

Bautechnische Information Naturwerkstein

Stand: Mai 2008

Bodenbeläge, außen

1. Naturwerkstein Bodenbeläge	4	5. Beläge für befahrene Wege, Straßen und Plätze	13
1.1 Bemusterung	4	5.1 Unterbau und Tragschichten	13
1.2 Abriebfestigkeit	4	5.2 Beläge auf Kiesschichten.....	13
1.3 Witterungsbeständigkeit	4	5.3 Beläge im Verbund über gebundenen Tragschichten.....	13
1.4 Produktnormen	4	5.4 Beläge über Abdichtungen bzw. Dämmschichten	13
1.5 Oberflächenbearbeitung	5	6. Pflasterbeläge	13
2. Umwelteinflüsse auf Bodenbeläge	5	6.1 Materialauswahl.....	13
2.1 Feuchtigkeit.....	5	6.2 Unterbau und Tragschichten	13
2.2 Frost	5	6.3 Verlegung auf Kiesschicht.....	14
2.3 Streusalz.....	5	6.3.1 Verlegehinweise	14
2.4 Temperatureinflüsse	5	6.3.2 Verfugung	14
2.5 Schwindvorgänge	6	6.4 Verlegung im Mörtelbett.....	14
2.6 Reinigung.....	6	6.4.1 Verlegehinweise	14
3. Verlegehinweise	6	6.4.2 Verfugung	14
3.1 Wasserführung	6	7. Bemessung hochbelasteter Bodenbeläge	15
3.2 Fugen	6	7.1 Vorbemerkungen	15
3.3 Bewegungsfugen	7	7.2 Erforderliche Plattendicke	15
3.4 Verlegemörtel	7	7.3 Verwendungszweck und Beanspruchung	16
3.4.1 Zementmörtel mit dichtem Gefüge	7	7.4 Beläge auf ungebundenen Tragschichten	16
3.4.2 Zementmörtel mit haufwerksporigen Gefüge	7	7.4.1 Berechnungsgrundlagen	16
3.4.3 Hydraulisch erhärtende Dünnbettmörtel.....	7	7.4.2 Bemessungstabellen	17
3.5 Plattendicken	8	7.4.3 Berechnungsbeispiele	20
3.6 Plattenformate	8	7.5 Beläge auf gebundenen Tragschichten	21
3.7 Abdichtungen.....	8	8. Hinweise auf Normen und Richtlinien	22
4. Verlegung auf Terrassen, Balkonen und Gehwegen	8	Anhang: Plattenformate und Verlegearten.....	24
4.1 Untergründe.....	9		
4.1.1 Erdreich.....	9		
4.1.2 Betontragschicht/Estrich ohne Abdichtung.....	9		
4.1.3 Betontragschicht/Estrich mit Abdichtung, Trennlagen, Drainmatten, Dämmungen	9		
4.2 Verlegearten.....	9		
4.2.1 Ungebundene Bettung.....	9		
4.2.2 Verlegung im Zementmörtel nach 3.4.1	9		
4.2.3 Verlegung im Zementmörtel nach 3.4.2.....	9		
4.2.4 Verlegung im Dünnbett- oder Mittelbettmörtel.....	9		
4.2.5 Beläge auf Stelzlagern	10		
4.2.6 Systemskizzen.....	10		

1. Naturwerkstein für Bodenbeläge

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, technisch-funktionale 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.

Werden besondere Anforderungen an das Aussehen der Natursteine gestellt, so bedarf dies einer schriftlichen Vereinbarung. 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.

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.

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

Anforderungen an Platten aus Naturstein für **Naturwerksteinarbeiten** 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 12 mm bis 15 mm	$\pm 1,5$ mm
– 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 höhere 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, jetgestrahlt, sandgestrahlt, abgerieben, bewährt. 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 Neuausgabe des **Merkblattes für Fußböden in Arbeitsräumen und Arbeitsbereichen mit Rutschgefahr (BGR 181; früher ZH 1/571)** im Oktober 2003 werden nun auch erstmals Richtwerte für **Arbeitsbereich** 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 Richtwert **R 10 - V 4** entsprechen, wobei **V 4** für einen Verdrängungsraum von $4 \text{ cm}^3/\text{dm}^2$ 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.

Sollten Imprägnierungen eingesetzt werden, ist deren Eignung für den jeweiligen Naturwerkstein und dessen Verwendungszweck im Außenbereich mit dem Imprägniermittelhersteller abzuklären. Eine Versiegelung von Naturwerksteinen im Außenbereich mit Mitteln, die die Diffusionsfähigkeit wesentlich einschränken, ist schadensträchtig und somit nicht zu empfehlen.

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 Feuchtigkeitsflecken an Plattenoberseiten sind unvermeidlich und stellen keinen Mangel dar.

Durch Risse im Fugenmörtel oder Kapillar dringt Feuchtigkeit in den Untergrund ein und löst Calciumhydroxid aus dem Verlegemörtel oder Betonuntergrund. Beim Verdunsten der Feuchtigkeit wird das Calciumhydroxid an die Oberfläche transportiert und es bleibt infolge Carbonatisierung Kalksinter an der Oberfläche zurück. 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, Kiesbett) sollte wasserdurchlässig sein. Durch den Einbau einer kapillarbrechenden Drainmatte kann die horizontale Wasserableitung auf wasserundurchlässigen Untergründen (Beton/Estrich, Abdichtungen, Trennlagen) im Untergrund wesentlich verbessert werden.

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 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 Fugen- und Verlegemörtel und vermindert somit den Verbund zwischen Mörtel und Naturwerkstein. Bei tausalzbelasteten Flächen ist auf die Auswahl von Verlege- und Fugenmörtel mit hoher Widerstandsfähigkeit gegen Tausalzeinwirkung zu achten.

2.4 Temperatureinflüsse

Zum Ausgleich von Längenänderungen infolge Temperaturdehnungen müssen bei starren Tragschichten ausreichende Dehnungsfugen geplant werden. 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 Betonkonglomerates. Dadurch entstehen Scherspannungen in den Verbundfugen Naturwerkstein/Verlegemörtel und Verlegemörtel /Betonuntergrund. Mit der Verwendung von Mörtel mit haufwerkporigem Gefüge (Einkornmörtel) 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 werden.

Um schädliche Spannungen zu vermeiden dürfen Beläge erst nach ausreichender Trocknung und Abschwächung der Schwindung der Untergründe und Verlegemörtel verlegt und verfügt 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. Durch eine Imprägnierung kann eine Reduzierung der Wasseraufnahme erzielt, aber das Problem der Veralgung nicht grundsätzlich beseitigt werden. 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.

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

Bei maschineller Reinigung ist der Bodenbelag für die schadensfreie Aufnahme der statischen und dynamischen Belastung zu bemessen.

3. Verlegehinweise

3.1 Wasserführung

Bei der Planung von Bodenbelägen ist auf eine kontrollierte Entwässerung der Belagsoberfläche und der Bettung zu achten. Bodenbeläge im Außenbereich sind mit einem Gefälle zu verlegen, welches eine rasche und gezielte Ableitung von Oberflächenwasser ermöglicht.

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. Durch den Einbau einer kapillarbrechenden Drainmatte kann die horizontale Wasserableitung im Untergrund wesentlich verbessert werden.

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

Vorteilhaft ist der Einbau von Dränagen, Ablaufrinnen oder Bodeneinläufen, die alle wasserführenden Ebenen (auch wasserführenden Tragschichten) entwässern.

3.2 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, Art der Verfugung und dem gewünschtem 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 unregelmäßigen Plattenbelägen 15 mm nicht überschreiten. Werden die Fugen vergossen oder von Hand verfügt, müssen sie mindestens 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 Verfugung ist ohne besondere Vereinbarung grauer Zementmörtel (Trasszement) zu verwenden. Bei farbigen Fugenmörteln ist deren Eignung (keine Randzonenverfärbungen) nachzuweisen.

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

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 instand gesetzt 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. Die Güteklasse CG 2 ist zu bevorzugen.

3.3 Bewegungsfugen

Bei Bodenbeläge mit starrer Bettung müssen Bewegungsfugen entsprechend den zu erwartenden Bewegungen angelegt werden. 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 der thermischen Dehnung, der Belagsfarbe sowie der Besonnung der Fläche. 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 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.

Mit elastischen Füllstoffen geschlossene Fugen unterliegen chemischen und physikalischen Einflüssen und können reißen. Die unvermeidlichen Verformungen überschreiten in der Regel die Elastizität der Fugenfüllstoffe. Sie unterliegen insoweit einer Wartung.

3.4 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.

3.4.1 Zementmörtel mit dichtem Gefüge

Die Mörtelbettdicke für Bodenbeläge im Außenbereich beträgt bei einer **Dickbettverlegung** mit dichtem Mörtelgefüge zwischen 10 mm und 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 Wasser-

aufnahme 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 empfehlenswert.

3.4.2 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 (Einkornmörtel) empfehlenswert. Die horizontale Wasserableitung in der Bettung kann durch die Anordnung einer kapillarbrechenden Drainmatte erheblich verbessert werden.

Entgegen den Anforderungen der **DIN 18332 Abs. 3.2.3** ist für wasserdurchlässige Mörtel ein **Mischungsverhältnis Zement zu Sand** 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. Vor der Verlegung ist eine Eignungsprüfung des Mörtels empfehlenswert.

Ebenfalls ist die in **DIN 18332 Abs. 3.2.4** angegebene **Mörtelbettdicke** für Bodenbeläge im Außenbereich von 10 mm bis 30 mm bei der Verwendung eines wasserdurchlässigen Mörtels mit grober Körnung zum erforderlichen Ausgleich der Toleranzen auf etwa **50 bis 60 mm** zu erhöhen. Aufgrund des geringen Wasseranspruchs und der geringeren Schwindverformung dieser Mörtel ist dies ohne Probleme möglich. Zur Sicherstellung des Haftverbundes ist eine möglichst wasserdurchlässige Kontaktschicht zwischen Naturwerkstein und Verlegemörtel vorzusehen.

Haufwerkporige Mörtel (Einkornmörtel) 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 der Tragschicht, ist die geringere Biegezugfestigkeit solcher haufwerkporiger Mörtel zu berücksichtigen.

3.4.3 Hydraulisch erhärtende Dünnbettmörtel

Außenbeläge, insbesondere mit Fliesen aus Naturstein nach DIN EN 12057, können bis ca. 60 cm Kantenlänge auch im kombinierten Floating-Buttering-Verfahren nach DIN 18157 mit **Dünnbettmörtel** (Güteklasse C2 und S2 nach DIN EN 12004) oder Fließbettmörtel auf einer Lastverteilungsschicht verlegt werden. Hierbei sind die Verarbeitungshinweise des Herstellers zu beachten. Schnell abbindende Verlegesysteme sind zu bevorzugen, da diese eine frühere Belastung der Flächen sicherstellen. Kunststoffvergütete Mörtelsysteme haben den Vorteil, dass diese bei entsprechender Vergütung einen dauerhaften Haftverbund auch zu sehr dichten Naturwerksteinmaterialien, wie Quarzite, Schiefer usw. sicherstellen.

Bei dünnen Mörtelbettschichten sind erhöhte Anforderungen an die Ebenheit der Verlegeuntergründe und die Maßtoleranzen der Natursteindicke (Kalibrierung) zu stel-

len. Eine ebene und möglichst hohlraumarme Verlegung ist nur bei kleinen Plattenformaten möglich.

Dünnbettmörtel werden üblicherweise in Kombination mit einer Verbundabdichtung entsprechend dem Merkblatt „Hinweise für die Ausführung von Abdichtungen im Verbund mit Bekleidungsplatten und Belägen aus Fliesen und Platten für den Innen- und Außenbereich“ verwendet.

Eine direkte Verlegung auf Beton oder Estrich ohne Abdichtung ist nicht zu empfehlen. Sofern direkt auf einer Lastverteilungsschicht ohne Verbundabdichtung verlegt werden soll, ist unterhalb der drainfähigen Lastverteilungsschicht eine geeignete Drainagematte anzuordnen.

Aufgrund unvermeidbarer Hohlstellen bei der Verlegung ist diese Verlegungsmethode bei dichten Naturwerksteinen mit feinen Kapillarporen problematisch, da sich Feuchtigkeit im Verlegeuntergrund aufstaut und dies zu Feuchteflecken und Frostablösungen führen kann.

Die Verlegung von Naturwerksteinbelägen im Dünnbettmörtel ist deshalb nur eingeschränkt empfehlenswert.

3.5 Plattendicken

Die **Mindestdicke** der Naturwerksteinplatten ist abhängig von der Beanspruchung, der Materialfestigkeit, dem gewählten Plattenabmessungen, der Verlegetechnik und dem Untergrund. Sie sollte bei einer Verlegung im Mörtelbett oder auf Kies-/Sandschichten nicht unter 30 mm betragen.

Als Richtwert für die Plattendicke 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.

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

Hinweise für die Bemessung hochbelasteter Bodenbeläge enthält Abschnitt 7.

3.6 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.

3.7 Abdichtungen

Bei Belagsflächen über abgeschlossenen Räumen ist eine Abdichtung nach DIN 18195 bzw. den Richtlinien des Dachdeckerhandwerks erforderlich. 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 (z.B. ausreichend große Vordächer, Rinnen mit Gitterrosten - siehe Systemskizze 9 und 10) zu treffen. Abdichtungen sind in der Regel durch Schutzfolie oder Schutzmatten abzudecken, die keinen Verbund zum Verlegemörtel erlauben. In solchen Fällen ist ein ausreichend dimensionierter Estrich als Tragschicht vorzusehen.

Bei Balkonen ist ebenfalls eine Abdichtung nach DIN 18195 oder eine Verbundabdichtung entsprechend dem ZDB-Merkblatt vorzusehen. Auf Verbundabdichtungen können Verlegemörtel direkt aufgebracht werden. Verbundabdichtungen auf Estrichen und Betontragschichten mit dichtem Gefüge können sinnvoll sein, um das Eindringen von Feuchtigkeit in die Belagskonstruktion zu vermindern.

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 an-

zuordnen, 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 Dränage 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 4.2.4 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, Drainmatten, Dämmungen

Abdichtungen nach DIN 18195, Trennlagen, Dämmungen und Drainmatten verhindern eine Verlegung der Naturwerksteinbeläge im Verbund zum tragenden Untergrund. Es sind deshalb zusätzlich lastverteilende Tragschichten (Estriche mit dichter oder haufwerksporiger Gefügestruktur) in ausreichender Dicke vorzusehen. Wasserführende Tragschichten müssen ein ausreichendes Gefälle nach 3.1 aufweisen.

4.2 Verlegearten

4.2.1 Ungebundene Bettung

Die Verlegung der Naturwerksteinplatten erfolgt in einer Bettung aus gewaschenem, wasserdurchlässigem Sand 0/2 mm oder 0/4 mm, Splitt 1/3 mm oder 2/5 mm oder Brechsandsplittgemisch 0/5 mm. Das Größtkorn sollte 8 mm nicht überschreiten. 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 3.4.1

Bei dieser Verlegart sind Feuchtigkeitsverfleckungen und Kalkausblühungen auf den Belagsoberflächen sowie Rissbildungen in den Fugen nicht auszuschließen.

Die Verlegung erfolgt direkt in einem ca. 2 bis 3 cm dicken Mörtelbett nach 3.4.1 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 nach 3.4.2

Die Verlegung erfolgt direkt in einem ca. 5 cm dicken Mörtelbett nach 3.4.2 im Verbund mit der Betondecke/Estrich.

4.2.4 Verlegung im Dünnbett- oder Mittelbettmörtel

Bei dieser Verlegart sind Feuchtigkeitsverfleckungen und Kalkausblühungen auf den Belagsoberflächen sowie Rissbildungen in den Fugen nicht auszuschließen.

Die Verlegung erfolgt mit der Buttering-Floating-Methode nach DIN 18157 direkt in einem ca. 5 mm dicken Dünnbettmörtel oder 10 bis 20 mm dicken Mittelbettmörtel

im Verbund mit der Betondecke/Estrich oder einer Verbundabdichtung entsprechend dem ZDB-Merkblatt.

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

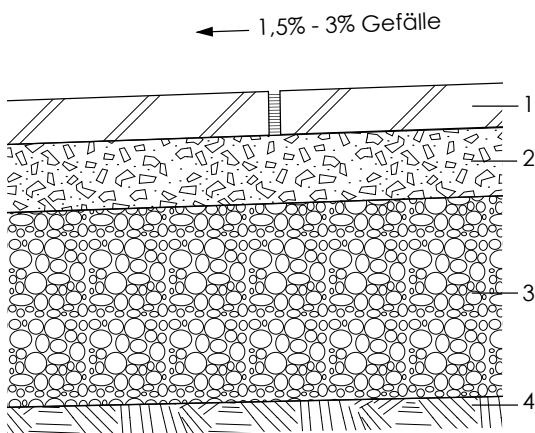
4.2.5 Beläge auf Stelzlagerern

Bauseits eingebrachte Abdichtungen können als wasserführende Schichten genutzt werden. Hierbei muss jedoch eine gezielte Wasserableitung durch einen Gully o. ä. sichergestellt werden.

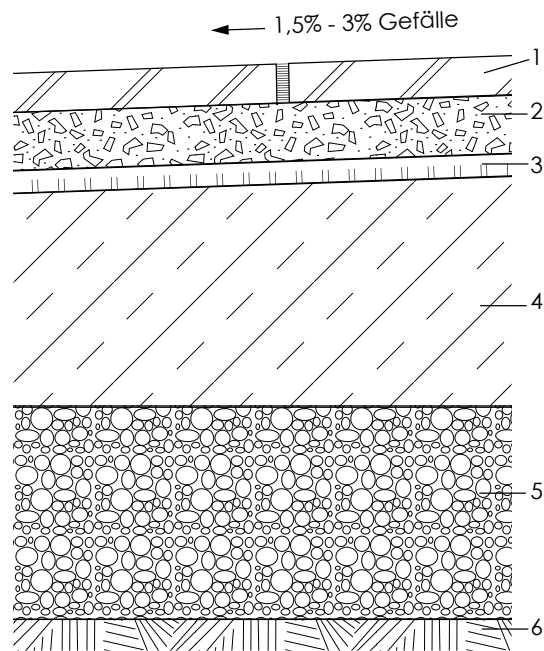
Die Naturwerksteinplatten werden auf mindestens 3 cm hohen Auflagern verlegt. Die Platten müssen kipp-sicher an allen Ecken fest aufliegen. Die thermischen Dehnungen der Platten dürfen durch die Auflager nicht behindert werden.

Als Auflager können Beton-, Mörtelkissen, Kunststoff-, oder nichtrostende Metallständer verwendet werden. Bei Beton- oder Mörtelkissen können die Platten gegen Kalkausblühungen durch eine PE-Folie 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.

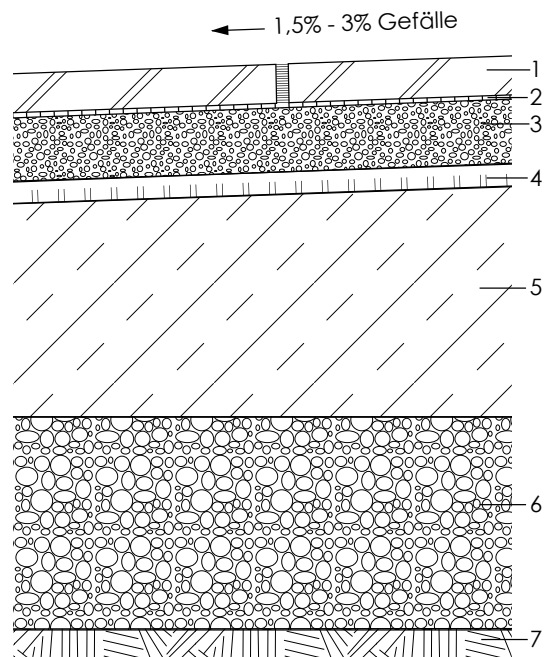
4.2.6 Systemskizzen



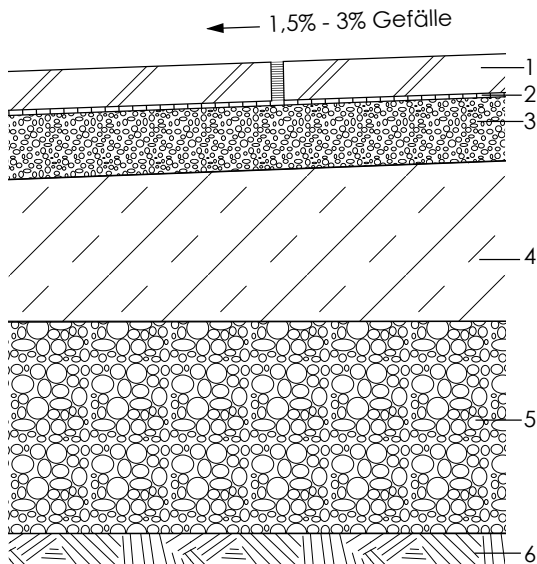
Systemskizze 1:
Ungebundene Verlegung auf Erdreich
 1: Naturwerkstein, $d \geq 30$ mm
 2: Kies-/Sandbettung, d ca. 3 - 5 cm
 3: Tragschicht, $d \geq 15$ cm
 4: Erdplanum (wasserdurchlässig)



Systemskizze 2:
Ungebundene Verlegung auf Betondecke
 1: Naturwerkstein, $d \geq 3$ cm
 2: Kies-/Sandbettung, d ca. 3 - 5 cm
 3: evtl. starre Drainmatte
 4: Tragfähige Betondecke im Gefälle oder mit Gefälleestrich; d ca. 15 cm
 5: Frostschuttschicht, $d \geq 15$ cm
 6: Erdplanum



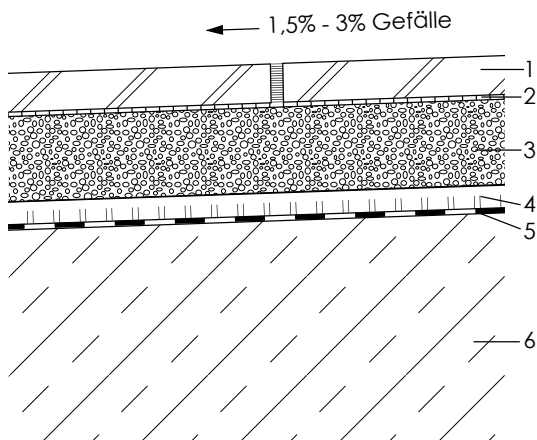
Systemskizze 3:
Mörtelbett im Verbund auf Betondecke
 1: Naturwerkstein, d ca. 3 cm
 2: Kontaktschicht
 3: Haufwerksporiger Mörtel, $d \geq 50$ mm
 4: evtl. starre Drainmatte
 5: Tragfähige Betondecke im Gefälle oder mit Gefälleestrich; d ca. 15 cm
 6: Frostschuttschicht, $d \geq 15$ cm
 7: Erdplanum



Systemskizze 4:

Mörtelbett im Verbund auf Drainbeton-Tragschicht

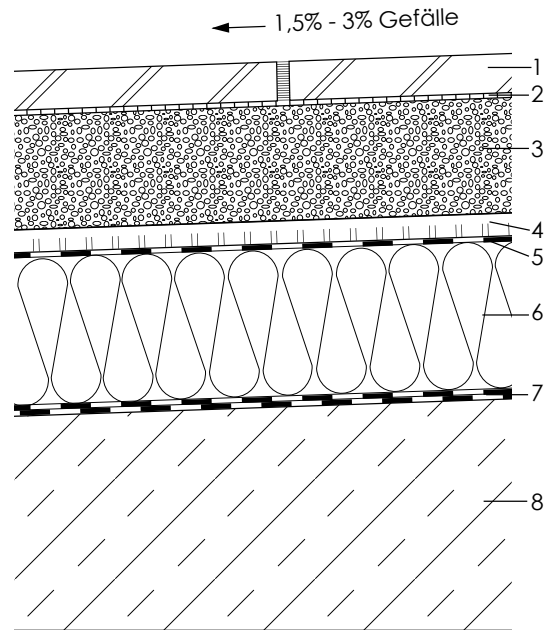
- 1: Naturwerkstein, d ca. 3 cm
- 2: Kontaktschicht
- 3: Haufwerksporiger Mörtel, d \geq 10 cm
- 4: Drainbeton-Tragschicht, d \geq 10 cm
- 5: Frostschuttschicht, d \geq 15 cm
- 6: Erdplanum



Systemskizze 5:

Mörtelbett ohne Verbund auf Betondecke

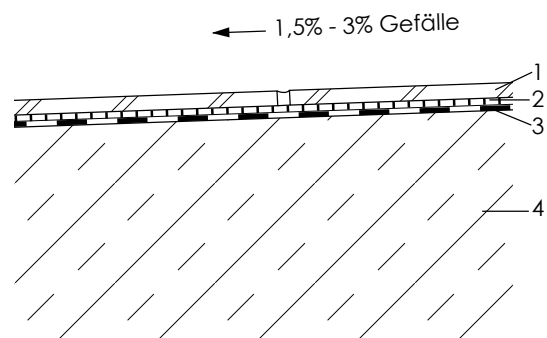
- 1: Naturwerkstein, d ca. 3 cm
- 2: Kontaktschicht
- 3: Haufwerksporiger Mörtel, d \geq 60 mm
- 4: evtl. starre Drainmatte
- 5: Abdichtung oder Trennfolie
- 6: Tragfähige Betondecke im Gefälle oder mit Gefälleestrich; d ca. 15 cm



Systemskizze 6:

Mörtelbett ohne Verbund auf Betondecke mit Dämmung

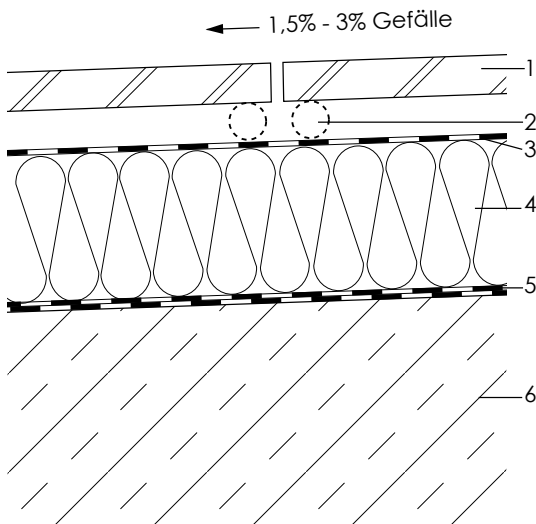
- 1: Naturwerkstein, d ca. 3 cm
- 2: Kontaktschicht
- 3: Haufwerksporiger Mörtel, d \geq 80 mm (nach statischer Bemessung)
- 4: Schutzlage oder starre Drainmatte
- 5: Abdichtung nach DIN 18195
- 6: Dämmung
- 7: Dampfsperre
- 8: Tragfähige Betondecke im Gefälle oder mit Gefälleestrich; d ca. 15 cm



Systemskizze 7:

Dünnbettverlegung auf Betondecke

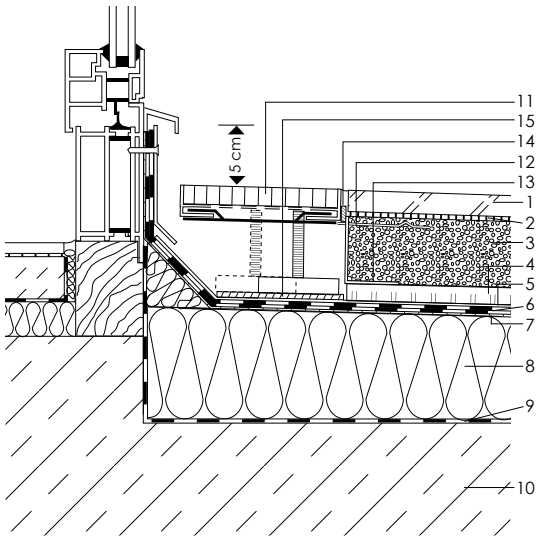
- 1: Naturwerksteinfliesen
- 2: Dünnbettmörtel
- 3: Verbundabdichtung
- 4: Tragfähige Betondecke im Gefälle oder mit Gefälleestrich; d ca. 15 cm



Systemskizze 8:

Stelzlager

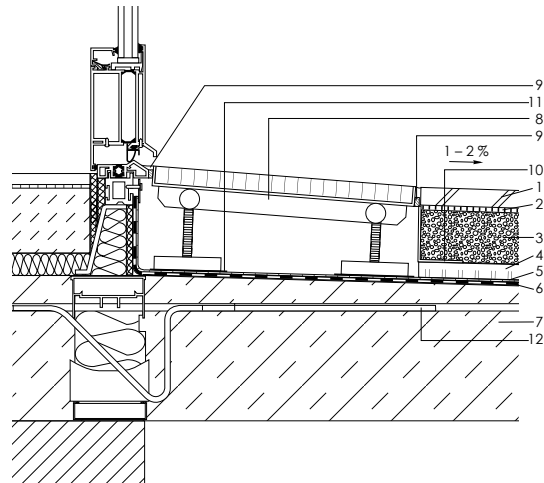
- 1: Naturwerkstein, $d \geq 3$ cm
- 2: Stelzlager (z.B. Mörtelsäckchen)
- 3: Abdichtung nach DIN 18195
- 4: Wärmedämmung
- 5: Dampfsperre
- 6: Tragfähige Betondecke im Gefälle oder mit Gefälleestrich; d ca. 15 cm



Systemskizze 9:

Niedriger Türanschluß

- 1: Naturwerkstein, d ca. 3 cm
- 2: Kontaktschicht
- 3: Haufwerksporiger Mörtel, $d \geq 80$ mm (nach statischer Bemessung)
- 4: starre Drainmatte
- 5: Trennlage
- 6: Abdichtung nach DIN 18195
- 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, $d \geq 80$ 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

5.1 Unterbau und Tragschichten

Ein geeigneter Unterbau und Tragschichten, entsprechend dem jeweiligen Verwendungszweck, sind Voraussetzungen für dauerhafte, ebene Plattenbeläge. Hinweise hierzu sind den Richtlinien für den Straßenbau, Tragschichten und Erdarbeiten und (RStO, ZTV und TL) zu entnehmen.

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.

Die erforderlichen Dicken von gebundenen Tragschichten sind entsprechend der vorgesehenen Belastung der Beläge, z. B. mit dem DNV-Bemessungsprogramm DNV 3 (siehe Abs. 7), zu ermitteln.

Bei wasserdurchlässigen Tragschichten ist auf eine gezielte Entwässerung (Gefälle, evtl. Drainage) des Unterbaus zu achten. Auf gefrorenem Unterbau, Tragschichten sowie Bettung darf kein Plattenbelag verlegt werden.

Im Mörtelbett verlegte Natursteinbeläge sind üblicherweise nicht wasserdicht. Bei starker Durchfeuchtung sind **Kalkausblühungen** an den Fugen- und Plattenoberflächen **unvermeidlich**. Durch die Verlegung von Natursteinplatten in sickerfähige Mörtel (Einkornmörtel) 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 Plattenbeläge aus Naturstein für Verkehrsflächen“, herausgegeben vom DNV sowie die ZTV-Pflaster in Verbindung mit der TL-Pflaster.

5.2 Beläge auf Kiesschichten

Bettungen von Naturwerksteinplatten mit Gesteinskörnungen 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 Staunässe ausreichend wasserdurchlässig sein. Anforderungen an Bettungs- und Fugenmaterialien enthält die TL-Pflaster.

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

Die erforderliche Plattendicke ist nach Abs. 7 zu ermitteln.

5.3 Beläge im Verbund über gebundenen Tragschichten

VOB DIN 18318 enthält derzeit nur noch Regelungen für die ungebundene Bauweise. Bei einer gebundenen Bauweise sind besondere Vereinbarungen hinsichtlich der Ausführung sowie Aufmaß und Abrechnung zu treffen.

Die Verlegung erfolgt direkt in einem ca. 5 cm dicken dränagefähigen Mörtelbett im Verbund mit einer möglichst wasserdurchlässigen Beton- oder Asphalttragschicht. Die Oberfläche der Tragschicht muss sauber, haftfähig, 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 kann durch eine Kontaktschicht verbessert werden. Diese darf die Wasserableitung nicht wesentlich behindern. Fugenmörtel sind möglichst dicht (evtl. zusätzlich hydrophobiert) zu konzipieren.

Die Tragfähigkeit der Naturwerksteinplatten wird wesentlich von der Dimensionierung der Tragschicht beeinflusst (siehe Abs. 7). Die Bemessung der Tragschichten und Natursteinplattendicken kann mit dem Bemessungsprogramm DNV3 erfolgen.

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

Pflaster aus bearbeiteten oder unbearbeiteten Naturstein ist 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).

Hinweise für Pflasterbeläge enthält auch das Merkblatt „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 nach den Richtlinien für die Standardisierung von Verkehrsflächen (RStO) zu dimensionieren. Weitere Hinweise sind den Richtlinien für Erdarbeiten und Straßenbau zu entnehmen.

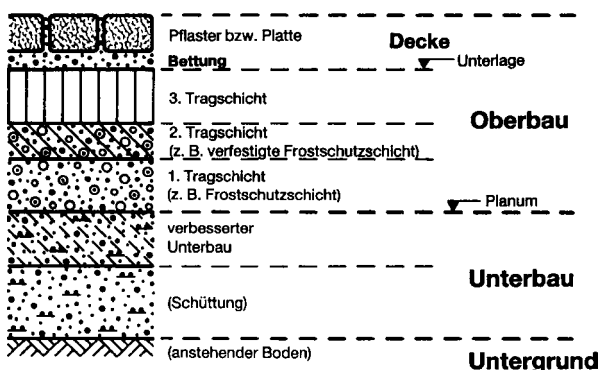
Der Verlegeuntergrund muss ein ausreichendes Gefälle aufweisen und eine gezielte Abführung von eindrin-

gendem 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 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 muss mindestens 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 oder 0/8 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 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.

6.4 Verlegung im Mörtelbett

6.4.1 Verlegehinweise

VOB DIN 18318 enthält derzeit nur noch Regelungen für die ungebundene Bauweise. Bei einer gebundenen Bauweise sind besondere Vereinbarungen hinsichtlich der Ausführung sowie Aufmaß und Abrechnung zu treffen.

Auf der gebundenen Tragschicht werden die Pflastersteine im haufwerkporigen Mörtel (Einkornmörtel 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 Nässestau abzuführen. Bei wasserundurchlässigen Tragschichten (z.B. Asphalt, Stahlbeton) ist ein ausreichendes Quergefälle zur Wasserableitung 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. Derzeit werden verschiedene Verfahren angeboten, die eine optimale Nachbehandlung der Fugenmörtel ermöglichen.

In starren Pflasterbelägen können infolge der thermischen Dehnungen unvermeidbare Risse auftreten. In Randbereichen und Anschlüssen zu festen Bauten sind grundsätzlich Dehnfugen erforderlich. Im Fahrbahnbereich wird oftmals auf Dehnfugen 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 Gabelstapler, Flurförderzeuge, Reinigungsmaschinen und Hebebühnen erhebliche Radlasten erzeugen. Die jeweilige Radlast bzw. Stützlast und deren Aufstandsfläche (Radabdruck) üben einen wesentlichen Einfluss auf die Bemessung aus.

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 sollten Platten für vielbefahrene Beläge keine gesägten sondern möglichst raue Seiten- und Unterflächen aufweisen.

7.2 Erforderliche Plattendicke

Die erforderliche Plattendicke richtet sich nach:

- der Häufigkeit der Überrollungen mit LKW, PKW und sonstigen Fahrzeugen
- der maximalen Achslast 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 erforderlichen Plattendicken von Belägen auf ungebundenen Tragschichten den nachfolgenden Bemessungstabellen entnommen werden.

Für andere Bedingungen ist ein statischer Nachweis, z. B. mit dem Bemessungsprogramm DNV3, zu erstellen.

Nachstehende Mindestplattendicken werden bei einer Verlegung auf ungebundenen Tragschichten empfohlen:

Bauklasse	Äquival. 10-t-Achsüberg. In Mio.	Plattendicke
IV RStO	60 - 300	min. 150 mm
V RStO	10 - 60	min. 120 mm
VI RStO	bis 10	min. 80 mm
Ausschließlichem Fußgänger- und PKW-Verkehr		min. 50 mm

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.

7.4.2 Bemessungstabellen

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	24
	Länge A	Breite B	Plattendicken in cm																	
	cm	cm																		
1	30	30	9	8	7	6,5	6	6	5,5	5	5	5	4,5	4,5	4,5	4,5	4	4	3,5	3,5
2	35	35	10,5	9	8	7,5	7	6,5	6	6	5,5	5,5	5	5	5	5	4,5	4,5	4	4
3	40	40	11	9,5	8,5	8	7,5	7	6,5	6,5	6	6	5,5	5,5	5,5	5	5	4,5	4,5	4,5
4	45	45	12	10	9	8,5	8	7,5	7	6,5	6,5	6	6	5,5	5,5	5,5	5	5	4,5	4,5
5	30	45	14	12,5	11	10	9,5	9	8,5	8	7,5	7,5	7	7	6,5	6,5	6	6	5,5	5,5
6	50	50	12	10,5	9,5	9	8	7,5	7	7	6,5	6,5	6	6	5,5	5,5	5,5	5	5	4,5
7	35	50	14,5	12,5	11	10,5	9,5	9	8,5	8	8	7,5	7	7	6,5	6,5	6	6	5,5	5,5
8	40	60	15,5	13,5	12	11	10,5	9,5	9	9	8,5	8	8	7,5	7	7	6,5	6,5	6	6
9	45	70	16,5	14	12,5	11,5	11	10	9,5	9	9	8,5	8	8	7,5	7,5	7	6,5	6,5	6
10	50	75	16,5	14	12,5	11,5	11	10	9,5	9	9	8,5	8	8	7,5	7,5	7	6,5	6,5	6

Maximale Radlast 40 kN - Regelklasse 24/12																				
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 A	Breite B	Plattendicken in cm																	
	cm	cm																		
1	30	30	8	7	6,5	6	5,5	5,5	5	5	4,5	4,5	4	4	4	4	3,5	3,5	3,5	3,5
2	35	35	9,5	8	7	6,5	6	6	5,5	5,5	5	5	4,5	4,5	4,5	4,5	4	4	4	3,5
3	40	40	10	8,5	8	7	6,5	6,5	6	5,5	5,5	5,5	5	5	5	4,5	4,5	4	4	4
4	45	45	10,5	9	8	7,5	7	6,5	6,5	6	6	5,5	5,5	5	5	5	4,5	4,5	4	4
5	30	45	13	11	10	9	8,5	8	7,5	7,5	7	6,5	6,5	6	6	6	5,5	5,5	5	5
6	50	50	11	9,5	8,5	8	7,5	7	6,5	6	6	5,5	5,5	5,5	5	5	5	4,5	4,5	4
7	35	50	13	11	10	9,5	8,5	8	7,5	7,5	7	7	6,5	6,5	6	6	5,5	5,5	5	5
8	40	60	14	12	11	10	9,5	9	8,5	8	7,5	7,5	7	6,5	6,5	6,5	6	5,5	5,5	5,5
9	45	70	14,5	13	11,5	10,5	10	9	8,5	8,5	8	7,5	7,5	7	7	6,5	6,5	6	6	5,5
10	50	75	14,5	12,5	11,5	10,5	9,5	9	8,5	8,5	8	7,5	7,5	7	7	6,5	6,5	6	5,5	5,5

Maximale Radlast 20 kN - Regelklasse 6																			
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 A	Breite B	Plattendicken in cm																
	cm	cm																	
1	30	30	6	5	4,5	4,5	4	4	3,5	3,5	3,5	3,5	3	3	3	3	3	3	3
2	35	35	6,5	6	5,5	5	4,5	4,5	4	4	4	3,5	3,5	3,5	3,5	3	3	3	3
3	40	40	7	6,5	5,5	5,5	5	4,5	4,5	4	4	4	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3	3
4	45	45	7,5	6,5	6	5,5	5	5	4,5	4,5	4	4	4	4	3,5	3,5	3,5	3,5	3
5	30	45	9	8	7	6,5	6	6	5,5	5,5	5	5	4,5	4,5	4,5	4,5	4	4	3,5
6	50	50	8	7	6	5,5	5,5	5	5	4,5	4,5	4	4	4	4	3,5	3,5	3,5	3
7	35	50	9,5	8	7	6,5	6	6	5,5	5,5	5	5	4,5	4,5	4,5	4,5	4	4	3,5
8	40	60	10	8,5	8	7	6,5	6,5	6	5,5	5,5	5	5	5	5	4,5	4,5	4	4
9	45	70	10,5	9	8	7,5	7	6,5	6,5	6	6	5,5	5,5	5	5	5	4,5	4,5	4
10	50	75	10,5	9	8	7,5	7	6,5	6	6	5,5	5,5	5,5	5	5	5	4,5	4,5	4

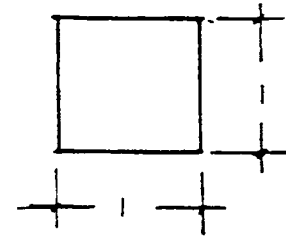
Maximale Radlast 10 kN - Regelklasse 3																			
Zeile	Platten- größe		Biegefestigkeit β_{bz} nach DIN 52112 (N/mm ²)																
			3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18	20	22
	Länge A	Breite B	Plattendicken in cm																
	cm	cm																	
1	30	30	4,5	4	3,5	3,5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2	35	35	5	4,5	4	3,5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	40	40	5	4,5	4	4	3,5	3,5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	45	45	5,5	5	4,5	4	4	3,5	3,5	3,5	3	3	3	3	3	3	3	3	3
5	30	45	6,5	6	5	5	4	4,5	4	4	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3	3	3	3
6	50	50	5,5	5	4,5	4	4	3,5	3,5	3,5	3	3	3	3	3	3	3	3	3
7	35	50	7	6	5,5	5	4,5	4,5	4	4	4	3,5	3,5	3,5	3,5	3	3	3	3
8	40	60	7	6,5	5,5	5,5	5	4,5	4,5	4	4	4	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3	3
9	45	70	7,5	6,5	6	5,5	5	5	4,5	4,5	4	4	4	4	3,5	3,5	3,5	3,5	3
10	50	75	7,5	6,5	6	5,5	5	5	4,5	4,5	4	4	4	4	3,5	3,5	3,5	3	3

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
	Länge A	Breite B	Plattendicken in cm																
	cm	cm																	
1	30	30	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2	35	35	3,5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	40	40	4	3,5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	45	45	4	3,5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
5	30	45	5	4	4	3,5	3,5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
6	50	50	4	3,5	3,5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
7	35	50	5	4,5	4	3,5	3,5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
8	40	60	5	4,5	4	4	3,5	3,5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
9	45	70	5,5	5	4,5	4	4	3,5	3,5	3,5	3	3	3	3	3	3	3	3	3
10	50	75	5,5	5	4,5	4	4	3,5	3,5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

7.4.3 Berechnungsbeispiele

Berechnungsbeispiel 1

Material: Fichtelgebirgs-Granit
 Biegefestigkeit: $16,1 \text{ MN/m}^2 \text{ (N/mm}^2\text{)} \beta \text{ bz}$
 Prüfungszeugnis: B 377/84 vom 20.3.2008
 Platte Nr. 8
 Plattengröße: $1,00 \text{ (l) m}$; $0,55 \text{ (b) m}$
 Max. Platten-Seitenlänge $1,00 \text{ (l) m}$
 Plattenbelastung: Regelklasse 24/12 (DIN 1072)
 Maximale Radlast: 40 kN (F)

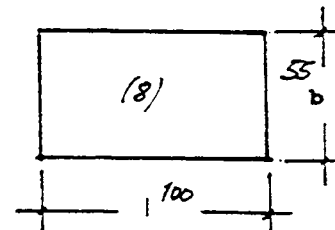


1. Ermittlung des maximalen Biegemomentes:

$$\max M = \frac{1,4 \cdot F \cdot l}{8} \cdot \left(1,00 - \frac{0,20}{1}\right)$$

$$\max M = \frac{1,4 \cdot 40 \text{ kN} \cdot 1,00 \text{ (l max) m}}{8} \cdot \left(1,00 - \frac{0,20 \text{ m}}{1,00 \text{ (l max) m}}\right)$$

$$\max M = 7,00 \text{ kNm} \cdot 0,80 = 5,60 \text{ kNm}$$



2. Ermittlung der erforderlichen Plattendicke:

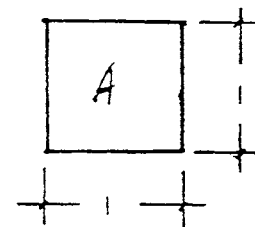
$$\text{erf. } d = \sqrt{\frac{78 \cdot \max M}{b \cdot \beta \text{ bz}}} + 0,30 \text{ cm}$$

$$\text{erf. } d = \sqrt{\frac{78 \cdot 5,60 \text{ kNm}}{0,55 \text{ (b) m} \cdot 16,1 \text{ MN/m}^2}} + 0,30 \text{ cm} = 7,32 \text{ cm}$$

Erforderliche Plattendicke $d = 7,5 \text{ cm}$ (volle Zentimeter oder halbe Zentimeter)
 (Zulage von $0,3 \text{ cm} = 3 \text{ mm}$ entspricht zulässiger Maßabweichung von der Plattendicke d)

Berechnungsbeispiel 2

Material: Roter Mainsandstein
 Biegefestigkeit: $7,70 \text{ MN/m}^2 \text{ (N/mm}^2\text{)} \beta \text{ bz}$
 Prüfungszeugnis: B 478/77 vom 11.2.2008
 Platte Nr. B
 Plattengröße: $0,60 \text{ (l) m}$; $0,40 \text{ (b) m}$
 Max. Platten-Seitenlänge $0,60 \text{ (l) m}$
 Plattenbelastung: Regelklasse 6 (DIN 1072)
 Maximale Radlast: 20 kN (F)

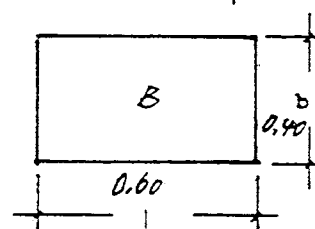


1. Ermittlung des maximalen Biegemomentes:

$$\max M = \frac{1,4 \cdot F \cdot l}{8} \cdot \left(1,00 - \frac{0,20}{1}\right)$$

$$\max M = \frac{1,4 \cdot 20 \text{ kN} \cdot 0,60 \text{ (l max) m}}{8} \cdot \left(1,00 - \frac{0,20 \text{ m}}{0,60 \text{ (l max) m}}\right)$$

$$\max M = 2,10 \text{ kNm} \cdot 0,6667 = 1,40 \text{ kNm}$$



2. Ermittlung der erforderlichen Plattendicke:

$$\text{erf. } d = \sqrt{\frac{78 \cdot \max M}{b \cdot \beta \text{ bz}}} + 0,30 \text{ cm}$$

$$\text{erf. } d = \sqrt{\frac{78 \cdot 1,40 \text{ kNm}}{0,40 \text{ (b) m} \cdot 7,70 \text{ MN/m}^2}} + 0,30 \text{ cm} = 6,254 \text{ cm}$$

Erforderliche Plattendicke $d = 6,5 \text{ cm}$ (volle Zentimeter oder halbe Zentimeter)
 (Zulage von $0,3 \text{ cm} = 3 \text{ mm}$ entspricht zulässiger Maßabweichung von der Plattendicke d)

7.5 Beläge auf gebundenen Tragschichten

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 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 Belagschichten zu ermitteln. Die in der RStO enthaltenen Standardbeläge weisen häufig ungenügende Tragschichtdicken auf.

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.

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

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

Der DNV bietet ein **Bemessungsverfahren (DNV3)** 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 wirkende 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 Verkehrswegebauarbeiten - Pflasterdecken, Plattenbeläge, Einfassungen;
 DIN 18555 Prüfung von Mörteln mit mineralischen Bindemitteln;
 DIN 52008 Prüfverfahren für Naturstein - Beurteilung der Verwitterungsbeständigkeit;
 DIN 52108 Prüfung anorganischer nicht metallischer Werkstoffe - Verschleißprüfung mit der Schleifscheibe nach Böhme, Schleifscheiben-Verfahren;

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
 Merkblatt Pflasterdecken und Plattenbeläge aus Naturstein für Verkehrsflächen

Merkblätter des Zentralverbandes des Deutschen Baugewerbes

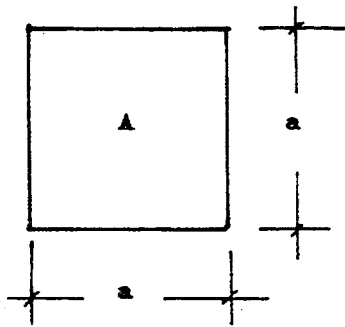
- Hinweise für die Ausführungen von Abdichtungen im Verbund mit Bekleidungen und Belägen aus Fliesen und Platten für Innen- und Außenbereich (ZDB)
- Mechanisch hochbelastbare Bodenbeläge aus keramischen Fliesen und Platten
- Belagskonstruktionen mit Fliesen und Platten außerhalb von Gebäuden

Merkblätter der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswege

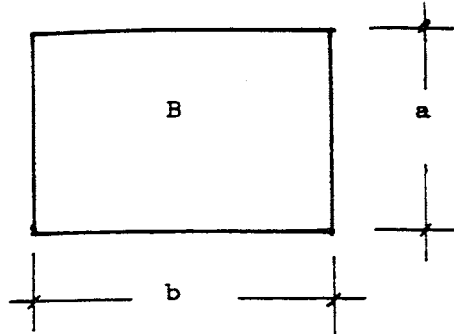
- Flächenbefestigung mit Pflaster und Plattenbelägen
- Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Tragschichten im Straßenbau (ZTVT-StB)
- Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau (ZTVE-StB)
- Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen (RStO)
- Merkblatt für wasserdurchlässige Befestigungen von Verkehrsflächen
- Technische Lieferbedingungen für Bauprodukte zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen (TL Pflaster-StB 2006)
- Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen (ZTV Pflaster - StB 2006)

Anhang Plattenformate

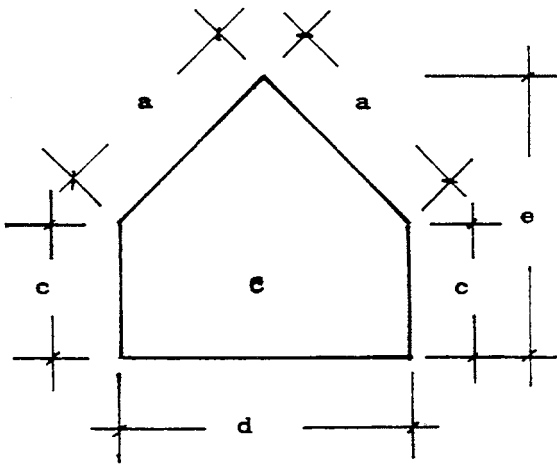
Form A: Die quadratische Platte



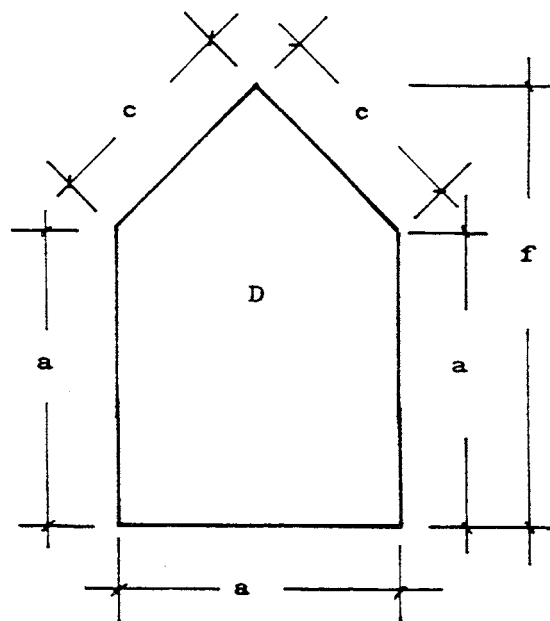
Form B: Die Rechteckplatte



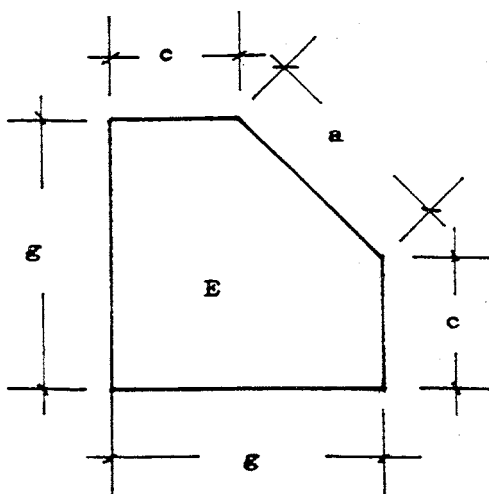
Form C: Friesplatte klein



Form D: Friesplatte groß



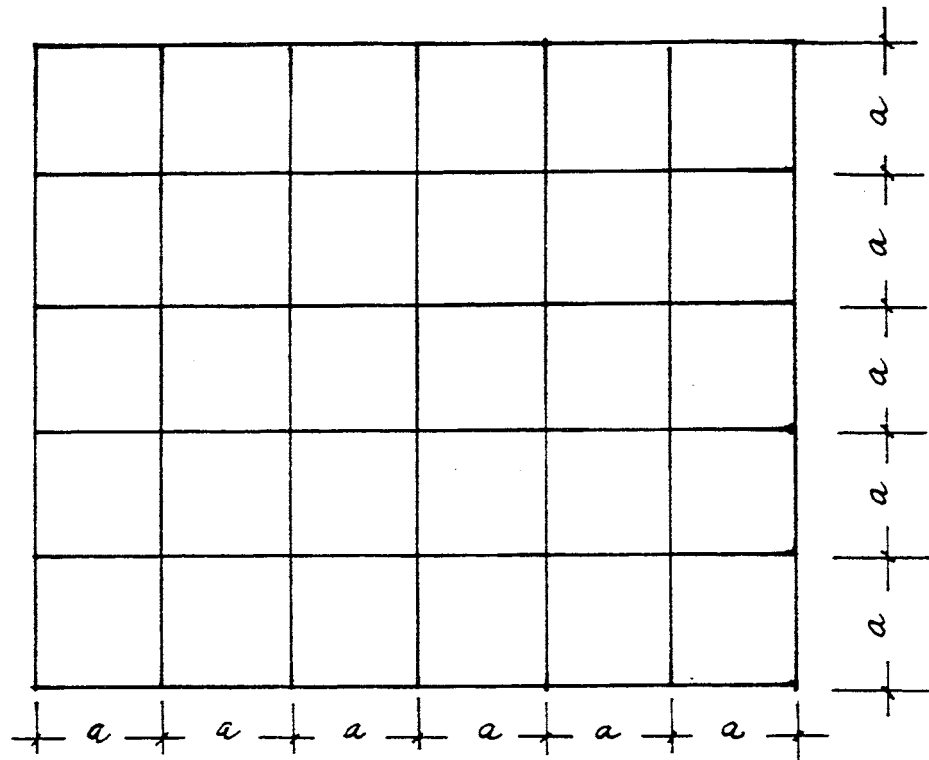
Form E: Die Eckplatte



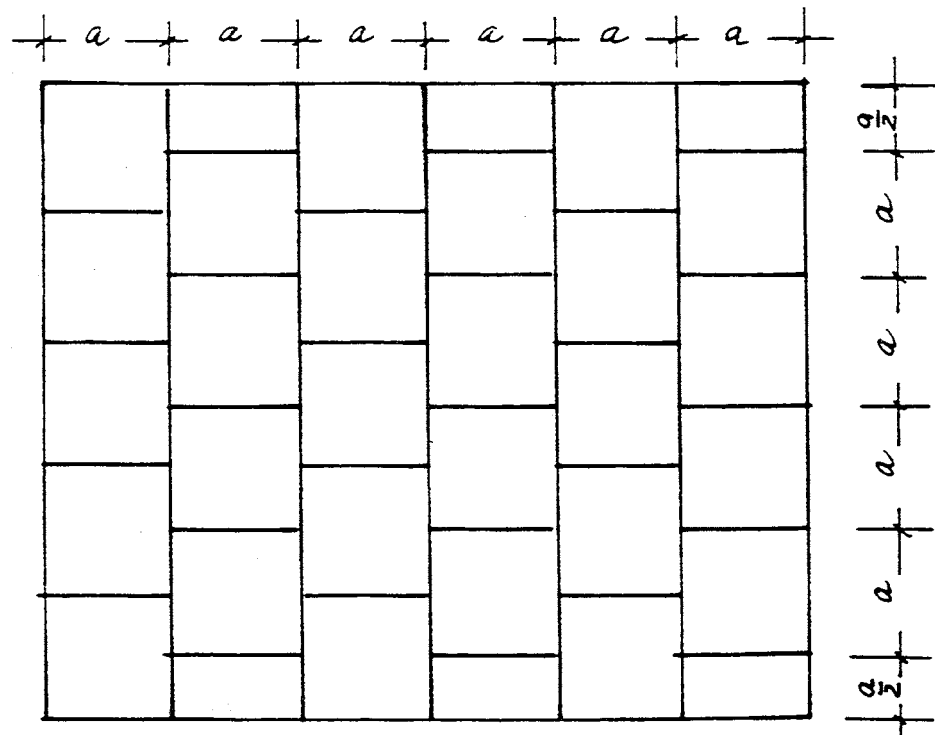
Plattenabmessungen nach Tabelle

Verlegearten, Blatt 1

Form A: Quadratverband



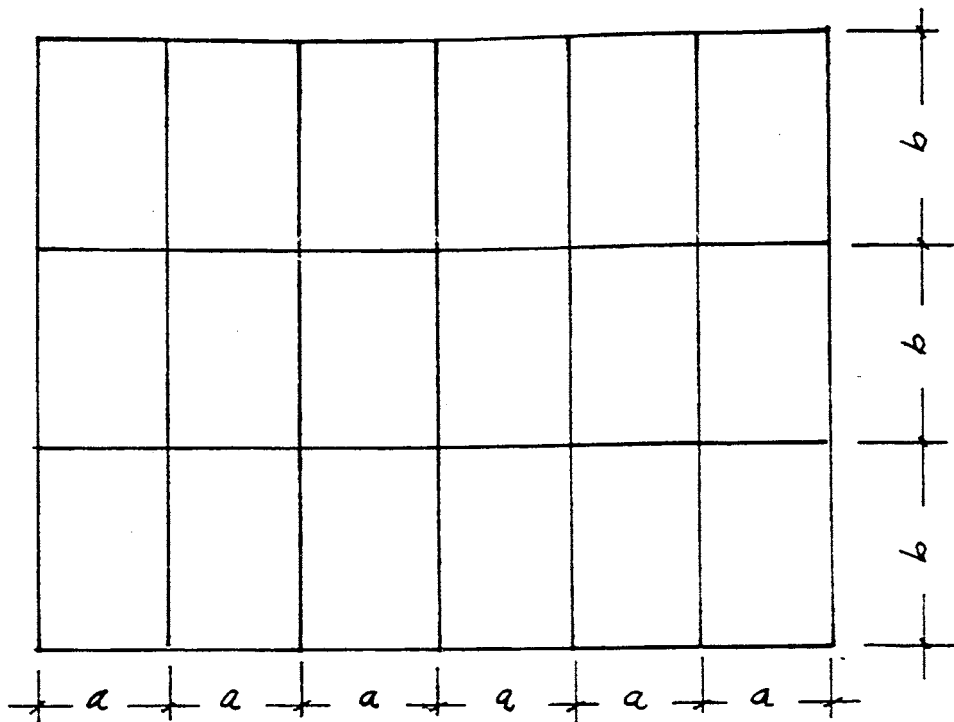
Form A: Quadratverband versetzt



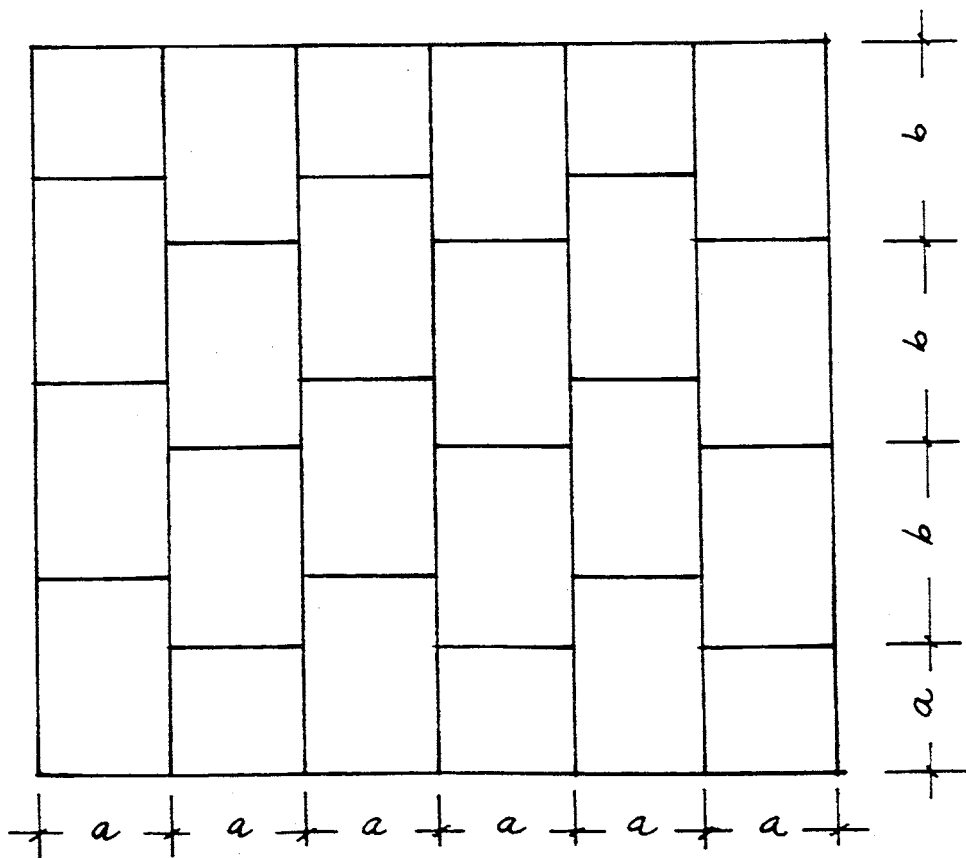
Sonderformat: Mindestens 0,10 qm Einzelfläche, Abmessungsverhältnis 1:2

Verlegearten, Blatt 2

Form B: Rechtecksverband

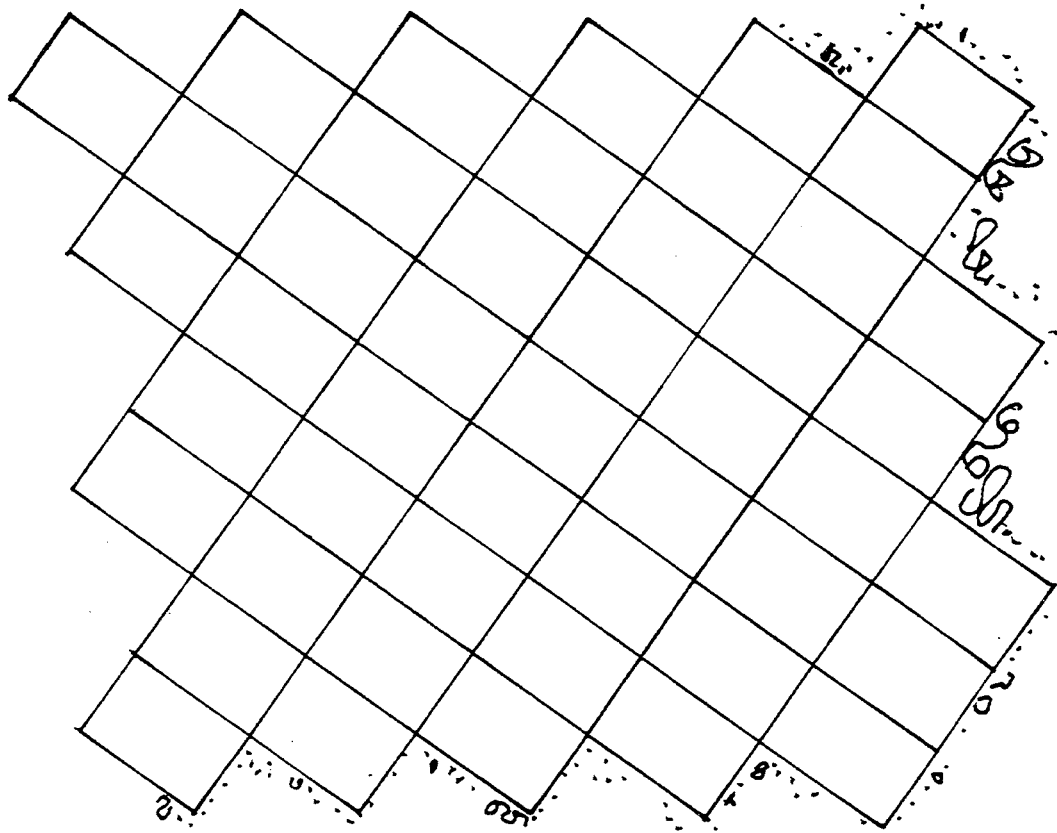


Form B: Rechtecksverband versetzt

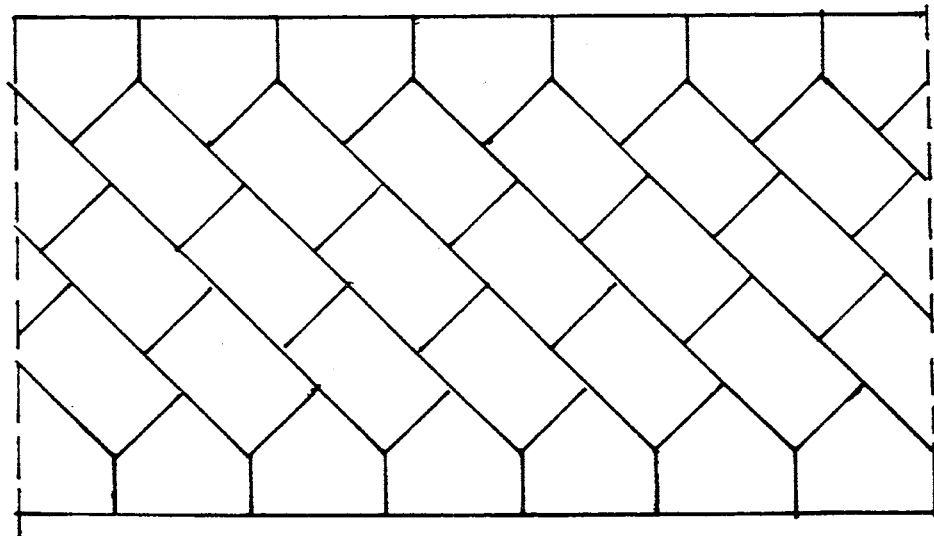


Verlegearten, Blatt 3

Form B: Rechtecksverband schräg (diagonal)

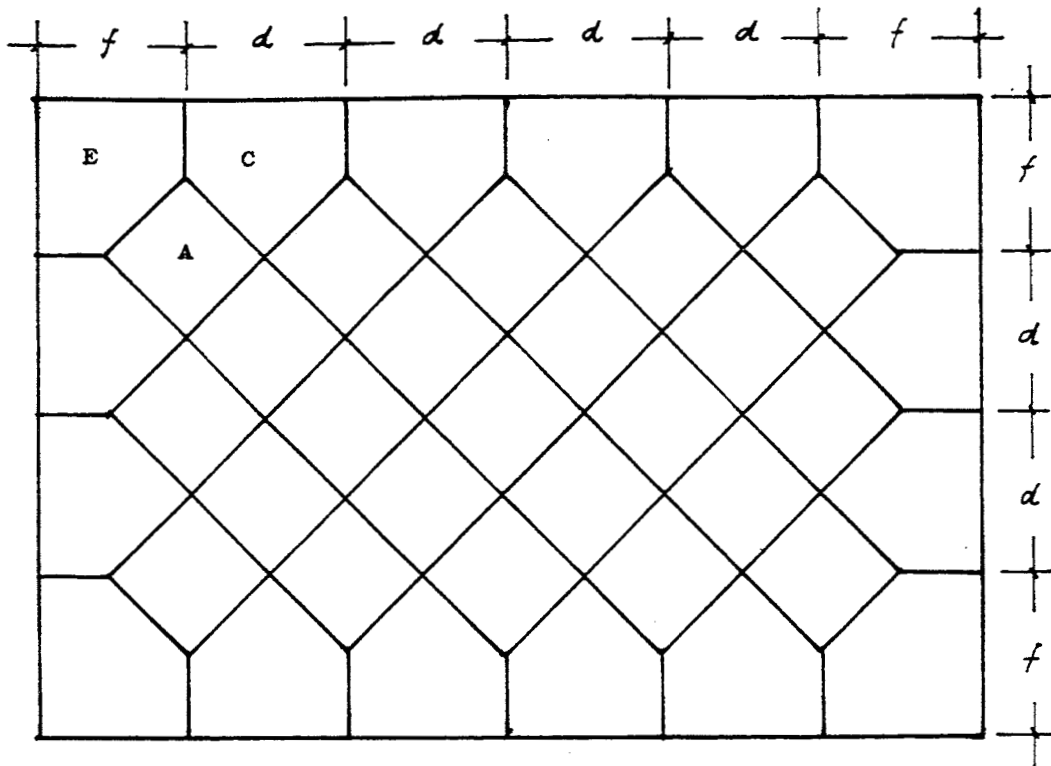


Form B: Rechtecksverband diagonal mit Friesplatten (Form C)

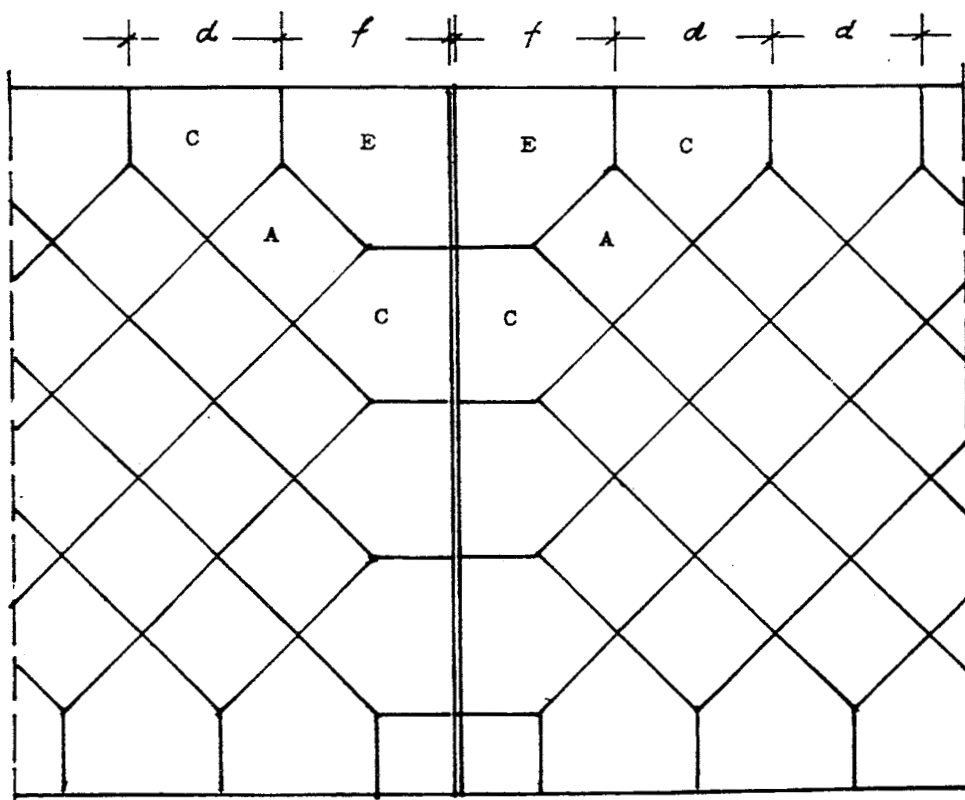


Verlegearten, Blatt 4

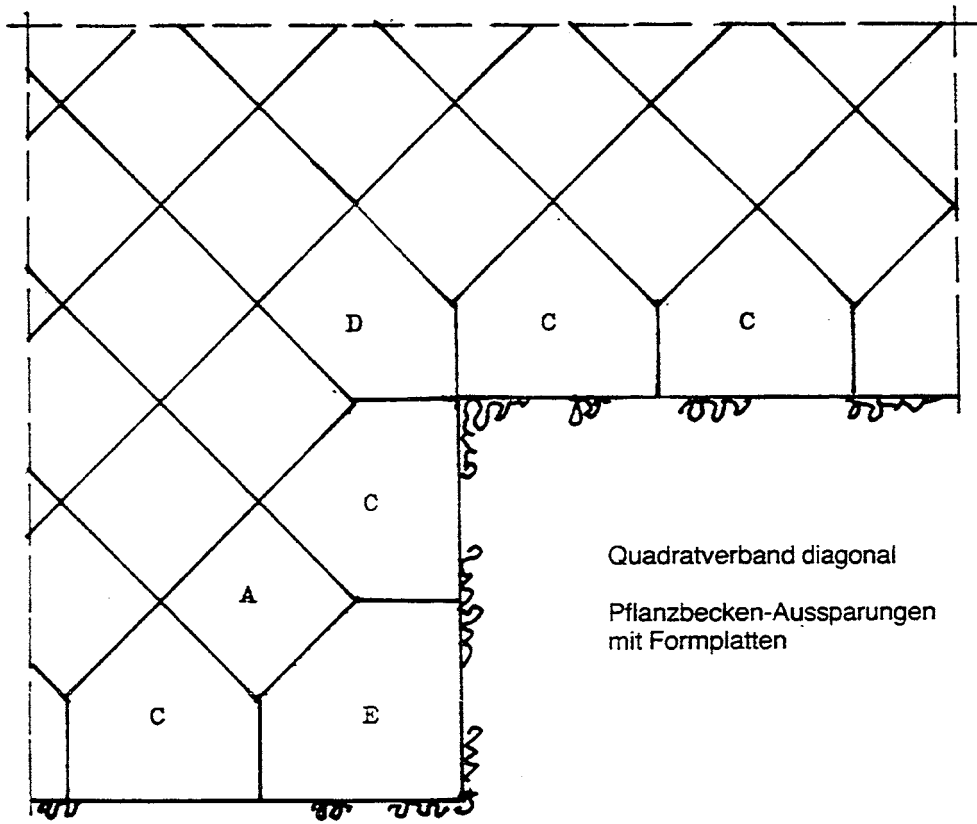
Quadratverband diagonal mit Fries- und Eckplatten



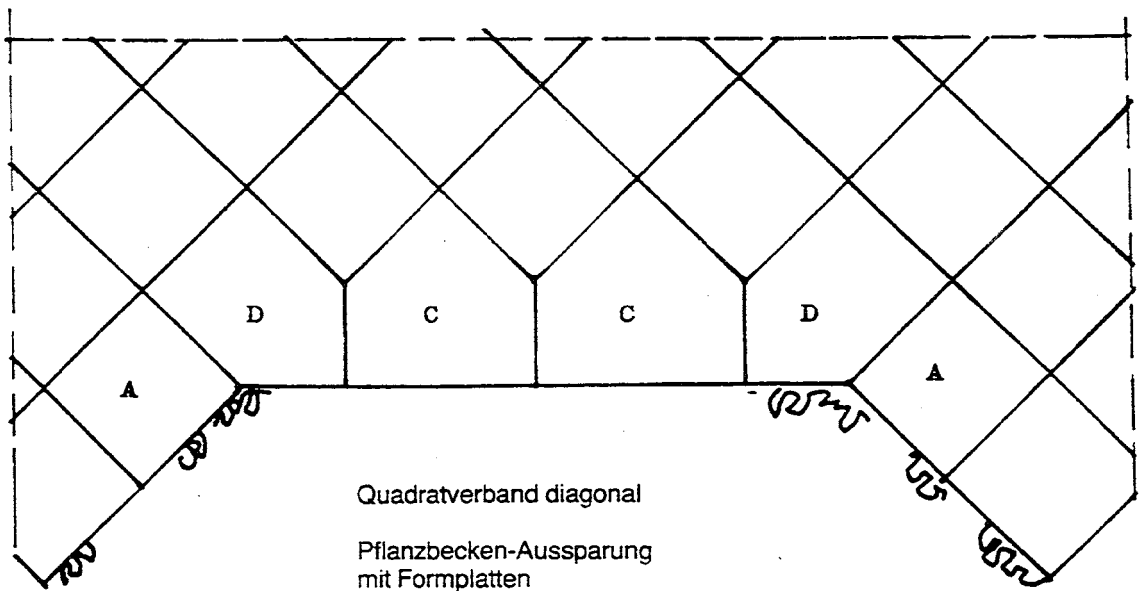
Dehnfugenausbildung



Verlegearten, Blatt 5



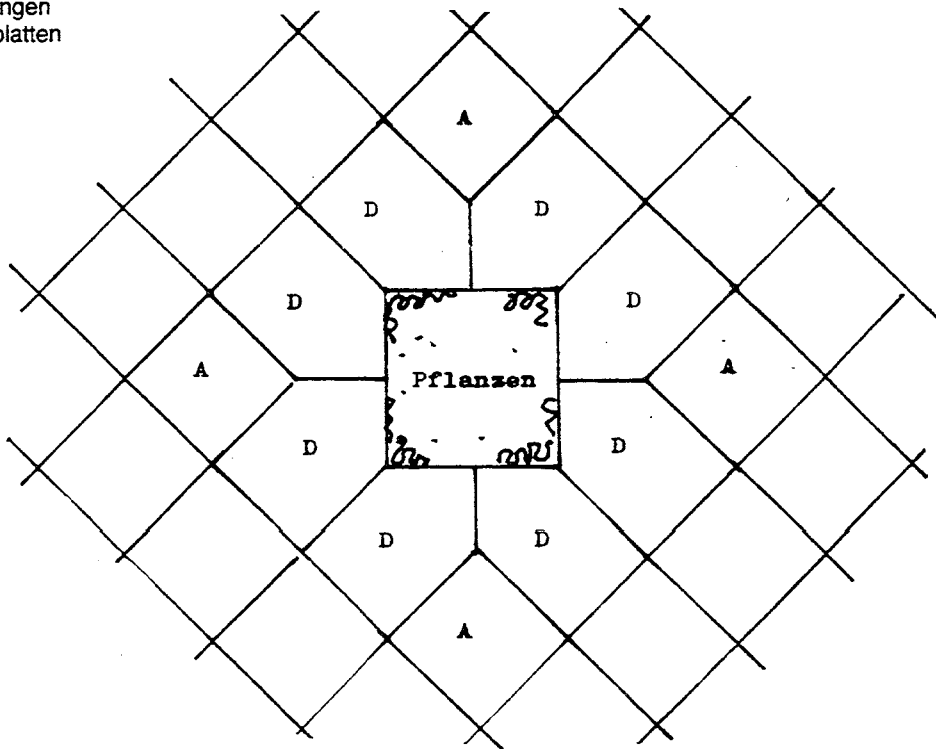
Quadratverband diagonal
Pflanzbecken-Aussparungen
mit Formplatten



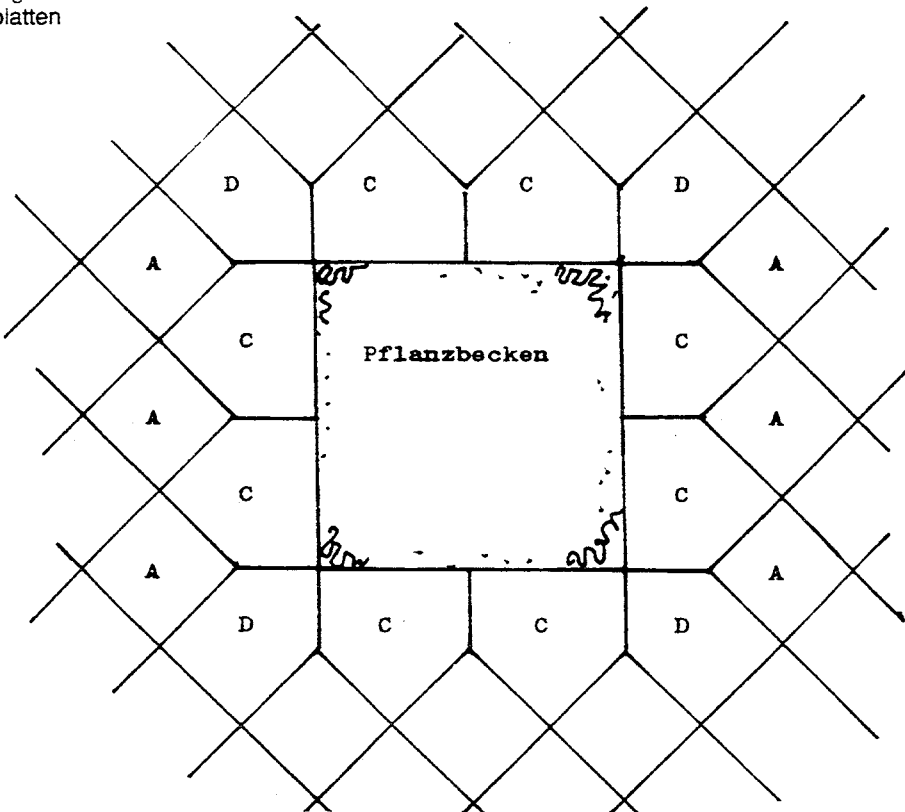
Quadratverband diagonal
Pflanzbecken-Aussparung
mit Formplatten

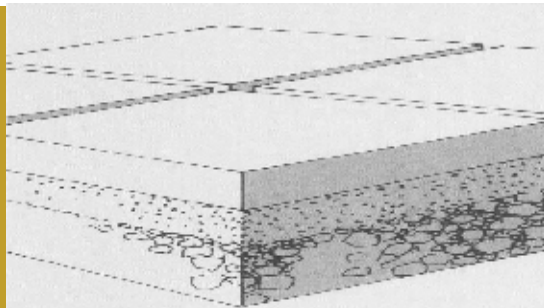
Verlegearten, Blatt 6

Aussparungen
mit Formplatten



Aussparungen
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.