Betonsteinbeläge

Technische Wegleitung

CREABETON

Diese Technische Wegleitung «Betonsteinbeläge» ist eine Ergänzung zu unseren Katalogen und Preislisten und enthält wichtige Hinweise zur Planung und Ausführung von Bauvorhaben.

Bild Umschlagseite vorne
OPTIMAS Verlegemaschine im Einsatz beim Verkehrshaus der Schweiz in Luzern

Bild Umschlagseite hinten
FRIEDA® Pflasterstein, perlgrau

Betonsteinbeläge **3**
Einleitung 3
Anforderungen an Pflasterdecken und Plattenbeläge 3
Vorteile 3
Kräfte und Einflüsse auf Pflasterdecken und Plattenbeläge 4
Untergrund/Baugrund/Tragfähigkeitsklassen 4
Fundationsschicht 4
Die Form der Pflasterdecke 5
Begriffe und Aufbau 5

Verbund- und Pflastersteine **5**
Definition von Pflaster- und Verbundsteinen 5
Steinstärke 5
Einsatzbereich 6
Anordnung der Pflastersteine 6
Oberflächenentwässerung 6
Bettungsschicht 7
Bettungsmaterial 7
Fugenbreite 8
Abstandhalter/Nocken 8
Fugenmaterial 8
Verfugen/Abrütteln 9
Masstoleranzen 9
Farbabweichungen 9
Verlegemuster 10
Garageneinfahrten 11
Querrinnen 11
Übergänge 11
Randabschlüsse 12
Entwässerung 13
Dimensionierung der Fundationsschicht 14
M_E-Werte/Frostgefährlichkeit 14
Richtwerte der Oberbaudimensionierung für Betonsteinpflästerungen 15
Anwendungsbeispiel für die Richtwerte der Oberbaudimensionierung 16
Unterhalt und Reinigung 17
Ausblühungen 18
Staunässe 18
Pflastern – aber richtig (Empfehlungen und Hinweise) 19

ÖKO-BELAG-SYSTEME (WASSERDURCHLÄSSIGE PFLASTERSYSTEME) **20**
Gesetzliche Grundlagen für Versickerungen 20
Versickern statt Versiegeln 20
Voraussetzung für eine Versickerung 21
Zulässigkeit einer Versickerung 22
Grundwasser und Boden 23
Versickerungsfähigkeit des Bodens 23
Durchlässigkeitsbeiwerte 24
Versickerungsversuch 25
Versickerungsmethoden 26

Versickerung durch wasserdurchlässige Pflastersysteme 26
Versickerung im Strassenseitenraum 27
Versickerungsmulden 28
Mulden-Rigolen-System 29
Bemessungsgrundlagen für wasserdurchlässige Pflastersysteme 30
Untergrund 31
Regionale Regenintensitäten 31
Dimensionierung der Fundationsschicht 32
M_E-Werte/Frostgefährlichkeit 32
Filterschichten 33
Richtwerte der Oberbaudimensionierung für wasserdurchlässige Pflastersysteme 34
Bettungsschicht der Pflastersteine 35
Fugenausbildung 35
Pflasterbelag 35
Veränderung der Wasserdurchlässigkeit 35
Wartung 36
Bewilligungspraxis 36
Einsatzbereich für Ökobeläge 36
Checkliste für Ökobeläge/Umrechnungen 37
Wasserdurchlässige Pflastersysteme 38
Anwendungsbeispiel von Versickerungstabellen 43
Versickerungsvergleich von wasserdurchlässigen Pflastersystemen 43

Platten 44
Einsatzbereich 44
Fundationsschicht 44
Bettungsschicht und Bettungsmaterial 44
Fugen, Fugenmaterial und Verfugen 45
Verlegemöglichkeit mit Plattenverlegegerät 45
Auflagerringe für Platten auf starren Betonkonstruktionen 45
Masstoleranzen 46
Farbabweichungen 46

Allgemeine Verlegevorschriften 47

Glossar 48

Tabellen
Richtwerte der Oberbaudimensionierung für Betonsteinpflästerungen 15
Anwendungsbeispiel für die Richtwerte der Oberbaudimensionierung 16
Zulässigkeit einer Versickerung 22
Durchlässigkeitsbeiwerte 24
Richtwerte der Oberbaudimensionierung für wasserdurchlässige Pflastersysteme 34
Versickerungstabelle für Splittfugen 39
Versickerungstabelle für Rasenfugen 40
Versickerungstabelle für Rasengittersteine 41
Versickerungstabelle für Sickersteine 42
Anwendungsbeispiel von Versickerungstabellen 43
Versickerungsvergleich von wasserdurchlässigen Pflastersystemen 43

Der Dorfplatz – Brennpunkt des Geschehens

Einleitung

Städte, Dörfer, Wohnquartiere, Strassen und Plätze sind Brennpunkte des Geschehens. Einerseits werden diese Orte von den Menschen geschaffen die hier wohnen, arbeiten und verkehren, andererseits beeinflussen diese Orte das Verweilen, Flanieren und Wohlfühlen von uns Menschen. Viele Einflüsse wollen und können wir nicht verändern. Jedoch bei Strassen und Plätzen bleibt ein gestalterischer Spielraum offen.
Eine Gestaltungsmöglichkeit von Strassen und Plätzen sind Pflästerungen aus Natursteinen oder Betonsteinen. Natursteinpflästerungen gehören zu den ältesten Bauweisen der Strassenbautechnik. Eine eigentliche Renaissance erleben Betonpflastersteine und Plattenbeläge. Vor allem im kommunalen Bereich werden verkehrsberuhigte Zonen, Plätze, Quartier- und Wohnstrassen vermehrt gepflästert. Fussgängerzonen können als Pflästerungen wie auch als Plattenbeläge ausgeführt werden. Aufgrund ihrer gestalterischen Bedeutung sind Pflastersteine und Plattenbeläge nicht mehr wegzudenken. Vielerorts werden Asphaltbeläge aus gestalterischen Gesichtspunkten durch sie ersetzt. Ein uneingeschränktes Produkte-Sortiment mit einer Vielzahl von Varianten in Form, Farbe und Struktur, setzt kreativen Lösungen keine Grenzen.
An Bedeutung gewinnen wasserdurchlässige Pflastersysteme. Durch eine flächenhafte Versickerung wird das Oberflächenwasser direkt in den Untergrund geleitet. Einsatzbereich, Konstruktions- und Ausführungsmöglichkeiten werden im Kapitel «Öko-Belag-Systeme» (ab S. 20) behandelt.

Anforderungen an Pflasterdecken und Plattenbeläge

Je nach den zu erwartenden Verkehrsbelastungen, Anwendungsbereichen und/oder ästhetischen Wünschen, sind die Anforderungen und Ansprüche an Pflasterdecken und Plattenbeläge sehr unterschiedlich.
Pflasterdecken für Strassen und Plätze sind Tag und Nacht dynamischen Verkehrslasten und direkten Umwelteinflüssen ausgesetzt. Sie müssen dauerhaft, sicher und komfortabel sein.
Pflasterdecken oder Plattenbeläge in Fussgängerzonen müssen einerseits den hohen Gestaltungsansprüchen genügen, andererseits trittsicher und komfortabel sein und auch den Verkehrslasten von Unterhaltsfahrzeugen standhalten.

Vorteile

Den gestalterischen Wünschen sind keine Grenzen gesetzt. Die Stein- oder Plattenstärke und das Verlegemuster sind der Verkehrsbelastung anzupassen. Die Eignung der einzelnen Produkte sind in den Spezifikationen der Einzelprodukte ersichtlich.
Pflasterdecken und Plattenbeläge sind nach dem Versetzen sofort benutzbar und verbinden die Vorteile der starren Bauweise mit den Vorzügen einer flexiblen Befestigung.
Aufbrüche für neue Leitungen oder Reparaturen sind einfach und kostengünstig. Die Steine oder Platten werden herausgenommen und nach Beendigung der Arbeiten wieder versetzt. Der Belag ist sofort wieder benutzbar, ohne sichtbare Spuren. Ausschuss oder nicht mehr benötigte Steine und Platten können problemlos recycliert werden.

Pflasterdecken und Plattenbeläge

Massgebende Kriterien nach Anwendungsbereich

- Bautechnische Anforderungen
  Eine Pflasterdecke muss tragfähig, dauerhaft, verformungsstabil, frostsicher und abriebfest sein, sowie einen guten Verbund aufweisen.
  Zudem kann sie bei jeder Witterung erstellt werden.
- Sicherheit
  Aus verkehrstechnischer Sicht wird Ebenheit (längs und quer), Griffigkeit und Helligkeit gefordert.
- Ökonomie
  Die Erstellungskosten sowie der Unterhalt sollen gering sein, die Nutzungsdauer jedoch lange.
- Ökologie
  Der Raumbedarf ist auf ein Minimum zu beschränken und die natürliche Umgebung ist zu schonen.
- Ästhetik
  Auf Wunsch soll/kann der Ästhetik (Farbe/Form) besonders Rechnung getragen werden.

Kräfte und Einflüsse auf Pflasterdecken und Plattenbeläge

Umwelt

Im Belagsaufbau kann unerwünschter Wassereintritt zu Schäden führen. Wasser spült aus und lässt bindige Böden quellen. Gefriert der Boden, wird durch die Eisbildung das Volumen vergrössert und die Verdichtung wird gelockert. In beiden Fällen nimmt die Tragfähigkeit ab. Temperaturschwankungen bewirken Längenänderungen und können bei Zwängungen enorme Kräfte aufbauen.

Verkehr

Die vom rollenden Verkehr verursachten Kräfte (dynamische, statische, Anfahr-, Brems- und Lenkungskräfte) müssen von der Pflasterdecke aufgenommen und auf die Fundationsschicht übertragen werden können.

Untergrund/Baugrund

Als Untergrund versteht man den Baugrund, d.h. den gewachsenen Boden oder den anstehenden Fels. Er wirkt als Fundation für die darüberliegenden Schichten. Die Oberfläche des Untergrunds wird als Planum bezeichnet. Das Planum ist die Unterlage des Oberbaus. Mit M_E-Messungen oder durch Bodenproben wird der Unterbau nach seiner Tragfähigkeit beurteilt und in Tragfähigkeitsklassen eingeteilt.

	Deckenart		
Eigenschaften	**Betonsteinpflaster**	**Asphalt**	**Beton**
Kosten			
Energieverbrauch	Gering	Hoch	Gering
Kosten			
– Herstellung	Mittel	Gering	Hoch
– Erhaltung	Gering	Hoch	Mittel
– Wiederverwendung	Günstig einfach wiederverwendbar	Mittel	Mittel
Gestaltungsmöglichkeit	Sehr gut Farbe/Form Versch. Formate Verlegemuster	Schlecht	Mittel Wenig Möglichkeiten für Farbe und Texturen
Herstellung und Erhaltung			
Gerätebedarf	Gering, einfaches Gerät	Vielfältige maschinelle Ausrüstung	Fertiger
Bauzeit	Mittel	Kurz	Lang (Betonerhärtung)
Aufgrabungen und Wiedererstellung	Einfach von Hand	Aufbruchhammer und neues Mischgut erforderlich	Schwierig und teuer
Wiederverwendung	Einfach ohne Aufbereitung	Aufbereitung erforderlich	Aufbereitung erforderlich
Nutzung			
Dauerhaftigkeit	Gut	Mittel	Gut
Widerstand gegen			
– Hohe Achslast	Gut	Gut	Sehr gut
– Punktlast	Sehr gut	Schlecht	Sehr gut
– Schubbelastung	Gut	Mittel	Sehr gut
– Kraftstoffe und Öle	Gut	Schlecht	Gut
Griffigkeit	Gut Bei v ≤ 60 km/h	Befriedigend	Gut
Geschwindigkeit	Innerstädtisch gut	Sehr gut	Sehr gut
Unterhalt	Mittel zu Beginn mit der Zeit gering	Gering zu Beginn stetig zunehmend	Lange gering im Alter sehr hoch
Verkehrslastklasse	ZP bis T2 für Ökobeläge ZP bis T3 übrige Beläge	ZP bis T6	ZP bis T6

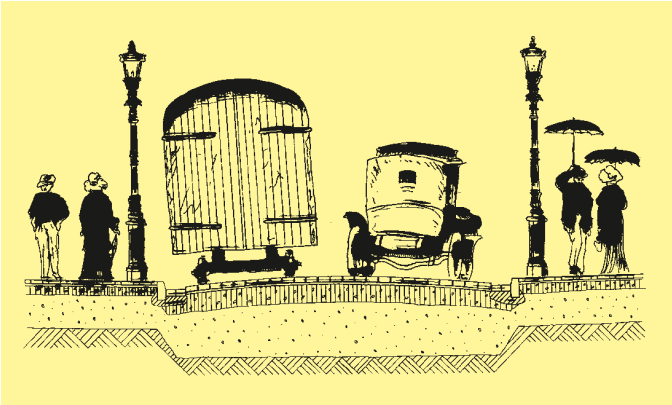
Tragfähigkeitsklassen Untergrund VSS SN 640 317 b	**Bodenkriterien**	**M_E MN/m²**
S0 sehr geringe Tragfähigkeit	feinkörnige Böden: Silte oder Tone	< 6 MN/m²
S1 geringe Tragfähigkeit	fein- bis mittelkörnige Böden: Sande, Silte oder Tone	6–15 MN/m²
S2 mittlere Tragfähigkeit	mittelkörnige Böden: Sande bis Korngrösse 2 mm	15–30 MN/m²
S3 hohe Tragfähigkeit	mittel- bis grobkörnige Böden: Sande, Kiese	30–60 MN/m²
S4 sehr hohe Tragfähigkeit	grobkörnige Böden: Kiese, Korngrösse 2–60 mm	> 60 MN/m²

Böden und Tragfähigkeitsklassen S3 und S4 sind als Verdichtungsunterlage genügend. Der Oberbau kann eingebracht und verdichtet werden, so dass beim Befahren keine Deformationen auftreten.
Böden der Tragfähigkeitsklasse S2 sind als Verdichtungsunterlage genügend. Ein Befahren ist möglich. Böden der Tragfähigkeitsklasse S1 sind als Verdichtungsunterlage ungenügend und nicht befahrbar.

Fundationsschicht

Die Fundationsschicht ist die eigentliche Tragschicht. Sie überträgt die auftretenden Lasten auf den Untergrund. Die Fundationsschicht (Unterlage der Pflästerung) darf keine schadhaften Stellen aufweisen. Alle losen und fremden Materialien sind zu entfernen. Die Oberfläche der Fundationsschicht wird als Planie bezeichnet.
Die Entwässerung der Fundationsschicht muss gewährleistet sein. Ist unter einer ungebundenen Pflästerung eine wasserdurchlässige gebundene Tragschicht, z.B. Sickerbeton, dann muss diese mit einem Vlies abgedeckt werden, wenn als Bettungsmaterial ein Splitt-Brechsandgemisch zur Anwendung kommt.
Bei einer Pflästerung auf einer Kies-/Sand-Fundationsschicht, müssen die M_E-Werte die Anforderungen gemäss SN 640 585 b bezüglich Verdichtung und Anforderungen erfüllen.
Vor dem Einbau der Pflästerung ist die Fundationsschicht durch den Bauherrn und den Unternehmer gemeinsam zu prüfen. Der M_E-Wert kann durch Feldversuche (auch Proctorversuche) bestimmt werden.

M_E-Werte der Planie der Fundationsschicht
Sehr leichter Verkehr (T1) $M_E \geqq 80$ MN/m² = 800kg/cm²
leichter bis mittlerer Verkehr (T2–T3)
$M_E = 100$ MN/m² = 1000kg/cm²

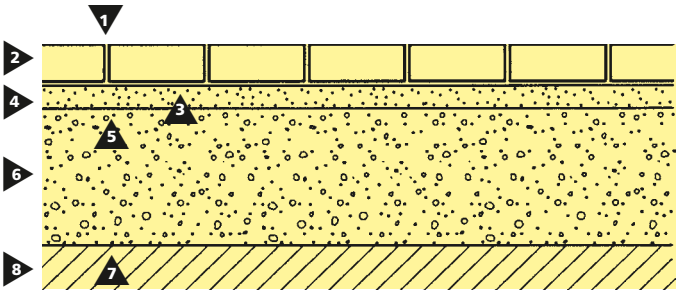


Darstellung 1

Die Form der Pflasterdecke

Die Technik der Pflästerung besteht darin, aus einzelnen Beton-Pflastersteinen eine Decke herzustellen. Eine Pflasterdecke ist ein in sich stabiles Tragwerk, das Einzellasten flächig überträgt.

Natursteinpflästerungen sind über 2000 Jahre bekannt. Bekannt und bewährt ist auch die uralte Technik, aus Einzelelementen ein freitragendes Gewölbe zu erstellen (z.B. Bogenbrücke).
Diese Wirkungsweise wird heute noch im modernen Strassenbau genutzt.
Zusätzlich wird die Stabilität gesteigert, wenn die Pflasterdecke seitlich eingespannt wird. In diesem Fall sollte die Pflasterdecke als Gewölbe ausgebildet werden. Selbst eine leicht gewölbte Pflasterdecke ist viel stabiler als eine ebene. Darstellung 1



Darstellung 2

Begriffe und Aufbau einer Pflasterdecke

1 Fugen eingesandet
2 Verbund-/Pflastersteine
3 Planie der Bettungsschicht
4 Bettungsschicht 3 bis max. 5 cm Sand-Splitt-Gemisch 0/8 mm
5 Planie der Fundationsschicht
6 Fundationsschicht
7 Planum
8 Untergrund

Begriffe und Aufbau

Oberbau Darstellung 2
– Pflasterdecke
– Planie der Bettungsschicht
– Bettungsschicht
– Planie der Fundationsschicht
– Fundationsschicht
– Planum

evtl. Unterbau
– verbesserter Untergrund durch z.B. Verdichtung, Ersatzmaterialien, Stabilisierung

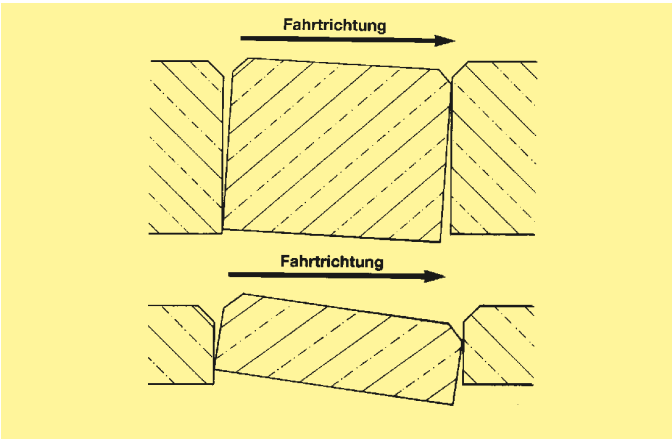
Untergrund
– gewachsener Boden (anstehender Fels)

Definition von Pflaster- und Verbundsteinen

Pflaster- und Verbundsteine sind vorfabrizierte Betonsteine für die Befestigung von Strassen, Wegen und Plätzen und werden wie folgt unterschieden:

Pflastersteine
Pflastersteine stammen von den alten Natursteinpflästerungen ab und sind wie sie in relativ einfachen Formen gehalten (Rechteck, Quadrat, Kreis, Sechseck).

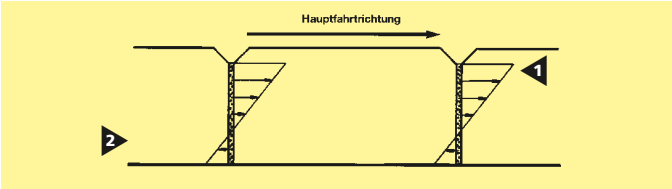
Verbundsteine
Verbundsteine sind eine Weiterentwicklung der Pflastersteine. Durch eine spezielle Formgebung der Steine entsteht eine Verbundwirkung und somit ein besseres Trag- und Schubverhalten.



Darstellung 3

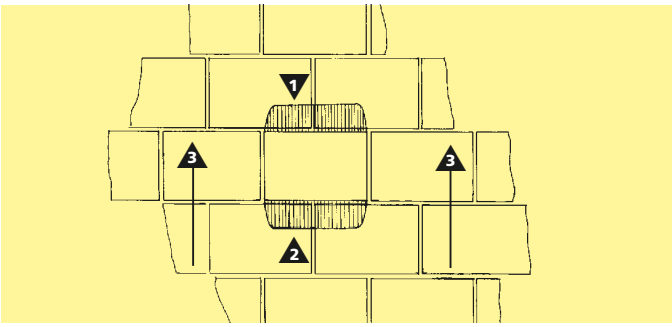
Steinstärke

Betonsteine werden mit den Stärken H = 4.5 bis 16 cm hergestellt. Die durch den rollenden Verkehr verursachten dynamischen Kräfte wirken in mehreren Richtungen.
Die senkrechten Lasten werden unabhängig der Steinstärke vom Pflasterstein auf die Bettung und Fundationsschicht übertragen. Die horizontalen Kräfte versuchen die Steine zu verdrehen. Diese Kräfte müssen von den Stirnseiten der Pflastersteine aufgenommen werden und verursachen Kantenpressungen.



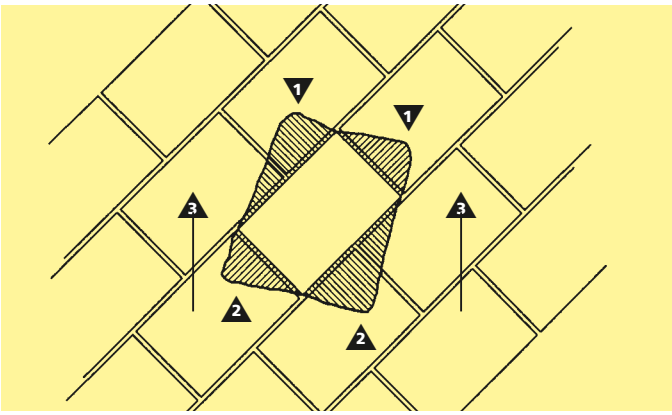
Darstellung 4

1 Druckspannung im oberen Bereich
2 Druckspannung im unteren Bereich



Darstellung 5

1 Druckspannung im oberen Bereich
2 Druckspannung im unteren Bereich
3 Hauptfahrtrichtung



Darstellung 6

1 Druckspannung im oberen Bereich
2 Druckspannung im unteren Bereich
3 Hauptfahrtrichtung

Oberflächenentwässerung

Um einen einwandfreien Wasserabfluss zu gewährleisten, müssen Verbund- und Pflastersteinbeläge aus Beton ein Mindestgefälle von 2% aufweisen.
Nebst der oberen Entwässerungsebene muss auch die untere Entwässerung auf der Oberläche der Tragschicht geplant und ausgeführt werden. Es darf kein Wasserstau unter der Pflästerung entstehen.

Minimale Gefälle im Strassenbereich

– min. 0.5% **Längsgefälle** zur Sicherung des Wasserabflusses. (VSS-Norm SN 640110).
– min. 3% **Quergefälle** zur Oberflächenentwässerung (VSS-Norm SN 640742).

Je grösser die Steinstärke ist, desto kleiner werden diese Kantenpressungen und die Deformationen in der Bettungsschicht. Darstellung 3
Pflastersteine mit zu geringer Steinstärke verkanten sich bei rollendem Verkehr und bilden ein «Sägeprofil». Dies ist an Steigungsstrecken und Fahrbahnabschnitten zu beobachten, an denen häufig gebremst und angefahren wird, z.B. im Bereich von Bushaltestellen.

Einsatzbereich

Für die Wahl des Steintyps, der Steinstärke und der Pflästerungsart ist neben den ästhetischen Überlegungen die Verkehrslastklasse massgebend.
Diese ist nach der VSS-Norm SN 640 480 a definiert.

Verkehrslastklasse ZP (Gehbereiche)
Fussgängerzonen, Gehwege, Balkone, Terrassen usw. In diesen Bereichen können Verbund- und Pflastersteine ab Steinstärken 4,5 cm eingesetzt werden.

Verkehrslastklasse T1 (sehr leichter Verkehr)
Ausschliesslich von leichten Motorfahrzeugen befahrene Flächen, z.B. Hauseinfahrten oder Vorplätze.
Einsatzbereiche für Verbundsteine mit Verbundwirkung ab Steinstärke 6 cm. Verbund- und Pflastersteine ab Steinstärke 8 cm sind bei diesen Anwendungsbereichen von Vorteil.

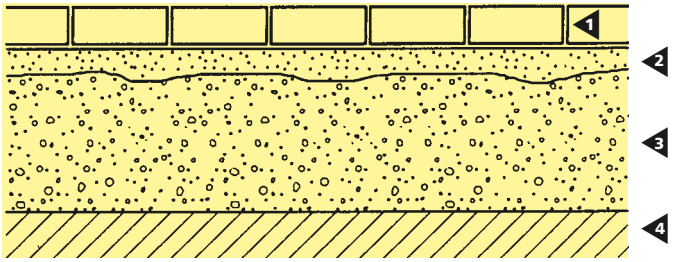
Verkehrslastklasse T2 (leichter Verkehr)
Für Plätze, die zusätzlich wenig mit schweren Motorfahrzeugen befahren werden, z.B. Quartierstrassen usw.
Bei diesen Strassen müssen Verbundsteine mit Verbundwirkung ab Steinstärke 8 cm eingesetzt werden.

Verkehrslastklasse T3 (mittlerer Verkehr)
Für Flächen mit gemischtem Verkehr, leichten und schweren Motorfahrzeugen, z.B. Quartierstrassen in industriellen Bereichen und Plätzen. Bei diesen Verkehrsflächen sind Verbundsteine mit Verbundwirkung mit der Steinstärke 10 cm nur bedingt geeignet.

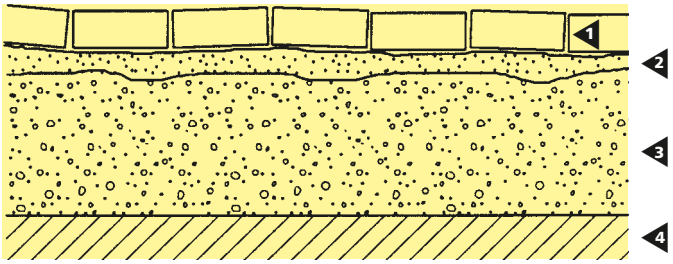
Anordnung der Pflastersteine

Rechtwinklige Anordnung zur Hauptfahrtrichtung
Die Anordnung der einzelnen Steine, bezogen auf die Hauptfahrtrichtung, bestimmt zusätzlich die Stabilität der Pflasterdecke.
Pflastersteine, die mit den Fugen rechtwinklig zur Hauptfahrtrichtung angeordnet sind, können Drehkräfte nur mit 2 Stirnseiten aufnehmen. Darstellungen 4 und 5

Diagonale Anordnung zur Hauptfahrtrichtung
Sind die Pflastersteine diagonal (z.B. mit 45°) zur Hauptfahrtrichtung angeordnet, können die Drehkräfte mit 4 Stirnseiten aufgenommen werden. Darstellung 6
Die Kantenpressungen werden somit stark reduziert.
Ebenfalls weisen diagonal angeordnete Pflastersteine gegenüber rechtwinkliger Anordnung kleinere Rollgeräusche auf.



Darstellung 7



Darstellung 8

1 Verbund-/Plastersteine
2 Bettungsschicht
3 Fundationsschicht
4 Untergrund

Bettungsschicht

Voraussetzung für eine dauerhafte, problemlose Pflästerung ist eine normengerechte Bettungsschicht.
Die Bettungsschicht dient einerseits als Unterlage und somit als eigentliches Bett der Pflastersteine und andererseits zum Ausgleichen von Höhentoleranzen der Steine.
Die Bettungsschicht ist vor dem Verlegen der Pflastersteine einzubringen und profilgerecht abzuziehen.
Die Dicke der Bettungsschicht soll mindestens 3 cm und höchstens 5 cm betragen.
Die Mindestdicke gewährleistet eine einwandfreie Einbettung der Pflastersteine, die Einhaltung der Maximaldicke vermeidet Spurrinnen.
Die Bettungsschicht muss über die gesamte Fläche gleichmässig dick sein. Sie kann und darf nicht dazu dienen, unzulässige Unebenheiten der Fundationsschicht auszugleichen.
Pflasterdecken mit unregelmässig dicker Bettungsschicht verformen sich bereits beim Abrütteln und später noch stärker durch Verkehrslasten. Darstellungen 7 und 8

- **Die Unebenheiten der Planie der Fundationsschicht dürfen innerhalb einer 4 m langen Messlatte nicht mehr als 2 cm betragen.**
- **Bettungsschicht 3 cm bis max. 5 cm**
- **Profilgerecht abgezogen**

Bettungsmaterial

Als Bettungsmaterial ist ein kornabgestufter Mineralstoff zu verwenden.
Geeignete und bewährte Bettungsmaterialien sind für die

Verlegevariante A (von Hand)
– Pflasterdecke befahrbar
– Steine von Hand verlegt
Die Bettungsschicht wird mit einem Sand-Splitt-Gemisch 0/8 mm ausgeführt.

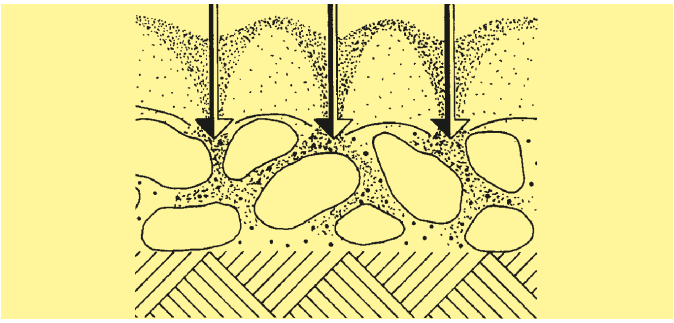
Verlegevariante B (maschinell)
– Pflasterdecke befahrbar
– Steine maschinell mit Verlegemaschine verlegt
Die Bettungsschicht wird mit einem Sand-Splitt-Gemisch 0/8 mm ausgeführt.

Verlegevariante C
– Pflasterdecke nicht befahrbar
– Flachdächer, Terrassen, Balkone
– evtl. über Isolations- oder Schutzschicht
Die Bettungsschicht wird mit einem Kies 4/8 mm ausgeführt.

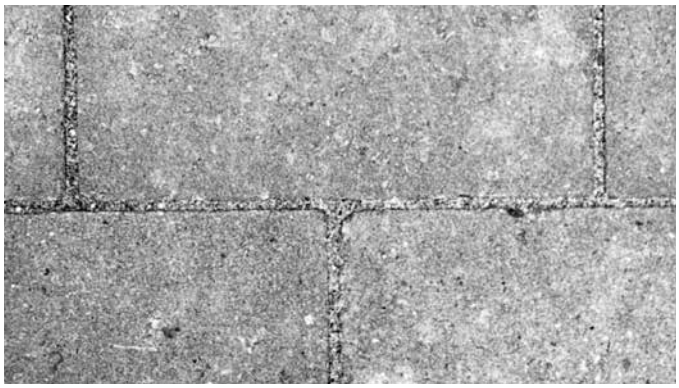
Andere geeignete Kiessande und Splitte können auch verwendet werden, wenn der abschlämmbare Feinanteil ($\leq$ 0.063 mm) 5% nicht überschreitet, das Grösstkorn soll $\leq$ 8 mm sein.

Bei wasserdurchlässigen Pflastersystemen eignet sich vor allem Splitt 2/4 oder 4/8 mm.

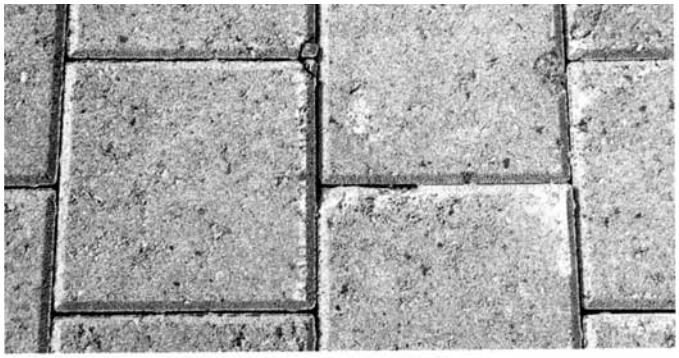
Wird kein Sand/Splitt-Gemisch für die Bettungsschicht verwendet, z.B. reiner Splitt oder Kies 2/4 oder 4/8 mm, rieselt das feinkörnige Fugenmaterial vermehrt in die Poren der Bettungsschicht ein. Dieser Vorgang wird beschleunigt und gefördert durch eindringendes Regenwasser.



Darstellung 9



Wirksame Pflasterdecke durch funktionsfähige Fugen



Beispiel von Kantenabplatzungen infolge fehlenden Fugenmaterials

Stein mit integrierten Nocken

Berechnungsgrundlage / Rastermass

Die angegebenen Bedarfsmengen an Steinen pro m² verlegter Fläche schliesst die Fugen ein. Wir geben bei unseren Produktbeschreibungen Rastermasse an. Das vereinfacht die Planung. Wegen technisch nicht vermeidbaren Masstoleranzen bei der Fertigung (die Werte der SN EN-Norm 1338:2003 werden nicht überschritten) und unterschiedlicher Verlegemuster, variieren die Bedarfsmengen. Dies ist bei der Bestellung zu berücksichtigen.

Durch den Verlust des Fugenmaterials verliert die Pflasterdecke ihre Stabilität.
Ebenfalls ist bei einer grobkörnigen Schotter-Fundationsschicht darauf zu achten, dass die Oberfläche mit abgestuftem, feinerem Material geschlossen wird, um das Einrieseln des Bettungsmaterials in die Schotterschicht zu vermeiden.
Darstellung 9
Verlegearbeiten bei starkem Regen begünstigen das Versickern der Bettungsschicht.
Ein Verlust des Bettungsmaterials führt zwangsläufig zu Verformungen der Pflasterdecke.

Bettungsmaterial Sand/Splitt-Gemisch 0/8 mm (Normalfall)

Fugenbreite

Die charakteristischen Eigenschaften einer Pflasterdecke werden erst mit einer funktionsfähigen Fuge wirksam.
Ohne wirksame Fuge können Pflastersteine keine stabile Decke bilden. Es entsteht lediglich eine Ansammlung von Einzelsteinen, die sich bei geringster Belastung verschieben. Die Lasten werden nicht gleichmässig auf die Bettungs- respektive Fundationsschicht übertragen.
Ebenfalls können ohne Fugen keine Masstoleranzen der Steine ausgeglichen werden.
Wird der Pflasterfuge zu wenig Beachtung geschenkt und die Verlegevorschriften der Steinhersteller nicht beachtet, sind Beschädigungen der Steine vorprogrammiert. Insbesondere sind das z.B. die typischen oberen Kantenabplatzungen.

Für Betonpflastersteine ist, je nach Steintyp, Verbund- und Masstoleranzen, eine Fuge bis 5 mm vorzusehen.

Der Steinverleger auf der Baustelle ist dafür verantwortlich, dass das vorgegebene Fugenmass eingehalten wird. Bei engfugiger Verlegeweise, z. B. von Steinen ohne Abstandhalter, dürfen diese nur locker aneinandergelegt, aber nie aneinandergeklopft werden.

Das Einsanden ist für befahrbare Pflästerungen unumgänglich.

Abstandhalter/Nocken

Um zumindest kleine Fugen vorzuprogrammieren, werden Pflastersteine mit integrierten Nocken hergestellt.
Auch sind separate Abstandhalter möglich. Zu beachten ist jedoch, dass Pflasterdecken mit separaten Kunststoff-Abstandhaltern nur bedingt befahrbar sind.

Abstandhalter können die Funktion einer fachgerecht verfüllten Fuge nicht ersetzen.
Deshalb muss auch hier eingesandet werden.

Fugenmaterial

Das Fugenmaterial muss auf das Bettungsmaterial abgestimmt sein. Üblicherweise wird ungebundenes Fugenmaterial verwendet. Geeignete und bewährte Fugenmaterialien sind:
– Sand 0/2, 0/4 mm
– bei breiten Fugen, ein kornabgestuftes Sand/Splitt-Gemisch 0/4 mm.
– für wasserdurchlässige Pflastersysteme siehe «Fugenausbildung» (S. 35).

Maschinelles Verlegen mit OPTIMAS-Verlegemaschine

Einfaches Einsanden oder Einsplitten mit der gleichen Maschine

Flächenrüttler mit Kunststoffmatte

Wir empfehlen folgende Flächenrüttler zu verwenden:

Steindicke bis 60 mm
Flächenrüttler mit einem Gewicht von ca. 130 kg und einer Zentrifugalkraft von 16–20 kN.

Steindicke 80–100 mm
Flächenrüttler mit einem Gewicht von ca. 170–200 kg und einer Zentrifugalkraft von 20–30 kN.

Steindicke ≧ 100 mm
Flächenrüttler mit einem Gewicht von ca. 200–600 kg und einer Zentrifugalkraft von 30–60 kN.

Wird kein Sand/Splitt-Gemisch für die Bettungsschicht verwendet, z.B. reiner Splitt, Kies 2/4 oder 4/8 mm, rieselt das feinkörnige Fugenmaterial vermehrt in die Poren der Bettungsschicht ein.
In diesem Fall muss das Einsanden wiederholt werden.

Die Pflasterfuge ist erst mit einer vollständig verfüllten Fuge funktionsfähig.

Verfugen/Abrütteln

Vor dem Abrütteln sind die Fugen mit dem entsprechenden Fugenmaterial zu füllen. Anschliessend ist der Platz sauber abzuwischen und (möglichst bei trockenem Wetter) von den Rändern, beginnend zur Mitte hin, bis zur Standfestigkeit zu rütteln. Zum Abrütteln dürfen keine Rüttelwalzen verwendet werden. Schäden an der Steinoberfläche können vermieden werden, wenn die Rüttelplatte zusätzlich mit einer Kunststoffmatte versehen ist.
Anschliessend sind die Fugen erneut mit dem entsprechenden Fugenmaterial zu füllen, einzuwischen und/oder einzuschlämmen.
Empfehlenswert ist, das restliche Fugenmaterial noch einige Zeit auf der Pflasterdecke zu belassen, um durch die Witterung eine weitere Verfüllung zu erreichen.
Durch mechanische Einwirkung und Witterungseinflüsse rieselt das Fugenmaterial im Laufe der Zeit in die Bettungsschicht. Weil die Pflasterdecke dadurch ihre Stabilität verliert, ist ein periodisches Kontrollieren und evtl. Nachsanden unumgänglich. Die Bauherrschaft ist durch den Bauverantwortlichen zu orientieren.

Das Einsanden der Fugen muss kontinuierlich mit dem Fortschreiten des Verlegens ausgeführt werden.

Masstoleranzen

Bei Betonsteinen ist fabrikationsbedingt mit Masstoleranzen zu rechnen. Toleranzen gemäss SIA 246.508 (SN EN 1338)

Dicke des Pflastersteins mm	Länge mm	Breite mm	Dicke mm
< 100	± 2	± 2	± 3
≥100	± 3	± 3	± 4
Die Differenz zwischen zwei beliebigen Messungen der Dicke eines einzelnen Pflastersteins muss ≤ 3 mm betragen.			

Damit Die Masstoleranzen ausgeglichen werden können, müssen die Vorschriften bezüglich Bettungsschicht und Fugen eingehalten werden.

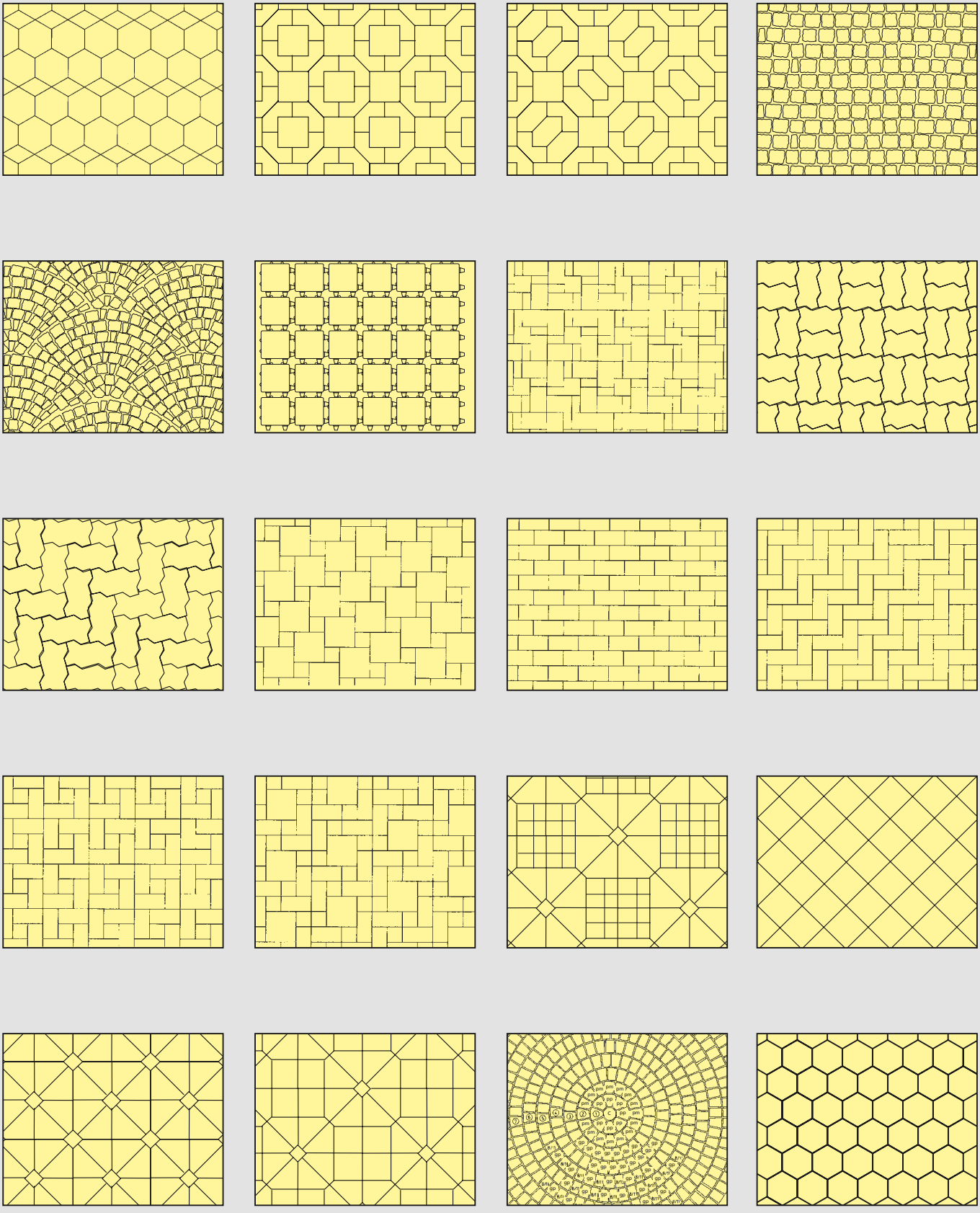
Unsere Massangaben sind Rastermasse.
Bei der Gestaltung, Bedarfsermittlung und beim Verlegen sind die Toleranzen zu beachten.

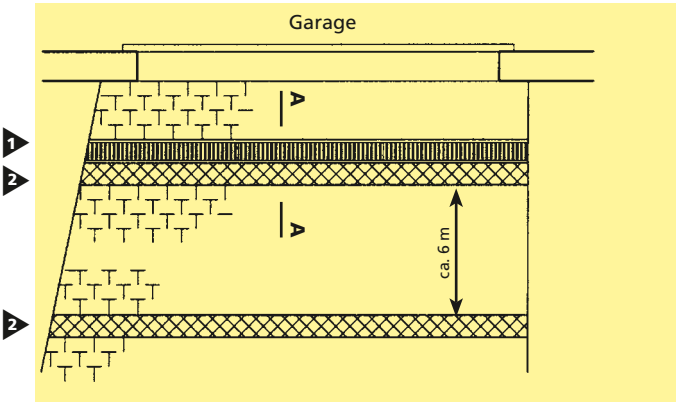
Farbabweichungen

Grossflächige Farbabweichungen bei Pflästerungen können vermieden werden, indem die Pflastersteine wechselweise ab verschiedenen Paletten und Lagen verlegt werden.

Verlegemuster

Das CREABETON-Sortiment mit unzähligen Kombinationsmöglichkeiten und Verlegemustern setzt kreativen Lösungen keine Grenzen.



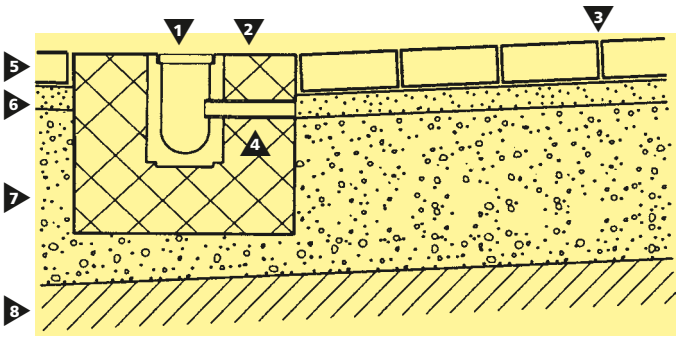


Darstellung **10**

1 Entwässerungsrinne
2 Betonriegel

Garageneinfahrten

Bei einem starken Gefälle und einer Distanz grösser als 6 m ist ein zusätzlicher Betonriegel (z.B. Bundstein) vorzusehen.
Grundriss Darstellung **10**
Schnitt A-A Darstellung **11**

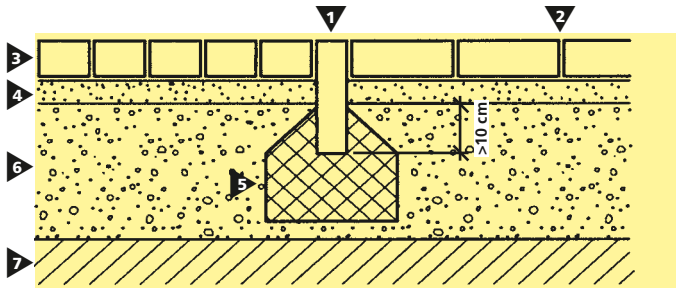


Darstellung **11**

1 Entwässerungsrinne
2 Betonriegel
3 Fugen eingesandet
4 PVC-Rohre zur Entwässerung der Bettungsschicht in Betonriegel eingelegt (ca. 1 Stk./m¹)
5 Verbund- und Pflastersteine
6 Bettungsschicht 3 bis max. 5 cm Sand/Splitt-Gemisch 0/8 mm
7 Fundationsschicht gemäss VSS-Richtlinien
8 Untergrund

Querrinnen

Querrinnen müssen mit einer Abflussneigung von ≧2% eingebaut werden (Materialbeschaffenheit). Bei einer Längsneigung der Strasse von z.B. 10% und einer Abflussneigung der Querrinne von 2% beträgt der Winkel zwischen Querrinne und Strassenachse 80°.
Der Längsabstand der Querrinne ist ca. 35 m (Regenintensität im Mittelland).
Bei einer Längsneigung der Strasse von 15% reduziert sich der Längsabstand auf ca. 25 m (SN 640 742).



Darstellung **12**

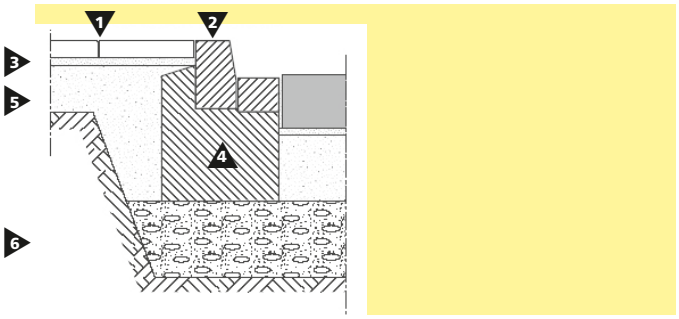
1 Betonstellstein oder Naturstein
2 Fugen eingesandet
3 Verbund- und Pflastersteine
4 Bettungsschicht 3 bis max. 5 cm Sand/Splitt-Gemisch 0/8 mm
5 Betonfundament
6 Fundationsschicht gemäss VSS-Richtlinien
7 Untergrund

Übergänge

Bei Oberflächenänderungen (z.B. verschiedene Pflasterbeläge oder zu Asphaltbelag) kann die Trennung der Belagsarten mittels eines Betonstellsteins, -Bundsteins oder Natursteins erfolgen. Sind Übergänge oder Abschlüsse Verkehrsbelastungen ausgesetzt, sind sie für die entsprechenden Verkehrslastklassen zu dimensionieren. Darstellung **12**

Randabschlüsse

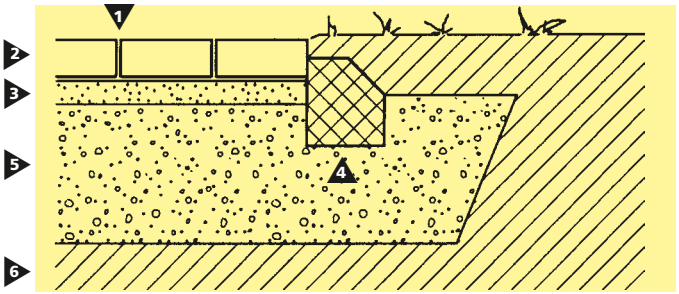
Rand- oder Bundstein
Darstellung 13



Darstellung 13

1 Fugen eingesandet
2 Rand- oder Bundstein
3 Bettungsschicht 3 bis max. 5 cm Sand/Splitt-Gemisch 0/8 mm
4 Betonfundament
5 Fundationsschicht gemäss VSS-Richtlinien
6 Untergrund

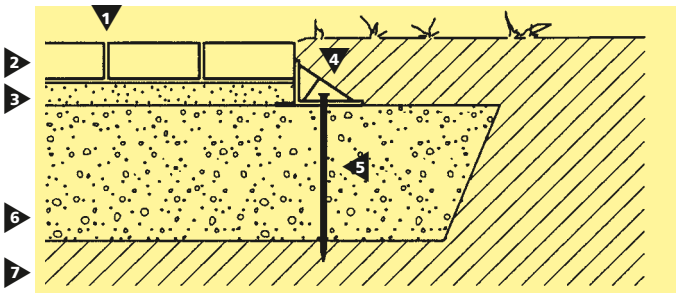
Betonabschluss
Darstellung 14



Darstellung 14

1 Fugen eingesandet
2 Verbund- und Pflastersteine
3 Bettungsschicht 3 bis max. 5 cm Sand/Splitt-Gemisch 0/8 mm
4 Betonabschluss (Pflasterstein nicht unterbetonieren)
5 Fundationsschicht gemäss VSS-Richtlinien
6 Untergrund

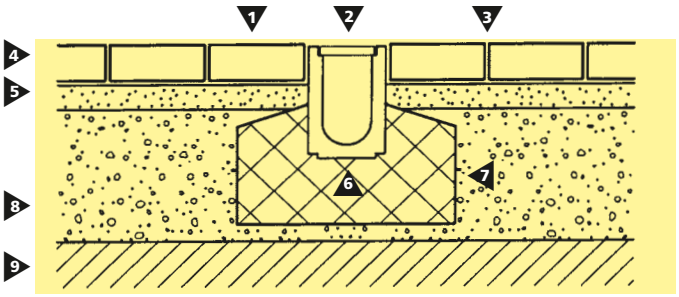
PAVE EDGE Kunststoff-Randschiene
Darstellung 15



Darstellung 15

1 Fugen eingesandet
2 Verbund- und Pflastersteine
3 Bettungsschicht 3 bis max. 5 cm Sand/Splitt-Gemisch 0/8 mm
4 PAVE EDGE
5 Nagel
6 Fundationsschicht gemäss VSS-Richtlinien
7 Untergrund

Entwässerung



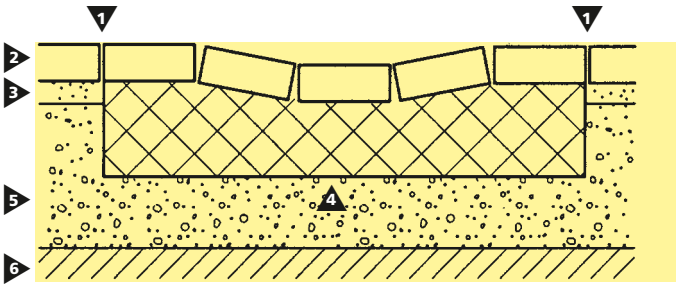
Darstellung **16**

1 Überbau 2–3 mm
2 Rostabdeckung
3 Fugen eingesandet
4 Verbund- und Pflastersteine
5 Bettungsschicht 3 bis max. 5 cm Sand/Splitt-Gemisch 0/8 mm
6 Entwässerungsrinne
7 Betonfundament
8 Fundationsschicht gemäss VSS-Richtlinien
9 Untergrund

Anschluss an Entwässerungsrinne

– Entwässerungsrinne und Abdeckung sind der zu erwartenden Verkehrsbelastung anzupassen.
– Die Entwässerung der Bettungsschicht entlang der Entwässerungsrinne ist besonders zu beachten.
– Bei starkem Gefälle oder grossen Bremskräften muss ein Betonriegel seitlich vorgesehen werden. Siehe Garageeinfahrten Schnitt A-A Darstellung **11** (S. 11)
– Je nach Rinnentyp und Belastung empfehlen wir die Rinne beidseitig 10 cm und unterhalb 10–15 cm einzubetonieren.

Darstellung **16**



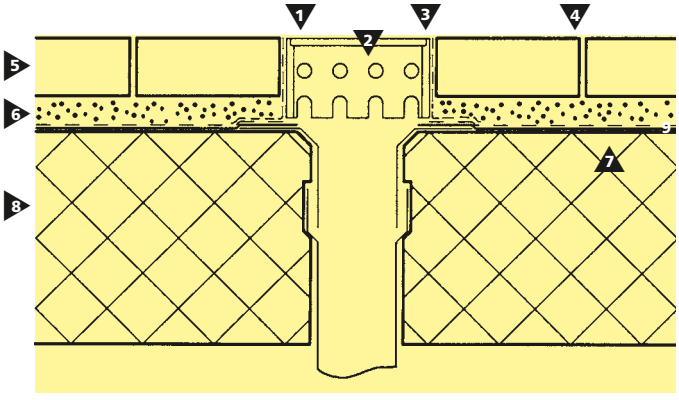
Darstellung **17**

1 Fugen eingesandet
2 Verbund- und Pflastersteine
3 Bettungsschicht 3 bis max. 5 cm Sand/Splitt-Gemisch 0/8 mm
4 Zementgebundene Bettungsschicht
5 Fundationsschicht gemäss VSS-Richtlinien
6 Untergrund

Entwässerungsrinne mit Pflastersteinen

– Der Wasserlauf wird vorgängig in eine zementgebundene Bettungsschicht verlegt.
– Engfugige Verlegeweise im Wasserlauf.
– Fugen mehrmals mit Schlemmsand einschlemmen.

Darstellung **17**



Darstellung **18**

1 Bodenwasserablauf mit Entwässerungsöffnungen
2 Entwässerungsöffnungen
3 Vlieseinlage
4 Fugen eingesandet
5 Verbund- und Pflastersteine
6 Bettungsschicht 3 bis max. 5 cm Kies 0/8 mm
evtl. Schutzfolie (je nach Aufbau und System)
7 evtl. Dichtungsfolie (je nach Aufbau und System)
8 Betondecke
9 Mindestgefälle 1.5% (SIA)

Bodenwasserablauf auf Dachkonstruktionen

Die Erstellung von Pflasterflächen auf Dachkonstruktionen mit und ohne Isolationen erfordert äusserste Sorgfalt. Der Einbau von Steinen und Abläufen hat nach den Instruktionen des für die Isolation/Dichtungsfolie zuständigen Unternehmers zu erfolgen. Zur Vermeidung von Ausblühungen darf sich kein Wasser stauen.

Darstellung **18**

M_E-Werte der Planie der Fundationsschicht

Gemäss VSS-Norm SN 640 585 b

T1 **Sehr leichter Verkehr**
$M_{E1} \geq 80$ MN/m² = 800 kg/cm²

T2–T3 **Leichter bis mittlerer Verkehr**
$M_{E1} \geq 100$ MN/m² = 1000 kg/cm²

f_E Verhältniszahl der M_E-Werte

Gemäss VSS-Norm SN 640 585b

Die Verhältniszahl f_E der M_E-Werte der Wieder- und Erstbelastung des Plattendruckversuchs dient zur zusätzlichen Beurteilung des Verdichtungszustands.

$f_E = M_{E2} / M_{E1}$
T1 $f_E \leq 3.0$
T2–T3 $f_E \leq 2.5$

Frostgefährlichkeit (G1–G4)

Gemäss VSS-Norm SN 670 140b

G1	**leicht frostgefährlich**		
	Kiese	Feinanteil (< 0.02 mm)	3–10%
G2	**leicht bis mittel frostgefährlich**		
	Kiese	Feinanteil (< 0.02 mm)	10–20%
	Sande	Feinanteil (< 0.02 mm)	3–15%
G3	**mittel frostgefährlich**		
	Kiese	Feinanteil (< 0.02 mm)	> 20
	Sande	Feinanteil (< 0.02 mm)	> 15%
	Tone		—
G4	**stark frostgefährlich**		
	Silte		
	sehr feine siltige Sande		> 15%
	tonige Silte		

Vereinfachend gilt:
Je grösser die kapillare Steighöhe und die Durchlässigkeit, desto grösser sind die Hebungen.
Je grösser der Feinanteil und je kleiner der Plastizitätsindex, desto grösser ist der Tragfähigkeitsverlust.

Dimensionierung der Fundationsschicht

Die Dimensionierung der Fundationsschicht ist recht komplex und hängt von verschiedenen Einflussfaktoren ab.

Dies sind z.B.:
- Gebrauchsdauer
- Verkehrslasten (Anzahl, Grösse)
- Fundationsverhältnisse (Tragfähigkeit)
- Örtliche Bedingungen (Frost)
- Klimatische und hydrologische Verhältnisse
- Mechanische Eigenschaften der Baumaterialien

Als Grundlage für die Dimensionierung gelten die VSS-Normen.

Vorgehen der Dimensionierung

(Tragfähigkeitsdimensionierung)

Mittlere tägliche äquivalente Verkehrslast TF bestimmen
Die tägliche äquivalente Verkehrslast ist die Verkehrslast, ausgedrückt in der gleichwertigen Anzahl von Durchgängen einer Einheitsachslast von 8.16 t (1 TF = 8.16 t/Achse x Tag). Sie ist die Zahl der Durchgänge aller Achslasten, gewichtet mit dem entsprechenden Lastkategoriefaktor (VSS SN 640 320 a).

Verkehrslastklassen ZP bis T3 zuordnen
Die Verkehrslastklassen ZP bis T3 können gemäss dem Einsatzbereich zugeordnet werden. Siehe Seite 6.

Tragfähigkeit des Untergrundes bestimmen
- M_E-Wert / CBR-Wert auf Planum
- Bodenklasse S1 bis S4 zuordnen
  (siehe Seite 4 «Untergrund/Baugrund»)

Richtwerte der Fundationsschicht

(Tragfähigkeitsdimensionierung)
Die Richtwerte basieren auf der Tragfähigkeitsdimensionierung. Bei mittel bis stark frostempfindlichen Böden und grosser Frosttiefe ist die Frostgefährlichkeit zusätzlich zu überprüfen und auf Frost zu dimensionieren. «Richtwerte der Fundationsschicht für Pflästerungen» siehe Tabellen (S. 15).

Frostgefährlichkeit überprüfen

Das im Baugrund eingelagerte Porenwasser gefriert bei tiefen Temperaturen. Zusätzlich wird Wasser kapillar vom tieferen Teil eines feinkörnigen Materials entzogen, im oberen Teil angelagert und bildet Eislinsen, die das Volumen vergrössern und zu Hebungen führen. Die spätere Tauphase verändert den Wassergehalt im Boden und kann zu einem Tragfähigkeitsverlust führen. Die meisten Böden sind nicht frostsicher. Die Durchfrostung eines Sandes oder Kieses verändert die Bodenstruktur kaum. Obwohl das Gesamtvolumen etwas vergrössert wird, führt die Tauphase zu keinem Tragfähigkeitsverlust da die Eislinsen nicht konzentriert angelagert sind.
Die Durchfrostung eines feinkörnigen Bodenmaterials kann die Bodenstruktur stark beeinflussen. Während der Tauphase führt der veränderte Wassergehalt oft zu einem Tragfähigkeitsverlust und folglich zu ungleichmässigen Setzungen. Die Fundationsschicht ist so zu dimensionieren, dass die Hebungen während der Frostperiode und die Tragfähigkeitsverminderung während der Auftauphase zu keinen Schäden führen können.

Richtwerte der Oberbaudimensionierung für Betonsteinpflästerungen der Verkehrslastklassen ZP - T3

Tragfähigkeitsklassen der Böden: S M_E = 15MN/m² = 150kg/cm²	Systemaufbau	Verkehrslastklassen									
		ZP TF: Gehbereiche		T1 TF: <30			T2 TF: >30-100		T3 TF: >100-300		
		nicht befahren Steinstärke > 4.5 cm		sehr leichter Verkehr			leichter Verkehr		mittlerer Verkehr		
		cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
				(1)			(2)		(3)		
Bodenklasse S1 gering Tragfähigkeit M_E-Werte: 6-15 MN/m² CBR-Werte 3-6 % M_E/ CBR auf Planum fein- bis mittelkörnige Böden: Sande, Silte, Tone	Pflastersteine Bettungsschicht Fundationsschicht d (Kiessand I) Untergrund	**6**	**8**	~~**6**~~	**8**	**10**	**8**	**10**	~~**10**~~	**12**	**14**
		3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5
		35	30	55	50	50	60	60	65	60	60
				(1)			(2)		(3)		
Bodenklasse S2 mittlere Tragfähigkeit M_E-Werte: 15-30 MN/m² CBR-Werte 6-12 % M_E/ CBR auf Planum mittelkörnige Böden: Sande bis Korn- grösse 2 mm	Pflastersteine Bettungsschicht Fundationsschicht d (Kiessand I) Untergrund	**6**	**8**	~~**6**~~	**8**	**10**	**8**	**10**	~~**10**~~	**12**	**14**
		3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5
		25	20	35	30	30	40	35	40	35	35
				(1)			(2)		(3)		
Bodenklasse S3 hohe Tragfähigkeit M_E-Werte: 30-60 MN/m² CBR-Werte 12-25 % M_E/ CBR auf Planum mittel- bis grobkörnige Böden: Sande, Kiese	Pflastersteine Bettungsschicht Fundationsschicht d (Kiessand I) Untergrund	**6**	**8**	~~**6**~~	**8**	**10**	**8**	**10**	~~**10**~~	**12**	**14**
		3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5
		15	10	25	20	20	30	25	30	25	25
				(1)			(2)		(3)		
Bodenklasse S4 sehr hohe Tragfähigkeit M_E-Werte: >60 MN/m² CBR-Werte >25 % M_E/ CBR auf Planum grobkörnige Böden: Kiese Korngrösse 2-60 mm	Pflastersteine Bettungsschicht Fundationsschicht d (Kiessand I) Untergrund	**6**	**8**	~~**6**~~	**8**	**10**	**8**	**10**	~~**10**~~	**12**	**14**
		3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5
		10	5	20	15	10	20	15	25	20	15

~~**6**~~ (1) ohne oder mit Verbundwirkung nur bedingt geeignet
(2) ohne Verbundwirkung nur bedingt geeignet
(3) ohne Verbundwirkung nicht, mit Verbundwirkung nur bedingt geeignet

Tragfähigkeitsklassen der Böden S1–S4 siehe Seite 4 «Untergrund/Baugrund»

Tragfähigkeitsdimensionierung (für Frostdimensionierung zusätzlich überprüfen)

Verkehrslastklassen ZP–T3 siehe Seite 6 «Einsatzbereich»

TF täglich äquivalente Verkehrslast (siehe Seite 14, VSS SN 640 320a)

CBR-Werte: Anstelle von M_E-Messungen kann ein CBR-Versuch angeordnet werden.
(CBR = **C**alifornia **B**earing **R**atio bzw. Tragfähigkeitskoeffizient)

Anwendungsbeispiel siehe Seite 16.

Anwendungsbeispiel für die Richtwerte der Oberbaudimensionierung T1 (Tragfähigkeit)

Tragfähigkeitsklassen der Böden: S M_E = 15MN/m² = 150kg/cm²	Systemaufbau	Verkehrslastklassen ZP TF: Gehbereiche nicht befahren Steinstärke > 4.5 cm		T1 TF: <30 sehr leichter Verkehr			T2 TF: >30-100 leichter Verkehr		T3 TF: >100-300 mittlerer Verkehr		
		cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
				(1)			(2)		(3)		
Bodenklasse S1	Pflastersteine	**6**	**8**	~~**6**~~	**8**	**10**	**8**	**10**	~~**10**~~	**12**	**14**
gering Tragfähigkeit	Bettungsschicht	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5
M_E-Werte: 6-15 MN/m²	Fundationsschicht d	35	30	55	50	50	60	60	65	60	60
CBR-Werte 3-6 %	(Kiessand I)										
M_E/ CBR auf Planum											
fein- bis mittelkörnige Böden:	Untergrund										
Sande, Silte, Tone											
				(1)			(2)		(3)		
Bodenklasse S2	Pflastersteine	**6**	**8**	~~**6**~~	**8**	**10**	**8**	**10**	~~**10**~~	**12**	**14**
mittlere Tragfähigkeit	Bettungsschicht	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5
M_E-Werte: 15-30 MN/m²	Fundationsschicht d	25	20	35	30	30	40	35	40	35	35
CBR-Werte 6-12 %	(Kiessand I)										
M_E/ CBR auf Planum											
mittelkörnige Böden:	Untergrund										
Sande bis Korn-											
grösse 2 mm											

Tragfähigkeitsklassen der Böden S1–S4 siehe Seite 4 «Untergrund/Baugrund»

Tragfähigkeitsdimensionierung (für Frostdimensionierung zusätzlich überprüfen)

Verkehrslastklassen ZP–T3 siehe Seite 6, «Einsatzbereich»

TF täglich äquivalente Verkehrslast (siehe Seite 14, VSS SN 640 320a)

CBR-Werte: Anstelle von M_E-Messungen kann ein CBR-Versuch angeordnet werden.
(CBR = **C**alifornia **B**earing **R**atio bzw. Tragfähigkeitskoeffizient)

Ausgangslage

– Es wird eine Zufahrtsstrasse erstellt
– Sehr leichter Verkehr
– Untergrund mittlere Tragfähigkeit

1. Planungsschritt

– Festlegen des Einsatzbereiches
Anhand der Anzahl Durchfahrten von schweren Fahrzeugen wird die Verkehrslastklasse bestimmt
→ Sehr leichter Verkehr: T1, TF <30
– Steinstärke 8 cm

2. Planungsschritt

– Einteilen von Untergrund/Baugrund
Anhand der Tragfähigkeit des Untergrundes wird der Boden eingeteilt (Feldversuch/M_E-Prüfung)
→ Mittlere Tragfähigkeit: Bodenklasse S2

Resultat

– Die Angaben im Schnittpunkt der Matrixe ergeben das berechnete Resultat

Pflasterstein	8 cm
Bettungsschicht	3–5 cm
Fundationsschicht	30 cm
Oberbaustärke	~43 cm

Unterhalt und Reinigung

Unterhalt

Die Betonsteinpflästerung hat eine lange Lebensdauer, die vor allem durch die Tragschicht sowie den Unterbau weit mehr beeinflusst wird, als durch Veränderungen oder Schäden an den Betonsteinen selbst. Die durchschnittliche Lebensdauer einer Betonsteinpflästerung beträgt etwa 40 Jahre, wobei grössere Instandstellungen alle 20 Jahre notwendig sind.
Durch mechanische Einwirkungen und Witterungseinflüsse rieselt das Fugenmaterial im Laufe der Zeit in die Bettungsschicht. Weil die Pflastersteine dadurch die Stabilität verlieren, ist ein periodisches Nachsanden unumgänglich.
Kleinere Setzungen können durch das Aufnehmen der Pflastersteine, das Anpassen der Bettungsschicht und das Wiederverlegen der Pflästerung rasch korrigiert werden.

Vorratshaltung

Ein besonderer Vorteil des Betonsteinpflaster besteht darin, dass die Steine kleinflächig aufgenommen und wiederverlegt werden können, wobei die alten Betonsteine grösstenteils wiederverwendet werden. Die Pflastersteine können jedoch zu einem kleinen Prozentsatz im Gebrauch geschädigt sein oder beim Öffnen und Aufnehmen des Pflasters brechen. Daher sollte beim Neubau eines Betonsteinpflasters ein Vorrat an Steinen für Reparaturen zurückgelegt werden.
Im Idealfall sollten diese Steine in Farbe und Abmessungen genau den Steinen entsprechen, die sie später möglicherweise ersetzen.

Vorbeugende Unterhaltsarbeiten

Die wirkungsvollste vorbeugende Massnahme ist das Imprägnieren oder Beschichten der Steine mit einer klaren Schutzschicht aus Silikonharzen, Akrylaten oder Epoxidharzen.
Wichtig: Die Beläge dürfen erst nach der Austrocknung imprägniert werden. Die Imprägnierung wird mit Roller, Pinsel oder im Sprühverfahren aufgetragen.

Farbbetonung
Als Alternative zur Imprägnierung ohne Farbveränderung gibt es Imprägnierungen mit Vertiefung der Farbstruktur. Die Schutzschicht verleiht dabei der Oberfläche ein nasses Aussehen oder einen Glanz, der die Farben wegen der Oberflächenspiegelung und Lichtbrechung tiefer erscheinen lässt.

Verringerung der Absorption
Durch die Imprägnierung der Oberfläche verringert sich das Saugvermögen des Pflastersteins. Dadurch wird der Stein weniger empfindlich gegen Fleckenbildung durch Tropföle von Fahrzeugen, bzw. Algen- und Moosbildungen können wesentlich einfacher entfernt werden.

Feinere Oberfläche
Die Schutzschicht bindet und erhält die feine Oberflächenstruktur des Betonsteins und verlangsamt die Veränderung der Oberflächenbeschaffenheit durch Wetter und Verschleiss.
In Abhängigkeit von dem Beschichtungsmittel und der Nutzung haben die meisten Schutzschichten eine Lebensdauer von ein bis drei Jahren. Schutzschichten müssen daher als regelmässig erneuerungsbedürftig betrachtet werden, wobei der Fussgänger- und Fahrzeugverkehr die Häufigkeit bestimmt.

Öffnen und Wiederverlegen des Betonsteinpflasters

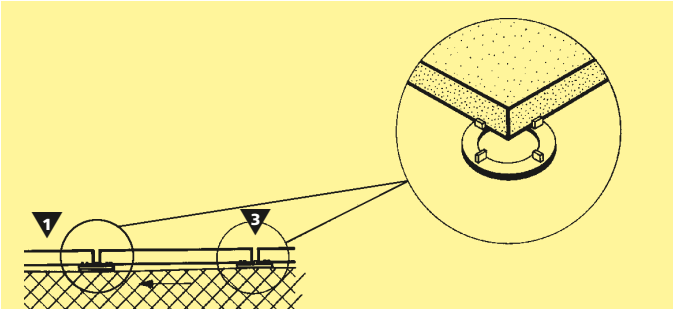
Beim Aufnehmen einer Pflasterfläche müssen zunächst zwei oder drei Steine mit geeigneten Zangen aus dem Pflaster entfernt werden. Dies schafft genug Platz um die restlichen Steine aus der Fläche herauszunehmen.
Der Pflasterstein ist dem Wetter, dem Verschleiss und der Verschmutzung ausgesetzt. Deshalb sehen die herausgenommenen Steine anders aus als die bevorrateten. Wenn zerschlagene oder beschädigte Steine durch neue aus dem Vorratslager ersetzt werden müssen, sollten die alten und neuen Steine über die gesamte Reparaturfläche gemischt werden, damit das unterschiedliche Aussehen weniger auffällt.
Wenn eine Betonpflästerung für Grabarbeiten oder Instandsetzung geöffnet wird, sollte sie für einen ausreichend grossen Arbeitsraum mindestens 2 m breit aufgenommen werden. Ab der Aushubkante müssen mindestens 50 cm mehr entfernt werden. Weil sich während der Ausführung und unter Verkehr in Betonsteinpflaster Horizontalkräfte aufbauen, wird die Pflästerung über der Ausgrabung mit Kanthölzern und Streben abgestützt. Das hindert die Pflästerung, in Richtung Öffnung zu wandern. Betonpflästerungen sind bei Aufgrabungen unter den Belagsarten einzigartig, weil die Arbeiten keine Spuren hinterlassen. Das setzt jedoch eine sehr sorgfältige Wiederverfüllung voraus. Speziell ist zu achten, dass die Bettung die gleiche Schichtstärke aufweist wie die Verlegte, um so Verformungen unter Belastung bei ungleichen Schichtstärken zu vermeiden. Das Koffermaterial muss vorschriftsgemäss verdichtet werden. Es empfiehlt sich, die Betonsteine mit dem Fortschreiten der Auffüllarbeiten wiederzuverlegen.

Reinigung

Betonsteinpflaster kann mit Kehr- und Saugmaschinen sowie mit speziellen Reinigungsgeräten gereinigt werden (können bei der CREABETON gemietet werden). Es ist jedoch wichtig, dass erst dann mit einer maschinellen Reinigung begonnen wird, wenn sich die Fugen mit Feinstoffen zugesetzt und verhärtet haben. Normalerweise geschieht dies innert sechs bis zwölf Monaten nach der Verlegung. Beginnt man mit der Reinigung, ehe die Fugen gegen einen Austrag des Feinsandes ausreichend widerstandsfähig sind, verschlechtert sich die strukturelle Güte des Pflasters durch den Sandverlust.
Wischen und Abspritzen lässt das Pflaster über lange Zeit gut aussehen, insbesondere dann, wenn die Oberfläche eine Schutzschicht hat. Manche hartnäckigen Flecken lassen sich jedoch mit einer routinemässigen Reinigung nicht entfernen.
Mit Spezialprodukten können Zementschleier, Humus- und Pflanzenflecken, Öl- und Fettflecken, Algen und Moos entfernt werden. Dabei ist Vorsicht geboten, weil die Fleckenentfernung meistens sichtbar bleibt und die Farbe und Textur der Steinoberfläche ändert. Das Reinigungsmittel sollte deshalb sorgfältig angewendet werden. Lassen Sie sich durch die CREABETON beraten.
In vielen Fällen ist es oft besser, stark verschmutzte Pflastersteine mit Reservesteinen zu ersetzen.

Pflasterstein mit starken Ausblühungen

Pflasterstein mit gelb-braun-Verfärbungen



Darstellung **19**

Auflagerringe für Platten auf starrer Betonkonstruktion

1 Platten

2 Unterkonstruktion (z.B. Beton) Gefälle mind. 1.5% (SIA 271)

3 Auflagerring, zusätzliche Ausgleichsfolien 1 mm oder 3 mm

Ausblühungen

Die häufigste Ursache von Verfärbungen an Betonpflastersteinen sind Ausblühungen. Sie sind eine zeitlich begrenzte Erscheinung und verschwinden mit der Zeit wieder, besonders wenn sie abgelaufen oder abgefahren werden.
Die Qualität des Betons erleidet durch die Ausblühungen oder Gelbverfärbungen keinen Schaden. Es handelt sich um einen physikalischen-chemischen Vorgang, der nicht zu beeinflussen ist. Siehe Glossar (S. 48)

Ausblühungen – ein Problem, das verblüht.

Gelbe und braune Verfärbungen

Gelbe und braune Verfärbungen an industriell hergestellten Betonwaren sind unerwünschte Erscheinungen, mit denen sich seit Jahren Hersteller in der Schweiz wie auch im Ausland auseinander setzen. Die Verfärbungen entstehen durch komplexe Wechselwirkungen zahlreicher stofflicher und verfahrenstechnischer Parameter während des Herstellungsprozesses und der Lagerung. Vorbeugende Massnahmnen sind der Schutz der Produkte vor Fremdwassereintritt, zerrissene Folien ersetzen oder abdichten und die Lagerzeiten auf der Baustelle kurz halten.
Produkte nach Vorschrift verlegen, Gefälle berücksichtigen.

Staunässe

Mit dem Kapitel Staunässe wird auf die Problematik des Sickerwassers hingewiesen.
Da die Betonsteinpflästerung nicht eine geschlossene Belagsdecke bildet, muss das durch die Fugen versickernde Wasser abgeleitet werden. Bei den Sicker- und Ökosteinen (Splitt- und Rasenfugensteine) wird die zu versickernde Wassermenge noch erhöht. Die Fundationsschicht muss ebenso, wie die Pflasterdecke und die Pflasterbettung, wasserdurchlässig sein.
Der Untergrund muss einerseits möglichst wasserdurchlässig und anderseits dauerhaft standfest sein, damit die geforderte Tragfähigkeit gewährleistet ist.
Wenn der vorhandene Untergrund nur bedingt oder nicht wasserdurchlässig ist, muss anhand des Abschnitts «Versickerungsfähigkeit des Bodens» (S. 24) abgeklärt werden, ob eine Versickerung im Untergrund auf die Dauer überhaupt möglich ist.

Grundsätzlich darf keine Staunässe entstehen.

Bei vorhandener Staunässe ist auf Dauer mit einer geringeren Tragfähigkeit des Untergrundes und mit bodenbedingten Setzungen zu rechnen. Besitzt hingegen der Untergrund / Unterbau keine ausreichende Versickerungsfähigkeit, so muss das durch die Pflasterdecke hindurch versickerte Wasser seitlich gefasst und in Rinnen oder Rohren abgeleitet oder auf versickerungsfähige Flächen geleitet werden.
Werden Gehwegplatten auf Terrassen, Balkonen, Flachdächern etc. verlegt (starre Betonkonstruktion), empfiehlt es sich, die Platten auf Auflagerringe zu legen. Darstellung **19**
Platten können auch in ein Splittbett 2–4 mm verlegt werden.
Für das Abführen des Sickerwassers muss eine ausreichende Entwässerung vorgesehen werden. Die Erstellung von Pflasterflächen auf Isolationen erfordert äusserste Sorgfalt.

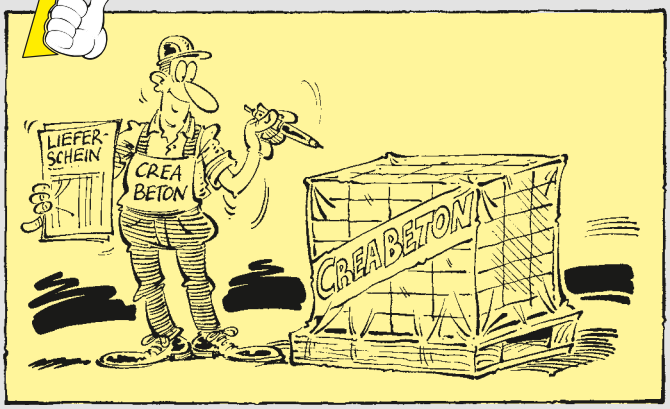
(Mindestgefälle der Betonkonstruktion 1.5%, SIA 271)

Unter den Pflästerungen darf sich kein Wasser stauen.

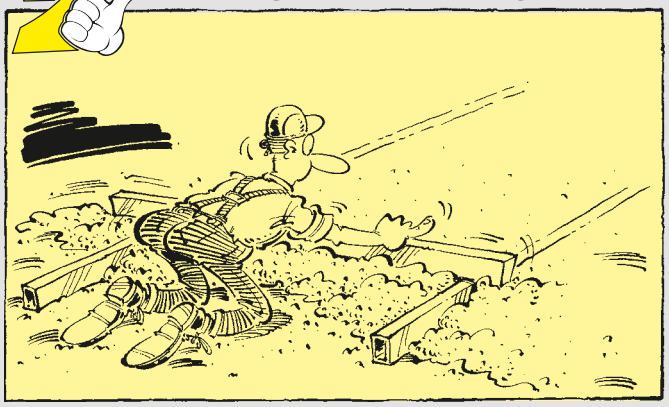
Pflastern – aber richtig

Empfehlungen und Hinweise zum Verlegen von Betonpflaster in Standardanwendungen

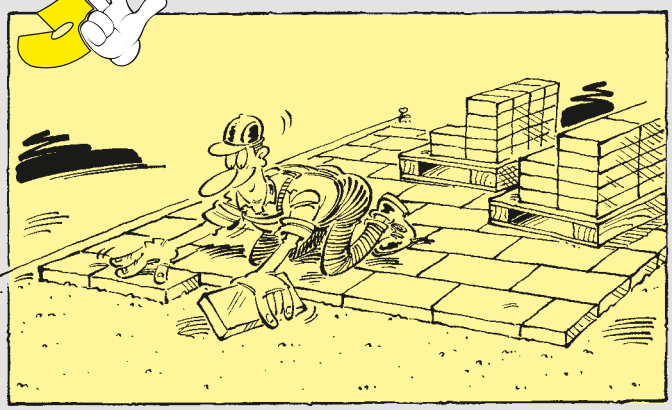
1 Lieferung prüfen



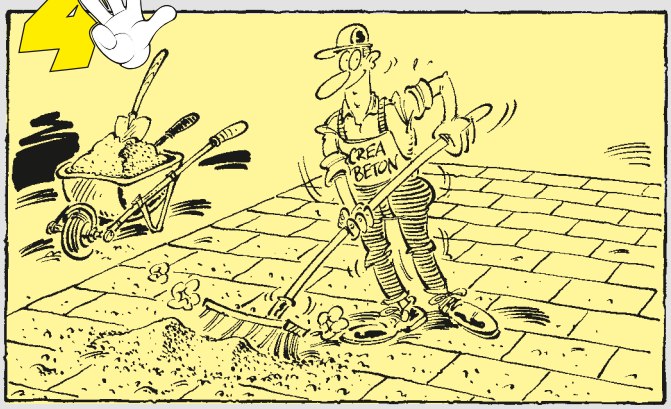
2 Bettungsschicht anlegen



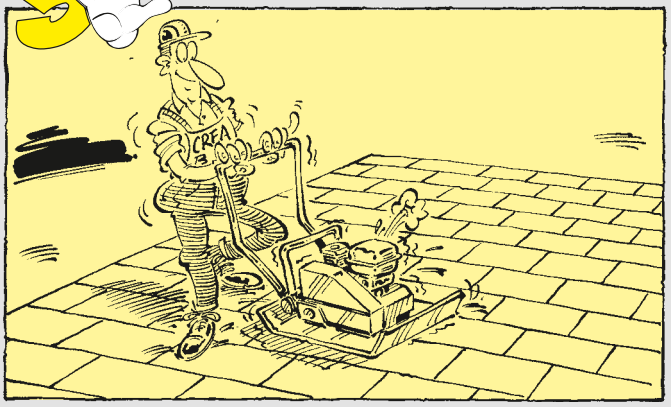
3 Verlegen



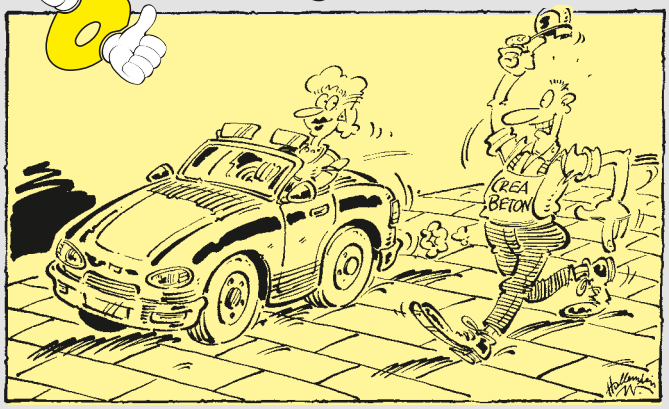
4 Einsanden



5 Abrütteln und Nachsanden



6 Nutzung und Unterhalt



Versiegelte Fläche, kombiniert mit Versickerung

Gesetzliche Grundlagen für Versickerungen

Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GSchG) vom 24. Jan. 1991

Art. 6, Abs. 1

Es ist untersagt, Stoffe, die Wasser verunreinigen können, mittelbar oder unmittelbar in ein Gewässer einzubringen oder sie versickern zu lassen.

Art. 7, Abs. 2

Nicht verschmutztes Abwasser ist nach den Anordnungen der kantonalen Behörde versickern zu lassen. Erlauben die örtlichen Verhältnisse dies nicht, so kann es mit Bewilligung der kantonalen Behörde in ein oberirdisches Gewässer eingeleitet werden. Dabei sind nach Möglichkeit Rückhaltemassnahmen zu treffen, damit das Wasser bei grossem Anfall gleichmässig abfliessen kann.

Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Verordnung, GSchV) vom 28. Okt. 1998

Art. 3

Die Behörde beurteilt, ob Abwasser bei der Einleitung in ein Gewässer oder bei einer Versickerung als verschmutzt oder nicht verschmutzt gilt.

Als begleitende Grundlagen gelten die «Norm SN 592-000 Liegenschaftsentwässerung» sowie die «Richtlinie Genereller Entwässerungsplan» des Verbandes der Schweiz. Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA).

Versickern statt Versiegeln

Die Ausdehnung der Siedlungsgebiete und Verkehrswege erhöhen stetig den Anteil an versiegelten Flächen. Unter Versiegelung versteht man das Abdichten des Bodens durch Befestigen von Strassen und Plätzen sowie durch Überbauungen.
Der gewachsene Boden wird mit einer wasserundurchlässigen Schicht abgedeckt. Das natürliche Einsickern von Regen- und Schmutzwasser in den Untergrund wird damit verhindert. Ein grosser Teil des Niederschlagwassers wird oberflächig abgeführt oder in die Kanalisation geleitet. Der natürliche Wasserkreislauf und die Grundwasserspeisung werden nicht unterstützt.
Bei der Planung muss der ökologische Aspekt, die Grundwasser-Neubildung, überhaupt der Wasserkreislauf, stärker berücksichtig werden. Die Gewässer sind lebenswichtig für Menschen, Tiere und Pflanzen. Diese Optik hat lange Zeit gefehlt und vielfach war das Verständnis dafür nicht vorhanden. Mit der Revision des eidgenössischen Gewässerschutzgesetzes ist diese Zielsetzung nun auch gesetzlich verankert.
Durch eine differenzierte Entwässerungsstrategie können verschiedene Probleme gelöst oder mindestens entschärft werden, wie zum Beispiel:

- Der rasche Regenwasserabfluss von den versiegelten Flächen führt zu einer Erhöhung der Abflussspitzen und Abflussmengen in kleineren Fliessgewässern, was oft deren Ausbau erfordert.
- Die Ableitung statt Infiltration von unverschmutztem Regenwasser verhindert die Neubildung des Grundwassers.
- Die Einleitung von unverschmutztem Abwasser in die Mischwasserkanalisation führt zu einer Zunahme der Häufigkeit und der Dauer von Regenentlastungen und damit zu einer höheren Vorfluterbelastung bei Regenwetter und während der Schneeschmelze.
- Das unverschmutzte Abwasser beeinträchtigt den Betrieb und die Leistung der Kläranlagen und verursacht dadurch eine Erhöhung der Gewässerbelastung.

Die moderne Siedlungsentwässerung bezweckt, die Gewässer als Lebensraum ganzheitlich vor nachteiligen Einwirkungen zu schützen. Die Entwässerung der Siedlungsgebiete muss zukünftig möglichst naturnah und gewässerschonend erfolgen.
Im Vergleich zur traditionellen Entwässerung ist bei der natürlichen Entwässerung eines Gebietes der Regenwasserabfluss wesentlich kleiner und langsamer.
Regenwasser und Reinwasser sollen möglichst nicht gefasst werden. Nur diejenigen Abwässer sind abzuleiten, die im Einzugsgebiet nicht schadlos versickert werden können.
Retentionsmöglichkeiten sollen genutzt werden, um die Abflussspitzen zu verringern und die Abflussgeschwindigkeit zu verlangsamen.
Wasser aus Brunnen, Bächen, Teichen, Drainagen, Grund- und Quellwasserfassungen, unverschmutzte Kühlwasserrückläufe etc. gehören ebenfalls nicht in die Kanalisation, sondern sind so weit es die hydrologischen und technischen Gegebenheiten gestatten, dem Grundwasserkörper zuzuführen. Unsachgemässe oder missbräuchliche Versickerungen sind zu vermeiden.

Versickerung durch Sickerstein

Versickerung durch Rasengitterstein QUADRO.

Zur Versickerung zugelassenes Wasser

- Nicht verschmutztes Niederschlagswasser von Dächern, Zufahrten, Wegen, Parkplätzen und dergleichen.
- Reinabwasser z.B. von Brunnen- und Sickerwasser, Grund- und Quellwasser, Wasserrückläufe von thermischen Nutzungen etc.

Voraussetzung für eine Versickerung

Zulässigkeit des versickernden Wassers

Erste Voraussetzung für eine Versickerung ist, dass das Niederschlags- bzw. das Abflusswasser nicht schädlich verunreinigt ist und keine nachteiligen Veränderungen im Gewässer verursacht, in das es eingeleitet wird.

Nicht verschmutztes Niederschlagswasser

Grundsätzlich darf nur nicht verschmutztes Niederschlagswasser zur Versickerung gebracht werden. Der Verschmutzungsgrad des Regen- oder Schmelzwassers hängt im Wesentlichen von der Art und Lage der entwässerten Fläche ab.
Zur Versickerung von Niederschlagswasser muss die Luftreinhalteverordnung (LRV) in der Umgebung der jeweiligen Fläche erfüllt sein.
Dachwasser, welches in Wohngebieten anfällt, ist im allgemeinen weniger verschmutzt als solches aus Industrie- und Gewerbezonen. Niederschlagswasser von begrünten Dächern wird bevorzugt versickert, da diese neben der Retentionswirkung (wichtiger Dimensionierungsfaktor) eine teilweise Vorreinigung des anfallenden Wassers gewährleisten.
Benutzte Dachflächen, Terrassen etc. in Industrie- und Gewerbezonen weisen hingegen einen zu hohen Risikofaktor auf, weshalb hier eine Versickerung nicht zugelassen werden kann.
Bei Umschlagsplätzen aller Art besteht eine erhebliche Verschmutzungsgefahr, so dass Wasser in die Schmutzwasser-Kanalisation einzuleiten ist.
Abwasser von Strassen kann in Abhängigkeit der Verkehrsart und -frequenz einen sehr unterschiedlichen Verschmutzungsgrad aufweisen. Neben Rad-, Flur- und Waldwegen darf auch Wasser von Gemeinde- und Stadtstrassen versickert werden, sofern diese in weniger überbauten Gebieten verlaufen. Bei Nationalstrassen und Bahnanlagen können Versickerungen jedoch nur in Ausnahmefällen bewilligt werden.

Reinabwasser

Reinabwasser ist stetig fliessendes «sauberes» Wasser, welches nicht in die Mischwasserkanalisation und nicht in eine Abwasserreinigungsanlage gehört. Es stammt meist aus Überläufen von ungenutzten Quellen, von Zierbrunnen und Reservoiren, sowie von Drainagen. Es kann auch aus Rückläufen von unverschmutztem Kühlwasser stammen.
Dieses Wasser beeinträchtigt in den Abwasserreinigungsanlagen den Reinigungsprozess und erhöht die Betriebskosten. Bei Reinigungsarbeiten an Reservoiren und Brunnen können sich zeitweise leichte Belastungen des Reinwassers ergeben. Für diese Fälle ist eine Ableitung in die Kanalisation erforderlich.

Bewilligungs-Zuständigkeit

Die Zulässigkeit einer Versickerung und deren technische Ausgestaltung richtet sich nach den Richtlinien des zuständigen kantonalen Gewässerschutzamtes.

Zulässigkeit einer Versickerung

Regenabwasser von:	Art der Versickerung ◆	Zone S	Gewässerschutz-Bereich A	B	C
Dachflächen in Wohn- und Landwirtschaftszonen	a b	GSA	★	★	★
Vorplätze, Parkplätze für Personenwagen, Hauszufahrten innerhalb Wohnzonen, Gemeinde- und Privatstrassen	a	GSA	★	★	★
Umschlag-, Park- und Lagerplätze, Vorplätze, Dachflächen von Industrie- und Gewerbebetrieben	a	GSA	GSA	GSA	GSA
Kantonsstrassen, Nationalstrassen, Bahnanlagen	a		GSA	GSA	GSA
Reinabwasser wie Brunnen-, Sicker-, Grund- und Quellwasser, unbelastetes Kühlwasser	a b	GSA	★	★	★

Andere, in dieser Tabelle nicht aufgeführte Versickerungen beurteilt das GSA.

Sonderfälle:

Versickerungen im Bereich von Altlasten sind verboten. Bei Altlastverdachtsflächen sind vorgängige Untersuchungen erforderlich.

Folgende Versickerungen benötigen eine Einzelfallbeurteilung durch das GSA:

- Versickerung in zentralen Anlagen;
- Versickerung bei Altlastverdachtsflächen;
- Versickerung in Gebieten mit Verdacht auf Grundwasserverunreinigung;
- Versickerung von wenig belastetem Schmutzabwasser;
- Versickerung von Kühlwasser mit Verunreinigungsrisiko;
- Tiefenversickerung (Versickerung in Bohrungen).

Legende:

◆ Versickerungsanlage

S Grundwasserschutzzone

a Versickerung **mit** Oberbodenpassage

b Versickerung **ohne** Oberbodenpassage (nur in 2. Priorität zulässig)

★ Bewilligung durch Gemeinde

GSA Bewilligung durch Gewässerschutzamt

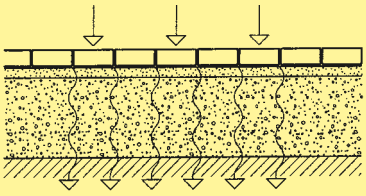
Versickerung verboten

Die Versickerung von nicht verschmutztem Abwasser gemäss VSA

a

Versickerung mit Oberbodenpassage

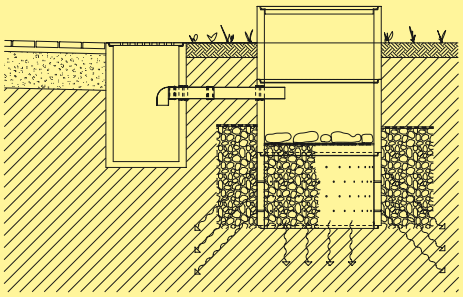
Ökobeläge



b

Versickerung ohne Oberbodenpassage (nur in 2. Priorität zulässig)

Sickerschacht



Checkliste für Ökobeläge auf Seite 37

Grundwasser und Boden

Verschmutzungsgrad

Der Verschmutzungsgrad des zu versickernden Wassers ist vom Verschmutzungsgrad des Regen- und des Oberflächenwassers abhängig.
Noch bevor der Regentropfen den Erdboden berührt, kann er bereits eine Schmutzfracht aufgenommen haben. Dies sind in erster Linie Kohlendioxide (CO_2), Schwefeldioxid (SO_2), Stick-oxide (No_x) aber auch Schwermetalle von Autoabgasen. Natürlich nimmt im zeitlichen Verlauf eines Regenschauers die Spurenkonzentration ab.
Durch das Oberflächenwasser von Verkehrsflächen gelangen hauptsächlich Pneu-Abrieb, Verbrennungsprodukte, Schmierstoffe und Korrosionsprodukte in den Boden. Auch verkehrsunabhängige Faktoren wie Streugut, Abfälle und toxische Stoffe belasten den Bodenkörper. Einen grossen Anteil der Verschmutzung stammt von Schwermetallen (insbesondere Cadmium, Blei und Kupfer), Chlorkohlenwasserstoffen und Mineralölen. Diese Stoffe können gasförmig, flüssig, festorganisch oder anorganisch auftreten. Das Sickerwasser dient den Schadstoffen dabei in erster Linie als Transportmedium.
Dabei ist die Ausbreitung im Grundwasserkörper von der mittleren Verweildauer abhängig, das heisst von der Zeit, bis der Gewässerkörper vollständig ausgetauscht ist. Im Grundwasser kann dies Jahre bis Jahrzehnte dauern. 30–50% der festen Stoffe (ab Grobsand) können im Zuge der Strassenreinigung von vornherein beseitig werden. Bei den gasförmigen Stoffen handelt es sich im wesentlichen um Schwefeldioxid (SO_2), Eisen (F^+) oder Chlor (Cl), die bei erhöhter Konzentration schädigend auf das Grundwasser einwirken können. In flüssiger Form gelangen Öle, Teere und Auftausalze ins Grundwasser.

Reinigungskraft des Bodens

Spricht man von der Reinigungskraft des Bodens, so ist darunter nicht die Beseitigung von Schadstoffen, sondern vielmehr die Veränderung oder der Abbau von Stoffen durch chemische und biologische Vorgänge zu verstehen. Zu diesen Vorgängen gehören im wesentlichen Filtration und Verdünnung (mechanisch), Sorption und Ionenaustausch (physikalisch), Fällung, Oxidation und Reduktion (chemisch) und Abbau durch Mikroorganismen (biologisch). Dabei finden im Bodenkörper Wechselbeziehungen zwischen fester und flüssiger Phase statt. Organische Bestandteile können zumeist vollständig abgebaut werden (permanente Reinigungswirkung). Bei den Schwermetallen ist zu beachten, dass diese nur gebunden (absorbiert, gefällt oder ionen-ausgetauscht), aber nicht abgebaut werden (temporäre Reinigungswirkung). Zu einer erneuten Freisetzung der Schwermetalle kann es zum Beispiel bei Veränderungen des pH-Wertes (saurer Regen) oder durch Erhöhung der Salzkonzentration im infiltrierten Wasser kommen (Streumitteleinsatz im Winter).
Bei wasserdurchlässigen Pflastersystemen darf grundsätzlich kein Streusalz angewendet werden.

Keine Versickerung im Winterstreusalz-Bereich.

Die Reinigungswirkung des Bodens hängt im wesentlichen von der Mineralienzusammensetzung und von der Bodenstruktur ab. Die wesentlichen Faktoren sind:
– Korngrössenverteilung des Bodens
(hier insbesondere der Anteil der Tonminerale)
– Belebung des Bodens
– Abstand zwischen Geländeoberfläche und Grundwasseroberfläche; Flurabstand (Mächtigkeit des Filters)

Vereinfachend lässt sich sagen, je höher der Feinanteil im Boden, je belebter der Boden und je mächtiger die Filterstrecke, desto grösser ist die Reinigungsleistung des Bodens.
Bei der Korngrössenverteilung spielt der Anteil und die Zusammensetzung der Tonminerale eine wichtige Rolle. Zum einen setzt schon ein geringer Anteil der Tonminerale die Versickerungsleistung herab, zum anderen aber können Tonminerale die Versickerung infiltrierender Stoffe hinsichtlich ihrer Schädlichkeit, positiv beeinflussen.

Sickerstrecke bis höchstmöglicher Grundwasserspiegel (Flurabstand)

Die Sickerstrecke bis zum höchstmöglichen Grundwasserspiegel darf nie weniger als 1.0 m betragen. Sicherer wäre bei einer Versickerung durch den konstruktiven Aufbau der Verkehrsfläche ein Abstand von mindestens 2 Metern.

Flurabstand mindestens 1.0 m

Flächenversickerung

Die Vorteile der Flächenversickerung gegenüber allen anderen Versickerungsmethoden liegen einmal in der grösstmöglichen flächigen Verteilung der infiltrierten Abflüsse und zum anderen in der grösstmöglichen Bodenpassage (Filtermächtigkeit).

Versickerungsfähigkeit des Bodens

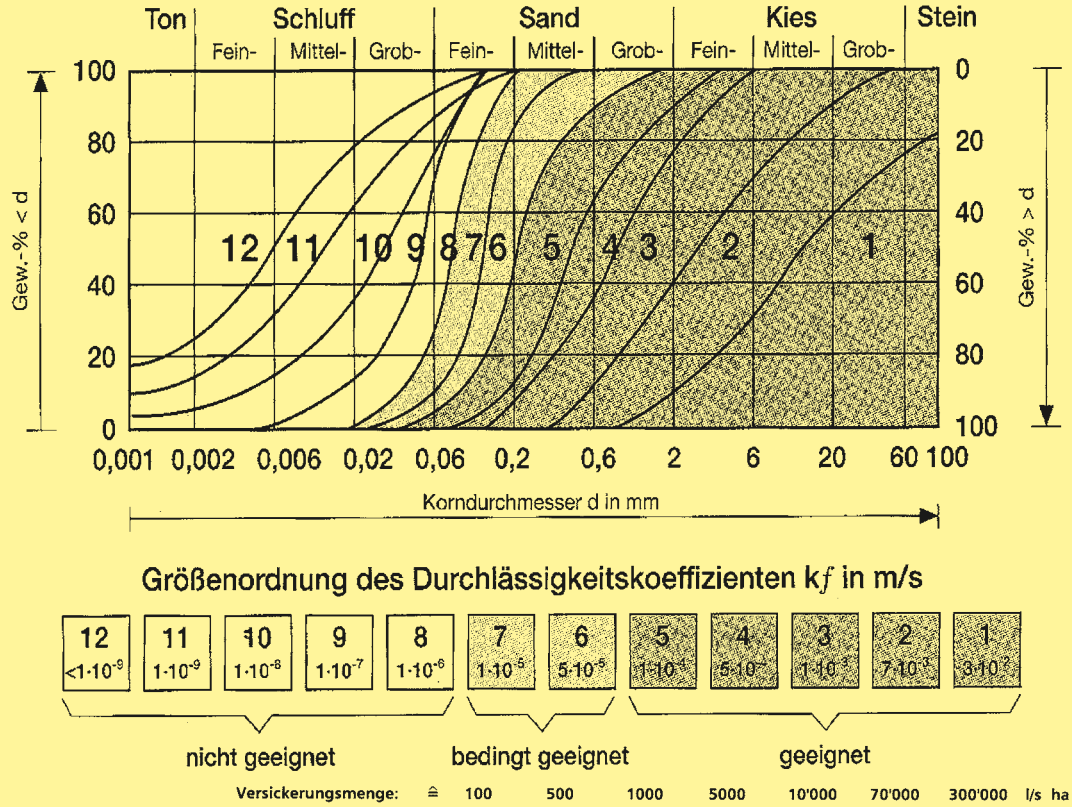
Als zweite Voraussetzung für eine Versickerung muss die Durchlässigkeit des Bodens gewährleistet sein. Der Untergrund muss eine Wasserleitfähigkeit aufweisen, damit das auf die Bodenoberfläche auftreffende Wasser in den Boden einsickern, zwischengespeichert und weitergegeben werden kann.
Die Versickerungsfähigkeit des Bodens ist dabei von mehreren bodenmechanischen Eigenschaften abhängig:
– Korngrössenverteilung
– Wassergehalt des Bodens
– Bodengefüge
– wasserleitende Grobporen

Ausgedrückt wird die Wasserdurchlässigkeit durch den Durchlässigkeitsbeiwert k (m/s), nach Darcy.

Lockergesteinsböden mit einem Durchlässigkeitsbeiwert von $k = 5 \cdot 10^{-6}$ m/s bis $5 \cdot 10^{-3}$ m/s sind für eine Versickerung geeignet.

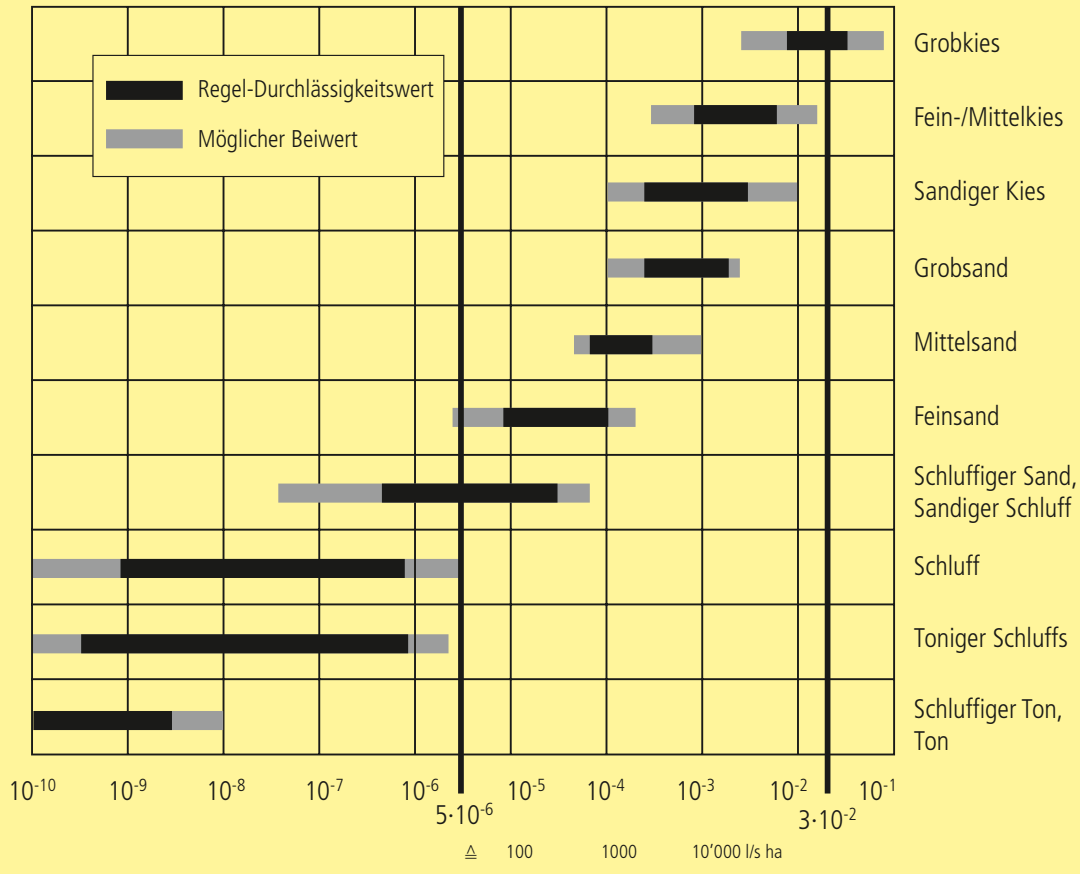
«Durchlässigkeitsbeiwerte» von Böden siehe Tabellen (S. 24)

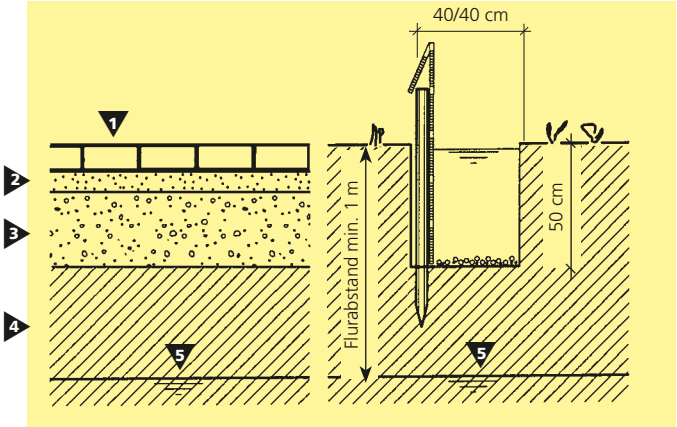
Durchlässigkeitsbeiwerte



Wasserdurchlässigkeit und Versickerungsmenge nach Körnungslinien von Lockergestein

Durchlässigkeitsbereiche verschiedener Bodentypen





Darstellung **20**

Versickerungsversuch

1 Pflästerung
2 3–5 cm Bettung
3 35 cm Fundationsschicht
4 Untergrund
5 Grundwasserspiegel

Anwendungsbeispiel zur Versickerungsermittlung

Messung	Uhrzeit	Versickerungs-dauer in Min.	Wasserstand der Grube in cm	Wasserstands-änderung in cm
1	10:28	—	22.5	—
	10:38	10	17.0	5.5
Wasser auffüllen	—	—	—	—
2	10:40	—	24.0	—
	10:50	10	19.0	5.0
Wasser auffüllen	—	—	—	—
3	10:54	—	21.0	—
	11:05	11	16.0	5.0
Durchschnitt	**—**	**Σ 31**	**—**	**Σ 15.5**

Versickerungsformel

$$\text{Versickerungsrate} = \frac{\Sigma\ \text{Wasserstandsänderung (cm)}}{\Sigma\ \text{Versickerungsdauer (min.)}} = \frac{\Sigma\ 15.5}{\Sigma\ 31} = \mathbf{0.5}$$

Beurteilung der Messergebnisse

Mit dieser Übersicht und ihren Messergebnissen stellen Sie fest, ob die Fläche die ausreichende Versickerung von Regenwasser zulässt.

Versickerungs-rate cm/min	Empfohlene Versickerungsart	k-Wert m/s
< 0.03	Keine Versickerung möglich	$< 5 \cdot 10^{-6}$
≥ 0.03 <0.12	Flächenversickerung möglich. Erhöhung des frostsicheren Aufbaus um 10 cm. (siehe Seite 34)	$\geq 5 \cdot 10^{-6} < 2 \cdot 10^{-5}$
≥ 0.12 < 30	Optimaler Bereich für alle Versickerungsarten	$\geq 2 \cdot 10^{-5} < 2 \cdot 10^{-3}$
≥	Keine Versickerung zulässig, weil aufgrund zu hoher Durchlässigkeit die Gefahr der Grund-wasserkontamination besteht.	$\geq 5 \cdot 10^{-3}$

Beurteilung: ≥ 0.12 **< 0.5** < 30
= gut geeigneter Bereich für alle Versickerungsarten

$k = 5 \cdot 10^{-6}$ m/s 50 l/s ha 18 mm/h
$k = 2 \cdot 10^{-5}$ m/s 200 l/s ha 72 mm/h
$k = 5 \cdot 10^{-3}$ m/s 50000 l/s ha 18 m/h

Versickerungsversuch

Was «schluckt» mein Boden?

Wenn sie sich für die Verwendung sickerfähiger Pflastersysteme entscheiden, ist es wichtig festzustellen, ob der vorhandene Boden überhaupt versickerungsfähig ist. Dies können sie mit einem einfachen Test selber ermitteln. Zeitbedarf ca. 2 Stunden.

Sie benötigen dazu:
– einen Spaten
– Wasser (am besten einen Wasserschlauch)
– eine kleine Holzlatte
– Klebeband
– etwas Feinkies
– einen Doppelmeter
– Stift und Papier

Wichtig:
Der Versuch soll in derselben Tiefe durchgeführt werden, in der nachher auch der Pflasteraufbau erfolgt.
Für grosse Versickerungsflächen müssen mehrere Versickerungs-versuche an verschiedenen Stelllen durchgeführt werden.

Anleitung

1. Graben Sie eine ca. 40 x 40 cm grosse und 50 cm tiefe Grube. Die Sohle der Grube muss eben sein.
2. Um eine Verschlammung zu verhindern, wird die Sohle mit einer 1 bis 2 cm dicken Feinkiesschicht bedeckt.
3. Weil trockener Boden das Wasser schneller aufnimmt als feuchter, muss die Grube etwa 1 Stunde lang vorgewässert werden. Nur so kann man mit einem realistischen Ergebnis rechnen. Füllen sie die Grube mit Wasser und achten sie darauf, dass sie während der Vornässungszeit nicht austrocknet.
4. Befestigen sie den Doppelmeter mit einem Klebeband an der Holzlatte und stecken sie ihn in den Boden der Grube. Nach der Vornässung kann die eigentliche Messung beginnen. Füllen sie die Grube 20 bis 25 cm hoch mit Wasser.
5. Notieren sie Uhrzeit und Wasserstand in der Tabelle.
6. Kontrollieren sie in der folgenden halben Stunde alle 10 Minuten den Wasserstand und notieren sie die Werte.
   Bei gering durchlässigen Böden den Ablesezeitraum auf 30 oder 60 Minuten erhöhen.

Darstellung **20**

Versickerung durch aufgeweitete Fugen (Splittfuge)

Versickerung durch aufgeweitete Fugen (Rasenfuge)

Versickerung durch eingelassene Kammern (Rasengittersteine)

Versickerung durch wasserdurchlässige Pflastersteine (Sickersteine)

Versickerungsmethoden

Generell kann zwischen folgenden Versickerungsmethoden unterschieden werden:

– Oberflächliche Versickerung
  Eine Versickerung auf durchlässigen Flächen und in Geländemulden
– Versickerungsbauwerke
  Eine konzentrierte Versickerung bei Versickerungsbauwerken wie z.B. Sickerschächte, Sickerbrunnen und Rigolen.

Wenn immer möglich ist die flächenhafte Versickerung anzustreben. Das Regenwasser braucht gar nicht erst gefasst und dann in einer Anlage punktuell versickert zu werden. Eine flächenhafte Versickerung im Strassenbau erreichen wir mit wasserdurchlässigen Belägen. Das Niederschlagswasser wird ohne Oberflächenabfluss direkt durch den konstruktiven Strassenoberbau in den Boden (Untergrund) geleitet. Grundsätzlich werden drei Konstruktionsprinzipien unterschieden.

– Versickerung durch wasserdurchlässige Beläge
– Versickerung im Strassenseitenraum
– Versickerungsmulden

Versickerung durch wasserdurchlässige Pflastersysteme

Wasserdurchlässige Pflastersysteme weisen gegenüber konventionellen Pflasterdecken den Vorteil auf, dass durch die Versickerung ganz oder zumindest teilweise auf die Regenwasserentwässerung verzichtet werden kann. Die Versickerung des Oberflächenwassers setzt jedoch einen versickerungsfähigen Oberbau und Untergrund voraus.

Aufgeweitete Fugen

(Splitt- und Rasensteine)

Die Versickerung des Niederschlagwassers geschieht durch aufgeweitete Fugen. Der Fugenanteil des Betonpflasters wird vergrössert durch werkseitig angeformte (integrierte) Nocken oder mit separaten Abstandhaltern. Die Fuge kann entweder als Rasenfuge oder als Splittfuge ausgebildet werden. Siehe auch «Aufgeweitete Fugen» (S. 39-40)

Eingelassene Kammern

(Rasengittersteine)

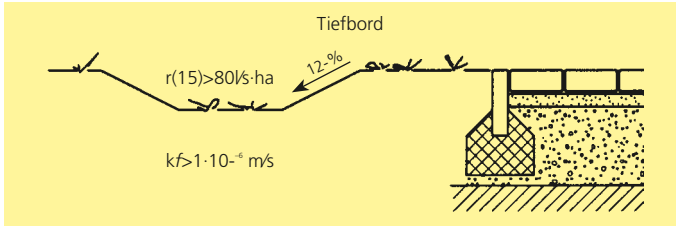
Die Versickerung des Niederschlagwassers geschieht durch die, in den Stein eingelassenen Kammern (Hohlräume). Die Kammern werden in der Regel mit einem Humus-Sand/Splitt-Gemisch verfüllt und anschliessend mit Rasen angesät. Siehe auch «Eingelassene Kammern (Rasengittersteine)» (S. 41)

Wasserdurchlässige Pflastersteine

(Sickersteine)

Bei Sickersteinen (Drainsteinen) aus haufwerksporigem Beton erfolgt die Versickerung des Regenwassers direkt durch den Stein. Siehe auch «wasserdurchlässige Pflastersteine (Sickersteine)» (S. 42)

Randabschluss mit offenen Fugen



Oberirdisches Abführen des abfliessenden Wassers über Tiefbord

Darstellung **21**

Versickerung im Strassenseitenraum

Starkregenentwässerung

Neben der Versickerung über durchlässig ausgebildete Pflasterbeläge ist es für Starkniederschläge für eine vollständige Entwässerung unerlässlich, Oberflächenabflüsse seitlich abzuführen und dort abzuleiten oder zur Versickerung zu bringen.

Dazu bieten sich zwei unterschiedliche Ausführungen an:

– Abführung des von der Fahrbahnoberfläche abfliessenden Wassers über Rinnen, Abläufe und Rohrleitungen.
– Abführung des von der Fahrbahnoberfläche abfliessenden Wassers über/durch die Randeinfassung der Pflasterdecke in Sickeranlagen über die Schulter ins angrenzende Wiesland.

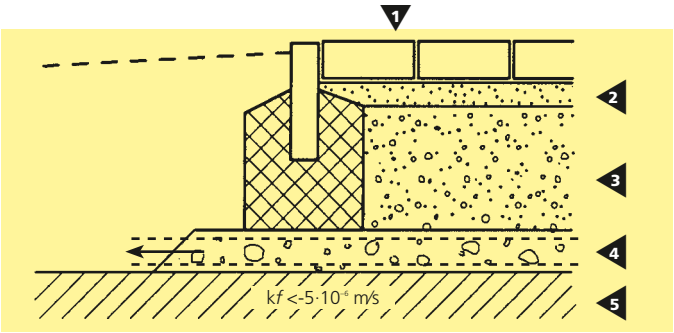
Auch wenn kein wasserdurchlässiger Pflasterbelag verwendet wird, kann auf die gleiche Weise eine Versickerung im Strassenseitenraum vorgesehen werden.

Mindestgefälle

Es ist zu beachten, dass auch im Falle von starken Gewitterregen der Abfluss des Oberflächenwassers von der Fahrbahnoberfläche in die vorgesehenen Versickerungsflächen gewährleistet ist, sofern erforderlich. Für Fahrbahnen ist daher die Einhaltung eines Mindestquer- bzw. -Längsgefälles von 3.0% auch für wasserdurchlässige Pflastersysteme erforderlich.
Für Anlagen des ruhenden Verkehrs (Park- und Ladeflächen) ist jedoch kein Mindestwert einzuhalten. Bei einem Starkregen ist im Falle nicht geneigter Flächen aber grundsätzlich mit einer Pfützenbildung (verzögerte Versickerung) und einem nur langsamen Abfluss des Oberflächenwassers auf die vorgesehenen Sickerflächen zu rechnen.
Siehe «Versickerungstabellen» unter Stauhöhe und Versickerungszeit nach Regenende (S. 39–42)

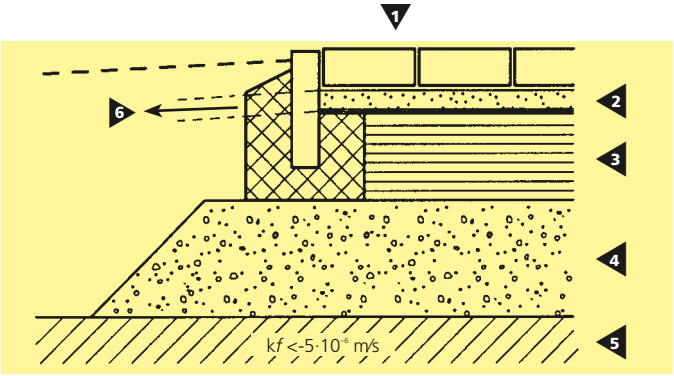
Seitenabschlüsse (Hoch- und Tiefborde)

Bei einer oberirdischen Abführung des von der Pflasterdecke abfliessenden Wassers ist die Pflasterdecke durch Tiefborde oberflächlich bündig seitlich einzufassen, so dass die Borde von dem Wasser überströmt werden können. Ein Wasserrückhalt auf der Oberfläche der Pflasterdecke wird somit vermieden.
Soll das oberflächlich abfliessende Wasser nur punktuell seitlich in Sickeranlagen ablaufen, so sollten Strassenrinnen mit Hochborden angeordnet werden, die mit Tiefborden zu kombinieren sind. Dabei ist auf die erforderliche Mindestlängsneigung der Rinnen von 0.5% zu achten.
Die an Tiefborde anschliessenden unbefestigten begrünten Flächen sind etwa 3 cm tiefer an den Rand der befestigten Fläche anzuschliessen und mit einer Querneigung von 12% nach aussen anzulegen. Die sich anschliessenden Sickeranlagen sind zu bemessen. Darstellung **21**



Wasserableitung oberhalb des Planums bei nicht ausreichend versickerungsfähigem Untergrund Darstellung **22**

1 wasserdurchlässiges Pflaster
2 Bettungsschicht
3 Fundationsschicht ohne Bindemittel
4 Filterschicht mit Drainrohr zur Wasserabführung in versickerungsfähige Bereiche
5 Baugrund (nicht versickerungsfähig)



Wasserableitung durch die Pflasterbettung Darstellung **23**

1 wasserdurchlässiges Pflaster
2 Bettungsschicht, Dichtungsschicht
3 Asphalttragschicht (Sperrschicht)
4 Tragschicht ohne Bindemittel
5 Baugrund (nicht versickerungsfähig)
6 Wasserabführung in versickerungsfähige Bereiche

Rinnen und Rohre

Rinnen und Rohre dienen der gleichmässigen Zuleitung und Verteilung der Oberflächenabflüsse in die Versickerungsanlage. Bei punktuellen Einleitungen (Rohren) ist der Aufprallpunkt zur Vermeidung von Verschlämmungen zu befestigen und die Abflüsse der Versickerungsanlage linear zuzuführen (Rinnen). Im Strassenseitenraum wird die flächige Zuleitung den Regelfall darstellen. Hier kann im Einzelfall das Abflusswasser direkt über das seitliche Tiefbord geleitet werden.

Keine ausreichende Versickerung

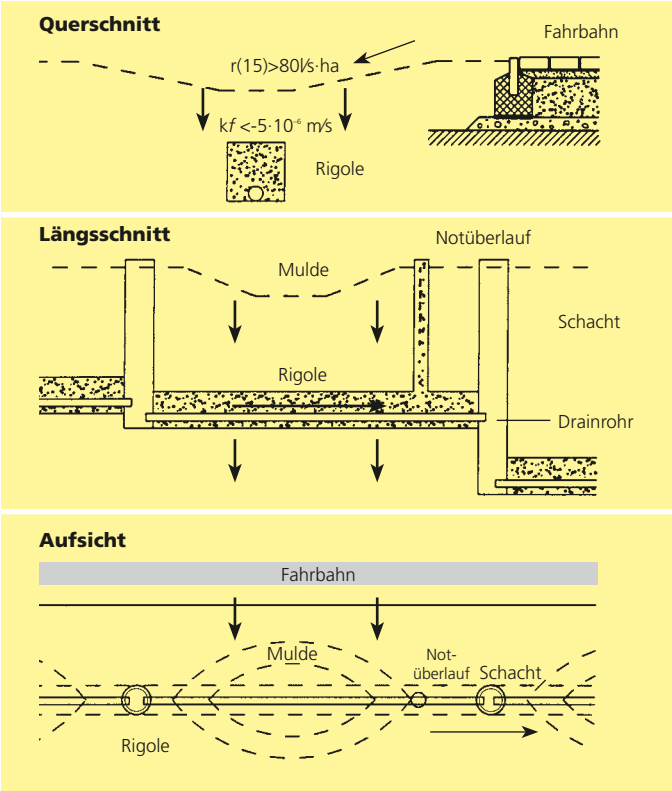
Besitzt hingegen der Untergrund/Unterbau keine ausreichende Versickerungsfähigkeit (vgl. Abschnitt «Versickerungsfähigkeit des Bodens» S. 24), so muss das durch die Pflasterdecke hindurch versickerte Wasser seitlich gefasst und in Rinnen oder Rohre abgeleitet oder auf versickerungsfähige Flächen geleitet werden.

In diesem Fall sind folgende, jedoch bautechnisch aufwändige Sonderlösungen bei Strassen und Wegen möglich:
– die Anbringung einer Filterschutzschicht auf dem Planum (seitliche Wasserabführung oberhalb der Planumsschutzschicht)
– die Anbringung einer Dichtungsschicht oberhalb der Fundationsschicht, durch die das versickerte Wasser innerhalb der Bettung seitlich abzuführen ist.

Die ansatzweise beschriebenen Sonderlösungen sind bautechnisch aufwändig. Es sollte daher im Falle eines nicht ausreichend versickerungsfähigen Untergrundes/Unterbaus eine konventionelle Deckenausführung mit Oberflächenentwässerung bevorzugt werden. Darstellungen **22** und **23**

Versickerungsmulden

Die seitlich zur Entwässerungsfläche angeordneten Mulden werden entsprechend dimensioniert. Darstellung **21** In der begrünten Versickerungsmulde dient die belebte Humusschicht bei der Passage des Wassers als Filter. Solche oberirdische Versickerungsmulden können am besten kontrolliert und gepflegt werden. Allerdings ist zu beachten, dass die Ausbildung und auch die Pflege so ausgeführt werden muss, dass die Bodenstruktur zur Erhaltung der Funktionstüchtigkeit erhalten und störender Fremdaufwuchs beseitigt wird.
Besondere Aufmerksamkeit ist der Übergangszone zwischen Mulde und Zuleitung zu schenken, da es hier aufgrund von Anreicherung von Feinmaterial und organischer Substanz zu verstärktem Aufwuchs und Wulstbildungen kommen kann. Hierdurch würde eine ordnungsgemässe Ableitung erschwert werden. Deshalb ist am Muldenrand ein Kies- oder geneigter Plattenstreifen auszubilden und der Anschluss an das Tiefbord um 3 cm tieferzulegen, um dem Abflusswasser einen Übergang zu bilden. Eine Kies- oder Schotterpackung grösserer Tiefe als Übergang zwischen Zuleitung und Versickerungsanlage ist nicht zu befürworten, da zwar der Speicherraum bei ungünstigen Platzverhältnissen vergrössert und ein Absetzen von Sedimenten ermöglicht wird, aber durch den Anschnitt der belebten Humusschicht die Filterwirkung gegenüber Schadstoffen stark herabgesetzt ist. Zusätzliche Speicherkapazität für Starkniederschläge durch eine Kiespackung ist bei korrekt bemessener Versickerungsanlage nicht notwendig.



Prinzipskizze Mulden-Rigolen-System Darstellung **24**

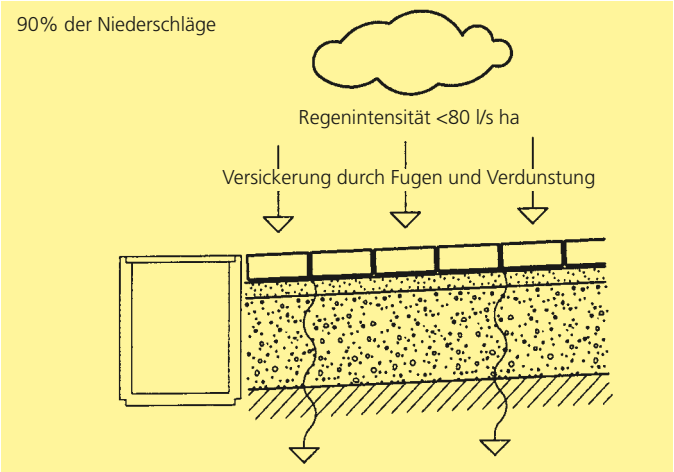
Mulden-Rigolen-System

Eine systematische Verbindung grossräumiger Versickerungsanlagen stellt das Mulden-Rigolen-System dar. Hier wird das Prinzip des Ableitungssystems mit dem der Versickerung verbunden, indem begrünte Versickerungsmulden im Strassenseitenraum mit unterirdischen Transport-Rigolen miteinander verbunden werden und durch ein Netz von Revisionsschächten kontrolliert werden. Diese Kontrollschächte besitzen einen Überlauf zum Kanalnetz. Abhängig von der jeweiligen Versickerungsfähigkeit des Bodens, überwiegt die Versickerung oder die Ableitung. Die durchlässigen Transportelemente drosseln die Ableitung stark. Dadurch wird das Kanalnetz entlastet. So können, unabhängig von der anstehenden Bodenart, die Vorteile der Versickerung mit der Sicherheit und Kontrollierbarkeit des Ableitungsprinzips verbunden werden. Darstellung **24** Zum Einsatz kommen diese Systeme vorrangig bei undurchlässigen oder inhomogenen Bodenverhältnissen.

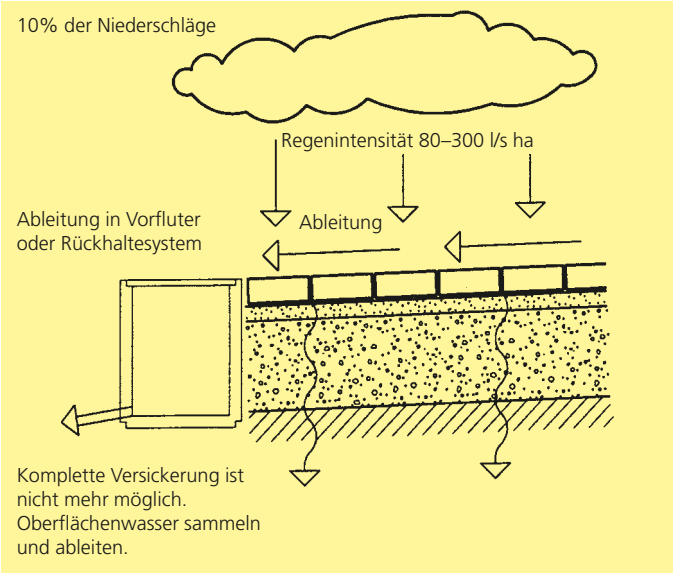
Vegetation/Unterhalt

Bei einer einfach aufgebauten Versickerungsmulde erfolgt die Versickerung durch den anstehenden Boden.
Es ist anzustreben, Versickerungsanlagen mit Rasen zu begrünen, da die Struktur des Bodens und damit das für die Wasserleitfähigkeit erforderliche Porenvolumen langfristig am besten über eine geschlossene Vegetationsdecke zu erhalten ist. Darüberhinaus ist die Filterwirkung gegenüber Schadstoffen bei einer Rasenfläche am grössten. Allerdings stehen dem höheren Pflegekosten gegenüber. Es ist aber auch möglich, die Anlage mit Gehölzen zu bepflanzen oder als unbepflanzten Kiesstreifen anzulegen. Wenn die Kosten es erlauben, ist aufgrund der frühzeitigen Funktionsfähigkeit anzustreben, Fertigrasen zur Begrünung von Mulden einzusetzen. Dies gilt aber in jedem Fall für die besonders beanspruchten Einlaufbereiche. Das heisst, bei flächiger Beschickung der Versickerungsanlagen ist zu empfehlen, zumindestens eine Bahn Fertigrasen längs der Strasse zu verlegen. Bei der Pflanzung von Gehölzen ist auf die standortgerechte Auswahl der Bäume, Sträucher und Bodendecker zu achten.

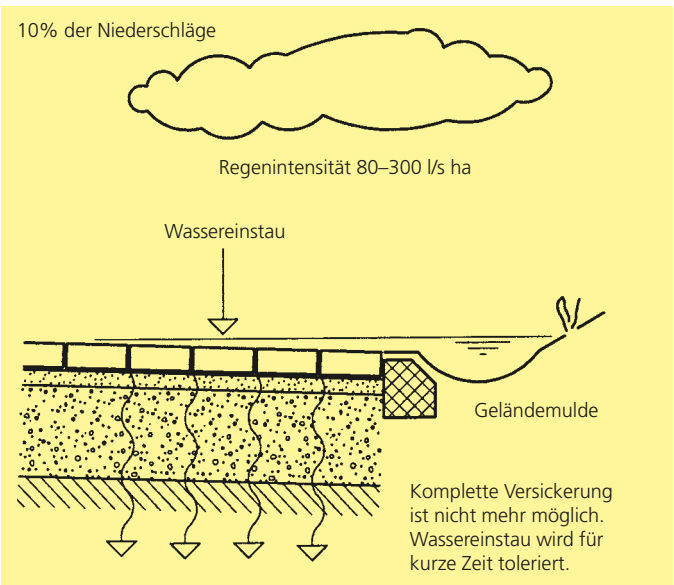
Versickerungsanlagen müssen gewartet und kontrolliert werden.



Darstellung **25**



Darstellung **26**



Darstellung **27**

Bemessungsgrundlagen für wasserdurchlässige Pflastersysteme

Einsatzbereich

Der Einsatzbereich von wasserdurchlässigem Pflaster muss in erster Linie an der Funktion und damit an der zu erwartenden Verkehrsbelastung gemessen werden.
Für Wohnstrassen, Parkflächen, Rad- und Gehwege kann der Einsatz von wasserdurchlässigem Pflaster empfohlen werden.
Die wichtigsten Voraussetzungen sind:

- Das Niederschlags- bzw. Abflusswasser darf nicht schädlich verunreinigt sein.
- Die Versickerung darf nur ausserhalb von Gewässerschutzzonen stattfinden.
- Der Untergrund und der Aufbau der Pflasterdecke müssen eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit aufweisen, verbunden mit der notwendigen Tragfestigkeit.
- Der minimale Flurabstand von 1 m ist einzuhalten.

Bemessung

Für die Wahl eines wasserdurchlässigen Pflastersystems spielen einerseits gestalterische Gründe, andererseits die zu erwartenden Niederschlagsmengen eine Rolle.
Je nach System können grössere oder kleinere Niederschlagsmengen in kürzerer oder längerer Versickerungszeit bewältigt werden.
Auch ist zu klären, ob ein Einstauen bei starkem Gewitterregen für kurze Zeit möglich ist, oder ob die Oberflächenentwässerung in jedem Fall gewährleistet sein muss.
Muss die Oberflächenentwässerung immer gewährleistet sein, ist für die Berechnung die tatsächliche Niederschlagsmenge massgebend. Die Niederschlagsmenge ist aber von den geographischen Gegebenheiten abhängig und wird auch als Regenintensität in mm/Std. oder l/s ha bezeichnet (siehe S. 31).
Als Vergleich wird in der Abwassertechnik (Meteorwasser) die Intensität mit 0.03 l/s m² = 300 l/s ha (108 mm/Std.) während 15 Minuten als Berechnunsgrundlage angenommen.
Diese Menge entspricht einem sehr starken Gewitterregen, der in der Regel jedoch nur von kurzer Dauer ist. Langanhaltender Regen (Landregen) ergibt nur geringere Intensitäten.
Darstellung **25**

Über 90 % aller Regen-Ereignisse liegen unter 80 l/s ha

Kleine Intensitäten können je nach Steintyp bereits von normalen Pflasterbelägen durch die Fugen und das Verdunsten zurückgehalten werden. Das Mass der Versickerungsmenge bei wasserdurchlässigen Pflasterbelägen ist abhängig vom Fugenanteil (%), dem Durchlässigkeitswert des Fugenmaterials (Rasen und/oder Splitt) und dem Durchlässigkeitswert des Pflastersteins.
Gewitterregen von 200–300 l/s ha können von wasserdurchlässigen Pflastersystemen nur noch bedingt zurückgehalten werden und ein Teil des Wasser fliesst oberflächig ab.
Hier muss über die Schulter in die seitliche Versickerungsanlage entwässert werden, oder ein Einstauen wird für kurze Zeit toleriert.
Darstellungen **26** und **27**

Parkfläche mit SPLITT Ökostein

Untergrund

Der Untergrund muss einerseits möglichst wasserdurchlässig sein und sollte deswegen nicht mehr als unbedingt notwendig verdichtet werden. Er muss andererseits dauerhaft standfest sein und insofern hinreichend verdichtet werden, damit die Fundationsschicht auf dem Planum eingebaut und anforderungsgerecht verdichtet werden kann.
Der Untergrund muss eine Mindestdurchlässigkeit von $k \geq 5 \cdot 10^{-6}$ m/s (besser $k \geq 1 \cdot 10^{-5}$ m/s) aufweisen.

Mindestdurchlässigkeit $k \geq 1 \cdot 10^{-5}$ m/s
$k = 1 \cdot 10^{-5}$ m/s ≡ 100 l/s ha

Erforderlichenfalls ist der Untergrund zu verbessern. Durch die Verbesserung bindiger Böden mit grobkörnigen, nichtbindigen Materialien wird in der Regel sowohl die Standfestigkeit als auch die Wasserdurchlässigkeit erhöht. Die Wasserdurchlässigkeiten des Untergrundes sind jeweils an Ort und Stelle im verdichteten Zustand zu überprüfen.
Die Fundationsschicht muss gegenüber dem Untergrund filterstabil sein, so dass kein Boden in die Fundationsschicht eindringt und die Entwässerung dauerhaft erhalten bleibt.
Der Nachweis der Filterstabilität von versickerungsfähigen Fundationsschichtmaterialien erfolgt durch den verantwortlichen Planer/Ingenieur gemäss VSS-Norm.

Parkfläche mit SIX SILENTA Ökostein (Splittfugen)

In der Schweiz sind folgende Regenintensitäten bei Starkregen von kurzer Dauer (bis 1 h) zu erwarten: (SN 640 350, SN 640 743)

Regionen gemäss SN 640 350

Mittelland, Jura, Tessin Nord	40 mm/h = 110 l/s ha
Voralpen	45 mm/h = 125 l/s ha
Alpen, Wallis, Engadin	25 mm/h = 70 l/s ha
Tessin Süd	65 mm/h = 180 l/s ha

Parkfläche mit CLASSIC® Rasenfuge

M_E-Werte der Planie der Fundationsschicht

Gemäss VSS-Norm SN 640 585 b

T1 **Sehr leichter Verkehr**
$M_{E1} \geq 80$ MN/m² = 800 kg/cm²

T2 **Leichter bis mittlerer Verkehr**
$M_{E1} \geq 100$ MN/m² = 1000 kg/cm²

f_E Verhältniszahl der M_E-Werte

Gemäss VSS-Norm SN 640 585b

Die Verhältniszahl f_E der M_E-Werte der Wieder- und Erstbelastung des Plattendruckversuchs dient zur zusätzlichen Beurteilung des Verdichtungszustands.

$f_E = M_{E2} / M_{E1}$
T1 $f_E \leq 3.0$
T2 $f_E \leq 2.5$

Frostgefährlichkeit (G1–G4)

Gemäss VSS-Norm SN 670 140b

G1	**leicht frostgefährlich**		
	Kiese	Feinanteil (< 0.02 mm)	3–10%
G2	**leicht bis mittel frostgefährlich**		
	Kiese	Feinanteil (< 0.02 mm)	10–20%
	Sande	Feinanteil (< 0.02 mm)	3–15%
G3	**mittel frostgefährlich**		
	Kiese	Feinanteil (< 0.02 mm)	> 20
	Sande	Feinanteil (< 0.02 mm)	> 15%
	Tone		—
G4	**stark frostgefährlich**		
	Silte sehr feine siltige Sande tonige Silte		> 15%

Vereinfachend gilt:
Je grösser die kapillare Steighöhe und die Durchlässigkeit, desto grösser sind die Hebungen.
Je grösser der Feinanteil und je kleiner der Plastizitätsindex, desto grösser ist der Tragfähigkeitsverlust.

Dimensionierung der Fundationsschicht

Dimensionierung der Fundationsschicht bei wasserdurchlässigem und frostbeständigem Untergrund

Der vorhandene Untergrund ist ausreichend wasserdurchlässig (siehe Kapitel «Versickerungsfähigkeit des Bodens» S 23), frostbeständig und die Sickerstrecke bis zum höchstmöglichen Grundwasserspiegel (Flurabstand) beträgt mind. 1.0 m. Solche Böden erfordern keine speziellen Massnahmen.

Anforderungen der Fundationsschicht

Den konstruktiven Besonderheiten der Bauweisen mit wasserdurchlässigen Pflastersystemen muss Rechnung getragen werden. Die Fundationsschicht muss ebenso wie die Pflasterdecke, Pflasterbettung und Untergrund wasserdurchlässig sein.

– Kiessand I oder gleichwertiges Material

Feinanteil ≤ 0.02 mm ≤ 3%
Feinanteil ≤ 0.063 mm ≤ 5%
Feinanteil ≤ 2.0 mm ≤ 20%

– Durchlässigkeitswert $k > 2 \cdot 10^{-5}$ m/s 200 l/s ha

– Flurabstand > 1.0 m

Das Vorgehen der Dimensionierung der Fundationsschicht ist im Kapitel Verbund- und Pflastersteine «Dimensionierung der Fundationsschicht» (S. 14) beschrieben.
Als Grundlage für die Dimensionierung gilt die VSS-Norm SN 640 480 a.

Richtwerte der Fundationsschicht für wasserdurchlässige Pflastersysteme

(Frostgefährlichkeitsdimensionierung)

Für die Dimensionierung der Fundationsschicht für wasserdurchlässige Pflastersysteme ist wegen der dauerhaften Bodendurchfeuchtung und somit möglichem Tragfähigkeitsverlust, grundsätzlich die Frostgefährlichkeit massgebend. Die Angaben zur Frostgefährlichkeit finden Sie in der nebenstehenden Tabelle, die «Richtwerte der Fundationsschicht für wasserdurchlässige Pflästerungen» in der Tabelle auf Seite 34.

Innenhof mit Sickerstein

Pausenplatz mit Rasenfugenstein

Dimensionierung der Fundationsschicht bei nur bedingt wasserdurchlässigem und frostsicherem Untergrund

Der vorhandene Untergrund ist nur bedingt oder nicht wasserdurchlässig. In diesem Fall ist zunächst anhand des Abschnitts «Versickerungsfähigkeit des Bodens» (S. 23) zu klären, ob eine Versickerung im Untergrund oder in den Seitenräumen auf Dauer möglich ist. Wenn derartige Untergrundverhältnisse vorhanden sind, ist bei wasserdurchlässigem Oberbau grundsätzlich mit einer auf Dauer relativ geringeren Tragfähigkeit des Untergrundes und mit bodenbedingten Setzungen zu rechnen.
Trotzdem kann eine ausreichende Tragfähigkeit erzielt und während der Gebrauchsdauer erhalten werden, wenn die nachfolgend erläuterten Grundsätze sorgfältig beachtet und abgewogen werden.

– Der wasserempfindliche Untergrund muss während der Bauphase entwässert und soweit stabilisiert werden, damit die darauf einzubauenden Fundationsschicht anforderungsgerecht eingebaut und verdichtet werden kann.
– Mehrdicken sind stets erforderlich wegen ungünstiger Wasserverhältnisse und Frostgefahr.

Gebundene Fundationsschichten

Fundationsschichten mit hydraulischen oder bituminösen Bindemitteln müssen prinzipiell die gestellten Anforderungen erfüllen. Darüber hinaus müssen sie im Zusammenhang mit wasserdurchlässigen Pflasterdecken selbst wasserdurchlässig sein.
Die Herstellungsverfahren und Rezepturen werden in dieser Broschüre nicht näher beschrieben.

Filterschichten

Hinsichtlich Wasserdurchlässigkeit und Standfestigkeit müssen die Filterschichten dieselben Anforderungen wie die Fundationsschichten ohne Bindemittel erfüllen. Ihre Kornzusammensetzung muss demgegenüber so modifiziert werden, dass die obgenannten Filterbedingungen eingehalten werden. Siehe «Untergrund» (S. 31)
Sie hängt dementsprechend von den Kornzusammensetzungen der darüber- und der darunterliegenden Schichten (Untergrund) ab und ist jeweils individuell zu ermitteln.
Die Dicke der Filterschichten sollte minimal 10 cm und maximal 20 cm betragen. Sie darf auf die Dicke des frostsicheren Strassenaufbaus angerechnet werden. Die Filterwirkung kann gegebenenfalls auch mit Geotextilien unterstützt oder vollständig bewerkstelligt werden. Die Wirksamkeit der Geotextilien ist durch Versuche zu prüfen.

Richtwerte der Oberbaudimensionierung für wasserdurchlässige Pflastersysteme
Verkehrslastklassen ZP - T2

Tragfähigkeitsklassen der Böden: S M_E = 15MN/m² = 150kg/cm²	Systemaufbau	Verkehrslastklassen ZP TF: Gehbereiche nicht befahren Steinstärke > 4.5 cm		T1 TF: <30 sehr leichter Verkehr			T2 TF: >30-100 leichter Verkehr	
		cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
				(1)			(2)	
Bodenklasse S1	Pflastersteine	**6**	**8**	~~6~~	**8**	**10**	**8**	**10**
gering Tragfähigkeit	Bettungsschicht	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5
M_E-Werte: 6-15 MN/m²	Fundationsschicht d_2	40	35	65	60	60	75	75
CBR-Werte 3-6 %	(Kiessand I)							
M_E/ CBR auf Planum								
fein- bis mittelkörnige Böden:	Untergrund							
Sande, Silte, Tone								
				(1)			(2)	
Bodenklasse S2	Pflastersteine	**6**	**8**	~~6~~	**8**	**10**	**8**	**10**
mittlere Tragfähigkeit	Bettungsschicht	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5
M_E-Werte: 15-30 MN/m²	Fundationsschicht d_2	30	25	45	40	40	60	55
CBR-Werte 6-12 %	(Kiessand I)							
M_E/ CBR auf Planum								
mittelkörnige Böden:	Untergrund							
Sande bis Korn-								
grösse 2 mm								
				(1)			(2)	
Bodenklasse S3	Pflastersteine	**6**	**8**	~~6~~	**8**	**10**	**8**	**10**
hohe Tragfähigkeit	Bettungsschicht	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5
M_E-Werte: 30-60 MN/m²	Fundationsschicht d_2	20	15	35	30	30	40	35
CBR-Werte 12-25 %	(Kiessand I)							
M_E/ CBR auf Planum								
mittel- bis grobkörnige	Untergrund							
Böden: Sande, Kiese								
				(1)			(2)	
Bodenklasse S4	Pflastersteine	**6**	**8**	~~6~~	**8**	**10**	**8**	**10**
sehr hohe Tragfähigkeit	Bettungsschicht	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5
M_E-Werte: >60 MN/m²	Fundationsschicht d_2	15	10	30	25	20	30	25
CBR-Werte >25 %	(Kiessand I)							
M_E/ CBR auf Planum								
grobkörnige Böden: Kiese	Untergrund							
Korngrösse 2-60 mm								

~~6~~ (1) ohne oder mit Verbundwirkung nur bedingt geeignet
(2) ohne verbundwirkung nur bedingt geeignet

Frostdimensionierung siehe Seite 32 Frostgefährlichkeit (G1–G4)

Tragfähigkeitsklassen der Böden S1–S4 siehe Seite 4 «Untergrund/Baugrund»

Verkehrslastklassen ZP–T2 siehe Seite 6, «Einsatzbereich»

TF täglich äquivalente Verkehrslast (siehe Seite 14, VSS SN 640 320a)

CBR-Werte: Anstelle von M_E-Messungen kann ein CBR-Versuch angeordnet werden.
(CBR = **C**alifornia **B**earing **R**atio bzw. Tragfähigkeitskoeffizient)

Anwendungsbeispiel siehe Seite 16.

Bettungsschicht der Pflastersteine

Die Bettungsschicht ist in der Regel aus einem ungebundenen Mineralstoffgemisch.
Die Bettungsschicht ist vor dem Verlegen der Pflastersteine aufzubringen und profilgerecht abzuziehen. Die Dicke der Bettungsschicht soll mindestens 3 cm und höchstens 5 cm betragen. Die Mindestdicke ist für eine einwandfreie Einbettung der Pflastersteine erforderlich, die Einhaltung der Maximaldicke ist aus Gründen der Spurrinnen-Vermeidung erforderlich.
Zur Erzielung einer ausreichenden Wasserdurchlässigkeit sind sand- und fillerarme Mineralstoffgemische notwendig. Geeignete Körnungen sind Splitt 2/4 oder 4/8 mm. Die abschlämmbaren Feinanteile $>$ 0.063 mm dürfen im eingebauten Zustand höchstens 3% (Gewichtsprozente) betragen.
Die Unebenheiten der Planie der Fundationsschicht dürfen innerhalb einer 4 m langen Messlatte nicht mehr als 2 cm betragen.

Bettungsschicht 3 cm bis max. 5 cm

Bettungsmaterial Splitt 2/4, 2/8 oder 4/8 mm

Fugenausbildung

Für einen wasserdurchlässigen Belag kommen nur ungebundene Fugen zur Ausführung. Hydraulisch gebundene Bauweisen können als kaum durchlässig angesehen werden. Pflasterbett und Fuge sind möglichst aus einem einheitlichen Material auszubilden. Das Fugenmaterial muss dauerhaft strukturstabil und hohlraumreich sein. Es bieten sich vor allem **Splitte der Körnung 1/2 mm oder 2/4 mm** an, aber auch gewaschene Natursande mit beschränktem Feinkornanteil sind einsetzbar. Die abschlämmbaren Feinanteile $>$ 0,063 mm dürfen im eingebauten Zustand höchstens 3% (Gewichtsprozente) betragen. Die mittlere Wasserdurchlässigkeit der Pflasterfugen muss $k \geq 5 \cdot 10^{-5}$ m/s sein.

Wasserdurchlässigkeit $k \geq 5 \cdot 10^{-5}$ m/s = 500 l/s ha

Kann die Filterstabilität gegenüber der angrenzenden Schicht nicht gewährleistet werden, so kann unter dem Pflasterbett ein Geotextil eingebracht werden.
Bei **Rasenfugen oder Kammern** ist der Sand/Splitt-Anteil ausreichend zu bemessen und der Humusanteil zu begrenzen.
Bei **Sickersteinen,** die durch den Stein selber die Versickerung zulassen, müssen die Fugen auch mit geeignetem Fugenmaterial verfüllt werden. Am besten eignet sich Feinsplitt 1/2, 2/4 oder gewaschene Sande 0/4 mm mit wenig Feinanteil ($<$1mm).
Das Fugenmaterial ist nötig um ein Verdrehen der Steine bei Schubbelastung zu verhindern.

Pflasterbelag

Die Art des Pflasterbelages bestimmt die Versickerungsleistung. Pflastersysteme mit aufgeweiteten Fugen erhöhen die Aufnahmekapazität für Niederschläge. Wo es die zu erwartende Verkehrsbelastung erlaubt, ist der Einsatz von Kammersystemen oder Sickersteinen möglich.
Die Durchlässigkeit des Pflastersystems muss gewährleistet werden, da sich sonst der Abflussbeiwert der Fläche verändert bzw. die Aufnahmekapazität sich verringert und eventuell seitlich angeordnete Versickerungsanlagen für Starkniederschläge anders bemessen werden müssen. Darüberhinaus muss die Fugenausbildung den genannten Anforderungen an die Wasserdurchlässigkeit entsprechen. Der **Anteil der Fugen** ist sehr entscheidend über das Mass der Durchlässigkeit.
Eine Vielfalt von Steinen mit unterschiedlichen Sickersystemen sind vorhanden und ermöglichen eine optimal abgestimmte Auswahl.
Kommen herkömmliche Pflastermaterialien zur Anwendung, so ist bei der Auswahl zu beachten, dass der Abflussbeiwert der Fläche von der Rauhigkeit des Belages abhängig ist und darüberhinaus auch die Verdunstung mit der Rauhigkeit steigt.

Veränderung der Wasserdurchlässigkeit

Untersuchungen an vorhandenen Pflasterflächen im Strassenraum zeigen, inwieweit sich eine benutzungsbedingte Veränderung des Fugenmaterials auf die Versickerungsfähigkeit der Pflasterfugen auswirkt.
Durch den Eintrag von organischen und mineralischen Feinteilen nimmt die Wasserleitfähigkeit ab. Quantitative Messungen geben reale Hinweise zur Einschätzung der jeweiligen Pflasterbeläge für eine Versickerung im Strassenraum. Diese müssen auch bei der Verwendung von wasserdurchlässigen Pflasterbelägen berücksichtigt werden. Das heisst, dass erst die realen Durchlässigkeitswerte nach mehrjähriger Nutzung bei der Bemessung des Speichervolumens anzusetzen sind.
Wichtig ist die Feststellung, dass die Wasserdurchlässigkeit zwar abnimmt, aber nicht zum Erliegen kommt. Sie erreicht in der Regel nicht mehr die ursprüngliche Aufnahmekapazität, liegt aber immer noch im Bereich der versickerungsfähigen Böden und stellt somit einen unterstützenden Beitrag zur Entlastung, vor allem im Bereich von Niederschlägen mit geringerer Intensität dar.
Eine Versickerung wird also nicht allein durch die Fugenausbildung bewirkt, sondern auch durch konstruktive Veränderungen, wie zum Beispiel die Verringerung der Quergefälle bei minderbelasteten Fuss- und Radwegen sowie Wohnstrassen. Hierdurch kann durch das Stehenbleiben des Niederschlagswassers auf der Fläche, insbesondere nach längeren Trockenperioden, die Wasserleitfähigkeit erhöht und der Eindringwiderstand für das Sickerwasser vermindert werden. Der Eintrag von Feinteilen in die Fundationsschicht ist geringer. Bei gegebener Gerüststabilität wird die Wasserleitfähigkeit für Sickerwasser erhalten.

Parkfläche mit Rasengitterstein

Einsatzbereich für Ökobeläge im Fahrbereich

	Steinstärke
Aufgeweitete Fugen (Splitt- und Rasenfugen)	
T1 sehr leichter Verkehr	> 6 cm
T2 leichter Verkehr	> 8 cm
Eingelassene Kammern (Rasengittersteine)	
T1 sehr leichter Verkehr	> 8 cm
T2 leichter Verkehr	> 12 cm
Sickersteine	
T1 sehr leichter Verkehr	> 6 cm
T2 leichter Verkehr	> 8 cm

T1/T2 siehe Seite 6

Wartung

Aufgrund des Alterungsprozesses verlieren wasserdurchlässige Pflasterflächen partiell ihre Funktionsfähigkeit, nämlich die Versickerung des anfallenden Niederschlagswassers. Der Eintrag von Feinstoffen (Schmutz, Abrieb etc.) in Fugen bzw. Poren des Pflastersteins kann kaum verhindert werden. Die Möglichkeit des Reinigens durch Hochdruckreinigung ist nur eine zeitweise Lösung, da nur ein Teil der verstopfenden Partikel entfernt werden kann und die restlichen Feinstoffe weiter in die Hohlräume eindringt. So wird es nach mehrmaligen Reinigungsgängen zwangsläufig zu einer immer weiter fortschreitenden Abnahme der Durchlässigkeit kommen. Saugende Reinigungsmaschinen erscheinen ebensowenig geeignet, da eine Beeinträchtigung der Verkehrssicherheit durch das Aufsaugen von Fugenmaterial nicht auszuschliessen ist.
Geeignete Reinigungsgeräte können bei der CREABETON BAUSTOFF AG gemietet werden.

Bewilligungspraxis

Das Erstellen und Betreiben von Versickerungsanlagen ist bewilligungspflichtig. Zuständig für die Erteilung von Bewilligungen sowie Ausnahmegenehmigungen ist das kantonale Gewässerschutzamt.
Keine Bewilligungspflicht besteht für Versickerungsanlagen, wenn:

- keine Bauwerke erstellt werden (z.B. Dachspeier)
- die Deckschicht des Untergrundes nicht verletzt wird (z.B. bei oberflächlich versickern lassen bei Flur- und Waldwegen und PW-Parkplätzen im Gewässerschutzbereich B).

Siehe auch Tabelle «Zulässigkeit einer Versickerung» (S. 22)

Checkliste für Ökobeläge

Gewässerschutzzone

↓

nein

↓

Flurabstand > 1 m

↓

ja

↓

Umgang und Lagerung wassergefährdender Stoffe?

↓

nein

↓

Einsatzbereich

↓

erlaubt

↓

Durchlässigkeit des Baugrundes
$k = 5 \cdot 10^{-6}$ m/s bis $3 \cdot 10^{-2}$ m/s

↓

ja

↓

Seitliche Vegetationsflächen vorhanden?

↓

ja/nein

↓

Versickerung durch wasserdurchlässige Pflastersysteme bis zu welcher Versickerungsmenge (l/s ha)

- Versickerung durch wasserdurchlässige Pflastersysteme
- Versickerung durch wasserdurchlässige Pflastersysteme plus Kanalisationsanschluss
- Versickerung durch wasserdurchlässige Pflastersysteme plus seitliche Versickerungsanlage

↓

Bewilligungspflichtig

↓

ja

↓

Baubewilligungsgesuch

↓

Bestimmung des Pflastersystems

- aufgeweitete Fugen
- Sickersteine
- Rasengittersteine

↓

Baugrund / Planum

- $M_E \geq 15$ MN/m² (gemäss VSS, im Strassenbau)
- $k \geq 5 \cdot 10^{-6}$ m/s (besser $k > 1 \cdot 10^{-5}$ m/s)

↓

Fundationsschicht

- $M_E \geq 80$ MN/m² (gemäss VSS, im Strassenbau)
- $k \geq 2 \cdot 10^{-5}$ m/s (besser $k > 1 \cdot 10^{-4}$ m/s)

↓

Pflasterdecke / Pflasterbett

- Gefälle < 1 % (für Rad- und Gehwege)
- Gefälle < 1–2.5 % (gemäss VSS)
- $k > 2 \cdot 10^{-5}$ m/s
- Splitt 2–4, 4–8

Umrechnungen

$k = 5 \cdot 10^{-6}$ m/s ≡ 50 l/s ha = 18 mm/Std.

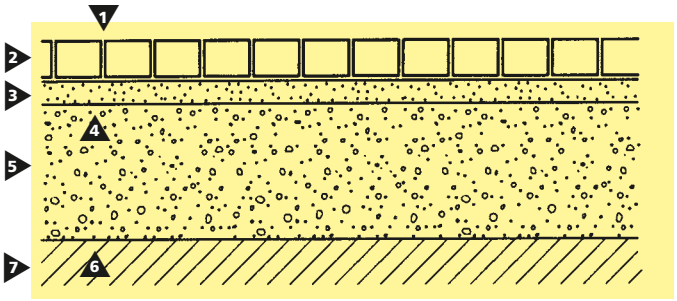
$k = 8 \cdot 10^{-6}$ m/s ≡ 80 l/s ha = 28.8 mm/Std.

$k = 2 \cdot 10^{-5}$ m/s ≡ 200 l/s ha = 72 mm/Std.

$k = 3 \cdot 10^{-5}$ m/s ≡ 300 l/s ha = 108 mm/Std.

$M_E = 80$ MN/m² ≡ 800 kg/cm²

Zufahrt mit SPLITT Ökostein



Aufbau einer wasserdurchlässigen Pflasterdecke

1 Fugenanteil und Fugenmaterial variabel

2 wasserdurchlässige Pflasterdecke

3 Bettungsschicht 3 bis max. 5 cm Splitt 2/4 oder 4/8 mm
$k > 2 \cdot 10^{-5}$ m/s

4 Planie der Fundationsschicht $M_E \geq 80$ MN/m² (im Strassenbau)

5 Fundationsschicht gemäss VSS-Richtlinien $k > 2 \cdot 10^{-5}$ m/s

6 Planum $M_E \geq 15$ MN/m² (im Strassenbau)

7 Untergrund $k \geq -5 \cdot 10^{-6}$ m/s (besser $k > 1 \cdot 10^{-5}$ m/s)

Darstellung **28**

Wasserdurchlässige Pflastersysteme

Die Versickerungsfähigkeit von wasserdurchlässigen Pflastersystemen ist einerseits vom Pflastersystem und andererseits vom Untergrund abhängig. Die schlechtere Versickerungsfähigkeit des Pflastersystems oder Untergrunds bestimmt die effektive Versickerungsfähigkeit.

Die Versickerungsfähigkeit eines Pflastersystems ist abhängig vom Fugenanteil des Systems. Das ist die prozentuale Versickerungsfläche gegenüber der Betonfläche, der Durchlässigkeitswert des Fugenmaterials (Rasen- oder/und Splittfuge), der Durchlässigkeitswert der Bettungsschicht und der Durchlässigkeitswert der Sickersteine. Darstellung **28**

Natürlich darf die Fundationsschicht die Durchlässigkeit des Pflastersystems nicht behindern.

Richtwerte für die Durchlässigkeit des Untergrundes sind im Abschnitt «Versickerungsfähigkeit des Bodens» (S. 23) ersichtlich. Aus den Versickerungstabellen «Rasenfugen», «Splittfugen», «Rasengittersteine» und «Sickersteine» können Richtwerte für die Bemessung von wasserdurchlässigen Pflastersystemen entnommen werden (S. 39–42).

Die genaue Versickerungsleistung ist von den effektiven Durchlässigkeitswerten abhängig.

Der Grad der Verschmutzung (Eintrag von organischen und mineralischen Feinteilen) verändert die Durchlässigkeit und somit die Versickerungsleistung. Die als Berechnungsgrundlagen angenommenen Durchlässigkeitswerte sind Mittelwerte und jeweils auf das entsprechende Sickersystem abgestimmt.

Die Durchlässigkeit des Bodens wird mit $k = 2 \cdot 10^{-5}$ m/s angenommen. Dieser Durchlässigkeitswert entspricht einer Niederschlags-Intensität von 200 l/s ha oder 72 mm/Std ohne Rückstau.

Als Übersicht der verschiedenen wasserdurchlässigen Pflastersysteme und deren Versickerungsfähigkeit dient die Tabelle «Versickerungsvergleich von wasserdurchlässigen Pflastersystemen» (S. 43).

Ökostein mit Splittfuge

Aufgeweitete Fugen

Die Versickerung des Niederschlagwassers geschieht durch aufgeweitete Fugen. Der Fugenanteil des Betonpflasters wird vergrössert durch werkseitig angeformte Abstandnocken. Die Fuge kann entweder als Rasenfuge oder als Splittfuge mit Fugenanteil von 7–25% ausgebildet werden.

Splittfuge

Bei der Ausbildung als Splittfuge wird die Fuge mit wasserdurchlässigem Material wie Splitt, 2/4 oder 4/8 mm verfüllt. Damit wird eine hohe Versickerung gewährleistet.

Durchlässigkeitswert k der Fugen:	1.0E-04	m/s Splittfuge
Durchlässigkeitswert k der Steine:	0.0E+00	m/s
Durchlässigkeitswert k der Bettung:	1.0E-04	m/s
Durchlässigkeitswert k der Fundation:	5.0E-05	m/s
Durchlässigkeitswert k des Bodens:	2.0E-05	m/s = 200 l/s ha

Fugen	System	Versickerung			Niederschläge						
Fugenanteil	Durchlässigkeit in % gegenüber dem Boden	Versickerungs-menge pro m²	Versickerungs-menge pro ha	Versickerungs-geschwindigkeit	Regen-Intensität	Regen-Intensität	Regendauer	Regen-Menge	Stauhöhe	Versickerungszeit nach Regenende	Abflusskoeffizient
					108	**300**	**15**	l / m² oder			
%	%	l / min*m²	l/s*ha	cm/Std	mm/Std	l/s*ha	Min.	mm	mm	Min.	ca.
0.0	0%	0.00	0	0.0	108	300	15	27	27	keine Versickerung	1.00
1.0	5%	0.06	10	0.4	108	300	15	27	26	435.0	0.96
2.5	13%	0.15	25	0.9	108	300	15	27	25	165.0	0.89
5.0	25%	0.30	50	1.8	108	300	15	27	23	75.0	0.78
7.5	38%	0.45	75	2.7	108	300	15	27	20	45.0	0.66
10.0	50%	0.60	100	3.6	108	300	15	27	18	30.0	0.55
12.5	63%	0.75	125	4.5	108	300	15	27	16	21.0	0.44
15.0	75%	0.90	150	5.4	108	300	15	27	14	15.0	0.33
17.5	88%	1.05	175	6.3	108	300	15	27	11	10.7	0.21
20.0	100%	1.20	200	7.2	108	300	15	27	9	7.5	0.10
22.5	besser als Boden	1.20	200	7.2	108	300	15	27	9	7.5	0.10
25.0	besser als Boden	1.20	200	7.2	108	300	15	27	9	7.5	0.10
27.5	besser als Boden	1.20	200	7.2	108	300	15	27	9	7.5	0.10
30.0	besser als Boden	1.20	200	7.2	108	300	15	27	9	7.5	0.10
35.0	besser als Boden	1.20	200	7.2	108	300	15	27	9	7.5	0.10
40.0	besser als Boden	1.20	200	7.2	108	300	15	27	9	7.5	0.10
45.0	besser als Boden	1.20	200	7.2	108	300	15	27	9	7.5	0.10

Versickerungstabelle für Splittfugen

Versickerungsleistung im Neuzustand ca. 2,5–4,0-fach grösser

Siehe Anwendungsbeispiel Seite 43

Ökostein mit Rasenfuge

Rasenfuge

Bei der Begrünung der Fuge durch Einsaat von Rasen wird die Versickerungsfähigkeit auf Dauer allerdings durch den Humusanteil und die Bewurzelung wieder eingeschränkt, andererseits reinigt das Wurzelwerk das Wasser auf biologische Art.
Zu beachten ist, dass Pflasterdecken mit Rasenfugen nur mit geringeren Lasten zu befahren sind.

Durchlässigkeitswert k der Fugen:	5.0E-05	m/s Rasenfuge
Durchlässigkeitswert k der Steine:	0.0E+00	m/s
Durchlässigkeitswert k der Bettung:	1.0E-04	m/s
Durchlässigkeitswert k der Fundation:	5.0E-05	m/s
Durchlässigkeitswert k des Bodens:	2.0E-05	m/s = 200 l/s ha

Fugen	System	Versickerung			Niederschläge						
Fugenanteil	Durchlässigkeit in % gegenüber dem Boden	Versickerungsmenge pro m²	Versickerungsmenge pro ha	Versickerungsgeschwindigkeit	Regen-Intensität	Regen-Intensität	Regendauer	Regen-Menge	Stauhöhe	Versickerungszeit nach Regenende	Abflusskoeffizient
					108	300	15	l / m² oder			
%	%	l / min*m²	l/s*ha	cm/Std	mm/Std	l/s*ha	Min.	mm	mm	Min.	ca.
0.0	0%	0.00	0	0.0	108	300	15	27	27	keine Versickerung	1.00
1.0	3%	0.03	5	0.2	108	300	15	27	27	885.0	0.98
2.5	6%	0.08	13	0.5	108	300	15	27	26	345.0	0.94
5.0	13%	0.15	25	0.9	108	300	15	27	25	165.0	0.89
7.5	19%	0.23	38	1.4	108	300	15	27	24	105.0	0.83
10.0	25%	0.30	50	1.8	108	300	15	27	23	75.0	0.78
12.5	31%	0.38	63	2.3	108	300	15	27	21	57.0	0.72
15.0	38%	0.45	75	2.7	108	300	15	27	20	45.0	0.66
17.5	44%	0.53	88	3.2	108	300	15	27	19	36.4	0.61
20.0	50%	0.60	100	3.6	108	300	15	27	18	30.0	0.55
22.5	56%	0.68	113	4.1	108	300	15	27	17	25.0	0.49
25.0	63%	0.75	125	4.5	108	300	15	27	16	21.0	0.44
27.5	69%	0.83	138	5.0	108	300	15	27	15	17.7	0.38
30.0	75%	0.90	150	5.4	108	300	15	27	14	15.0	0.33
35.0	88%	1.05	175	6.3	108	300	15	27	11	10.7	0.21
40.0	100%	1.20	200	7.2	108	300	15	27	9	7.5	0.10
45.0	besser als Boden	1.20	200	7.2	108	300	15	27	9	7.5	0.10

Versickerungstabelle für Rasenfugen

Versickerungsleistung im Neuzustand ca. 2–4-fach grösser

Siehe Anwendungsbeispiel Seite 43

Rasengitterstein mit Versickerung durch eingelassene Kammern

Eingelassene Kammern (Rasengittersteine)

Die Versickerung des Niederschlagswassers geschieht durch die in den Stein eingelassenen Kammern (Hohlräume). Die Kammern werden in der Regel mit einem Humus/Sand/Splitt-Gemisch verfüllt und anschliessend mit Rasen angesät. Hauptaufgabengebiet dieser Steine ist es, begrünte Beläge für Parkplätze, Feuerwehrzufahrten oder ähnlichem herzustellen. Es ist aber auch hier durchaus möglich, die Kammern zur Erhöhung der Drainwirkung mit Splitt zu verfüllen.

Rasengittersteine: Fugenanteil 15–40%.

Empfehlung: Maximale Längsneigung ≦ 20% (SN 640 742)

Durchlässigkeitswert k der Fugen:	7.5E-05	m/s Rasengittersteine
Durchlässigkeitswert k der Steine:	0.0E+00	m/s
Durchlässigkeitswert k der Bettung:	1.0E-04	m/s
Durchlässigkeitswert k der Fundation:	5.0E-05	m/s
Durchlässigkeitswert k des Bodens:	2.0E-05	m/s = 200 l/s ha

Fugen	System	Versickerung			Niederschläge						
Fugenanteil	Durchlässigkeit in % gegenüber dem Boden	Versickerungs-menge pro m²	Versickerungs-menge pro ha	Versickerungs-geschwindigkeit	Regen-Intensität	Regen-Intensität	Regendauer	Regen-Menge	Stauhöhe	Versickerungszeit nach Regenende	Abflusskoeffizient
					108	300	15	l / m² oder			
%	%	l / min*m²	l/s*ha	cm/Std	mm/Std	l/s*ha	Min.	mm	mm	Min.	ca.
0.0	0%	0.00	0	0.0	108	300	15	27	27	keine Versickerung	1.00
1.0	4%	0.05	8	0.3	108	300	15	27	26	585.0	0.97
2.5	9%	0.11	19	0.7	108	300	15	27	25	225.0	0.92
5.0	19%	0.23	38	1.4	108	300	15	27	24	105.0	0.83
7.5	28%	0.34	56	2.0	108	300	15	27	22	65.0	0.75
10.0	38%	0.45	75	2.7	108	300	15	27	20	45.0	0.66
12.5	47%	0.56	94	3.4	108	300	15	27	19	33.0	0.58
15.0	56%	0.68	113	4.1	108	300	15	27	17	25.0	0.49
17.5	66%	0.79	131	4.7	108	300	15	27	15	19.3	0.41
20.0	75%	0.90	150	5.4	108	300	15	27	14	15.0	0.33
22.5	84%	1.01	169	6.1	108	300	15	27	12	11.7	0.24
25.0	94%	1.13	188	6.8	108	300	15	27	10	9.0	0.16
27.5	besser als Boden	1.20	200	7.2	108	300	15	27	9	7.5	0.10
30.0	besser als Boden	1.20	200	7.2	108	300	15	27	9	7.5	0.10
35.0	besser als Boden	1.20	200	7.2	108	300	15	27	9	7.5	0.10
40.0	besser als Boden	1.20	200	7.2	108	300	15	27	9	7.5	0.10
45.0	besser als Boden	1.20	200	7.2	108	300	15	27	9	7.5	0.10

Versickerungstabelle für Rasengittersteine

Versickerungsleistung im Neuzustand ca. 2–4-fach grösser

Siehe Anwendungsbeispiel Seite 43

Wasserdurchlässiger Pflasterstein (Sickerstein)

Wasserdurchlässige Pflastersteine (Sickersteine)

Bei Sickersteinen (Drainsteinen) aus haufwerksporigem Beton erfolgt die Versickerung des Regenwassers direkt durch den Stein. Durch die spezielle Ausbildung des Betons (Einkornstruktur des Zuschlagstoffes) wird ein hohes Porenvolumen im Stein und dadurch eine Wasser- und Luftdurchlässigkeit erreicht. Steine aus Sickerbeton sind frostbeständig, aber nicht frosttausalzbeständig. Beim Winterdienst darf ausschliesslich Splitt, keinesfalls Streusalz verwendet werden. Sickersteine sind für Rad- und Gehwege und im Privatbereich (PW Verkehr) geeignet. Das Einsplitten (Feinsplitt 1–2 mm) ist für befahrbare Sickersteine erforderlich. Erst mit verfüllten Fugen werden die Sickersteine stabil.

Durchlässigkeitswert k der Sickersteine	5.4E–05	m/s	= 540 l/s ha
Durchlässigkeitswert k der Bettung	1.0E–04	m/s	
Durchlässigkeitswert k der Fundation	5.0E–05	m/s	
Durchlässigkeitswert k des Bodens	2.0E–05	m/s	= 200 l/s ha

Fugen	System	Versickerung			Niederschläge						
Fugenanteil	Durchlässigkeit in % gegenüber dem Boden	Versickerungsmenge pro m²	Versickerungsmenge pro ha	Versickerungsgeschwindigkeit	Regen-Intensität	Regen-Intensität	Regendauer	Regen-Menge	Stauhöhe	Versickerungszeit nach Regenende	Abflusskoeffizient
								l / m² oder			
%	%	l / min*m²	l/s*ha	cm/Std	mm/Std	l/s*ha	Min.	mm	mm	Min.	ca.
0.0	besser als Boden	1.20	200	7.2	108	300	15	27	9	7.5	0.10

Versickerungstabelle für Sickersteine
Versickerungsleistung im Neuzustand ca. 3–5-fach grösser

Siehe Anwendungsbeispiel Seite 43

Anwendungsbeispiel von Versickerungstabellen

Durchlässigkeitswert k der Fugen:	1.0E–04	m/s	Splittfuge
Durchlässigkeitswert k der Steine:	0.0E+00	m/s	
Durchlässigkeitswert k der Bettung:	1.0E–04	m/s	
Durchlässigkeitswert k der Fundation:	5.0E–05	m/s	
Durchlässigkeitswert k des Bodens:	2.0E–05	m/s	= 200 l/s ha

Versickerungstabelle für Splittfugen

Fugen	System	Versickerung			Niederschläge						
Fugenanteil	Durchlässigkeit in% gegenüber dem Boden	Versickerungs-menge pro m²	Versickerungs-menge pro ha	Versickerungs-geschwindigkeit	Regen-Intensität	Regen-Intensität	Regendauer	Regen-Menge	Stauhöhe	Versickerungszeit nach Regenende	Abflusskoeffizient
					108	300	15	l/m² oder			
%	%	l/min*m²	l/s*ha	cm/Std	mm/Std	l/s *ha	Min.	mm	mm	Min.	ca
②10.0	③50%	④0.60	④100	⑤3.6	⑥108	⑥300	⑥15	27	⑦18	⑧30.0	⑨0.55

Ausgangslage
Vom Bauherr wurde ein Splittstein ausgewählt. Wieviel Regenwasser schluckt nun dieser Belag und was geschieht, wenn es mehr regnet als der Stein schlucken kann?

Berechnung anhand der Tabelle von Seite 39
In der Preisliste oder in den technischen Unterlagen werden die Fugenanteile in Prozenten der gesamten Steinfläche angegeben. **Beispiel = Fugenanteil 10%**

① Die zur Berechnung angenommenen Durchlässigkeitswerte gemäss VSS-Norm.

② Fugenanteil von 10% ersichtlich anhand des gewählten Produktes.

③ Das Pflastersystem hat gegenüber dem Boden eine Durchlässigkeit von 50%. Die Durchlässigkeit des Bodens ist $k = 2 \cdot 10^{-5}$ m/s welche durch einen Versickerungsversuch berechnet wurde (entspricht einer Niederschlagsmenge von 200 l/s ha oder 72 mm/Std. ohne Rückstau).

④ Die Versickerungsmenge des Pflastersystems beträgt 100l/s ha oder 0.60 l/min m²

⑤ Die Versickerungsgeschwindigkeit beträgt 3.6 cm/Std (= 36 mm/Std)

⑥ Die Regenintensität beträgt 300 l/s ha während der Dauer von 15 Minuten (Normwert in der Abwassertechnik) was einem sehr starken Gewitter entspricht.

⑦ Die Stauhöhe beträgt 18 mm, d.h. wenn kein Abfluss gewährleistet ist.

⑧ Die Versickerungszeit nach dem Regen für das gestaute Wasser beträgt 30 min. Bei der Planung beachten, dass überschüssiges Wasser keinen Schaden anrichten kann. Vorplatzgefälle vom Objekt weg in eine Geländemulde richten.

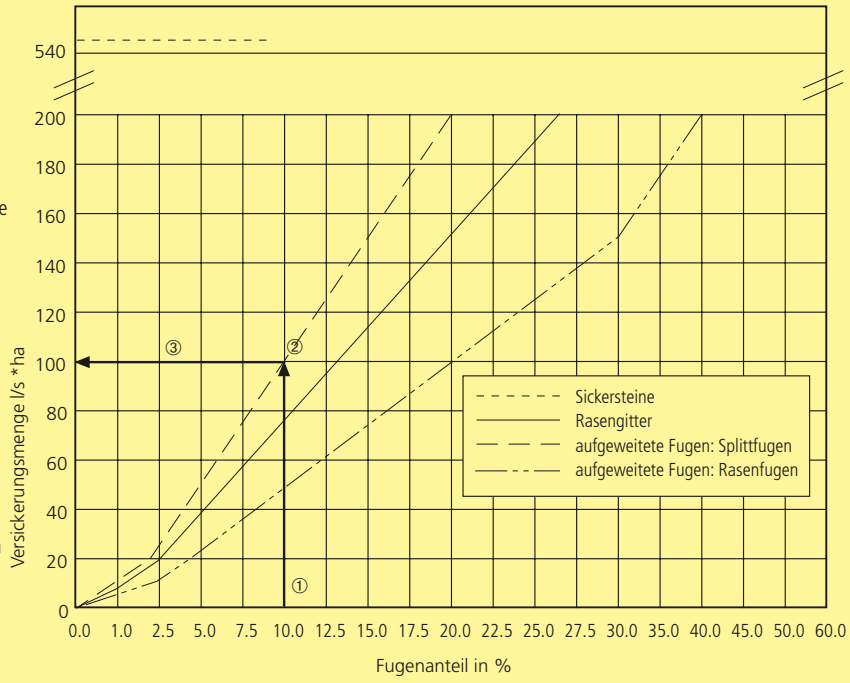
⑨ Der Abschlusskoeffizient beträgt 0.55. Dieser Beiwert wird bei der Sauberwasserberechnung in der Generellen Entwässerungsplanung (GEP) gebraucht und dient als Richtwert für die Einteilung der verschiedenen Ökobeläge. Je kleiner der Wert desto mehr Regenwasser kann versickern.

Versickerungsvergleich von wasserdurchlässigen Pflastersystemen

Anwendungsbeispiel
- Fugenanteil des ausgewählten Splittsteines anhand der Preisliste beträgt 10%
- Auf x-Achse beim betreffenden Fugenanteil ① eine Vertikale ziehen. Vom Schnittpunkt ② (des gewählten Systems) aus eine Horizontale ③ eintragen, damit die Versickerungsmenge ersichtlich wird.
  Beispiel: 100 l/s ha oder 0.6 l/min m²

Das bedeutet
→ Dass die zur Berechnung angenommene Regenintensität von 300 l/s ha (sehr starkes Gewitter) grösser ist als die Versickerungsmenge des Pflastersystems (100 l/s ha), und somit die Differenz von 200 l/s ha gesammelt oder abgeleitet werden muss.

→ Dass man sich entscheiden muss, ob man die Wassermenge von maximal 200 l/s ha in die Sauberwasserleitung ableiten will oder ob die Wassermenge auf der Pflästerungsfläche oder in einer Versickerungsmulde gesammelt werden soll.



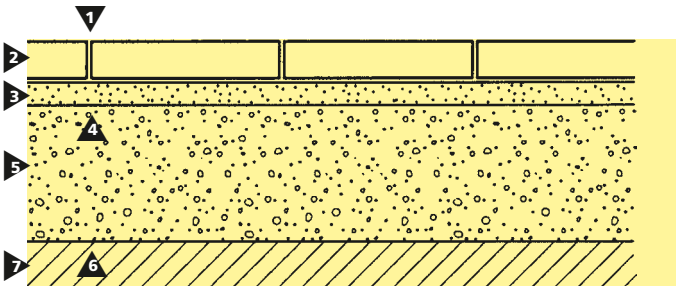
Sitzplatz mit vollkantigen Gehwegplatten

Einsatzbereich

Garten- oder Gehwegplatten (nachfolgend nur noch Platten genannt) werden auf modernsten Produktionsanlagen maschinell gefertigt.
Das Plattensortiment lässt durch die Vielfalt von Farben, Kies- und Splittarten, Oberflächenstrukturen und Formen keine Wünsche offen. Die Kombination der verschiedenen Materialien und Verlegevarianten lassen Plattenbeläge von faszinierender Schönheit entstehen.
Der Einsatz von Platten ist sehr vielfältig und eignet sich z.B. für:

- Gartenanlagen
- Sitzplätze
- Wintergärten
- Sportanlagen
- Spielplätze
- Flachdächer
- Eingangshallen
- Freizeitanlagen
- Terrassen/Balkone

Platten werden mit den Stärken ca. 2 bis 10 cm hergestellt.
Einsatzbereich für befahrbare Plattenbeläge nach Angabe der Hersteller.



Aufbau eines Plattenbelags Darstellung **29**

1 Fugen eingesandet
2 Plattenbelag
3 Bettungsschicht 3 bis max. 5 cm Splitt 2/4 mm
4 Planie der Fundationsschicht
5 Fundationsschicht ca. 5–20 cm (Kies-/Sandgemisch)
6 Planum
7 Untergrund (wasserdurchlässig)

Fundationsschicht

Für befahrbare Plattenbeläge gelten die gleichen Anforderungen wie für Pflasterbeläge (S. 14).
Für nicht befahrbare Plattenbeläge (Normalfall) reicht in der Regel ein verdichtetes Kies-Sand-Gemisch je nach Untergrund von ca. 5 bis 20 cm, sofern der Untergrund frostbeständig ist.
Der Unterbau muss wasserdurchlässig sein, damit kein Wasser unter dem Plattenbelag gestaut wird.

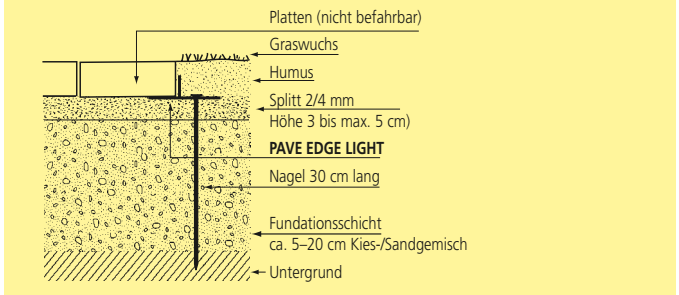
Bettungsschicht und Bettungsmaterial

Voraussetzung für einen dauerhaften, problemlosen Plattenbelag ist eine normengerechte Bettungsschicht.
Für die Bettungsschicht wird ein Splitt 2/4 mm verwendet. Für Plattenbeläge über Isolations- oder Schutzschichten kann auch ein Rundkies 4/8 mm als Bettungsmaterial verwendet werden.
Die Bettungsschicht ist vor dem Verlegen der Platten einzubringen und profilgerecht abzuziehen.

Die Dicke der Bettungsschicht soll mindestens 3 cm und höchstens 5 cm betragen.

- **Die Unebenheiten der Planie der Fundationsschicht dürfen innerhalb einer 4 m langen Messlatte nicht mehr als 2 cm betragen.**
- **Bettungsschicht: 3 cm bis max. 5 cm**
- **Profilgerecht abgezogen**
- **Bettungsmaterial: Splitt 2/4 mm (Normalfall)**

Darstellung **29**



PAVE EDGE LIGHT Kunststoff-Randschiene Darstellung **30**

Plattenverlegegerät PRESTO

Plattenverlegegerät PLATTEX

Fugen, Fugenmaterial und Verfugen

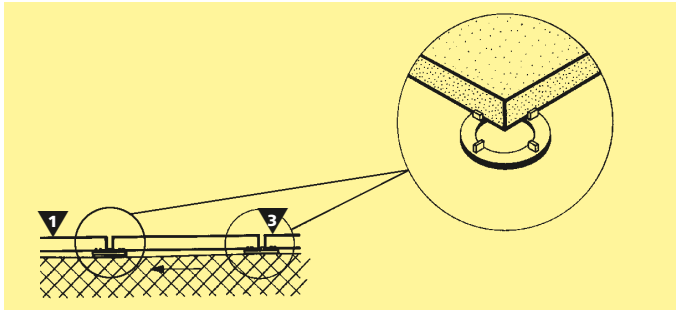
Platten müssen mit einem ausreichenden Fugenabstand verlegt werden. Beschädigungen der Platten sind vorprogrammiert wenn der Plattenfuge zuwenig Beachtung geschenkt und die Verlegevorschriften der Plattenhersteller nicht beachtet werden. Insbesonders sind das z. B. die typischen oberen Kantenabplatzungen.
Platten dürfen nur locker aneinandergelegt, aber nie aneinandergeklopft werden.
Kontinuierlich mit dem Verlegen müssen die Fugen verfüllt werden.
Geeignetes und bewährtes Fugenmaterial ist Sand 0/1, 0/2, 0/4 mm. Platten dürfen nicht eingemörtelt werden (Ausblühungen).
Nicht befahrbare Plattenbeläge mit Fugen werden in der Regel nicht eingesandet (z.B. Balkone, Terrassen, Flachdächer usw.).
Platten dürfen nicht abgerüttelt, sondern nur mit dem Gummihammer leicht festgeklopft werden.

Für Beton-Plattenbeläge ist je nach Einsatzbereich, Verlegevarianten und Masstoleranzen eine Fuge bis 4 mm vorzusehen.

Fugenmaterial: Sand 0/1, 0/2, 0/4 mm

Verlegemöglichkeit mit Plattenverlegegerät

Für das rationelle Verlegen empfiehlt sich ein Vakuum-Plattenverlegegerät. Seine grosse Wendigkeit, das geringe Gewicht sowie die Versetzgenauigkeit auch von grossen Platten (ohne Kanten zu beschädigen) überzeugen im Einsatz.



Darstellung 19

Auflagerringe für Platten auf starrer Betonkonstruktion

1 Platten

2 Unterkonstruktion (z.B. Beton) Gefälle mind. 1.5% (SIA 271)

3 Auflagerring, zusätzliche Ausgleichsfolien 1 mm oder 3 mm

Auflagerringe für Platten auf starren Betonkonstruktionen

Werden Platten auf Terrassen, Balkonen, Flachdächern etc. verlegt (starre Betonkonstruktionen), empfiehlt es sich, die Platten auf Auflagerringe zu legen. Darstellung 19
Die Lagerringe sind in Gummi (wenn Trittschalldämmung erwünscht ist) oder in Kunststoff erhältlich. Höhendifferenzen können mit entsprechenden Ausgleichsfolien korrigiert werden.
Eine ausreichende Entwässerung ist vorzusehen. Unter den Platten darf sich kein Wasser stauen.
Isolations-Stücke (z.B. Sagex, Styrodur etc.) sind als Plattenunterlage nicht zu empfehlen.
Natürlich können Platten auf starren Betonkonstruktionen auch in ein Splittbett 2/4 mm verlegt werden. Auf Isolations- oder Schutzschichten ist auch ein Kiesbett 4/8 mm möglich.
In diesen Fällen ist eine ausreichende Entwässerung unerlässlich.
(Mindestgefälle der Betonkonstruktion 1.5%, SIA 271)

Öffentlicher Platz mit Vakuum-Platten

Masstoleranzen SIA 246.509 (SN EN 1339)

Bei Platten ist fabrikationsbedingt mit Masstoleranzen zu rechnen. Toleranzen gemäss SIA 246.509 (SN EN 1339)

Nennmass der Platte mm	Länge mm	Breite mm	Dicke mm
≤ 600	± 2	± 2	± 3
> 600	± 3	± 3	± 3
Die Differenz zwischen zwei beliebigen Messungen der Länge, Breite und Dicke einer einzelnen Platte muss ≤ 3 mm betragen.			

Damit die Masstoleranzen ausgeglichen werden können, müssen die Vorschriften bezüglich Bettungsschicht und Fugen eingehalten werden.

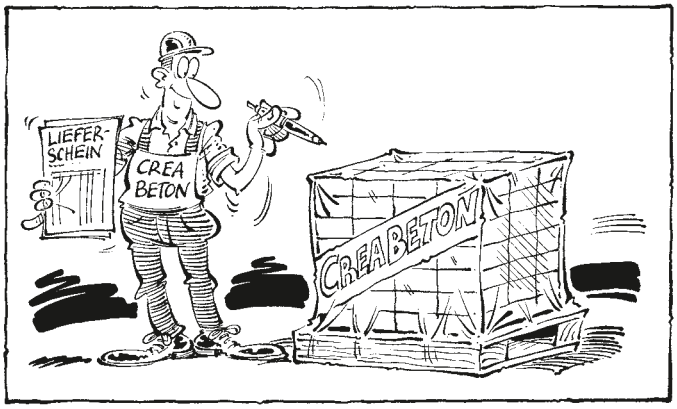
Unsere Massangaben sind Rastermasse. Bei Gestaltung, Bedarfsermittlung und Verlegen sind die Toleranzen zu beachten.

Farbabweichungen

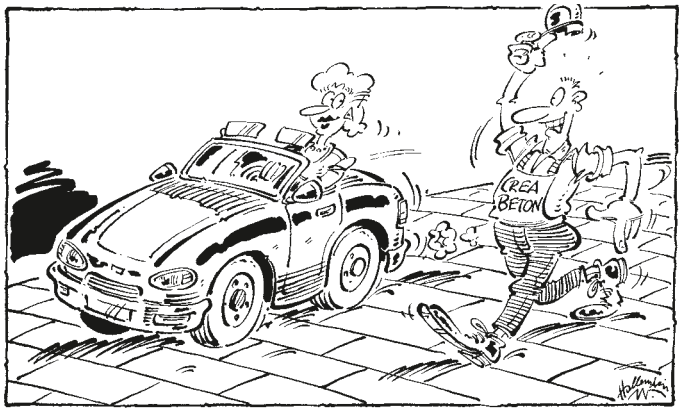
Grossflächige Farbabweichungen bei Platten können vermieden werden, indem die Platten wechselweise ab verschiedenen Paletten und Lagen verlegt werden.

Mediterranes Ambiente im modernen Wohnungsbau

Optische Raumerweiterung mit grossflächigen Platten



Gelieferte Ware sofort nach Erhalt auf Mängel prüfen!



Richtig einegbaut bereiten die Qualitäts-Betonprodukte der CREABETON BAUSTOFF AG Freude über viele Jahre.

Allgemeine Verlegevorschriften

Kontrolle

Die gelieferte Ware ist in unseren Werken oder sofort nach Erhalt auf der Baustelle auf sichtbare Mängel zu überprüfen. Mängel sind dem Lieferanten unverzüglich zu melden.
Mangelhafte Ware darf auf keinen Fall eingebaut werden. Wir schliessen jede Haftung aus wenn die beanstandete Ware ohne unsere ausdrückliche Zustimmung weiterverwendet wird.

Ablad

Für den Ablad sind nur Geräte und Hilfsmittel zulässig, die das Produktegewicht zu tragen vermögen.

Lagerung

Die Ware muss geschützt gelagert werden. Im Freien gelagerte Produkte müssen mit Plastik abgedeckt und innert 2 Wochen eingebaut werden (Einschränkung von Ausblühungen durch Schwitzwasser). Es ist auf eine sichere Lagerung zu achten, damit jegliche Personengefährdung (z.B. durch Umstürzen, Wegrollen, Herunterfallen, Zusammenstossen, etc.) ausgeschlossen ist.

Baustellenpersonal

Das Handhaben und Versetzen unserer Waren hat durch oder unter Aufsicht von einschlägig ausgebildetem Fachpersonal zu erfolgen.

Tragfähigkeit

Der verantwortliche Planer/Unternehmer muss sicherstellen, dass die Tragfähigkeit des Untergrunds der geplanten Beanspruchung und Nutzung entspricht.

Normen

Bei der Verwendung und beim Versetzen unserer Waren sind die Vorschriften, Richtlinien und Normen von Behörden und Verbänden etc., wie z.B. SwissBeton, SIA, VSS, VSA, SUVA, zu beachten.

Informationspflicht

Vor dem Einbau oder Versetzen unserer Artikel sind auf jeden Fall unsere Verlegevorschriften, und, falls vorhanden, die produktespezifischen Technischen Wegleitungen zu konsultieren.

zertifiziertes Qualitätssystem
SQS
ISO 9001

Arbeitssicherheit
Um die zum Teil schweren Betonelemente sauber versetzen zu können, empfehlen wir den Einsatz von Verlegewerkzeugen. Sie vermeiden dadurch erstens böse Fingerverletzungen, zweitens Schäden wie Kantenabplatzungen, Oberflächenkratzer usw., und drittens senken Sie Ihre Verlegekosten.
Informationen erhalten Sie von unserem technischen Dienst.

Ausblühungen
Ausblühungen sind weisse Flecken auf der Betonoberfläche. Es handelt sich um einen chemischen Umwandlungsprozess. Die Hydratation ist im Zement noch nicht abgeschlossen. Durch die Poren des Betons dringt Regen, Kondenswasser oder Tau ein und löst den noch ungebundenen Kalk. Das gelöste Calciumhydroxid diffundiert an die Oberfläche und wandelt sich mit der Kohlensäure aus der Luft in ein unlösliches Calciumcarbonat um.
Besonders gefährdet sind Produkte, die dauernd der Feuchtigkeit ausgesetzt sind, auf schlecht drainiertem Untergrund oder sogar direkt im Wasser liegen (z.B. Platten auf Balkonen).
Bei überdeckten Plätzen können Ausblühungen stärker in Erscheinung treten. Palettierte Produkte, die im Freien gelagert werden, sind besonders gefährdet. Produkte, die über mehrere Tage im Freien stehen, müssen daher mit Plastik abgedeckt und innerhalb von 2 Wochen eingebaut werden, da auch Schwitzwasser Ausblühungen ermöglicht. Ausblühungen können vorübergehend mit harter Bürste oder salzsäurehaltigen Reinigern entfernt werden. Der Reiniger muss jedoch nach der Anwendung mit viel Wasser abgespült werden. Derartige Behandlungen verhindern in den nächsten Jahren allerdings nicht, dass die Ausblühungen wiederkehren. Die Qualität des Betons erleidet durch die Ausblühungen keinen Schaden. Mängelrügen in bezug auf diese Erscheinung können nicht als Garantiefälle akzeptiert werden. In einem sehr langsamen Prozess wittern die aus Calciumcarbonat bestehenden Ausblühungen wieder ab, indem sie sich mit dem Kohlendioxid der Luft und Wasser zu Calciumhydrogencarbonat umsetzen, welches wasserlöslich ist. Eingefärbte Baustoffe werden dadurch wieder farbintensiver.

Auswaschen
Bei der typischen Waschbetonoberfläche liegen grobe Zuschlagkörner meistens dicht nebeneinander, die Zwischenräume sind mit Mörtel ausgefüllt. Die Bearbeitung erfolgt entweder sofort nach der Fertigung durch einen Wasserstrahl oder bei Verwendung von sogenannten Kontaktverzögerern nach dem Erhärten des Bauteils. Beim Waschen der Oberfläche wird der den Zuschlag verdeckende Mörtel, in einer Tiefe von mehr als 2 mm entfernt, wodurch sich zwischen den freigelegten groben Zuschlagskörnern Vertiefungen ergeben. Durch dieses Auswaschen wird die Oberfläche, je nach verwendeter Korngrösse, mehr oder weniger rauh.

Beton
Beton ist ein Gemisch aus Sand, Kies, Zement und Wasser. Für besondere Eigenschaften können Zusatzmittel beigemischt werden (z.B. Verflüssiger). Mit Ausnahme dieser Zusatzmittel besteht der Beton aus Naturprodukten. Naturprodukte variieren in ihrer Form und Farbe und prägen somit die Betonprodukte. Nach ca. 1 Monat hat der Beton seine Festigkeit erreicht.

Betonstein
«Betonsteine» ist der Sammelbegriff für Bauteile (Werkstücke) aus bewehrtem und unbewehrtem Beton, die vorgefertigt werden und deren Oberflächen werksteinmässig bearbeitet oder besonders gestaltet sind.

CBR-Werte
Anstelle von M_E-Messungen kann ein zwar selten angeordneter, aber umfangreicher CBR = **C**alifornia **B**earing **R**atio-Versuch ausgeführt werden (ermitteln des Tragfähigkeitskoeffizientes).

Damm
Geschüttete Erdmasse, um das Gelände zu erhöhen oder eine Senke aufzufüllen.

Deckschicht
Schicht, die in direktem Kontakt mit den Fahrzeugreifen steht.

Edelsplitt
Betonzuschläge werden nach ihrer Gewinnungs- bzw. Aufbereitungsform in Sand und Kies (Rundmaterial) oder Brechsand und Splitt (gebrochenes Material) unterschieden. Sand und Kies werden aus Baggerseen oder Moränen gefördert, gewaschen und gesiebt. Brechsand und Splitt werden auch aus Baggerseen und Moränen oder aus Steinbrüchen gefördert, gebrochen und gesiebt. Edelsplitt ist mehrfach gebrochenes Material und muss gegenüber Splitt erhöhte Anforderungen hinsichtlich Korngrösse, Kornform und Frostbeständigkeit aufweisen. Edelsplitte gibt es in fast jeder Farbe: weiss, anthrazit, gelb, rot, braun, grün, selbst blau ist möglich. Diese Splitte werden in ganz Europa, zum Teil auch in Übersee gewonnen. Exklusivität des Vorkommens und Transportentfernung bestimmen die Preise Geologische Bedingungen bestimmen die Farbkonstanz. Einschlüsse von Fremdmineralien sind verantwortlich für Farbabweichungen. Für Betonwaren und Betonpflastersteine eignen sich hauptsächlich folgende Gesteinsarten: Granit, Basalt, Quarz, Porphyr, Kalkstein, Diabas u.a.

Einkornbeton
Zementgebundener Baustoff aus einer einzigen Kornfraktion, z.B. Splitt 4/8 mm, hat keinen Sand- bzw. Feinkornanteil. Bekanntestes Produkt ist der Betonmauerziegel. Eine Spezialform des Einkornbetons ist der wasserdurchlässige Drainbeton.

Farben
Beton wird aus natürlichen Stoffen hergestellt. Alle in der Natur vorkommenden Stoffe weisen Farbabweichungen auf und wirken dadurch lebendig (z.B. Holz, Naturstein usw.). Auch bei Betonprodukten sind Farbabweichungen nicht ausgeschlossen. Grund für Farbabweichungen können Farbunterschiede in den Rohstoffen Zement, Sand und Kies sein. Auch unterschiedliche Temperaturen und wechselnde Luftfeuchtigkeit bei der Fertigung und Lagerung können Farbunterschiede bewirken. Werden verschiedene Betonprodukte miteinander eingebaut (z.B. Blockstufen, Pflastersteine, Stellsteine usw.), ergeben sich aufgrund verschiedener Herstellverfahren und -anlagen verschiedene Oberflächenstrukturen und daraus resultierende Farbunterschiede. Dies hilft aber auch bei Gartenanlagen, Wohnstrassen usw., ein strukturiertes Gesamtbild zu vermitteln, wie wir es vom Naturstein (Marmor, Granit usw.) gewohnt sind. Grossflächige Farbabweichungen bei Pflastersteinen können vermieden werden, indem die Steine wechselweise ab verschiedenen Paletten verlegt werden.

Fahrbahnoberfläche
Oberfläche der Deckschicht.

Farbpigmente/Farbbeständigkeit
Die eingesetzten Farbpigmente sind Eisenoxide (gelb, rot, braun, anthrazit), Chromoxide (grün) und Kobaltoxide (blau). Die Pigmente sind äusserst feine Pulver mit einer spezifischen Oberfläche, rund

zehnmal so gross wie die von Zement. Hierauf beruht die grosse Farbintensität. Die Pigmente sind absolut unlöslich in Wasser. Sie sind zement- und alkalibeständig und haben eine extrem hohe Licht- und Wetterbeständigkeit.

Farbveränderung eingefärbter Betonwaren
Auch wenn sich die Eigenfarbe der Pigmente nicht ändert, verändert sich der farbliche Gesamteindruck der Betonoberfläche im Laufe der mehrjährigen Bewitterung in gewissem Umfang. Man kann dabei zwischen mehreren Phasen unterscheiden.

Trocknung
Beton wird beim Austrocknen heller. Dieser Prozess ist in Abhängigkeit von Witterungs- und Lagerungsbedingungen nach wenigen Wochen bis mehreren Monaten abgeschlossen.

Zerstörung der oberflächlichen Zementschlämme
Unmittelbar mit der Exposition des Baustoffes im Freien beginnt dessen Oberfläche auch abzuwittern. Das Zuschlagkorn ist an der Oberfläche ursprünglich von einer dünnen Schicht des pigmenthaltigen Zementsteins umgeben. Dieser verwittert an der Oberfläche sehr schnell und wird dadurch in einer Tiefe von Bruchteilen eines Milimeters aufgerauht. Die Folge davon ist eine andere Lichtstreuung, welche bei pigmentiertem Beton zu einem leicht unterschiedlichen Farbeindruck führt.

Bildung der «Mikrowaschbeton»-Struktur
Inzwischen geht die Abwitterung der äusseren Zementhaut so lange weiter, bis das unmittelbar unter der ursprünglichen Betonoberfläche gelegene Zuschlagkorn sichtbar wird. Es bestimmt weitgehend den optischen Eindruck des bewitterten Betons. Heller Quarzsand führt zu einer Aufhellung, dunkler Basalt zu einer Vergrauung.

Verschmutzung
Während der Nutzung wird die Betonoberfläche durch die verschiedensten Stoffe verschmutzt, die das Erscheinungsbild drastisch verändern können. Metallteile hinterlassen Rostflecken, Autoreifen schwarzen Gimmiabrieb, Gartenerde und Pflanzenrückstände braune Gerbsäureflecken, eingewehter Staub lässt die Fläche schmutzig-grau aussehen. Mit Hochdruckreiniger, oder speziellen Reinigungsmitteln lässt sich die ursprüngliche farbige Oberfläche wieder freilegen.

Feinschliff
Eine weitgehend porenfreie und glatte, jedoch nicht glänzende Oberfläche, die aus einer geschliffenen Fläche durch weitere Bearbeitung mit feineren Schleifmitteln und falls erforderlich, durch zusätzliches Spachteln der Poren erreicht wird. Es handelt sich hierbei um eine für Betonwerkstein und Terrazzo typische Bearbeitungsart, die bereits die Farbe und Struktur des Zuschlags stark zur Geltung kommen lässt.

Feinstrahlen
Feinstrahlen ist eine besondere Art der Bearbeitung von Betonsteinoberflächen. Die oberste Feinmörtelschicht wird entfernt und die Natursteinedelsplitte werden freigelegt. Eine feingestrahlte Oberfläche ist wenig schmutzempfindlich und sehr strapazierfähig.

Feinwaschen
Aussehen und Textur entsprechen etwa einer sandgestrahlten Oberfläche. Da beim Waschen der Zuschlag nicht aufgerauht wird, erscheint dieser in seinen natürlichen Farben. Durch die geringe Auswaschtiefe. (ca. 1 bis 1.5 mm) bleibt die Fläche eben. Der Vorgang des Feinwaschens gleicht hinsichtlich Zeitpunkt und Ausführung der Bearbeitung durch Auswaschen.

Frost-/Tausalzbeständigkeit
Bauteile, die unmittelbar vor der Frosteinwirkung mit Wasser oder Taumittel in Berührung kommen, sind frostgefährdet bzw. frosttausalzgefährdet. Die Unterscheidung richtet sich nach dem zu erwartenden Einsatz. Nicht alle Betonprodukte sind frost- und tausalzbeständig. Lassen Sie sich von unserem technischen Dienst beraten.

Fugen
Beim Zusammenfügen vorfabrizierter Betonbauteile entstehen Fugen. Infolge von Temperaturschwankungen, Schwinden und Kriechen sind die Betonbauteile Längenänderungen ausgesetzt. Falls konstruktionsbedingt Fugen notwendig sind, müssen sie generell so gross bemessen werden, dass diese Längenänderungen nicht zu Zwängungen und damit zu Schäden führen. Durch die Anordnung von Dilatationsfugen werden Längenänderungen ausgeglichen. Es dürfen keine Zwangskräfte entstehen, die zu Schäden (Abplatzungen, Rissen) führen können.
Es wird zwischen zwei Fugenarten unterschieden:

Kraftschlüssige Fuge
Wenn Kräfte von einem auf den anderen Bauteil übertragen werden müssen, benötigen wir eine kraftschlüssige Fuge. Beim Versetzten von Betonelementen (Block-, Winkelstufen usw.) können wir z.B. mit einer Mörtelvorlage auf einer bestehenden Betonkonstruktion eine gute Kraftübertragung erreichen. Auch ein nachträgliches Ausgiessen von Fugen garantiert eine gute Kraftschlüssigkeit.

Dilatationsfuge
Eine Dilatationsfuge ist keine kraftschlüssige Fuge. Mit dem Freiraum zwischen den Elementen können die verschiedenen Längenänderungen ausgeglichen werden.

Fundationsschicht
Schicht unter der Tragschicht, welche die Last auf dem Unterbau verteilt.

Haarrisse
Oberflächenhaarrisse (infolge Schwinden und Kriechen) sind unvermeidbar und beeinträchtigen die Qualität des Betons nicht.

Kugelstrahlen
Beim Kugelstrahlen werden kleine Stahlkugeln mit hoher Geschwindigkeit auf die zu bearbeitende Oberfläche geschleudert. Die Feinteile der Betonoberfläche werden durch das Aufschlagen der Stahlkugeln abgeschlagen, dadurch wird die Oberfläche aufgerauht und die Zuschlagskörner freigelegt. Die Beschleunigung der Stahlkugeln erfolgt mit Schleuderrädern oder mit Druckluft. Der Ablauf mit Druckluft ist identisch dem Strahlen mit Quarzsand. Die Schleuderrad-Strahlanlage holt die Stahlkugeln aus einem Vorratsbehälter und führt sie über die Rohrleitung axial einem Schleuderrad zu. Durch die Drehbewegung des Schleuderrades wird die Stahlkugel radial beschleunigt und gegen die Betonoberfläche geschleudert. Das Schleuderradverfahren wird in Durchlaufanlagen eingesetzt, das Druckluftverfahren in Freistrahlräumen. Bei beiden Verfahren werden die Stahlkugeln wieder in den Vorratsbehälter zurückgeführt und wieder verwendet.

Masse
Betonprodukte werden in Schalungen (Holz oder Stahl) hergestellt. Diese Schalungen unterliegen einer Abnutzung, was unvermeidlich zu gewissen Masstoleranzen führt. Wir sind bestrebt, die Masstoleranzen so klein wie möglich zu halten und die vorgegebenen Normen (SIA oder teilweise DIN) strikte einzuhalten.

M_E-Werte
Der Plattenversuch dient im Strassenbau zu Ermittlung der Tragfähigkeit des Untergrundes und zur Kontrolle der Verdichtung der Fundationsschicht. Er wird direkt vor Ort ausgeführt (Feldversuch). Auf der zu prüfenden Oberfläche wird eine Belastungsplatte stufenweisen Laständerungen ausgesetzt. Die dabei auftretenden Setzungen werden gemessen. Aus dem Versuch wird der «Zusammendrückungsmodul» oder M_E-Wert berechnet.

Oberbau
Gesamtheit der Schichten über dem Unterbau, welche die Lasten des Verkehrs tragen und verteilen.

Oberflächenstruktur
Die Oberflächenstruktur ist vom Rohstoff und Fertigungsprozess abhängig. Sie lässt keine Rückschlüsse auf Dichtheit oder Festigkeit zu. Eine rauhe Oberfläche erhöht die Griffigkeit und hemmt die Rutschgefahr. Bearbeitete Oberflächen wirken natürlich. Dabei bedeuten fertigungsbedingte unterschiedliche Auswaschstrukturen keinen Mangel und sind für den Gebrauchswert ohne Belang.

Pflege der Betonprodukte
Betonprodukte brauchen keine spezielle Pflege. Zur Reinigung kann Wasser, allenfalls mit Reinigungsmittel und Bürste, eingesetzt werden. Beton ist nicht säurebeständig. Säure darf zu Reinigungszwecken nicht verwendet werden. Beim Einsatz von Hochdruckgeräten können Zementleim-Abplatzungen an der Oberfläche erfolgen. Bei Reinigungsgeräten mit Saugeinrichtungen ist darauf zu achten, dass damit bei Pflastersteinbelägen nicht der Sand aus den Fugen gesogen wird. Gras oder Moos in den Fugen zwischen Betonprodukten fördern den natürlichen Charakter und haben keinen Einfluss auf die Qualität der Produkte.

Planum
Oberfläche des Unterbaus bzw. des verbesserten Untergrundes, worauf der Oberbau zu liegen kommt. Die M_E-Werte sind entscheidend für die künftige Nutzung des Bauwerkes.

Polieren
Eine glatte und glänzende Oberfläche, die sich durch immer feineres Schleifen einer geschliffenen Fläche ergibt. Bei dieser Bearbeitung werden die makrofeinen, für das menschliche Auge kaum erkennbaren Rillen in der Textur des Steines weitgehend beseitigt. Dadurch entsteht ein feiner Eigenglanz, durch den Farbe und Struktur des Zuschlags besonders zur Wirkung kommen. Diese durch Schleifvorgänge erreichte Politur wird auch als «Naturpolitur» bezeichnet. Es handelt sich hierbei um eine besondere Art der Oberflächenbearbeitung, die nicht mit einer Oberflächenbehandlung durch Waschen, Versiegeln und ähnliches verwechselt werden darf.

Samtieren
Spezielle Steinbearbeitungsart. Geschliffene Betonsteine werden mit einem speziellen Verfahren so nachbearbeitet, dass eine weich aufgerauhte, sehr rutschfeste Oberfläche entsteht.

Sandstrahlen
Beim Sandstrahlen wird Sand, überwiegend gebrochener, trockener Quarzsand, mit hoher Geschwindigkeit auf die zu bearbeitende Oberfläche geschleudert. Die Feinteile der Betonoberfläche werden durch das Aufschlagen der Quarzkörner abgeschlagen. Dadurch wird die Oberfläche aufgerauht und die Zuschlagskörner freigelegt.
Die Beschleunigung der Sandkörner erfolgt mit Druckluft. Aus einem Vorratsbehälter fliesst der Sand in eine luftdurchströmte, hochabriebfeste Schlauchleitung, an deren Ende ein spezielles Stahlrohr befestigt ist. Das Sandstrahlen wird hauptsächlich in der Betonsanierung an Gebäuden und Brücken angewendet. Der Quarzsand wird nur einmal eingesetzt und anschliessend entsorgt. Beim Sandstrahlen entsteht eine starke Staubentwicklung, da das Quarzkorn beim Aufschlagen zerbricht.

Stocken
Bearbeitung einer Betonsteinoberfläche mittels Stockhammer welcher dicht an dicht pyramidenförmige Erhebungen aufweist. Diese zertrümmern parziell die oberste Steinschicht, legen die Zuschlagstoffe frei und erzeugen eine aufgerauhte Oberfläche.

Strassenaufbau
Gesamtheit der Schichten des Strassenkörpers, deren Abmessungen aufgrund der Dimensionsierung berechnet werden. Nur mit einem optimalen Aufbau ist die Pflasterdecke wirksam.

Scharrieren
Bearbeitung der Steinoberfläche mit einem Scharriereisen welches gerade und riefenförmige Spuren auf dem Stein bildet.

Schleifen
Eine ebene Oberfläche mit voll sichtbarem Korn, die noch leicht griffig ist. Die Bearbeitung erfolgt mit grobem Schleifmittel oder durch ein Diamantwerkzeug. Schleif- und Frässpuren können noch sichtbar sein, vorhandene Poren bleiben offen.

Tragschicht
Schicht unter der Decke, welche zur Lastverteilung bestimmt ist.

Unterbau
Aufbau, bestehend aus dem Untergrund, evtl. mit einem Damm, und/oder einem verbesserten Untergrund.

Untergrund
Bestehendes Gelände worauf ein Bauwerk ausgeführt werden soll.

Übergangsschicht
Sammelbegriff zur Bezeichnung von Schichten mit Trenn- und Drainagefunktion usw., zum Schutz der Fundationsschicht.

Verbesserter Untergrund
Schicht unter der Fundationsschicht, welche dazu dient, die Tragfähigkeit des Unterbaus auszugleichen oder zu verbessern.

Vorsatzschicht
(früher auch oft als Verschleissschicht bezeichnet)
Sichtbare Oberfläche von Betonbauteilen wie Pflaster, Platten, Randsteine, usw., meist eingefärbt oder mit einem hohen Anteil wertvollen Natursteins bzw. hochfesten Gesteins. Bei Pflastersteinen ca. 8 mm stark. Der restliche Stein besteht aus dem Kernbeton.

Zement
Zement (lat.: caementum «Bruchstein») ist ein feingemahlenes, hydraulisches Bindemittel, das aus gebranntem Kalkstein und Ton (1400 °C–1500 °C Brenntemperatur) besteht. Durch die Hinzugabe von Wasser erhärtet Zement sowohl an der Luft als auch unter Wasser. Zement und Zuschlagstoffe wie Sand, Kies und/oder Splitt, ergeben, vermischt mit Wasser, Beton.

Gerne beraten wir Sie während den Büroöffnungszeiten. Damit wir Sie ohne Zeitverzögerung bedienen können, bitten wir um telefonische Terminvereinbarung. Telefon 0848 400 401.

4658 Däniken SO, Schachenstrasse 32
Permanent zugänglich

5201 Brugg AG, Aarauerstrasse 75
Mo–Fr 7–18.30, Sa–So 8–17 Uhr

6144 Zell LU, Industriestrasse Briseck 12
Permanent zugänglich

6221 Rickenbach LU, Bohler 5
Permanent zugänglich

6362 Stansstad NW, Rotzloch 10
Permanent zugänglich

7203 Trimmis GR, Rheinstrasse 2
Permanent zugänglich

8532 Weiningen TG, Hauptstrasse 14
Mo–So 6–21 Uhr

8716 Schmerikon SG, Allmeindstrasse 22
Permanent zugänglich

9230 Flawil SG, Burgau 1652
Sommer 7–20, Winter 8–16 Uhr

Vernetzt, kompetent – die Verkaufsgesellschaften der MÜLLER-STEINAG Gruppe: CREABETON BAUSTOFF AG, MÜLLER-STEINAG BAUSTOFF AG und MÜLLER-STEINAG ELEMENT AG.

CREABETON BAUSTOFF AG

CREABETON bietet Ihnen ein einzigartiges Vollsortiment an Betonwaren mit bedürfnisorientierten Gesamtlösungen und qualitativ hochstehenden Schweizer Produkten für den Hoch-, Tief- und Strassenbau sowie den Gartenbau und die Umgebungsgestaltung.
Das vielfältige Angebot der CREABETON BAUSTOFF AG für die Umgebungsgestaltung können Sie in praxisgerechter Anwendung in den CREABETON Gartenbau-Ausstellungen in aller Ruhe kennen lernen. Die Ausstellungen sind frei und unverbindlich zugänglich – auch an den Wochenenden, ausgenommen Flawil. Gerne beraten wir Sie nach Voranmeldung.
Detaillierte Auskünfte erhalten Sie auch beim Kundenservicecenter der CREABETON BAUSTOFF AG.
Wir freuen uns auf Ihren Besuch oder Anruf!

Gedruckt in der Schweiz

FRIEDA® Pflasterstein, perlgrau.

CREABETON BAUSTOFF AG

Gartenbau-Ausstellungen

4658 Däniken, Schachenstrasse 32
5201 Brugg, Aarauerstrasse 75
(Mo – Fr 7 – 18.30, Sa – So 8 – 17 Uhr)
6144 Zell, Industriestrasse Briseck 12
6221 Rickenbach, Bohler 5
6362 Stansstad, Rotzloch 10
7203 Trimmis, Rheinstrasse 2
8532 Weiningen, Hauptstrasse 14
(Mo – So 6 – 21 Uhr)
8716 Schmerikon, Allmeindstrasse 22
9230 Flawil, Burgau 1652
(Sommer 7 – 20, Winter 8 – 16 Uhr)

Stützpunkte / Lager

5620 Bremgarten, Wohlerstrasse 41
8576 Mauren, Weinfelderstrasse 8

18-00-012 650 06.18

CREABETON

CREABETON BAUSTOFF AG
Bohler 5 · Postfach
6221 Rickenbach LU

Telefon 0848 400 401
info@creabeton-baustoff.ch
www.creabeton-baustoff.ch