell ist zwischen kommunalen und privaten Flächen zu unterscheiden. Dafür gelten die

Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau (RVS), insbesondere die RVS 08.18.01 und RVS 03.08.63.

Allgemein sind folgende Einsatzbereiche für Pflasterbefestigung geeignet:

- **Öffentliche Flächen:** Fußgängerzonen mit und ohne Ladeverkehr, Wohnstraßen, Parkanlagen und andere Flächen mit rollendem Verkehr;
- **Privatflächen:** begangene Flächen (Gehwege, Gartenwege und -plätze, Terrassen), befahrene Flächen (Hofflächen, Garagenflächen);
- **Industrielle Flächen:** Container- und Lagerflächen, Gastronomiebereiche.

Pflasterdecken in gebundener Bauweise sind aber eine Sonderbauweise und die Anwendungsfälle unterscheiden sich von einer ungebundenen Pflasterfläche [8]:

- ✓ *Flächen oberhalb der Bauklasse III*
- ✓ *Busverkehrsflächen*
- ✓ *Innenringe von Kreisverkehrsplätzen*
- ✓ *Verkehrsberuhigung*
- ✓ *Einkaufspassagen*
- ✓ *Garagenabfahrten*
- ✓ *Marktplätze*
- ✓ *Parkplätze*
- ✓ *Gartenanlagen*
- ✓ *Staustufen*
- ✓ *Wasserrinnen*
- ✓ *Springbrunnen*

Plattenbeläge sollten nur bei der Befestigung von Geh- und Radwegen, ausgenommen bei Überfahrten, sowie bei Plätzen ohne Kraftfahrzeugverkehr Anwendung finden [ZTV P-StB 06].

2.3 Bauweisen

In Abhängigkeit von der Ausführung der Pflasterdecken sind drei verschiedene Bauweisen zu unterscheiden: die ungebundene Bauweise, die gebundene Bauweise und die gemischte Bauweise. Die ungebundene Bauweise stellt in Österreich die Regelbauweise dar, während die gebundene und die gemischte Bauweisen als Sonderbauweisen gelten.

2.3.1 Ungebundene Bauweise

Bei der ungebundenen Bauweise werden Pflastersteine bzw. Pflasterplatten in eine Bettung ohne Zusatz von Bindemitteln verlegt. Auch die Fugenfüllung wird ohne Bindemittelzusatz hergestellt. Dabei ist eine dauerhafte Wasserdurchlässigkeit der darunterliegenden Oberbauschichten auszuführen [RVS 08.18.01].

Die Unterlage besteht aus einer ungebundenen oberen und einer ungebundenen unteren Tragschicht oder aus einer Dränbetontragschicht und einer ungebundenen unteren Tragschicht.

Diese Bauweise ist die Regelbauweise. Die Elastizität der ungebundenen Pflasterflächen ist hoch. Die Herstellungs-, Unterhalts- und Wiederherstellungskosten sind gering, einen Nachteil bei dieser Bauweise stellt die Auswaschung der Fugen und die aufwendige Reinigung dar.

2.3.2 Gebundene Bauweise

Bei der Herstellung einer Pflasterbefestigung in gebundener Bauweise werden die Pflastersteine bzw. Pflasterplatten in einer Bettung aus Mörtel, d.h. mit Zusatz eines Bindemittels verlegt. Dabei ist bei Pflasterplatten auf die kraftschlüssige Verbindung zwischen Platten und Bettung zu achten. Die Fugenfüllungen werden ebenfalls aus Fugenmörtel d.h. mit Zusatz eines Bindemittels hergestellt. Die darunterliegenden Oberbauschichten sind dauerhaft wasserdurchlässig auszuführen. Temperaturverursachte Risse in den Fugen sind unvermeidbar [RVS 08.18.01].

Die Pflasterbeläge in dieser Bauweise bestehen aus einer unteren ungebundenen Tragschicht, einer oberen gebundenen Tragschicht, einer gebundenen Bettungsschicht sowie dem Pflaster mit einer gebundenen Fugenfüllung.

Bei der gebundenen Bauweise sind thermische Beanspruchungen durch große Temperaturunterschiede zu beachten, deshalb sind Dehnfugen und Entspannungszonen vorzusehen.

2.3.3 Gemischte Bauweise

Bei der gemischten Bauweise werden die Pflastersteine bzw. Pflasterplatten in einer Bettung ohne Zusatz von Bindemitteln gepflastert. Die Fugenfüllung wird gebunden hergestellt. Die gemischte Bauweise sollte nur für begangene oder gering befahrene Flächen mit PKW-Verkehr geplant werden. Temperaturverursachte Risse in den Fugen sind unvermeidbar [RVS 08.18.01].

Der Aufbau dieser Bauweise besteht aus einer ungebundenen unteren Tragschicht, einer oberen Tragschicht, einer ungebundenen Bettung und Pflaster mit einer gebundenen Fugenfüllung.

2.4 Regelwerke

Wie in Kapitel 2.3 beschrieben, gibt es keine Regelwerke für Pflasterbefestigungen in gebundener Bauweise und diese gilt daher als Sonderbauweise.

In diesem Kapitel werden die Regelwerke für Pflasterstein- und Pflasterplattendecken der Länder Österreich, Deutschland, Schweiz und Bulgarien erläutert.

2.4.1 Österreich

In Österreich gelten für Pflasterflächen folgende Richtlinie und Regelwerke:

- **RVS 08.18.01 Pflasterstein- und Pflasterplattendecken, 2009**

Die „ungebundene“ Bauweise stellt die Regelbauweise dar und hat sich über viele Jahrzehnte bewährt. Die „gebundene“ und die „gemischte“ Bauweise stellen Sonderbauweisen dar und sind als solche zu planen und auszuführen [RVS 08.18.01].

- **RVS 03.08.63 Oberbaubemessung, 2008**

Die Bettungsmaterialien für Pflasterstein- und Pflasterplattendecken haben den Anforderungen gemäß RVS 08.18.01 zu entsprechen. Die Standardausführung für die Bautypen, gemäß den Tabellen dieser Richtlinien, gelten nur für die ungebundene Bauweise, d.h. ungebundene Bettung und ungebundene Fugenfüllung [RVS 03.08.63, 2008].

- **ÖNORM B 2214 Werkvertragsnorm, 2009**

Temperaturverursachte, unvermeidbare Risse im Bereich einer gebundenen Fugenfüllung, die die Gebrauchstauglichkeit nicht beeinträchtigen, berechtigen nicht zu Gewährleistungsansprüchen [ÖNORM B 2214].

2.4.2 Deutschland

In Deutschland gelten für Pflasterflächen folgende DIN-NORMEN und Richtlinien:

- **DIN 18318, Ausgabe 2000**

Nach DIN 18318 Ausgabe 2000 können Fugenfüllung und Bettung aus gebundenem Mörtel ausgeführt werden. Diese Regelungen waren nur bis 2006 gültig und sind aus heutiger Sicht unzulässig.

- **DIN 18318, Ausgabe 2006**

In der Neufassung der DIN 18318 „Pflasterdecken und Plattenbeläge in ungebundener Ausführung, Einfassungen“ ist die gebundene Pflasterbauweise nicht mehr im Vorschriftenwerk für den Straßenbau geregelt. Als Regelwerk bleiben nur die Entwässerungsrinnen der Straßenentwässerung, die in gebundener Bauweise ausgeführt werden müssen, sowie die Fugenfüllungen mit dauerelastischen Fugenfüllstoffen.

- **DIN 18316, Ausgabe 10/2006**

Die DIN 18316 „Verkehrswegebauarbeiten – Oberbauschichten mit hydraulischen Bindemitteln“ gilt für die Befestigung von Straßen und Wegen aller Art, Plätzen, Höfen, Flugbetriebsflächen, Bahnsteigen und Gleisanlagen mit Tragschichten und Decken [DIN 18316].

- **FGSV TL Pflaster-StB, Ausgabe 2006**

Die FGSV TL Pflaster-StB „Technische Lieferbedingungen für Bauprodukte zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbeläge und Einfassungen“, Ausgabe 2006 sind als erster Teil des neuen zweigeteilten Regelwerks für Pflasterdecken, Plattenbeläge und Einfassungen zum

ersten Mal erschienen und gelten mit der ZTV Pflaster-StB 06. Die TL Pflaster enthalten Anforderungen an natürliche, industriell hergestellte sowie an rezyklierte Gesteinskörnungen, Baustoffgemische und an andere Bauprodukte, wie Pflastersteine, Platten, Bord- sowie Einfassungssteine [TL Pflaster-StB].

Die TL Pflaster-StB gelten für die Lieferung von Bauprodukten zur Herstellung von Pflasterdecken und Plattenbeläge in ungebundener Ausführung auf Verkehrsflächen und Einfassungen [TL Pflaster-StB].

- **FGSV ZTV Pflaster-StB, Ausgabe 2006**

Die FGSV ZTV Pflaster-StB „Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen, Ausgabe 2006“ sind als zweiter Teil des neuen zweigeteilten Regelwerks für Pflasterdecken, Plattenbeläge und Einfassungen erschienen und gelten mit der TL Pflaster-StB 06. Die ZTV Pflaster-StB enthalten die Baugrundsätze sowie die Anforderungen an die Bauprodukte. Danach werden ausführliche Anforderungen an die Ausführung sowie an die Prüfungen aufgestellt [ZTV Pflaster-StB].

Die ZTV Pflaster-StB 06 beinhalten Regelungen, die bei der Herstellung von Pflasterdecken und Plattenbelägen in ungebundener Bauweise auf Verkehrsflächen zu beachten sind [ZTV Pflaster-StB].

- **RStO 12, Ausgabe 2012**

„Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen“

- **DIN EN 1338**

„Pflastersteine aus Beton – Anforderungen und Prüfverfahren“

- **DIN EN 1339**

„Platten aus Beton – Anforderungen und Prüfverfahren“

- **DIN EN 1341**

„Platten aus Naturstein für Außenbereiche - Anforderungen und Prüfverfahren“

- **DIN EN 1342**

„Pflastersteine aus Naturstein für Außenbereiche - Anforderungen und Prüfverfahren“

- **DIN EN 1341**

„Pflasterziegel - Anforderungen und Prüfverfahren“

- **Merkblatt für wasserdurchlässige Befestigungen von Verkehrsflächen.**
- **Merkblatt für Dränbetontragschichten (DBT), Ausgabe 1996**
- **FGSV Arbeitspapier, Ausgabe 2007**

Die FGSV hat erstmals ein Arbeitspapier zu Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen in gebundener Ausführung vorgelegt. Das Arbeitspapier ist in erster Linie als

Leitfaden gedacht, um den Erfahrungsschatz auszuweiten mit dem langfristigen Ziel, für gebundene Pflasterdecken und Plattenbeläge eine möglichst lange, schadensfreie Nutzungsdauer erreichen zu können [Arbeitspapier, FGSV].

- **WTA Merkblatt, Ausgabe 2007**

Das WTA-Merkblatt 5-21 „Gebundene Bauweise – Historisches Pflaster“ enthält Anforderungen an die gebundene Pflasterbauweise für Verkehrsflächen, die Kraftfahrzeugverkehr unterliegen. In diesem Merkblatt sind umfangreiche Hinweise, Empfehlungen, Verarbeitungs- und Ausführungsgrundsätze sowie Prüfverfahren und deren Qualitätsanforderungen beschreiben. Diese beruhen auf langjährige Erfahrungen von Produktherstellern, Ausführenden und Gutachtern und wurden empirisch zusammengetragen [WTA Merkblatt].

2.4.3 Schweiz

In der Schweiz sind die Anforderungen an Pflasterdecken in den folgenden SN geregelt:

- **SN 640 480**

„Pflasterungen – Konzeption, Oberbaudimensionierung, Anforderungen und Ausführung“;

- **SN 640 481**

„Anschlüsse für Verkehrsflächen – Qualität, Form und Ausführung“;

- **SN 640 482**

„Plattendecken – Konzeption, Oberbaubemessungen, Anforderungen und Ausführung“;

- **SN 640 483-1-NA**

„Platten aus Beton – Anforderungen und Prüfverfahren“ (EN 1339);

- **SN 640 483-2-NA**

„Pflastersteine aus Beton – Anforderungen und Prüfverfahren“ (EN 1338);

- **SN 640 484-1**

„Platten aus Naturstein für Außenbereiche - Anforderungen und Prüfverfahren“ (EN 1341)

- **SN 640 484-2**

„Pflastersteine aus Naturstein für Außenbereiche - Anforderungen und Prüfverfahren“ (EN 1342).

3. GEBUNDENE PFLASTERBEFESTIGUNGEN

Die Charakteristik einer gebundenen Pflasterfläche unterscheidet sich völlig von einer ungebundenen Pflasterfläche. In den folgenden Kapiteln wird die gebundene Bauweise ausführlich beschrieben.

3.1 Vor- und Nachteile der gebundenen Bauweise

In den folgenden Tabellen werden die Eigenschaften der verschiedenen Bauweisen gegenüber gestellt.

Tabelle 1: Vergleich der Bauweisen (RVS 08.18.01)

	Ungebundene Bauweise	Gebundene Bauweise	Gemischte Bauweise
Regelbauweise	ja	nein	nein
Herstellungskosten	gering	höher	höher
Unterhaltskosten	gering	höher	höher
Wiederherstellungskosten	gering	höher	höher
Entsiegelung d. Fläche	ja	nein	nein
Elastizität	hoch	keine	geringer
Sichtbare Spannungsrisse	keine	vorhanden	vorhanden
Auswaschung der Fugen	möglich	nein	nein
Fugensanierung	einfach	aufwändiger	aufwändiger
Belastbarkeit	hoch	hoch	geringer
Reinigung	aufwändiger	einfach	einfach
Fugenbewuchs	möglich	geringer	geringer

➤ Vorteile der gebundenen Bauweise

- ✓ Wegen der erhöhten Tragfähigkeit ist der Einsatz für stark belastete Bereiche möglich. Erhöhter Widerstand gegen besondere mechanische Belastungen.
- ✓ Kaum Einschränkungen bei der Wahl des Reinigungsverfahrens. Keine Ausspülung und Aussaugen der Fugenfüllstoffe bei der Pflasterreinigung.
- ✓ Frühzeitige maschinelle Reinigung möglich.
- ✓ Dauerhaftigkeit der Fugen bei lange anhaltendem und starkem Regen und Widerstand gegen fließendes Wasser.
- ✓ Geringe Geräuschentwicklung bei „voller“ Fuge.
- ✓ Verringerung der Spurrinnenbildung.

- ✓ Keine Begrünung der Fugen.
- ✓ Gute Begeh- und Befahrbarkeit.

➤ **Nachteile der gebundenen Bauweise**

- ✓ Teure Herstellung durch einen höheren Arbeits- und Materialaufwand.
- ✓ Witterungsabhängige Herstellung.
- ✓ Einbau von Bewegungsfugen nötig zur Reduzierung von Spannungen, die durch Temperaturänderungen oder Setzungen entstehen.
- ✓ Wegen einer geringen Elastizität schadensanfälliger.
- ✓ Schwierige Reparaturen. Hoher Aufwand bei Aufgrabungen: Steine/Platten nicht wieder verwendbar.

Die Herstellungskosten sind bei der gebundenen Bauweise deutlich höher als diese bei der ungebundenen Bauweise. Nach ca. 3 Jahren sind unter Einbeziehung der Wartungskosten die Gesamtkosten bei der bei der gebundenen Bauweise niedriger als bei der ungebundenen Bauweise. Das Ergebnis kann in Einzelfällen je nach Aufwendungen etwas schwanken, Abbildung 2 [10].

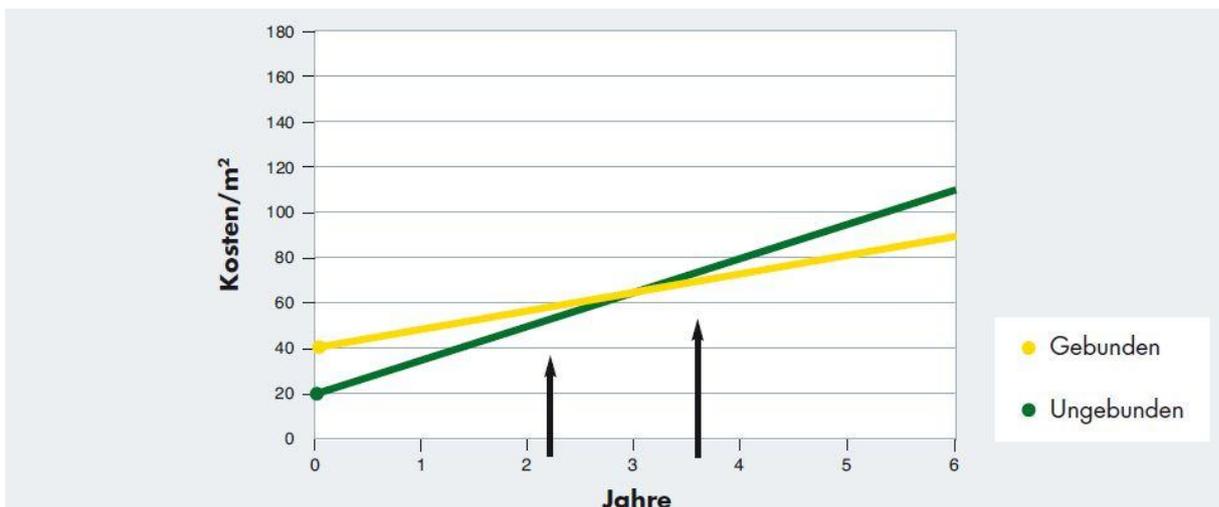


Abbildung 2: Musterkalkulation der Amortisierungszeit von gebundener und ungebundener Pflasterbauweise [10].

3.2 Dimensionierung

Funktionale Verkehrsflächen müssen hoch belastbar sein und die verschiedenen Belastungen über die Dauer des Nutzungszeitraums schadenfrei aufnehmen können. Eine Pflasterdecke in ungebundener Bauweise unterscheidet sich von jener in gebundener Pflasterbauweise. Ungebundene Pflasterflächen können nicht immer die Beanspruchungen durch hohe Achslasten, Servolenkung, Beschleunigungs- und Abbremsvorgänge oder intensive Reinigungsmaßnahmen aufnehmen, deshalb stoßen sie in bestimmten Bereichen an ihre Grenzen [1].

Maßgebend für die Dimensionierung von Pflasterbefestigungen sind die Verkehrsbelastungen, die Tragfähigkeit der Unterlage und auch die unterschiedlichen Materialeigenschaften der Schichten aus denen die Straßenkonstruktion gebaut ist.

3.2.1 Lasteinwirkungen

Belastungen, die auf die Pflasterflächen einwirken, können lastabhängige oder lastunabhängige Belastungen sein.

3.2.1.1. Lastabhängige Beanspruchungen

Lastabhängige Beanspruchungen setzen sich aus dem Eigengewicht des Belages und aus den Verkehrslasten zusammen. Diese Belastungen müssen nach Größe, Art und Richtung bekannt sein, damit eine ausreichende Tragfähigkeit erreicht werden kann.

Die Lastabtragung bei der gebundenen Bauweise unterscheidet sich deutlich von jener bei der ungebundenen Bauweise. Da die einzelnen Pflastersteine nicht kraftschlüssig miteinander verbunden sind, bewegen sie sich unter Belastung relativ zueinander. Abbildung 3. zeigt die horizontale und vertikale Kraftabtragung an einem Pflasterstein, der mittig belastet ist. Beim Überrollen wandert der Lastangriff von der Steinmitte über den Rand des Pflastersteines zum nächsten Pflasterstein und dann treten in der Fuge starke mechanische Kräfte auf. Das Fugenmaterial kann zermahlen werden und die Drainagefähigkeit der Bettung wird wegen des Eindringens dieses Fugenmaterials reduziert.

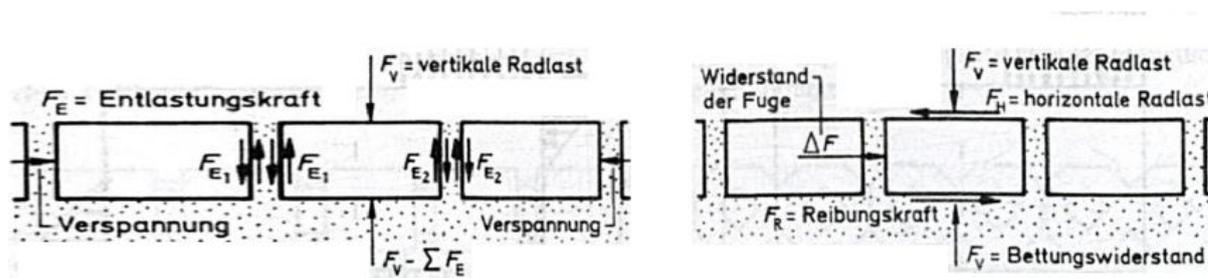


Abbildung 3: Verteilung vertikaler Belastungen und Kräfteabteilung von horizontalen Belastungen [12].

Bei der gebundenen Pflasterfläche wirkt die Belastung im idealen Fall genau wie bei einer Betonfahrbahn. Die Verkehrslasten verteilen sich gleichmäßig und die Fläche arbeitet wie eine vollflächig elastisch gelagerte Platte [1].

Verkehrslasten können entweder dynamische oder statische Belastungen sein. Die dynamischen Belastungen resultieren aus der Kurvenfahrt, dem Fahrbahngefälle, den Fahrbahnunebenheiten, dem Bremsen und Anfahren, so wie aus den hydraulischen Charakteristiken des Fahrzeuges. Horizontale Belastungen sind bei der gebundenen Pflasterbauweise zu vernachlässigen, weil die entstehenden Schubkräfte zu gering sind, um die gebundene Pflasterfläche zu beschädigen. Eine Ausnahme sind längere Gefällestrrecken mit geringem Haftverbund zwischen den Schichten der Belagsplatte [1].

Vertikale Kräfte, die durch das Fahrzeug verursacht werden, belasten den Oberbau auf einer ellipsen- bis kreisförmige Fläche. Diese Belastungen verursachen in den darunter liegenden Schichten Zug- und Druckspannungen.

Bei der Belastung der Straßenbaukonstruktion entstehen an der Unterseite von gebundenen Schichten Zugspannungen. In der ungebundenen Tragschicht ist die vertikale Druckspannung maßgeblich. Abbildung 4 zeigt die maßgebenden Spannungen bei der Dränbeton-Bauweise. Bei gebundenen Schichten treten diese an der Unterseite in horizontaler Richtung (σ_r) und bei ungebundenen Schichten an der Oberseite in vertikaler Richtung (σ_z) auf [4].

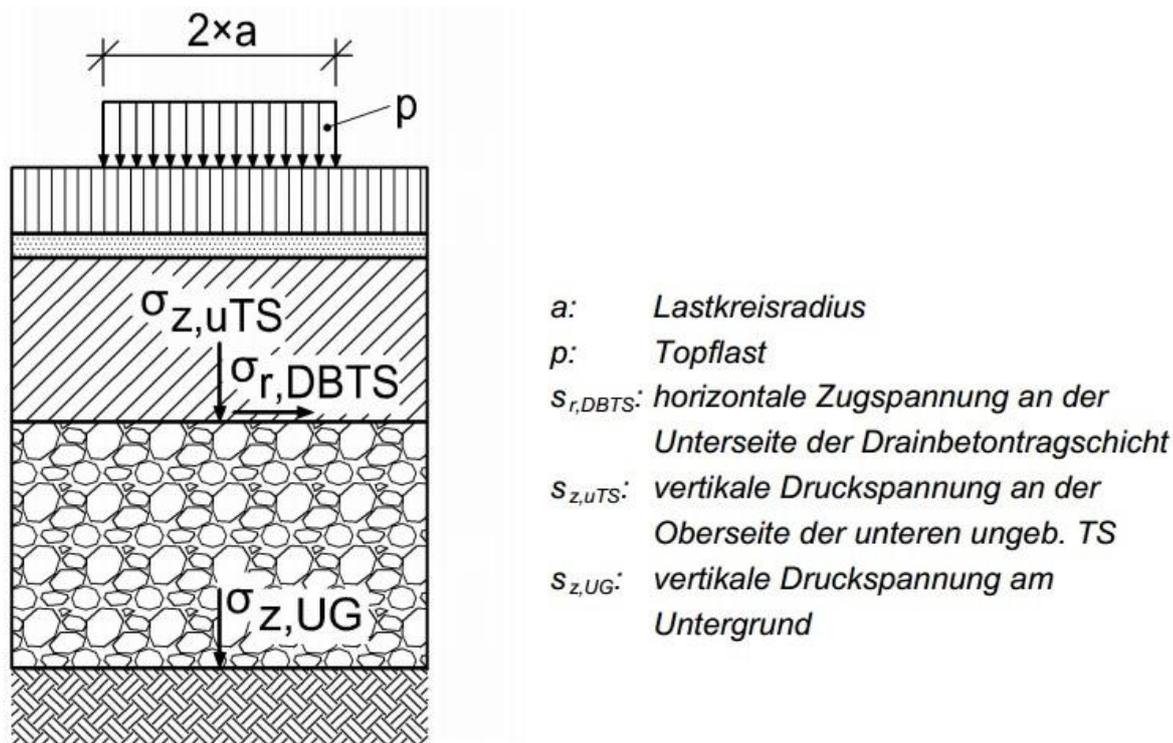


Abbildung 4: Maßgebende Spannungen bei Bauweise mit Dränbeton-Tragschichte [4].

3.2.1.2. Lastunabhängige Belastungen

Lastunabhängige Belastungen können die Temperatur, Frosteinwirkung und Taumittel, Wasser, Straßenreinigung oder auch biologische Faktoren sein.

Maßgebend für die Frosteinwirkung sind bei den Pflasterdecken die Form, Größe und Struktur der Poren der Materialien, die im Pflasterbau verwendet werden. Beim Gefrieren von Wasser entsteht ein Druck in den Poren von Zementstein von Pflastersteinen oder Mörtelprodukten. Wenn dieser Druck die Zugfestigkeit des Zementsteins übersteigt, dann wird der Zementstein zerstört.

Die Verwendung von Taumitteln erhöht die Belastung auf der Pflasterdecke. Beim Eindringen des geschmolzenen Eises in den Betonstein steigt der Sättigungsgrad im Baustoff, weil der Sättigungsdampfdruck über Wasser größer als über Eis ist. Die Wärme, die zum

Schmelzen des Eisens nötig ist, wird dem Baustoff entzogen und führt zu einer Unterkühlung der Betonoberfläche. Die entstehenden Spannungen können Schaden in den oberflächlichen Schichten verursachen [1].

Die Belastungen durch Reinigungsmaßnahmen hängen vom eingesetzten Verfahren ab. In Abhängigkeit von der Bauweise muss ein geeignetes Reinigungsverfahren gewählt werden. Die Reinigungsmaßnahmen führen zu Schädigungen hauptsächlich bei der ungebundenen Bauweise [1].

Kehrsaugmaschinen, Wasserspülverfahren mit Hoch- oder Niederdruck und die händische Reinigung sind für innenstädtischen Bereich passend. Für intensive Reinigungseinsätze (z.B. Kaugummi) gibt es spezielle Verfahren wie Trockeneis- oder Dampfstrahlen [1].

Kehrsaugmaschinen können vertikal oder horizontal saugende Maschinen sein. Die vertikal saugenden Maschinen, sowie die Wasserspülverfahren sind für die ungebundene Bauweise nicht geeignet. Diese können beim Einsatz Fugenfüllstoffe bis zu einer Tiefe von 10 cm aussaugen bzw. ausspülen [1].

Weitere Schädigungen sind bei den folgenden Fällen zu beobachten in Folge Aussaugen:

- ✓ *Bei frisch verfugten Pflasterflächen wegen fehlenden bindigen Bestandteilen in die Fugen*
- ✓ *Bei überdachten Flächen wegen der fehlenden Feuchtigkeit*
- ✓ *Bei Fugen, die mit Rundkörnern gefüllt sind, weil keine Verzahnung wie bei gebrochenen Sanden stattfinden kann*
- ✓ *Bei feinkörnigem Sand wegen des geringen Eigengewichts*

Kehrsaugmaschinen können aber die Kaugummi- und die zuckerhaltige Lösungen nicht beseitigen. Wie schon früher erwähnt, sind für Kaugummi- Trockeneis- und Dampfstrahlen geeignet. Um zuckerhaltige Lösungen zu beseitigen, sind Spülfahrzeuge zu verwenden [1].

Bei der gebundenen Pflasterbauweise sind noch einige zusätzliche Belastungen zu berücksichtigen. Aufgrund der gebundenen Baustoffe, die man bei dieser Bauweise verwendet, ist die Wahrscheinlichkeit der Entstehung von Rissen viel größer. Diese Prozesse können unter dem Begriff „Schwinden“ zusammengefasst werden. Bei diesen Vorgängen verändert sich der Wassergehalt. Bei der Volumenverringerng sind der Wasserzementwert, und die Zementmenge, die Wassermenge und das Verhältnis zwischen beiden, von besonderer Bedeutung. Es sind drei Arten von Schwinden zu unterscheiden:

Das Fröhschwinden oder das plastische Schwinden ist die Verringerung des Mörtelvolumens wegen der Verdampfung des nicht gebundenen Wassers im noch plastischen Zustand des Mörtels. Nach dem plastischen Schwinden tritt das Trocknungsschwinden wegen der weiteren Austrocknung auf. Das dritte (chemische) Schrumpfen setzt bei niedrigen Wasserzementwerten (kleiner als 0,5) ein. Dann verändert sich das Zementsteinvolumen so lange wie die Hydratation des Zementsteins andauert [1].

Die Temperaturschwankungen sind bei der gebundenen Bauweise von besonderer Bedeutung, weil die Elastizität zwischen der Fugenfüllung und den Pflastersteinen sehr gering ist

und zur Entstehung von Rissen führen kann. Dieser Vorgang wird ausführlicher in Kapitel 3.5 erläutert.

3.2.2 Oberbaubemessung

Österreich

Maßgebend für die Dimensionierung der Oberbaukonstruktionen mit Pflasterstein und Pflasterplattendecken aus Naturstein oder Beton mit geringer bis mittlerer Belastung sind in Österreich die RVS 03.08.63 (2008). Dort ist aber nur die ungebundene Bauweise (Regelbauweise) erfasst. Für die Bemessung des Oberbaus ist die erforderliche Dicke der einzelnen Schichten in Abhängigkeit von der zu erwartenden Belastung zu ermitteln.

Die Vorgangsweise bei der Oberbaudimensionierung nach RVS 03.08.63 erfolgt in mehreren Schritten. Nach der Ermittlung der maßgebenden Verkehrsbelastung muss überprüft werden, ob die in den Bemessungstabellen gestellten Anforderungen an Untergrund bzw. Unterbau eingehalten werden. Wenn es notwendig ist, ist die Einhaltung der Anforderungen an den Untergrund durch Bodenauswechslung oder Bodenverbesserung sicherzustellen. Aufgrund der ermittelten Bemessungsnormlastwechsel ist die Lastklasse zu bestimmen (Tabelle 7). Der nächste Schritt ist eine Bauweise aus dem Bemessungskatalog auszuwählen und den Oberbau mit entsprechenden Schichtdicken für den Bemessungsfall festzulegen.

Nach RVS 03.08.63 werden sieben Klassen (S-VI) für unterschiedliche Belastungen vorgegeben. Der maßgebliche Lastverkehr wird ausgedrückt durch die äquivalente Anzahl von Übergängen einer Bezugsachslast (Normachslast) von 100kN und als Bemessungsnormlastwechsel (BNLW) bezeichnet. Diese lassen sich aus folgender Beziehung ermitteln:

$$\text{BNLW} = \text{NLW}_{\text{tägl}} \times R \times V \times S \times 365 \times n \times z \quad \text{Gl. 1.}$$

Für die Ermittlung der vorhandenen BNLW ist zuerst die durchschnittliche tägliche Normlastwechselanzahl ($\text{NLW}_{\text{tägl}}$) für den gesamten Querschnitt zum Zeitpunkt der Verkehrsübergabe zu ermitteln. Die errechnet sich:

- ✓ *bei Kenntnis des jährlich durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke $JDTVi$ der Fahrzeugkategorie i im gesamten Querschnitt zum Zeitpunkt der Verkehrsübergabe gemäß Gleichung. 2:*

$$NLW_{\text{tägl}} = \sum JDTLV_i \times \ddot{A}_i \quad \text{Gl. 2.}$$

$JDTLV_i$ - jährlich durchschnittlicher tägliche Verkehr der Fahrzeugkategorien i im gesamten Querschnitt zum Zeitpunkt der Verkehrsübergabe

\ddot{A}_i - mittlerer Äquivalenzwert der jeweiligen Fahrzeugkategorie i gemäß Tabelle 2

- wenn keine Ergebnisse aus Verkehrszählungen mit Unterscheidung der Fahrzeuge in Fahrzeugkategorien i vorliegen:

$$NLW_{\text{tägl}} = JDTLV_{\text{ges}} \times \ddot{A}_{JDTLV} \quad \text{Gl. 3.}$$

$JDTLV_{\text{ges}}$ - jährlich durchschnittliche tägliche Lastverkehrsstärke (Lkw, Lkw-ähnliche Fahrzeuge und Busse je 24 Std.) für den gesamten Querschnitt zum Zeitpunkt der Verkehrsübergabe; ermittelt aus Zählungen bzw. aufgrund von Abschätzung über JDTV – Wert und Lastverkehrsanteil

\ddot{A}_{JDTLV} - mittlerer Äquivalenzwert des JDTV-Kollektivs für die entsprechende Fahrzeugkategorie laut Tabelle 2

R - Richtungsfaktor für die Aufteilung des Lastverkehrs auf die Fahrtrichtungen (0,5 bei gleichmäßiger Aufteilung des Lastverkehrs auf beide Fahrtrichtungen)

V - Faktor zur Berücksichtigung der Verteilung des Lastverkehrs auf mehrere Richtungsfahrstreifen. 1,0 bei 1 bzw. 2 Richtungsfahrstreifen, 0,9 bei 3 oder mehr Richtungsfahrstreifen

S - Faktor zur Berücksichtigung der Fahrspurverteilung innerhalb des Fahrstreifens gemäß den Werten der Tabelle 4

n - Bemessungsperiode in Jahren (Regelfall 20 Jahre für bituminöse Befestigung und Pflasterstein- und Pflasterplattendecken bzw. 30 Jahren für Betondecken)

z - Zuwachsfaktor unter Berücksichtigung einer jährlichen Zuwachsrate p [%] (gemäß Tabelle 5)

$$q = 1 + \frac{p}{100}$$

Gl.4

Tabelle 2: Mittlere Äquivalenzwerte für verschiedene Fahrzeugkategorien (RVS 30.08.63, 2008, S. 4)

Fahrzeugkategorie	Ä
Lkw ohne Anhänger	0.70
Lkw mit Anhänr bzw. Sattelzug	1.20
Bus	0.60
Linienbus (ÖPNV)	0.80
Liniengelenkbus (ÖPNV)	1.40

Tabelle 3: Mittlere Äquivalenzwerte des JDTLV-Kollektivs für verschiedene Straßenkategorien (RVS 03.08.63, 2008, S. 4)

Straßenkategorie	Ä _{JDTLV}
Autobahnen	1.00
Sonstige Straßen	0.900

Tabelle 4: Fahrspurfaktor S in Abhängigkeit von der Fahrstreifenbreite b_f (RVS 03.08.63, 2008, S. 4)

b _f	<3.00m	3.00m	3.25m	3.50m	3.75m	≥4.00m
S	1.00	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70

- 1) Gilt nur für Ortsdurchfahrten bzw. für einzelne Richtungsfahrstreifen bei seitlichen Begrenzungen. In allen anderen Fällen ist der Wert für b_f = 3,00 m anzusetzen.

Tabelle 5: Zuwachsfaktor z in Abhängigkeit von Bemessungsperiode n und jährlicher Zuwachsrate p (RVS 03.08.63, 2008, S. 4)

		Mittlere jährliche Zuwachsrate p [%]					
		0	1	2	3	4	5
Bemessungsperiode [Jahre]	5	1.00	1.00	1.04	1.06	1.08	1.10
	10	1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	1.26
	15	1.00	1.07	1.15	1.24	1.33	1.44
	20	1.00	1.10	1.22	1.34	1.49	1.65
	25	1.00	1.13	1.28	1.46	1.67	1.91
	30	1.00	1.16	1.35	1.59	1.87	2.21

In Ausnahmefällen kann laut RVS 03.08.63 auch eine grobe Zuordnung zu einer Lastklasse nach der Funktion der Straße gemäß Tabelle 6 vorgenommen werden.

Tabelle 6: Lastklasse aufgrund der Funktion der Verkehrsfläche (RVS 03.08.63, 2008, S. 4)

Lastklasse	Funktion der Verkehrsfläche
IV	Sammelstraßen, Fußgängerzonen mit schwerem Ladeverkehr, ständig benutzte Parkflächen für Lkw- und Busverkehr, Verkehrsflächen in Nebenanlagen für Pkw und Lkw
V	Siedlungsstraßen, Fußgängerzonen mit Ladeverkehr, ständig benutzte Parkflächen für Pkw-Verkehr und geringem Lkw- und Busverkehr
VI	Verkehrsflächen mit Pkw- und gelegentlichem Lkw-Verkehr, ständig benutzte Parkflächen für Pkw-Verkehr und gelegentlichem Lkw- und Busverkehr

In Abhängigkeit von den BNLW sind die Lastklassen in der folgenden Tabelle zugeordnet.

Tabelle 7: Festlegung der Lastklassen für Pflaster- und Plattenbefestigungen [13].

Lastklasse (n= 20 Jahre)	III	IV	V	VI
BNLW in Mio.	> 0,4 bis 1,3	> 0,1 bis 0,4	> 0,05 bis 0,1	≤ 0,05
JDTLVges (LKW/24 h)	201 - 1000	51 - 200	26 - 50	10 – 25

Die standardisierten Oberbauausführungen für Pflastersteindecken mit Pflaster-Dränbetontragschicht sind nach RVS 03.08.63 in der Tabelle 8 dargestellt.

Tabelle 8: Bemessungstabelle für Pflastersteindecken in ungebundener Bauweise mit Pflaster-Dränbetontragschicht (RVS 03.08.63, 2008, S. 14)

Lastklasse (n = 20 Jahre)	III	IV	V	VI
BNLW in Mio.	> 0,4 bis 1,3	> 0,1 bis 0,4	> 0,05 bis 0,1	≤ 0,05
Bautype 8a Großpflastersteine oder ähnl. Bettung Pflaster - Drainbeton ungeb. untere TS				
Bautype 8b Kleinpflastersteine mit allseitiger Verbundwirkung oder Betonverbundsteine Bettung Pflaster - Drainbeton ungeb. untere TS				
Bautype 8c Kleinpflastersteine oder Betonsteine ohne Verbundwirkung Bettung Pflaster - Drainbeton ungeb. untere TS	/			
$E_{TP} \geq 35 \text{ MN/m}^2$				

Pflaster - Drainbeton
gemäß RVS 08.18.01

Bettungsmaterial gemäß RVS 08.18.01

Kleinpflastersteine im Verband mit allseitiger
Verbundwirkung (Type H1 bis H3 gem.
ÖNORM B 3108 in Segmentbogenverband);
Betonverbundsteinsysteme

ungebundene untere Tragschicht
gemäß RVS 08.15.01 (C4)

Großpflastersteine Type D1, D3 gemäß
ÖNORM B 3108 oder adäquate
Kunststeinerzeugnisse im Reihenverband
rechtwinklig bzw. diagonal zur Bezugslinie

Kleinpflastersteine im Verband ohne allseitiger
Verbundwirkung, Betonsteine ohne Verbundwirkung
(im Reihenverband rechtwinklig bzw. diagonal zur
Bezugslinie, Fischgrätverband)

Schweiz

In der Schweiz werden nach SN 640 480 A fünf Verkehrslastklassen unterschieden. Für die Zuordnung zu diesen Verkehrsklassen ist die gemäß SN 640 320 bestimmte tägliche äquivalente Verkehrslast TF auf dem zu dimensionierenden Fahrstreifen maßgebend, wobei eine Gebrauchsdauer von 20 Jahren angenommen wird.

Tabelle 10: Verkehrslastklassen und tägliche äquivalente Verkehrslast (SN 640 480 A)

Verkehrslastklassen und tägliche äquivalente Verkehrslast <i>Classes de trafic pondéral et trafic pondéral équivalent Journalier</i> TF		
Verkehrslastklassen <i>Classes de trafic pondéral</i>		TF [ESAL/Tag] [ESAL/Jour]
ZP	Gehbereiche <i>Zones piétonnes</i>	0 (Nicht befahren <i>Non carrossable</i>)
T1	Sehr leicht <i>Très léger</i>	≤ 30
T2	Leicht <i>Léger</i>	> 30...100
T3	Mittel <i>Moyen</i>	> 100...300
T4	Schwer <i>Lourd</i>	> 300...1000*

ELAS – Referenzachse (Equivalent Single Axle Load)

* bei TF > 1000 ist eine Pflasterung nicht geeignet

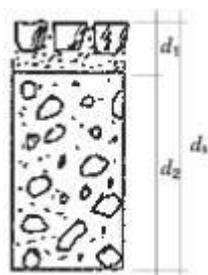
Bei Flächen, die von leichten Motorfahrzeugen (≤3,5t) belastet werden, kann Dimensionierung gemäß Verkehrslastklassen T1 erfolgen. Auf Plätzen, die von schwere Motorfahrzeuge (>3,5t) benutzt werden, ist die Dimensionierung je nach Beanspruchungsintensität gemäß den Verkehrslastklassen T1 – T4 zu erfolgen.

Gebundene Schichten müssen wasserdurchlässig sein. Die Mindestschichtdicken sind nach Tabelle 11 gezeigt.

Tabelle 11: Mindestschichtdicken für gebundene Schichten in Abhängigkeit der Verkehrslastklasse (SN 640 480 A)

Mindestschichtdicken für gebundene Schichten in Abhängigkeit der Verkehrslastklasse <i>Épaisseurs minimales pour des couches liées en fonction de la classe de trafic pondéral</i>					
Schichten <i>Couches</i>	Verkehrslastklassen <i>Classes de trafic pondéral</i>				
	ZP	T1	T2	T3	T4
[m]					
Offenporiger Beton <i>Béton drainant</i>	0,10	0,12	0,14	0,16	0,20
Offenporiger Asphalt <i>Bétons bitumineux drainants</i>	0,08	0,15	0,18	0,22	0,25

Abbildung 5 stellt die Schichtdicken der Oberbaukonstruktion.



- d_s – Oberbaudicke
- d_1 – Konstruktionsdicke der Pflasterung
- d_2 – Dicke der Kiessandfundationssicht

Abbildung 5: Schichtdicken der Oberbaukonstruktion (SN 640 480 A)

Sofern die Kiessandfundationsschicht ganz oder teilweise durch gebundene Schichten ersetzt wird, gelten für die Tragfähigkeitsdimensionierung und Frostdimensionierung die folgenden Materialäquivalenzen: 0,10m Kiessand entsprechend 0,05m offenporigem Beton oder 0,05m offenporigem Asphalt.

Die Konstruktionsdicke d_1 ist aus den Tabellen 13 und 14 zu entnehmen. Die Dicke der Fundationsschicht d_2 ist in Funktion der Verkehrslastklasse und der tragfähigkeitsklasse gemäß Tabelle 12 zu bestimmen. Bei einem vollständigen oder teilweisen Ersatz des Kiessands durch gebundene Baustoffe sind für die Ersatzschichten die in Tabelle 12 angegebenen Materialäquivalenzen zu verwenden.

Tabelle 12: Oberbaudimensionierung (SN 640 480 A)

Oberbaudimensionierung / Dimensionnement de la chaussée									
Verkehrslastklassen / Classes de trafic pondéral		ZP	T1	T2, T3	T4				
TF [ESAL/Tag] / [ESAL/Jour]		0	≤ 30	> 30...300	> 300...1000*				
Tragfähigkeitsdimensionierung / Dimensionnement à la portance									
Konstruktionsdicke der Pflasterung Epaisseur de construction du pavage		d_1	d_1 Siehe Tabellen 8 und 9 Voir tableaux 8 et 9						
Tragfähigkeitsklasse Classe de portance	M_{E1} [kN · m ⁻²]	d_2 Dicke der Kiessandfundationsschicht Epaisseur de la couche de fondation en grave							
Geringe Tragfähigkeit Faible portance	S_1 6 000...15 000	0,30 m	0,50 m	0,60 m	0,70 m				
Mittlere Tragfähigkeit Portance moyenne	S_2 > 15 000...30 000	0,20 m	0,30 m	0,35 m	0,40 m				
Hohe Tragfähigkeit Portance élevée	S_3 > 30 000...80 000	0,10 m	0,20 m	0,25 m	0,25 m				
Sehr hohe Tragfähigkeit Portance très élevée	S_4 > 60 000	–	0,10 m	0,15 m	0,15 m				
Frostdimensionierung / Dimensionnement au gel									
Oberbaudicke Epaisseur de la chaussée		$d_s = d_1 + d_2 \approx f \cdot X_{30}$							
Frostempfindlichkeitsklasse / Degré de gélivité		G3	G4	G3	G4	G3	G4	G3	G4
Proportionalitätsfaktoren bei Fugenfüllung mit Sand Facteurs de proportionnalité du garnissage de joints au sable		f 0,30	0,40	0,35	0,45	0,40	0,50	0,45	0,55
Proportionalitätsfaktoren bei Fugenfüllung mit Zementmörtel Facteurs de proportionnalité du garnissage de joints au mortier de ciment		f 0,30	0,40	0,40	0,50	0,45	0,50	0,50	0,60

Tabelle 13: Steintypen in Abhängigkeit der Verkehrsklassen, Bauweisen, Konstruktionsdicken und Fugenbreiten bei Natursteinpflasterungen (SN 640 480 A)

Steintypen in Abhängigkeit der Verkehrsklassen, Bauweisen, Konstruktionsdicken und Fugenbreiten bei Natursteinpflasterungen									
Types de pavés en fonction des classes de trafic pondéral, méthodes de construction, épaisseurs de construction et largeurs des joints pour pavages en pierre naturelle									
Verkehrsklassen Classes de trafic pondéral		ZP	T1	T2	T3	T4	Konstruktions- dicke Epaisseur de construction d _s [mm]	Fugen- breite Largeur du joint	
TF	[ESAL/Tag] [ESAL/Jour]	0	≤ 30	> 30...100	> 100...300	> 300...1000*			
Steine / Pavés Sorten / Sortes		Ungebundene Bauweise Méthode de construction non liée							
Pflastersteine Pavés	4/8	+	0				80	4...8	
	6/8	+	0				110	6...10	
	8/11	+	+	+			140	6...12	
	11/13	+	+	+	+		160	6...12	
	14/16	+	+	+	+	0	190	8...14	
Bindersteine ^o Boutisses ^o	10	+	+	0			140	6...12	
	12	+	+	+	0		160	6...12	
	15	+	+	+	+	0	190	8...14	
Wildpflastersteine Pavés irréguliers	Klein / Petit	+	0				110	4...8	
	Gross / Gros	0	+	0			140	6...12	
Flusssacke / Galets		+	+				180		
Steine / Pavés Sorten / Sortes		Mischbauweise Méthode de construction mixte							
Pflastersteine Pavés	4/8	+	0				90	4...8	
	6/8	+	0				130	6...10	
	8/11	+	+				160	6...12	
	11/13	+	+				170	6...12	
	14/16	+	+	0			200	8...14	
Bindersteine ^o Boutisses ^o	10	+	0				160	6...12	
	12	+	+				170	6...12	
	15	+	+	0			200	8...14	
Steine / Pavés Sorten / Sortes		Gebundene Bauweise Méthode de construction liée							
Pflastersteine Pavés	4/8	+	0				100	6...8	
	6/8	+	+				130	8...11	
	8/11	+	+	+	+		160	9...14	
	11/13	+	+	+	+	+	180	10...15	
	14/16	+	+	+	+	+	210	10...15	
Bindersteine ^o Boutisses ^o	10	+	+	+	+	0	160	10...15	
	12	+	+	+	+	+	180	10...18	
	15	+	+	+	+	+	210	10...20	

Tabelle 14: Steintypen in Abhängigkeit der Verkehrsbauklassen, Bauweisen, Konstruktionsdicken und Fugenbreiten bei Betonsteinpflasterungen (SN 640 480 A)

Steintypen in Abhängigkeit der Verkehrsbauklassen, Bauweisen, Konstruktionsdicken und Fugenbreiten bei Betonsteinpflasterungen <i>Types de pavés en fonction des classes de trafic pondéral, méthodes de construction, épaisseurs de construction et largeurs des joints pour pavages en béton</i>												
Verkehrsbauklassen <i>Classes de trafic pondéral</i>	ZP	T1		T2		T3		T4		Konstruktionsdicke <i>Épaisseur de construction</i> d_1	Fugenbreite <i>Largeur du joint</i>	
TF [ESAL/Tag] [ESAL/Jour]	0	≤ 30		> 30...100		> 100...300		> 300...1000*				
Steindicke <i>Épaisseur du pavé</i>	Ungebundene Bauweise mit oder ohne Verbundwirkung der Betonsteine <i>Méthode de construction non liée avec ou sans effet d'emboîtement des pavés en béton</i>										[mm]	
[cm]	mit avec	ohne sans	mit avec	ohne sans	mit avec	ohne sans	mit avec	ohne sans	mit avec	ohne sans		
4	+	+									80	3...8
6	+	+	0	0							100	3...8
8	+	+	+	+	+	0					120	3...8
10	+	+	+	+	+	+	0				140	3...8
12	+	+	+	+	+	+	+	0			170	3...8
14	+	+	+	+	+	+	+	+	0		190	3...8
16	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	210	3...8
18	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	230	3...8

3.2.3 Unterschiede in der Dimensionierung in Österreich, Deutschland und der Schweiz

Nach einem Überblick über die Dimensionierung in den dritten Ländern sind folgende Unterschiede zu beobachten.

Eine von den Unterschieden ist dieser in der Nutzungsdauer. In Österreich und der Schweiz erfolgt die Dimensionierung auf einen Nutzungszeitraum von in der Regel 20 Jahren, wohingegen in Deutschland diese Periode 30 Jahre beträgt. Deswegen ist ein Vergleich der Schichtdicken nicht aktuell, wenn die Berechnung der bemessungsrelevanten Beanspruchung für unterschiedliche Bemessungsperiode ist. Bei schwer beanspruchten Verkehrsflächen beträgt die Tragschichtstärke des Dränbetons in Österreich und der Schweiz 20cm.

3.3 Baustoffe

Eine Pflasterbefestigung besteht aus mehreren Schichten und jede Schicht aus verschiedenen Baustoffen. Bei der gebundenen Bauweise sind folgende Schichten vorhanden:

- ✓ *Untergrund bzw. Unterbau*
- ✓ *Untere ungebundene Tragschicht*
- ✓ *Obere gebundene Tragschicht*
- ✓ *Mörtelbett*
- ✓ *Gebundene Fugenfüllung und Pflaster (Steine oder Platten)*

3.3.1 Tragschichten

3.3.1.1 Ungebundene untere Tragschichten

In Österreich sind maßgebliche Regelwerke für ungebundene Tragschichten die RVS 08.15.01 (2004) und die ÖNORM EN 13242 (2008) mit ihrem Umsetzungsdokument ÖNORM B 3132 (2010).

Als Baustoffe können für die ungebundenen Tragschichten gemäß RVS 08.15.01 Korngemische aus natürlichen Gesteinskörnungen verwendet werden. Sie bestehen aus mineralischen Vorkommen, die nach der mechanischen Aufbereitung des Materials als gerundete oder gebrochene Körner gewonnen werden.

Die Korngemische können auch unter dem Einfluss von thermischen oder sonstigen Prozessen industriell hergestellt werden (künstliche Korngemische, z.B. Stahlwerksschlacke, Hochofenschlacke). Als solche sind auch rezyklierte Gesteinskörnungen zu betrachten, die durch Aufbereitung anorganischen Materials, das vorher als Baustoff eingesetzt war, hergestellt werden. Der Anteil an rezykliertem Asphaltgranulat darf 50 M-% nicht überschreiten.

Die ungebundenen Tragschichten können auch aus Mischungen der oben genannten Gesteinskörnungen bestehen [2].

Korngemische für Tragschichten müssen frostbeständig, frostsicher und wasserdurchlässig sein. Sie müssen eine ausreichende Verdichtbarkeit aufweisen sowie der Beanspruchung beim Einbau und unter Verkehr standhalten.

In Tabelle 15 sind die Anforderungen an Korngemische für ungebundene Tragschichten nach ÖNORM B 3132 gegeben.

Tabelle 15: Anforderungen an Gesteinskörnungen, (Bezeichnung der Kategorien gemäß ÖNORM B 3132)

Merkmal	Ungebundene Untere Tragschicht	Ungebundene Obere Tragschicht	Zentralgemischte Kantkörnung
Korngrößenverteilung	G _A 85	G _A 85 (s. Abb. 1 bis 4)	
Gehalt an Feinanteilen (Frostsicherheit)	f ₃ , f ₅ ¹⁾ , f ₇ ¹⁾ , f ₉ ¹⁾ , f ₁₂ ¹⁾		
Anteil gebrochener Körner in groben Gesteinskörnungen	C _{NR}	C _{90/3} , C _{50/30} , C _{NR}	C _{90/3}
Widerstand gegen Zertrümmerung (8/11)	LA ₂₀		
Raubeständigkeit von Stahlwerksschlacke	V ₅		
Sonnenbrand von Basalt (8/11)	SB _{LA} 8		
Wasseraufnahme	für Recyclingbeton: für sonstige Recyclingbaustoffe: oder keine Anforderung		max. 4 M-% ³⁾ max. 2 M-% ³⁾
Frostbeständigkeit (Widerstand gegen Frost-Tauwechsel der Kornklasse 8/16)	F ₂ ²⁾ und F ₄ ³⁾		

¹⁾ Wenn der Gehalt an Feinanteilen im Korngemisch 3 M-% übersteigt, ist gemäß den ÖNORMen B 4810 und B 4811 vorzugehen. Der Nachweis des Tonmineralbestandes bzw. der Frosthebung gilt zwei Jahre.

²⁾ Die Frostbeständigkeit ist nur dann zu prüfen, wenn WA₂₄₂ nicht erfüllt wurde. Bei WA₂₄₂ ist F₂ erfüllt (gilt nicht für Recyclingbaustoffe). Die Wasseraufnahme gemäß ÖNORM EN 1097-6, Abschnitt 7, ist an Körnungen > 32 mm zu prüfen. Wenn keine Prüfkörnung > 32 mm zur Verfügung steht, dann ist die Wasseraufnahme an der größten zur Verfügung stehenden Körnung durchzuführen.

³⁾ Gilt nur für Recyclingbaustoffe. Die Wasseraufnahme ist an der Kornklasse 4/GK max. 32 mm gemäß ÖNORM EN 1097-6, Abschnitt 8, zu ermitteln. F₄ gilt als eingehalten, wenn die Wasseraufnahme bei Recyclingbaustoffen höchstens 2 M-% beträgt, bei Recyclingbeton darf die Wasseraufnahme höchstens 4 M-% betragen.

3.3.1.2 Gebundene obere Tragschichten

Bei der gebundenen Bauweise kann die gebundene Tragschicht in zwei unterschiedlichen Bauweisen ausgeführt werden. Entweder werden Dränbetontragschichten oder wasser-durchlässige Asphalttragschichten angewendet.

Dränbetontragschichten

Die Tragschichten aus Dränbeton bestehen aus Gesteinskörnungen und feinkörnigem Zementmörtel. Bei der Erhöhung des Sand- und Zementgehaltes erhöht sich auch die Festigkeit. Das wirkt aber negativ auf die Wasserdurchlässigkeit der Schichten wegen einer Reduzierung des Porenvolumens [1].

Tragschichten aus Pflaster-Dränbeton haben folgender Rezeptur gemäß RVS 08.18.01 zu entsprechen:

- ✓ Fraktion 0 – 4 mm - ca. 13 – 16 M-%
- ✓ Fraktion 4 – 8 mm - ca. 8 – 11 M-%
- ✓ Fraktion 8 – 16 mm oder 8 – 22 mm - ca. 74 – 78 M-%
- ✓ Zementgehalt: 200 – 250 kg/m³ der Sorte CEM II

- ✓ *W/B-Wert zwischen 0,40 und 0,45*

Bei der Anwendung dieser Rezeptur und bei fachgerechtem Einbau (Verdichtung, Nachbehandlung) kann von einer Festigkeitsklasse von C 16/20 ausgegangen werden.

In Deutschland ist das Merkblatt für Dränbetontragschichten 1996, (DBT) zu verwenden. Folgende Anforderungen müssen bei den Eignungsprüfungen des Baustoffgemisches eingehalten werden:

- ✓ *Hohlraumgehalt mindestens 15 Vol.-%*
- ✓ *k_f mindestens 1×10^{-3} m/s*
- ✓ *mittlere Druckfestigkeit von 3 Probekörpern ($D=150\text{mm}$, $H=125\text{mm}$) nach 28 Tagen mindestens 15 N/mm^2*
- ✓ *W/Z-Wert sollte 0,40 nicht überschreiten*
- ✓ *Zement CEM I 32,5 R*

Bituminöse Tragschichten

Asphalttragschichten werden auf einer Frostschutzschicht oder auf einer Kies- oder Schottertragschicht und einer Frostschutzschicht empfohlen. Wasserdurchlässige Asphalttragschichten sind aber nicht Bestandteil der ZTV T-StB 95/02. Die Asphalttragschichten müssen wasserdurchlässig sein, aber jene mit Hohlraumgehalten an der Obergrenze der Werte nach ZTV T-StB 95/02 können eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit nicht dauerhaft sicherstellen.

Für durchlässige Asphalttragschichten wird auf das „Merkblatt für wasserdurchlässige Befestigung von Verkehrsflächen“ hingewiesen (ZTV-P StB). Die Anwendung dieses Merkblattes ist nicht für Flächen unter Schwerverkehrsbelastung geeignet [8]. Bituminöse Tragschichten verformen sich leichter, bei hohen Verkehrsbelastungen kommt es oft zu Schäden.

Für wasserdurchlässige Asphalttragschichten für den Einbau unter Pflasterdecken sind folgende Anforderungen an das Asphalttragschichtmischgut zu beachten [8]:

- ✓ *Eibaudicke: 14,0 cm*
- ✓ *Bindemittelgehalt: 4,0 - 4,5 M.-% (maßgebend ist das Ergebnis Eignungsprüfung)*
- ✓ *Bindemittel: Bitumen 50/70*
- ✓ *Versteifende Zusätze: 0,3 - 0,5 M.-%*
- ✓ *Hohlraumgehalt MPK: ca. 16 Vol.-%*

3.3.2 Gebundenes Bettungsmaterial

Österreich

Das gebundene Bettungsmaterial kann als bauseitig gemischter Bettungsmörtel oder als Bettungswerksmörtel hergestellt werden.

Bauseitig gemischte Bettungsmörtel sind gemäß RVS 08.18.01 als ein Gemisch aus Wasser, Zement und Gesteinskörnungen zu verstehen. Für die Bettung sind gebrochene

Gesteinskörnungen der Korngruppen 2/4, 4/8, 8/11 sowie Gemische aus diesen Korngruppen zu verwenden. Die Anforderungen an Gesteinskörnungen sind in Tabelle 16 dargestellt. Die Wahl des Größtkorns ist von der zu verlegenden Pflasterstein- oder Pflasterplattenart und von der Dicken der Bettung abhängig, darf jedoch 11mm nicht überschreiten. Der Zementgehalt soll zwischen 200 und 250 kg betragen und der W/B-Wert hat zwischen 0,40 und 0,45 zu liegen.

Tabelle 16: Mindestanforderungen an das Bettungsmaterial (RVS 08.18.01)

Kriterien	Mindestanforderungen	
Über- und Unterkorn	G_{C85-15} , G_{F85}	
Kornform	SI_{20}	
Anteil gebrochener Körner	$C_{90/3}$	
Feinanteil grober Gesteinskörnungen	f_2	
Feinanteil feiner Gesteinskörnungen	f_3 oder f_7	
Festigkeit	für LK III gem. RVS 03.08.63	LA_{20}
	ab LK IV gem. RVS 03.08.63	LA_{25}
Wasseraufnahme	$WA_{24,1}$	
Frost-Tau-Wechselbeständigkeit*)	F1	

*) nur, wenn $WA_{24,1}$ nicht erfüllt!

Unter **Bettungswerksmörtel** sind qualitätsüberwachte, werkseitig trockengemischte Fertigmörtel mit garantierter Beständigkeit gegen Frost zu verstehen. Die Mindestanforderungen nach RVS 08.18.01 sind folgende:

- ✓ *Druckfestigkeit $\geq 20 \text{ N/mm}^2$*
- ✓ *Biegezugfestigkeit $\geq 3 \text{ N/mm}^2$*
- ✓ *Wasserdurchlässigkeit $\geq 5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ (bei einem Verhältnis der Wassersäule zu Schichtdicke von $i=8$)*
- ✓ *Nachweis der Frostbeständigkeit*

Die Verarbeitungshinweise der Hersteller sind immer einzuhalten und die genannten Anforderungen durch Laborversuche an entsprechenden Prüfkörpern nachzuweisen. Allerdings gibt es für Pflastermörtel keine eigenen Prüfvorschriften, daher müssen diese in Anlehnung an andere Produkte z.B. Mauerwerksmörtel geprüft werden.

Deutschland

Die Bettung einer Pflasterdecke in gebundener Bauweise sollte aus hydraulisch gebundenem oder kunststoffmodifiziertem, hydraulisch gebundenem Mörtel hergestellt werden. Kunstharzgebundene Mörtel können verwendet werden [FGSV Arbeitspapier].

Nach WTA Merkblatt wird die Bettungsschicht als werkgemischtes Produkt aus einem Korngemisch, z. B. 0/2 mm, 2/8 – 4/8 mm nach DIN EN 12 620 mit Zement und evtl. enthaltenen Zusatzstoffen hergestellt. Das Korngemisch stellt eine Mischung feiner und grober Gesteinskörnungen von z. B. 2/8 mm bzw. 4/8 mm dar und der Sandanteil 0/2 mm sollte dabei ca. 20% betragen. Ein Feinbeton aus Rundkorn ist zur Verarbeitung besser geeignet, da er sich leichter an unebene Steinunterseiten anpasst und wegen der besseren Verdrängung durch die Pflastersteine leichter hammerfest zu setzen ist [WTA Merkblatt].

Für die Bettung können auch Fertigprodukte verwendet werden. Diese bestehen aus einer Körnung 2/4 mm bzw. 2/6 mm und einem geringen Feinanteil $\leq 0,063$ mm. Vor dem Einsatz solcher Mörtel sind ausreichend Referenzen über Baumaßnahmen, deren Verkehrsbelastung der geplanten Maßnahme entsprechen, einzuholen [WTA Merkblatt].

Die folgenden Anforderungen in der Tabelle 17 sind einzuhalten:

Tabelle 17: Anforderungen an Gesteinskörnungen für Dränfeinbeton, (WTA Merkblatt)

		Kategorie	Beschreibung
Kornform von grobem Gestein (Plattigkeitskennzahl)		FI_{50}	≤ 50
Höchstwerte für den Gehalt an Feinanteil ($\leq 0,063$ mm)	grobe Gesteinskörnungen	$f_{1,5}$	$\leq 1,5$ M.-%
	feine Gesteinskörnungen	f_3	≤ 3 M.-%
Anforderung an die Schlagzertrümmerung (wird an der Referenzkörnung 8/12 mm geprüft)		$SZ \leq 22$	≤ 22 M.-%
Frost- und Tausalzwidstand		FI	≤ 1 M.-%

Gemäß Tabelle 18 werden je nach Lastklasse folgende Anforderungen an den Bettungsmörtel gestellt:

Tabelle 18: Anforderungen an den Bettungsmörtel (WTA Merkblatt).

		Anforderung		
		Bauklasse VI + V nach RStO	Bauklasse IV + III nach RStO	Bauklasse III mit besonderer Beanspruchung gemäß RStO, Nr. 2.7
Druckfestigkeit nach 7 Tagen	(Labor)	≥ 25 N/mm ²	≥ 35 N/mm ²	≥ 42 N/mm ²
	(Baustelle)	≥ 15 N/mm ²	≥ 20 N/mm ²	≥ 24 N/mm ²
Druckfestigkeit nach 28 Tagen	(Labor)	≥ 35 N/mm ²	≥ 45 N/mm ²	≥ 54 N/mm ²
	(Baustelle)	≥ 20 N/mm ²	≥ 25 N/mm ²	≥ 30 N/mm ²
Hohlraumgehalt (Vol.- %)		≥ 20 Vol.-%		
Wasserdurchlässigkeit k_f		$\geq 10^{-5}$ m/s		
Haftzugfestigkeit zwischen Dränfeinbeton bzw. -mörtel und der Steinunterseite auf der Baustelle		$\geq 0,6$ N/mm ² ohne Haftvermittler $\geq 0,8$ N/mm ² mit Haftvermittler		

In Tabelle 19. ist ein Vergleich zwischen Regelwerke und Empfehlungen für die Bettung in Österreich, Deutschland, der Schweiz und England gezeigt. In dieser Tabelle sind die Werte der Druckfestigkeit, Haftzugfestigkeit, Frost-Tau Widerstandsfähigkeit und der Wasserdurchlässigkeit gegenübergestellt. Dieser Vergleich zeigt, dass die maßgebenden Werte für die Druckfestigkeit in „FGSV Arbeitspapier“ und „WTA-Merkblatt“ ziemlich höher als diese in den Regelwerke der anderen Länder sind. Die Untergrenze von Wasserdurchlässigkeit ist in „FGSV Arbeitspapier“ und „WTA-Merkblatt“ niedriger, d.h. dass nach den deutschen Empfehlungen die Bettung mit einer kleineren Wasserdurchlässigkeit ausgeführt werden kann.

Tabelle 19: Vergleich der Regelwerke in den verschiedenen Länder für die Bettung bei der gebundenen Pflasterbauweise [18]

Anhang 1:
Vergleich der Regelwerke in den verschiedenen Länder für die Bettung bei der gebundenen Pflasterbefestigung

Bettung	Gebundene Bauweise / Vergleich der Regelwerke							
	Österreich		Deutschland		Schweiz		England	
	Richtlinien und Vorschriften für Straßenbau	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen	Wissenschaftlich-Technischer Arbeitskreis WTA	Schweizer Norm	Britisch Standard			
erforderte Eigenschaft	RVS. 8506.4 (2005)	FGSV Arbeitspapier (2007)	WTA-Merkblatt (2007)	SN 640 480 (2006)	BS 7533-7 (2002)	BS 7533-12 (2006)		
	RVS. 08.18.01 (2005)			SN 640 480 (2009)	Plasterdecken	Plattenbeläge		
Druckfestigkeit	Zementgehalt min. 200kg/m ³ W/B Wert: 0,37 - 0,45	Labor: 28 T ≥ 30 N/mm ² Baustelle: MW ≥ 25 N/mm ² EW ≥ 20 N/mm ²	Labor: 28 T Bauklasse VI + V ≥ 35 N/mm ² Bauklasse IV + III ≥ 45 N/mm ² Baustelle: 28 T Bauklasse VI + V ≥ 20 N/mm ² Bauklasse IV + III ≥ 25 N/mm ² Bauklasse III mit besondere Beanspruchungen ≥ 54 N/mm ² Baustelle: ≥ 30 N/mm ²	Zementgehalt min. 200kg/m ³ Zement CEM I 42,5 W/Z Wert: 0,36 - 0,37 nach 28 T: ≥ 15 N/mm ²	Zementgehalt min. 200kg/m ³ Zement CEM I 42,5 W/Z Wert: 0,36 - 0,37 nach 28 T: ≥ 15 N/mm ²	≥ 15 N/mm ² ≥ 30 N/mm ²		
	Unterlagsbeton: Pflasterdränbeton 0/22 ca. C.16/20							
Haftzug- festigkeit	keine Angaben	Labor: MW $\geq 1,5$ N/mm ² EW $\geq 1,2$ N/mm ² Baustelle: $\geq 0,8$ N/mm ²	Baustelle: $\geq 0,6$ N/mm ² ohne Haftvermittler $\geq 0,8$ N/mm ² mit Haftvermittler	keine Anforderungen	keine Anforderungen	≥ 1 N/mm ²	≥ 2 N/mm ²	
	keine Angaben							
Frost-Tau Widerstands- Wasserdurch- lässigkeit	gefordert	gefordert	keine Anforderungen	gefordert	gefordert	keine Anforderungen	keine Anforderungen	
	$\geq 5 \cdot 10^{-5}$ m/s	$\geq 1 \cdot 10^{-6}$ m/s	$\geq 1 \cdot 10^{-6}$ m/s	$\geq 4 \cdot 10^{-3}$ m/s	$\geq 3 \cdot 10^{-3}$ m/s	keine Anforderungen	keine Anforderungen	

3.3.3 Gebundenes Fugenmaterial

Österreich

Bei gebundenem Fugenmaterial ist die Druckfestigkeit des Fugenmörtels an die auftretende Belastung anzupassen. Die Druckfestigkeit des Fugenmaterials darf keinesfalls größer als die Druckfestigkeit der verwendeten Pflastersteine oder Pflasterplatten bzw. Randeinfassungssteine sein. Im Falle einer Ausführung von Pflastersteinen oder Pflasterplatten aus Beton mit einer Vorsatzschicht und bei Mehrschichtplatten, die gebunden verfugt sind, sind immer die Angaben des Herstellers der Pflastersteine oder Pflasterplatten hinsichtlich der maximal zulässigen Druckfestigkeit des Fugenmörtels einzuhalten (RVS 08.18.01, 2009).

Das Fugenmaterial kann entweder bauseitig gemischter Fugenmörtel oder Fugenwerksmörtel sein.

Nach RVS 08.18.01 sind folgende drei Arten von Fugenmaterialien zu unterscheiden:

- ✓ *Zementgebundenes Fugenmaterial*
- ✓ *Bitumengebundenes Fugenmaterial*
- ✓ *Kunststoffgebundenes Fugenmaterial*

Eine besondere Fließfähigkeit des zementgebundenen Fugenmaterials darf nur durch spezielle Zusätze, nicht durch Wasserzugabe erreicht werden [RVS 08.18.01].

Das zementgebundene Fugenmaterial, das bauseitig gemischt ist, ist ein auf der Baustelle hergestelltes Gemisch aus Zement, Wasser und Gesteinskörnungen. Die Anforderungen an die Gesteinskörnungen sind in Punkt 3.3.2 beschrieben. Der Zementgehalt und der W/B-Wert sind auf das zu verfugende Stein- und Plattenmaterial abzustimmen [RVS 08.18.01, 2009, S. 8].

Beim Fugenwerksmörtel ist eine Hochfließfähigkeit durch besondere Zusätze und nicht durch Wasserzugabe zu erzielen. Folgende Mindestanforderungen sind gemäß RVS 08.18.01 zu beachten:

- ✓ *Druckfestigkeit $\geq 30 \text{ N/mm}^2$*
- ✓ *Biegezugfestigkeit $\geq 6 \text{ N/mm}^2$*
- ✓ *Haftzugfestigkeit $\geq 1 \text{ N/mm}^2$*
- ✓ *Nachweis der Frostbeständigkeit*
- ✓ *Nachweis der Tausalz widerstandsfähigkeit*

Die Anforderungen sind durch Laborversuche an entsprechenden Prüfkörpern nachzuweisen. Allerdings gibt es für Pflastermörtel keine eigenen Prüfvorschriften, daher müssen diese in Anlehnung an andere Produkte z.B. Mauerwerksmörtel geprüft werden.

Das bitumengebundene Fugenmaterial ist eine bituminöse Fugenvergussmasse. Dieses Fugenmaterial wird grundsätzlich lokal begrenzt und auf Grundlage lokaler Erfahrungswerte eingesetzt [RVS 08.18.01].

Für **kunststoffgebundene Fugenmaterialien** gelten gemäß RVS 08.18.01 folgende Mindestanforderungen, die durch Laborversuche zu prüfen sind:

- ✓ *Selbstverdichtend (fließfähig)*
- ✓ *Druckfestigkeit $\geq 30 \text{ N/mm}^2$*
- ✓ *Biegezugfestigkeit $\geq 6 \text{ N/mm}^2$*
- ✓ *Haftzugfestigkeit $\geq 1 \text{ N/mm}^2$*
- ✓ *Nachweis der Frostbeständigkeit*
- ✓ *Nachweis der Tausalz widerstandsfähigkeit*

Diese Art der Fugenfüllung ist als Fugenverschluss anzusehen. Auch hier sind die Verarbeitungshinweise des Herstellers einzuhalten [RVS 08.18.01, 2009 S. 9]

Deutschland

Bei der gebundenen Bauweise soll die Fugenfüllung aus hydraulisch gebundenem oder kunststoffmodifiziertem, hydraulisch gebundenem Mörtel ausgeführt werden **Kunstharzgebundene Mörtel** können ebenfalls verwendet werden [FGSV Arbeitspapier].

Für Fugenmaterialien gelten gemäß Arbeitspapier FGSV, Ausgabe 2007 folgende Mindestanforderungen, die durch Laborversuche zu prüfen sind. Fugenmörtel sollen selbstverdichtend und ausreichend fließfähig sein.

- ✓ *Druckfestigkeit $\geq 45 \text{ N/mm}^2$*
- ✓ *Haftzugfestigkeit $\geq 1,5 \text{ N/mm}^2$*
- ✓ *Nachweis der Frostbeständigkeit*
- ✓ *Nachweis der Tausalz widerstandsfähigkeit*

Beispiele für Kunststoffe, die zur Verwendung kommen, sind: Silicastaube, Dispersionspulver, Fließmittel oder Verflüssiger, Stabilisierer (Cellulose- und Stärkeether) [1].

Schweiz

Bei der Herstellung von Zementmörtel für Fugenfüllung soll ein Mörtel mit einem Zementgehalt $\geq 400 \text{ g/mm}^3$ und Zement CEM I 42,5 zur Anwendung kommen. Der Zementmörtel muss eine Druckfestigkeit von $\geq 25 \text{ N/mm}^2$ aufweisen [SN 640 480 A].

Bei der Verwendung von kunststoffmodifiziertem oder eingefärbtem Zementmörtel sowie Mörtel auf Reaktionsharzbasis sind die Angaben der Hersteller zu beachten [SN 640 480 A].

In Tabelle 20 ist ein Vergleich zwischen Regelwerke und Empfehlungen für das Fugenmaterial in Österreich, Deutschland, der Schweiz und England gezeigt. In dieser Tabelle sind die Werte der Druckfestigkeit, Haftzugfestigkeit, Frost-Tau Widerstandsfähigkeit und der Wasserdurchlässigkeit gegenübergestellt. Dieser Vergleich zeigt, dass die maßgebenden Werte für die Druckfestigkeit für den gebundenen Fugenmörtel in „FGSV Arbeitspapier“ und „WTA-Merkblatt“ auch ziemlich höher als diese in den Regelwerke der anderen Länder sind. Die Werte für die Haftzugfestigkeit sind ziemlich gleich.

Tabelle 20: Vergleich der Regelwerke in den verschiedenen Länder für das Fugenmaterial bei der gebundenen Pflasterbauweise [18]

Anhang 2:
Vergleich der Regelwerke in den verschiedenen Ländern für das Fugenmaterial bei der gebundenen Pflasterbefestigung

Fugenfüllung	Gebundene Bauweise / Vergleich der Regelwerke									
	Österreich			Deutschland			Schweiz		England	
	Richtlinien und Vorschriften für Straßenbau	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen	Wissenschaftlich-Technischer Arbeitskreis WTA	Schweizer Norm	British Standard	England	England	England	England	
erforderte Eigenschaft	RVS. 8506.4 (2005)	FGSV Arbeitspapier (2007)	WTA-Merkblatt (2007)	SN 640 480 (2006)	BS 7533-7 (2002) Pflasterdecken	BS 7533-12 (2006) Plattenbeläge				
Druckfestigkeit	≥ 30 N/mm ²	MW ≥ 45 N/mm ² EW ≥ 40 N/mm ²	Labor: 28 T Bauklasse III + VI ≥ 40 N/mm ² max. 55 N/mm ² Baustelle: 28 T ≥ 70 % d. Laborwertes EW ≥ 30 N/mm ² Bauklasse III mit besondere Beanspruchungen ≥ 70 N/mm ² Baustelle: ≥ 60 N/mm ²	Zementgehalt min. 400kg/m ³ Zement CEM I 42,5 nach 28 T: ≥ 25 N/mm ²	Nach Verkehrsbelastung: a) ≥ 15 N/mm ² b) ≥ 25 N/mm ² c) ≥ 40 N/mm ²					
Haftzugfestigkeit	≥ 1 N/mm ²	Labor: MW ≥ 1,5 N/mm ² EW ≥ 1,2 N/mm ² Baustelle: ≥ 0,8 N/mm ²	Labor: ≥ 1,5 N/mm ²	keine Anforderungen	keine Anforderungen	a) keine Anforderung b) ≥ 1,0 N/mm ² c) ≥ 1,2 N/mm ²				≥ 1,5 N/mm ²
Frost-Tau Widerstandsfähigkeit	gefordert	Messung der Schalllaufzeit Zul. Abfall max. 10% Abwittung < 500 g/m ²	Gefordert < 500 g/m ²	gefordert	gefordert					keine Anforderungen
Wasserdurchlässigkeit	keine Anforderungen	keine Anforderungen	keine Anforderungen	keine Anforderungen	keine Anforderungen	gefordert				keine Anforderungen

3.3.4 Pflastermaterialien

Als Materialien für Pflastersteine und –platten im Straßenbau werden Naturstein, Beton und Klinker verwendet, sowie eine Kombination aus Naturwerkstein und Betonwerkstein. Heutzutage werden Pflasterfläche aus Holz und Hochofenschlacke nicht mehr ausgeführt.

In der gebundenen Bauweise sollten Plattenbeläge nicht in befahrenen Bereichen eingesetzt werden [Arbeitspapier, FGSV].

3.3.4.1. Naturwerkstein

Österreich

Natürliche Pflastersteine werden aus Naturstein gewonnen. Nur Naturwerksteine, die ein CE-Kennzeichen aufweisen, dürfen in Europa vertrieben werden.

Der am häufigsten verwendete Naturstein in Österreich ist Granit. Außerdem kommen Porphy, Sandstein, Gneis und Basalt zum Einsatz. Sie müssen widerstandfähig sein und den Abmessungen und Anforderungen an die Gesteinseigenschaften von Pflasterstein, Pflasterplatten und Randeinfassungen aus natürlichen Steinen gemäß ÖNORM B 3108 (2006) entsprechen. Die Anforderungen an das Natursteinmaterial nach RVS 08.18.01 (2009) sind:

- ✓ Leistungsanforderungen zur Produktkennzeichnung und Konformitätsbewertung gemäß ÖNORM EN 1341, ÖNORM EN 1342, ÖNORM EN 1343
- ✓ Abmessungen und mechanische Anforderungen gemäß ÖNORM B 3108 (2006)
- ✓ Nachweis für den Frost-Tau-Widerstand gemäß ÖNORM B 1367-6*)

Natursteine werden nach ÖNORM B 3108 gemäß ihrer Abmessungen folgendermaßen eingeteilt:

Tabelle 21: Klassifikation Kleinsteine (ÖNORM B 3108, 2006)

Sorte	Type	Handelsübliche Bezeichnung	Breite (cm)	Höhe (cm)	Länge (cm)	m ² /t	Übernahme nach Gewicht
	H1	6/8 I	6...8	5...9	6...8	6,5	
		6/8 II	5,5...8,5	4,5...9,5	5,5...8,5		
	H2	8/10 I	8...10	7...11	8...10	5,0	
		8/10 II	7,5...10,5	6,5...11,5	7,5...10,5		
	H3	10/12 I	10...12	9...13	10...12	4,2	
		10/12 II	9,5...12,5	8,5...13,5	9,5...12,5		
	H4	Mosaik	3...6	3...6	3...6	9,0	
	H5	Kanalbausteine	10...12	9...13	20...24	4,2	

Die Größen des Kleinpflasters sind 9/11, 8/10, 8/11, 7/9 und 7/10 cm. Das Mosaikpflaster ist das kleinste Pflaster. Üblich sind die Größen 6/8, 5/7, 4/6, und 3/5 [14].

Kleinsteine und Mosaikpflaster werden in Fußgängerzonen, für Parkflächen, für Entwässerungsmulden, als Rand- und Markierungsstreifen, für Garageneinfahrten, Abstellplätze, Vorplatzgestaltung, für Stufenausbildung und auch hoch beanspruchte Verkehrsflächen verwendet. Für Gerinnepflasterung bei Großkanälen sind Doppelkleinsteine zu verwenden [14].

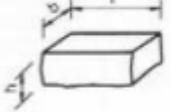
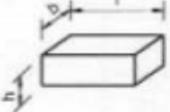
Tabelle 22: Klassifikation Großpflastersteine (ÖNORM B 3108, 2006)

Sorte	Type	Breite cm	Höhe cm	Länge cm	kg/ Stk.	Stk./ m ²	
Großpflastersteine (Kopfsteine)	D1	17...19	17...19	17...19	15	27	Das Verhältnis von kurzen zu langen Steinen (D1 zu D2, D3 zu D4, D5 zu D6) kann beliebig variieren.
	D2			25...28	22	18	
	D3	12...14	17...19	11	27		
	D4		25...28	16,5	18		
	a) handgeschlagen	D5 D6	15...17	15...17	11	35	
	b) maschinell			22...25	18	25	

Großpflastersteine werden in den Größen 13/15, 15/17 und 17/19cm hergestellt. Es sind damit Würfel mit Kantenlängen von 14, 16 oder 18cm gemeint, wobei die Kantenlängen um ±1cm variieren, da Natursteine nicht ganz exakt gebrochen werden können [14].

Großpflastersteine werden in Fußgängerzonen, als Fahrbahnbegrenzungen und als Fahrbahnbelag für stark beanspruchte Verkehrsflächen eingesetzt [14].

Tabelle 23: Klassifikation Pflasterplatten (ÖNORM B 3108, 2006)

Sorte	Type	Breite cm	Höhe cm	Länge cm	kg/m ²	Bearbeitung
Pflasterplatten 	E1	18...20	8...10	18...20	240	Auftrittsfläche sandgestrahlt oder gestockt, Seitenflächen gespalten, Lagerfläche gleichlaufend zur Auftrittsfläche gesägt oder bossiert.
	E2	18...20	8...10	26...30	240	
	E3	24	8...12	24	270	Auftrittsfläche sandgestrahlt oder gestockt, Seitenflächen gesägt oder gesäumt, Lagerfläche gleichlaufend zur Auftrittsfläche gesägt oder bossiert. Zulässige Maßabweichung der Länge und Breite + 0,5 cm.
	E4	24	8...12	36	270	
	E5	32	8...12	32	270	
	E6	32	8...12	48	270	
	E7	48	10...15	48	320	
	E8	48	10...15	72	320	
Übernahme nach Fläche einschließlich der Fugen (für alle Typen).						

Pflasterplatten finden Verwendung in Fußgängerzonen, auf Gehwegen und bei der Ortsplatzgestaltung [14].

Deutschland

Pflastersteine und Platten, sowie Produkte für Einfassungen und Entwässerungsrinnen müssen den TL Pflaster-StB entsprechen.

Gemäß DIN EN 1342 (Pflastersteine aus Naturstein für Außenbereiche – Anforderungen und Prüfverfahren) unterschieden sich die Größen der Pflastersteine nur in ihren Nennmaßen. Die Einleitung der Pflastersteine in Größenklassen nach DIN 18502 ist entfallen.

Nennmaße:

- ✓ 50 mm und 60 mm Mosaikpflaster
- ✓ 70 mm, 80 mm, 90 mm und 100 mm Kleinpflaster
- ✓ darüber bis 300 mm Großpflaster

Die Dicke der Pflastersteine und Platten ist entsprechend der zu erwartenden Verkehrsbelastung zu wählen. Pflasterflächen mit einer Nenndicken der Pflastersteine und Platten von unter 45 mm sollten nicht ausgeführt werden. Für befahrene Verkehrsflächen sind Pflastersteine mit einer Nenndicken von mindesten 60 mm erforderlich. Beim Schwerverkehr sollte die Nenndicke der Pflastersteine mindestens 80 mm, besser 100 mm betragen und für besondere Beanspruchungen müssen Pflastersteine eine Nenndicke von mindestens 120 mm haben [Arbeitspapier, FGSV].

In Tabelle 24 und in Tabelle 25 wird die Klassifikation der Pflastergesteinsgrößen und Plattendicken in Abhängigkeit von der Verkehrsbelastung dargestellt [15].

Tabelle 24: Pflastersteingröße in Abhängigkeit von der Verkehrsbelastung [15].

Bauklasse Verkehrsbelastung	III 300 bis 900	IV 60 bis 300	V 10 bis 60	VI bis 10
Steinart				
Großpflasterstein				
1	G	G	G	G
3	O	G	G	G
5		O	G	G
Kleinpflasterstein				
1			O	G
2				O
3				O
Mosaikpflasterstein				
1				O
2				O
3				O

Legende

geeignet	G
bedingt geeignet	O
nicht geeignet	

Tabelle 25: Plattendicken in Abhängigkeit von der Verkehrsbelastung [15].

Bet on-, Naturstein- oder Mehrschichtplatten bis Größe 50 / 50 oder 40/60 cm und einem Verhältnis Breite : Länge < 1: 1,5					
Äquivalente 10-t Achsenübergänge in Mio.			> 0,1	> 0,3	> 0,8
	0	< 0,1	- 0,3	- 0,8	- 3
4 cm dick	X				
6 cm dick	X	O			
8 cm dick	X	O			
10 cm dick	X	O			
12 cm dick	X	O	O		
14 cm dick	X	X	O	O	
16 cm dick	X	X	X	O	O
18 cm dick	X	X	X	X	O

- X geeignet
- O bedingt geeignet
- ⊙ bedingt geeignet in der gebundenen Bauweise
- Nicht geeignet

Für Flächen mit Verkehrsbelastung sind Pflastersteine mit gesägten Kanten nicht geeignet. Es besteht fast keine Haftung zwischen Stein und Fugenmaterial und somit kann keine stabile Pflasterung erstellt werden [15]. Bei der Verwendung von Natursteinen, deren Steinflächen durch Flammstrahlen behandelt worden sind, ist die Haftzugfestigkeit gegenüber dem unbehandelten Produkt eingeschränkt. In gebundener Bauweise ist auch zu beachten, dass ins-

besondere Sedimentgesteine in Verbindung mit Mörtel zu Verfärbungen und Ausblühungen neigen können [Arbeitspapier, FGSV].

Schweiz

Maßgebend für die Anforderung an Pflastersteine aus Naturstein ist in der Schweiz SN 640 484-2a Pflastersteine aus Naturstein für Außenbereiche – Anforderungen und Prüfverfahren. Die Europäische Norm EN 1342: 2001 hat den Status einer Schweizer Norm. Diese ist zusammen mit SN 640 484-2a Nationales Vorwort und SN 640 484-2a-NA Nationaler Anhang anzuwenden [SN 640 484-2a].

Nach SN 640 480 A bezieht sich die Bezeichnung der Steintypen auf die Steingrößen, welche in Tabelle 26 angeführt sind. Für Unebenheiten von bruchrauen Sichtflächen gilt Tabelle 26 aber erfüllt nicht die Angaben gemäß EN 1342, in welcher keine Unterschiede der Steingrößen betrachtet werden.

Einige Naturpflastersteine, die im Handel erhältlich sind, erfüllen diese Maßanforderungen nicht in allen Teilen. Diese können aber für spezielle Anwendung ebenfalls geeignet sein.

Für Bogenpflaster müssen die Lieferungen bis etwa 10% halbe oder trapezförmige Pflastersteine enthalten. Bei dem entsprechenden Pflastersteintyp gelten die folgenden Breiten- und Längsmasse:

- ✓ *beim Pflastersteintyp 11/13 → 9...13 cm*
- ✓ *beim Pflastersteintyp 14/16 → 12...16 cm*

Dies ist bei der Bestellung einzugeben [SN 640 480 A].

Tabelle 26: Natursteine für Pflästerungen: Steinsorten und -typen, Abmessungen, Bearbeitung, Toleranzen (SN 640 480 A)

Natursteine für Pflästerungen: Steinsorten und -typen, Abmessungen, Bearbeitung, Toleranzen <i>Pierres naturelles pour pavages: sortes et types de pavés, dimensions, façonnage, tolérances</i>							
Steine Pavés		Abmessungen <i>Dimensions</i>			Form und Bearbeitung <i>Forme et façonnage</i>		
		Breite <i>Largeur</i>	Dicke <i>Epaisseur</i>	Länge <i>Longueur</i>	Oberseite ¹⁾ Zulässige Differenz <i>Surface de tête¹⁾</i> <i>Irregularité admissible</i>	Unterseite ²⁾ <i>Surface de base²⁾</i>	Seitenflächen ²⁾ <i>Surfaces latérales²⁾</i>
Sorten <i>Sortes</i>	Typen <i>Types</i>	<i>b</i>	<i>d</i> [mm]	<i>l</i>	[mm]		
Pflaster- steine Pavés	4/6	40...80	40...60	40...60	5	≥ 66% der Oberseite möglichst parallel zur Unterfläche	Möglichst senk- recht zur Oberseite, bruchrau. Die Sel- tenflächen dürfen den Grundriss der Sichtfläche um maximal 5 mm übertagen; die Unterseite muss vollständig inner- halb dieses Grund- risses liegen
	6/8	60...80	60...80	60...80	5		
	8/11	80...110	80...110	80...110	5		
	8/11 Spez. ³⁾	80...110	30...60	80...110	5		
	11/13	110...130	110...130	110...130	7		
	14/16	140...160	140...160	140...160	10		
Binder- steine Boutisses ⁴⁾	10	90...110	90...110	≅ 130	7	≥ 66% de la surface de tête et si possible parallèle à celle-ci	Si possible cassées perpendiculairement à la surface de tête brute. Les irrégularités peuvent dépasser la projection hori- zontale de la sur- face de tête de 5 mm au maximum; la surface de base doit y être comprise
	10 Spez. ³⁾	90...110	60...80	≅ 130	7		
	12	110...130	110...150	≅ 160	10		
	15	140...160	140...180	≅ 200	10		
Wildpflaster- steine Pavés irréguliers	Klein / Petit	20...60	60...80	60...80	7		
	Gross / Gros	20...60	80...110	80...110	10		
Flusawacken Gaiets		∅ 30...200	≥ 100		10	Die Form der Flusswacken muss ein standfestes Setzen ermöglichen; es müssen längliche, nicht mittig gespaltene, runde Steinformate sein <i>La forme des gaiets doit permettre une pose stable; les pierres doivent être de forme allongée, ne pas être fendues au milieu et arrondies</i>	

¹⁾ Möglichst rechtwinklig und vollkantig

²⁾ Gefräste oder gesägte Flächen ohne maschinelle Aufrauung sind für Steine, die Verkehrsbelastungen ausgesetzt sind, ungeeignet

³⁾ Dünnere Steine mit den gleichen Oberflächenmassen für spezielle Anwendungen

⁴⁾ Synonym für früheren schweizerischen Begriff Schalensteine

Je nach Verkehrsbelastung sind unterschiedliche Pflastersteingrößen geeignet. In Tabelle 27 sind die Anwendungsbereiche nach SN 640 480 A angegeben.

Tabelle 27: Anwendungsbereich für Natursteinpflästerungen in Abhängigkeit der Verkehrslastklasse (SN 640 480 A)

Anwendungsbereich für Natursteinpflästerungen in Abhängigkeit der Verkehrslastklasse <i>Domaine d'application pour pavages en pierre naturelle en fonction de leur classe de trafic pondéral</i>																
Verkehrslastklassen <i>Classes de trafic pondéral</i>		ZP	T1		T2		T3		T4							
TF	[ESAL/Tag] [ESAL/Jour]	0	≤ 30		> 30...100		> 100...300		> 300...1000*							
Sorten <i>Sortes</i>		Steine <i>Pavés</i>		Typen <i>Types</i>		Art der Pflästerung P <i>Genre de pavage p</i>										
						Reihen-P / p en rangées	Bogen-P / p en arc	Fischgräten-P / p en arêtes de poisson	Wild-P / p irrégulier	Reihen-P / p en rangées	Bogen-P / p en arc	Fischgräten-P / p en arêtes de poisson	Wild-P / p irrégulier	Reihen-P / p en rangées	Bogen-P / p en arc	Fischgräten-P / p en arêtes de poisson
Pflastersteine <i>Pavés</i>	4/6	0	+			0	0									
	6/8	0	+			0	0									
	8/11	+	+			+	+			+	+			+	+	
	11/13	+	+			+	+			+	+			+	+	
	14/16	+				+				+				+		
Bindersteine <i>Boutisses</i> ◇	10	+		0		+		0		+		0		+		0
	12	+		0		+		0		+		0		+		0
	15	+		0		+		0		+		0		+		0
Wildpflastersteine <i>Pavés irréguliers</i>	Klein <i>Petit</i>			+	+			0	0							
	Gross <i>Gros</i>			0	0			+	+			0	0			
Flusswackeln <i>Galets</i>		+	0			+	+	0		+				0		

TF - Tägliche äquivalente Verkehrslast gemäß Ziffer 22, siehe SN 640 324

ESAL - Referenzachse (Equivalent Single Axle Load) mit einer Last von 8, 16 t, siehe SN 640 320

* - Bei TF > 1000 ist eine Pflästerung nicht geeignet

◇ - Synonym für früheren schweizerischen Begriff Schalensteine

+ - Geeignet

0 - Bedingt geeignet

Nicht geeignet

Tabelle 28 zeigt die Pflastersteintypen, die in gebundener Bauweise bei der entsprechenden Verkehrsbelastung geeignet sind [SN 640 480 A].

Tabelle 28: Steintypen in Abhängigkeit der Verkehrslastklassen, Bauweisen, Konstruktionsdicken und Fugenbreiten bei Natursteinpflasterungen (SN 640 480 A)

Steintypen in Abhängigkeit der Verkehrslastklassen, Bauweisen, Konstruktionsdicken und Fugenbreiten bei Natursteinpflasterungen								
Types de pavés en fonction des classes de trafic pondéral, méthodes de construction, épaisseurs de construction et largeurs des joints pour pavages en pierre naturelle								
Verkehrslastklassen Classes de trafic pondéral		ZP	T1	T2	T3	T4	Konstruktions- dicke Epaisseur de construction d ₄ [mm]	Fugen- breite Largeur du joint
TF	[ESAL/Tag] [ESAL/Jour]	0	≤ 30	> 30...100	> 100...300	> 300...1000*		
Steine / Pavés Sorten / Sortes		Gebundene Bauweise Méthode de construction liée						
Typen / Types								
Pflastersteine Pavés	4/6	+	0				100	6...9
	6/8	+	+				130	9...11
	8/11	+	+	+	+		160	9...14
	11/13	+	+	+	+	+	180	10...15
	14/16	+	+	+	+	+	210	10...15
Bindersteine [◇] Boutisses [◇]	10	+	+	+	+	0	160	10...15
	12	+	+	+	+	+	180	10...18
	15	+	+	+	+	+	210	10...20

TF - Tägliche äquivalente Verkehrslast gemäß Ziffer 22, siehe SN 640 324

ESAL - Referenzachse (Equivalent Single Axle Load) mit einer Last von 8, 16 t, siehe SN 640 320

* - Bei TF > 1000 ist eine Pflasterung nicht geeignet

◇ - Synonym für früheren schweizerischen Begriff Schalensteine

+ - Geeignet

0 - Bedingt geeignet

- Nicht geeignet

In der gebundenen Bauweise sind folgende Verwendungsbereiche zu empfehlen:

- ✓ Bei Verlegung einer Pflastermulde
- ✓ Bei Verlegung von Pflaster in Reihen
- ✓ Bei großer Beanspruchungen

3.3.4.2 Betonwerkstein

Nach RVS 08.18.01 müssen die verwendeten Betonwerksteine widerstandsfähig sein, eine CE-Kennzeichnung aufweisen und die folgenden Anforderungen entsprechen:

- ✓ Leistungsanforderungen zur Produktkennzeichnung und Konformitätsbewertung – **ÖNORM EN 1338, ÖNORM EN 1339, ÖNORM EN 1340**
- ✓ Tausalzbeständigkeit und Widerstand gegen Abrieb – **ÖNORM B 3258***)

Die Differenz zwischen zwei beliebigen Messungen der Dicke eines einzelnen Pflastersteins muss ≤3mm sein. Bei Längen der Diagonalen größer als 300 mm sind die maximal zulässigen Differenzen in ÖNORM EN 1338 angegeben. Folgende Anforderungen müssen für die physikalischen Eigenschaften der Pflastersteine erfüllt werden:

- **Wasseraufnahme**

Tabelle 29: Wasseraufnahme (ÖNORM EN 1338)

Klasse	Kennzeichnung	Wasseraufnahme % (Massenanteil)
1	A	Keine Anforderung
2	B	≤ 6,5

- **Frost-Tausalz-Widerstand** - wenn Flächen bei Frost häufig mit Tausalzen in Kontakt kommen, müssen die Anforderungen nach Tabelle 30 erfüllt werden.

Tabelle 30: Frost-Tausalz-Widerstand (ÖNORM EN 1338)

Klasse	Kennzeichnung	Masseverlust nach der Frost-Tausalz-Prüfung kg/m ²
3	D	≤ 1,0 als Mittelwert mit keinem Einzelwert > 1,5

- **Abriebwiderstand**

Tabelle 31: Pflastersteine aus Beton – Abriebwiderstand (TL Pflaster StB-2006)

Klasse	Kennzeichnung	Anforderung	
		Bestimmt nach dem „Abriebverfahren mit breiter Schleifscheibe“	Alternativ bestimmt nach dem „Prüfverfahren nach Böhme“
4	I	≤ 20 mm	≤ 18 000 mm ³ /5 000 mm ²

- **Spaltzugfestigkeit** - die charakteristische Spaltzugfestigkeit T darf nicht geringer als 3,6MPa sein und die Bruchlast darf nicht geringer als 250N/mm Spaltflächenlänge sein.

Bei der Herstellung der Betonpflastersteine kommen Zement, Gesteinskörnungen und Wasser zur Anwendung. Normalerweise beträgt der W/B-Wert weniger als 0,4 und liegt zwischen 0,34 und 0,38. In Europa zeigt die Erfahrung, dass es möglich ist, Betonsteine aus Mischungen mit einem Zementgehalt kleiner 300kg/m³ herzustellen, aber für GB wird ein Zementgehalt von >380kg/m³ zu empfohlen.

3.3.4.3 Kombiplatten

Kombiplatten stellen eine Kombination aus Naturstein und Betonwerkstein dar. Die Kombiplatten bestehen aus einer 2 bis 3cm dicken hochwertigen Natursteinschicht und einem soliden Betonsockel, deren Verbindung mit mechanischen und haftfähigen Komponenten er-

folgt. Die Oberfläche der Kombiplatten kann geschliffen, geflammt, stahlsandgesägt, gestrahlt oder wassergestrahlt sein [2].

Gemäß RVS 08.18.01 müssen für den Kleber- bzw. Verbindungsmörtel Haftzugfestigkeit bzw. Abreißfestigkeit bei Frost-Tausalz-Beanspruchung und bei mechanischer, thermischer und chemischer Beanspruchung zwischen Betonsockel und Natursteinschichte mit $\geq 1,5 \text{ N/mm}^2$ nachgewiesen werden. Zur Aufnahme größerer Beanspruchungen kommt ein bewehrter Betonsockel zur Ausführung. Die E-Module des Trägerbetons und der Natursteinauflage dürfen sich nur geringfügig unterscheiden (RVS 08.18.01, 2009, S. 5).

3.3.4.4 Klinker

Klinkersteine bestehen aus mit Wasser angemischtem Ton oder Lehm. Sie werden unter hohen Temperaturen gebrannt. Klinker nehmen kaum Wasser auf und sind sehr widerstandsfähig und frostbeständig. Klinkersteine können in vielen Farben und Formen hergestellt werden. Die Farbe ist vom Eisen- oder Mangengehalt des Ausgangsmaterials abhängig. Das Material besitzt eine maximale Druckfestigkeit von 80 N/mm^2 und darf im höchsten Fall 6 M-% Wasser aufnehmen [3].

Nach RVS 08.18.01 müssen die Pflasterklinkersteine den technischen Anforderungen der ÖNORM EN 1344 entsprechen. Zur gebundenen Verlegung muss die Nenndicke der Pflasterziegel mindestens 30mm betragen. Für eine ausreichende Verbundfestigkeit zwischen Fugen- und Bettungsmörtel ist eine Vorbehandlung der Kontaktfläche vorzunehmen [16].

Folgende Anforderungen sind für die Pflasterklinker nach DIN 18 503 und DIN 1344 zu beachten:

- **Frost-Tauwiderstand** – bei der Klasse „F0“ (z.B. für südliche Länder oder Innenbereiche) werden keine Anforderungen gestellt, bei „FP 100“ müssen 100 Frost-Tau-Wechsel in der Euro-Frostprüfung schadensfrei ertragen werden.
- **Biegebruchlast** – die Biegebruchklassen „T1“ und „T2“ (geringe Belastung, wie z.B. vereinzelt Pkw-Überfahrten) garantieren eine mittlere Biegebruchlast von 30 N/mm. Die Klassen „T3“ und „T4“ garantieren eine mittlere Biegebruchlast von 80 N/mm. Aufgrund des höheren Werts sind auch Lkw Überfahrten möglich. Klasse „T0“ tritt nur für Pflasterziegel in gebundener Verlegung zu, wobei keine Anforderungen gestellt werden.
- **Abriebwiderstand** – die Klasse mit der schärfsten Anforderungen „A3“ fordert ein höchstzulässiges Abriebvolumen von 430 mm^3
- **Rutsch-Gleitwiderstand** – die höchste Anforderung ist „U3“ mit einem SRT-Wert von 55 (SRT=Skid Resistance Tester) [16].

3.4 Herstellungssgrundsätze und Ausführung

3.4.1 Schichtaufbau

Nach RVS 08.15.01, (2008) darf die Dicke der ungebundenen unteren Tragschichten nicht mehr als 45 cm (im verdichteten Zustand) betragen und das nominelle Größtkorn D nicht

größer als 1/3 der Tragschichtdicke (maximal 90 mm) sein. Nur wenn auf dem Unterbauplanum den geforderten Verformungsmodul ($E_{V1} = 35\text{MN/m}^2$) erreicht ist, darf die Schicht ausgeführt werden. Wenn das Unterbauplanum aufgeweicht ist, muss dieses vor Aufbringen der unteren Tragschicht abtrocknen und nochmals verdichtet werden. Das Trag- und Verformungsverhalten muss möglichst gleichmäßig sein. Die Mindestanforderungen für den Verformungsmodul unterer ungebundener Tragschichten beträgt $E_{V1}=60\text{MN/m}^2$. Die untere Tragschicht darf nicht verschmutzt werden.

In den Fällen, wenn der Untergrund schwach wasserdurchlässig bis wasserundurchlässig ist, muss eine geeignete Entwässerung gesichert werden. Typische Durchlässigkeitswerte für die ungebundene Tragschichten und den Baugrund sind in der Abbildung 6 dargestellt (WTA Merkblatt).

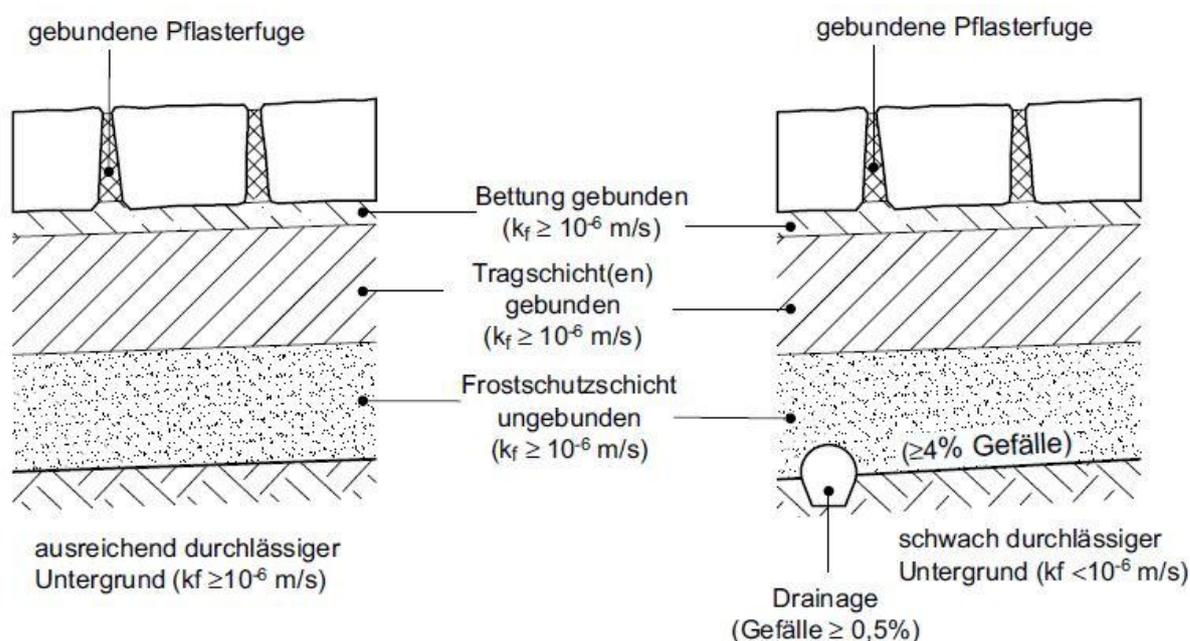


Abbildung 6: Anforderungen an die Durchlässigkeit in Schichtenaufbau (WTA Merkblatt)

Die untere Tragschicht ist so auszuführen, dass die Wasserdurchlässigkeit mehr als $5 \cdot 10^{-6}$ m/s beträgt (bei einem Verhältnis von Wassersäule zu Schichtdicke $i = 8$), (RVS 08.18.01, S.16, 2009). Die Oberfläche der ungebundenen unteren Tragschichten darf nicht mehr als ± 3 cm von der Sollhöhe abweichen und auch die Abweichung der Ebenheit darf 15 mm auf 4 m Maßlattenlänge nicht überschreiten (RVS 08.15.01, S.6, 2008).

Als obere gebundene Tragschicht können Dränbetontragschichten oder wasserdurchlässige Asphalttragschichten ausgeführt werden.

Dränbetontragschichten

Die Tragschichten mit hydraulischem Bindemittel sind gemäß Merkblatt für Dränbetontragschichten (DBT), Ausgabe 1996, herzustellen. Bei der Herstellung von DBT sind die Standfestigkeit, die Frostsicherheit und die Ebenheit zu berücksichtigen. Geeignete Unterlagen

sind gebundene dichte Schichten, auf deren Oberfläche das Wasser, das eindringt, ablaufen kann und auch ungebundene durchlässige Schichten wie z.B. Frostschutzschichten.

Vor dem Einbau der gebundenen Pflasterdecke sind Kerben anzuordnen, damit in der Dränbetontragschicht keine Eigenspannungen auftreten. Nach RStO 12 ist die DBT im Abstand von höchstens 5 m längs und quer zu kerben. Die Lage der Kerben bestimmt die Lage der darüber anzuordnenden Bewegungsfugen [8].

Beim Verlegen der Dränbetontragschichten sollen die Temperaturen zwischen +5°C und 30°C liegen. Im Falle, dass die Temperatur 25°C übersteigt, muss die Temperatur des Gemisches an der Einbaustelle kontrolliert werden [DBT].

Wasserdurchlässige Asphalttragschichten

Wasserdurchlässige Asphalttragschichten sollten nach dem „Merkblatt für wasserdurchlässige Befestigungen von Verkehrsflächen“ ausgeführt werden. Die Umsetzung dieses Merkblattes ist für Flächen mit hohen Verkehrsbelastungen nicht geeignet.

Für den Einbau der Konstruktion einer gebundenen Pflasterbefestigung mit einer Asphalttragschicht sind nach RStO 12 folgende Varianten möglich:

- ✓ *Asphalttragschicht (wasserdurchlässig) auf Frostschutzschicht*
- ✓ *Asphalttragschicht (wasserdurchlässig) auf Kiestragschicht und Frostschutzschicht*
- ✓ *Asphalttragschicht (wasserdurchlässig) auf Schottertragschicht und Frostschutzschicht*

Geotextil

Auf die Anordnung eines Geotextiles auf einer Dränbetontragschicht bzw. der wasserdurchlässigen Asphalttragschicht sollte verzichtet werden, um eine möglichst gute Verbundwirkung zwischen der Tragschichtoberfläche und der gebundenen Bettung zu erreichen und die Verformbarkeit der Befestigung zu verringern [Arbeitspapier, FGSV].

3.4.2 Bettung

Österreich

Keine Regelwerke sind in Österreich über die Herstellung einer gebundenen Bettung vorhanden.

Für werkseitig hergestellte Mörtel sind die Sperrzeiten vom Hersteller anzugeben.

Die Dicke der Bettung muss mindestens 3cm sein und nicht 6cm überschreiten. Die Dicke beinhaltet die zulässigen Maßtoleranzen der Steine sowie die zulässigen Abweichungen von der Ebenheit der darunterliegenden Tragschicht (RVS 08.18.01).

Deutschland

Einbau der Bettung

Bei der Herstellung und Ausführung von Bettungsmörtel ist eine ausreichend hohe Temperatur der Unterlage, der Luft sowie der zu verarbeitenden Materialien erforderlich. Die Temperatur sollte für hydraulisch gebundenen Bettungsmörtel mindestens +5°C und für kunstharzgebundener Bettungsmörtel mindestens +10°C betragen. Bei Verwendung speziellen Bettungsmörtel kann eine Verarbeitung bei geringerer Umgebungstemperatur möglich sein [Arbeitspapier].

Bei niedrigen Temperaturen ist eine Verlängerung der Erhärtungszeit des Bettungsmörtels zu berücksichtigen. Wenn die Unterlage gefroren ist, dürfen Bettungsmörtel nicht ausgeführt werden (FGSV Arbeitspapier).

In der gebundenen Bauweise wird auf „fertige Höhe“ in erdfeuchter Bettung gepflastert. Das Verlegen auf einem trockenen Sandzementmischgut mit nachträglichem Befeuchten ist unzulässig. Eine ordnungsgemäße Verarbeitung erfordert das Einsetzen auf noch frisches, feucht glänzendes Bettungsmaterial. Bei stumpfem Aussehen darf das Gemisch nicht mehr verwendet werden. Auch das Nachmischen mit Wasser und Zement ist unzulässig (WTA Merkblatt).

Der hydraulisch gebundene Bettungsmörtel weist aus verarbeitungstechnischen Gründen in der Regel einen späteren Erstarrungsbeginn auf, im Gegensatz zum hydraulisch gebundenen Fugenmörtel. Deshalb sind bei der Ausführung die Arbeiten so zu koordinieren, dass der Erstarrungsbeginn des Bettungsmörtels erst nach dem höhenmäßigen Ausrichten und Festsetzen der Pflastersteine bzw. Platten einsetzt (FGSV Arbeitspapier).

Bei Verwendung von kunstharzgebundenem Bettungsmörtel sind die Angaben der jeweiligen Hersteller des Bettungsmörtels zu beachten. Im Folgenden werden die Angaben der jeweiligen Hersteller des Bitumenmörtels aufgelistet, die bei der Ausführung zu beachten sind (FGSV Arbeitspapier).

- ✓ *Im verdichteten Zustand sollte die Dicke der Bettung nach FGSV Arbeitspapier zwischen 4 cm und 6 cm sein.*
- ✓ *Nach WTA Merkblatt für Klein- und Mosaikpflaster sollte die Dicke der Bettung 3 cm bis 5 cm betragen und für Großpflaster 4 -7cm.*

Der Bettungsmörtel ist bei den gebundenen Bauweisen als drainfähiger Mörtel mit einer Wasserdurchlässigkeit $k_f > 1 \times 10^{-6}$ auszuführen.

Nachbehandlung

Wird die Fugenfüllung nicht unmittelbar nach dem Setzen der Steine ausgeführt, sind Nachbehandlungsmaßnahmen zum Schutz der Bettung vor Witterungseinflüssen durchzuführen. Die Art und Dauer der Nachbehandlung hängt von den Witterungseinflüssen ab und ist durch den Hersteller anzugeben (WTA Merkblatt).

3.4.3 Verlegen und Versetzen

Österreich

Keine Regelwerke sind in Österreich über das Verlegen und Versetzen bei der gebundenen Bauweise vorhanden.

Nach RVS 08.18.01 ist das Pflastern in gebundener Bettung auf fertige Höhe in Mörtelbettung zu erfolgen. Die Steine werden fachgerecht in die Bettung gepflastert.

Vor der Herstellung der Fugenfüllung ist die Fläche auf die Einhaltung der Ebenheitstoleranz zu prüfen und sind Buckel und Senken durch Umpflastern zu beseitigen.

Deutschland

An der Unterseite können die Pflastersteine mit Haftbrücken vorbehandelt werden, um die erforderliche Haftzugfestigkeit zur gebundenen Bettung zu erreichen. Wenn diese nicht mit einer Haftbrücke vorbehandelt sind, kann ein Vornässen der Unterseite vor dem Versetzen in einem hydraulisch erhärtenden Bettungsmörtel zweckmäßig sein. In beiden Fällen sind die Pflastersteine bzw. Platten hammerfest zu versetzen und nach dem Versetzen dürfen diese nicht mehr neu ausgerichtet werden (FGSV Arbeitspapier).

Eine verbindliche Vorbereitung der Unterseite sollte bei Pflastersteinen aus gesägtem Naturstein und Platten ausgeführt werden.

Beim Versetzen sollte der Bettungsmörtel höchstens bis zu einem Drittel der Pflasterstein- bzw. Plattendicke aufsteigen, sowie die Pflasterstein- bzw. Plattenoberfläche sorgfältig von Bettungsmörtelresten und sonstigen Verschmutzungen gereinigt werden (FGSV Arbeitspapier).

Ein Abrütteln verlegter Flächen ist nicht erlaubt, sowie Verkehrsbelastungen bis zum Erreichen ausreichender Festigkeit des Bettungsmörtels. Ein Verfugen ist nach 24 bis 48 Stunden (bei kalten Temperaturen auch länger) zulässig (FGSV Arbeitspapier).

Empfohlene Fugenbreiten sind nach FGSV Arbeitspapier wie folgt auszuführen:

- ✓ *Pflasterstein und -platten aus Beton, Klinker und Ziegel: 6mm bis 10mm*
- ✓ *Naturstein mit bearbeiteten Seitenflächen: 6mm bis 10mm*
- ✓ *Naturstein mit unbearbeiteten Seitenflächen: 6mm bis 15mm*

Empfohlene Fugenbreiten sind nach WTA Merkblatt wie folgt auszuführen:

- ✓ *Steindicke bzw. Plattendicke < 8cm: 5 – 10mm*
- ✓ *Steindicke bzw. Plattendicke von 8 bis 12cm: 8 – 15mm*
- ✓ *Steindicke bzw. Plattendicke > 12cm: 8 – 18mm*
- ✓ *Großsteinplatten: 8 – 15mm*

Schweiz

Bei der Einbettung in Monokornbeton sind die Pflastersteine hammerfest direkt auf die fertige Höhe zu versetzen (640 480 A).

Bei der Einbettung von Platten in einem Monokornbeton muss an der Unterseite der Platten ein etwa 1 – 2mm dicker Haftemulsionsbrei ganzflächig aufgetragen werden, damit zwischen dem Bettungsmaterial und den Platten ein Verbund entsteht. Die Haftung zwischen den Platten und dem Bettungsmaterial muss $\geq 1\text{N/mm}^2$ sein. Die Platten werden auf die fertige Höhe versetzt und müssen vollflächig aufliegen (640 480 A).

3.4.4 Fugenfüllung

Österreich

Nach der RVS 18.08.01 ist die Fuge bei der gebundenen Bauweise mit dem Fugenmaterial durch mehrmaliges Einbringen nass in nass auf Steinoberkante zu füllen. Die Steine sollten von unnötigem Fugenmaterial gereinigt werden (Schwammputzmaschine, Waschen, Abreiben mit Sand).

Bevor die Fugen mit Mörtel gefüllt werden, sind lockere oder gekippte Steine bzw. Platten herauszunehmen und neu zu versetzen.

Deutschland

Die Fugenfüllung kann ein- oder zweischichtig ausgeführt werden.

Einschichtige Fugenfüllung

Der Fugenraum sollte vollständig in einem Arbeitsgang mit Fugenmörtel gefüllt werden. Eine Nachverfugung kann nur frisch in frisch erfolgen. Der Fugenmörtel muss den Bereich der unverdichtet gebliebenen, zwischen den Steinen aufsteigenden Bettung verfüllen und festigen (WTA Merkblatt).

Zwei Arten des zementgebundenen Fugenmörtels sind nach der Einbauweise zu unterscheiden (WTA Merkblatt).

- **Plastische/weiche Konsistenz** – wenn eine maschinelle Verdichtung erforderlich ist.
- **Fließfähige/hochfließfähige Konsistenz** – wenn keine maschinelle Verdichtung benötigt ist. Mörtel dieses Typs zeichnen sich durch ein hohes Fließverhalten sowie eine Feinkörnigkeit aus.

Zweischichtige Fugenfüllung

Der Einbau einer zweischichtigen Fugenfüllung kann die Druckspannung in den oberen Fugen zonen vermindern. Zuerst werden die Fugen mit dem unteren zementgebundenen Mörtel (bis 3cm unter Oberkante Stein) gefüllt. Der Mörtel muss hochfest und fließfähig sein (Druckfestigkeit $\geq 60\text{N/mm}^2$ im eingebauten Zustand). Nach der Erhärtung der unteren Schicht wird die kunstharzgebundene Fugenfüllung eingebaut. Der mit Epoxidharz gebundene Mörtel nimmt die Temperaturspannungen (Druckfestigkeit: 20 – 40N/mm²) auf (WTA Merkblatt).

Zur Vermeidung von Wasser zwischen beiden Schichten sollte die kunstharzgebundene Fugenfüllung verdichtet werden. Die Dicken der Schichten sind vom Hersteller anzugeben (WTA Merkblatt).

Wird kunstharzgebundener Fugenmörtel verwendet, sind die Angaben der jeweiligen Hersteller des Fugenmörtels zu beachten. Die zweischichtige Fugenfüllung ist für die besonderen Beanspruchungen nach RStO, sowie für scharfkantige Pflasterprodukte geeignet (WTA Merkblatt).

Bei Pflastersteinen und Platten mit gefasteten oder gerundeten Kanten sollten die Fugen bis zur Unterkante der Fase/Rundung ausgefüllt werden (WTA Merkblatt).

Es ist darauf zu achten, dass bei unsachgemäßer Reinigung die Gefahr einer Qualitätsminderung der Verfugung bzw. der Verschmutzung der Steinoberfläche mit Mörtelresten besteht. Auf die Nachbehandlung der gebundenen Fugenfüllung ist auch zu achten (Verdunstungsschutz, Abdeckung).

Bei der Verarbeitung des Fugenmörtels sollte die Temperatur der Luft, der Unterlage sowie der zu verarbeitenden Materialien für hydraulisch gebundenen Fugenmörtel mindestens +5°C und für kunstharzgebundenen Fugenmörtel mindestens +10°C betragen. Wenn ein spezieller Fugenmörtel verwendet wird, ist eine Verarbeitung bei geringerer Umgebungstemperatur möglich. Bei gefrorener Unterlage (<0°C) darf nicht verfugt werden. Bei hohen Temperaturen der Luft und entsprechend aufgeheizter Unterlage sollten hydraulisch gebundene Fugenmörtel nicht verarbeitet werden. Das spätere Abkühlen der Unterlage kann zu einer Überschreitung der aufnehmbaren Zugspannungen in der Pflasterdecke bzw. im Plattenbelag und zu Rissen führen (FGSV Arbeitspapier).

Schweiz

Die Fugenfüllung hängt von der Gesteinsart und der Benutzung ab.

- ✓ *Wenn Tausalz verwendet wird, dann muss der Fugenmörtel frosttausatzbeständig sein und den Anforderungen nach SIA 262/1 entsprechen.*
- ✓ *Wenn Zementmörtel verwendet wird, muss der Zementgehalt $\geq 400\text{kg/m}^3$ und die Zementart CEM I 42,5 sein. Der Zementmörtel muss nach 28 Tagen eine Druckfestigkeit $\geq 25\text{N/mm}^2$ aufweisen.*
- ✓ *Wenn anderer Fugenmörtel (kunststoffmodifizierter, eingefärbter Zementmörtel oder Mörtel auf Reaktionshatzbasis usw.) verwendet wird, sind die Empfehlungen des Lieferanten zu beachten (SN 640 480).*

3.4.5 Bewegungsfugen

Derzeit gibt es keine Normen für die Anordnung und Ausführung von Dehnungsfugen. Nachfolgend sind die Regelungen in Deutschland, Österreich und in der Schweiz zusammengefasst.

Österreich

Gemäß RVS 08.18.01 muss bei der Bemessung von Bewegungsfugen ein Mindesttemperaturbereich von -20°C bis 80°C berücksichtigt werden. Die Haftzugspannung des Materials für die Dehnfugen muss kleiner als die Haftzugspannung in angrenzender Fugenfüllung sein.

Die Dehnfugen können auch nachträglich eingebaut werden. Bei dieser Methode ist die Fläche bei hohen Bodentemperaturen zu verlegen. Die infolge thermischer Verkürzung entstehenden Risse sind nachträglich als Bewegungsfugen auszubilden [RVS 08.18.01].

Deutschland

Folgende Abstände von Bewegungsfugen werden in den deutschen Regelwerken empfohlen (siehe Tabelle 32):

Tabelle 32: Abstand von Bewegungsfugen [8]

Regelwerk	Ausgabe	Abstand
DIN 18318	2002	8m
DIN 18318	10/2006	12m Rinne
M FP 1	2003	15m Rinne
DNV - Merkblatt	10/2002	Keine Angabe
FGSV - Arbeitspapier	04/2003	4 bis 6m
WTA - Merkblatt	10/2007	5 bis 7m bei Rinnen zusätzlich < 0.75m vor und hinter Straßenabläufen

Die Art und die Ausführung der Bewegungsfugen unterscheiden sich nach der zu erwartenden Verkehrsbelastung.

- Bei von Kraftfahrzeugen befahrenen Pflasterdecken sollten rostfreie Stahlwinkel an der Unterlage vergedübelt werden, die die Pflastersteine abstützen und verhindern, dass diese in die Dehnungsfugen gedrückt werden (siehe Abbildung 7). Der Stahlwinkel kann gelocht oder durchbrochen sein. Der horizontale Schenkel soll die Länge von 3 x h oder mindestens 200mm betragen und die vertikale Schenkellänge soll in eingebautem Zustand ca. 2/3 der Pflasterstein- bzw. Plattendicke abdecken. Die Fugendichtstoffe sollen bei befahrenen Flächen reversibel komprimierbar sein (z.B. Kautschuk) [FGSV Arbeitspapier].

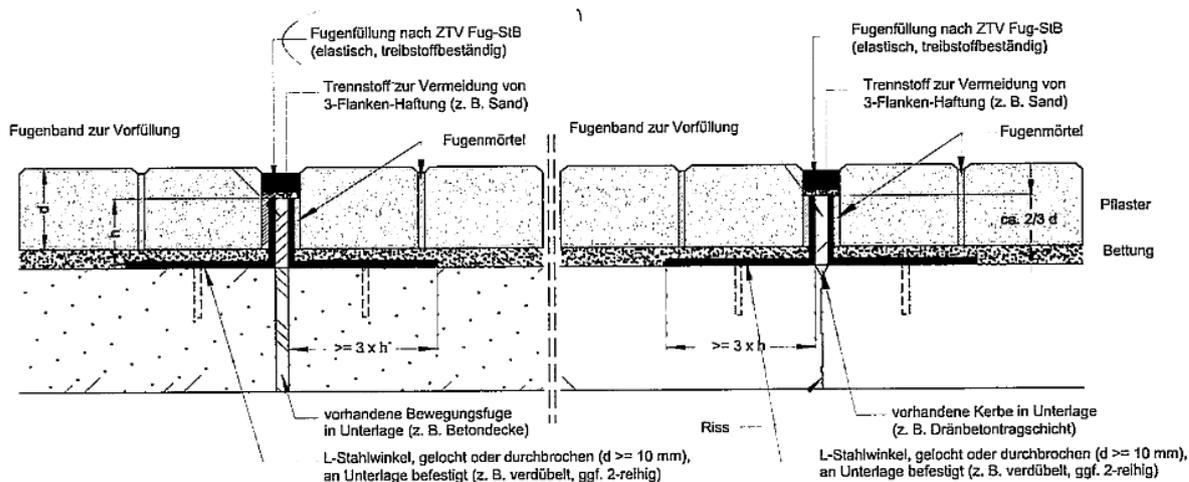


Abbildung 7: Bewegungsfugen in von Kraftfahrzeugen befahrenen gebundenen Pflasterdecken bei vorhandener Bewegungsfuge oder Kerbe in der Unterlage (FGSV Arbeitspapier)

- Wo ein Befahren durch Kraftfahrzeuge ausgeschlossen werden kann, werden Dehnungsfugen durch Einstellen eines Gummiprofils hergestellt. Dann wird die Fläche mit Pflasterfugenmörtel verfugt und der obere Teil des Gummiprofils entfernt. Der verbleibende Fugenraum wird durch Einlegen einer Rundschnur und Einbringen eines dauerelastischen Dichtstoffs gefüllt (siehe Abbildung 8 und 9).

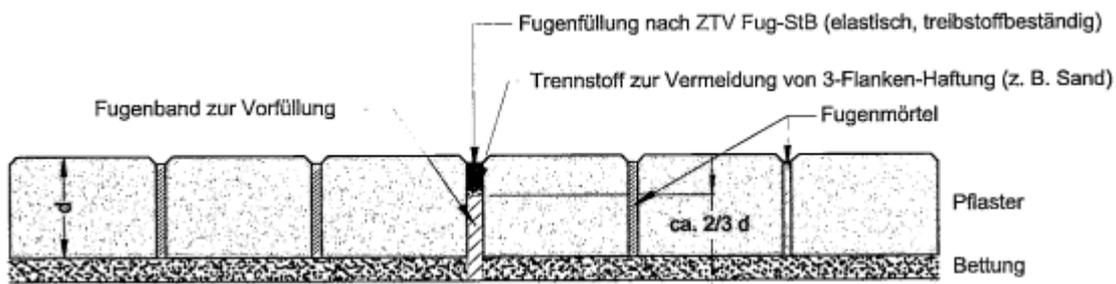


Abbildung 8: Bewegungsfugen in nicht von Kraftfahrzeugen befahrenen Pflasterdecken und Plattenbelägen. Unterlage (frei von Eigenspannungen) (FGSV Arbeitspapier)

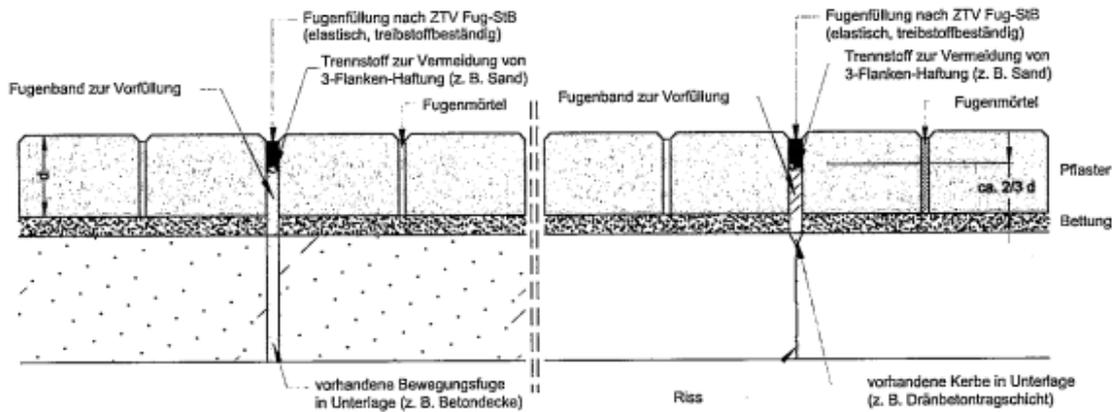


Abbildung 9: Bewegungsfugen in nicht von Kraftfahrzeugen befahrenen Pflasterdecken und Plattenbeläge bei vorhandener Bewegungsfuge oder Kerbe in der Unterlage (FGSV Arbeitspapier)

- Bewegungsfugen sollten auch entlang aufgehender Einbauten, wie Bordsteinen, Fassaden, Schachtabdeckungen, Straßenabläufen, Schiebekappen angeordnet werden (siehe Abbildung 10). Bei druckfesten Einbauten können die Dehnungsfuge unabhängig von der auf die Pflasterdecke bzw. auf den Plattenbelag einwirkenden Verkehrsbelastung ausgeführt werden. Hier müssen die Fugendichtstoffe weicher als in den befahrenen Flächen sein (z.B. Polyethylen) (FGSV Arbeitspapier).

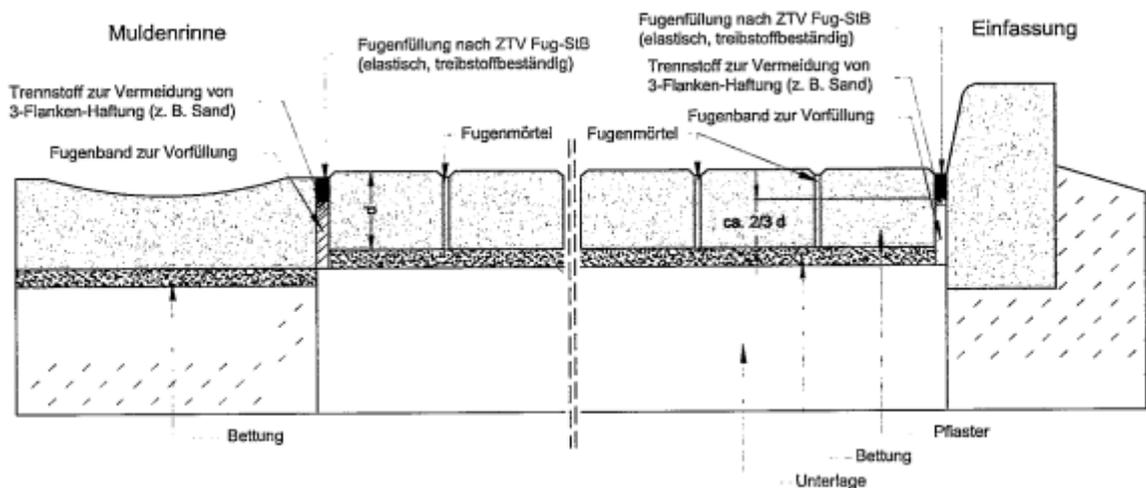


Abbildung 10: Bewegungsfuge in gebundenen Pflasterdecken und Plattenbelägen gegenüber druckfesten Einbauten (FGSV Arbeitspapier)

Nach WTA Merkblatt sind nachfolgende Varianten (siehe Abbildung 11-13) für den Bereich der Bewegungsfuge zu unterscheiden. Der dauerelastische Fugenverschluss ist nicht unmittelbar der Walkwirkung der Fahrzeugreifen ausgesetzt.

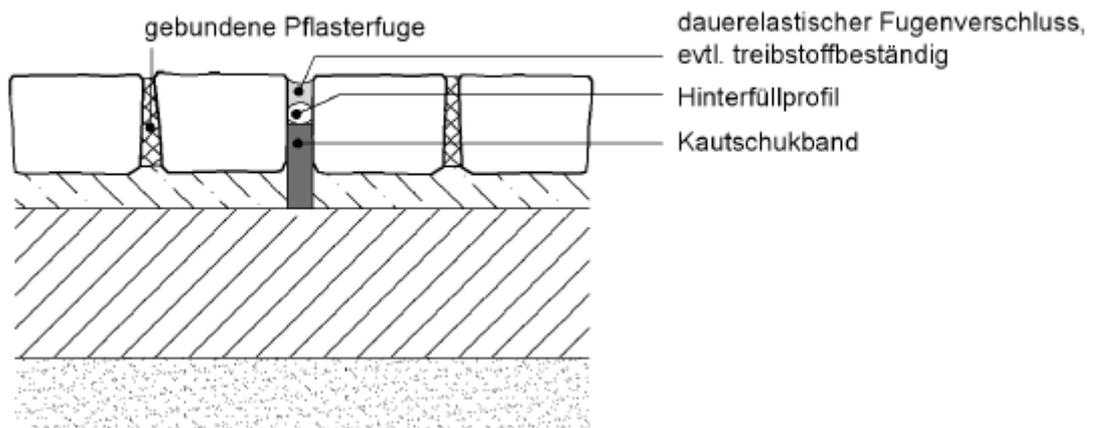


Abbildung 11: Bewegungsfuge ohne Einschnitt in der Tragschicht (WTA Merkblatt)

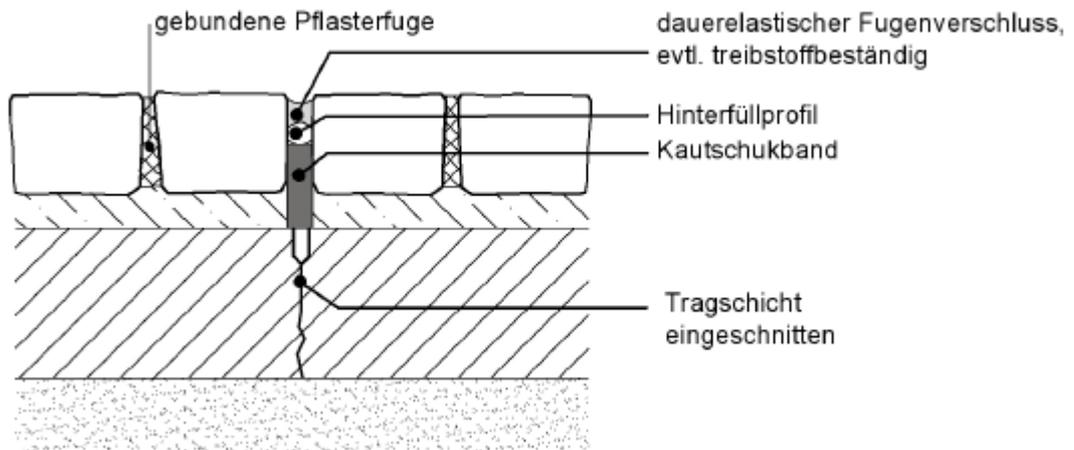


Abbildung 12: Bewegungsfuge oberhalb Einschnitt bzw. Kerbung in der Tragschicht (WTA Merkblatt)

- In diesen Fällen werden die Tragschichten ohne Bewegungsfugen hergestellt. So können nachträglich Risse entstehen. Die entstehenden Risse können geöffnet und mit dauerelastischem Material geschlossen werden (siehe Abbildung 13) [WTA Merkblatt].

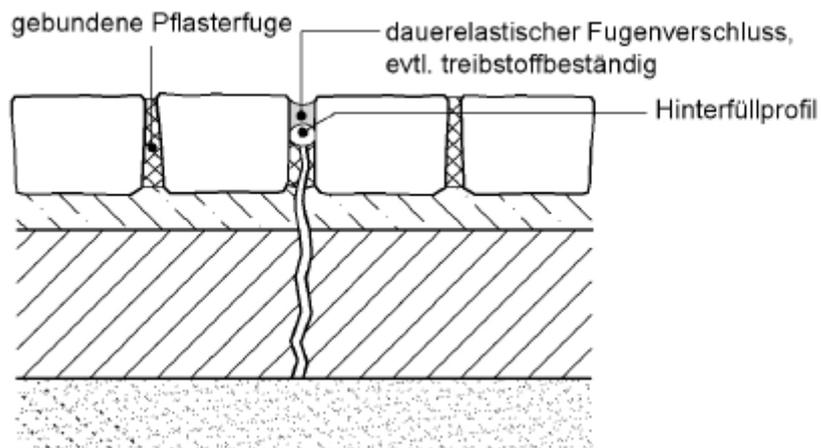


Abbildung 13: Nachträglich ausgebildete Scheinfuge an einem „wilden“ Riss (WTA Merkblatt)

Schweiz

Gemäß Schweizer Regelwerk (SN 640 480 A) sind die Dehnungsfugen bei Fugen mit gebundenem Füllungsmaterial erforderlich, aber nur in den Fällen, in denen keine Beanspruchung durch Verkehr vorhanden ist. Bei von Kraftfahrzeugen befahrenen Pflasterdecken ist die Ausführung einer Scheinfuge zu empfehlen. Auftretende Spannungsrisse infolge Temperaturschwankungen werden in Dehnungsfugen umgewandelt. Damit die Stützfähigkeit bei Bewegungsfugen mit Verkehrsbeanspruchung erhalten bleibt, dürfen nur die obersten 30 mm des Fugenmörtels entfernt und als Scheinfuge ausgebildet werden. Diese Fugen können nur dann ausgeführt werden, wenn die Pflasterung infolge thermischer Ausdehnung nicht hochgedrückt wird (SN 640 480 A).

3.4.6 Einbautemperatur

Thermische Beanspruchungen sind bei der gebundenen Pflasterbauweise von wesentlicher Bedeutung. Die Veränderung der Temperatur verursacht permanente Längendehnungen in den Belägen. Bei Absenken der Plattentemperatur tritt eine Verkürzung in den Platten auf und bei Erhöhung der Plattentemperatur ist eine Längenzunahme zu beobachten. Die Größe der Dehnungen hängt nicht nur von dem jeweiligen thermischen Ausdehnungskoeffizient (Punkt. 3.5.2.), sondern auch von der Einbautemperatur ab. Diese Temperatur ist während der Hydratation des gebundenen Aufbaus vorherrschend und wird Nullspannungstemperatur genannt. Bei der Nullspannungstemperatur befindet sich die Platte in einem spannungsfreien Zustand [11].

Am Anfang der Hydratation ist die Nullspannungstemperatur noch veränderlich und steigt an. Nach dem Hydratationsvorgang verändert sich diese nur wenig. Bei Veränderung der Temperatur nach der Beendigung der Hydratation treten Dehnungen bzw. Spannungen auf. Wenn die Temperatur der Platte höher als die Nullspannungstemperatur ist, entstehen Druckspannungen und wenn diese niedriger als die Nullspannungstemperatur ist, sind Zugspannungen vorhanden (siehe Abbildung. 14) [1].



Abbildung 14: Wirkungsprinzip ab Nullspannungstemperatur [1]

3.5 Thermische Beanspruchungen

Bei den gebundenen Pflasterflächen sind nicht nur Beanspruchungen aus den Verkehrslasten, sondern auch thermische Beanspruchungen zu berücksichtigen. Diese Spannungen werden infolge Temperaturveränderung hervorgerufen, die aus Lufttemperatur oder Sonnenstrahlung resultieren. Bei dieser Bauweise ist die Fugenfüllung gebunden und wenig elastisch. Genau diese thermischen Spannungen verursachen einen großen Teil der Schäden bei der gebundenen Pflasterbauweise [1].

3.5.1 Wärmedehnung

Wenn zwei Stoffe mit unterschiedlichen Temperaturen in Verbindung gebracht werden, wird das Material mit der höheren Temperatur kälter und das Material mit der niedrigeren Temperatur wärmer. Bei der gebundenen Bauweise können Dehnungen der Pflastersteine aber kaum über die gebundene Fugenfüllung aufgenommen werden. Wenn diese Dehnungen behindert werden, entstehen daraus Spannungen, die zur Rissbildung führen könnten.

Im Folgenden werden einige Begriffe beschrieben, die in Zusammenhang mit der thermischen Dehnung von gebunden hergestellten Pflasterflächen von wesentlicher Bedeutung sind:

- **Wärmeübertragung**

Wenn zwei Stoffe mit unterschiedlichen Temperaturen vorhanden sind und diese Stoffe im thermischen Kontakt sind, dann kann man von einer Wärmeübertragung sprechen. Der Stoff mit der höheren Temperatur wird kälter und der mit der niedrigen Temperatur erwärmt sich. Der Temperaturaustausch dauert so lange, bis ein thermisches Gleichgewicht erreicht wird, [1].

Die Übertragung der Wärme lässt sich dabei in drei Arten unterteilen: Wärmeleitung, Konvektion und Sonnenstrahlung [1].

- **Wärmeleitung**

In den Bereichen mit höherer Temperatur, an denen die Moleküle mehr Energie besitzen, übertragen diese einen Teil davon auf benachbarte Moleküle mit geringerer Energie. Sofern die Wärmezufuhr an wärmeren Stellen und die Wärmeabgabe in kühleren Bereichen nicht aufrechterhalten wird durchgeführt, wird dadurch die für die Wärmeleitung verursachte Temperaturdifferenz reduziert [1].

- **Konvektion**

Bei diesem Prozess wird die Wärme mit Hilfe eines Fluides (Gas oder Wasser) übertragen [1].

- **Sonnenstrahlung**

Die Wärme wird ohne materielle Träger durch Wärmestrahlung übertragen. Die Strahlung, die auf die Oberfläche trifft, kann von dieser absorbiert, reflektiert oder durchgelassen werden [1].

3.5.2 Materialkennwerte

Die Baustoffkennwerte bei gebunden hergestellten Pflasterflächen sind von großer Bedeutung, weil bei dieser Methode mindestens drei Baustoffe vorhanden welche aufeinander abgestimmt werden sollen.

Folgende Baustoffkennwerte sind zu beachten:

- **Druckfestigkeit**

Die Druckfestigkeit wird nach Gleichung 5 bestimmt und in N/mm² angegeben:

$$f_c = \frac{F_{max}}{mm^2} \quad \text{Gl. 5.}$$

wobei F_{max} die Höchstlast ist.

Im Kapitel 3.6.2 ist die Prüfung eines Probekörpers nach EN 1015–11 beschrieben.

- **Haftzugfestigkeit**

Die Haftzugfestigkeit wird nach Gleichung 6 bestimmt und in N/mm² angegeben:

$$f_U = \frac{F_{max}}{mm^2} \quad \text{Gl. 6.}$$

wobei F_{max} die Bruchlast ist.

Bei der gebundenen Bauweise werden die Haftfestigkeit zwischen dem Bettungsmörtel und dem Pflasterstein und dem Fugenmaterial und dem Pflasterstein ermittelt. Die Gesteinsart ist für die Haftzugfestigkeit von großer Bedeutung [1].

Im Kapitel 3.6.1 ist die Prüfung eines erhärteten Putzmörtels nach EN 1015–12 beschrieben.

- **Biegezugfestigkeit**

Die Bestimmung der Biegezugfestigkeit eines Prüfkörpers erfolgt wie in EN 1015–11 beschrieben ist.

- **E-Modul**

Der Elastizitätsmodul ist ein Materialkennwert, der den Zusammenhang zwischen Spannung und Dehnung bei linear elastischem Verhalten beschreibt. Er wird nach dem Hookeschen Gesetz definiert.

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \quad \text{Gl. 7.}$$

wobei E - Elastizitätsmodul

σ – Spannung

ε – elastische Dehnung

Mit der Steigerung des E-Moduls nimmt die Spannung bei gleicher Dehnung proportional zu. Je größer die Steifigkeit eines Baustoffes ist, desto geringer ist die elastische Verformung bei gleicher Belastung [1].

- **Frost – Tausatzwiderstand**

Mindestens 6 Prüfkörper sind nach DIN EN 1015-11 herzustellen und den erwartenden Baustellenbedingungen zu entsprechen. Die Prüfkörper sind in zwei Serien unterteilt. An der

ersten Prüfkörperserie ist durch Bestimmung der Biegezugfestigkeit nach DIN EN 1015-11 vorzunehmen. Die zweite Hälfte der Prismen ist einem Frost-Tau-Wechsel-Versuch nach DIN EN 1367-1 mit 20 Frost-Tau-Wechseln zu unterziehen. Danach ist die Bestimmung der Druckfestigkeit an den zwei Prüfkörperserien nach DIN EN 1015-11 durchzuführen und deren Unterschied zu ermitteln [Arbeitspapier].

- **Thermischer Ausdehnungskoeffizient**

Der thermische Ausdehnungskoeffizient beschreibt das Verhalten eines Stoffes bezüglich der Veränderung seiner Abmessungen bei Temperaturveränderungen.

$$\alpha(t) = \frac{\Delta L}{L_0 \cdot \Delta T} \quad \text{Gl. 8.}$$

$\alpha(t)$ – linearer thermische Ausdehnungskoeffizient des Werkstoffes in K⁻¹

ΔL – Ausdehnung oder Schrumpfung bei Erwärmung oder Abkühlung in mm

L_0 – Länge bei Ausgangstemperatur in mm

ΔT – Temperaturbereich zwischen erster und zweiter Messung in °C

Die temperaturabhängigen Materialkennwerte charakterisieren die Eigenschaften des Stoffes, die bei der Übertragung von Wärme mitwirken.

Wärmeleitfähigkeit

Die Wärmeleitfähigkeit beschreibt den Transport von Wärmeenergie durch einen Körper. Die Wärmeleitfähigkeit λ hat die Einheit W/(m·K).

Der Wert der Wärmeleitfähigkeit unterscheidet sich bei Beton in Abhängigkeit von Porengehalt, Porenart, Gesteinskörnung und der Feuchte. Die Werte für die Wärmeleitfähigkeit liegen im folgenden Bereich:

- ✓ bei Beton: 1,15 W/(m·K) - 2,5 W/(m·K)
- ✓ 0,7 W/(m·K) bei Kalkstein bis 6,6 bei Quarz
- ✓ Durchschnittliche Wärmeleitfähigkeit bei Granit – 2,8 W/(m·K)

- **Spezifische Wärmekapazität**

Die spezifische Wärmekapazität c bezeichnet die Energiemenge, die benötigt wird, um 1 kg eines Stoffes um 1 K zu erwärmen.

$$c = \frac{J}{kg \cdot K} \quad \text{Gl. 9.}$$

- ✓ Normalbeton - 0,84 kJ/kg.K
- ✓ Granit – 0,75 kJ/kg.K

- **Wärmeübergangskoeffizient**

Der Wärmeübergangskoeffizient beschreibt die Fähigkeit eines flüssigen oder gasförmigen Körpers, Wärme von der Oberfläche eines Stoffes abzuführen. Der Wärmeübergangskoeffizient hängt von den geometrischen Verhältnissen, der Strömungsgeschwindigkeit, der Art des umgebenden Fluids und der Oberflächenbeschaffenheit ab. Die folgende Formel zeigt den Zusammenhang des Wärmeübergangskoeffizienten [1].

$$Q = \alpha \cdot A \cdot t \cdot \Delta T$$

Gl. 10.

Q - Wärmemenge

α - Wärmeübergangskoeffizient

A - Größe der Übergangsfläche

t - Zeit, Dauer des Wärmeübergangs

ΔT - Temperaturdifferenz zwischen Oberfläche und Medium

3.6 Prüfungen

Die Prüfungen unterscheiden sich nach Eignungsprüfungen, Eigenüberwachungsprüfungen und Kontrollprüfungen. Bei der Eignungsprüfung übernimmt der Auftragnehmer die Durchführung und die Kontrollprüfungen werden vom Auftraggeber durchgeführt. Dabei muss festgestellt werden, ob die Eigenschaften der Bauprodukte und der fertigen Leistung den vertraglichen Anforderungen entsprechen [ZTV Pflaster-StB].

Das Verfahren zur Entnahme einer Probe von Frischmörtel bzw. die Herstellung von Prüfmörtel aus trockenen Ausgangsstoffen und Wasser ist nach DIN EN 1015-2 durchzuführen.

3.6.1 Haftzugfestigkeit – Laborprüfung

Die Bestimmung der Haftzugfestigkeit ist nach der europäischen Norm 1015-12 durchzuführen.

Das Verfahren legt die Haftfestigkeit zwischen Putzmörteln und einem Untergrund fest. Für die Bestimmung der Haftzugfestigkeit wird die maximale Zugspannung herangezogen.

Die **Prüfeinrichtungen**, die bei der Durchführung zum Einsatz kommen, werden in weiterer Folge beschrieben:

- **Kegelstumpfförmige Ringe**, die aus rostfreiem Stahl oder Messing bestehen, (siehe Abbildung 15). Der Innendurchmesser muss $(50 \pm 0,1)$ mm betragen und eine Höhe von $(25 \pm 0,5)$ mm haben. Die Mindestwanddicke am oberen Rand muss 5,00 mm und der Außendurchmesser der Grundfläche $(51 \pm 0,1)$ mm betragen.

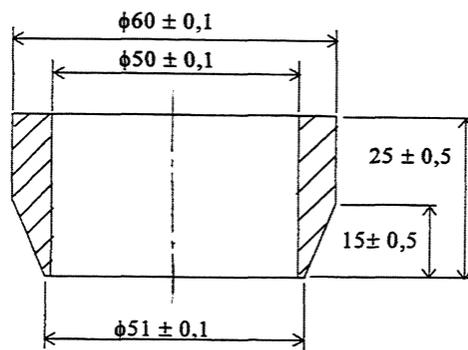


Abbildung 15: Scharfkantiger, kegelstumpfförmiger Ring (EN 1015-12)

- **Kreisförmige Zugplatten** aus rostfreiem Stahl, mit einem Durchmesser von $(50 \pm 0,1)$ mm und einer Mindestdicke von 10 mm, mit einem mittigen Anschluss für einen biegemomentfreien Einbau in die Zugbelastungseinrichtung (EN 1015-12).
- **Kleber** aus Harzbasis, z.B. Epoxidharz oder Methylmethacrylatharz.
- **Kernbohrgerät**, das für das Ausbohren von Bohrkernen aus Festmörtel und Untergrund geeignet ist. Der Nenn-Durchmesser muss 50 mm betragen.
- **Prüfmaschine** mit biegemomentfreiem Anschluss für die Zugplatten und einer entsprechenden Empfindlichkeit. Die Prüfmaschine muss auch die Anforderungen in der Tabelle 33 erfüllen.

Tabelle 33: Anforderungen an Prüfmaschinen (EN 1015-11).

höchstzulässige relative Spannweite	höchstzulässige relative Anzeigeabweichung	höchstzulässige relative Nullpunktabweichung
%	%	%
2,0	$\pm 2,0$	$\pm 0,4$

- **Lageraum** mit einer Temperatur von $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ und einer relativen Luftfeuchte von $(65 \pm 5)\%$.

Probenahme und Probenvorbereitung

Bei der Vorbereitung der Prüfung muss die Frischmörtelmenge ein Mindestvolumen von 1,5 l oder mindestens das 1,5fache der zur Durchführung der Prüfung benötigten Menge aufweisen, wobei der größere Wert maßgebend ist. Für die Prüfung sind zwei Prüfproben herzustellen.

Die Mischzeit fängt an, wenn alle Bestandteile zu dem Mischer hinzugefügt sind. Frühestens 10 min nach Mischende darf die Prüfung durchgeführt werden. Wenn es nicht anders von

dem Hersteller vorgegeben ist, dann muss die Prüfung innerhalb von 30min nach Mischende erfolgen.

Herstellung und Lagerung der Prüfkörper

Wenn kein bestimmtes Plattenformat vorgeschrieben ist, sind rechteckige Betonplatten mit Mindestabmessungen 550mm x 150mm und einer Dicke von 50mm als Untergrund zu verwenden. Der W/Z-Wert muss 0,55 aufweisen und das Größtkorn des Betonmischgutes muss ein Drittel der Dicke der Betonplatte betragen. Die Oberfläche der Platte ist mit einem Reibebrett zu glätten und ist innerhalb von 6 h bis 24 h ohne Druckanwendung abzubürsten.

Beim Auftragen des Mörtels müssen die Betonplatten ein Prüfalfer von mindestens 28 Tagen aufweisen.

Beim Auftragen des Mörtels muss die Gesamtdicke der Mörtelschicht (10 ± 1)mm betragen, sofern es von dem Hersteller nicht anders festgelegt ist. Aus der Mörtelschicht sind 5 Prüfkörper mit einem Durchmesser von 50mm herauszuschneiden.

Nach ausreichender Erhärtung des Mörtels sind die Prüfkörper für 7 Tage bei einer Temperatur von (20 ± 2)°C in einem luftdichten Polyethylenbeutel zu lagern. Für weitere 21 Tage sind die Prüfkörper von dem Beutel zu entnehmen und im Lagerraum bei der gleichen Temperatur und einer Luftfeuchte von (65 ± 5) % zu lagern (EN 1015-12).

Durchführung der Prüfung

Bei der Durchführung der Prüfung werden die Zugplatten mit dem Kleber so auf die Prüfflächen aufgeklebt, dass sich kein Kleber außerhalb des Randes der Prüfflächen befindet. Die Zugbelastung wird rechtwinklig zu der Zugplatten in einer gleichmäßigen Geschwindigkeit zwischen $0,003\text{N}/(\text{mm}^2 \cdot \text{s})$ und $0,100\text{N}/(\text{mm}^2 \cdot \text{s})$ aufgebracht, so dass der Bruch nach einer Prüfdauer zwischen 20s und 60s eintritt, (Tabelle 34). Prüfungen, bei denen Versagen in der Kleberschicht zwischen Zugplatte und Mörtel ist, werden ausgeschieben (EN 1015-12).

Tabelle 34: Belastungsgeschwindigkeit (EN 1015-12)

Zu erwartende Haftfestigkeit N/mm^2	Belastungsgeschwindigkeit $\text{N}/\text{mm}^2 \times \text{s}$
< 0,2	0,003 bis 0,010
0,2 bis < 0,5	0,011 bis 0,025
0,5 bis 1,0	0,026 bis 0,050
> 1,0	0,050 bis 0,100

Darstellung der Ergebnisse

Die Einzelwerte der Haftzugfestigkeit sind nach Gleichung 11 zu berechnen und auf $0,05\text{N/mm}^2$ zu runden:

$$f_u = \frac{F_u}{A}$$

Gl. 11.

Aus den Einzelwerten der Haftzugfestigkeit für die 5 Prüfkörper wird der Mittelwert der Haftzugfestigkeit gebildet und dieser Mittelwert ist auf $0,1\text{N/mm}^2$ zu runden.

Folgende Abbildungen zeigen die möglichen Bruchbilder nach der durchgeführten Prüfung. Wenn der Bruch nicht in der Berührungsfläche zwischen Mörtel und Untergrund eintritt, sind die Ergebnisse als untere Grenzwerte zu betrachten (siehe Abbildung 16 und 17). Diese Werte sind bei der Berechnung des Mittelwertes der Haftfestigkeit zu berücksichtigen.

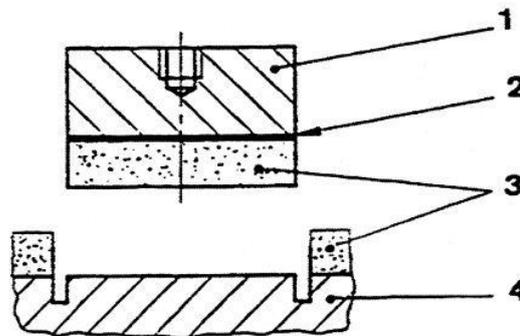


Abbildung 16: Bruchbild – Adhäsionsbruch – Bruch in der Berührungsfläche zwischen Mörtel und Untergrund. Der Prüfwert ist gleich der Haftfestigkeit (EN 1015-12)

- 1 – Zugplatte
- 2 – Kleberschicht
- 3 – Mörtel
- 4 – Untergrund

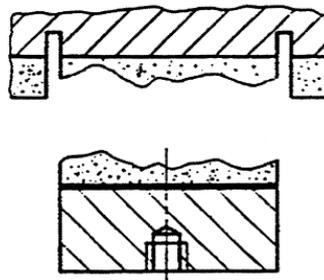


Abbildung 17: Bruchbild – Kohäsionsbruch – Bruch im Mörtel selbst. Die Haftfestigkeit ist größer als der Prüfwert (EN 1015-12)

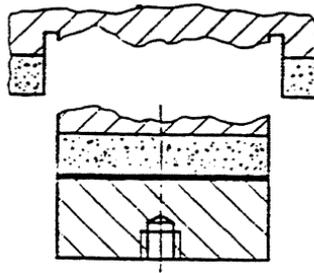


Abbildung 18: Bruchbild – Kohäsionsbruch – Bruch im Untergrund. Die Haftfestigkeit ist größer als der Prüfwert (EN 1015-12)

3.6.2 Biegezugfestigkeit – Laborprüfung

Die Bestimmung der Biegezugfestigkeit ist nach der europäischen Norm 1015-11 durchzuführen.

Zur Bestimmung ist eine Prüfmaschine notwendig, wo die Last stoßfrei mit einer gleichmäßigen Geschwindigkeit im Bereich von 10N/s bis 50N/s, sodass der Bruch innerhalb von 30s bis 90s eintritt, aufzubringen ist. Die Anforderungen in Tabelle 26 müssen erfüllt werden. Die Prüfmaschine ist mit zwei Auflagerrollen aus Stahl mit einer Länge zwischen 45mm und 50mm und einem Durchmesser von $(10 \pm 0,5)$ mm im Abstand von $(100,0 \pm 0,05)$ mm sowie mit einer dritten, mittig zwischen den Auflagerrollen angeordnete Stahlrolle gleicher Länge und gleichen Durchmessers auszustatten (siehe Abbildung 19).

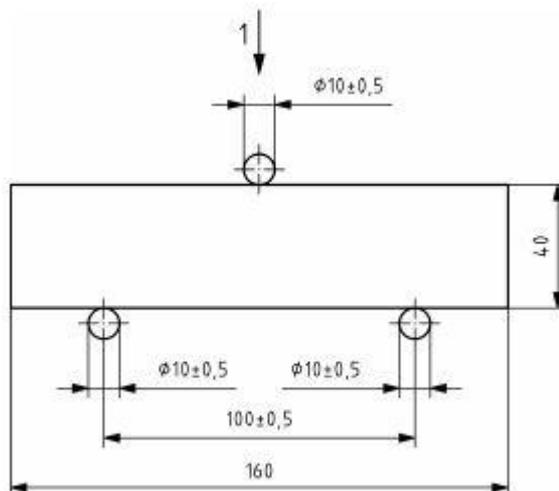


Abbildung 19: Prüfung der Biegezugfestigkeit (EN 1015-12)

Durchführung der Prüfung

Der Prüfkörper muss 28 Tage (wenn nicht anders festgelegt) nach dem Einschalen, sowie unmittelbar nach der Entnahme aus dem Lagerungsklima. Die Berührungsflächen der rolle und die Seiten des Prüfkörpers müssen mit einem sauberen Tuch abwischen. Der Prüfkörper ist mit einer der ausgeschalteten Seiten auf die Auflagerrollen zu legen.

Nach der Prüfung ist der zerbrochene Prüfkörper wieder in die Lagerungskammer zu legen und bis zur Durchführung der Druckfestigkeitsprüfung aufzubewahren.

Berechnung und Darstellung der Ergebnisse

Die Biegezugfestigkeit f ist nach der folgenden Gleichung in N/mm²

$$f = 1,5 \cdot \frac{F \cdot l}{b \cdot d^2} \quad \text{Gl.12}$$

Wobei b die Breite des Prüfkörpers und d die Höhe des Prüfkörpers sind.

Für jeden Prüfkörper ist die Biegezugfestigkeit auf 0,05N/mm² gerundet anzugeben. Die Berechnung der Mittelwert ist auf 0,1N/mm² zu runden.

Für die Darstellung der Ergebnisse sind das Prüfalter der Prüfkörper und das Alter beim Ausschalen anzugeben.

3.6.3 Druckfestigkeit – Laborprüfung

Die Bestimmung der Druckfestigkeit ist nach der europäischen Norm 1015-11 durchzuführen. Zur Bestimmung sind folgende Prüfeinrichtungen notwendig:

- eine Prüfmaschine, wo die Last stoßfrei aufzubringen ist und die Belastungsgeschwindigkeit kontinuierlich zu steigern ist, bis der Bruch eintritt. Jede Schrägstellung der Platten ist während der Belastung zu verhindern. Die Anforderungen in Tabelle 15 müssen erfüllt werden.
- zwei Lasteintragungsplatten aus Wolframkarbid oder Stahl, die 40mm lang, (40±0,1)mm breit und 10mm dick sein müssen. Die Oberfläche muss die entsprechende Härte nach EN ISO 6507-1 aufweisen.
- Druck-Einstellvorrichtung zur Erleichterung der Einstellung der Lasteintragungsplatten. Die Flächen der Grundplatte müssen eine Ebenheitstoleranz von 0,01mm aufweisen. Die Platte muss aus gehärtetem und angelassenem Werkzeugstahl bestehen. Auf der unteren Druckplatte ist ein Mechanismus zur Zwangszentrierung vorzusehen. Die Ständer aus Silberstahl sind symmetrisch um die Zentriervorrichtung anzuordnen.

Durchführung der Prüfung

Der Prüfkörper muss 28 Tage (wenn nicht anders festgelegt) nach dem Einschalen, sowie unmittelbar nach der Entnahme aus dem Lagerungsklima oder nach der Biegezugfestigkeitsprüfung geprüft werden. Loses Material ist von den Seitenflächen des Prüfkörpers zu entfernen. Bevor der Prüfkörper in die Prüfmaschine eingesetzt wird, müssen die Lastflächen, die Lasteintragungsplatten und die Einstellvorrichtung mit einem Tuch abgewischt werden. Beim Einsetzen des Prüfkörpers muss die Last auf eine der ausgeschalten (in Kontakt mit dem Stahl der Form erhärteten) Seiten aufgebracht werden. Prüfkörper, die keinen

festen, würfelförmigen Körper bilden, sind nicht für die Prüfung zu verwenden. Bei der Positionierung des Prüfkörpers muss die Last über die ganze Breite der mit den Druckplatten im Kontakt stehenden Flächen aufgebracht werden. Wenn eine Lasteintragungsplatte und eine Druck-Einstellvorrichtung verwendet werden, ist eine Lasteintragungsplatte mit ihrer Längsachse parallel zum Pfeil auf die Oberseite der Einstellvorrichtung zu legen. Die Längsachse der Prüfkörper muss rechtwinklig zu dem Pfeil orientiert werden. Die obere Lasteintragungsplatte muss auf die Oberfläche des Prüfkörpers parallel zu der unteren Lasteintragungsplatte gelegt werden. Auf der unteren Druckplatte ist die zusammengesetzte Druck-Einstellvorrichtung zu zentrieren.

Berechnung und Darstellung der Ergebnisse

Die Berechnung der Festigkeit ist durch die Höchstlast, die von dem Prüfkörper aufgenommen und durch belastete Fläche des Prüfkörpers geteilt wird, zu ermitteln.

Die erhaltenen Werte für die Festigkeit müssen auf $0,05\text{N/mm}^2$ gerundet werden. Die Berechnung der Mittelwert ist auf $0,1\text{N/mm}^2$ zu runden.

Für die Darstellung der Ergebnisse sind das Prüfalter der Prüfkörper und das Alter beim Ausschalen anzugeben.

3.1 Wartung und Erhaltung

3.1.1 Charakteristische Schadensbilder und Ursachen

- ***Mörtel vom Pflasterstein abgerissen (Trennriss)***





Abbildung 20: Schadensbilder: Fugenmörtel vom Pflasterstein abgerissen

Wenn der Haftverbund zwischen Pflasterstein und Mörtel geringer als die Zugfestigkeit des Fugenmörtels oder der Pflastersteine ist, reißt der Fugenmörtel vom Pflasterstein ab. Die Risse können über die gesamte Höhe gehen oder nur eine geringe Tiefe entwickeln (siehe Abbildung 20) [1].

➤ ***Ursachen***

Eine hohe Zugspannung kann infolge von Schrumpfungsprozessen in der Verkehrsflächenbefestigung entstehen. Andererseits kann die Haftzugfestigkeit bei verschmutzten Flanken, nicht ausreichend vorgehärtete Pflastersteinen oder fehlender Nachbehandlungsmaßnahmen verringert werden [1].

- ***Fugenmörtel ist in sich gerissen***

Wenn die Haftzugfestigkeit zwischen Mörtel und Pflasterstein größer als die Zugfestigkeit des verwendeten Fugenmörtels ist, reißt der Fugenmörtel (siehe Abbildung 21 und 22). Die Risse können die gesamte Belagsplatte durchtrennen oder nur oberflächennah verlaufen [1].



Abbildung 21: Schadensbilder: Fugenmörtel in sich gerissen

➤ **Ursachen**

Die Ursachen können Zugspannungen oder Setzungsprozessen in der Belagsplatte oder thermische Spannungen sein [1].

- **„Wilder Riss“**

Riss verläuft „wild“ durch die Belagsplatte, sowohl durch Pflasterstein als auch Fugenmörtel.



Abbildung 22: Schadensbilder: Rissverlauf in Stein und Fuge (Betonpflaster) [17]

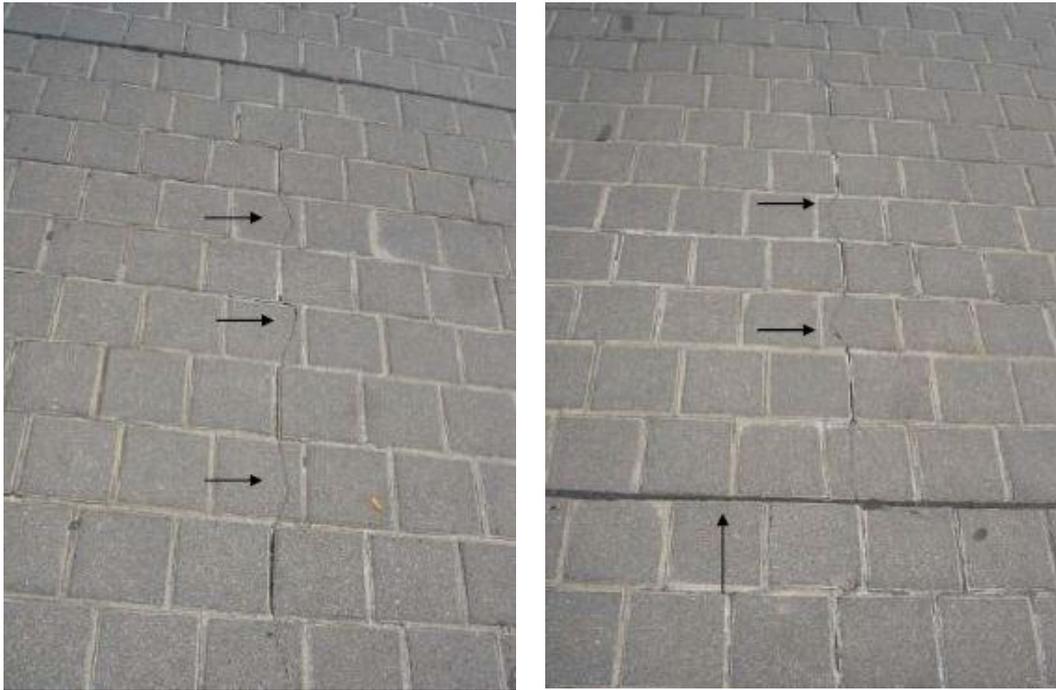


Abbildung 23: Schadensbilder: Rissverlauf in Stein und Fuge (Betonpflaster) [18]

➤ ***Ursachen***

Besonders hohe Spannungen können für solche Schadensbilder bei großen Steindicken die Ursache sein. Sonneneinstrahlung oder sehr kalte Temperaturen führen zu ständigen Längenänderungen in der Fläche. Auch Setzungen im Untergrund oder wechselnde Baugrundeigenschaften können diese Risse verursachen.

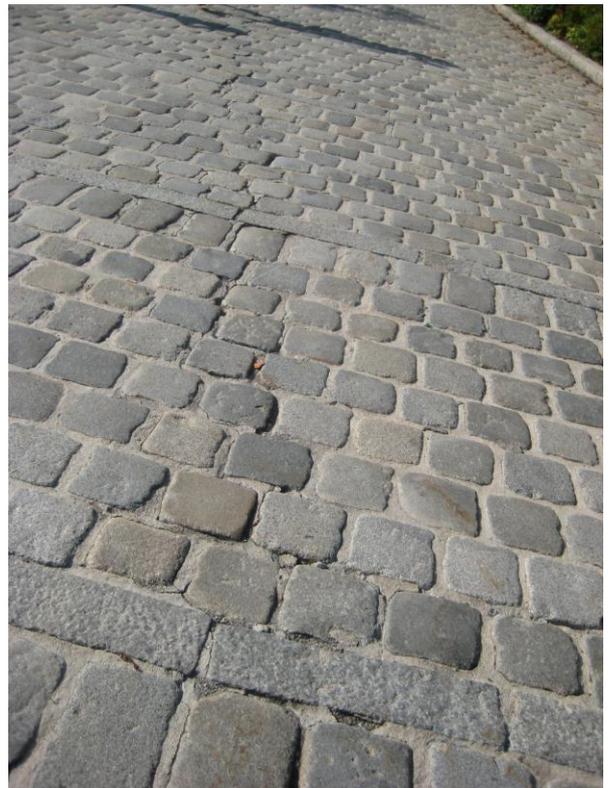
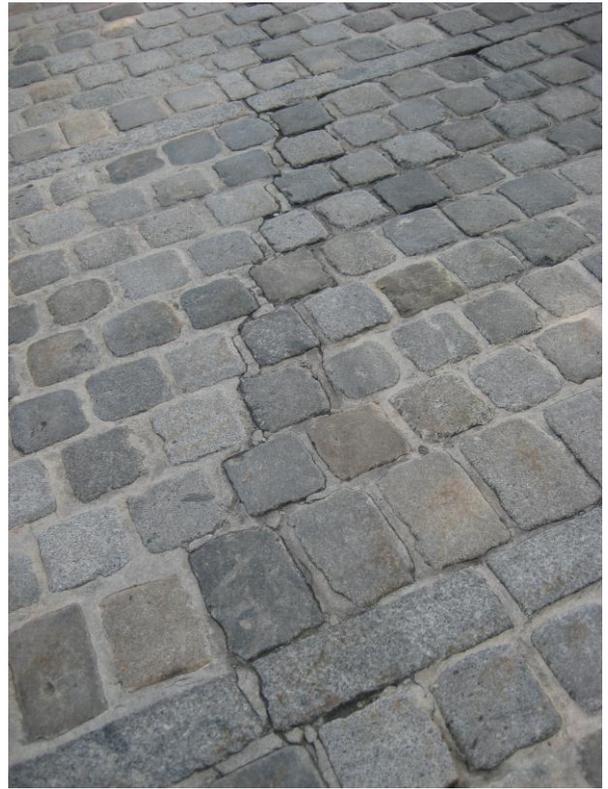


Abbildung 24: Schadensbilder: Rissverlauf (Naturpflaster)

- **Schwindrisse**

Schwindrisse sind feine Haarrisse, die nur eine geringe Tiefe aufweisen und quer zum Fugenverlauf verlaufen.



Abbildung 25: Schadensbilder: Haarrisse [18]

➤ **Ursachen**

Durch das Schwinden (das Verkleinern des Volumens) kommt es zu veränderten Spannungsverhältnissen im Material bzw. im Mörtelgefüge. Schwindprozesse entstehen während des Abbindungsprozesses. Fehlende Nachbehandlungsmaßnahmen zusammen mit einer geringen Anfangsfestigkeit bei warmen, windigen Wetterbedingungen verursachen die Rissbildung.

- **Vollständig zerstörter Fugenmörtel**

Bei stark beanspruchten Pflasterflächen ist vollständig zerstörter Fugenmörtel oft zu sehen.

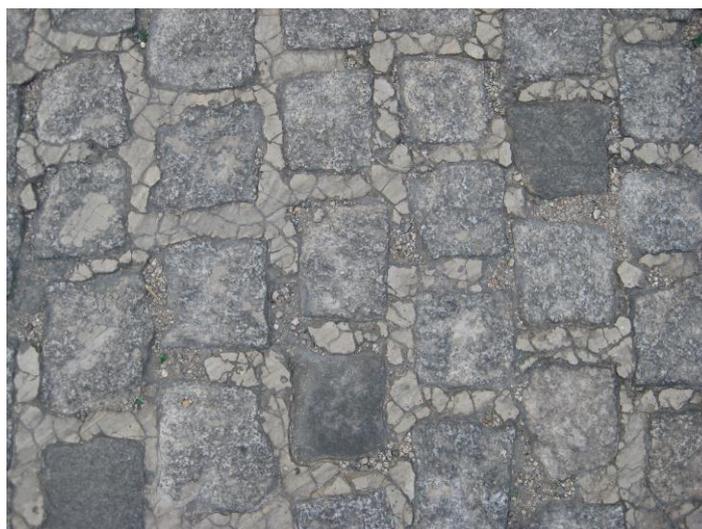


Abbildung 26: Geschädigte Pflastersteine oder Pflasterplatte

➤ **Ursachen**

Die Ursachen können verschieden sein: nicht ausreichende Festigkeiten des Fugen- oder Bettungsmörtels, geringe Haftverbund zum Fugenmörtel und zur Bettung.

- **Geschädigte Pflastersteine oder Pflasterplatte**

Bei diesem Schadensbild sind zuerst Abplatzungen von den Pflastersteinen oder Pflasterplatten zu beobachten und später entwickeln sich starke Beschädigungen an der Belagsoberfläche. Der Fugenmörtel bleibt teilweise unbeschädigt in den Fugen.



Abbildung 27: Geschädigte Pflastersteine oder Pflasterplatten

➤ **Ursachen**

Wenn die Festigkeiten des Fugenmörtels im Vergleich zum Pflasterstein zu hoch ist.

3.1.2 Maßnahmen

Damit die Schäden noch frühzeitig erkannt werden können, sollte eine jährliche Sichtprüfung durchgeführt werden.

Wenn schadhafte Mörtelfugen vorhanden sind, sollten diese möglichst umgehend repariert werden. Die Fugen sind mindestens 5 cm tief aufzuschneiden und mit Fugenmörtel neu zu verfüllen. Zerstörte Pflastersteine und Platten sollten auch umgehend ausgetauscht werden [FGSV Arbeitspapier].

Wie schon im Kapitel 3.4.5. erwähnt, sind Dehnungsfugen nach der Schweizer Norm in Flächen mit Beanspruchungen durch Verkehr nicht empfehlenswert. In diesen Fällen ist die Herstellung von Bewegungsfugen durch nachträgliches Einschneiden auszuführen (siehe Abbildung 28, 29, 30 und 31) [17].

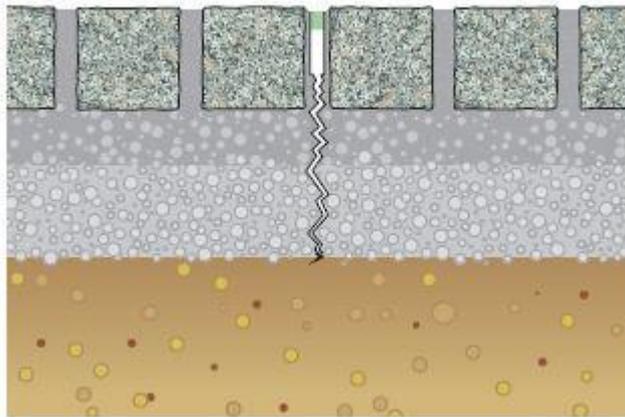


Abbildung 28: Bewegungsfugen – Scheinfugen/ Sollbruchstellen [17]



Abbildung 29: Einschneiden der Bewegungsfugen – einige Tage nach dem Verlege- und Verfugungsprozess [17]



Abbildung 30: Mittels Flex geöffnete Bewegungsfuge im Straßenbelag (max. die obersten 30 mm des Fugenmörtels entfernen) [17]



Abbildung 31: Verfüllen des Einschnitts mit einem elastischen Dichtstoff [17]

4. MARKTANALYSE MÖRTELPRODUKTE UND HERSTELLERHINWEISE

In diesem Kapitel werden die Empfehlungen der Hersteller für die Ausführung einer gebundenen Pflasterbefestigung zusammengestellt. In diesem Zusammenhang werden die Trockenfertigprodukte und ihre technische Kennwerte, die bei einer gebundenen Ausführung zu verwenden sind, sowie die Verarbeitungsrichtlinien verschiedener Baufirmen (ROST SYSTEMBAUSTOFFE - RSB, Vergusit, Sopro und Juralith) betrachtet.

➤ Vorteile der Trockenfertigprodukte

- ✓ *Immer frisches, optimal gemischtes Material*
- ✓ *Gleichbleibende, garantierte Materialqualität*
- ✓ *Keine Wartezeiten auf Materiallieferung*
- ✓ *Keine Entsorgung von unbrauchbarem oder überschüssigem Material*

4.1 ROST SYSTEMBAUSTOFFE – RSB

Folgende Mörtelprodukte werden von ROST SYSTEMBAUSTOFFE hergestellt: Drainfeinbeton-5S, BM-Additiv, Kontaktschlämme KS, Haftbrücke HB-EP, PFM System Pflasterfugenmörtel sowie PFM-SV Pflasterfugenmörtel.

4.1.1 RSB Drainfeinbeton – RSB DFB-5S

RSB DFB-5S ist ein zementgebundener Werk-Trockenmörtel mit Spezialsieblinie und ist als Sackware und als Siloware mit entsprechender Mischtechnik lieferbar [1'] <http://www.rost-systembaustoffe.de>.

RSB DFB-5S ist stets im frischen Zustand zu verarbeiten. Der hergestellte Bettungsmörtel hat eine Verarbeitungszeit von 60 Minuten. Material, welches in 60 Minuten nicht verarbeitet oder durch nachträgliche Wasserzugabe verändert wurde, darf nicht mehr verwendet werden [1'] <http://www.rost-systembaustoffe.de>.

Im Falle, dass der Bettungsmörtel zwischengelagert wird, sollte er immer mit Folie vor Niederschlag oder Austrocknung abgedeckt und geschützt werden [1'] <http://www.rost-systembaustoffe.de>.

Technische Daten

- ✓ Verarbeitungstemperatur: min. +5°C, max. +35°C
- ✓ Verbrauch: pro m² und cm Bettung ca. 20kg RSB DFB-5S
- ✓ Rohdichte: >1950kg/m³
- ✓ Wasserdurchlässigkeitsbeiwert: $k_f \geq 1,42 \times 10^{-4} \text{ m/s}$
- ✓ Druckfestigkeit: Prüfkörper Würfel 150mm
 - nach 24 Stunden: 8N/mm²

- nach 3 Tagen: 12N/mm²
- nach 7 Tagen: 19N/mm²
- Nach 28 Tagen: 32N/mm²
- ✓ Druckfestigkeit: Prüfkörper Prisma 40x40x160mm
 - nach 24 Stunden: 9N/mm²
 - nach 3 Tagen: 13N/mm²
 - nach 7 Tagen: 22N/mm²
 - Nach 28 Tagen: 40N/mm²

Mischanweisung Sackware

- ✓ Nur komplette Gebinde anmischen
- ✓ Wasserzugabe: 3,6 bis 3,8 Liter pro 40kg Sack
- ✓ Geeigneter Mischer: Freifallmischer, Rührwerk, Zwangsmischer
- ✓ Mischzeit: 2-3 Minuten
- ✓ Durchlaufmischzeit für Sackware bis 6mm Körnung

Mischanweisung Sackware

An der Silomischstation wird die Wasserzugabe eingestellt.

Verlegung Natursteinpflaster

- ✓ *Bettungsmaterial lose in einer Stärke von 6-8 cm ausbringen*
- ✓ *Pflaster hammerfest schnell und höhenwertig setzen*
- ✓ *Der Stein zu 1/4 bis zu 1/3 in die Bettung einbinden*
- ✓ *Abrütteln der Pflasterfläche ist nicht zulässig*

Verlegung Plattenbeläge, gesägte Pflastersteine, Beton- und Klinkerpflaster

- ✓ *Wegen der glatten Kontaktflächen ist eine Haftbrücke zu verwenden (RSB Kontaktschlämme ist zu empfehlen)*
- ✓ *Bettungsmaterial höhenwertig aufbringen, abziehen und leicht verdichten*
- ✓ *Pflaster-/ Plattenbelag auflegen und anschlagen*
- ✓ *Abrütteln der Pflasterfläche ist nicht zulässig*

Nachbehandlung des Bettungsmörtels

- ✓ *Nach der Verlegung wird die Pflaster- / Plattenfläche mit einem feinen Sprühstrahl gereinigt, wobei mit möglichst wenig Wasser gearbeitet werden soll*
- ✓ *Die fertige Fläche ist mit Folie bis zur Verfugung abzudecken*
- ✓ *Verfugung mit PSM PFM darf frühestens nach 24 Stunden aufgeführt werden. Der Bettungsmörtel muss abgebunden sein.*

4.1.2 RSB BM-ADDITIV

RSB BM-ADDITIV ist ein zementgebundener, kunststoffvergütteter Bettungsmörtel zur Verlegung von Natursteinpflaster und Plattenbelägen.

Das Produkt verbessert die Haftung und das Wasserrückhaltevermögen des Frischmörtels und erhöht die Biegezug- und Druckfestigkeit sowie den Frost- und Frost-Tausatz-Widerstand des Bettungsmörtels [1'] <http://www.rost-systembaustoffe.de>.

Technische Daten

- ✓ Aussehen: Weiße, milchige Flüssigkeit, transparent, auf trocknend
- ✓ Verarbeitungstemperatur: min. +5°C, max. +30°C
- ✓ Spezifisches Gewicht: ca. 1kg/l
- ✓ Mischzeit: ca. 5 Minuten

Wasserdurchlässiger Bettungsmörtel - Muster-Rezeptur (ca. Angaben)

- Splitt 2-5mm: 800kg/t; 1600kg/m³
- CEM I 32,5: 200kg/t; 400kg/m³
- BM-Additiv: 10kg/t; 20kg/m³

- ✓ Druckfestigkeit nach DIN 196 T1:
 - nach 3 Tagen: 10N/mm²
 - nach 7 Tagen: 19N/mm²
 - Nach 28 Tagen: 30N/mm²
- ✓ Biegezugfestigkeit nach DIN 196 T1:
 - nach 3 Tagen: 2,5N/mm²
 - nach 7 Tagen: 3,5N/mm²
 - Nach 28 Tagen: 5N/mm²

Wasserundurchlässiger Bettungsmörtel - Muster-Rezeptur (ca. Angaben)

- Sand 0-2: 700kg/t; 1400kg/m³
- CEM I 32,5: 300kg/t; 600kg/m³
- BM-Additiv: 10kg/t; 20kg/m³

- ✓ Druckfestigkeit nach DIN 196 T1:
 - nach 3 Tagen: 12N/mm²
 - nach 7 Tagen: 28N/mm²
 - Nach 28 Tagen: 37N/mm²
- ✓ Biegezugfestigkeit nach DIN 196 T1:
 - nach 3 Tagen: 3N/mm²
 - nach 7 Tagen: 4,5N/mm²
 - Nach 28 Tagen: 5N/mm²

In Falle, dass die Konsistenz des Mörtels zu steif ist, kann diese durch die Zugabe von Wasser in geringeren Mengen (max. 20l/m³) verbessert werden. Zusatzmittel zur Verlängerung der Verarbeitungszeit können auch eingesetzt werden.

BM-Additiv kann im Mörtelwerk sowie auch auf der Baustelle direkt bei der Herstellung des Bettungsmörtels in einem Baustellmischer zugegeben werden.

Nachbehandlung des Bettungsmörtels

- ✓ *Bettungsmörtel soll vor, während und nach der Verarbeitung gegen Niederschlägen oder Austrocknung abgedeckt werden.*
- ✓ *In Falle, dass die Verarbeitungszeit von ca. 60 Minuten überschritten wird und in diesem Zeitraum kein Abbindeverzögerers zugegeben wurde, darf der Bettungsmörtel nicht mehr verwendet werden.*

4.1.3 RSB Kontaktschlämme KS

PSB Kontaktschlämme KS ist zementgebunden und kunststoffverfügtet und ist bei der Verlegung von Plattenbelägen oder glattem Naturstein zur Haftverbesserung auf die Unterseite des Steines dünn aufzutragen. Die Verlegung erfolgt frisch in frisch auf dem noch nicht abgebundenen Bettungsmörtel.

Technische Daten

- ✓ Verbrauch: bei 1mm Schichtstärke 2,0kg/m²
- ✓ Verarbeitungstemperatur: min. +5°C max. +35°C
- ✓ Lagerung: ca. 12 Monate in geschlossenen Gebinde, trocken lagern
- ✓ Wasserzugabe: ca. 20%, ca. 5l/ 25kg Sack, (Wasser in sauberem Gefäß vorgeben)

Nach Anmischen der Kontaktschlämme, ist dieser mit Zahnspatel oder Bürste dünn auf die Kontaktflächen aufzutragen oder der Pflasterstein bzw. Platte in eine Wanne mit ca. 1-2cm Kontaktschlämme einzutauchen.

Bei der Verlegung sind die Pflastersteine bzw. Platten anschließend hammerfest auf frischen Bettungsmörtel zu versetzen.

Nachbehandlung des Bettungsmörtels

- ✓ Mindestens 12 Stunden nach der Verlegung darf die Fläche nicht begangen werden
- ✓ Bei schlechter Witterung soll die Fläche mit Folie abgedeckt werden
- ✓ Nach 12-14 Stunden (in Abhängigkeit von Materialeigenschaften und Temperatur kann die Fläche verfügt werden.

4.1.4 RSB Haftbrücke HB-EP

Die Epoxidharz-Haftbrücke ist bei der Verlegung von Natursteinbelägen, Natursteinpflaster und Natursteinplatten auf die Unterseite des Steines dünn aufzutragen. Pflaster muss an den Kontaktflächen sauber sein. Die Verlegung erfolgt frisch in frisch auf dem noch nicht abgebundenen Bettungsmörtel.

Technische Daten

- ✓ Verbrauch: ca. 0,2 bis 0,4kg/m²
- ✓ Verarbeitungstemperatur: min. +5°C max. +35°C
- ✓ Lagerung: ca. 6 Monate im geschlossenen Gebinde
- ✓ Feuchtigkeitsverträglich
- ✓ Lösemittelfrei
- ✓ Sehr gute Haftung, hohe Kapillaraktivität
- ✓ Hohe Widerstand gegen Frost-Tausalz
- ✓ Mischzeit: 2 Minuten
- ✓ Komponente A + B gebrauchsfertig verpackt

Komponente A muss vollständig in Komponente B entleert werden und dann die beiden Komponenten vermischen. Die Mischung muss mit Pinsel oder Schaumstoffrolle dünn auf die Kontaktfläche aufgetragen werden.

Bei der Verlegung sind die Pflastersteine bzw. Platten anschließend hammerfest auf frischen Bettungsmörtel zu versetzen.

Nachbehandlung des Bettungsmörtels

- ✓ *Mindestens 12 Stunden nach der Verlegung darf die Fläche nicht begangen werden*
- ✓ *Bei schlechter Witterung soll die Fläche mit Folie abgedeckt werden*
- ✓ *Nach 12-14 Stunden (in Abhängigkeit von Materialeigenschaften und Temperatur kann die Fläche verfugt werden.*

4.1.5 RSB PFM System

Pflasterfugenmörtel von RSB ist dauerhaft, zementgebunden und wasserundurchlässig. Diese Verfüzung ist für Naturstein-, Beton-, Klinkerpflaster und Plattenbeläge zu verwenden.

Aufgrund der fließfähigen Konsistenz ist der Mörtel auch für geringe Fugenbreite und unterwinklige Fugen geeignet.

Technische Daten

- ✓ Verbrauch: pro Liter Fugenraum - ca. 2,0kg Trockenmörtel; Richtwerte: (Fugentiefe 30mm)
 - Mosaikpflaster: ca. 12-15kg/m²
 - Kleinpflaster: ca. 10-12kg/m²

- Großpflaster: ca. 12-16kg/m²
- ✓ Verarbeitungstemperatur: min. +5°C, max. +5°C
- ✓ Mischzeit: ca. 5 Minuten
- ✓ Lagerung: 12 Monate lagerfähig
- ✓ Verarbeitungszeit: min. 60 Minuten
- ✓ Pflasterverfugung:
 - PFM 25-05: Sieblinie: 0-0,5mm; Fugenbreite: ab 2mm
 - PFM 25-1: Sieblinie: 0-1mm; Fugenbreite: ab 4mm
 - PFM 25-2: Sieblinie: 0-2mm; Fugenbreite: ab 8mm
- ✓ Freigabe:
 - Fußgänger: nach 24 Std.
 - Pkw-Verkehr: nach 3 Tagen
 - Lkw-Verkehr: nach 7 Tagen
- ✓ Druckfestigkeit:
 - Nach 24 Std.: 10N/mm²
 - nach 3 Tagen: 33N/mm²
 - nach 7 Tagen: 42N/mm²
 - Nach 28 Tagen: 52N/mm²
- ✓ Biegezugfestigkeit:
 - Nach 24 Std.: 2,8 N/mm²
 - nach 3 Tagen: 5,0 N/mm²
 - nach 7 Tagen: 6,4 N/mm²
 - Nach 28 Tagen: 6,8 N/mm²
- ✓ Rohdichte:
 - >2,20 kg/dm³

4.1.6 RSB PFM-HF Pflasterfugenmörtel

Technische Daten

- ✓ Verarbeitungstemperatur: bei niedrigen Temperaturen (keine konkretere Daten in <http://www.rost-systembaustoffe.de>)
- ✓ Verarbeitungszeit: min. 30 Minuten
- ✓ Pflasterverfugung:
 - PFM 25-1 HF: Sieblinie: 0-1mm; Fugenbreite: ab 4mm
- ✓ Freigabe:
 - Fußgänger: nach 1 Std.
 - Pkw-Verkehr: nach 4 Std.
 - Lkw-Verkehr: nach 8 Std.
- ✓ Druckfestigkeit:
 - Nach 1 Std.: 14 N/mm²
 - Nach 4 Std.: 20 N/mm²
 - Nach 8 Std.: 32 N/mm²

- Nach 24 Std.: 41 N/mm²
- ✓ Biegezugfestigkeit:
 - Nach 1 Std.: 2,5N/mm²
 - Nach 4 Std.: 3,8N/mm²
 - Nach 8 Std.: 4,9N/mm²
 - Nach 24 Std.: 6,2N/mm²

4.1.7 RSB PFM-SV Pflasterfugenmörtel

Technische Daten

- ✓ Verarbeitungszeit: min. 60 Minuten
- ✓ Pflasterverfugung:
 - PFM 25-05 SV: Sieblinie: 0-0,05mm; Fugenbreite: ab 2mm
 - PFM 25-1 SV: Sieblinie: 0-1mm; Fugenbreite: ab 4mm
 - PFM 25-2 SV: Sieblinie: 0-2mm; Fugenbreite: ab 8mm
- ✓ Schnelle Verkehrsfreigabe:
 - Fußgänger: nach 4 Std.
 - Pkw-Verkehr: nach 12 Std.
 - Lkw-Verkehr: nach 24 Std.
- ✓ Druckfestigkeit:
 - Nach 4 Std.: 10N/mm²
 - Nach 24 Std.: 31N/mm²
 - Nach 3 Tagen: 53N/mm²
 - Nach 28 Tagen: 68N/mm²
- ✓ Biegezugfestigkeit:
 - Nach 4 Std.: 2,4N/mm²
 - Nach 24 Std.: 5,5N/mm²
 - Nach 3 Tagen: 7,6N/mm²
 - Nach 28 Tagen: 8,6N/mm²

Für Verfugung, Reinigung und Nachbehandlung sind RS PLUS und RS 4 zu verwenden. Diese Zusatzprodukte sind spezielle, flüssige Nachbehandlungsmittel mit abbindeverzögernden Inhaltsstoffen.

Voraussetzungen

- ✓ Fugentiefe:
 - Bei nicht befahrenen Flächen: min. 30mm
 - Bei befahrenen Flächen: min. halbe Steinhöhe/ jedoch min. 40mm
 - Bei stark belasteten Flächen: ganze Steinhöhe
- ✓ Benötigte Geräte:
 - Wasserschlauch mit Sprühdüse

- Zwangsmischer oder Rührwerk und Mörtelkübel, Schubkarre, Schwammbrett
- Gummischieber, Drucksprühgerät, Kunststoffolie

Vorbereitung

- ✓ *Bis zur Verfugung der neu erstellten Pflasterflächen muss diese abgedeckt werden*
- ✓ *Ausblasen mit ölfreier Druckluft oder Ausspülen der erforderlichen Fugentiefen*
- ✓ *Vor der Verfugung sollen alle Anschlussfugen, Fugen an Einbauten oder Dehnfugen mit einem Fugenband abgedeckt werden*
- ✓ *Die Pflasterfläche muss grundsätzlich genässt werden und die Fugen sowie die Steinflanken und die Oberfläche gereinigt werden*
- ✓ *Beim Fugenverguss muss der Stein feucht und sauber sein*

Verfugung

- ✓ *Die Verfugung ist mit dem Gefälle der Fläche auszuführen, damit verbliebenes Wasser vom Mörtel in der Fugen abfließt*
- ✓ *Pflastersteine sind leicht vorzunässen. Nach der Auftragung von Fugenmörtel ist dieser mit einem Gummischieber abziehen. Die Verfugung muss hintereinander ausgeführt werden und Fehlstellen sind zu vermeiden*
- ✓ *Nach der Fugenfüllung eines entsprechenden Bereichs der Pflasterfläche ist diese mit Sprühnebel leicht anzufeuchten. Dann muss die Fläche nochmals anziehen und wieder angefeuchtet werden.*

Der Mörtel darf nicht mehr als 3mm dick auf der Steinoberfläche stehen bleiben, da sonst die Reinigung der Steine nicht sichergestellt ist.

Nachbehandlung

Direkt nach dem Einschlämmen ist die Pflasterfläche vollständig und gleichmäßig mit RS 4 oder RS Plus einzusprühen. RS verzögert das Abbinden auf der Steinoberfläche, so dass die verzögerte Schicht von ca. 3-4 mm Stärke abgewaschen werden kann.

Bei PFM und PFM SV liegt die Verarbeitungszeit innerhalb von 60 bis 120 Minuten und bei PFM HF beträgt diese 35 - 40 Minuten.

Nach dem Abbinden ist die Fläche mit einer dünnen direkt aufliegenden Kunststoffolie abzudecken. Die Fläche darf nicht mehr begangen werden. Die Fläche muss zwischen 2 und 24 Stunden nach dem Einbau gereinigt werden, [1'] <http://www.rost-systembaustoffe.de>.

Reinigung

- ✓ **Mit RS Plus bzw. RS 4**

Nach dem Erhärten des Fugenmörtels ist die Pflasterfläche grundsätzlich zu nässen und mit Besen und Wasserstrahl das Pflaster von dem Mörtelüberzug zu reinigen. Dafür ist eine Fä-

cherdüse oder Hochdruckreiniger mit Flachstrahldüse zu verwenden. Es sollte so lange gespült werden, bis das Wasser klar ist.

✓ **Ohne RS**

Die Fläche muss feucht gehalten werden und Mörtel darf nicht auf dem Pflaster antrocknen. Mit der speziellen RSB Fächerdüse ist eine Reinigung ohne den Mörtel aus den Fugen herauszuspülen möglich.

4.2 Vergusit

Pflasterfugenmörtel PFM 25-System

Pflasterfugenmörtel PFM 25 ist bei Natursteinpflasterflächen anzuwenden.

Technische Daten

„Die angegebenen Prüfdaten sind bei 20°C unter Laborbedingungen ermittelt worden. Es handelt sich um Mittelwerte aus langjähriger Eigenüberwachung und Qualitätskontrolle. Abweichung der einzelnen Lieferungen sind produktionsbedingt möglich“ [2]
<http://www.vergusit.com>.

- ✓ Pflasterverfugung:
 - PFM 25-02: Sieblinie: 0-2mm; Fugenbreite: ab 5mm
 - PFM 25-S1: Sieblinie: 0-1mm; Fugenbreite: von 3 bis 8mm
- ✓ Verbrauch: ca. 2,0kg Trockenmörtel = ca. 1dm³
- ✓ Freigabe:
 - Fußgänger: sofort nach Reinigung
 - Pkw-Verkehr: nach ca. 2 bis 3 Tagen
 - Lkw-Verkehr: nach ca. >7 Tagen
- ✓ Druckfestigkeit:
 - Nach 24 Std.: 17N/mm²
 - Nach 3 Tagen: 32N/mm²
 - Nach 7 Tagen: 46N/mm²
 - Nach 28 Tagen: 57N/mm²
- ✓ Biegezugfestigkeit:
 - Nach 24 Std.: 4,5N/mm²
 - Nach 3 Tagen: 5,5N/mm²
 - Nach 7 Tagen: 6,0N/mm²
 - Nach 28 Tagen: 6,9N/mm²
- ✓ Rohdichte:
 - Nach 24 Std.: 2,15kg/dm³
 - Nach 3 Tagen: 2,13kg/dm³
 - Nach 7 Tagen: 2,10kg/dm³
 - Nach 28 Tagen: 2,10kg/dm³

- ✓ Mischzeit: vor- und nachmischen >2 Minuten
- ✓ Lagerung: mind. 12 Monate
- ✓ Verarbeitungszeit: bis <45 min. nach dem Anmischen
- ✓ Verarbeitungstemperatur: min. +1°C, max. +35°C

Vorbereitung

Vor dem Mörtel einbau sind die haftungsstörenden Stoffe wie Staub und Schmutz mittels Wasserstrahlen, evtl. mit Besenunterstützung von den Fugen zu entfernen. Wassersaugende Steine sind vorher mit Feinsprüh-Beregnung bis zur Wassersättigung vorzunässen.

Bei der Verfugung darf kein Wasser in den Fugen oder auf den Steinen bleiben. Die Steinflächen dürfen aber glanz-feucht sein [2'] <http://www.vergusit.com>.

Verfugung

Der gemischte Pflasterfugenmörtel ist auf die vorbereitete Pflasterfläche zu gießen und mittels Gummischieber langsam in die Fugen einzuarbeiten. Um den Mörtelüberschuss auf den Steinen zu reduzieren, ist die Pflasterfläche im gleichen Arbeitsgang nochmals scharf abziehen. Die Fuge muss gleich hoch gefüllt sein und der verbleibende Mörtel über der Steinoberfläche sollte ca. 1mm und nicht mehr als 2mm betragen.

Der Frischmörtel darf nicht bei Frost, gefrorenem Boden oder bei erwartendem Bodenfrost eingebaut werden [2'] <http://www.vergusit.com>.

Nachbehandlung

Direkt nach dem Mörtel einbau und stets vor Erstarrungsbeginn ist die Pflasteroberfläche zu besprühen. Die besprühten Flächen dürfen nicht mehr begangen werden.

Nach dem Einsprühen ist die Fläche mit dünner Kunststoff-Folie abzudecken und sollte danach nicht mehr begangen werden. Die Folie verbleibt dort bis zur Reinigung der Fläche, (spätestens am nächsten Tag) [2'] <http://www.vergusit.com>.

4.3 Sopro

Folgende hydraulisch gebundene Mörtelprodukte sind von SOPRO hergestellt:

- ✓ *Nicht drainfähig - hoch belastbar (PFM S75 HF)*

Sopro Pflasterfugenmörtel HF

Sopro Pflasterfugenmörtel HF ist ein trasshaltiger, hydraulisch schnell erhärtender Fugenmörtel speziell zum Verfugen von Natursteinpflaster und Pflastersteinen in mittel bis schwer beanspruchten Bereichen [3'] <http://www.sopro.com>.

Technische Daten

- ✓ Verbrauch: 1,9kg für 1L Frischmörtel
- ✓ Fugenbreite: 5 – 30mm
- ✓ Freigabe:
 - Fußgänger: nach 1 Stunde
 - Behafrbar: nach 3 Tagen
- ✓ Druckfestigkeit:
 - $\geq 68\text{N/mm}^2$
- ✓ Biegezugfestigkeit:
 - $\geq 8\text{N/mm}^2$
- ✓ Lagerung: ca. 12 Monate
- ✓ Reifezeit: 3-5 min.
- ✓ Verarbeitungszeit: ca. 20 min.
- ✓ Verarbeitungstemperatur: min. +5°C, max. +25°C

Vorbereitung

Nach der Verlegung der Pflastersteine sind die Fugen grundsätzlich zu reinigen und der Bettungsmörtel aushärten.

Vor dem Rüttelvorgang sind die Fugen mit trockenem Mörtel des PFM HF (ca. 1/3 der Fugenhöhe) oder mit grobem Splitt (ca. 1/4 der Fugenhöhe) gegen ein Verschieben der Pflastersteine auszufüllen. Die Mindestfugentiefe bei befahrenen Flächen beträgt 40 mm.

Die Fläche ist vor der Verfugung vorzunässen. Hier ist der Einsatz von Sopro Pflaster-Fughilfe zu empfehlen, damit keine Rückstände von Fugenmörtel auf der Oberfläche bleiben [3'] <http://www.sopro.com>.

Verarbeitung

Der Fugenmörtel ist zusammen mit 3,5-4 l Wasser mit einem Rührquirl anzumischen. Wenn ein homogener Mörtel vorhanden ist, ist dieser noch 3 – 5 Minuten kräftig durchzumischen.

Die Fugenfüllung ist mittels Gummischieber oder Einfugscheibe so einzubringen, dass die Fugen vollständig gefüllt sind.

Nach einer bestimmten Zeit ist die Pflasterfläche diagonal zum Fugenquerschnitt sauber abzuwaschen und das Wasser ist häufiger durch Frischwasser zu ersetzen [3'] <http://www.sopro.com>.

Hinweis

„Bei Belagsbaustoffen mit profilierter oder rauer Oberfläche und bei Naturstein ist eine Probeverfugung zur Feststellung der rückstandslosen Abwaschbarkeit von Zement- oder Pigmentresten zu empfehlen.“

Die frische Verfugung ist vor erhärtungsschädigenden Einflüssen, wie hohen Temperaturen, Wind, Regen oder Frost zu schützen.

Die Verarbeitung von besonders stark saugenden Baustoffen kann zur Farbnuancierungen im Fugenmörtel führen, die sich aber im Zuge des Austrocknungsprozesses ausgleichen können.

Zur Sicherstellung einer gleichmäßigen Farbgebung speziell der stark pigmentierten und dunklen Fugenmörtelfarben ist es notwendig, die angegebene Anmachwassermenge, ein homogenes Anmischen sowie die Reifezeit genau einzuhalten. Beim Reinigungsprozess ist auf eine möglichst gleichmäßige Wasserbeaufschlagung zu achten.

Ungewaschene, verfärbungsaktive Zuschlagsande aus der Verlegung im Mörtelbett heraus oder verfärbungsaktive Substanzen aus anschließenden Baustoffen können zur Fleckenbildung führen.

Für schwer beanspruchte Bereiche muss eine Fugenbreite von mindestens 8 mm sichergestellt sein.“, [3'] <http://www.sopro.com>.

4.4 Juralith

Juralith Pflasterfugenmörtel ZFM 600

Juralith Pflasterfugenmörtel ZFM 600 ist ein zementgebundener, schnell erhärtender, wasserundurchlässiger Fugenmörtel mit hohen Festigkeiten und dient zum Verfugen von Natursteinen, Betonsteinen oder Klinker.

Technische Daten

- ✓ Pflasterverfugung:
 - Sieblinie: 0-2 mm;
- ✓ Verbrauch: 1,8 kg Trockenmörtel ergeben 1 L Fugenmörtel
- ✓ Freigabe:
 - Fußgänger: 24 Stunden
 - Verkehrsbar: nach 7 Tagen
- ✓ Druckfestigkeit:
 - nach 7 Tage: 30 N/mm²
 - Nach 28 Tage: 50 N/mm²
- ✓ Biegezugfestigkeit:
 - nach 7 Tage: 6,0 N/mm²
 - Nach 28 Tage: 7,0 N/mm²
- ✓ Lagerung: bis 12 Monate
- ✓ Verarbeitungszeit: ca. 45 min.
- ✓ Verarbeitungstemperatur: min. + 5° C max. + 25° C

4.5 Vergleich der Mörtelprodukte

In Tabellen 35, 36 und 37 sind die technischen Daten mancher Mörtelprodukten der ROST SYSTEMBAUSTOFFE, VERGUSIT, SOPRO und JURALITH gegenübergestellt.

Ein direkter Vergleich aller Mörtelprodukten wäre nicht ganz genau, da die Produkteigenschaften verschiedener Hersteller und Produkten nicht gleich sind. In den folgenden drei Tabellen sind drei Kombinationen von Mörtelprodukten, die mit ziemlich ähnlichen Eigenschaften sind, dargestellt.

Tabelle 35 zeigt die technischen Daten des Pflasterfugenmörtels von zementgebundenen Werk trockenmörtel mit gleichen Sieblinien, Verarbeitungszeiten, Fugentiefe und kleinen Abweichungen in den Werten für Fugenbreite, Mischzeiten und Verarbeitungstemperatur. Bei der Druck- und Biegezugfestigkeit sind schon einige Unterschiede vorhanden sowie die Nutzungsbelastung.

Tabelle 35: Vergleich der Pflasterfugenmörtel von ROST SYSTEMBAUSTOFFE und VERGUSIT [1'], [2'].

Pflasterfugenmörtel								
Technische Daten	ROST SYSTEMBAUSTOFFE				VERGUSIT			
	PFM 25-2				PFM 25-02 System			
Eigenschaften	hochwertiger, zementgebundener, nochfließfähiger, einkomponentiger, vergüteter Werk trockenmörtel				kunststoffmodifizierter Zementmörtel			
Anwendungsbereich	Neubau und Sanierung von Verkehrsflächen aller Art: Busspuren, Straßen, Marktplätze, Fußgängerzonen, Parkplätze, Rinnen, Industrieflächen, usw.				zum Verfugen von Pflasterflächen jeder Art (Natursteinpflaster-Fugen): Innenörtliche Verkehrsbereiche, Kreuzungen, Übergängen, usw.			
Sieblinie	0 - 2mm				0 - 2mm			
Fugenbreite	ab 8mm				ab 5mm			
Fugentiefe	min. 40mm				min. 40mm			
Verarbeitungszeit	min. 60 Minuten				min. 45 Minuten			
Mischzeit	ca. 5 Minuten				ca. 4 Minuten (min. 3 Minuten)			
Druckfestigkeit [N/mm ²]	nach 24 Std.	nach 3 Tagen	nach 7 Tagen	nach 28 Tagen	nach 24 Std.	nach 3 Tagen	nach 7 Tagen	nach 28 Tagen
	10	33	42	52	17	32	46	57
Biegezugfestigkeit [N/mm ²]	24 Std.	3 Tage	7 Tage	28 Tage	24 Std.	3 Tage	7 Tage	28 Tage
	2.8	5.0	6.4	6.8	4.5	5.5	6	6.9
Rohdichte [kg/dm ³]	>2.20				2.15	2.13	2.1	2.1
Verarbeitungstemperatur	min. +5°C, max. +35°C				min. +1°C, max. +35°C			
Nutzungsbelastung	Fußgänger	PKW-Verkehr	LKW-Verkehr		Fußgänger	PKW-Verkehr	LKW-Verkehr	
	nach 24 Std.	nach 3 Tagen	nach 7 Tagen		sofort	nach 2 Tagen	nach 3 Tagen	

In der Tabelle 36 sind die Bemerkungen ähnlich, aber es geht um einen schnell erhärtenden Zementmörtel.

Tabelle 36: Vergleich der Pflasterfugenmörtel von SOPRO und JURALITH [3'], [4'].

Pflasterfugenmörtel							
Technische Daten	SOPRO			JURALITH			
	PFM 575 HF			ZFM 600			
Eigenschaften	zementärer, trasshaltiger, schnell erhärtender und hochbelastbarer			hydraulisch schnell abbindender Werkrockenmörtel, hergestellt aus Spezialzement und hochqualitativen Füll- und Zusatzstoffen			
Anwendungsbereich	schnell zum Verfugen von Natursteinpflaster und Pflastersteinen in mittel bis schwer beanspruchten Bereichen			zur Verfugung von Natursten, Betonstein oder Klinker; für Neu- und Altbau; auch in Bereichen höchster Beanspruchung			
Sieblinie	-			0 - 2mm			
Fugenbreite	von 5 bis 30mm			von 5 bis 30mm			
Fugentiefe	-			min. 40mm			
Verarbeitungszeit	ca. 20 Minuten			ca. 45 Minuten			
Mischzeit	3 bis 5 Minuten			-			
Druckfestigkeit [N/mm ²]	nach 28 Tagen			nach 24 Std.	nach 3 Tagen	nach 7 Tagen	nach 28 Tagen
	68			-	-	30	50
Biegezugfestigkeit [N/mm ²]	nach 28 Tagen			nach 24 Std.	nach 3 Tagen	nach 7 Tagen	nach 28 Tagen
	8.0			-	-	6.0	7.0
Rohdichte [kg/dm ³]	-			2.15	2.13	2.1	2.1
Verarbeitungstemperatur	min. +5°C, max. +25°C			min. +5°C, max. +25°C			
Nutzungsbelastung	begehrbar	belastbar	befahrbar	begehrbar	-	voll belastbar	
	nach 1 Std.	nach 6 Std.	nach 3 Tagen	nach 24 Std.	-	nach 7 Tagen	

Tabelle 37: Vergleich der Bettungsmörtel von ROST SYSTEMBAUSTOFFE und SOPRO [1'], [3'].

Bettungsmörtel						
Technische Daten	ROST SYSTEMBAUSTOFFE			SOPRO		
	Drainfeinbeton DFB-5S			Drainage Mörtel DM 610		
Eigenschaften	zementgebundener Werkrockenmörtel mit Spezialsieblinie			trasszementgebundener Trockenfertigmörtel		
Anwendungsbereich	Verlegung von Naturstein- und Betonsteinpflaster, Plattenbelägen und Klinkerpflaster im Mörtelbett. Neubau und Sanierung von Verkehrsflächen aller Art			als Tragschicht und zur Verlegung von Beton- und Natursteinplatten sowie Pflastersteinen im Außenbereich		
Schichtstärke	6 - 8 cm			mind. 7 - 10cm		
Wasserdurchlässigkeit	≥1.42x10 ⁻⁴ m/s			in 60mm Schichtdicke: ca. 5.77 l/(m ² xs)		
Verarbeitungszeit	min. 60 Minuten			1 - 2 Std.		
Druckfestigkeit [N/mm ²]	nach 24 Std.	nach 3 Tagen	nach 7 Tagen	nach 28 Tagen	nach 28 Tagen	
	8	12	19	32	25	
Biegezugfestigkeit [N/mm ²]	-			nach 28 Tagen		
	-			4.0		
Rohdichte [kg/dm ³]	>1.95			-		
Verarbeitungstemperatur	min. +5°C, max. +35°C			min. +1°C, max. +30°C		
Nutzungsbelastung	Fußgänger	PKW-Verkehr	LKW-Verkehr	Fußgänger	belastbar	
	nach 24 Std.	nach 5 Tagen	nach 10 Tagen	nach 24 Std.	nach ca. 7 Tagen	

5. ZUSAMMENFASSUNG

Ziel dieser Arbeit war, die wesentlichen Vor- und Nachteile der gebundenen Pflasterbauweise, sowie die Ausführung von gebundenen Pflasterflächen darzustellen.

Einleitend wurde die geschichtliche Entwicklung von Pflasterbefestigung beschrieben.

Danach wurden die Einsatzbereiche aufgezählt, die verschiedenen Bauweisen (ungebundene, gebundene und gemischte Bauweise) beschrieben, sowie die Regelwerke zur Pflasterbauweise aus Österreich, Deutschland und der Schweiz verglichen. Seit 2006 ist die gebundene Pflasterbauweise nicht mehr in den deutschen Richtlinien erfasst. Die dort enthaltenen Vorschriften zur Bettung und zum Fugenmörtel führen in der Zeit immer mehr zu Schäden bei den gebundenen Pflasterflächen. Die gebundene Bauweise ist in jedem der Länder als Sonderbauweise definiert und nur die ungebundene Bauweise gilt als Standardbauweise.

In den nächsten Kapiteln wurde die gebundene Bauweise ausführlich beschrieben. Es wurden die Vor- und Nachteile der Sonderbauweise dargestellt, die Dimensionierung (Lasteinwirkungen und Oberbaubemessung) für ungebundene Flächen gezeigt, sowie die thermischen Beanspruchungen, die auf die Verkehrsflächen wirken, charakterisiert. Zu der Beschreibung der gebundenen Pflasterbauweise wurden noch die Baustoffe verschiedener Schichten beschrieben und ein Vergleich der Anforderungen für gebundene Bettungs- und Fugenmaterialien durchgeführt.

Gemäß vorliegender Arbeitspapiere und Merkblätter wurden die wesentlichsten Herstellungsgrundsätze und Ausführungshinweise verschiedener Länder dargestellt. Es wurden auch charakteristische Schäden und deren möglichen Ursachen für die gebundene Bauweise aufgezeigt. Weiters wurden Maßnahmen zur Sanierung von Fugenschäden und nachträglichen Ausbildung von Bewegungsfugen ergänzt.

Daran anschließend wurde eine Marktanalyse von verschiedenen Mörtelprodukten und Herstellerhinweise durchgeführt. Hierbei wurden Trockenfertigprodukte für die gebundene Ausführung von Bettungs- und Fugenmörtel der Hersteller ROST SYSTEMBAUSTOFFE, VERGUSIT, SOPRO und JURALITH beschrieben. Es wurden die technischen Kennwerte (Druckfestigkeit, Biegezugfestigkeit, Verarbeitungstemperatur, Mischzeiten, Wasserdurchlässigkeit, etc.) der Produkte, sowie die Verarbeitungshinweise und besondere Vorschriften gegenüber gestellt.

Nachteil dieser Pflasterbauweise ist, dass in Folge der thermischen Beanspruchungen Rissbildung auf der Pflasterfläche vorhanden ist. Deswegen ist es empfehlenswert, Bewegungsfugen auszuführen. Diese können während der Ausführung der Pflasterfläche hergestellt werden (FGSV Arbeitspapier) oder als „Scheinfugen“ (SN 640 480 A) gebaut werden. Um eine schadensfrei gebundene Pflasterfläche auszuführen, sind noch alle Empfehlungen der Hersteller zu beachten. Aus der vorliegenden Arbeit kann man die technischen Daten und Verarbeitungshinweise mancher Mörtelprodukte betrachten und diese zusammen mit den Empfehlungen von dem FGSV Arbeitspapier gegenübergestellt. Das Arbeitspapier ist kein

Regelwerk, aber ein Dokument, welches jedoch als „Stand der Technik“ interpretiert werden kann. Trotz der Probleme, die bei der gebundenen Bauweise entstehen, ist diese Methode in Bereichen mit schweren Beanspruchungen oder in solchen, an welchen intensive Reinigungsmaßnahmen erforderlich sind, geeignet.

VERZEICHNISSE

Normenverzeichnis

Österreich

RVS 03.08.63 (2008): Oberbaubemessung. Österreichische Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr (FSV), Wien

RVS 08.18.01 (2009): Pflasterstein- und Pflasterplattendecken, Randeinfassungen. Österreichische Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr (FSV), Wien

RVS 08.15.01 (2008): Technische Vertragsbedingungen. Unterbauplanum und ungebundene Tragschichten. Ausgabe 2008-04-04, Wien

ÖNORM B 2214 (2009): Pflasterarbeiten - Werkvertragsnorm. Ausgabe 2009-05-01.

ÖNORM B 3306 (2005): Prüfung der Frost-Tausalz-Beständigkeit von vorgefertigten Betonzeugnissen. Ausgabe 2005-10-01.

ÖNORM EN 1344 (2009): Pflasterziegel - Anforderungen und Prüfverfahren, Aussage 2013.

ÖNORM B 3132 (2000): Prüfung von Naturstein – Reindichte, Rohdichte, Schüttdichte (Änderung), Ausgabe 2000.

ÖNORM B 3108 (2006): Natürliche Gesteine; Einfassungs- und Pflastersteine; Anforderungen, Abmessungen, Lieferbestimmungen, Ausgabe 2006.

ÖNORM EN 1341 (2013): Platten aus Naturstein für Außenbereiche - Anforderungen und Prüfverfahren, Ausgabe 2013.

ÖNORM EN 1342 (2013): Pflastersteine aus Naturstein für Außenbereiche - Anforderungen und Prüfverfahren, Ausgabe 2013.

ÖNORM EN 1343 (2013): Bordsteine aus Naturstein für Außenbereiche - Anforderungen und Prüfverfahren, Ausgabe 2013.

Deutschland

FGSV TL Pflaster-StB 06, Ausgabe 2006

FGSV ZTV Pflaster-StB 06, Ausgabe 2006

FGSV ZTV T-StB 95, Ausgabe 2006

Merkblatt für Dränbetontragschichten (DBT), Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V., Köln, Ausgabe 1996

Merkblatt für wasserdurchlässige Befestigungen von Verkehrsflächen, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V., Köln, Ausgabe 1998

Arbeitspapier Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen in gebundener Ausführung – FGSV, Köln, Ausgabe 2007

WTA Merkblatt Gebundene Bauweise – historisches Pflaster, Ausgabe 2009

DIN 18316, Ausgabe 10/2006

RStO 12 – Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen, Ausgabe 2012

Schweiz

NORM SN 648 480: „Pflästerung – Konzeption, Oberbaudimensionierung, Anforderungen und Ausführungen.“ Ausgabe 2009.

NORM SN 648 482: „Plattendecken – Konzeption, Oberbaudimensionierung, Anforderungen und Ausführungen.“ Ausgabe 2009.

NORM SN 648 481: „Anschlüsse für Verkehrsflächen – Qualität, Form und Ausführung.“ Ausgabe 2008.

NORM SN 648 483-1-NA: „Platten aus Beton – Anforderungen und Prüfverfahren.“ Ausgabe 2007.

NORM SN 648 483-2-NA: „Pflastersteine aus Beton – Anforderungen und Prüfverfahren.“ Ausgabe 2007.

NORM SN 648 483-3-NA: „Bordsteine aus Beton – Anforderungen und Prüfverfahren.“ Ausgabe 2007.

NORM SN 648 484-1: „Platten aus Naturstein für Aussenbereiche – Anforderungen und Prüfverfahren.“ Ausgabe 2006.

NORM SN 648 484-2: „Pflastersteine aus Naturstein für Aussenbereiche – Anforderungen und Prüfverfahren.“ Ausgabe 2006.

NORM SN 648 484-3: „Bordsteine aus Naturstein für Aussenbereiche – Anforderungen und Prüfverfahren.“ Ausgabe 2006.

Literaturverzeichnis

[1] Jörn Buchholz, Gebundene Pflasterbauweise. Thermische Spannungen in Verkehrsflächenbefestigungen der gebundenen Pflasterbauweise., 22. Dezember 2010, Kassel.

[2] FQP, Pflasterer Handwerkerbuch. Grundlage für den Beruf des Pflasters., Oktober 2012, Wien.

[3] Stefan Roppert, Erhaltung von Pflasterbefestigungen – Tragfähigkeitsmessungen und charakteristische Schäden (Masterarbeit), 2012, Wien.

[4] Univ.Prof. DI Dr.techn. Ronald BLAB, Institut für Straßenbau und Straßenerhaltung, Technische Universität Wien, Konzeption hoch belasteter Verkehrsflächen mit Pflasterstein- oder Pflasterplattendecken – Planung und Dimensionierung.

[5] Pflasterermeister Ing. Gottfried Geiger Allgem. beeid. u. gerichtl. zert. Sachverständiger A – 8010 Graz, 2012.

-
- [6] Dipl. Ing. Erich Lanicca, Pflasterdecken aus Naturstein richtig planen und ausführen, Fachberatungsbüro für Pflasterungen und Natursteinbeläge (FPN).
- [7] Handbuch Betonsteinpflaster (Bemessung, Konstruktion und Ausführung), Brian Schackel, 1990; Aus dem Engl. übertr. und bearb. von Alf Vollpracht. – Düsseldorf: Beton-Verlag, 1996.
- [8] Gebundene Pflasterbauweisen, Dipl.-Geol. Bernd Dudenhöfer, ASPHALTA Prüf- und Forschungslaboratorium GmbH Berlin, Seminarveranstaltung des bup, Potsdam 12. März 2008.
- [9] Jörn Buchholz, Wigbert RIEHL, Herausforderungen gebundene Pflasterbauweise, Ausgabe 2009.
- [10] MARBOS[®], Hersteller von Spezialbaustoffen und Sanierungssystem für die Verarbeitung im Tiefbau – Ausführung von Pflasterdecken und Plattenbelägen in befahrenen Flächen und hochbelasten Bereichen.
- [11] Jörn Buchholz, Wigbert RIEHL, Neue Landschaft Fachzeitschrift für Garten-, Landschaft-, Spiel- und Sportplatzbau; Ausgabe 2013.
- [12] Werner Verlag, Straßenbau Straßenbautechnik, Ausgabe 2009.
- [13] Ing. Gottfried Geiger, Script – Enkpunkte der Pflastertechnik, Verarbeitung – Technik - Richtlinien, Graz.
- [14] Diplomarbeit: Durchlässige Pflasterdecken – Einsatzbedingungen und Anwendungsmöglichkeiten in Österreich, Hristova P., Ausgabe 2009.
- [15] Pflasterdecken aus Naturstein richtig planen und ausführen, Dipl. Ing. Erich Lanica, FPN, Ausgabe 1999.
- [16] KERAWIL, Pflasterklinker Technische Informationen, Bonn, Ausgabe 2004.
- [17] Sopro Bauchemie GmbH, Dipl.-Ing. Björn Rosenbau, Pflasterbeläge in gebundener Bauweise.
- [18] Dipl. Ing. (FH) Wulf Scheider, öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für das straßenbauer- Pflasterhandwerk, Ausgabe 2008.

Internetquellen

- [1'] <http://www.rost-systembaustoffe.de>
- [2'] <http://www.vergusit.com>
- [3'] <http://www.sopro.com>
- [4'] <http://juralith.com/>

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

ABBILDUNG 1: AUFBAU EINER BEFESTIGTEN FLÄCHE (RVS 03.08.63, 2008)	8
ABBILDUNG 2: MUSTERKALKULATION DER AMORTISIERUNGSZEIT VON GEBUNDENER UND UNGEBUNDENER PFLASTERBAUWEISE [10].....	16
ABBILDUNG 3: VERTEILUNG VERTIKALER BELASTUNGEN UND KRÄFTEABTEILUNG VON HORIZONTALLEN BELASTUNGEN [12]	17
ABBILDUNG 4: MAßGEBENDE SPANNUNGEN BEI BAUWEISE MIT DRÄNBETON-TRAGSCHICHTE [4].....	18
ABBILDUNG 5:	27
ABBILDUNG 6: ANFORDERUNGEN AN DIE DURCHLÄSSIGKEIT IN SCHICHTENAUFBAU (WTA MERKBLATT)	50
ABBILDUNG 7: BEWEGUNGSFUGEN IN VON KRAFTFAHRZEUGEN BEFAHRENTEN GEBUNDENEN PFLASTERDECKEN BEI VORHANDENER BEWEGUNGSFUGE ODER KERBE IN DER UNTERLAGE (FGSV ARBEITSPAPIER)	57
ABBILDUNG 8: BEWEGUNGSFUGEN IN NICHT VON KRAFTFAHRZEUGEN BEFAHRENTEN PFLASTERDECKEN UND PLATTENBELÄGEN. UNTERLAGE (FREI VON EIGENSPANNUNGEN) (FGSV ARBEITSPAPIER).....	57
ABBILDUNG 9: BEWEGUNGSFUGEN IN NICHT VON KRAFTFAHRZEUGEN BEFAHRENTEN PFLASTERDECKEN UND PLATTENBELÄGE BEI VORHANDENER BEWEGUNGSFUGE ODER KERBE IN DER UNTERLAGE (FGSV ARBEITSPAPIER).....	58
ABBILDUNG 10: BEWEGUNGSFUGE IN GEBUNDENEN PFLASTERDECKEN UND PLATTENBELÄGEN GEGENÜBER DRUCKFESTEN EINBAUTEN (FGSV ARBEITSPAPIER)	58
ABBILDUNG 11: BEWEGUNGSFUGE OHNE EINSCHNITT IN DER TRAGSCHICHT (WTA MERKBLATT).....	59
ABBILDUNG 12: BEWEGUNGSFUGE OBERHALB EINSCHNITT BZW. KERBUNG IN DER TRAGSCHICHT (WTA MERKBLATT).....	59
ABBILDUNG 13: NACHTRÄGLICH AUSGEBILDETE SCHEINFUGE AN EINEM „WILDEN“ RISS (WTA MERKBLATT)	59
ABBILDUNG 14: WIRKUNGSPRINZIP AB NULLSPANNUNGSTEMPERATUR [1].....	60
ABBILDUNG 15: SCHARFKANTIGER, KEGELSTUMPFÖRMIGER RING (EN 1015-12)	65
ABBILDUNG 16: BRUCHBILD – ADHÄSIONSRUß – BRUCH IN DER BERÜHRUNGSFLÄCHE ZWISCHEN MÖRTEL UND UNTERGRUND. DER PRÜFWERT IST GLEICH DER HAFTFESTIGKEIT (EN 1015-12)	67
ABBILDUNG 17: BRUCHBILD – KOHÄSIONSRUß – BRUCH IM MÖRTEL SELBST. DIE HAFTFESTIGKEIT IST GRÖßER ALS DER PRÜFWERT (EN 1015-12)	67
ABBILDUNG 18: BRUCHBILD – KOHÄSIONSRUß – BRUCH IM UNTERGRUND. DIE HAFTFESTIGKEIT IST GRÖßER ALS DER PRÜFWERT (EN 1015-12)	68
ABBILDUNG 19: PRÜFUNG DER BIEGEZUGFESTIGKEIT (EN 1015-12).....	68
ABBILDUNG 20: SCHADENSBLDER: FUGENMÖRTEL VOM PFLASTERSTEIN ABGERISSEN.....	71
ABBILDUNG 21: SCHADENSBLDER: FUGENMÖRTEL IN SICH GERISSEN	72
ABBILDUNG 22: SCHADENSBLDER: RISSVERLAUF IN STEIN UND FUGE (BETONPFLASTER) [17]	72
ABBILDUNG 23: SCHADENSBLDER: RISSVERLAUF IN STEIN UND FUGE (BETONPFLASTER) [18]	73
ABBILDUNG 24: SCHADENSBLDER: RISSVERLAUF (NATURPFLASTER).....	74
ABBILDUNG 25: SCHADENSBLDER: HAARRISSE [18]	75
ABBILDUNG 26: GESCHÄDIGTE PFLASTERSTEINE ODER PFLASTERPLATTE	75
ABBILDUNG 27: GESCHÄDIGTE PFLASTERSTEINE ODER PFLASTERPLATTEN	76
ABBILDUNG 28: BEWEGUNGSFUGEN – SCHEINFUGEN/ SOLLBRUCHSTELLEN [17].....	77
ABBILDUNG 29: EINSCHNEIDEN DER BEWEGUNGSFUGEN – EINIGE TAGE NACH DEM VERLEGE- UND VERFUGUNGSPROZESS [17]	77

ABBILDUNG 30: MITTELS FLEX GEÖFFNETE BEWEGUNGSFUGE IM STRAßENBELAG (MAX. DIE OBERSTEN 30 MM DES FUGENMÖRTELS ENTFERNEN [17].....	77
ABBILDUNG 31: VERFÜLLEN DES EINSCHNITTS MIT EINEM ELASTISCHEN DICHSTOFF [17].....	78

TABELLENVERZEICHNIS

TABELLE 1: VERGLEICH DER BAUWEISEN (RVS 08.18.01)	15
TABELLE 2: MITTLERE ÄQUIVALENZWERTE FÜR VERSCHIEDENE FAHRZEUGKATEGORIEN (RVS 30.08.63, 2008, S. 4)	22
TABELLE 3: MITTLERE ÄQUIVALENZWERTE DES JDTLV-KOLLEKTIVS FÜR VERSCHIEDENE STRAßENKATEGORIEN (RVS 03.08.63, 2008, S. 4)	22
TABELLE 4: FAHRSPURFAKTOR S IN ABHÄNGIGKEIT VON DER FAHRSTREIFENBREITE B_F (RVS 03.08.63, 2008, S. 4)	22
TABELLE 5: ZUWACHSFAKTOR Z IN ABHÄNGIGKEIT VON BEMESSUNGSPERIODE N UND JÄHRLICHER ZUWACHSRATE P (RVS 03.08.63, 2008, S. 4)	22
TABELLE 6: LASTKLASSE AUFGRUND DER FUNKTION DER VERKEHRSFLÄCHE (RVS 03.08.63, 2008, S. 4).....	23
TABELLE 7: FESTLEGUNG DER LASTKLASSEN FÜR PFLASTER- UND PLATTENBEFESTIGUNGEN [13].....	23
TABELLE 8: BEMESSUNGSTABELLE FÜR PFLASTERSTEINDECKEN IN UNGEBUNDENER BAUWEISE MIT PFLASTER-DRÄNBETONTRAGSCHICHT (RVS 03.08.63, 2008, S. 14)	24
TABELLE 9: BEMESSUNGSTABELLE FÜR BAUWEISEN MIT PFLASTERDECKEN (RSTO 2012).....	25
TABELLE 10: VERKEHRSLASTKLASSEN UND TÄGLICHE ÄQUIVALENTE VERKEHRSLAST (SN 640 480 A)	26
TABELLE 11: MINDESTSCHICHTDICKEN FÜR GEBUNDENE SCHICHTEN IN ABHÄNGIGKEIT DER VERKEHRSLASTKLASSE (SN 640 480 A).....	26
TABELLE 12: OBERBAUDIMENSIONIERUNG (SN 640 480 A).....	27
TABELLE 13: STEINTYPEN IN ABHÄNGIGKEIT DER VERKEHRSAUKLASSEN, BAUWEISEN, KONSTRUKTIONSDICKEN UND FUGENBREITEN BEI NATURSTEINPFLÄSTERUNGEN (SN 640 480 A).....	28
TABELLE 14: STEINTYPEN IN ABHÄNGIGKEIT DER VERKEHRSAUKLASSEN, BAUWEISEN, KONSTRUKTIONSDICKEN UND FUGENBREITEN BEI BETONSTEINPFLÄSTERUNGEN (SN 640 480 A).....	29
TABELLE 15: ANFORDERUNGEN AN GESTEINSKÖRNUNGEN, (BEZEICHNUNG DER KATEGORIEN GEMÄß ÖNORM B 3132).....	31
TABELLE 16: MINDESTANFORDERUNGEN AN DAS BETTUNGSMATERIAL (RVS 08.18.01)	33
TABELLE 17: ANFORDERUNGEN AN GESTEINSKÖRNUNGEN FÜR DRÄNFEBETON, (WTA MERKBLATT)	34
TABELLE 18: ANFORDERUNGEN AN DEN BETTUNGSMÖRTEL (WTA MERKBLATT).	34
TABELLE 19: VERGLEICH DER REGELWERKE IN DEN VERSCHIEDEN LÄNDER FÜR DIE BETTUNG BEI DER GEBUNDENEN PFLASTERBAUWEISE [18]	36
TABELLE 20: VERGLEICH DER REGELWERKE IN DEN VERSCHIEDEN LÄNDER FÜR DAS FUGENMATERIAL BEI DER GEBUNDENEN PFLASTERBAUWEISE [18]	39
TABELLE 21: KLASSIFIKATION KLEINSTEINE (ÖNORM B 3108, 2006).....	40
TABELLE 22: KLASSIFIKATION GROßPFLASTERSTEINE (ÖNORM B 3108, 2006)	41
TABELLE 23: KLASSIFIKATION PFLASTERPLATTEN (ÖNORM B 3108, 2006).....	42
TABELLE 24: PFLASTERSTEINGRÖßE IN ABHÄNGIGKEIT VON DER VERKEHRSELASTUNG [15].....	43
TABELLE 25: PLATTENDICKEN IN ABHÄNGIGKEIT VON DER VERKEHRSELASTUNG [15].....	43
TABELLE 26: NATURSTEINE FÜR PFLÄSTERUNGEN: STEINSORTEN UND –TYPEN, ABMESSUNGEN, BEARBEITUNG, TOLERANZEN (SN 640 480 A)	45
TABELLE 27: ANWENDBEREICH FÜR NATURSTEINPFLÄSTERUNGEN IN ABHÄNGIGKEIT DER VERKEHRSELASTKLASSE (SN 640 480 A)	46
TABELLE 28: STEINTYPEN IN ABHÄNGIGKEIT DER VERKEHRSELASTKLASSEN, BAUWEISEN, KONSTRUKTIONSDICKEN UND FUGENBREITEN BEI NATURSTEINPFLÄSTERUNGEN (SN 640 480 A).....	47

TABELLE 29: WASSERAUFNAHME (ÖNORM EN 1338).....	48
TABELLE 30: FROST-TAUSALZ-WIDERSTAND (ÖNORM EN 1338)	48
TABELLE 31: PFLASTERSTEINE AUS BETON – ABRIEBWIDERSTAND (TL PFLASTER STB-2006).....	48
TABELLE 32: ABSTAND VON BEWEGUNGSFUGEN [8].....	56
TABELLE 33: ANFORDERUNGEN AN PRÜFMASCHINEN (EN 1015-11).....	65
TABELLE 34: BELASTUNGSGESCHWINDIGKEIT (EN 1015-12)	66
TABELLE 35: VERGLEICH DER PFLASTERFUGENMÖRTEL VON ROST SYSTEMBAUSTOFFE UND VERGUSUT [1'], [2']	91
TABELLE 36: VERGLEICH DER PFLASTERFUGENMÖRTEL VON SOPRO UND JURALITH [3'], [4']	92
TABELLE 37: VERGLEICH DER BETTUNGSMÖRTEL VON ROST SYSTEMBAUSTOFFE UND SOPRO [1'], [3'] ..	92

ANHANG 1: VERGLEICH DER REGELWERKE IN DEN VERSCHIEDENEN LÄNDER FÜR DIE BETTUNG BEI DER GEBUNDENEN PFLASTERBEFESTIGUNG

Gebundene Bauweise / Vergleich der Regelwerke								
Bettung	Österreich		Deutschland		Schweiz		England	
	Richtlinien und Vorschriften für Straßenbau		Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen	Wissenschaftlich-Technischer Arbeitskreis WTA	Schweizer Norm		Britisch Standard	
erforderte Eigenschaft	RVS. 8S06.4 (2005)	RVS. 08.18.01 (2005)	FGSV Arbeitspapier (2007)	WTA-Merkblatt (2007)	SN 640 480 (2006)	SN 640 480 (2009)	BS 7533-7 (2002) Pflasterdecken	BS 7533-12 (2006) Plattenbeläge
Druckfestigkeit	Zementgehalt min. 200kg/m ³ W/B Wert: 0,37 - 0,45 Unterlagsbeton: Pflasterdränbeton 0/22 ca. C 16/20	≥ 20 N/mm ² Zementgehalt von 200 bis 250kg/m ³ W/B Wert: 0,40 - 0,45	Labor: 28 T ≥ 30 N/mm ² Baustelle: MW ≥ 25 N/mm ² EW ≥ 20 N/mm ²	Labor: 28 T Bauklasse VI + V ≥ 35 N/mm ² Bauklasse IV + III ≥ 45 N/mm ² Baustelle: 28 T Bauklasse VI + V ≥ 20 N/mm ² Bauklasse IV + III ≥ 25 N/mm ² Bauklasse III mit besondere Beanspruchungen ≥ 54 N/mm ² Baustelle: ≥ 30N/mm ²	Zementgehalt min. 200kg/m ³ Zement CEM I 42.5 W/Z Wert: 0,36 - 0,37 nach 28 T: ≥ 15 N/mm ²	Zementgehalt min. 200kg/m ³ Zement CEM I 42.5 W/Z Wert: 0,36 - 0,37 nach 28 T: ≥ 15 N/mm ²	≥ 15 N/mm ²	≥ 30 N/mm ²
Haftzug-festigkeit	keine Angaben	keine Angaben	Labor: MW ≥ 1,5 N/mm ² EW ≥ 1,2 N/mm ² Baustelle: ≥ 0,8 N/mm ²	Baustelle: ≥ 0,6 N/mm ² ohne Haftvermittler ≥ 0,8 N/mm ² mit Haftvermittler	keine Anforderungen	keine Anforderungen	≥ 1 N/mm ²	≥ 2 N/mm ²
Frost-Tau Widerstans-fähigkeit	gefordert	gefordert	gefordert	keine Anforderungen	gefordert		gefordert	keine Anforderungen
Wasserdurchlässigkeit	keine Anforderungen	≥ 5.10 ⁻⁵ m/s	≥ 1.10 ⁻⁶ m/s	≥ 1.10 ⁻⁶ m/s	≥ 4.10 ⁻³ m/s	≥ 3.10 ⁻³ m/s	gefordert	keine Anforderungen

Anhang 2: VERGLEICH DER REGELWERKE IN DEN VERSCHIEDENEN LÄNDER FÜR DAS FUGENSMATERIAL BEI DER GEBUNDENEN PFLASTERBEFESTIGUNG

Gebundene Bauweise / Vergleich der Regelwerke								
Fugenfüllung	Österreich		Deutschland		Schweiz		England	
	Richtlinien und Vorschriften für Straßenbau		Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen	Wissenschaftlich-Technischer Arbeitskreis WTA	Schweizer Norm		Britisch Standard	
erforderte Eigenschaft	RVS. 8S06.4 (2005)	RVS. 08.18.01 (2005)	FGSV Arbeitspapier (2007)	WTA-Merkblatt (2007)	SN 640 480 (2006)	SN 640 480 (2009)	BS 7533-7 (2002) Pflasterdecken	BS 7533-12 (2006) Plattenbeläge
Druckfestigkeit	$\geq 30 \text{ N/mm}^2$	$\geq 30 \text{ N/mm}^2$	MW $\geq 45 \text{ N/mm}^2$ EW $\geq 40 \text{ N/mm}^2$	Labor: 28 T Bauklasse III + VI $\geq 40 \text{ N/mm}^2$ max. 55 N/mm^2 Baustelle: 28 T $\geq 70 \% \text{ d. Laborwertes}$ EW $\geq 30 \text{ N/mm}^2$ Bauklasse III mit besondere Beanspruchungen $\geq 70 \text{ N/mm}^2$ Baustelle: $\geq 60 \text{ N/mm}^2$	Zementgehalt min. 400 kg/m^3 Zement CEM I 42.5 nach 28 T: $\geq 25 \text{ N/mm}^2$	Zementgehalt min. 400 kg/m^3 Zement CEM I 42.5 nach 28 T: $\geq 25 \text{ N/mm}^2$	Nach Verkehrsbelastung: a) $\geq 15 \text{ N/mm}^2$ b) $\geq 25 \text{ N/mm}^2$ c) $\geq 40 \text{ N/mm}^2$	$\geq 40 \text{ N/mm}^2$
Haftzugfestigkeit	$\geq 1 \text{ N/mm}^2$	$\geq 1 \text{ N/mm}^2$	Labor: MW $\geq 1,5 \text{ N/mm}^2$ EW $\geq 1,2 \text{ N/mm}^2$ Baustelle: $\geq 0,8 \text{ N/mm}^2$	Labor: $\geq 1,5 \text{ N/mm}^2$	keine Anforderungen	keine Anforderungen	Nach Verkehrsbelastung: a) keine Anforderung b) $\geq 1,0 \text{ N/mm}^2$ c) $\geq 1,2 \text{ N/mm}^2$	$\geq 1,5 \text{ N/mm}^2$
Frost-Tau Widerstandsfähigkeit	gefordert	gefordert	Messung der Schalllaufzeit Zul. Abfall max. 10% Abwittwrung $< 500 \text{ g/m}^2$	Gefordert $< 500 \text{ g/m}^2$	gefordert	gefordert	gefordert	keine Anforderungen
Wasserdurchlässigkeit	keine Anforderungen	keine Anforderungen	keine Anforderungen	keine Anforderungen	keine Anforderungen	keine Anforderungen	gefordert	keine Anforderungen