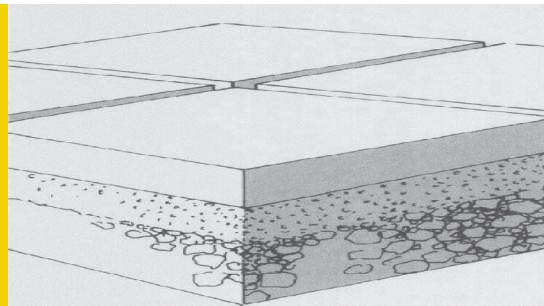




Bautechnische Information Naturwerkstein

Stand: März 2021

Bodenbeläge, außen

0. Anwendungsbereich	4	4.2 Verlegearten	13
1. Naturwerkstein Bodenbeläge	4	4.2.1 Ungebundene Bettung	13
1.1 Bemusterung	4	4.2.2 Verlegung im Zementmörtel nach 3.5.1	13
1.2 Abriebfestigkeit	4	4.2.3 Verlegung im Zementmörtel mit haufwerkporigem Gefüge nach 3.5.2... 13	
1.3 Witterungsbeständigkeit	5	4.2.4 Verlegung im Dünnbettmörtel nach 3.5.3	13
1.4 Produktnormen	5	4.2.5 Verlegung im Mittelbettmörtel nach 3.5.4	14
1.5 Oberflächenbearbeitung	6	4.2.6 Beläge auf Stelzlagern	14
2. Umwelteinflüsse auf Bodenbeläge	6	4.2.7 Systemskizzen	14
2.1 Feuchtigkeit	6	5. Beläge für befahrene Wege, Straßen und Plätze	17
2.2 Frost	6	5.1 Unterbau und Tragschichten	17
2.3 Streusalz	6	5.2 Beläge auf Split- und Kiesschichten	17
2.4 Temperatureinflüsse	7	5.3 Beläge im Verbund über gebundenen Tragschichten	17
2.5 Schwindvorgänge	7	5.4 Beläge über Abdichtungen bzw. Dämmschichten	18
2.6 Reinigung	7	6. Pflasterbeläge	18
3. Verlegehinweise	8	6.1 Materialauswahl	18
3.1 Entwässerung/Gefälle	8	6.2 Unterbau und Tragschichten	18
3.2 Vermeidung von Feuchteflecken	8	6.3 Verlegung auf Kiesschicht	18
3.3 Fugen	8	6.3.1 Verlegehinweise	18
3.4 Bewegungsfugen	9	6.3.2 Verfugung	18
3.5 Verlegemörtel	9	6.4 Verlegung im Mörtelbett	18
3.5.1 Zementmörtel mit dichtem Gefüge	9	6.4.1 Verlegehinweise	18
3.5.2 Zementmörtel mit haufwerksporigen Gefüge	9	6.4.2 Verfugung	19
3.5.3 Hydraulisch erhärtende Dünnbettmörtel	10	7. Bemessung hochbelasteter Bodenbeläge	19
3.5.4 Hydraulisch erhärtende Mittelbettmörtel	10	7.1 Vorbemerkungen	19
3.6 Plattendicken	10	7.2 Erforderliche Plattendicke	19
3.7 Plattenformate	11	7.3 Verwendungszweck und Beanspruchung	20
3.8 Abdichtungen	11	7.4 Beläge auf ungebunden Tragschichten	20
3.9 Türanschlüsse	11	7.4.1 Berechnungsgrundlagen	20
3.9.1 Allgemeines	11	7.4.2 Bemessungstabellen	21
3.9.2 Niedrige Türanschlüsse	11	7.4.3 Berechnungsbeispiele	23
3.9.3 Barrierefreie Übergänge	12	7.5 Beläge auf gebundenen Tragschichten	25
4. Verlegung auf Terrassen, Balkonen und Gehwegen	12	7.6 Verkehrsbelastungsklassen	25
4.1 Untergründe	12	8. Hinweise auf Normen und Richtlinien	26
4.1.1 Erdreich	12		
4.1.2 Betontragschicht/Estrich ohne Abdichtung	12		
4.1.3 Betontragschicht/Estrich mit Abdichtung, Trennlagen, Dämmungen	12		
4.1.4 Drainmatten	13		

0. Anwendungsbereich

Die Art der Verlegung richtet sich insbesondere nach den zu erwartenden Belastungen der Außenbeläge aus Naturstein. Diese Richtlinie enthält Empfehlungen für Balkon- und Terrassenbeläge mit den üblichen Verkehrsbelastungen von max. 4 kN/m² (siehe Abschnitt 4) sowie für Verkehrswege außerhalb des Straßenverkehrs (siehe Abschnitt 5). Hinweise für Pflasterbeläge außerhalb des Straßenverkehrs enthält der Abschnitt 6. Bemessungshinweise für befahrene Flächen enthält der Abschnitt 7.

Für Flächen des Straßenverkehrs ist die Richtlinie Pflaster- und Plattendecken für befahrene und begangene Flächen in ungebundener und gebundener Ausführung sowie in Mischbauweisen des DNV zu beachten.

1. Naturwerkstein für Bodenbeläge im Außenbereich

Naturstein ist ein Naturprodukt, dessen besondere Eigenschaften durch die Art und Bindung der gesteinsbildenden Mineralien bestimmt wird. Naturwerkstein, der für Bodenbeläge bearbeitete **Naturstein**, ist kein uniformes Industrieprodukt, sondern zeigt seine Entstehungsgeschichte.

Unter allen Baustoffen nimmt der Naturwerkstein eine herausragende Stellung ein. Die hervorragenden Eigenschaften der Naturwerksteine sind seit vielen Jahrtausenden ausschlaggebend für deren Verwendung als Baustoff. Besonders hoch werden Naturwerkstein-Bodenbeläge in Bezug auf technische Kriterien, technischfunktionale Lebensdauer sowie hinsichtlich des Reinigungs- und Pflegeaufwandes und nicht zuletzt unter ökologischen Gesichtspunkten wie Entsorgungs- und Recyclingfähigkeit bewertet.

1.1 Bemusterung

Naturwerksteine werden vielfach wegen ihrer hohen optischen und technischen Qualitäten als Bodenbelag ausgewählt. Die optische Qualität lässt sich mit einer umfassenden und aktuellen Bemusterung oder an Referenzbauten, die die ganze Bandbreite der Gesteinsvarietäten zeigen, darstellen. Einzelne Musterplatten dienen lediglich der Orientierung, können jedoch nicht als Anforderung für die gesamte Natursteinlieferung gelten.

Naturwerkstein kann nicht wie ein industriell gefertigtes Produkt ausgewählt und beurteilt werden. **Farbvarietäten im Naturstein sind natürlich und unvermeidlich.** Gemäß DIN 18 332 - Naturwerksteinarbeiten, Abs. 2.1.4, sind Farb-, Struktur- und Texturschwankungen innerhalb desselben Vorkommens ausdrücklich zulässig. Diese Schwankungen stellen die Einmaligkeit der Naturwerksteine dar.

Entsprechend den europäischen Produktnormen für Naturstein muss eine **Bezugsprobe** aus einer angemessenen Anzahl von Natursteinstücken ausreichender

Größe bestehen, um das allgemeine Aussehen der fertig gestellten Arbeit wiederzugeben. Die Maße der Einzelstücke müssen mindestens 0,01 m² betragen (typisch sind Werte zwischen 0,01 m² und 0,25 m² in der Sichtfläche aber auch größer) und müssen das Aussehen bezüglich der Färbung, des Adermusters, der physikalischen Struktur und der Oberflächenbearbeitung angeben. Insbesondere muss die Bezugsprobe die spezifischen Merkmale des Gesteins, wie Poren und Löcher, Glasa- dern, Flecken, Kristalladern und Rostflecken aufweisen. Die Bezugsprobe fordert nicht die strenge Gleichförmigkeit zwischen der Probe an sich und der tatsächlichen Lieferung; natürliche Schwankungen dürfen immer auftreten. Wenn die Verarbeitung des Gesteins üblicherweise den Einsatz von Ausbesserungen, Füllstoffen oder sonstigen ähnlichen Produkten für natürliche Löcher, Fehlstellen oder Risse einschließt, muss die Bezugsprobe ebenso dasselbe an der bearbeiteten Oberfläche aufweisen. Alle an der Bezugsprobe aufgezeigten Merkmale müssen als für das Gestein typisch und dürfen nicht als ein Mangel angesehen werden, so dass diese keinen Grund für die Zurückweisung darstellen dürfen, außer wenn diese Merkmale übermäßig stark auftreten und der typische Charakter des Gesteins verloren gegangen ist.

Werden besondere Anforderungen an das Aussehen der Natursteine gestellt, so bedarf dies einer schriftlichen Vereinbarung. Dies stellt eine besondere Leistung dar. Einschränkungen der Farb-, Struktur- und Textur-Schwankungen sind nach DIN 18332 Abs. 0.2.5 in der Leistungsbeschreibung anzugeben. Die Möglichkeit einer Einschränkung der Bandbreite des natürlichen Vorkommens ist material- und mengenabhängig und wird durch Lieferung von einzelnen charakteristischen Extremwertplatten und Ausgrenzen von eventuell möglichen natürlichen Erscheinungsbildern diskutiert. Sie kann nur aus Material der aktuellen Bruchschichten erfolgen und für kleinere Mengen in Betracht gezogen werden. Falls im Ausnahmefall eine Begrenzung der Steinvarietäten vereinbart wird, müssen Protokolle über die Ausschlusskriterien gefertigt sowie die Bestimmungsmuster gekennzeichnet (Name, Datum, Unterschrift, etc.) und unveränderbar gesichert werden.

1.2 Abriebfestigkeit

Außenbeläge unterliegen vor allem schleifenden Belastungen. Die Abriebfestigkeit der Oberflächen wird nach DIN EN 14157-B (DIN 52108) durch die Verschleißprüfung mit der Schleifscheibe nach Böhme ermittelt. Die erforderliche Abriebfestigkeit ist in Abhängigkeit von der Nutzung und Oberflächenbearbeitung der Beläge festzulegen.

Die Abriebwerte variieren zwischen 5 cm³ und 60 cm³ pro 50 cm². Je höher der angegebene Wert, desto niedriger ist die vorhandene Abriebfestigkeit. Entsprechend der jeweiligen Nutzungsart sollte die erforderliche Abriebfestigkeit eines Belages festgelegt werden. Bei stark frequentierten Bodenbelägen in öffentlichen Bereichen sollten niedrige Werte des Schleifverlustes (z.B. unter 25 cm³/50 cm²) vorliegen.

Gesteinsgruppen	Abnutzung durch Schleifen nach DIN EN 14157-B (DIN 52108) DIN EN 14157-B (DIN 52108)
A. Erstarrungsgesteine	
1. Granit, Syenit	
2. Diorit, Gabbro	
3. Quarzporphyr, Keratophyr, Porphyrit, Andesit	4 bis 8
4. Basalt, Melaphyr	5 bis 8,5
Basaltlava	12 bis 15
5. Diabas	5 bis 8
B. Schichtgesteine	
6. Kieselige Gesteine	
a) Gangquarz, Quarzit, Grauwacke	6 bis 25
b) quarzitisches Sandsteine	7 bis 39
7. Kalksteine	
a) dichte (feste) Kalke und Dolomite (einschließlich Marmore)	11 bis 36
b) sonstige Kalksteine einschließlich Kalkkonglomerate	14 bis 80
C. Metamorphe Gesteine	
9. a) Gneise, Granulit	
b) Amphibolit	
c) Serpentin	7 bis 25

1.3 Witterungsbeständigkeit

Bodenbeläge im Außenbereich sind den höchsten Belastungen ausgesetzt, die auf einen Naturwerkstein einwirken können. Sie sind u.a. witterungsbedingt starken Feuchtigkeitsbelastungen ausgesetzt. Ein wichtiges Kriterium für die Verwitterungsbeständigkeit ist deshalb die **Frostbeständigkeit** (s. Abs. 2.2).

Werden **Streusalze** eingesetzt, ist der verwendete Naturstein hinsichtlich seiner Beständigkeit zu prüfen (s. Abs. 2.3).

Weitere Hinweise zur Bestimmung der Widerstandsfähigkeit gegen Witterungseinflüsse enthält DIN 52008

1.4 Produktnormen

Für Bodenbeläge aus Naturwerksteinplatten im Außenbereich sind im Rahmen der harmonisierten Europäischen Normung zwei unterschiedliche Produktnormen erschienen, die je nach Nutzung der Bodenplatten Anwendung finden. Die Festlegung der Produktnormen wie beispielsweise Toleranzen der Abmessungen ist auf die jeweilige Einbausituation abzustimmen.

Anforderungen an **Pflastersteine und Platten aus Naturstein für Verkehrswege** (Straßen, Wege und Plätze mit Fahrzeugverkehr – siehe Abs. 5) sowie **Flächen des Garten- und Landschaftsbaues** mit wasserdurchlässigen Tragschichten nach **DIN 18318** sind in DIN EN 1341 für Pflaster, in DIN EN 1342 für Platten sowie in DIN EN 1343 für Bordsteine enthalten.

Anforderungen an Platten aus Naturstein für **Naturwerk-**

steinarbeiten im Umfeld von Gebäuden (Balkone und Terrassen) nach DIN **18332**, beispielsweise PKW-Hauszufahrten, Zugangswege, Terrassen und Balkone, enthält **DIN EN 12058**. Anforderungen an Fliesen aus Naturstein (Dicke ≤ 12 mm) enthält **DIN EN 12057**.

Für **Platten** aus Naturstein gelten nach **DIN EN 12058** nachstehende Grenzabmaße:

für die **Dicke**

- über 15 mm bis 30 mm ± 10 %
- über 30 mm bis 80 mm ± 3 mm
- über 80 mm ± 5 mm

für **Länge und Breite**

- Nennmaß der Länge oder Breite in mm < 600 ≥ 600
- Dicke der Schnittkanten ≤ 50 mm ± 1 mm $\pm 1,5$ mm
- Dicke der Schnittkanten > 50 mm ± 2 mm ± 3 mm

für den **Winkel und Sonderformen**

Abweichungen müssen innerhalb der in den für Länge und Breite vorgegebenen Toleranzen liegen.

Anforderungen an die Ebenheit

Die Ebenheitstoleranz der Oberfläche darf 0,2 % der Plattenlänge bzw. 3 mm nicht überschreiten (außer bei naturrau gespaltenen Oberflächen). Für naturrau gespaltene Oberflächen ist die Toleranz der Ebenheit vom Hersteller anzugeben.

Werden höher Anforderungen an die Abmessungen gestellt oder Grenzabmaße für gespaltene und handbekantete Platten gefordert, so sind diese gesondert zu vereinbaren.

Zulässige Abweichungen von der Ebenheit der Platten sind in Abhängigkeit von der Oberflächenstruktur auf Verlangen gesondert zu vereinbaren.

1.5 Oberflächenbearbeitung

Bodenbeläge im Freien müssen trittsicher sein. Als trittsicher haben sich raue Oberflächenbearbeitungen, wie z. B. geflammt, gestockt, hochdruckwassergestrahlt, jetgestrahlt, sandgestrahlt, abgerieben, bewährt. Für Oberflächen mit einer Rautiefe ab ca. 1 mm sind keine Prüfungen zum Nachweis der Trittsicherheit erforderlich. Bei porigen Natursteinen (z.B. Basaltlava, Travertin, Sandstein) können auch geschliffene Oberflächen eine ausreichende Rutschhemmung aufweisen.

Die Gesteinsbearbeitung ist abhängig von der Gesteinsart. Naturwerkstein-Fachbetriebe beraten über die verschiedenen Möglichkeiten der Oberflächenbearbeitung.

In der **DGUV Regel 108-003 für Fußböden in Arbeitsräumen und Arbeitsbereichen mit Rutschgefahr** (früher BGR 181; ZH 1/571) werden Richtwerte der rutschhemmenden Eigenschaften für **Arbeitsbereiche** und deren **Verkehrswege im Außenbereich** vorgestellt. Verkaufsbereiche, Lagerbereiche, Werkstätten, Parkflächen, Verkehrswege, **Eingangsbereiche und Treppen im Freien** sollen dem Richtwert **R11** für die Bewertungsgruppe der Rutschgefahr entsprechen. Stark profilierte Beläge können auch dem zulässigen Richtwert **R 10 - V 4** entsprechen, wobei V 4 für einen Verdrängungsraum von 4 cm³/dm² steht (dies ist bei Natursteinbelägen beispielsweise durch eingefräste Rillen zu erreichen).

Für Rampen bzw. Flächen mit starkem Gefälle ist der Richtwert R 12 für die Bewertungsgruppe der Rutschgefahr vorzusehen.

Imprägnierungen und Farbtonvertiefer können die rutschhemmenden Eigenschaften beeinflussen und sind im Außenbereich nur bedingt geeignet. Die Angaben der Hersteller sind zu beachten.

2. Umwelteinflüsse auf Bodenbeläge

2.1 Feuchtigkeit

Durch den Belag in den Verlegeuntergrund eindringende Feuchtigkeit ist häufig Ursache für Beanstandungen an Bodenbelägen. Auf Natursteinbelägen, die im Mörtel- oder Splitt- bzw. Kiesbett verlegt und häufig durchfeuchtet sind, können dunkle Feuchtflecken und Kalkablagerungen entstehen. Zeitweise auftretende Feuchtigkeitflecken an Plattenoberseiten sind unvermeidlich und stellen keinen Mangel dar.

Durch unvermeidbare Risse im Fugenmörtel und durch die Kapillarwirkung der Natursteine und Fugenmörtel dringt Feuchtigkeit in den Untergrund ein und löst Calciumhydroxid aus dem Verlegemörtel oder Betonuntergrund. In Trocknungsphasen wird das Calciumhydroxid über die Kapillare an die Oberfläche transportiert und es bleibt infolge Karbonatisierung Kalksinter an der Oberfläche zurück. Insbesondere auf wasserführenden Untergründen, wie Abdichtungen und dichten Betono-

berflächen, mit ausführungsbedingten Unebenheiten, tritt dieses Phänomen häufiger auf. Da das Eindringen von Wasser in den Untergrund kaum vermieden werden kann, können Kalkausblühungen nur durch sorgfältig ausgewählte Aufbauten deutlich vermindert werden. Eine Möglichkeit besteht in einer gut funktionierenden Entwässerung des Untergrundes.

Zur Vermeidung von Staunässe muss der Untergrund ein Gefälle zu den Entwässerungsbauteilen aufweisen und das Verlegebett (haufwerkporige, ausblühungsarme Mörtel, Kies- oder Splittbettung) sollte wasserdurchlässig sein. Durch den Einbau einer kapillarbrechenden Drainmatte wird die horizontale Wasserableitung auf wasserundurchlässigen Untergründen (Beton/Estrich, Abdichtungen, Trennlagen) im Untergrund verbessert (siehe auch Abs. 3.2).

Bei einer wasserdurchlässigen Bettung ist sowohl die Wasserdurchlässigkeit (Ablaufzeit) wie auch das Speichervermögen (Benetzung) und das kapillare Saugverhalten von Bedeutung. Die Wasseraufnahme im Naturstein infolge des kapillaren Saugverhaltens ist wesentlich größer als die Wasserdampfdurchlässigkeit.

Eine Imprägnierung, Farbtonvertiefer oder Versiegelung von Naturwerksteinen im Außenbereich mit Mitteln, die die Diffusionsfähigkeit wesentlich einschränken, ist schadensträchtig und somit nicht zu empfehlen. Imprägnierungen können den kapillaren Wassertransport einschränken und zu oberflächennahen Ablagerungen von mitgeführten Salzen oder anderen löslichen Stoffen führen und somit Feuchtflecken und Farbveränderungen begünstigen. Es können hierdurch bei sensiblen Naturwerksteinen auch Salzabsprengungen und Frostschäden auftreten. Sollten Imprägnierungen eingesetzt werden, ist deren Eignung für den jeweiligen Naturwerkstein und dessen Verwendungszweck im Außenbereich mit dem Imprägniermittelhersteller objektbezogen nachzuweisen.

2.2 Frost

Bodenbeläge aus Naturwerkstein-Platten sind in der Regel nicht wasserdicht. Ist das Mörtelbett stark durchfeuchtet, kann es infolge der Porenvolumenvergrößerung des gefrierenden Wassers zu Schäden kommen. Zermürbung des Mörtels, Ablösen, Aufwölben und Hochstellen der Natursteinplatten können die Folgen sein. Porenreiche Verlegemörtel, die das Wasser schnell ableiten, sind frostwiderstandsfähig.

Die Frostbeständigkeit von Natursteinen ist abhängig von der Wasseraufnahme. Naturwerksteine, die über Kapillaren viel Wasser aufnehmen und speichern, können durch Frosteinwirkung geschädigt werden.

Ein Gestein darf hinsichtlich seiner Verwitterungsbeständigkeit als brauchbar beurteilt werden, wenn es sich unter Klima- und Einbaubedingungen bewährt hat, die mindestens ebenso ungünstig waren, wie bei der vorgesehenen Verwendung erwartet werden kann. Liegen keine Erfahrungen hinsichtlich der Frostbeständigkeit vor, wird eine Prüfung der Wasseraufnahme nach DIN EN 13755 und eine Frostprüfung gemäß DIN 52008 Anhang D mit mindestens 25 Frost-Tau-Wechseln empfohlen.

2.3 Streusalz

Die Verwendung von Streusalzen stellt eine hohe chemische und physikalische Beanspruchung für Bodenbeläge dar und sollte, auch aus Umweltschutzgründen, vermieden werden.

Viele Natursteine sind unempfindlich gegen Streusalze. Falls für das betreffende Gestein keine Erfahrungen vorliegen, kann der verwendete Naturstein in Anlehnung an DIN EN 52008 Anhang E hinsichtlich seiner Beständigkeit geprüft werden.

In Wasser gelöstes Tausalz, das in die Fugen und Mörtelbettung eindringt, führt häufig zu einer Zerstörung der Fugenmörtel und vermindert somit den Verbund zwischen Mörtel und Naturwerkstein. Bei tausalzbelasteten Flächen ist auf die Auswahl von Fugenmörtel mit hoher Widerstandsfähigkeit gegen Tausalzeinwirkung zu achten.

Alternativ sind Taumittel ohne reaktive Salze oder Granulate als Streumittel zu verwenden.

2.4 Temperatureinflüsse

Je nach Lage der Außenfläche und Farbe des Belages sind Außenbeläge hohen Temperaturschwankungen ausgesetzt. Zum Ausgleich von Längenänderungen infolge Temperaturdehnungen müssen bei starren Tragschichten und Belägen ausreichende Bewegungsfugen geplant werden, die die gesamte starre Belagskonstruktion trennen. Bauwerkstrennfugen sind grundsätzlich im Belag an gleicher Stelle zu übernehmen. Der Regelabstand für Bewegungsfugen beträgt 2 m – 5 m. Für das Anlegen der erforderlichen Dehnfugen ist es wichtig, die Wärmedehnzahlen der einzelnen Materialien zu kennen. Angaben zur thermischen Dehnung von Naturstein sind in BTI 1.7 Bauchemische und bauphysikalische Einflüsse Außenarbeiten enthalten.

2.5 Schwindvorgänge

In zementären Baustoffen ist das Schwinden der Effekt des Schrumpfens infolge der Verdunstung des Anmachwassers und anschließender Verdichtung des Betonkonglomerats. Dadurch entstehen Scherspannungen in den Verbundfugen Naturwerkstein/Verlegemörtel und Verlegemörtel/Betonuntergrund. Mit der Verwendung von Mörtel mit haufwerkporigem Gefüge (Grobkornmörtel) nach 3.4.3 können schädliche Schwindspannungen erheblich reduziert werden.

Bei Naturwerksteinbelägen sowie Betonuntergründen mit dichten glatten Oberflächen ist der Haftverbund gefährdet. Durch das Aufrauen der Oberflächen oder der Verwendung einer abgestimmten Kontaktschicht kann der Haftverbund verbessert und ein Abscheren des Belages von der Tragschicht vermieden werden.

Um schädliche Spannungen zu vermeiden, dürfen Beläge erst nach ausreichender Trocknung und weitestgehend abgeschlossener Schwindung der Untergründe und Verlegemörtel verlegt und verfugt werden.

2.6 Reinigung

Pflaster und Plattenbeläge sind schonend zu reinigen. Reinigungsmittel und die Art der Reinigung sind auf das jeweilige Naturstein- und Fugenmaterial abzustimmen. Für Beläge mit ungebundenen Fugenmaterialien sollten Reinigungsgeräte mit horizontaler Absaugung verwendet werden.

Optische Veränderungen von Belägen durch Veralgung, Vermoosung und sonstigen Bewuchs werden maßgeblich durch das örtliche Mikroklima der anzutreffenden Mikroben, wie z.B. der chemoorganotrophen Bakterien, Moose, Pilze, Flechten, Aktinomyzeten, Grünalgen bestimmt. Die natürliche Porigkeit der Natursteine begünstigt die Wasserhaltung und somit den Bewuchs. Sonnenabgewandte Nordseiten, beschattete Innenhöfe und sonstige Bereiche, die über längere Zeiträume feucht bleiben (z.B. Flächen unter Blumenkübel), sind besonders anfällig.

Die Beseitigung dieser optischen Veränderungen kann durch Reinigungsmaßnahmen im Rahmen der erforderlichen Bauwerksunterhaltung erfolgen. Im Fachhandel werden spezielle Reiniger für vergrünte Flächen angeboten.

Bei der Anwendung von Hochdruckreinigern kann in Abhängigkeit von der Steinhärte die Steinoberfläche aufgeraut oder beschädigt werden. Die Anwendung (Wasserdruck, Düsenart, Sprühabstand etc.) ist deshalb auf den jeweiligen Naturstein abzustimmen.

Die Reinigung der Beläge sollten in regelmäßigen Zeitabständen erfolgen. Die Reinigungszyklen sind entsprechend der Verschmutzungsneigung zu wählen. Eine jährliche Grundreinigung ist empfehlenswert.

Bei maschineller Reinigung mit Fahrzeugen ist der Bodenbelag für die schadensfreie Aufnahme der statischen und dynamischen Belastung zu bemessen. Die Art der maschinellen Reinigung muss auf die Art der Bodenkonstruktion abgestimmt werden. Bei einer ungebundenen Bauweise ist die maschinelle Reinigung aufgrund der offenen Fugen schonend durchzuführen.

Weiter Hinweise für die Reinigung von Natursteinbelägen sind in BTI 3.2 Reinigung und Pflege enthalten.

3. Verlegehinweise

3.1 Entwässerung/Gefälle

Bei der Planung von Bodenbelägen ist auf eine kontrollierte Entwässerung der Belagsoberfläche und der Bettung zu achten. Bodenbeläge im Außenbereich sind grundsätzlich mit einem Gefälle zu verlegen, welches eine rasche und gezielte Ableitung von Oberflächenwasser ermöglicht. Aufgrund der Oberflächenspannung des Wassers sind geringe Wasseranstauungen von wenigen mm Höhe an den Plattenrändern unvermeidlich.

Ebenso muss der Verlegeuntergrund ein Gefälle aufweisen, um eine rasche Ableitung von eingedrungenem Wasser in eine Drainageleitung oder Ablauf zu ermöglichen. Pfützenbildungen im Verlegeuntergrund sind zu vermeiden. Bei Flächen mit Abdichtungen mit einer Neigung bis ungefähr 5 % ist aufgrund zulässiger Ebenheitstoleranzen, Durchbiegungen des Tragwerks, vorhandenem Gegengefälle und aufgrund der Unebenheit an Bahnenüberlappungen und -verstärkungen eine Pfützenbildung möglich.

Bei wasserundurchlässigen Untergründen kann durch den Einbau einer kapillarbrechenden Drainmatte die horizontale Wasserableitung verbessert und negative Auswirkungen von Pfützenbildungen weitestgehend reduziert werden (siehe 4.1.4).

Auch bei einem Erdplanum ist auf eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit zu achten. Bei unzureichender Wasserdurchlässigkeit ist ggf. eine horizontale Wasserableitung (z.B. Dränrohre, Dränmatte) vorzusehen.

Mit zunehmender Rauigkeit der Natursteinoberflächen ist ein stärkeres Gefälle vorzusehen. Das Gefälle zur Wasserableitung sollte mind. 1,5 %, bei rauen Oberflächenbearbeitungen mind. 2 - 3 %, betragen.

Es sind ausreichende Wasserabläufe einzuplanen, die an Vorfluter oder Versickerungseinrichtungen angeschlossen sind. Vorteilhaft ist der Einbau von Dränagen, Ablaufrinnen oder Bodenabläufen, die alle wasserführenden Ebenen (auch wasserführenden Tragschichten) entwässern.

Bei Bodenbelägen mit offenen Fugen ist bereits bei einem Fugenanteil über 5 % und Fugenbreiten von mind. 4 mm eine Ableitung von Regenwasser in einem wasserundurchlässigen bzw. wasserabführenden Untergrund unproblematisch. Es kann deshalb in Ausnahmefällen auf ein Oberflächengefälle verzichtet werden. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass insbesondere bei konkaven Oberflächen der Belagsplatten Pfützenbildungen, Wasserränder und Schmutzablagerungen auf den Plattenoberseiten unvermeidlich sind und der Reinigungsaufwand, insbesondere im Hinblick auf die Rutschgefahr, wesentlich erhöht ist.

Die offenen Fugen und die Vorfluter sind regelmäßig zu reinigen, damit der Wasserablauf gewährleistet ist. Es handelt sich bei Flächen im Außenbereich ohne Gefälle grundsätzlich um Sonderbauweisen, die einer sorgfältigen Planung bedürfen und gesondert zu vereinbaren sind.

3.2 Vermeidung von Feuchtflecken

Durch den Belag in den Verlegeuntergrund eindringende Feuchtigkeit ist häufig Ursache für Beanstandungen an Bodenbelägen. Auf Natursteinbelägen, die im Mörtel- oder Splitt- bzw. Kiesbett verlegt und häufig durchfeuchtet sind, können dunkle Feuchtflecken und Kalkablagerungen entstehen. Zeitweise auftretende Feuchtigkeitflecken an Plattenoberseiten sind unvermeidlich und stellen keinen Mangel dar.

Die Entstehung von Feuchtflecken an den Oberflächen von Natursteinbelägen wird durch die Kapillarität der Natursteine und der Bettung sowie durch den Eintrag von Salzen gefördert.

Die Empfindlichkeit hinsichtlich optisch wahrnehmbarer Feuchtflecken ist abhängig vom Farbwechsel durch Feuchtigkeit und der Durchsichtigkeitstiefe der jeweiligen Natursteine. Bei einem Farbwechsel durch Feuchtigkeit von unter 7,5 % und einer Durchsichtigkeit von weniger als 7 mm sind nach Untersuchungen des Schweizer Naturstein-Verbandes NVS keine besonderen Maßnahmen erforderlich. Bei höheren Werten werden kapillarsperrende Maßnahmen empfohlen. Bei Natursteinen mit extremen Farbwechseln und hoher Durchsichtigkeit ist eine wasserundurchlässige Beschichtung der Plattenrückseite vor der Verlegung möglich, die mit dem Produkthersteller projektbezogen abzuklären ist.

Kapillarbrechende Bettungen müssen ausreichende Hohlräume sowie möglichst keinen Anteil an Körnungen unter 2 mm Korngröße aufweisen (siehe 4.2.1). Auch bei hohlraumreichen Bettungsmaterialien kann die Feuchtigkeit an den Korngrenzen anhaften und bis zum Plattenbelag aufsteigen. Es ist zwischen der Wasserdurchlässigkeit (Ablauffähigkeit) und der Wasseraufnahme (Speicherfähigkeit) zu unterscheiden.

3.3 Fugen

Mit den Fugen werden die Maßtoleranzen der Platten ausgeglichen. Bodenbeläge sind mit möglichst gleichmäßig breiten Fugen zu verlegen. Die **Fugenbreite** richtet sich nach Format und Art der Platten, Beanspruchung, Kantenbearbeitung, Art der Verfüguung und dem gewünschten Fugenbild.

Üblicherweise ist die Breite der mineralischen Mörtelfugen bei gesägten Platten bis 60 cm Kantenlänge etwa 4 mm oder darüber, bei größeren Kantenlängen etwa 5 mm oder darüber. Die Regel-Fugenbreite sollte auch bei unbearbeiteten Plattenkanten und unregelmäßigen Plattenabmessungen (Polygonalplatten) 15 mm nicht überschreiten. Gegebenenfalls sind die Plattenkanten örtlich nachzuarbeiten. Werden bei porösen Naturwerksteinen (z.B. Travertin, Basaltlava) die Fugen einzeln vergossen, sollten sie ca. 8 mm breit sein.

Das Verfugen der im Mörtelbett verlegten Beläge darf erst nach ausreichender Trocknung der Verlegemörtel erfolgen. Die Festigkeit der Fugenmörtel sollte geringer als die Festigkeit der Natursteine sein. Der Fugenmörtel darf keine Randverfärbungen an den Belagsplatten verursachen. Für die Verfüguung ist ohne besondere Vereinbarung grauer Zementmörtel (Trassze-

ment) zu verwenden. Bei farbigen Fugenmörteln ist deren Eignung (keine Randzonenverfärbungen) nachzuweisen.

Raue und porige Naturwerkstein-Beläge sind nach der Verlegung unverzüglich zu reinigen, um das Anhaften von Mörtelresten zu vermeiden.

Gebundene Fugenfüllungen sind bei gesägten Kanten bis zur Steinoberfläche, bei gefasteten Kanten bis zur Unterkante der Fase einzubauen.

Aufgrund der thermischen Verformung der Naturwerksteine sind feine Risse in Mörtelfugen unvermeidlich und stellen keinen Sachmangel dar. Mörtelfugen und ungebundene Fugen müssen regelmäßig gewartet und instandgesetzt werden. Über Fugen in den Untergrund eindringende Feuchtigkeit ist häufig die Ursache von Beanstandungen. Durch die Auswahl dichter und wasserabweisender Fugenmaterialien kann dies vermindert, jedoch nicht verhindert werden.

Bei hochbelasteten Bodenbelägen ist ein geeignetes Fugenmaterial über die gesamte Steinhöhe einzubauen und zu verdichten.

Bei der Anwendung vorkonfektionierten Fugenmörtel sollten diese den Anforderungen der DIN EN 13 888 entsprechen.

Drainfähige Fugenmörtel sind in Verbindung mit gebundenen Bauweisen nicht zu empfehlen. Es wird planmäßig unerwünschtes Wasser in die Konstruktion geleitet. Ausblühungen und Feuchtflecken werden begünstigt.

Offen verbleibende Fugen sind mit Ausnahme von Belägen auf Stelzlagern (siehe Abs. 4.2.6) aufgrund der hohen Wasserbelastung der Bettung ebenfalls nicht zu empfehlen. Bei wasserdurchlässigen Fugenfüllstoffen (ungebunden, kunstharzgebunden) ist auf eine schnelle Wasserableitung im Fugenraum und der Bettung zu achten.

3.4 Bewegungsfugen

Bei Bodenbelägen mit starrer Bettung müssen Bewegungsfugen entsprechend den zu erwartenden Bewegungen angelegt werden. Einspannungen von starren Belagsfelder sind zu vermeiden. Art, Lage, Maße und Art der Bewegungsfugen sind vom Planer im Leistungsverzeichnis anzugeben.

Bewegungsfugen sollten die Belagsflächen in möglichst quadratische Felder unterteilen. Bei schwimmend verlegten Bodenbelägen (z.B. auf Dämmschichten oder Trennschichten) sollten Bewegungsfugen im Abstand von ca. 2 m bis 5 m angelegt werden. Die Feldgrößen sind abhängig von den thermischen- und der hygrischen Längenänderungen. Belagsfarbe und die Besonnung der Fläche sind weitere Faktoren, die berücksichtigt werden müssen. Dunkle Steinoberflächen heizen sich wesentlich stärker als helle Oberflächen auf. Ein maximales Seitenverhältnis von 1:2 sollte nicht überschritten werden.

Bewegungs- und Trennfugen im Untergrund sind in ausreichender Breite und an gleicher Stelle im Belag zu übernehmen.

Bauwerkstrenn-, Bewegungs- und Anschlussfugen an starren Bauteilen, festen Einbauten und aufgehenden Wänden sind im Außenbereich mit mindestens 8 mm Breite anzulegen und mit nichtfleckenden Dichtstoffen (Eignungsnachweis des Herstellers) oder Profilen zu schließen, wobei die jeweilige Kantenbeanspruchung zu berücksichtigen ist. Bleiben Anschlussfugen offen, sind entsprechende Entwässerungseinrichtungen im Untergrund vorzusehen.

Mit elastischen Füllstoffen geschlossene Fugen unterliegen chemischen und physikalischen Einflüssen und können reißen. Die unvermeidlichen Verformungen überschreiten in der Regel die Elastizität der Fugenfüllstoffe. Elastische Fugenausbildungen erfordern eine regelmäßige Wartung und sind insoweit von der Gewährleistung ausgeschlossen.

3.5 Verlegemörtel

Je nach Art der Nutzung und damit verbundener Belastung der Bodenbeläge sind unterschiedliche Anforderungen an die Qualität der Verlegemörtel zu stellen. Werksgemischte Mörtel sind aufgrund ihrer gleichbleibenden Qualität vorteilhaft.

Als Bindemittel für den Verlegemörtel hat sich Trasszement bewährt. Der Trassanteil im Zement sollte über 40 % liegen. Kalkzusätze sind zu vermeiden. Bei Werkmörteln ist deren Eignung zur Verlegung von Naturstein im Außenbereich vom Hersteller nachzuweisen.

3.5.1 Zementmörtel mit dichtem Gefüge

Die Mörtelbettdicke für Bodenbeläge im Außenbereich beträgt bei einer **Dickbettverlegung** mit dichtem Mörtelgefüge zwischen ca. 20 mm und ca. 30 mm. Der übliche Verlegemörtel entsprechend DIN 18332 ist nicht als Lastverteilungsschicht geeignet und benötigt immer einen tragfähigen, trockenen Untergrund mit ausreichendem Gefälle.

Bei dichten, glatten Natursteinoberflächen sollte der Haftverbund durch eine Kontaktschicht verbessert werden.

Zementäre Mörtel mit dichtem Gefüge neigen bei Nässe zu Ausblühungen und erhöhen die Gefahr von Verfärbungen im Naturstein. Aufgrund der kapillaren Wasseraufnahme solcher Verlegemörtel sind beständige Feuchtflecken und Kalkablagerungen auf den Belagsoberflächen unvermeidbar. Bei hoher Wassersättigung können Frostschäden im Verlegemörtel auftreten. Die Verlegung von Naturwerksteinbelägen in Zementmörtel mit dichtem Gefüge ist deshalb nur eingeschränkt für verfärbungsunempfindliche Natursteine empfehlenswert.

3.5.2 Zementmörtel mit haufwerkporigem Gefüge

Beläge im Außenbereich sind üblicherweise nicht wasserdicht. Um in den Untergrund eindringendes Wasser schnell abzuleiten, ist die Verwendung eines drainagefähigen Mörtels (Grobkornmörtel) empfehlenswert. Die Anordnung einer hierfür geeigneten kapillarbrechenden Drainagematte verbessert die Wasserableitung und reduziert den Einfluss von schadensverursachendem Stauwasser auf den Belag (siehe 4.1.4 Drainagematten).

Entsprechend den Anforderungen der **DIN 18332 Abs. 3.2.3** ist für wasserdurchlässige Mörtel ein **Mischungsverhältnis Zement zu Zuschlag** von etwa **1 : 6 Raumteilen** zu empfehlen. Als Zuschlag ist beispielsweise Kies der Körnung 2/4 bis 4/8 oder Splitt 2/5 bis 4/11 ohne Feinanteile unter 2 mm zu verwenden. Der Zementleim darf die Poren nicht verschließen.

Entsprechend **DIN 18332 Abs. 3.2.4** ist die **Mörtelbettdicke** für Bodenbeläge im Außenbereich bei der Verwendung eines wasserdurchlässigen Mörtels mit grober Körnung zum erforderlichen Ausgleich der Toleranzen **ca. 40 mm bis ca. 60 mm**. Aufgrund des geringen Wasseranspruchs und der geringeren Schwindverformung dieser Mörtel ist dies ohne Probleme möglich. Zur Sicherstellung des Haftverbundes ist eine Kontaktschicht zwischen Naturwerkstein und Verlegemörtel vorzusehen. Die Verlegung der Natursteine erfolgt in der Regel „frisch in frisch“ mit rückseitig vollflächig aufgetragener Kontaktschicht in ausreichender Dicke.

Entsprechend der Steifigkeit der Untergründe können auch dickere Mörtelschichten erforderlich sein. Haufwerkporige Mörtel (Grobkornmörtel) eignen sich auch für die Herstellung von wasserdurchlässigen Lastverteilungsschichten, die aufgrund der schnellen Trocknung frühzeitig mit Naturwerkstein belegbar sind. Bei der Bemessung der erforderlichen Dicke dieser Lastverteilungsschicht ist die geringere Biegezugfestigkeit solcher haufwerksporiger Mörtel zu berücksichtigen. Die Verlegung kann „frisch in frisch“ oder auf erhärteter wasserdurchlässiger Lastverteilungsschicht mit rückseitig aufgetragener Kontaktschicht, deren Dicke einen Ausgleich von Unebenheiten der Lastverteilungsschichten noch erlaubt, erfolgen. Die Haftbrücke ist vorzugsweise mit einer Zahnkelle (6 mm Zahntiefe) auf der Plattenrückseite aufzubringen.

3.5.3 Hydraulisch erhärtende Dünnbettmörtel

Außenbeläge, insbesondere mit Fliesen aus Naturstein nach DIN EN 12057, können bis ca. 60 cm Kantenlänge bzw. einer Fläche bis 0,20 m² auch im kombinierten Floating-Buttering-Verfahren nach DIN 18157 mit **Dünnbettmörtel** oder Fließbettmörtel auf einer Lastverteilungsschicht verlegt werden. Die Mörtelbettdicke beträgt ca. 3 mm bis ca. 7 mm. Dünnbettmörtel müssen beständig gegen ständige Feuchtigkeit und Frosteinwirkungen sein.

Es sind die Verarbeitungshinweise des Herstellers zu beachten. Kunststoff vergütete Mörtelsysteme haben den Vorteil, dass diese bei entsprechender Vergütung einen dauerhaften Haftverbund auch zu sehr dichten Naturwerksteinmaterialien, wie Quarzite, Schiefer usw. sicherstellen. Bei der Verlegung im Dünnbettverfahren nach DIN 18157 sind erhöhte Anforderungen an die Ebenheit der Verlegeuntergründe und die Maßtoleranzen der Natursteindicke (Kalibrierung) zu stellen. Eine ebene und möglichst hohlraumarme Verlegung ist nur bei kleinen Plattenformaten möglich. Dünnbettmörtel werden üblicherweise in Kombination mit einer Verbundabdichtung entsprechend DIN 18531 verwendet.

Eine direkte Verlegung auf Beton oder Estrich ohne Abdichtung ist nicht zu empfehlen.

Aufgrund unvermeidbarer Hohlstellen bei der Verlegung ist diese Verlegemethode bei dichten Naturwerksteinen mit feinen Kapillarporen problematisch, da sich Feuchtigkeit im Verlegeuntergrund aufstauen und dies zu Feuchtflecken und Frostablösungen führen kann. Die Verlegung von Naturwerksteinbelägen im Dünnbettmörtel ist deshalb nur eingeschränkt für verfärbungsunempfindliche Natursteine empfehlenswert.

3.5.4 Hydraulisch erhärtende Mittelbettmörtel

Ergänzend zur Verlegung im Dünnbettmörtel nach DIN 18157 ist eine Verlegung im Mittelbettmörtel möglich. Mittelbettmörtel sind modifizierte Dünnbettmörtel, die mit einer Kelle in Dicken von ca. 7 mm bis ca. 25 mm auf den tragenden Untergrund hohlraumarm aufgetragen werden. Beim Einklopfen der Belagsplatten ist der Verlegemörtel so zu verteilen, dass möglichst wenig Hohlräume verbleiben. Zur Sicherstellung des Haftverbundes ist eine Kontaktschicht auf der Rückseite der Naturwerksteine aufzutragen. Mittelbettmörtel müssen beständig gegen ständige Feuchtigkeit und Frosteinwirkungen sein.

Mit Mittelbettmörtel können Unebenheiten des Untergrundes und Dickentoleranzen der Natursteinbeläge begrenzt ausgeglichen werden.

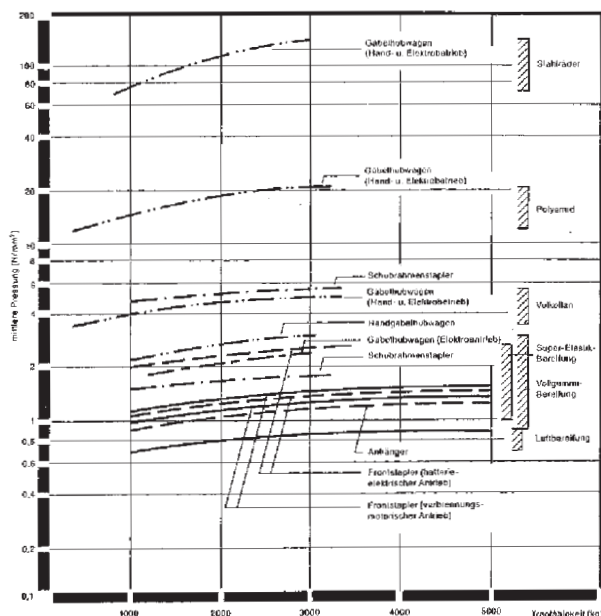
Aufgrund unvermeidbarer Hohlstellen bei der Verlegung ist diese Verlegemethode bei dichten Naturwerksteinen mit feinen Kapillarporen problematisch, da sich Feuchtigkeit im Verlegeuntergrund aufstauen und dies zu Feuchtflecken und Frostablösungen führen kann. Die Verlegung von Naturwerksteinbelägen im Mittelbettmörtel ist deshalb nur eingeschränkt für verfärbungsunempfindliche Natursteine empfehlenswert.

3.6 Plattendicken

Die **Mindestdicke** der Naturwerksteinplatten ist abhängig von der Beanspruchung, der Materialfestigkeit, dem gewählten Plattenabmessungen, der Verletechnik und dem Untergrund. Sie sollte bei einer Verlegung im Mörtelbett nach Abs. 3.5.1 und 3.5.2 oder auf Kies-/Sandschichten nicht unter **30 mm** betragen. Als Richtwert für die Plattendicke von nur begangenen Bodenbelägen (fußläufig) kann bei Kantenlängen über 60 cm etwa 1/20 der Plattenlänge gelten. Bei Natursteinen mit einer Biegezugfestigkeit unter 10 N/mm² ist dieser Richtwert jeweils um 1 cm zu erhöhen. Werden Natursteinplatten direkt und möglichst hohlraumarm auf tragfähigen Untergründen (z.B. Estrich, Beton oder bituminöse Tragschichten) verlegt, können die Plattendicken auch verringert werden. Bei Belägen auf Stelzlagern ist die Plattendicke nach Abs. 4.2.6 zu bestimmen.

Bodenbeläge mit besonderen Belastungen, z. B. befahrbare Bodenbeläge, müssen im gesamten Konstruktionsaufbau ingenieurmäßig geplant und bemessen werden.

Die resultierenden Bodenpressungen von Flurförderzeugen in Abhängigkeit von der Tragfähigkeit und der verwendeten Rollen bzw. Räder ist in nachstehender Abbildung ersichtlich.



Hinweise für die Bemessung hochbelasteter Bodenbeläge enthält Abschnitt 7.

3.7 Plattenformate

Bei ungebundenen Plattenbelägen sollte die Plattengröße mindestens 40 cm x 40 cm x 3 cm betragen. Quadratische Plattenformate sind im Außenbereich zu bevorzugen. Für rechteckige Platten wird ein Seitenverhältnis unter 2,5 : 1 empfohlen. Großformatige Plattenbeläge (über 60 cm Kantenlänge) stellen hohe Anforderungen an die Verlegetechnik.

3.8 Abdichtungen

Bei Belagsflächen über geschlossenen Räumen und ausragenden Decken sind Abdichtungen nach DIN 18531 bzw. den Richtlinien für Abdichtungen erforderlich. Der Abdichtungsschicht, insbesondere Bahnenabdichtungen, darf entsprechend DIN 18531-1 planmäßig keine Übertragung von Kräften parallel zu ihrer Ebene zugewiesen werden. Sofern horizontale Kräfte abgetragen werden müssen, ist durch konstruktive Maßnahmen, z.B. Haftverbund zum Untergrund (z.B. Verbundabdichtung), dafür zu sorgen, dass die Abdichtung auf sie einwirkende Kräfte aufnehmen kann. Abdichtungen sind in der Regel durch Trennlagen oder Schutzmatte abzudecken, die keinen Verbund zum Verlegemörtel erlauben. In solchen Fällen ist ein ausreichend dimensionierter Estrich oder mineralische Feinschüttung als Tragschicht für den Natursteinbelag über der Abdichtung vorzusehen.

Die Abdichtungen müssen an Begrenzungswänden mindestens 15 cm über den fertigen Bodenbelag hochgeführt werden. Ist dies an Balkon- und Terrassentüren nicht möglich, sind besondere Maßnahmen wie beispielsweise ausreichend große Vordächer und Entwässerungsrinnen im Türschwellerbereich erforderlich (siehe Abschnitt 3.9 und Systemskizze 9 und 10).

Bei Balkonen ist ebenfalls eine Abdichtung DIN 18531 oder eine Verbundabdichtung entsprechend dem ZDB-Merkblatt vorzusehen. Auf Verbundabdichtungen können Verlegemörtel direkt aufgebracht werden. Verbundab-

dichtungen auf Estrichen und Betontragschichten mit dichtem Gefüge können sinnvoll sein, um das Eindringen von Feuchtigkeit in die Belagskonstruktion zu vermindern.

Bei befahrenen Belägen auf Betondecken kann eine Abdichtung nach DIN 18532 erforderlich sein.

3.9 Türanschlüsse

3.9.1 Allgemeines

Die **Anschlusshöhe** der Abdichtungen im Türbereich sollte nach DIN 18531-1 **mindestens 15 cm** über dem Höhenniveau des Natursteinbelages betragen. Dadurch wird verhindert, dass Spritzwasser, Schneematsch oder ein Wasserstau bei verstopften Abläufen oder Vereisung zu Feuchtigkeitsbelastungen der Innenräume führt.

Aus Komfortgründen und bei barrierefreien Bauweisen nach DIN 18040 sollen die Schwellenhöhen wesentlich reduziert werden. Diese Anschlüsse sind immer Sonderkonstruktionen, die zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer besonders zu vereinbaren sind. Auch ist hier ein Zusammenwirken aller Beteiligten, insbesondere der Planer und der beteiligten Fachbetriebe zwingend erforderlich.

Es ist grundsätzlich eine Überdachung zu empfehlen, um das Fassadenwasser bei Schlagregen zu minimieren.

Türen müssen so konstruiert sein, dass die Abdichtung hinter Rollladenschienen und Deckleisten durchgeführt werden kann. Entwässerungsöffnungen in Türrahmen oder von Schlagregenschienen oder ähnlichem müssen zur Außenseite des Anschlusses entwässern. Der Abdichtungsanschluss bei Bahnen ist am Türrahmen gegen Abrutschen entsprechend zu sichern.

Das Oberflächengefälle des Belags sollte nicht in Richtung zur Tür verlaufen. Bei Dachterrassen mit geschlossener Brüstung sind Notüberläufe so tief anzuordnen, dass bei Verstopfung des Ablaufs die Schwelle nicht überstaut werden kann.

3.9.2 Niedrige Türanschlüsse

Eine Verringerung der Anschlusshöhe ist entsprechend DIN 18531-1 nur möglich, wenn im Belag unmittelbar vor der gesamten Türbreite durch Einbau einer Entwässerung die Wasserbelastung minimiert wird. Außerdem muss zu jeder Zeit ein einwandfreier Wasserablauf im Türbereich sichergestellt sein. Dazu kann im unmittelbaren Türbereich eine wannenbildende Entwässerungsrinne oder vergleichbare Konstruktionen mit unmittelbarem Anschluss an die Entwässerung eingebaut werden. In **solchen Fällen** kann die **Anschlusshöhe** vom oberen Ende der Abdichtung bis zum Belag **mindestens 5 cm** betragen (siehe Systemskizze 9).

Die Gitterroste der Entwässerungsrinnen sollten mindestens 15 cm breit sein und über die gesamte Türbreite reichen. Bei großzügigen Überdachungen kann die Breite verringert werden. Entwässerungsroste sollten mit einem reversiblen Schmutzgitter ausgestattet sein, um Schmutzablagerungen beseitigen zu können. Das Fassaden- und Oberflächenwasser muss unmittelbar abgeleitet werden.

3.9.3 Barrierefreie Übergänge

Barrierefreie, niveaugleiche Übergänge gemäß DIN 18040 mit einer zulässigen **Schwellenhöhe** von ≤ 2 cm sind abdichtungstechnische Sonderkonstruktionen. Sie erfordern eine auf den Einzelfall abgestimmte Ausführungsart (siehe Systemskizze 10). Für diese niveaugleichen Übergänge muss berücksichtigt werden, dass die Abdichtung allein die Funktion der Dichtigkeit am Türanschluss nicht sicherstellen kann. Durch planerische Vorgaben ist das Eindringen von Wasser und das Hinterlaufen der Abdichtung zu verhindern.

Ein vollkommen schwellenfreier Zugang ist nur mit Sonderkonstruktionen möglich, die das Eindringen von Stauwasser sicher verhindern, beispielsweise Türelemente mit einer Magnettürschwelle, die den Raum gegen Regenwasser und Wind abdichtet.

4. Verlegung auf Terrassen, Balkonen und Gehwegen

Die nachstehenden **Verlegehinweise** gelten für **nichtbefahrene Beläge** mit den üblichen **Verkehrsbelastungen** von max. 4 kN/m².

Für Natursteinbeläge im Außenbereich gibt es eine Vielzahl von möglichen Belagskonstruktionen, die jeweils systembedingte Vor- und Nachteile aufweisen. Aufgrund der Feuchtigkeitsbelastung ist eine intensive Planung der Belagskonstruktion und der Entwässerung aller wasserführenden Konstruktionsschichten erforderlich. Neben den dargestellten Belagskonstruktionen sind auch andere fachgerechte Belagsaufbauten möglich.

Im Außenbereich verlegte Naturwerksteinbeläge sind nicht wasserdicht.

Bei starker Durchfeuchtung des Verlegeuntergrundes sind **dunkle Stellen** und **Kalkablagerungen** an den Fugen- und Plattenoberflächen **unvermeidlich**.

Um eine gezielte Wasserableitung zu gewährleisten, ist ein ausreichendes Gefälle aller wasserführenden Schichten im Verlegeuntergrund und auf der Belagsoberfläche vorzusehen, soweit diese nicht wasserdurchlässig sind. Das Eindringen von Feuchtigkeit sollte bei gebundener Verlegung durch möglichst wasserundurchlässige Fugenmörtel vermindert werden.

Durch die Verlegung von Natursteinplatten in wasserdurchlässige Mörtel (Abs. 3.4.2) und Lastverteilungsschichten sowie der Anordnung von kapillARBrechenden Drainmatten unterhalb der Lastverteilungsschicht wird eine bessere Austrocknung der Beläge erzielt. Bei der Auswahl der Drainmatten ist darauf zu achten, dass ihre Funktion nicht durch aus der Lastverteilungsschicht gelöste Feinteile eingeschränkt wird. Über Drainmatten ist eine wasserdurchlässige Lastverteilungsschicht anzuordnen, deren Mindestdicke in Abhängigkeit von der Steifigkeit der Drainmatte zu bestimmen ist.

Grundsätzlich können **Naturwerksteinplatten** nur auf **tragfähigem Untergrund** schadensfrei verlegt werden. Sind im Untergrund nicht ausreichend tragfähige Materialien wie z. B. Wärmedämmungen, Trittschalldämmungen,

Abdichtungen o. ä. vorgesehen, so ist über solchen Materialien eine **Tragschicht mit lastverteilenden Eigenschaften** anzuordnen. Die Ausführung solcher Tragschichten kann in Anlehnung an **DIN 18560 - Estriche im Bauwesen** erfolgen, wobei auf den Feuchtigkeitsschutz zu achten ist. Die erforderlichen Dicken von Tragschichten sind entsprechend der vorgesehenen Belastung der Beläge, z. B. mit dem DNV-Bemessungsprogramm DNV 4, zu ermitteln.

Die Verlegung von Fliesen und Platten aus Naturwerkstein auf frischen Lastverteilungsschichten, die zu Ausblühungen und Schwindverformungen neigen, ist nicht zu empfehlen.

Die Herstellung geeigneter Verlegeuntergründe (Tragschichten) und Abdichtungen liegt in der Regel nicht im Leistungsbereich des Naturwerkstein-Fachbetriebs. Ist bauseits kein geeigneter Verlegeuntergrund vorhanden, so sind vom Auftragnehmer gemäß **VOB Teil B, DIN 1961 § 4 Nr. 3 Bedenken** gegen die vorgesehene Art der Ausführung mitzuteilen.

Bei allen Verlegearten sollten Randeinfassungen (Kantensteine, Rinnen, Kantenprofile o.ä.) vorgesehen werden, die den Rückfluss von Oberflächenwasser in den Verlegeuntergrund verhindern. Bei auskragenden Plattenbelägen sind Tropfkanten an den Unterseiten zu empfehlen.

4.1 Untergründe

4.1.1 Erdreich

Ein **wasserundurchlässiges Erdplanum** ist mit Gefälle zur Entwässerung oder Drainage herzustellen. Als Tragschicht ist eine verdichtete wasserdurchlässige Kies- oder Splittschicht auf der Frostschutzschicht mit mindestens 15 cm Dicke einzubauen.

Ist das maschinell verdichtete **Erdplanum** ausreichend **wasserdurchlässig**, kann auf den Einbau einer besonderen Frostschutzschicht verzichtet werden.

4.1.2 Betontragschicht/Estrich ohne Abdichtung

Betontragschichten und Estriche müssen ein ausreichendes Gefälle nach 3.1 aufweisen. Die Verlegung nach 4.2.2 bis 4.2.5 erfolgt direkt im Verbund.

Die Betonoberfläche muss sauber, haftfähig, ausreichend fest und ohne Risse sein. Minderfeste Schichten (z. B. Sinterschichten) sind mechanisch zu entfernen.

Die Verlegung kann auch nach 4.2.1 in ungebundener Bauweise erfolgen.

4.1.3 Betontragschicht/Estrich mit Abdichtung, Trennlagen, Dämmungen

Abdichtungen, Trennlagen, Dämmungen und Drainmatten verhindern eine Verlegung der Naturwerksteinbeläge im Verbund zum tragenden Untergrund. Es sind deshalb zusätzlich lastverteilende Tragschichten (z.B. Estriche mit dichter oder haufwerksporiger Gefügestruktur) in ausreichender Dicke vorzusehen. Wasserführende Tragschichten müssen ein ausreichendes Gefälle nach

3.1 aufweisen. Der Richtwert für das Gefälle der tragenden Untergründe beträgt 2%.

4.1.4 Drainmatten

Der Richtwert für das Gefälle der tragenden Untergründe beträgt 2%. Drainmatten verbessern die horizontale Wasserableitung wesentlich. Das Mindestgefälle der tragenden Untergründe kann bei der Verwendung von kapillARBrechenden Drainmatten auf 1% reduziert werden.

Drainmatten sollten auf der Oberseite ein feinmaschiges Netz und kein dichtes Vlies aufweisen. Die Maschenweite des Gittergewebes muss auf die Körnung des verwendeten Mörtels abgestimmt sein. Feinporige Kunstfaservliese als oberseitige Abdeckung sind nur bedingt geeignet, weil sich darauf Feinstoffe ablagern können, die die vertikale Entwässerung beeinträchtigen.

Die Dicke der Drainagematte ist unter Berücksichtigung möglicher Unebenheiten und Pfützenbildungen so zu wählen, dass ein Kapillarkontakt von Stauwasser zur Bettung ausgeschlossen wird. Die Mindestdicke der Drainmatte sollte in diesem Fall 15 mm nicht unterschreiten. Unter Drainagematten sollte eine Trennlage (z.B. PE Folie 0,2 mm) verlegt werden.

Werden Drainagematten in Verbindung mit barrierefreien Übergängen nach DIN 18040 verwendet, muss deren Wasserableitvermögen nach DIN EN ISO 12958 bei einem Gefälle von 1,5% geprüft sein (siehe Abs. 3.9). Das Wasserableitvermögen sollte bei der Verwendung von Entwässerungsrinnen bei nicht überdachten Flächen 0,8 l/m*s, mit Überdachung mind. 0,4 l/m*s betragen.

Drainmatten sind vor dem Eintrag von Schmutz, beispielsweise mit einem reversiblen Schmutzgitter bei Gitterrosten, zu schützen.

Bei Flächen mit hohen Verkehrslasten sind Drainmatten mit ausreichender Belastbarkeit zu verwenden, beispielsweise Drainmatten deren Mörtelstege bis zum tragenden Untergrund reichen und die somit nicht zusammendrückbar sind. Die Verformbarkeit der Drainmatten ist bei der Bemessung der erforderlichen Dicken der Tragschichten und Natursteine zu berücksichtigen.

Die Eignung der verwendeten Drainmatten ist vom Hersteller nachzuweisen.

4.2 Verlegearten

4.2.1 Ungebundene Bettung

Für die Verlegung der Naturwerksteinplatten können Bettung aus gewaschenen, wasserdurchlässigen Gesteinskörnungen mit Korngrößen über 2 mm, beispielsweise 2/5 mm, 2/8 mm, 2/11 mm, 4/8 mm, 4/11 mm und 5/11 mm verwendet werden. Bei überdachten und teilüberdachten Flächen sind Gesteinskörnungen ab 4 mm zu empfehlen.

Das Größtkorn sollte 11 mm nicht überschreiten. Bettungen mit Feinanteilen unter 2 mm sind problematisch und für viele Natursteine ungeeignet. Die Dicke der Bettung beträgt im verdichteten Zustand 3-5 cm. Die Platten sind fluchtgerecht und an den Fugen höhengleich in

jeweils vorgeschriebenem Verband mit mindestens 3 mm Fugenbreite in das vorbereitete Plattenbett fest zu verlegen. Das Schließen der Fugen muss kontinuierlich mit dem Fortschreiten des Verlegens beibehalten werden. Dies geschieht in der Regel, indem Natursand, Brechsand oder Feinsplitt auf den Belag aufgebracht und vollständig in die Fugen eingefegt bzw. unter Wasserzugabe eingeschwämmt wird. Jedoch ist darauf zu achten, dass dabei ein Aufweichen der Bettung vermieden wird. Eine gebundene Fugenfüllung ist bei einer ungebundenen Bettung nicht zu empfehlen.

4.2.2 Verlegung im Zementmörtel nach 3.5.1

Bei dieser Verlegart sind Feuchtigkeitsverfleckungen und Kalkausblühungen auf den Belagsoberflächen nicht auszuschließen.

Die Verlegung erfolgt direkt in einem ca. 20 mm bis 30 mm dicken Mörtelbett nach 3.5.1 im Verbund mit der Betontragschicht/Estrich. Die Oberfläche muss sauber, haftfähig, ausreichend fest und ohne Risse sein. Minderfeste Schichten (z. B. Sinterschichten) sind mechanisch zu entfernen. Die Haftung zwischen Mörtel und Beton/Estrich sowie zwischen Mörtel und Naturwerkstein kann durch eine Kontaktschicht verbessert werden.

4.2.3 Verlegung im Zementmörtel mit haufwerkporigem Gefüge nach 3.5.2

Die Verlegung erfolgt direkt in einem ca. 40 mm bis ca. 60 mm dicken Mörtelbett nach 3.5.2 im Verbund mit der Betondecke/Estrich oder auf Dränmatten.

4.2.4 Verlegung im Dünnbett nach 3.5.3

Bei dieser Verlegart sind Feuchtigkeitsverfleckungen und Kalkausblühungen nicht auszuschließen.

Die Verlegung erfolgt mit der Buttering-Floating-Methode nach DIN 18157 direkt in einem ca. 5 mm dicken Dünnbettmörtel nach 3.5.3 im Verbund mit der Betondecke/Estrich oder einer Verbundabdichtung entsprechend DIN 18531 oder dem ZDB-Merkblatt.

Diese Verlegemethode ist nur für Fliesen aus Naturstein (DIN EN 12057) und kleinformatige Plattenbeläge (DIN EN 12058) bis ca. 60 cm Kantenlänge bzw. 0,2 m² Plattengröße zu empfehlen. Der Verlegeuntergrund sollte erhöhte Anforderungen an die Ebenheit erfüllen und die Natursteinfliesen oder Natursteinplatten in der Dicke kalibriert sein.

4.2.5 Verlegung im Mittelbettmörtel nach 3.5.4

Bei dieser Verlegart sind Feuchtigkeitsverfleckungen und Kalkausblühungen auf den Belagsoberflächen nicht auszuschließen.

Die Verlegung erfolgt direkt in einem ca. 10 bis ca. 25 mm dicken Mörtelbett nach 3.5.4 im Verbund mit der Betontragschicht/Estrich. Die Oberfläche muss sauber, haftfähig, ausreichend fest und ohne Risse sein. Minderfeste Schichten (z. B. Sinterschichten) sind mechanisch zu entfernen. Die Haftung zwischen Mörtel und Beton/Estrich sowie zwischen Mörtel und Naturwerkstein kann durch eine Kontaktschicht verbessert werden. Diese Verlegungsmethode ist nur für Fliesen und kleinformatige Plattenbeläge aus Naturstein bis ca. 60 cm Kantenlänge bzw. 0,2 m² Plattengröße zu empfehlen.

4.2.6 Beläge auf Stelzlager

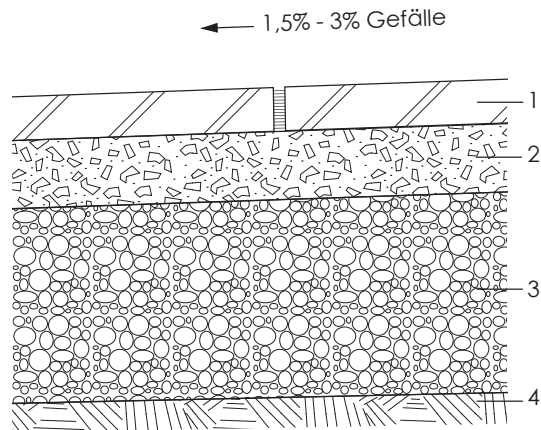
Bauseits eingebrachte Abdichtungen können als wasserführende Schichten genutzt werden. Hierbei muss jedoch eine gezielte Wasserableitung durch einen Gully o. ä. sichergestellt werden. Die Naturwerksteinplatten werden auf mindestens ca. 2 cm hohen Auflagern verlegt. Die Platten müssen kippstabil an allen Ecken fest aufliegen. Die thermischen Dehnungen der Platten dürfen durch die Auflager nicht behindert werden.

Die erforderliche Dicke der Platten ist in Abhängigkeit von der Biegefestigkeit der Natursteine und deren Belastung zu bestimmen, beispielsweise nach Anhang A der DIN EN 1341. Bei Plattenformaten von bis zu 40 cm x 40 cm ist eine Mindestplattendicke von 3 cm einzuhalten, bei Naturstein mit Biegefestigkeiten unter 10 MPa mindestens 4 cm. Auch bei großformatigen Plattenbelägen sollte die freie Stützlänge zwischen den Auflagerpunkten nicht mehr als 40 cm betragen. Bei der Anordnung von mehr als 4 Auflagern je Platte ist darauf zu achten, dass jeder Auflagerpunkt direkten Kontakt zur verlegten Platte hat und keine Stützenabsenkungen möglich sind. Bei weichen Dämmschichten und Abdichtungen sind entsprechende Lastverteilungsplatten vorzusehen. Starre Lager, beispielsweise aus Kunststoff, müssen zur Vermeidung von Höhenunterschieden der Belagsoberfläche feinjustierbar sein, um die herstellungsbedingten Grenzabmaß der Natursteinplatten in der Dicke ausgleichen zu können.

Als Auflager können Beton-, Mörtelkissen, Kunststoff-, oder nichtrostende Metallständer verwendet werden. Bei Beton- oder Mörtelkissen können die Platten gegen Kalkausblühungen durch eine PE-Folie mit mind. 1 mm Dicke oder eine Abdichtungsbeschichtung an den Rückseiten der Platten geschützt werden. Um Feuchtflecken am Fugenkreuz zu vermeiden, ist eine Lagerung jeder Platten auf jeweils vier Einzellager einer gemeinsamen Lagerung von 4 Platten im Eckbereich vorzuziehen. Die unterschiedliche Austrocknung der Naturwerksteinplatten kann grundsätzlich zu Fleckenbildung an den Auflagerpunkten führen, auch wenn eine kapillare Trennung mit einer Folie vorhanden ist.

Die Bildung von Feuchtflecken aufgrund der unterschiedlichen Austrocknung kann durch ganzflächige wasserundurchlässige Beschichtungen der Plattenrückseiten reduziert werden.

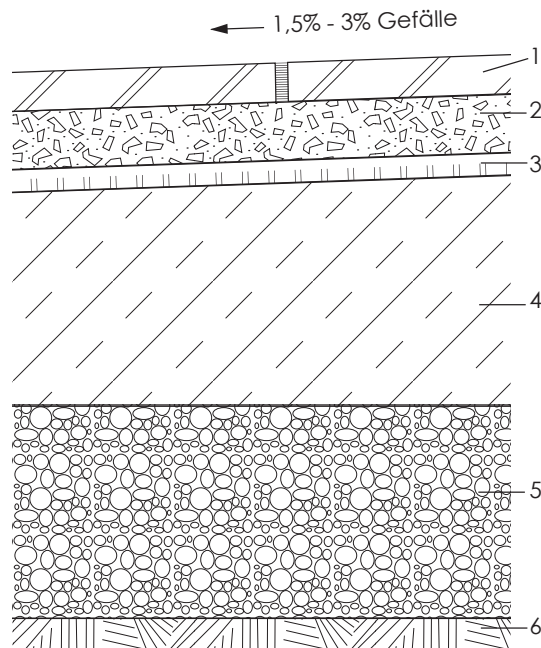
4.2.7 Systemskizzen



Systemskizze 1:

Ungebundene Verlegung auf Erdreich

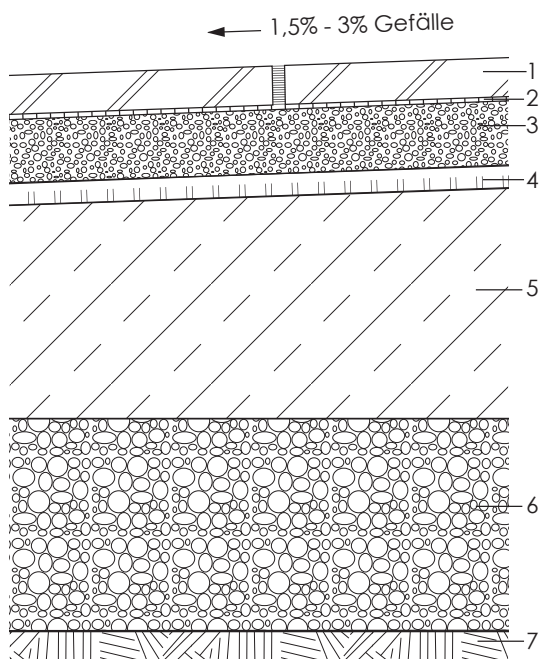
- 1: Naturwerkstein, $d \geq 30 \text{ mm}$
- 2: Kies-/Sandbettung, $d \text{ ca. } 3 - 5 \text{ cm}$
- 3: Tragschicht, $d \geq 15 \text{ cm}$
- 4: Erdplanum (wasserdurchlässig)



Systemskizze 2:

Ungebundene Verlegung auf Betondecke

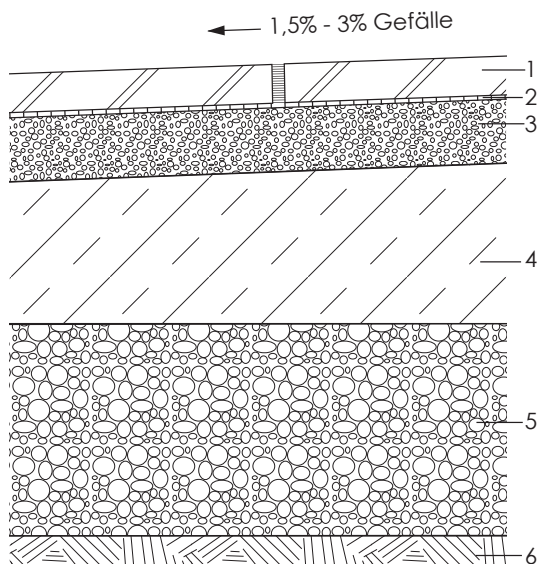
- 1: Naturwerkstein, $d \geq 3 \text{ cm}$
- 2: Kies-/Sandbettung, $d \text{ ca. } 3 - 5 \text{ cm}$
- 3: Starre Drainmatte (optional)
- 4: Tragfähige Betondecke im Gefälle oder mit Gefälleestrich; $d \text{ ca. } 15 \text{ cm}$
- 5: Frostschutzschicht, $d \geq 15 \text{ cm}$
- 6: Erdplanum



Systemskizze 3:

Mörtebett auf Betondecke

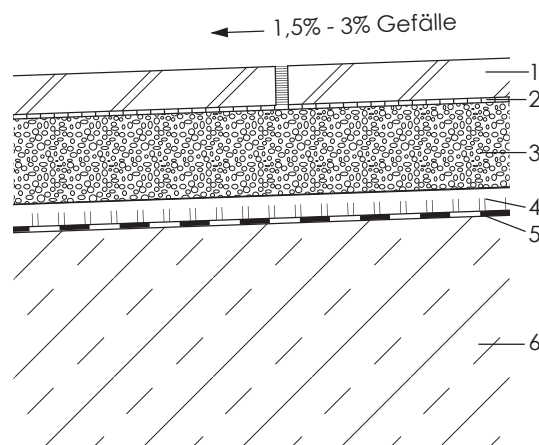
- 1: Naturwerkstein, d ca. 3 cm
- 2: Kontaktschicht
- 3: Haufwerksporiger Mörtel, d ≥ 50 mm
- 4: Starre Drainmatte (optional)
- 5: Tragfähige Betondecke im Gefälle oder mit Gefälleestrich; d ca. 15 cm
- 6: Frostschutzschicht, d ≥ 15 cm
- 7: Erdplanum



Systemskizze 4:

Mörtebett im Verbund auf Drainbeton-Tragschicht

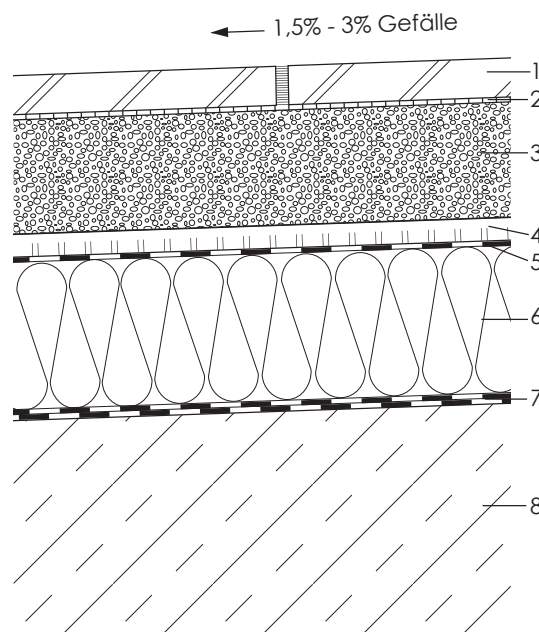
- 1: Naturwerkstein, d ca. 3 cm
- 2: Kontaktschicht
- 3: Haufwerksporiger Mörtel, d ≥ 50 mm
- 4: Drainbeton-Tragschicht, d ≥ 10 cm
- 5: Frostschutzschicht, d ≥ 15 cm
- 6: Erdplanum



Systemskizze 5:

Mörtebett ohne Verbund zur Betondecke

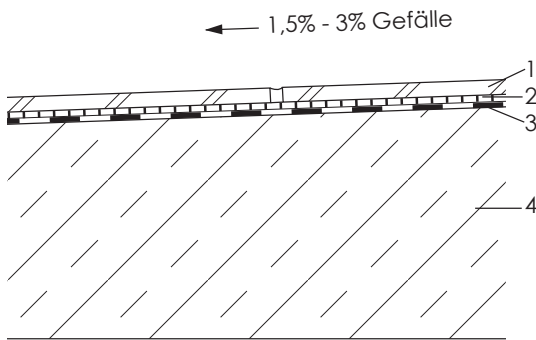
- 1: Naturwerkstein, d ca. 3 cm
- 2: Kontaktschicht
- 3: Haufwerksporiger Mörtel, d ≥ 60 mm
- 4: Starre Drainmatte (optional)
- 5: Trennlage oder Abdichtung mit Trennlage
- 6: Tragfähige Betondecke im Gefälle oder mit Gefälleestrich; d ca. 15 cm



Systemskizze 6:

Mörtebett ohne Verbund zur Betondecke mit Dämmung

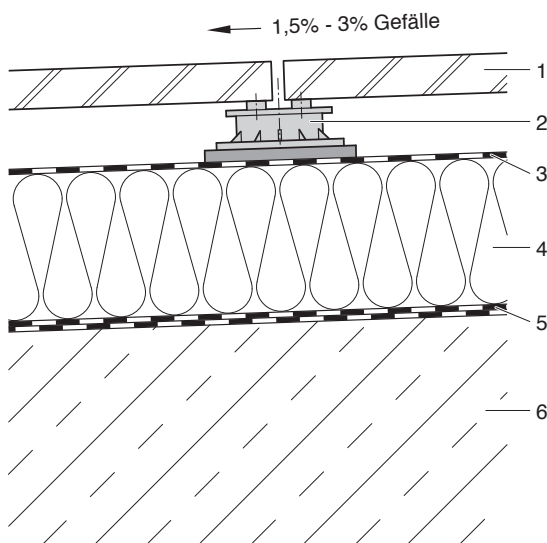
- 1: Naturwerkstein, d ca. 3 cm
- 2: Kontaktschicht
- 3: Haufwerksporiger Mörtel, d ≥ 80 mm (nach statischer Bemessung)
- 4: Nicht saugfähige Schutzlage und/oder starre Drainagematte
- 5: Abdichtung nach DIN 18531 mit Trennlage
- 6: Tragfähige Wärmedämmung
- 7: Dampfsperre
- 8: Tragfähige Betondecke im Gefälle oder mit Gefälleestrich; d ca. 15 cm



Systemskizze 7:

Dünnbettverlegung auf Betondecke

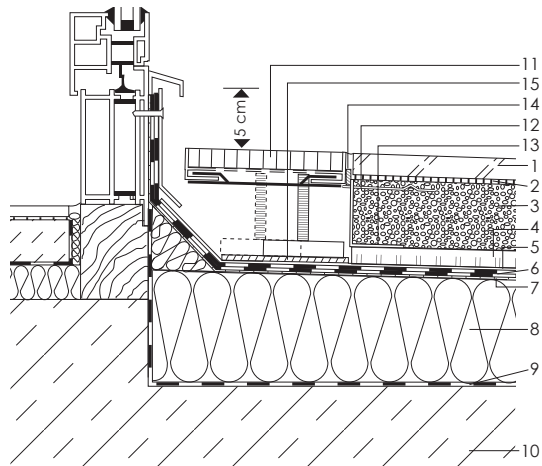
- 1: Naturwerksteinfliesen
- 2: Dünnbettmörtel
- 3: Verbundabdichtung
- 4: Tragfähige Betondecke im Gefälle oder mit Gefälleestrich; d ca. 15 cm



Systemskizze 8:

Stelzlager

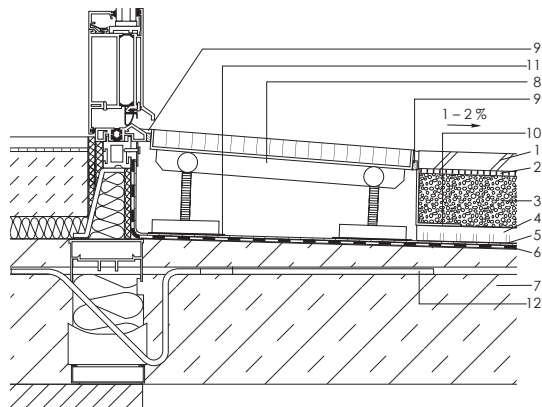
- 1: Naturwerkstein, d ≥ 3 cm
- 2: Stelzlager (mit Lastverteilungsplatte)
- 3: Abdichtung nach DIN 18531
- 4: Tragfähige Wärmedämmung
- 5: Dampfsperre
- 6: Tragfähige Betondecke im Gefälle oder mit Gefälleestrich; d ca. 15 cm



Systemskizze 9:

Niedriger Türanschluss

- 1: Naturwerkstein, d ca. 3 cm
- 2: Kontaktschicht
- 3: Haufwerksporiger Mörtel, d ≥ 80 mm (nach statischer Bemessung)
- 4: starre Drainmatte
- 5: Trennlage
- 6: Abdichtung nach DIN 18531
- 7: Dampfdruckausgleichsschicht falls erforderlich
- 8: Dämmung mit Gefälle
- 9: Dampfsperre
- 10: tragfähige Betondecke
- 11: Gitterrost, höhenverstellbar
- 12: Mörtelanker
- 13: Lochwinkel
- 14: Elast. Fugenfüllung
- 15: lastverteilende Zwischenplatte



Systemskizze 10:

Barrierefreier Türanschluss

- 1: Naturwerkstein, d ca. 3 cm
- 2: Kontaktschicht
- 3: Haufwerksporiger Mörtel, d ≥ 80 mm (nach statischer Bemessung)
- 4: starre Drainmatte
- 5: Trennlage
- 6: Abdichtung nach DIN 18195
- 7: Tragfähige Betondecke mit Gefälle
- 8: Gitterrost, höhenverstellbar
- 9: elastische Fugenfüllung
- 10: Lochwinkel
- 11: lastverteilende Zwischenplatte

5. Plattenbeläge für befahrene Wege, Straßen und Plätze außerhalb des öffentlichen Straßenverkehrs

5.1 Unterbau und Tragschichten

Ein geeigneter Unterbau und Tragschichten, entsprechend dem jeweiligen Verwendungszweck, sind Voraussetzungen für dauerhafte, ebene Plattenbeläge.

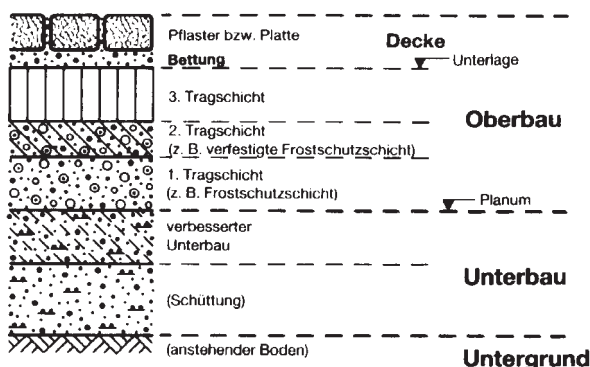
Die Herstellung geeigneter Verlegeuntergründe (Unterbau und Tragschichten) liegt in der Regel nicht im Leistungsbe- reich des Naturwerkstein-Fachbetriebs. Ist bauseits kein geeigneter Verlegeuntergrund vorhanden, so sind vom Auftragnehmer gemäß **VOB Teil B, DIN 1961 § 4 Nr. 3 Bedenken** gegen die vorgesehene Art der Ausführung mitzuteilen.

Die erforderlichen Dicken von gebundenen Tragschichten sind entsprechend der vorgesehenen Belastung der Be- läge anhand statischer Berechnungen z. B. mit dem DNV- Bemessungsprogramm DNV 3 (siehe Abs. 7), zu ermitteln. Die in der RStO angegebenen Regeldicken der gebundenen Tragschichten sind oftmals unzureichend, insbesondere bei Plattenbelägen.

Bei wasserdurchlässigen Tragschichten ist auf eine ge- zielte Entwässerung (Gefälle, evtl. Drainage) des Unter- baus zu achten. Auf gefrorenem Unterbau, Tragschichten sowie Bettung darf kein Plattenbelag verlegt werden.

Im Mörtelbett verlegte Natursteinbeläge sind üblicher- weise nicht wasserdicht. Bei starker Durchfeuchtung sind **Kalkausblühungen** an den Fugen- und Platteno- berflächen unvermeidlich. Durch die Verlegung von Na- tursteinplatten in sickerfähige Mörtel (Grobkornmörtel) und Lastverteilungsschichten sowie der Anordnung von Drainschichten unterhalb der Lastverteilungsschicht kann eine bessere Austrocknung der Beläge erzielt werden. Bei der Auswahl der Drainschichten ist darauf zu achten, dass ihre Funktion durch aus der Lastverteilungsschicht gelöste Feinteile nicht eingeschränkt und dauerhaft eine gezielte Wasserabführung gewährleistet wird.

Hinweise zur Ausführung hochbelasteter Außenbeläge enthält auch das Merkblatt „**Pflasterdecken und Platten- beläge aus Naturstein für Verkehrsflächen**“, herausge- geben vom DNV sowie die ZTV-Pflaster in Verbindung mit der TL-Pflaster.



Nachstehende Hinweise sollten aufgrund praktischer Erfahrungen beachtet werden:

- Die Tragschicht muss stabil und sickerungsfähig sein.
- Das Bettungsmaterial muss eine optimale Kraftübertragung gewährleisten und ebenfalls sickerungsfähig sein.
- Die Größe der Pflastersteine muss der Belastung entsprechen.
- Die Verfugung muss über die gesamte Steinhöhe mit hochwertigem Fugenmaterial ausgeführt werden.
- Das Fugenmaterial muss auf das Bettungsmaterial abgestimmt werden. Bei ungebundenen Bettungen ist ungebundenes Fugenmaterial, bei starrer Bettung ist starrer Fugenmörtel zu verwenden.
- Das resultierende Gefälle aus Längs- und Querneigung ist projektbezogen zu planen und sollte mindes- tens ca. 3 % betragen

5.2 Beläge auf Splitt- und Kiesschichten

Bettungen von Naturwerksteinplatten mit Gesteinskör- nungen 0/4 mm, 0/5 mm oder 0/8 mm in einer Dicke von 3 cm bis 5 cm im verdichteten Zustand sind nur für Flächen mit geringem LKW-Verkehr geeignet.

Das Bettungsmaterial muss zur Vermeidung von Stau- nässe ausreichend wasserdurchlässig sein. Gesteins- körnungen 2/5 mm, 2/8 mm und 4/8 mm sind hierfür zu bevorzugen.

Anforderungen an Bettungs- und Fugenmaterialien für befahrene Beläge enthält die TL-Pflaster.

Die Unterseiten und Stirnflächen der Naturwerksteinplat- ten sollen raue Oberflächen (z.B. gebrochen, gespitzt, gestrahlt) aufweisen, um die Lagestabilität zu erhöhen.

Die erforderlichen Plattendicken sind nach Abs. 7 zu ermitteln.

5.3 Beläge im Verbund über gebundenen Tragschichten

Die Verlegung erfolgt direkt in einem ca. 5 cm dicken drai- nagefähigen Mörtelbett im Verbund mit einer möglichst wasserdurchlässigen Beton- oder Asphalttragschicht. Die Oberfläche der Tragschicht muss sauber, haftfä- hig, ausreichend fest und ohne Risse sein. Minderfeste Schichten (z. B. Sinterschichten) sind mechanisch zu entfernen. Die Haftung zwischen Mörtel und Beton und/ oder zwischen Mörtel und Naturstein wird durch eine vollflächig aufgetragene Kontaktschicht verbessert. Die Haftbrücke ist vorzugsweise mit einer Zahnkelle (6 mm Zahntiefe) auf der Plattenrückseite aufzubringen. Diese darf die Wasserableitung nicht wesentlich behindern. Fugenmörtel sind möglichst dicht (evtl. zusätzlich hydro- phobiert) zu konzipieren.

Die Tragfähigkeit der Naturwerksteinplatten wird wesent- lich von der Dimensionierung der Tragschicht beeinflusst (siehe Abs. 7).

5.4 Beläge über Abdichtungen bzw. Dämmschichten

Abdichtungen und Dämmschichten erlauben keinen Verbund mit dem tragenden Untergrund. Deshalb ist hier eine ausreichend dimensionierte, wasserdurchlässige Lastverteilungsschicht (Beton- oder Asphalttragschicht) für die Aufnahme der Lasten erforderlich.

Die Verlegung erfolgt wie unter 5.3 beschrieben.

6. Pflasterbeläge

6.1 Materialauswahl

Pflasterbeläge aus bearbeiteten oder unbearbeiteten Natursteinen sind die älteste Bauweise zur Befestigung von Straßen und Plätzen. Natursteine sind das widerstandsfähigste und dauerhafteste Material für Straßenbefestigungen.

Für Pflastersteine im Außenbereich sind verwitterungsbeständige Natursteine zu verwenden (vgl. Abs. 3.3). Zur besseren Abtragung der Horizontalkräfte sollten Pflastersteine für befahrene Beläge mit möglichst rauen Seiten- und Unterflächen verwendet werden.

Hinweise für Pflasterbeläge enthält auch die Richtlinie „Pflasterdecken und Plattenbeläge aus Naturstein für Verkehrsflächen“, herausgegeben vom DNV sowie die ZTV-Pflaster in Verbindung mit der TL-Pflaster.

6.2 Unterbau und Tragschichten

Ein geeigneter Unterbau und Tragschichten, entsprechend dem jeweiligen Verwendungszweck, sind Voraussetzungen für dauerhafte, ebene Pflasterbeläge. Die Tragschichten sind ausreichend zu dimensionieren, beispielsweise nach den Richtlinien für die Standardisierung von Verkehrsflächen (RStO). Weitere Hinweise sind den Richtlinien für Erdarbeiten und Straßenbau zu entnehmen.

Hinweise zu den Angaben im Leistungsverzeichnis, der Ausführung und der Abrechnung von Pflasterbelägen enthält die VOB DIN 18318.

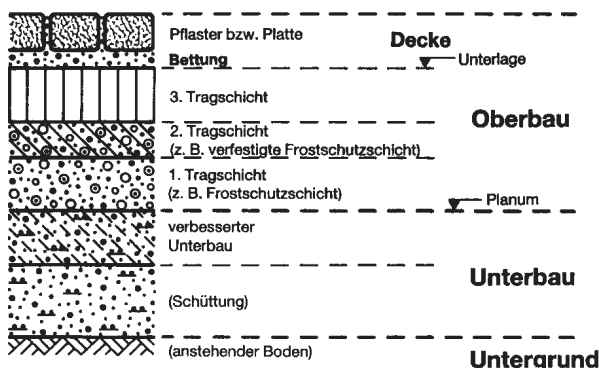
Der Verlegeuntergrund muss ein ausreichendes Gefälle aufweisen und eine gezielte Abführung von eindringendem Wasser gewährleisten. Das Gefälle der Tragschicht, der Bettung und der Pflasterdecke sollen einheitlich sein.

Die Herstellung geeigneter Verlegeuntergründe (Unterbau und Tragschichten) liegt in der Regel nicht im Leistungsbereich des Naturwerkstein-Fachbetriebs. Ist bauseits kein geeigneter Verlegeuntergrund vorhanden, so sind vom Auftragnehmer gemäß **VOB Teil B, DIN 1961 § 4 Nr. 3 Bedenken** gegen die vorgesehene Art der Ausführung mitzuteilen.

Nachstehende Hinweise sollten aufgrund praktischer Erfahrungen beachtet werden:

- Die Tragschicht muss stabil und sicherungsfähig sein.
- Das Bettungsmaterial muss eine optimale Kraftübertragung gewährleisten und ebenfalls sicherungsfähig sein.
- Die Größe der Pflastersteine muss der Belastung entsprechen.

- Die Verfugung muss über die gesamte Steinhöhe mit hochwertigem Fugenmaterial ausgeführt werden.
- Das Fugenmaterial muss auf das Bettungsmaterial abgestimmt werden. Bei ungebundenen Bettungen ist ungebundenes Fugenmaterial, bei starrer Bettung ist starrer Fugenmörtel zu verwenden.
- Das resultierende Gefälle aus Längs- und Querneigung ist projektbezogen zu planen und sollte mindestens ca. 3 % betragen.



6.3 Verlegung auf Kiesschicht

6.3.1 Verlegehinweise

Auf der ungebundenen Tragschicht wird ein Pflasterbett aus den Gesteinskörnungen 0/4 mm, 0/5 mm, 0/8 mm oder 2/5 mm, 2/8 mm und 4/8 mm mit einer Dicke von 3 cm bis 5 cm im verdichteten Zustand aufgebracht. Das Pflasterbett ist so zu überhöhen, dass die Sollhöhe der Pflasterdecke nach dem Rütteln oder Rammen bis zur Standfestigkeit erreicht wird.

Die Pflastersteine werden mit enger Fuge flucht- und höhengerecht jeweils im Verband (z. B. Segmentbogen, diagonal oder senkrecht zur Achse verlaufenden Reihen, Passe bzw. sog. Wildpflaster oder Polygonalpflaster) in das vorbereitete Pflasterbett versetzt. Das Pflaster soll in der Regel von den Rändern beginnend bis zur Standfestigkeit gerammt bzw. gerüttelt werden.

6.3.2 Verfugung

Für die Fugenverfüllung sollten gebrochene Materialien, z.B. Brechsand-Splitt-Gemisch verwendet werden. Für die oberste Schicht sollte Feinsand oder Brechsand mit Korngröße über 1 mm mit viel Wasser eingeschwemmt werden, um eine gute Verfüllung der Hohlräume zu erzielen. Durch Fahrzeugverkehr, Reinigung und Witterung werden die ungebundenen Fugenfüllungen entfernt und müssen deshalb regelmäßig erneuert werden.

Es ist auf die Filterstabilität der Fugenkörnung zur Bettung zu achten (siehe TL Pflaster-StB 06/15).

6.4 Verlegung im Mörtelbett

6.4.1 Verlegehinweise

Auf der gebundenen Tragschicht werden die Pflastersteine im haufwerkporigem Mörtel (Grobkornmörtel siehe Abs. 3.4.2) versetzt. Hierbei ist auf eine ausreichende Verdichtung des Bettungsmörtels zu achten.

Bettung und Tragschichten müssen genügend Hohlräume aufweisen, um Feuchtigkeit ohne Nässebau abzuführen. Bei wasserundurchlässigen Tragschichten (z.B. Asphalt, Stahlbeton) sind ein ausreichendes Quergefälle zur Wasserableitung und evtl. Drainageschichten erforderlich.

6.4.2 Verfugung

Starre Pflasterbeläge werden üblicherweise mit Zementmörtel verfugt.

In besonderen Fällen werden auch kunstharzgebundene Fugenmaterialien verwendet. Kunstharzgebundene Fugenmaterialien behindern über einen unbestimmten Zeitraum nach der Verfugung die Diffusionsfähigkeit der Naturwerksteine. Dies kann bei einigen Natursteinen zu Schäden führen. Die Eignung der Fugenmaterialien ist mit den Herstellern abzuklären.

Die Fugen müssen möglichst in ihrer gesamten Höhe mit hochwertigem Fugenmaterial verfüllt werden. Bei der Reinigung nach der Verfugung dürfen die Bindemittel der Fugenmaterialien nicht ausgewaschen werden. Geringfügige Fugenvertiefungen sind gewerküblich und nicht zu beanstanden. Es werden verschiedene Verfahren angeboten, die eine optimale Nachbehandlung der Fugemörtel ermöglichen.

In starren Pflasterbelägen können infolge der thermischen und hygrischen Bewegungen unvermeidbare Risse auftreten. In Randbereichen und Anschlüssen zu festen Bauten sind grundsätzlich Bewegungsfugen erforderlich. Im Fahrbahnbereich wird oftmals auf Bewegungsfugen verzichtet, da deren Funktionstauglichkeit nicht gewährleistet werden kann. Wird auf das Anlegen von Bewegungsfugen verzichtet, müssen auftretende Risse im Belag mit Injektionen von Epoxydharz o.ä. verschlossen werden. Solche Flächen unterliegen einer ständigen Wartung.

7. Bemessung hochbelasteter Bodenbeläge

7.1 Vorbemerkungen

Hochbelastete Bodenbeläge aus Naturwerkstein sind vor allem befahrbare Bodenbeläge. Neben PKW und LKW können auch durch Gabelstapler, Flurförderzeuge, Reinigungsmaschinen und Hebebühnen erhebliche Radlasten und Stützlasten (Einzellasten) erzeugen. Bei überfahrenen Belägen sind die dynamischen Lasten sowie die horizontalen Lasten durch Kurvenfahren, Anfahren und Bremsen zu berücksichtigen. Die jeweilige Radlast bzw. Stützlast und deren Aufstandsfläche (Radabdruck) üben einen wesentlichen Einfluss auf die Bemessung aus.

Für hochbelastete Bodenbeläge werden Bodenplatten nach DIN EN 1341, Pflastersteine nach DIN EN 1342 und Bordsteine nach DIN EN 1343 verwendet.

Die Tragfähigkeit der Bodenplatten ist abhängig von der zulässigen Biegefestigkeit des Naturwerksteins und der Bettung der Platten. Durch eine Erhöhung der Dicke einer gebundenen Tragschicht kann die statisch erforderliche Dicke der Natursteinplatten reduziert werden.

Neben der max. Radlast und Aufstandsfläche der Fahrzeuge ist auch die Häufigkeit der Überrollung (Verkehrsdichte) ein entscheidendes Kriterium für die Dauerhaftigkeit der Beläge. Bei der Wahl der Plattendicke ist zu beachten, dass ein dauerhafter Verbund der Natursteinplatten zum Verlegeuntergrund nicht vorausgesetzt werden kann und die Beläge durch Horizontalkräfte (Brems- und Anfahrkräfte) verschoben werden können. Für die Lagestabilität der Plattenbeläge sind eine ausreichende Plattendicke, die auch über der theoretischen Bemessungsdicke aufgrund der Biegefestigkeit liegen kann, und eine vollständige Verfüllung der Fugen mit einem hochwertigen Material erforderlich. Zur besseren Abtragung der Horizontalkräfte können Platten für befahrene Beläge mit möglichst rauen Seiten- und Unterflächen verwendet werden.

7.2 Erforderliche Plattendicke

Die erforderliche Plattendicke richtet sich nach:

- der Häufigkeit der Überrollungen mit LKW, PKW und sonstigen Fahrzeugen
- der maximalen Achslast bzw. Radlast der Fahrzeuge
- dem gewählten Plattenformat
- der vorhandenen Biegefestigkeit des Naturwerksteins
- der Dicke, Steifigkeit und Biegefestigkeit vorhandener Tragschichten
- der Nachgiebigkeit des Unterbaus

Für vertikale Belastungen durch Fahrzeuge können die statisch erforderlichen Plattendicken von Belägen auf ungebundenen Tragschichten den nachfolgenden Bemessungstabellen entnommen werden. Aufgrund der Lagestabilität und der horizontalen Einwirkungen durch Brems- und Beschleunigungskräfte sind bei befahrenen Belägen oftmals größere Plattendicken erforderlich.

Nachstehende Richtwerte für die Plattendicken für befahrene Natursteinplatten bei einer ungebundenen Verlegung auf ungebundenen Tragschichten werden empfohlen:

Bauklasse nach RStO (RiLi Pflaster)	Art der befahrenen Flächen	Empfohlene Plattendicke
BK 1,0 (VBK 5)	Flächen des Straßenverkehrs mit geringem Schwerlastverkehr (z. B. Anliegerstraßen, Fußgängerzone mit geringem Ladeverkehr)	ca. 140 mm
BK 0,3 (VBK 4)	Flächen des Straßenverkehrs mit seltenem Schwerlastverkehr (z. B. Fuß- und Radwege)	ca. 120 mm
(VBK 3)	Gelegentlichen Befahrungen mit Fahrzeugen bis 20 t zulässigem Gesamtgewicht außerhalb von Flächen des Straßenverkehrs	ca. 100 mm
(VBK 2)	Gelegentlichen Befahrungen mit Fahrzeugen bis 3,5 t zulässigem Gesamtgewicht außerhalb von Flächen des Straßenverkehrs	ca. 60 mm

Bei der **gebundenen Bauweise** können die empfohlenen Plattendicken gemäß der statischen Bemessung (z.B. Bemessungsprogramm DNV3) reduziert werden.

Die erforderliche Plattendicke ist projektbezogen vom Planer vorzugeben.

7.3 Verwendungszweck und Beanspruchung

Verwendungszweck für nachstehende Objekte:	Beanspruchung				
	Regelklassen nach DIN 1072				Sonstige Beanspruchung
	30/16	24/12	6	3	
	Radlasten in kN				kN
	50	40	20	10	5
Parkplätze und Zufahrten:					
a) LKW-Verkehr		X			
b) LKW und Busverkehr		X			
c) Schwerverkehr	X				
Fußgängerzonen:					
a) Mit Begrenzung			X		
b) Mit geringem PKW- und Busverkehr		X			
c) Schwerverkehr ohne Begrenzung	X				
Wege, Terrassen in Anlagen:					
a) Wege mit Reinigungs- und Gartenmaschinenverkehr				X	
b) Gehwege ohne Absperrung				X	
c) Radwege ohne Absperrung				X	
d) Gehwege mit Absperrung					X
e) Radwege mit Absperrung					X
f) Terrassen mit Absperrung					X

7.4 Beläge auf ungebunden Tragschichten

In Sand- bzw. Kies-/Splittbett verlegte Plattenbeläge sind nur für Verkehrsflächen zu empfehlen, die selten befahren werden.

7.4.1 Berechnungsgrundlagen

Für die Bemessung wird eine ungebundene Tragschicht nach RStO vorausgesetzt.

Sicherheitsbeiwert	1,3
Dynamischer Beiwert für Radlasten	1,4
E-Modul Naturwerkstein	50.000 N/mm ²
Verformungsmodul EV2 der ungebundenen Tragschicht	≥ 100 MN/m ²

Als zulässige Biegefestigkeit ist der niedrigste zu erwartende Prüfwert (5-% Quantil bei einem Vertrauensniveau von 75 % für mindestens 10 Versuche) nach DIN EN 12372 bzw. DIN EN 13161 einzusetzen.

Die nachstehenden Bemessungstabellen sind auf der Grundlage der Bemessung von starren Bauteilen auf ungebundenen Tragschichten (Fundamentformel) entwickelt. Die nach der statischen Bemessung erforderlichen Plattendicken sind bei häufigen Überrollungen mit Schwerlastfahrzeugen aufgrund der Lagestabilität der Natursteinplatten oftmals nicht ausreichend und entsprechend zu erhöhen (siehe Abs. 7.2)

Für die Bemessung der statisch erforderlichen Plattendicken können auch Berechnungen nach der Finite-Elemente-Methode (FEM) oder vereinfachte Bruchlastberechnung nach DIN EN 1341 Anhang A verwendet werden.

7.4.2 Bemessungstabellen

Maximale Radlast 5 kN - Regelklasse 0,5																				
Zeile	Platten- größe		Biegefestigkeit β_{bz} nach DIN 52112 (N/mm ²)																	
			3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18	20	22	24
	Länge L	Breite B	Plattendicke D in cm																	
	cm	cm																		
1	30	30	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2	40	40	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	50	30	5	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	50	50	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
5	60	30	6	5	5	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
6	60	40	5	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
7	60	60	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
8	80	40	6	5	5	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
9	80	80	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
10	90	60	5	5	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Die nach der statischen Bemessungerforderlichen Plattendicken sind bei häufigen Überrollungen aufgrund der Lagestabilität der Natursteinplatten evtl. zu erhöhen (siehe Abs. 7.2).

Maximale Radlast 10 kN - Regelklasse 3																				
Zeile	Platten- größe		Biegefestigkeit β_{bz} nach DIN 52112 (N/mm ²)																	
			3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18	20	22	24
	Länge L	Breite B	Plattendicke D in cm																	
	cm	cm																		
1	30	30	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2	40	40	5	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	50	30	7	6	6	5	5	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3
4	50	50	6	5	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
5	60	30	8	7	6	6	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3
6	60	40	7	6	6	5	5	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3
7	60	60	6	5	5	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
8	80	40	9	7	7	6	6	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	3	3	3
9	80	80	6	5	5	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3
10	90	60	8	7	6	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3

Die nach der statischen Bemessung erforderlichen Plattendicken sind bei häufigen Überrollungen aufgrund der Lagestabilität der Natursteinplatten evtl. zu erhöhen (siehe Abs. 7.2).

Maximale Radlast 20 kN - Regelklasse 6																			
Zeile	Platten- größe		Biegefestigkeit β_{bz} nach DIN 52112 (N/mm²)																
			3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18	20	22
	Länge L	Breite B	Plattendicke D in cm																
	cm	cm																	
1	30	30	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
2	40	40	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
3	50	30	10	9	8	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
4	50	50	8	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
5	60	30	11	10	9	8	8	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
6	60	40	10	9	8	8	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	60	60	8	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
8	80	40	12	10	9	9	8	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6
9	80	80	9	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
10	90	60	11	9	8	8	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

Die nach der statischen Bemessung erforderlichen Plattendicken sind bei häufigen Überrollungen mit Schwerlastfahrzeugen aufgrund der Lagestabilität der Natursteinplatten evtl. zu erhöhen (siehe Abs. 7.2).

Maximale Radlast 40 kN - Regelklasse 24/12																			
Zeile	Platten- größe		Biegefestigkeit β_{bz} nach DIN 52112 (N/mm²)																
			3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18	20	22
	Länge L	Breite B	Plattendicke D in cm																
	cm	cm																	
1	30	30	8	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
2	40	40	10	9	8	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
3	50	30	14	12	11	10	9	9	8	8	7	7	7	7	6	6	6	6	6
4	50	50	11	9	8	8	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
5	60	30	16	14	12	11	10	10	9	9	8	8	8	8	7	7	7	6	6
6	60	40	14	12	11	10	9	9	8	8	7	7	7	7	6	6	6	6	6
7	60	60	11	10	9	8	8	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
8	80	40	17	15	13	12	11	10	10	9	9	9	8	8	8	7	7	7	6
9	80	80	12	10	9	9	8	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6
10	90	60	15	13	12	11	10	9	9	8	8	8	7	7	7	7	6	6	6

Die nach der statischen Bemessung erforderlichen Plattendicken sind bei häufigen Überrollungen mit Schwerlastfahrzeugen aufgrund der Lagestabilität der Natursteinplatten evtl. zu erhöhen (siehe Abs. 7.2).

Maximale Radlast 50 kN - Regelklasse 30/16

Zeile	Platten- größe		Biegefestigkeit β_{bz} nach DIN 52112 (N/mm ²)																
			3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18	20	22
	Länge L	Breite B	Plattendicke D in cm																
	cm	cm																	
1	30	30	9	8	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
2	40	40	11	10	9	8	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
3	50	30	15	13	12	11	10	10	9	9	8	8	8	7	7	7	6	6	6
4	50	50	12	10	9	9	8	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6
5	60	30	18	15	14	13	12	11	10	10	9	9	9	8	8	8	7	7	7
6	60	40	15	13	12	11	10	10	9	9	8	8	8	7	7	7	6	6	6
7	60	60	13	11	10	9	8	8	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6
8	80	40	19	16	15	13	12	12	11	10	10	10	9	9	9	8	8	7	7
9	80	80	13	12	10	10	9	8	8	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6
10	90	60	17	14	13	12	11	10	10	9	9	8	8	8	8	7	7	7	6

Die nach der statischen Bemessung erforderlichen Plattendicken sind bei häufigen Überrollungen mit Schwerlastfahrzeugen aufgrund der Lagestabilität der Natursteinplatten evtl. zu erhöhen (siehe Abs. 7.2).

7.4.3**Berechnungsbeispiele****Berechnungsbeispiel 1**

Naturstein: Fichtelgebirgs-Granit
 Biegezugfestigkeit $R_{tf} = 9,5 \text{ MPa}$
 Entsprechend der CE-Kennzeichnung
 Plattenabmessungen: $L = 1,00 \text{ m}$; $B = 0,55 \text{ m}$
 Belastung: Regelklasse 24/12
 Radlast = 40 kN

a) Ermittlung des maximalen Biegemoments:

$$\begin{aligned} \max. M &= (1,4 \cdot F \cdot L) / 8 \cdot (1 - 0,2/L) \\ \max. M &= (1,4 \cdot 40 \text{ kN} \cdot 1,00 \text{ m}) / 8 \cdot (1 - 0,2 \text{ m}/1,00 \text{ m}) \\ \max. M &= 7,00 \text{ kNm} \cdot 0,80 = 5,6 \text{ kNm} \end{aligned}$$

b) Ermittlung der erforderlichen Plattendicke

$$\text{erf. } D = \sqrt{\frac{78 \cdot M}{B \cdot R_{tf}}} + 0,3 \text{ cm (= Grenzaßmaß der Dicke)}$$

$$\text{erf. } D = \sqrt{\frac{78 \cdot 5,6 \text{ kNm}}{0,55 \text{ m} \cdot 9,5 \text{ MPa}}} + 0,3 \text{ cm}$$

$$\text{erf. } D = 9,5 \text{ cm}$$

Die nach der statischen Bemessung erforderlichen Plattendicken sind bei häufigen Überrollungen mit Schwerlastfahrzeugen aufgrund der Lagestabilität der Natursteinplatten evtl. zu erhöhen (siehe Abs. 7.2).

Berechnungsbeispiel 2

Naturstein: Kösseine Granit
 Biegezugfestigkeit $R_{tf} = 16,5 \text{ MPa}$
 Entsprechend der CE-Kennzeichnung
 Plattenabmessungen: $L = 0,85 \text{ m}$; $B = 0,65 \text{ m}$
 Belastung: Regelklasse 30/16
 Radlast = 50 kN

a) Ermittlung des maximalen Biegemoments:

$$\begin{aligned}\max. M &= (1,4 * F * L) / 8 * (1 - 0,2/L) \\ \max. M &= (1,4 * 50 \text{ kN} * 0,85 \text{ m}) / 8 * (1 - 0,2 \text{ m}/0,85 \text{ m}) \\ \max. M &= 7,44 \text{ kNm} * 0,765 = 5,7 \text{ kNm}\end{aligned}$$

b) Ermittlung der erforderlichen Plattendicke

$$\text{erf. } D = \sqrt{\frac{78 * M}{B * R_{tf}}} + 0,3 \text{ cm (= Grenzaßmaß der Dicke)}$$

$$\text{erf. } D = \sqrt{\frac{78 * 5,7 \text{ kNm}}{0,65 \text{ m} * 16,5 \text{ MPa}}} + 0,3 \text{ cm}$$

erf. D = 7 cm

Die nach der statischen Bemessung erforderlichen Plattendicken sind bei häufigen Überrollungen mit Schwerlastfahrzeugen aufgrund der Lagestabilität der Natursteinplatten evtl. zu erhöhen (siehe Abs. 7.2).

Berechnungsbeispiel 3

Naturstein: Roter Mainsandstein
 Biegezugfestigkeit $R_{tf} = 7,7 \text{ MPa}$
 Entsprechend der CE-Kennzeichnung
 Plattenabmessungen: $L = 0,60 \text{ m}$; $B = 0,40 \text{ m}$
 Belastung: Regelklasse 6
 Radlast = 20 kN

a) Ermittlung des maximalen Biegemoments:

$$\begin{aligned}\max. M &= (1,4 * F * L) / 8 * (1 - 0,2/L) \\ \max. M &= (1,4 * 20 \text{ kN} * 0,60 \text{ m}) / 8 * (1 - 0,2 \text{ m}/0,60 \text{ m}) \\ \max. M &= 2,10 \text{ kNm} * 0,667 = 1,4 \text{ kNm}\end{aligned}$$

b) Ermittlung der erforderlichen Plattendicke

$$\text{erf. } D = \sqrt{\frac{78 * M}{B * R_{tf}}} + 0,3 \text{ cm (= Grenzaßmaß der Dicke)}$$

$$\text{erf. } D = \sqrt{\frac{78 * 1,4 \text{ kNm}}{0,55 \text{ m} * 9,5 \text{ MPa}}} + 0,3 \text{ cm}$$

erf. D = 6,5 cm

Die nach der statischen Bemessung erforderlichen Plattendicken sind bei häufigen Überrollungen mit Schwerlastfahrzeugen aufgrund der Lagestabilität der Natursteinplatten evtl. zu erhöhen (siehe Abs. 7.2).

7.5 Beläge auf gebundenen Tragschichten

Die gebundene Bauweise ist für alle Beläge mit häufigen Überrollungen und Schwerlastverkehr zu bevorzugen.

Durch den Einbau von gebundenen Tragschichten, z.B. Asphalt- oder Betontragschichten nach RStO, kann die aufnehmbare Belastung der Natursteinbeläge erhöht und die Plattendicke optimiert werden.

Hydraulisch gebundene Tragschichten (HGT) aus natürlichen oder künstlichen Mineralstoffen mit einem abgestuften Korngerüst 0/32 oder 0/45, und Zement, Tragschichtbinder oder hochhydraulischer Kalk als Bindemittel haben gegenüber ungebundenen Tragschichten wegen der geringen Festigkeit nur wenige Vorteile.

Die erforderliche Dicke der Tragschicht ist in Abhängigkeit von der Belastung und den Steifigkeiten aller Belagsschichten zu ermitteln. Die in der RStO enthaltenen Standardbeläge weisen oftmals ungenügende Tragschichtdicken auf.

Nachstehende **Mindestdicken** für gebundene **Tragschichten** werden entsprechend der Richtlinie „Pflasterdecken und Plattenbeläge aus Naturstein für Verkehrsflächen“, herausgegeben vom DNV empfohlen:

Verkehrsbelastungsklassen	Mindestdicken von Tragschichten in cm						
	1	2	3	4	5	6	7
Drainbeton (Grobkornbeton)	10	15	15	15	18	20	20
Wasserdurchlässiger Asphalt	10	15	15	18	20	22	22

Empfehlungen für die Mindestdicke der Pflaster- und Plattendecken in gebundener Bauweise sind ebenfalls in der Richtlinie „Pflasterdecken und Plattenbeläge aus Naturstein für Verkehrsflächen“, herausgegeben vom DNV, enthalten.

Unter Belastung durch Fahrzeuge treten Biegespannungen in den jeweiligen Belagsschichten (gebundene Tragschicht, Verlegemörtel, Naturwerkstein) auf. Die jeweiligen Biegespannungen sind abhängig von der Belastung und der Steifigkeit der Materialien. Ist eine gebundene Tragschicht in ausreichender Dicke vorhanden, wird das Biegemoment aus Belastung von der Tragschicht aufgenommen und die erforderliche Dicke der Naturwerksteinplatten kann reduziert werden.

Der statische Nachweis der Tragschichten und Naturwerksteinplatten mit den erforderlichen Dicken kann mit dem Bemessungsprogramm DNV 3 erfolgen

Voraussetzung für die Bemessung ist eine möglichst hohlraumarme Verlegung der Platten in einem verdichteten, aber dennoch wasserdurchlässigen Mörtelbett mit ausreichender Festigkeit.

Gebunden Tragschichten müssen widerstandsfähig gegen Frost-Tau-Belastungen sein. Vorteilhaft ist eine hohe Wasserdurchlässigkeit, die Tragschichten aus Drainbeton bzw. Drainasphalt aufweisen.

7.6 Verkehrsbelastungsklassen

Verkehrsbelastungsklasse 1 (VBK 1)

Ausschließlich begehbarer (nicht mit Kfz befahrbare) Beläge außerhalb von Flächen des Straßenverkehrs (z. B. Terrassen, Fußwege).

Verkehrsbelastungsklasse 2 (VBK 2)

Befahrbare Beläge bis 3,5 t zulässigem Gesamtgewicht außerhalb von Flächen des Straßenverkehrs (z. B. Garagenzufahrten, PKW-Stellplätze).

Verkehrsbelastungsklasse 3 (VBK 3)

Befahrbare Beläge wie VBK 2, jedoch mit gelegentlichen Befahrungen mit Fahrzeugen bis 20 t zulässigem Gesamtgewicht außerhalb von Flächen des Straßenverkehrs (z. B. Pflege-, Instandhaltungs- und Rettungswege sowie Feuerwehr-, Garagen- und Gebäudezufahrten).

Verkehrsbelastungsklasse 4 (VBK 4)

Flächen des Straßenverkehrs mit seltenem Schwerlastverkehr (z. B. Fuß- und Radwege) entsprechend der Bauklasse BK 0,3 der RStO 12.

Verkehrsbelastungsklasse 5 (VBK 5)

Flächen des Straßenverkehrs mit geringem Schwerlastverkehr (z. B. Anliegerstraßen) entsprechend der Bauklasse BK 1,0 der RStO 12.

Verkehrsbelastungsklasse 6 (VBK 6)

Flächen des Straßenverkehrs mit Schwerlastverkehr (z. B. Fußgängerzone mit Ladeverkehr) entsprechend der Bauklasse BK 1,8 der RStO 12.

Verkehrsbelastungsklasse 7 (VBK 7)

Flächen des Straßenverkehrs mit häufigem Schwerlastverkehr (z. B. Wohnsammelstraßen, Busverkehrsflächen) entsprechend der Bauklasse BK 3,2 der RStO 12.

Der DNV bietet ein **Bemessungsverfahren (DNV 3)** für Natursteinbeläge auf gebundenen oder ungebundenen Tragschichten an.

Das Bemessungsverfahren wurde auf Grundlage eines Forschungsvorhabens des DNV an der LGA Würzburg entwickelt. Mit dem Bemessungsverfahren können die erforderlichen Dicken der Naturwerksteinplatten und Tragschichten unter Berücksichtigung von vertikal wirkenden Gewichtskräften durch Fahrzeuge ermittelt werden. Das Programm ermittelt die vorhandenen Biegemomente und führt einen Spannungsnachweis durch. Horizontal wirkenden Brems- und Anfahrkräfte bleiben bei der Bemessung unberücksichtigt.

8. Hinweise auf Normen und Richtlinien

DIN EN 197-1	Zement – Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien für Normalzement;
DIN EN 197-2	Zement – Konformitätsbewertung;
DIN 482	Straßenbordsteine aus Naturstein;
DIN 1164	Zement mit besonderen Eigenschaften;
DIN 1045	Beton und Stahlbeton;
DIN 1072	Lastannahmen für Straßen- und Wegebrücken;
DIN EN 1341	Platten aus Naturstein für Außenbereiche - Anforderungen und Prüfverfahren;
DIN EN 1342	Pflastersteine aus Naturstein für Außenbereiche - Anforderungen und Prüfverfahren;
DIN EN 1343	Bordsteine aus Naturstein für Außenbereiche - Anforderungen und Prüfverfahren;
DIN EN 1925	Prüfverfahren von Naturstein - Bestimmung des Wasseraufnahmekoeffizienten infolge Kapillarwirkung;
DIN EN 1926	Prüfverfahren von Naturstein - Bestimmung der Druckfestigkeit;
DIN EN 1936	Prüfung von Naturstein - Bestimmung der Reindichte, der Rohdichte, der offenen Porosität und der Gesamtporosität;

DIN EN 12004 Mörtel und Klebstoffe für Fliesen und Platten

DIN EN 12057 Naturstein - Fliesen - Anforderungen

DIN EN 12058 Naturstein - Bodenplatten und Stufenbeläge - Anforderungen

DIN EN 12670	Naturstein - Terminologie
DIN EN 12371	Prüfung von Naturstein - Bestimmung des Frostwiderstandes;
DIN EN 12372	Prüfverfahren für Naturstein - Bestimmung der Biegefestigkeit unter Mittellinienlast;
DIN EN 12407	Prüfverfahren von Naturstein - Petrographische Prüfung;
DIN EN 12440	Naturstein - Kriterien für die Bezeichnung;
DIN EN 12670	Terminologie von Naturstein;
DIN EN 13161	Prüfverfahren für Naturstein - Bestimmung der Biegefestigkeit (unter konstantem Moment);
DIN EN 13755	Prüfverfahren für Naturstein - Bestimmung der Wasseraufnahme bei atmosphärischem Druck;
DIN EN 14157	Prüfverfahren für Naturstein - Bestimmung des Widerstandes gegen Verschleiß;
DIN EN 14231	Prüfverfahren für Naturstein - Bestimmung des Gleitwiderstandes mit Hilfe des Pendelprüfgerätes

DIN 18299 Allgemeine Regelungen für Bauarbeiten jeder Art

DIN 18332 Naturwerksteinarbeiten

DIN 18318 Pflasterdecken und Plattenbeläge, Einfassungen

DIN 18555 Prüfung von Mörteln mit mineralischen Bindemitteln;

DIN 52008 Prüfverfahren für Naturstein; Beurteilung der Verwitterungsbeständigkeit

DIN 52108 Verschleißprüfung mit der Schleifscheibe nach Böhme

Bautechnische Informationen des DNV

BTI 1.6	Mörtel für Außenarbeiten
BTI 1.7	Bauchemische und bauphysikalische Einflüsse
BTI 3.2	Reinigung und Pflege
BTI 4.1	Wissenswertes über Naturstein
BTI 5.2	Aufmaß und Abrechnung

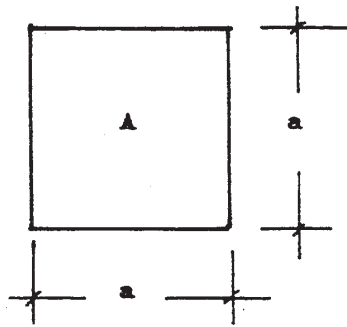
Richtlinie Pflaster- und Plattendecken für befahrene und begangene Flächen in ungebundener und gebundener Ausführung sowie in Mischbauweisen

Merkblätter der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswege

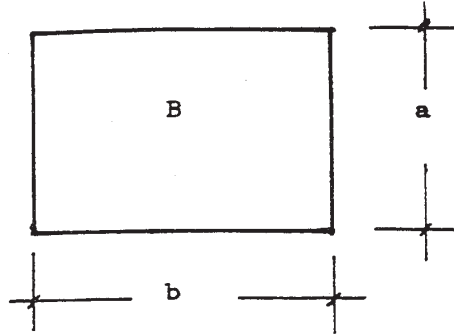
- Flächenbefestigung mit Pflasterdecken und Platten belägen in ungebundener Ausführung M FP
- Flächenbefestigung mit Pflasterdecken und Platten belägen in gebundener Ausführung M FPgeb
- Flächenbefestigung mit Großformaten M FG
- Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Tragschichten im Straßenbau (ZTVT-StB)
- Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau (ZTVE-StB)
- Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen (RStO)
- Technische Lieferbedingungen für Bauprodukte zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen (TL Pflaster-StB 06/15)
- Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen (ZTV Pflaster-StB 2006)

Anhang Plattenformate

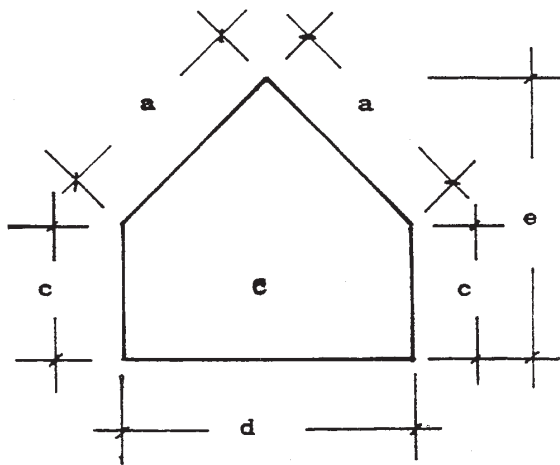
Form A: Die quadratische Platte



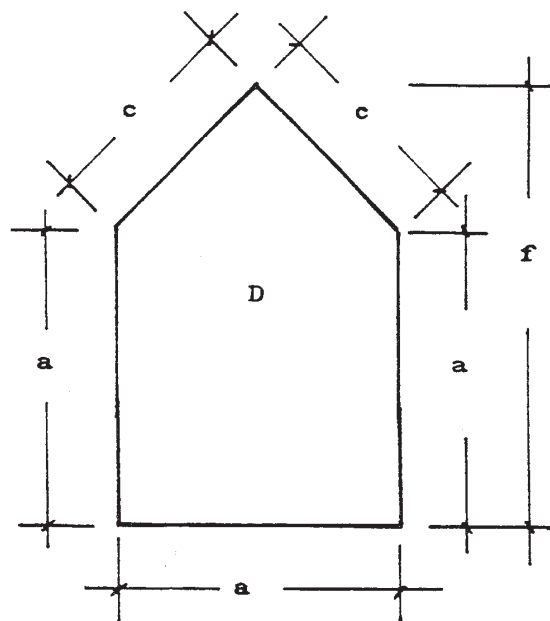
Form B: Die Rechteckplatte



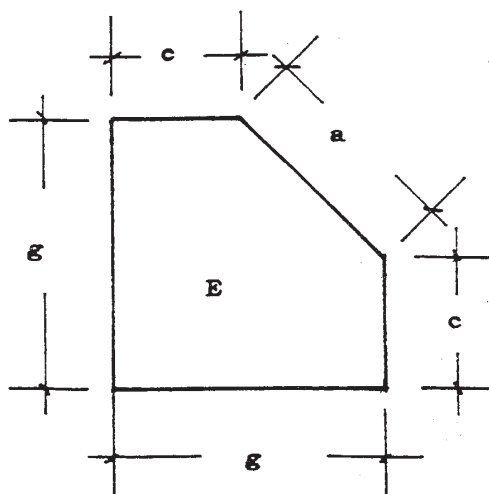
Form C: Friesplatte klein



Form D: Friesplatte groß



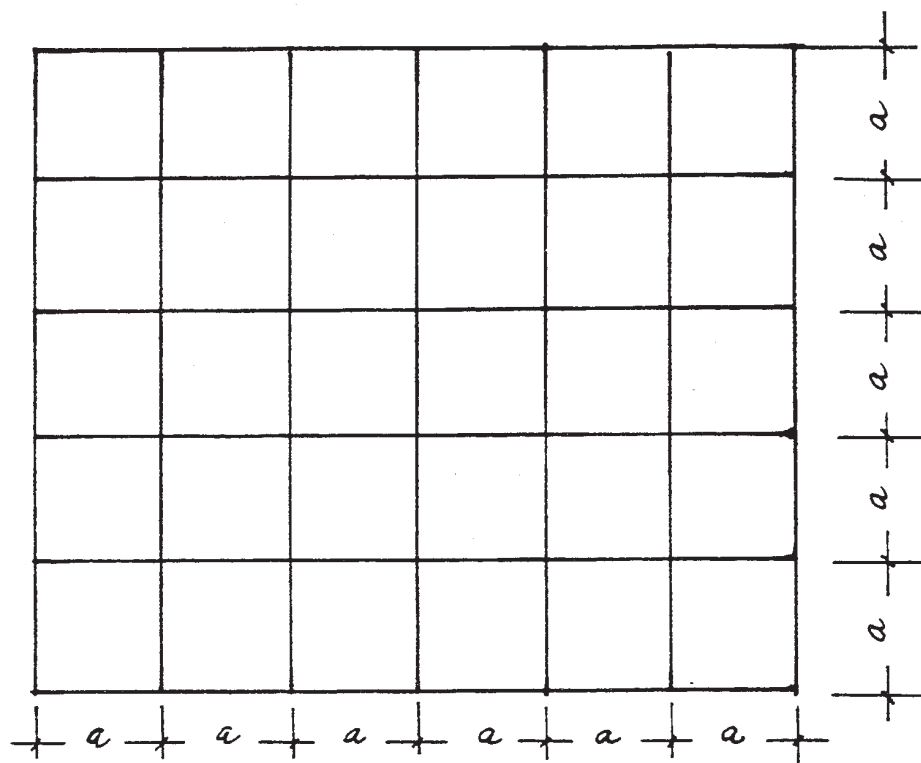
Form E: Die Eckplatte



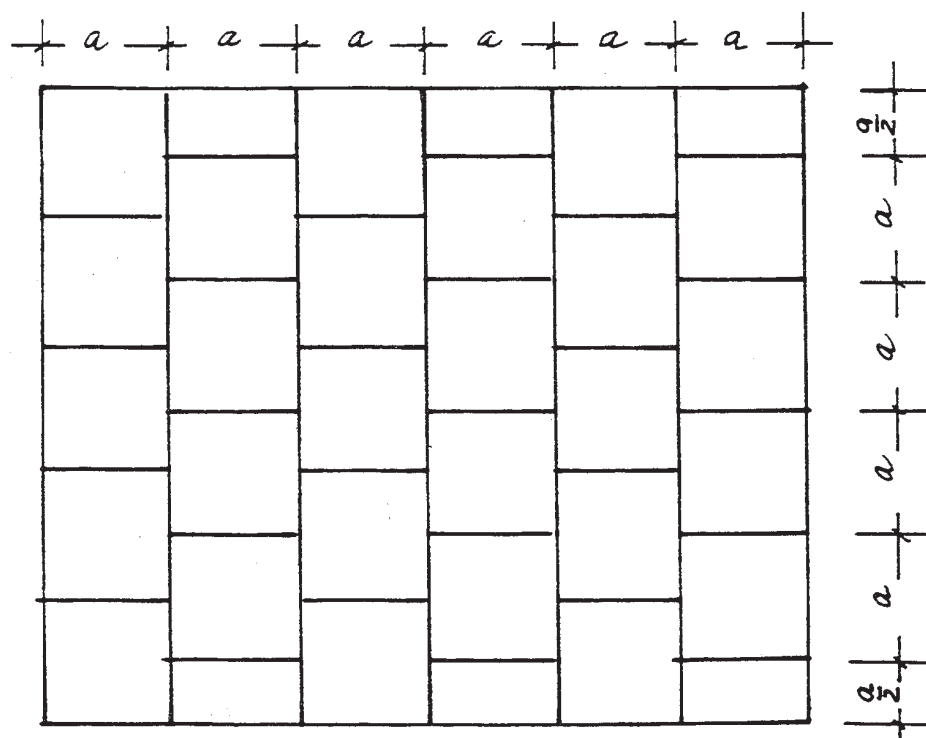
Plattenabmessungen
nach Tabelle

Verlegearten, Blatt 1

Form A: Quadratverband



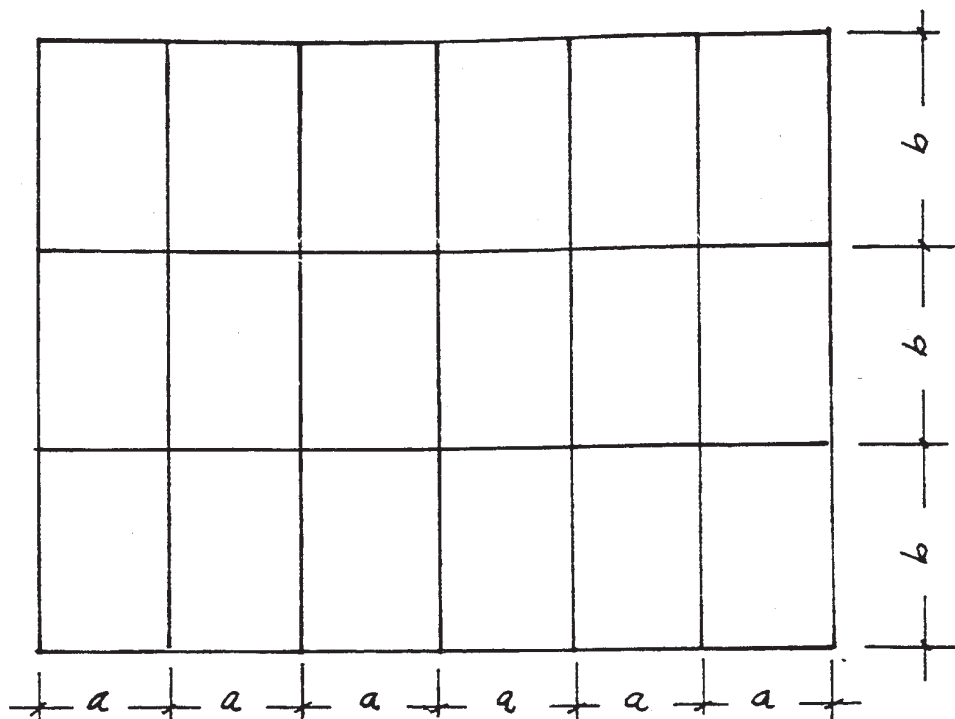
Form A: Quadratverband versetzt



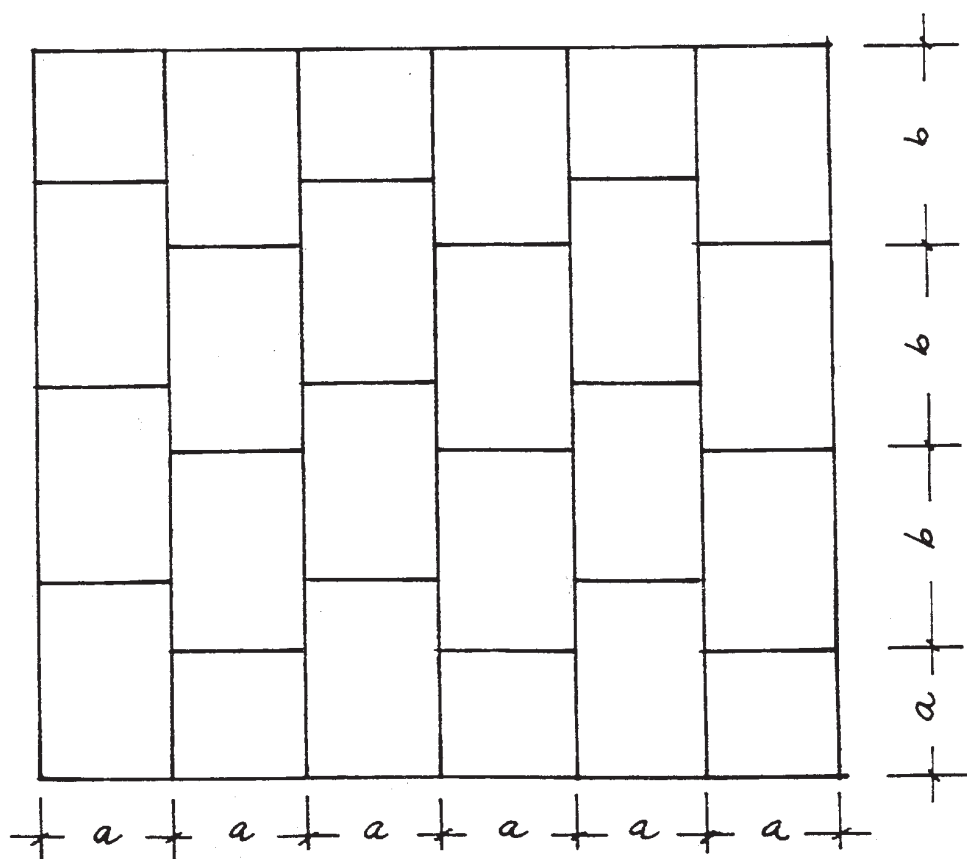
Sonderformat: Mindestens 0,10 qm Einzelfläche, Abmessungsverhältnis 1:2

Verlegearten, Blatt 2

Form B: Rechtecksverband

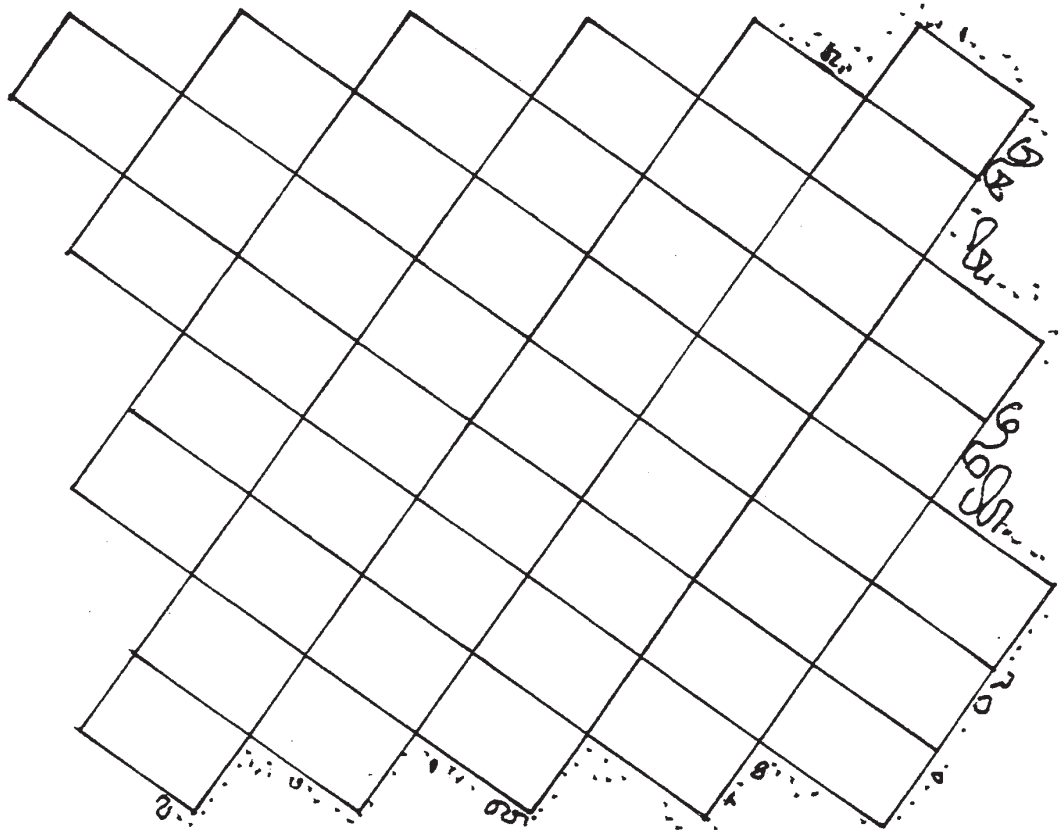


Form B: Rechtecksverband versetzt

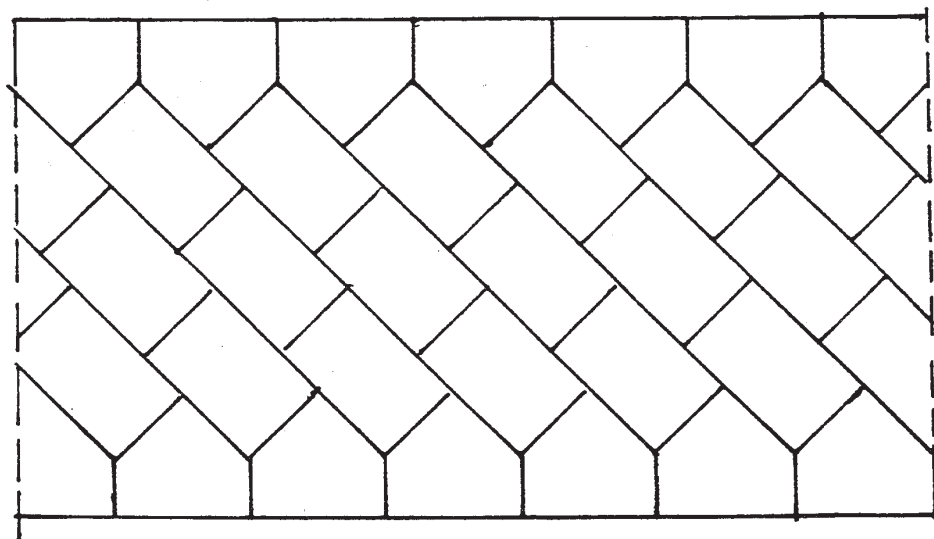


Verlegearten, Blatt 3

Form B: Rechtecksverband schräg (diagonal)

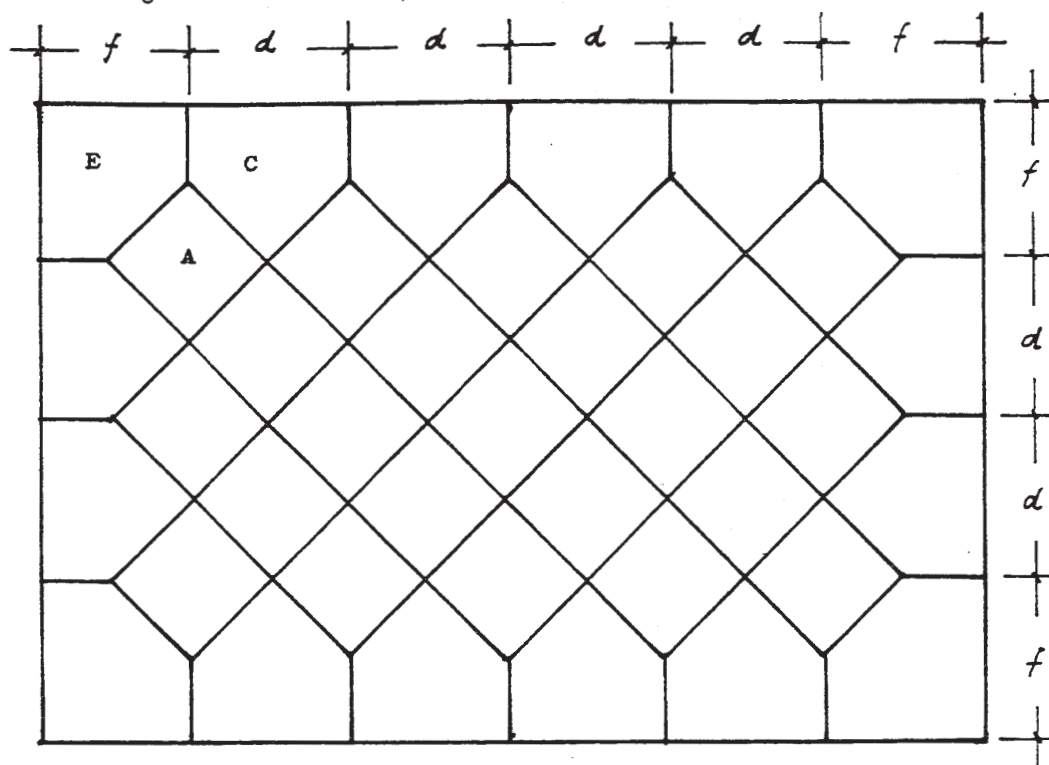


Form B: Rechtecksverband diagonal mit Friesplatten (Form C)

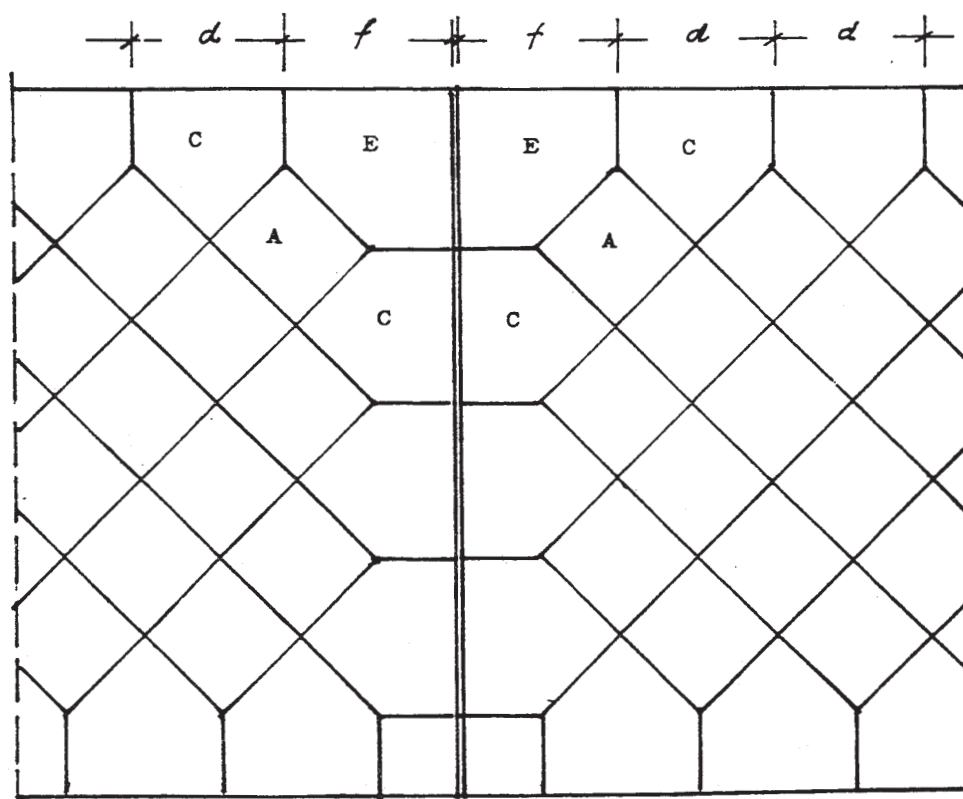


Verlegearten, Blatt 4

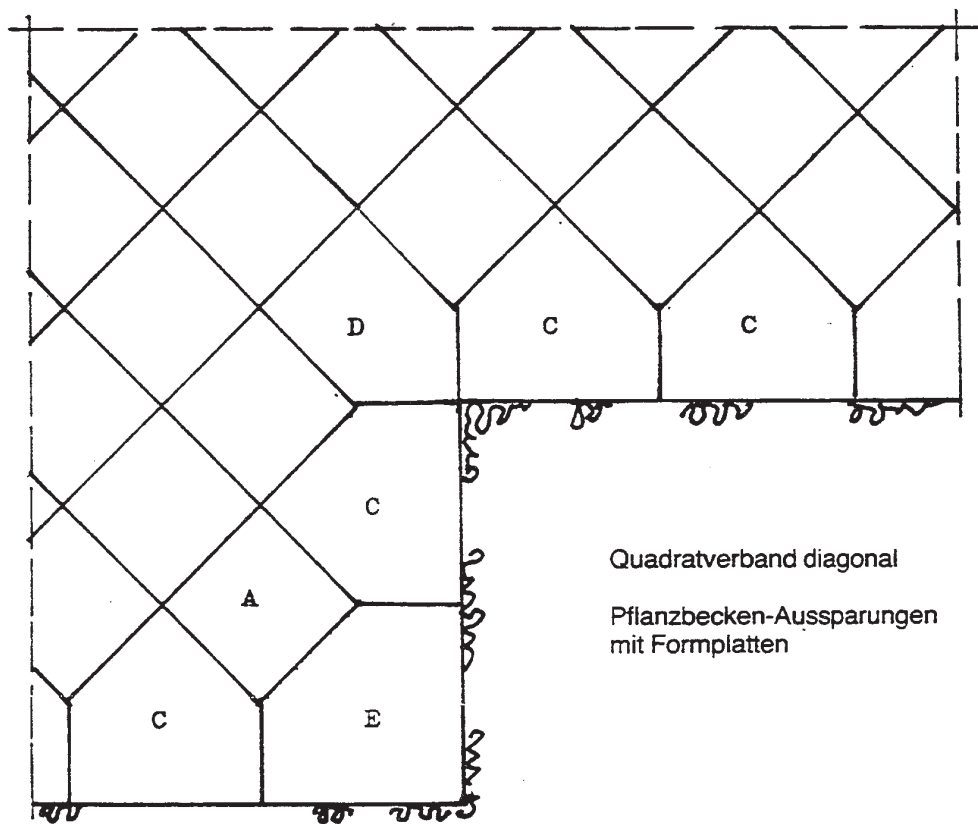
Quadratverband diagonal mit Fries- und Eckplatten



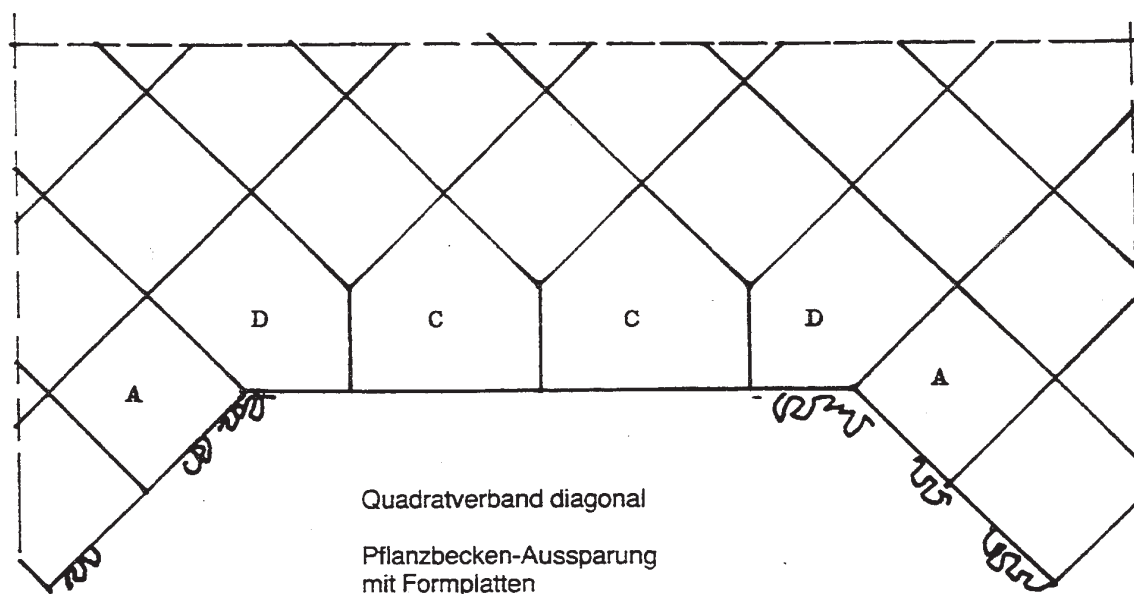
Dehnfugenausbildung



Verlegearten, Blatt 5



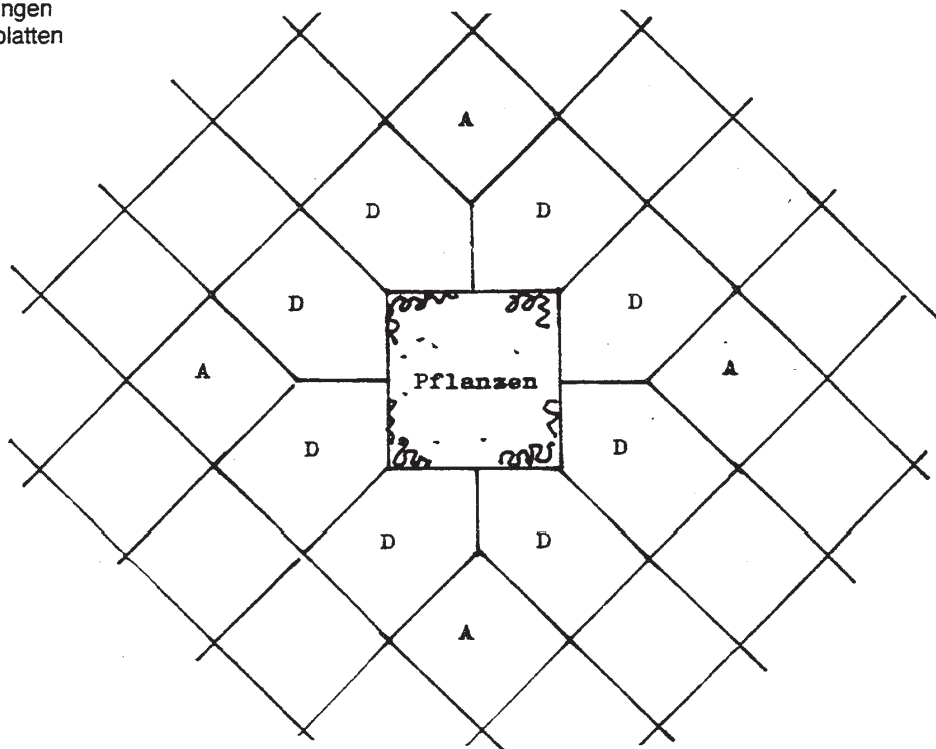
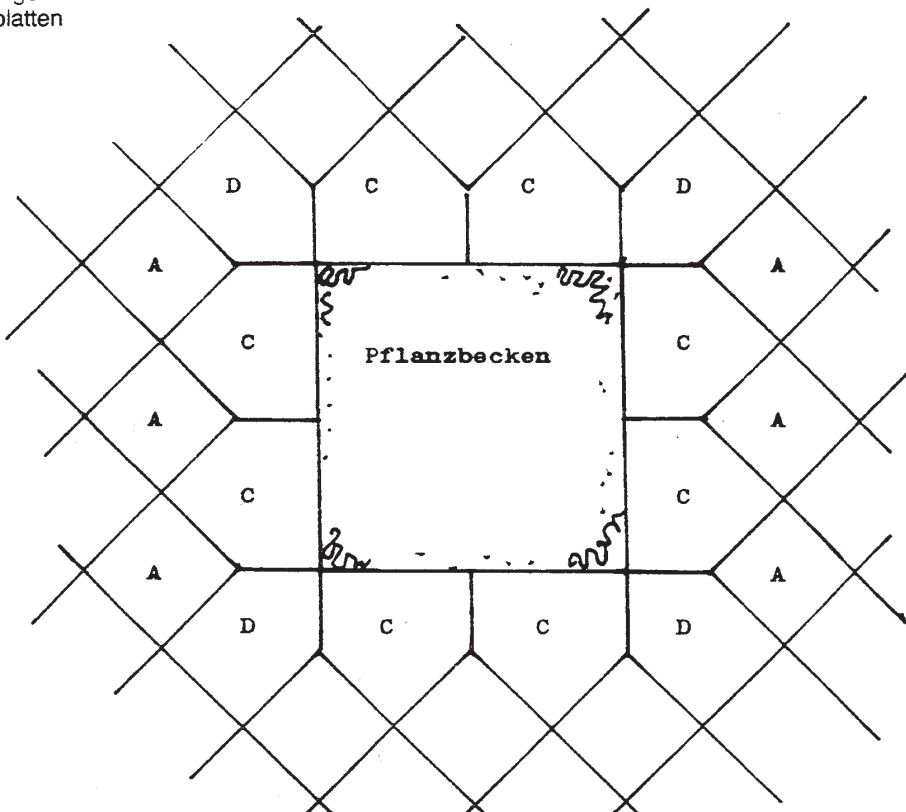
Quadratverband diagonal

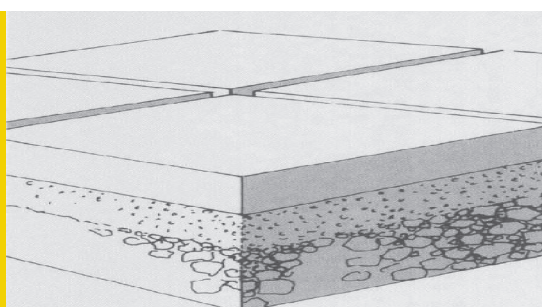
Pflanzbecken-Aussparungen
mit Formplatten

Quadratverband diagonal

Pflanzbecken-Aussparung
mit Formplatten

Verlegearten, Blatt 6

Aussparungen
mit FormplattenAussparungen
mit Formplatten



Herausgeber:
Deutscher Naturwerkstein-Verband e.V.
Sanderstraße 4
97070 Würzburg
www.natursteinverband.de

Copyright: Printed in Germany 2008
Druck: Druckerei Kummor GmbH, Kitzingen

Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe und der Übersetzung behält sich der Herausgeber vor.

Die vorliegende Bautechnische Information berücksichtigt die Ergebnisse wissenschaftlicher Erkenntnisse und langjähriger Erfahrungen aus der Praxis, die sich bei der Ausführung von Naturwerksteinarbeiten ergeben haben. Sie berücksichtigt ferner alle zur Zeit geltenden betreffenden Baunormen und dient vorwiegend als Information für die Planung und praktische Anwendung, jedoch nur unter Ausschluss jeglicher Haftung.