



Schweizer Qualität

TECHNISCHE WEGLEITUNG

BETONSTEINBELÄGE

CREABETON

LÖSUNGEN AUS LEIDENSCHAFT

une
entreprise
de 
vigier

Einleitung	S. 4
------------------	------

VERBUND- UND PFLASTERSTEINE

Allgemeine Infos	S. 5
Definition von Verbund- und Pflastersteinen	S. 5
Einsatzbereich	S. 5
Aufbau des Oberbaus	S. 6
Dimensionierung der Fundationsschicht	S. 6
Bettungsschicht	S. 6
Steinstärke	S. 7
Richtwerte der Oberbaudimensionierung für Betonsteinpflasterungen ZP, T1, T2, T3	S. 8
Abschlussarbeiten	S. 9
Anordnung der Pflastersteine	S. 9
Fugen	S. 10
Übergänge	S. 11
Oberflächenentwässerung	S. 13
Unterhalt und Reinigung	S. 14

ÖKOPFLASTERSTEINE

Allgemeine Infos	S. 15
Definition Ökopflastersteine	S. 15
Einsatzbereich	S. 15
Aufbau des Oberbaus	S. 16
Dimensionierung der Fundationsschicht	S. 16
Bettungsschicht	S. 16
Steinstärke	S. 17
Richtwerte der Oberbaudimensionierung für Betonsteinpflasterungen ZP, T1, T2	S. 18
Abschlussarbeiten	S. 19
Anordnung der Ökopflastersteine	S. 19
Fugen	S. 20
Übergänge	S. 21
Oberflächenentwässerung	S. 22
Unterhalt und Reinigung	S. 23

GEHWEGPLATTEN

Allgemeine Infos	S. 25
Definition von Gehwegplatten	S. 25
Einsatzbereich	S. 25
Aufbau des Oberbaus	S. 25
Dimensionierung der Fundationsschicht	S. 25
Bettungsschicht	S. 26
Plattenstärke	S. 26
Richtwerte für die Oberbaudimensionierung	S. 27
Abschlussarbeiten	S. 28
Anordnung der Platten	S. 28
Fugen	S. 29
Randabschlüsse	S. 30
Oberflächenentwässerung	S. 31
Unterhalt und Reinigung	S. 32

DIMENSIONIERUNG

Terminologie	S. 33
Aufbau	S. 33
Dimensionierungsgrößen	S. 34
Massgebende Grundlagen	S. 34
Tragfähigkeitsdimensionierung	S. 35
Vorgehen	S. 35
Frostdimensionierung	S. 37
Vorgehen	S. 37
Dimensionierung der Bettungsschicht	S. 38

VERSICKERUNG (WASSERDURCHLÄSSIGE PFLASTERSYSTEME)

Versickern statt Versiegeln	S. 39
Voraussetzung für eine Versickerung	S. 40
Verschmutzungsgrad (1. Voraussetzung)	S. 40
Versickerungsfähigkeit des Bodens (2. Voraussetzung)	S. 41
Vulnerabilität des Grundwassers (3. Voraussetzung)	S. 42
Versickerungsversuch	S. 43
Versickerungsmethoden	S. 45
Boden als Filter, Speicher und Transformator	S. 48
Bemessungsgrundlagen für Versickerungsanlagen	S. 49
Bewilligung / Zuständigkeit	S. 50

EINLEITUNG

Pflastersteine werden bereits seit 6000 Jahren erfolgreich für die Befestigung von Wegen und Plätzen eingesetzt. Die Grundlagen der heutigen Bauweise für Pflasterbeläge wurden schon in der Epoche des Römischen Reiches geschaffen. Seit Ende des 19. Jahrhunderts wird der Werkstoff Beton zur Herstellung von Pflastersteinen verwendet. Pflastersteine sind vielseitig einsetzbar und kommen vorwiegend in innenstädtischen Platzgestaltungen und Begegnungszonen zur Verkehrsberuhigung vor. Wegen ihrer Vielfalt bezüglich Form und Farbe werden Betonpflastersteine vermehrt auch in privaten Hausplätzen und Gärten verbaut. Neben Betonpflastersteinen können Betonplatten für nicht befahrene Flächen wie Garten- und Parkanlagen, Gehwege und Terrassen in vielen Formen und Farben eingesetzt werden. Der Unterschied zwischen Pflastersteinen und Platten liegt im Verhältnis der Kantenlänge zur Dicke: Beträgt das Verhältnis mehr als 4, handelt es sich um eine Platte. Ist es jedoch kleiner als 4, handelt es sich um einen Pflasterstein.

Immer wichtiger ist das Haushalten mit den natürlichen Ressourcen, insbesondere mit dem Trinkwasser. Deshalb ist es entscheidend, das Regenwasser nicht in die Kanalisation abzuleiten, sondern an Ort und Stelle über die Fläche versickern zu lassen. Auf diese Weise wird die Neubildung von Trinkwasser sichergestellt. Dieses Vorgehen wird zunehmend durch die Gewässerschutzverordnungen vorgeschrieben. Für die Flächenversickerung vor Ort bestehen zwei Varianten: einerseits Versickerung durch den Stein (Sickerstein) und andererseits Ableitung des Regenwassers über die Fugen oder Kammern (Pflastersteine mit aufgeweiteten Fugen und Rasengittersteine).

Anforderungen an die Platzgestaltung

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

Aufbau der Wegleitung

Diese technische Wegleitung ist in die zwei Hauptteile Anwendung und Planung unterteilt. Im vorderen Teil Anwendung befinden sich die drei Kapitel Verbund- und Pflastersteine, Ökopflastersteine und Gehwegplatten. Diese Kapitel richten sich an den Verwender und beinhalten die wesentlichen Informationen vom Aufbau über die Randabschlüsse bis zum Unterhalt und zur Reinigung, um einen Platz oder Weg normgerecht zu erstellen. Der hintere Teil der Wegleitung richtet sich an die Planer und enthält detaillierte Informationen zur Dimensionierung und zur Versickerung. Dieses Dokument behandelt nur die unge-



Abbildung 1: Öffentlicher Platz mit Pflastersteinen



Abbildung 2: Platz mit Gehwegplatten

bundene Bauweise und richtet sich nach dem aktuellen Stand des Wissens und der Technik. Die Normenbezüge beziehen sich jeweils auf die aktuellste Ausgabe.

Vorteile von vorgefertigten Betonbelägen

Durch die industrielle Vorfertigung weisen Betonpflastersteine und -platten eine hohe Massgenauigkeit auf und vereinfachen somit die Planung der Platzgestaltung und das Verlegen. Weiter eignen sich die Pflastersteine dank der hohen Massgenauigkeit zum maschinellen Verlegen.

Pflastersteine und Gehwegplatten können direkt nach der Platzherstellung voll belastet werden. Neben der sofortigen Belastbarkeit lassen sich die Beläge für Unterhaltsarbeiten einfach öffnen und nach Beendigung der Arbeit wieder versetzen. Durch das Wiederherstellen des Belags mit dem entnommenen Material bleiben keine Spuren der Unterhaltsarbeiten zurück.

VERBUND- UND PFLASTERSTEINE

Allgemeine Infos

Definition von Verbund- und Pflastersteinen

Verbund- und Pflastersteine sind vorfabrizierte Betonsteine für die Befestigung von Strassen, Wegen und Plätzen und können in zwei verschiedenen Gruppen eingeteilt werden:

Pflastersteine

Pflastersteine stammen von den alten Natursteinen ab und sind wie diese in relativ einfachen Formen erhältlich (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.

Einsatzbereich

Für die Wahl des Steintyps, der Steinstärke und der Pflasterungsart ist neben ästhetischen Überlegungen die Verkehrslastklasse massgebend. Diese ist nach der Norm SN 640 480 definiert.

Verkehrslastklasse ZP (Gehbereiche)

Fussgängerzonen, Gehwege, Balkone, Terrassen usw. In diesen Bereichen können Verbund- und Pflastersteine ab Steinstärke 4 cm eingesetzt werden.

Verkehrslastklasse T1 (sehr leichter Verkehr)

Ausschliesslich von leichten Motorfahrzeugen befahrene Flächen, z.B. Hauseinfahrten oder Vorplätze. Einsatzbereiche für Verbund- und Pflastersteine ab Steinstärke 6 cm, besser Steinstärken von 8 cm einsetzen.

Verkehrslastklasse T2 (leichter Verkehr)

Für Plätze, die zusätzlich wenig mit schweren Motorfahrzeugen befahren werden, z.B. Quartierstrassen usw. Bei diesen Strassen müssen Verbund- und Pflastersteine mit einer Steinstärke von mindestens 8 cm eingesetzt werden.

Verkehrslastklasse T3 (mittlerer Verkehr)

Für Flächen mit gemischtem Verkehr, leichten und schweren Motorfahrzeugen, z.B. Quartierstrassen in industriellen Bereichen und Umschlagsplätze. Für solche Verkehrsflächen eignen sich Verbundsteine mit Verbundwirkung mit der Steinstärke 10 cm nur bedingt.



Abbildung 3: PAVINA® Pflasterstein



Abbildung 4: CARENA® Verbundpflasterstein mit Nockensystem

Aufbau des Oberbaus

Dimensionierung der Fundationschicht

Die Fundationschicht ist die Schicht, welche die auftretenden Kräfte auf der Oberfläche des Pflasterbelags in den Untergrund ableitet. Hierzu wird ein Kiesgemisch 0/45 verwendet, welches den Anforderungen gemäss SN EN 13242 entspricht und lageweise ca. alle 20 cm verdichtet wird. Wichtig ist, dass die Fundationschicht wie auch der Unterbau wasserdurchlässig sind, damit sich kein Wasser unter dem Pflasterbelag stauen kann. Die Dimensionierung der Fundationschicht richtet sich nach der darunterliegenden Tragfähigkeit und Frostempfindlichkeit des Bodens, sowie nach der massgebenden Verkehrsklasse (siehe Kapitel Dimensionierung ab Seite 33).

Die Fundationschicht muss bereits das Endgefälle des Pflasterbelags von mindestens 2% aufweisen und die Planie der Fundationschicht darf maximale Unebenheiten von 2 cm, gemessen auf eine 4 m lange Messlatte, aufweisen. Somit wird sichergestellt, dass die Bettungsschicht auf der gesamten Baufläche die gleiche Höhe aufweist und dass keine nachträglichen Senkungen durch die im Pflasterbelag auftretenden Kräfte entstehen.

Die Unebenheiten der Planie der Fundationschicht dürfen innerhalb einer 4 m langen Messlatte nicht mehr als 2 cm betragen.

Bettungsschicht

Die Bettungsschicht dient als Unterlage und somit als eigentliches Bett für die Pflastersteine. Sie gleicht Höhertoleranzen der Steine aus und nimmt kleine Unebenheiten der Fundationschicht auf.

Die Dicke der Bettungsschicht soll mindestens 3 cm und höchstens 5 cm betragen. Die Minstdicke gewährleistet eine einwandfreie Einbettung der Pflastersteine, die Einhaltung der Maximaldicke vermeidet Spurrinnen. Die Bettungsschicht muss über die gesamte Fläche gleichmässig dick sein und profilgerecht abgezogen werden.

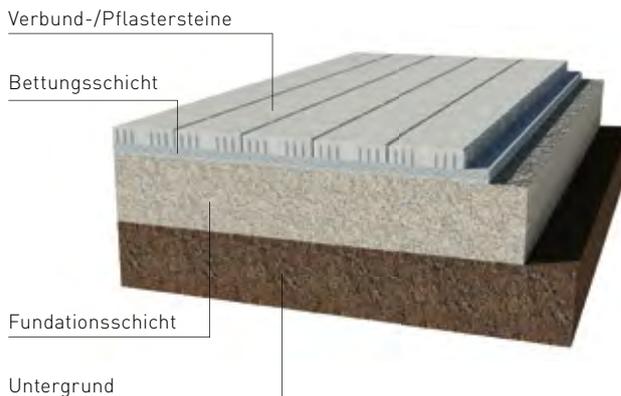
Bettungsmaterial

Als Aufbau ist ein kornabgestufter Mineralstoff zu verwenden. Geeignet ist ein Sand-Splittgemisch mit einem maximalen abschlämmbaren Feinanteil ($\leq 0,063$ mm) von 3% und mit einem maximalen Grösstkorn von 8 mm. Das Bettungsmaterial muss bis und mit der Verkehrslastklasse T3 der Anforderung gemäss SN EN 13043 entsprechen.

Geeignete und bewährte Bettungsmaterialien sind für die:

Verlegevariante A (Normalfall)

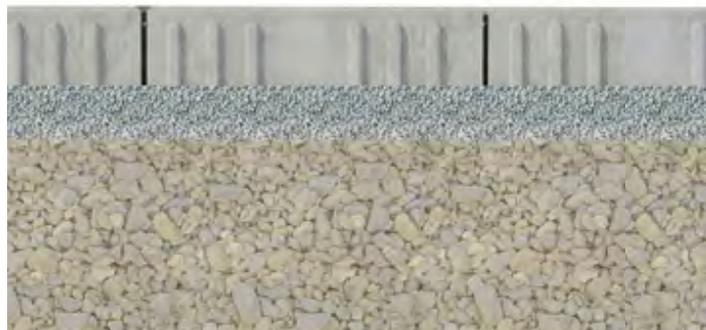
- Pflasterbelag befahrbar
 - Steine von Hand oder mit Verlegemaschine verlegt
- Die Bettungsschicht wird mit einem Sand-Splitt-Gemisch 0/8 mm ausgeführt. Bei maschineller Verlegung wird ein Vorverdichten der Bettungsschicht empfohlen.



Darstellung 1: Korrekter Aufbau mit einer gleichmässig dicken Bettungsschicht



Darstellung 2: Mangelhafter Aufbau mit ungleichmässiger Bettungsdicke



Darstellung 3: Detailschnitt Oberbau

Verlegevariante B (Terrasse/Flachdach)

- Pflasterbelag nicht befahrbar
 - Flachdächer, Terrassen, Balkone
 - Evtl. über Isolations- oder Schutzschicht
- Die Bettungsschicht wird mit einem Rundkies 4/8 mm ausgeführt, um das Staunäusserisiko zu vermindern.

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 Bettungsschicht ein. Durch den Verlust des Fugenmaterials verliert der Pflasterbelag seine Stabilität.

Bei einer grobkörnigen Schotter-Fundationsschicht ist darauf zu achten, dass die Oberfläche mit abgestuftem, feinerem Material geschlossen wird, um das Einrieseln des Bettungsmaterials in die Schottererschicht zu vermeiden (siehe Darstellung 4). Verlegearbeiten bei starkem Regen begünstigen das Absacken der Feianteile des Bettungsmaterials in die darunterliegende Fundationsschicht. Ein Verlust des Bettungsmaterials führt zwangsläufig zu Verformungen des Pflasterbelags (siehe Darstellung 2).

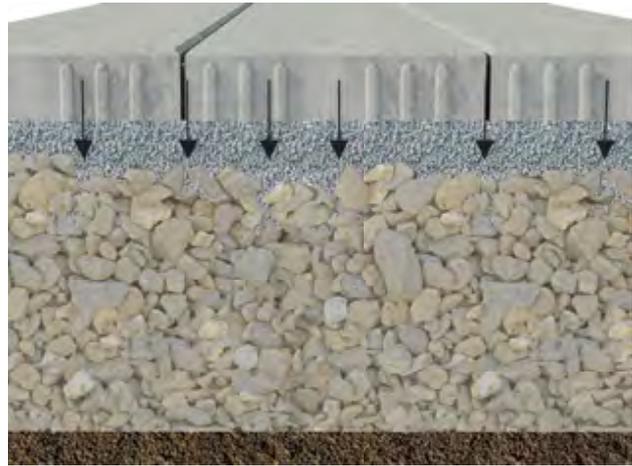
Bettungsschicht 3 cm bis max. 5 cm

Profilgerecht abgezogen

Bettungsmaterial: Splitt-Sand-Gemisch 0/8 mm (Normalfall), Rundkies 4/8 mm (Flachdach/Terrassen mit Schutzschichten)

Steinstärke

Betonsteine werden mit den Stärken $H = 4,5$ bis 12 cm hergestellt. Die durch den rollenden Verkehr verursachten dynamischen Kräfte wirken in mehreren Richtungen. Die senkrechten Lasten werden unabhängig von der Steinstärke vom Pflasterstein auf die Bettungs- und Fundationsschicht übertragen. Die horizontalen Kräfte versuchen, die Steine zu verdrehen. Diese Kräfte müssen von den Stirnseiten der Pflastersteine aufgenommen werden und verursachen Kantenpressungen. Je grösser die Steinstärke ist, desto geringer werden diese Kantenpressungen und die Deformationen in der Bettungsschicht (siehe Darstellungen 5 und 6). 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. an Bushaltestellen. Mehr Informationen zu den Pflastersteinen und den Eigenschaften können dem jeweiligen technischen Datenblatt entnommen werden.



Darstellung 4: Verlust des feinen Bettungsmaterials in die Fundationsschicht



Darstellung 5: Schubverhalten mit geringer Deformation bei hoher Steinstärke



Darstellung 6: Schubverhalten mit starker Deformation bei geringer Steinstärke

Richtwerte der Oberbaudimensionierung für Betonsteinpflasterungen ZP, T1, T2, T3

TRAGFÄHIGKEITSKLASSEN DER BÖDEN

SYSTEMAUFBAU

VERKEHRLASTKLASSE

ZP Gehbereich nicht befahrbar	T1 sehr leichter Verkehr ≤30 (ESAL/Tag)	T2 leichter Verkehr >30...100 (ESAL/Tag)	T3 mittlerer Verkehr >100...300 (ESAL/Tag)
----------------------------------	--	---	---

Bodenklasse S1

- geringe Tragfähigkeit
- M_E -Werte: 6 – 15 MN/m² auf Planum
- fein- bis mittelkörnige Böden:
Sand, Silt, Ton



Pflastersteine	≥4 cm	≥6 cm	≥8 cm	≥10 cm
Bettungsschicht	3 – 5 cm	3 – 5 cm	3 – 5 cm	3 – 5 cm
Fundationsschicht (Kiesgemisch 0/45)	30 cm (M_E -Wert: ≥80 MN/m ²)	50 cm (M_E -Wert: ≥80 MN/m ²)	60 cm (M_E -Wert: ≥100 MN/m ²)	60 cm (M_E -Wert: ≥100 MN/m ²)
Untergrund				

Bodenklasse S2

- mittlere Tragfähigkeit
- M_E -Werte: 15 – 30 MN/m² auf Planum
- mittelkörnige Böden:
Sand bis Korngrösse 2 mm



Pflastersteine	≥4 cm	≥6 cm	≥8 cm	≥10 cm
Bettungsschicht	3 – 5 cm	3 – 5 cm	3 – 5 cm	3 – 5 cm
Fundationsschicht (Kiesgemisch 0/45)	20 cm (M_E -Wert: ≥80 MN/m ²)	30 cm (M_E -Wert: ≥80 MN/m ²)	35 cm (M_E -Wert: ≥100 MN/m ²)	35 cm (M_E -Wert: ≥100 MN/m ²)
Untergrund				

Bodenklasse S3

- hohe Tragfähigkeit
- M_E -Werte: 30 – 60 MN/m² auf Planum
- mittel- bis grobkörnige Böden:
Sand, Kies



Pflastersteine	≥4 cm	≥6 cm	≥8 cm	≥10 cm
Bettungsschicht	3 – 5 cm	3 – 5 cm	3 – 5 cm	3 – 5 cm
Fundationsschicht (Kiesgemisch 0/45)	10 cm (M_E -Wert: ≥80 MN/m ²)	20 cm (M_E -Wert: ≥80 MN/m ²)	25 cm (M_E -Wert: ≥100 MN/m ²)	25 cm (M_E -Wert: ≥100 MN/m ²)
Untergrund				

Bodenklasse S4

- sehr hohe Tragfähigkeit
- M_E -Werte: > 60 MN/m² auf Planum
- grobkörnige Böden:
Kies, Korngrösse 2 – 60 mm



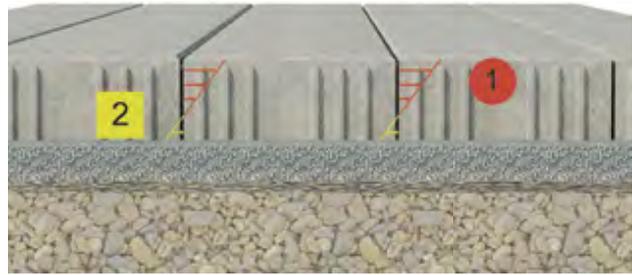
Pflastersteine	≥4 cm	≥6 cm	≥8 cm	≥10 cm
Bettungsschicht	3 – 5 cm	3 – 5 cm	3 – 5 cm	3 – 5 cm
Fundationsschicht (Kiesgemisch 0/45)	(M_E -Wert: ≥80 MN/m ²)	10 cm (M_E -Wert: ≥80 MN/m ²)	15 cm (M_E -Wert: ≥100 MN/m ²)	15 cm (M_E -Wert: ≥100 MN/m ²)
Untergrund				

Die Tragfähigkeitsdimensionierung nimmt nur Bezug auf die verschiedenen Tragfähigkeiten der Böden und die massgebende Verkehrslastklasse, die Frostdimensionierung muss zusätzlich erfolgen (siehe Kapitel Dimensionierung ab Seite 33).

Abschlussarbeiten

Anordnung der Pflastersteine

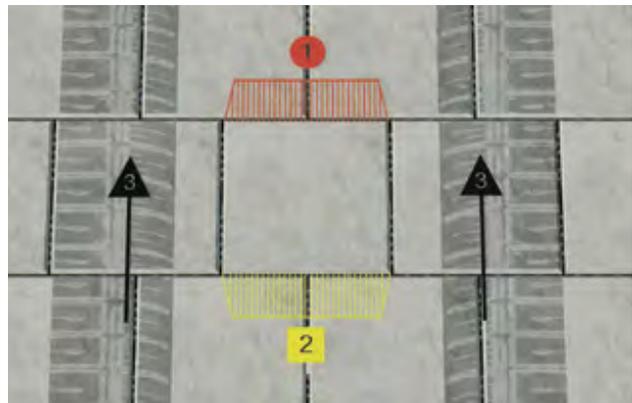
Die Anordnung der Steine hängt einerseits von der Belastung und andererseits von der Platzgestaltung ab. Bei einer geringen Belastung (ZP und T1) kann dem gestalterischen Aspekt mehr Beachtung geschenkt werden. Ist die Belastung durch Fahrzeuge erhöht (T2 und T3), sollte eine Steinanordnung mit Verbundwirkung (englischer oder Fischgratverbund) gewählt werden.



Darstellung 7: Kräfteaufbau im Stein
1 Druckspannung im oberen Bereich
2 Druckspannung im unteren Bereich

Rechtwinklige Anordnung zur Hauptfahrtrichtung

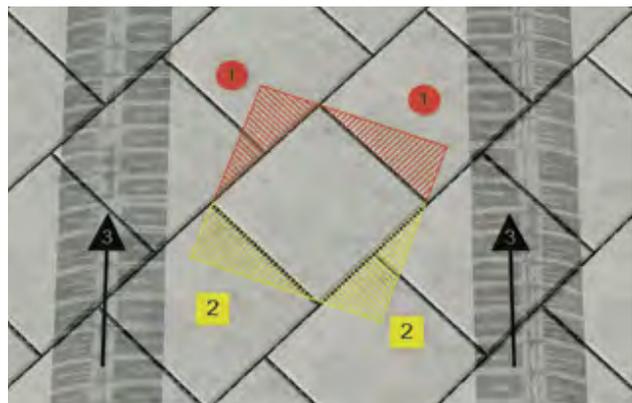
Die Anordnung der einzelnen Steine, bezogen auf die Hauptfahrtrichtung, bestimmt zusätzlich die Stabilität des Pflasterbelags. Pflastersteine, die mit den Fugen rechtwinklig zur Hauptfahrtrichtung angeordnet sind, können auftretende Kräfte nur mit 2 Stirnseiten aufnehmen (siehe Darstellung 8).



Darstellung 8: Kraftverteilung rechtwinklige Anordnung
1 Druckspannung im oberen Bereich
2 Druckspannung im unteren Bereich
3 Hauptfahrtrichtung

Diagonale Anordnung zur Hauptfahrtrichtung

Sind die Pflastersteine diagonal (z.B. mit 45°) zur Hauptfahrtrichtung angeordnet, können die auftretenden Kräfte mit 4 Stirnseiten aufgenommen werden. Die Kantenpressungen werden somit stark reduziert. Diagonal angeordnete Pflastersteine sorgen gegenüber rechtwinkliger Anordnung zusätzlich für kleinere Rollgeräusche (siehe Darstellung 9).



Darstellung 9: Kraftverteilung diagonale Anordnung
1 Druckspannung im oberen Bereich
2 Druckspannung im unteren Bereich
3 Hauptfahrtrichtung

Die Fertigung erfolgt nach Norm SN EN 1338.

Farbabweichung

Da Beton ein Naturprodukt ist, welches durch seine Bestandteile geprägt wird, können die Pflastersteine in ihrer Farbe leicht variieren. Deshalb ist es wichtig, dass beim Verlegen Steine von unterschiedlichen Paletten gemischt werden. Somit entsteht ein einheitliches und attraktives Gesamtbild.

Fugen

Die charakteristischen Eigenschaften eines Pflasterbelags werden erst mit einer funktionsfähigen Fuge wirksam. Der Steinverleger auf der Baustelle ist für die korrekte Fugenausbildung verantwortlich.

Ohne wirksame Fuge können Pflastersteine keinen stabilen Belag bilden. Es entsteht lediglich eine Ansammlung von Einzelsteinen, die sich bei geringster Belastung verschieben. Die Lasten werden somit nicht gleichmässig auf die Bettungs- respektive die Fundationsschicht übertragen.

Für Betonpflastersteine ist, je nach Steintyp und Beanspruchung, eine Fuge von 3 bis 8 mm vorzusehen.

Die Fugenausbildung von Pflastersteinen kann mithilfe von Abstandhaltern erfolgen. Jedoch ersetzt der Abstandhalter das fachgerechte Verfüllen der Fugen nicht.

Das Einsanden ist für befahrbare Pflästerungen zwingend.

Fugenmaterial

Das Fugenmaterial muss auf das Bettungsmaterial abgestimmt sein. Üblicherweise wird ungebundenes Fugenmaterial verwendet, welches den Anforderungen gemäss SN EN 13043 entspricht, jedoch kann auch wasserdurchlässiges, gebundenes Fugenmaterial eingesetzt werden. Geeignete und bewährte Fugenmaterialien sind:

- Sand 0/2, 0/4 mm
- bei breiten Fugen ein kornabgestuftes Sand/Splitt-Gemisch 0/4 mm
- Lithomex Easy «Sand», wasserdurchlässiger, polymergebundener Pflasterfugenmörtel (Fugenbreite von 3–10 mm)

Die Pflasterfuge ist erst mit einer vollständig verfüllten Fuge funktionsfähig. Gegebenenfalls muss das Verfugen wiederholt werden.

Bei mangelhafter Ausführung der Fugen kann es zu Schäden kommen wie zum Beispiel Kantenabplatzungen (Abbildung 6).

Verfugen/Abrütteln

Vor dem Abrütteln sind die Fugen mit dem entsprechenden Fugenmaterial zu füllen. Das Fugenmaterial wird kontinuierlich zum Verlegen auf dem Platz verteilt und anschliessend eingewischt/ingeschlämmt. Durch das Einschlämmen verdichtet sich das Fugenmaterial besser und die Fuge bleibt länger standhaft. Anschliessend ist der Platz sauber abzuwischen, von den Rändern beginnend zur Mitte hin und bis zur Standfestigkeit unter Beifügen von Wasser zu rütteln. Zum Abrütteln dürfen keine Rüttelwalzen verwendet werden. Schäden an der Steinoberfläche lassen sich vermeiden, wenn die Rüttelplatte zusätzlich mit einer Kunststoffmatte versehen wird.

Nach dem Abrütteln muss bindiger Sand für die oberste Fugenfüllung eingewischt und eingeschlämmt werden. Es empfiehlt sich, das restliche Fugenmaterial noch einige Zeit auf dem Pflasterbelag zu belassen, um durch die Witterung eine weitere Verfüllung zu erreichen.



Abbildung 5: Wirksamer Pflasterbelag dank korrekter Verfugung



Abbildung 6: Kantenabplatzungen infolge fehlender Verfugung

Durch mechanische Einwirkung und Witterungseinflüsse rieselt das Fugenmaterial im Laufe der Zeit in die Bettungsschicht. Weil der Pflasterbelag dadurch seine Stabilität verliert, ist ein periodisches Kontrollieren und evtl. ein Nachsanden unumgänglich.

Die Bauherrschaft ist durch den Bauverantwortlichen zu orientieren.

Wir empfehlen die Verwendung folgender Flächenrüttler:

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.

Übergänge

Bei Oberflächenveränderungen (z.B. verschiedene Pflasterbeläge oder Übergang zu Asphaltbelag) kann die Trennung der Belagsarten mit einem Betonstellstein oder -bundstein erfolgen. Sind Übergänge oder Abschlüsse Verkehrsbelastungen ausgesetzt, dann sind sie für die entsprechenden Verkehrslastklassen zu dimensionieren (siehe Darstellung 10).

Randabschlüsse

Randabschlüsse fassen den Pflasterplatz ein und verhindern ein Verschieben der Steine in den Randregionen. Neben ihrer funktionellen Eigenschaft runden die Randabschlüsse den Platz auch visuell ab. Es können sichtbare und unsichtbare Abschlüsse eingebaut werden.

Rand- oder Bundsteine (sichtbar)

Rand- und Bundsteine werden meistens für Abschlüsse von Gehwegen zu Verkehrsflächen mit einem Niveauunterschied eingesetzt. Dieser Abschluss dient oft als Ableitung des Oberflächenwassers (siehe Darstellung 11).

Stellsteine (sichtbar)

Um zwei verschiedene Flächen optisch wie auch funktionell zu trennen, eignet sich der Stellstein. Dieser wird in die Fundationsschicht einbetoniert und leitet die auftretenden Kräfte in den Untergrund. Die Stellsteine eignen sich vor allem für Abschlüsse von Parkplätzen mit auftretenden Schubkräften (siehe Darstellung 12).



Darstellung 10: Übergang mit einem Betonstellstein



Darstellung 11: Übergang mit Rand- und Bundsteinen



Darstellung 12: Randabschluss mit einem Betonstellstein

Betonabschluss (unsichtbar)

Das Anbetonieren der Pflastersteine verleiht den Steinen den benötigten seitlichen Halt, ohne dass der Abschluss sichtbar ist. Wichtig ist, dass die Pflastersteine nicht unterbetoniert werden und der Beton bis in die Fundationschicht geht. Dieser Randabschluss ist für Parkplätze mit auftretenden Schubkräften sowie für Gehwege und Gartenplätze geeignet (siehe Darstellung 13).



Darstellung 13: Anbetonieren der Pflastersteine

PAVE EDGE Kunststoff-Randschiene (unsichtbar)

Die PAVE EDGE Randschiene eignet sich für Gehwege und Gartenplätze mit geringen Schubkräften. Sie wird mit einem Erdnagel in der Fundationschicht verankert (siehe Darstellung 14).

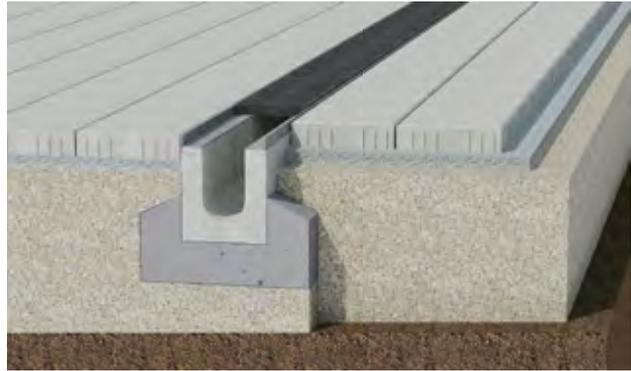


Darstellung 14: PAVE EDGE Kunststoff-Randschiene

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 Oberfläche der Tragschicht geplant und ausgeführt werden. Es darf kein Wasserstau unter der Pflasterung entstehen. Minimale Gefälle im Strassenbereich:

- Min. 0,5% **Längsgefälle** zur Sicherung des Wasserabflusses (VSS-Norm SN 640 110). Bei einem Längsgefälle von 8% muss eine Querrinne eingebaut werden.
- Min. 3% **Quergefälle** zur Oberflächenentwässerung (VSS-Norm SN 640 742).



Darstellung 15: Entwässerungsrinne im Pflasterbelag

Entwässerungsrinne

Die Wahl des Rinnentyps erfolgt nach der Grösse des Platzes und der abzuführenden Wassermenge sowie nach der zu erwartenden Verkehrslast. Die Rinne muss in einem Betonfundament (C 25/30) versetzt und seitlich einbetoniert werden. Für den korrekten Rinneneinbau verwenden Sie die Angaben der Rinnenhersteller. Beim Einbau ist darauf zu achten, dass sich die Rinnenoberkante 2–5 mm unterhalb der Pflasterbelagoberkante befindet. Weiter muss die Entwässerung der Bettungsschicht entlang der Entwässerungsrinne gewährleistet sein. Bei starkem Gefälle oder grossen Bremskräften muss ein Betonriegel seitlich vorgesehen werden, nach Angaben der örtlichen Bauleitung (siehe Darstellung 15 und 16).



Darstellung 16: Entwässerungsrinne mit integriertem Betonriegel und Entwässerung der Bettungsschicht

Entwässerungsrinne mit Pflastersteinen

Die Entwässerung kann auch durch eine Rinne, ausgeführt mit Pflastersteinen, erfolgen. Die Pflastersteine werden nass in nass in eine zementgebundene Bettungsschicht verlegt, welche die Form vorgibt. Die Fugen müssen mit Zementmörtel ausgeführt werden, damit es kein Auswaschen der Fugen gibt (siehe Darstellung 17).



Darstellung 17: Entwässerungsrinne, ausgeführt mit Pflastersteinen

Bodenwasserablauf auf Dachkonstruktionen

Die Erstellung von Pflasterbelägen 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 Unternehmens zu erfolgen. Zur Vermeidung von Ausblühungen darf sich kein Stauwasser bilden. Es gilt ein Mindestgefälle von 1,5% (SIA 271) einzuhalten (siehe Darstellung 18).



Darstellung 18: Flachdach- und Terrassenentwässerung

Unterhalt und Reinigung

Dem Unterhalt und der Reinigung eines Pflasterbelags sollte die gleiche Aufmerksamkeit geschenkt werden wie den Bodenbelägen im Innern eines Hauses. Schon mit geringem kontinuierlichem Aufwand bleiben die Pflastersteine langlebig und attraktiv. Bei entsprechender Pflege haben Betonpflastersteine eine Lebensdauer von 40 Jahren. Die Lebensdauer wird jedoch nicht nur durch den Stein geprägt, sondern auch durch den korrekten Aufbau und die Funktionsfähigkeit der Fuge.

Unterhalt

Durch mechanische Einwirkungen und Witterungseinflüsse rieselt das Fugenmaterial im Laufe der Zeit in die Bettungsschicht und wird durch Reinigung und Wasser aus den Fugen geschwemmt/gewischt. Weil die Pflastersteine dadurch die Stabilität verlieren, ist ein periodisches Nachsanden unumgänglich. Kleinere Setzungen können durch den Ausbau der Pflastersteine, das Anpassen der Bettungsschicht und das Wiederverlegen der Pflasterung rasch korrigiert werden.

Durch die Imprägnierung der Oberfläche verringert sich das Saugvermögen des Pflastersteins. Dadurch wird der Stein weniger empfindlich gegen Fleckenbildung durch Tropföle von Fahrzeugen und Getränke. Auch Algen und Moosbildungen lassen sich so wesentlich einfacher entfernen. Die Schutzschicht bindet und erhält die feine Oberflächenstruktur des Pflastersteins und verlangsamt die Veränderung der Oberflächenbeschaffenheit durch Wetter und Verschleiss. In Abhängigkeit vom Beschichtungsmittel und von der Nutzung weisen die meisten Schutzschichten eine Lebensdauer von ein bis drei Jahren auf. Schutzschichten müssen daher regelmässig erneuert werden, wobei der örtliche Fussgänger- und Fahrzeugverkehr die Häufigkeit bestimmt.

Schneeräumung

Der Schnee muss mechanisch geräumt werden, bevor er sich zu Eis verdichtet. Hat sich bereits Eis angesetzt, können zur Unfallverhütung Tausalze auf den Pflasterbelägen in folgender Dosierung eingesetzt werden (SN 640 772b):

	Temperatur	
	0 bis -8°C	-8 bis -20°C
Tausalzmenge	7–15 g/m ²	10–20 g/m ²
Tausalzmischverhältnis	nur NaCl	NaCl 60% CaCl ₂ 30%

Bei einer übermässigen Dosierung, nicht gemäss den obenstehenden Angaben, kann der Pflasterbelag irreparable Schäden nehmen.

Öffnen und Wiederverlegen von Pflasterbelägen

Wenn ein Pflasterbelag für Grabarbeiten oder zur Instandsetzung geöffnet wird, sollte er für einen ausreichend grossen Arbeitsraum mindestens 2 m breit ausgebaut werden. Ab der Aushubkante müssen mindestens 50 cm mehr entfernt werden. Da sich während der Ausführung und unter Verkehr im Pflasterbelag Horizontalkräfte aufbauen, wird die Pflasterung über der Ausgrabung mit Kanthölzern und



Abbildung 7: CREA-PROTECT®-Pflegeprodukte

Streben abgestützt. Das hindert die Pflasterung, in Richtung Öffnung zu wandern. Pflasterbeläge sind bei Aufgrabungen unter den Belagsarten einzigartig, weil die Arbeiten keine Spuren hinterlassen. Das setzt jedoch eine sehr sorgfältige Wiederverfüllung voraus. Speziell ist darauf zu achten, dass die neue Bettung die gleiche Schichtstärke aufweist wie die bereits verlegte, um so Verformungen unter Belastung bei ungleichen Schichtstärken zu vermeiden. Das Koffermaterial muss vorschriftsgemäss verdichtet werden.

Reinigung

Wischen und Abspritzen lässt den Pflasterbelag über lange Zeit gut aussehen, insbesondere dann, wenn die Oberfläche eine Schutzschicht hat. Das Abspritzen mit einem Hochdruckwasserstrahl ist nicht empfehlenswert, denn der Druck des Wasserstrahls verändert respektive verletzt die Betonoberfläche. Manche hartnäckigen Flecken lassen sich jedoch durch eine routinemässige Reinigung nicht entfernen. Mit den Spezialprodukten der CREA-PROTECT®-Linie können Ausblühungen, Humus- und Pflanzenflecken, Rostflecken, Algen und Moos entfernt werden. Dabei ist jedoch Vorsicht geboten, weil die Fleckenentfernung meistens sichtbar bleibt und die Farbe und Textur der Steinoberfläche verändert. Das Reinigungsmittel sollte deshalb gemäss den Anwendungsvorschriften sorgfältig verwendet werden. Lassen Sie sich von der Creabeton Matériaux AG beraten.

Betonsteinpflaster kann auch mit Kehr- und Saugmaschinen sowie mit speziellen Reinigungsgeräten gereinigt 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 Pflasterbelags durch den Sandverlust.

In vielen Fällen ist es oft besser, stark verschmutzte Pflastersteine durch Reservesteine zu ersetzen.

ÖKOPFLASTERSTEINE

Allgemeine Infos

Definition Ökopflastersteine

Ökopflastersteine sind vorgefertigte Betonsteine für die Befestigung von Strassen, Wegen und Plätzen, welche das anfallende Niederschlagswasser direkt in den Boden ableiten. Die Ökopflastersteine lassen sich in drei verschiedene Gruppen einteilen:

Wasserdurchlässige Pflastersteine (Sickersteine)

Sickersteine sind offenporige Pflastersteine, welche das Niederschlagswasser durch den Stein in den Untergrund ableiten. Durch die offenen Poren kann der Stein das Wasser direkt in den Untergrund ableiten und sorgt gleichzeitig für eine Belüftung des Bodens.

Pflastersteine mit aufgeweiteten Fugen

Bei dieser Art von Pflastersteinen wird das Niederschlagswasser durch die aufgeweiteten Fugen in den Untergrund abgeleitet. Die aufgeweiteten Fugen werden durch werkseitig angebrachte Abstandsnocken erzielt. Durch die Aufweitung der Fugen wird ein Fugenanteil von 9–18% ermöglicht. Die Fugenfüllung erfolgt anschließend mit Splitt oder Rasen.

Steine mit eingelassenen Kammern (Rasengittersteine)

Die Ableitung des Niederschlagswassers erfolgt bei den Rasengittersteinen durch die in den Stein eingelassenen Kammern (Hohlräume). Der Anteil der Kammern beträgt 32–40% und sie werden in der Regel begrünt. Um eine effizientere Entwässerung und einen geringeren Unterhalt zu erreichen, können die Kammern mit Splitt aufgefüllt werden.

Einsatzbereich

Für die Wahl des Steintyps und der Steinstärke ist neben ästhetischen Überlegungen die Verkehrslastklasse massgebend. Diese ist nach der Norm SN 640 480 definiert.

Verkehrslastklasse ZP (Gehbereiche)

Fussgängerzonen, Gehwege, Balkone, Terrassen usw. In diesen Bereichen können alle Ökosteine verwendet werden.

Verkehrslastklasse T1 (sehr leichter Verkehr)

Ausschliesslich von leichten Motorfahrzeugen befahrene Flächen, z.B. Hauseinfahrten, Vorplätze oder Parkplätze. Einsatzbereiche für Ökopflastersteine ab Steinstärke 6 cm, besser Steinstärke von 8 cm einsetzen.

Verkehrslastklasse T2 (leichter Verkehr)

Für Plätze, die zusätzlich wenig mit schweren Motorfahrzeugen befahren werden, z.B. Quartierstrassen usw. Bei diesen Strassen müssen Sickersteine und Pflastersteine mit aufgeweiteten Fugen (nur mit Splitt als Fugenmaterial) mit einer Steinstärke von mindestens 8 cm eingesetzt werden. Rasengittersteine müssen für diese Verkehrslastklasse eine minimale Höhe von 12 cm aufweisen.



Abbildung 8: CARENA® Sickerstein



Abbildung 9: TEGULA® SPLITT Ökostein mit aufgeweiteten Fugen



Abbildung 10: GRISON Rasengitterstein

Aufbau des Oberbaus

Dimensionierung der Fundationsschicht

Die Fundationsschicht ist die Schicht, welche die auftretenden Kräfte auf der Oberfläche des Pflasterbelags in den Untergrund ableitet. Hierzu wird ein Kiesgemisch 0/45 verwendet, welches den Anforderungen gemäss SN EN 13242 entspricht und lageweise ca. alle 20 cm verdichtet wird. Wichtig ist, dass die Fundationsschicht wie auch der Unterbau wasserdurchlässig sind (Durchlässigkeitsbeiwert $k_f \geq 5 \cdot 10^{-6}$ m/s), damit sich kein Wasser unter dem Pflasterbelag stauen kann (siehe Kapitel Versickerung ab Seite 39). Die Dimensionierung der Fundationsschicht richtet sich nach der darunterliegenden Tragfähigkeit und Frostempfindlichkeit des Bodens, sowie nach der massgebenden Verkehrsklasse (siehe Kapitel Dimensionierung ab Seite 33).

Die Fundationsschicht muss bereits das Endgefälle des Pflasterbelags von mindestens 2% aufweisen und die Planie der Fundationsschicht darf maximale Unebenheiten von 2 cm, gemessen auf eine 4 m lange Messlatte, aufweisen. Somit wird sichergestellt, dass die Bettungsschicht auf der gesamten Baufläche die gleiche Höhe aufweist und dass keine nachträglichen Senkungen durch die auftretenden Kräfte im Pflasterbelag entstehen (siehe Darstellung 20).

Der gesamte Aufbau und der Untergrund müssen wasserdurchlässig und tragfähig sein.

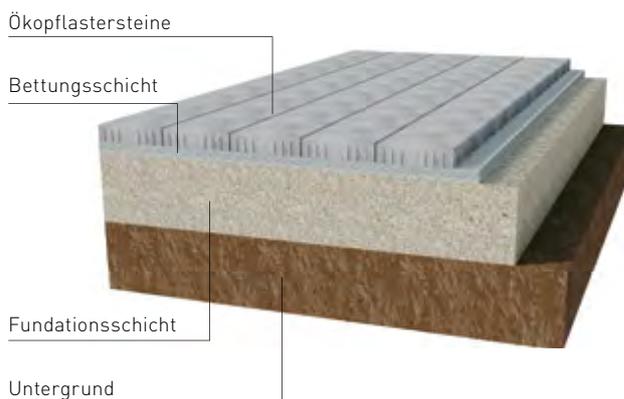
Bettungsschicht

Die Bettungsschicht dient als Unterlage und somit als eigentliches Bett für die Ökopflastersteine. Sie gleicht Höhentoleranzen der Steine aus und nimmt kleine Unebenheiten der Fundationsschicht auf.

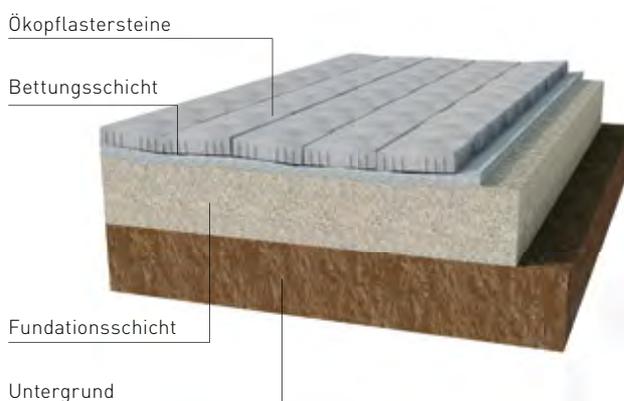
Die Dicke der Bettungsschicht soll mindestens 3 cm und höchstens 5 cm betragen. Die Mindestdicke gewährleistet eine einwandfreie Einbettung der Pflastersteine, die Einhaltung der Maximaldicke vermeidet Spurrinnen. Die Bettungsschicht muss über die gesamte Fläche gleichmässig dick sein und profilgerecht abgezogen werden.

Bettungsmaterial

Für die Bettungsschicht von Sickerbelägen sind Materialien erforderlich, die ausreichend wasserdurchlässig und filterstabil sind. Geeignete Bettungsmaterialien sind gewaschene Splitte 2/4 mm, besser 4/8 mm, welche der Anforderung gemäss SN EN 13043 entsprechen.



Darstellung 19: Korrekter Aufbau



Darstellung 20: Mangelhafter Aufbau mit ungleichmässiger Bettungsdicke



Darstellung 21: Detailschnitt Oberbau

Bei einer grobkörnigen Schotter-Fundationsschicht ist darauf zu achten, dass die Oberfläche mit abgestuftem, feinerem Material geschlossen wird, um das Einrieseln des Bettungsmaterials in die Schottererschicht zu vermeiden (siehe Darstellung 22). Verlegearbeiten bei starkem Regen begünstigen das Absacken der Feianteile des Bettungsmaterials in die darunter liegende Fundationsschicht. Ein Verlust des Bettungsmaterials führt zwangsläufig zu Verformungen des Pflasterbelags (siehe Darstellung 20).

**Bettungsschicht 3 cm bis max. 5 cm
 Profilgerecht abgezogen
 Bettungsmaterial: gewaschene Splitte 4/8 mm**

Steinstärke

Die Sickersteine werden mit den Stärken $H = 6$ und 8 cm hergestellt. Pflastersteine mit aufgeweiteten Fugen weisen eine Steinstärke von $H = 8$ cm und die Rasengittersteine eine Steinstärke von $H = 8$ bis 12 cm auf. Die durch den rollenden Verkehr verursachten dynamischen Kräfte wirken in mehrere Richtungen. Die senkrechten Lasten werden unabhängig der Steinstärke vom Ökopflasterstein auf die Bettungs- und Fundationsschicht übertragen. Die horizontalen Kräfte versuchen, die Steine zu verdrehen. Diese Kräfte müssen von den Stirnseiten der Pflastersteine aufgenommen werden und verursachen Kantenpressungen. Je grösser die Steinstärke ist, desto geringer werden diese Kantenpressungen und die Deformationen in der Bettungsschicht (siehe Darstellungen 23 und 24). Ökopflastersteine mit zu geringer Steinstärke verkanten sich bei rollendem Verkehr und bilden ein «Sägeprofil». Mehr Informationen zu den Ökopflastersteinen und deren Eigenschaften können dem jeweiligen technischen Datenblatt entnommen werden.



Darstellung 22: Verlust des feinen Bettungsmaterials in die Fundationsschicht



Darstellung 23: Schubverhalten mit geringer Deformation bei hoher Steinstärke



Darstellung 24: Schubverhalten mit starker Deformation bei geringer Steinstärke

Richtwerte der Oberbaudimensionierung für Betonsteinpflasterungen ZP, T1, T2

TRAGFÄHIGKEITSKLASSEN DER BÖDEN

SYSTEMAUFBAU

VERKEHRSLASTKLASSE

ZP Gehbereich nicht befahrbar	T1 sehr leichter Verkehr	
	≤30 (ESAL/Tag)	T2 leichter Verkehr >30...100 (ESAL/Tag)

Bodenklasse S1

- geringe Tragfähigkeit
- M_E -Werte: 6 – 15 MN/m² auf Planum
- fein- bis mittelkörnige Böden: Sand, Silt, Ton

Sickersteine
Pflastersteine mit aufgeweiteten Fugen
Rasengittersteine
Bettungsschicht



≥4 cm	≥6 cm	≥8 cm
≥4 cm	≥6 cm	≥8 cm (nur Splittfugen)
≥8 cm	≥8 cm	≥12 cm
3 – 5 cm	3 – 5 cm	3 – 5 cm

Fundationsschicht
(Kiesgemisch 0/45)

30 cm (M_E -Wert: ≥80 MN/m ²)	50 cm (M_E -Wert: ≥80 MN/m ²)	60 cm (M_E -Wert: ≥100 MN/m ²)
---	---	--

Untergrund

Bodenklasse S2

- mittlere Tragfähigkeit
- M_E -Werte: 15 – 30 MN/m² auf Planum
- mittelkörnige Böden: Sand bis Korngrösse 2 mm

Sickersteine
Pflastersteine mit aufgeweiteten Fugen
Rasengittersteine
Bettungsschicht



≥4 cm	≥6 cm	≥8 cm
≥4 cm	≥6 cm	≥8 cm (nur Splittfugen)
≥8 cm	≥8 cm	≥12 cm
3 – 5 cm	3 – 5 cm	3 – 5 cm

Fundationsschicht
(Kiesgemisch 0/45)

20 cm (M_E -Wert: ≥80 MN/m ²)	30 cm (M_E -Wert: ≥80 MN/m ²)	35 cm (M_E -Wert: ≥100 MN/m ²)
---	---	--

Untergrund

Bodenklasse S3

- hohe Tragfähigkeit
- M_E -Werte: 30 – 60 MN/m² auf Planum
- mittel- bis grobkörnige Böden: Sand, Kies

Sickersteine
Pflastersteine mit aufgeweiteten Fugen
Rasengittersteine
Bettungsschicht



≥4 cm	≥6 cm	≥8 cm
≥4 cm	≥6 cm	≥8 cm (nur Splittfugen)
≥8 cm	≥8 cm	≥12 cm
3 – 5 cm	3 – 5 cm	3 – 5 cm

Fundationsschicht
(Kiesgemisch 0/45)

10 cm (M_E -Wert: ≥80 MN/m ²)	20 cm (M_E -Wert: ≥80 MN/m ²)	25 cm (M_E -Wert: ≥100 MN/m ²)
---	---	--

Untergrund

Bodenklasse S4

- sehr hohe Tragfähigkeit
- M_E -Werte: >60 MN/m² auf Planum
- grobkörnige Böden: Kies, Korngrösse 2 – 60 mm

Sickersteine
Pflastersteine mit aufgeweiteten Fugen
Rasengittersteine
Bettungsschicht



≥4 cm	≥6 cm	≥8 cm
≥4 cm	≥6 cm	≥8 cm (nur Splittfugen)
≥8 cm	≥8 cm	≥12 cm
3 – 5 cm	3 – 5 cm	3 – 5 cm

Fundationsschicht
(Kiesgemisch 0/45)

(M_E -Wert: ≥80 MN/m ²)	10 cm (M_E -Wert: ≥80 MN/m ²)	15 cm (M_E -Wert: ≥100 MN/m ²)
--	---	--

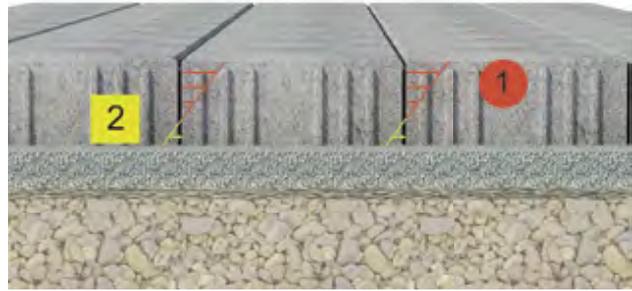
Untergrund

Die Tragfähigkeitsdimensionierung nimmt nur Bezug auf die verschiedenen Tragfähigkeiten der Böden und die massgebende Verkehrslastklasse, die Frostdimensionierung muss zusätzlich erfolgen (siehe Kapitel Dimensionierung ab Seite 33).

Abschlussarbeiten

Anordnung der Ökopflastersteine

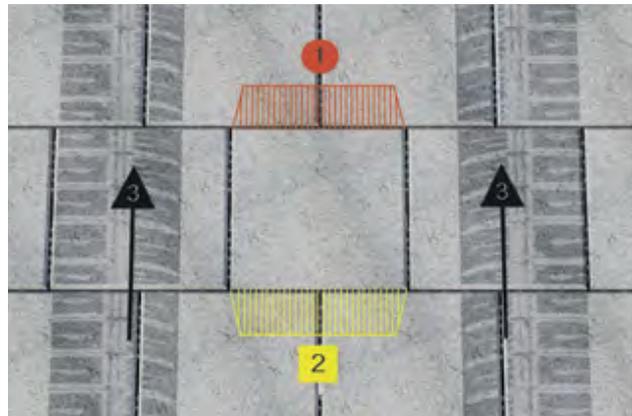
Die Anordnung der Steine hängt einerseits von der Belastung und andererseits von der Platzgestaltung ab. Bei einer geringen Belastung (ZP und T1) kann dem gestalterischen Aspekt mehr Beachtung geschenkt werden. Ist die Belastung durch Fahrzeuge erhöht (T2), sollte eine Steinanordnung mit Verbundwirkung (englischer oder Fischgratverbund) gewählt werden.



Darstellung 25: Kräfteaufbau im Stein
1 Druckspannung im oberen Bereich
2 Druckspannung im unteren Bereich

Rechtwinklige Anordnung zur Hauptfahrtrichtung

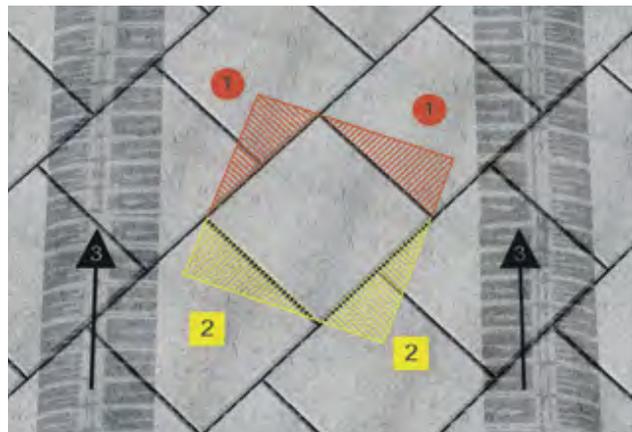
Die Anordnung der einzelnen Steine, bezogen auf die Hauptfahrtrichtung, bestimmt zusätzlich die Stabilität des Pflasterbelags. Ökopflastersteine, die mit den Fugen rechtwinklig zur Hauptfahrtrichtung angeordnet sind, können auftretende Kräfte nur mit 2 Stirnseiten aufnehmen (siehe Darstellung 26).



Darstellung 26: Kraftverteilung rechtwinklige Anordnung
1 Druckspannung im oberen Bereich
2 Druckspannung im unteren Bereich
3 Hauptfahrtrichtung

Diagonale Anordnung zur Hauptfahrtrichtung

Sind die Ökopflastersteine diagonal (z.B. mit 45°) zur Hauptfahrtrichtung angeordnet, können die auftretenden Kräfte mit 4 Stirnseiten aufgenommen werden. Die Kantenpressungen werden somit stark reduziert. Diagonal angeordnete Ökopflastersteine sorgen gegenüber rechtwinkliger Anordnung zudem für kleinere Rollgeräusche (siehe Darstellung 27).



Darstellung 27: Kraftverteilung diagonale Anordnung
1 Druckspannung im oberen Bereich
2 Druckspannung im unteren Bereich
3 Hauptfahrtrichtung

Die Fertigung der Pflastersteine mit aufgeweiteten Fugen erfolgt nach der Norm SN EN 1338.

Die Fertigung der Sickersteine erfolgt in Anlehnung an die Norm SN EN 1338.

Die Fertigung der Rasengittersteine erfolgt in Anlehnung an die Norm SN EN 1339.

Farbabweichung

Da Beton ein Naturprodukt ist, welches durch seine Bestandteile geprägt wird, können die Pflastersteine in ihrer Farbe leicht variieren. Deshalb ist es wichtig, dass beim Verlegen Steine von unterschiedlichen Paletten gemischt werden. Somit entsteht ein einheitliches und attraktives Gesamtbild.

Fugen

Die charakteristischen Eigenschaften eines Ökopflasterbelags werden erst mit einer funktionsfähigen Fuge respektive gefüllten Kammern wirksam. Der Steinverleger auf der Baustelle ist für die korrekte Fugenausbildung verantwortlich.

Ohne wirksame Fuge können Ökopflastersteine keinen stabilen Belag bilden. Es entsteht lediglich eine Ansammlung von Einzelsteinen, die sich bei geringster Belastung verschieben. Die Lasten werden somit nicht gleichmässig auf die Bettungs- respektive die Fundationsschicht übertragen.

Die Fugenausbildung von Ökopflastersteinen kann mithilfe von Abstandhaltern erfolgen. Jedoch ersetzt der Abstandhalter nicht das fachgerechte Verfüllen der Fugen.

Das Füllen der Fugen ist für befahrbare Pflasterungen zwingend.

Fugenmaterial

Das Fugenmaterial ist abhängig von den verschiedenen Ökopflastersteinsystemen und muss auf das Bettungsmaterial abgestimmt sein.

Sickersteine

Bewährtes Fugenmaterial für die Sickersteine ist ein gewaschener Splitt 2/4 mm. Wird ein Sand-/Splittgemisch eingesetzt, rieselt das feine Fugenmaterial in die Bettungsschicht und verringert deren Wasserdurchlässigkeit. Der Einsatz von gebundenem Fugenmörtel ist bei Sickersteinen nicht zu empfehlen, denn das feine Fugenmaterial verunreinigt die Poren und verringert die Sickerfähigkeit des Steines erheblich.

Pflastersteine mit aufgeweiteten Fugen

Hier gilt es als Erstes zu unterscheiden, ob es sich um Rasen- oder Splittfugen handelt.

Splittfugen werden mit dem gleichen Material verfüllt, das für die Bettungsschicht eingesetzt wird. In der Regel eignen sich gewaschene Splitte 2/4 mm, besser 4/8 mm, welche der Anforderung gemäss SN EN 13043 entsprechen.

Rasenfugen werden mit einem Splitt-/Humus-Gemisch im Verhältnis $\frac{2}{3}$ zu $\frac{1}{3}$ verfüllt. Vor der Begrünung sollten sich die Fugen noch absenken. Danach sollte ein speziell für Rasengitterstein entwickeltes Saatgut eingesetzt werden.

Rasengittersteine

Die Kammern werden mit einem Splitt-/Humus-Gemisch im Verhältnis $\frac{2}{3}$ zu $\frac{1}{3}$ verfüllt. Vor der Begrünung sollte sich die Kammerfüllung noch absenken. Danach sollte ein speziell für Rasengitterstein entwickeltes Saatgut eingesetzt werden. Die besten Resultate für die Begrünung wurden mit dem Saatgut «Gittersteinrasen» der Eric Schweizer AG erzielt.

Die Ökopflasterfuge ist erst mit einer vollständig verfüllten Fuge funktionsfähig. Gegebenenfalls muss das Verfugen wiederholt werden.



Abbildung 11: Wirksamer Sickersteinbelag dank korrekter Verfugung



Abbildung 12: Korrekte Fugenausbildung bei Ökopflastersteinen mit aufgeweiteten Fugen

Verfugen/Abrütteln

Vor dem Abrütteln sind die Fugen mit dem entsprechenden Fugenmaterial zu füllen. Das Fugenmaterial wird auf dem Platz verteilt und anschliessend eingewischt/eingeschlämmt. Durch das Einschlämmen verdichtet sich das Fugenmaterial besser und die Fuge bleibt länger standhaft. Anschliessend ist der Platz sauber abzuwischen, von den Rändern beginnend zur Mitte hin, und bis zur Standfestigkeit zu rütteln. Zum Abrütteln dürfen keine Rüttelwalzen verwendet werden. Schäden an der Steinoberfläche lassen sich vermeiden, wenn die Rüttelplatte zusätzlich mit einer Kunststoffmatte versehen wird.

Durch mechanische Einwirkung und Witterungseinflüsse rieselt das Fugenmaterial im Laufe der Zeit in die Bettungsschicht. Weil der Pflasterbelag dadurch an Stabilität verliert, ist ein periodisches Kontrollieren und evtl. Nachverfugen unumgänglich.

Die Bauherrschaft ist durch den Bauverantwortlichen zu orientieren.

Wir empfehlen die Verwendung folgender Flächenrüttler:

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.

Übergänge

Bei Oberflächenveränderungen zwischen verschiedenen Belägen kann die Trennung der Belagsarten mit einem Betonstellstein oder Bundstein erfolgen. Sind Übergänge oder Abschlüsse Verkehrsbelastungen ausgesetzt, dann sind sie für die entsprechenden Verkehrslastklassen zu dimensionieren (siehe Darstellung 28).

Randabschlüsse

Randabschlüsse fassen den Pflasterplatz ein und verhindern das Verschieben der Steine in den Randregionen. Neben ihrer funktionellen Eigenschaft runden die Randabschlüsse den Platz auch visuell ab. Es können sichtbare und unsichtbare Abschlüsse eingebaut werden.

Rand- oder Bundsteine (sichtbar)

Rand- und Bundsteine werden meistens für Abschlüsse von Gehwegen zu Verkehrsflächen mit einem Niveauunterschied eingesetzt. Dieser Abschluss dient oft als Ableitung des Oberflächenwassers (siehe Darstellung 29).

Stellsteine (sichtbar)

Die Stellsteine werden in die Fundationsschicht einbetoniert und leiten somit die Schubkräfte über die Fundation in den Untergrund ab. Stellsteine eignen sich vor allem für Abschlüsse von Parkplätzen mit auftretenden Schubkräften und lassen sich als Abgrenzung zu einer Grünfläche einsetzen (siehe Darstellung 30).

Betonabschluss (unsichtbar)

Das Anbetonieren der Ökopflastersteine verleiht den Steinen den benötigten seitlichen Halt, ohne dass der Abschluss sichtbar ist. Wichtig ist, dass die Steine nicht unterbetoniert werden und der Beton bis in die Fundationsschicht reicht, nur so ist die Kraftübertragung gewährleistet. Dieser Randabschluss ist für Parkplätze mit auftretenden Schubkräften sowie für Gehwege und Gartenplätze geeignet (siehe Darstellung 31).



Darstellung 28: Übergang mit einem Betonstellstein



Darstellung 29: Übergang mit Rand- und Bundsteinen



Darstellung 30: Randabschluss mit einem Betonstellstein



Darstellung 31: Anbetonieren der Ökopflastersteine

PAVE EDGE Kunststoff-Randschiene (unsichtbar)

Die PAVE EDGE Randschiene eignet sich für Gehwege und Gartenplätze mit geringen Schubkräften. Sie wird mit einem Erdnagel in der Fundationsschicht verankert (siehe Darstellung 32).



Darstellung 32: PAVE EDGE Kunststoff-Randschiene

Oberflächenentwässerung

Trotz wasserdurchlässigem Belag sollte eine Entwässerung für Starkniederschlag eingeplant werden. Oft kann das überschüssige Wasser über die Schulter in die Grünfläche abgeleitet werden. Neben der oberen Entwässerungsebene muss auch die untere Entwässerung auf der Oberfläche der Tragschicht geplant und ausgeführt werden. Es darf kein Wasserstau unter der Ökopflasterung entstehen.

Entwässerungsrinne

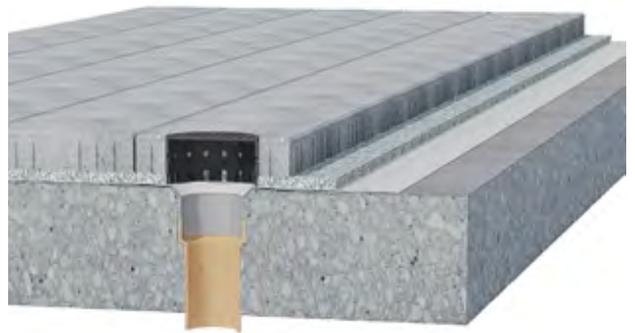
Die Wahl des Rinnentyps erfolgt nach der Grösse des Platzes und der abzuführenden Wassermenge sowie nach der zu erwartenden Verkehrslast. Die Rinne muss in einem Betonfundament (C 25/30) versetzt und seitlich einbetoniert werden. Für den korrekten Rinneneinbau verwenden Sie die Angaben der Rinnenhersteller. Beim Einbau ist darauf zu achten, dass sich die Rinnenoberkante 2–5 mm unterhalb der Belagoberkante befindet. Weiter muss die Entwässerung der Bettungsschicht entlang der Entwässerungsrinne gewährleistet sein (siehe Darstellung 33).



Darstellung 33: Entwässerungsrinne im Pflasterbelag

Bodenwasserablauf auf Dachkonstruktionen

Die Erstellung von Ökopflasterbelägen auf Dachkonstruktionen mit und ohne Isolationen erfordert äusserste Sorgfalt. Der Einbau von Steinen und Abläufen hat nach den Anweisungen des für die Isolation/die Dichtungsfolie zuständigen Unternehmens zu erfolgen. Zur Vermeidung von Ausblühungen darf sich kein Stauwasser bilden. Es gilt ein Mindestgefälle von 1,5% (SIA 271) einzuhalten (siehe Darstellung 34).



Darstellung 34: Flachdach- und Terrassenentwässerung

Unterhalt und Reinigung

Dem Unterhalt und der Reinigung des Ökopflasterbelags sollte die gleiche Aufmerksamkeit geschenkt werden wie den Bodenbelägen im Innern des Hauses. Schon mit geringem kontinuierlichem Aufwand bleiben die Ökosteine langlebig und attraktiv. Bei entsprechender Pflege hat der Belag eine Lebensdauer von 40 Jahren. Die Lebensdauer wird jedoch nicht nur durch den Stein geprägt, sondern auch durch den korrekten Aufbau und die Funktionsfähigkeit der Fuge.

Unterhalt

Durch mechanische Einwirkungen und Witterungseinflüsse rieselt das Fugenmaterial im Laufe der Zeit in die Bettungsschicht und wird durch Reinigung und Wasser aus den Fugen geschwemmt/gewischt. Weil der Ökopflasterbelag dadurch die Stabilität verliert, ist ein periodisches Kontrollieren und Nachfüllen der Fugen unumgänglich. Kleinere Setzungen können durch den Ausbau der Ökopflastersteine, das Anpassen der Bettungsschicht und das Wiederverlegen der Pflasterung rasch korrigiert werden.

Schneeräumung

Der Schnee muss mechanisch geräumt werden, bevor er sich zu Eis verdichtet. Der Einsatz von Tausalzen ist bei Belägen mit flächenwirkender Versickerung zu vermeiden. Hier sollten nur abstumpfende Streumittel wie Splitt 4/8 mm eingesetzt werden.

Öffnen und Wiederverlegen von Ökopflasterbelägen

Wenn ein Ökopflasterbelag für Grabarbeiten oder zur Instandsetzung geöffnet wird, sollte er für einen ausreichend grossen Arbeitsraum mindestens 2 m breit ausgebaut werden. Ab der Aushubkante müssen mindestens 50 cm mehr entfernt werden. Da sich während der Ausführung und unter Verkehr im Ökopflasterbelag Horizontalkräfte aufbauen, wird die Pflasterung über der Ausgrabung mit Kanthölzern und Streben abgestützt. Das hindert die Pflasterung, in Richtung Öffnung zu wandern. Ökopflasterbeläge sind bei Aufgrabungen unter den Belagsarten einzigartig, weil die Arbeiten keine Spuren hinterlassen. Dies setzt jedoch eine sehr sorgfältige Wiederverfüllung voraus. Speziell ist darauf zu achten, dass die Bettung die gleiche Schichtstärke aufweist wie die bereits verlegte, um so Verformungen unter Belastung bei ungleichen Schichtstärken zu vermeiden. Das Koffermaterial muss vorschriftsgemäss verdichtet werden.

Reinigung

Wischen und Abspritzen lässt den Ökopflasterbelag über lange Zeit gut aussehen. Das Abspritzen mit einem Hochdruckwasserstrahl ist nicht empfehlenswert, denn der Druck des Wasserstrahls verändert respektive verletzt die Betonoberfläche. Manche hartnäckigen Flecken lassen sich jedoch durch eine routinemässige Reinigung nicht entfernen. Mit Spezialprodukten der CREA-PROTECT®-Linie können Ausblühungen, Humus- und Pflanzenflecken sowie Algen und Moos entfernt werden. Dabei ist jedoch Vorsicht geboten, weil die Fleckenentfernung meistens sichtbar bleibt und die Farbe und Textur der Steinoberflä-



Abbildung 13: CREA-PROTECT®-Reinigungsprodukte

che verändert. Das Reinigungsmittel sollte deshalb gemäss den Anwendungsvorschriften sorgfältig verwendet werden. Lassen Sie sich von der Creabeton Matériaux AG beraten.

In vielen Fällen ist es oft besser, stark verschmutzte Ökopflastersteine durch Reservesteine zu ersetzen.



GEHWEGPLATTEN

Allgemeine Infos

Definition Gehwegplatten

Garten- und Gehwegplatten (nachfolgend nur noch Platten genannt) werden auf modernsten Produktionsanlagen gefertigt und unterscheiden sich neben den verschiedenen Farben und Formen auch in ihrer Oberflächenbeschaffenheit. Die Platten können in zwei verschiedene Gruppen eingeteilt werden:

- Einschichtplatten, welche aus einem Beton gefertigt werden.
- Zweischichtplatten, welche einen Kernbeton für die Festigkeit und einen Vorsatzbeton für das Optische enthalten.

Einsatzbereich

Der Einsatzbereich der Platten ist abhängig von ihrer Dicke, jedoch können die normalen Platten der Creabeton Matériaux AG nur im Gehbereich (Verkehrsklasse ZP) eingesetzt werden und sind nicht befahrbar. Für Fragen zu befahrbaren Platten stehen Ihnen unsere technischen Mitarbeiter gerne zur Verfügung.

Die Platten lassen sich rund ums Haus, in Parkanlagen und auf Spielplätzen sowie auf Terrassen und Flachdächern verlegen. Die Wahl der Platten kann dabei ganz nach der gewünschten optischen Wirkung erfolgen.

Aufbau des Oberbaus

Dimensionierung der Foundationsschicht

Die Foundationsschicht ist die Schicht, welche die auftretenden Kräfte auf der Oberfläche des Plattenbelags in den Untergrund ableitet. Hierzu wird ein Kiesgemisch 0/45 verwendet, welches den Anforderungen gemäss SN EN 13242 entspricht und lageweise ca. alle 20 cm verdichtet wird. Wichtig ist, dass die Foundationsschicht wie auch der Unterbau wasserdurchlässig sind, damit sich kein Wasser unter dem Plattenbelag stauen kann. Die Dimensionierung der Foundationsschicht richtet sich nach der darunterliegenden Tragfähigkeit und der Frostempfindlichkeit des Bodens (siehe Kapitel Dimensionierung ab Seite 33).

Die Foundationsschicht muss bereits das Endgefälle des Plattenbelags von mindestens 2% aufweisen und die Planie der Foundationsschicht darf maximale Unebenheiten von 2 cm, gemessen auf eine 4 m lange Messlatte, aufweisen. Somit wird sichergestellt, dass die Bettungsschicht auf der gesamten Baufläche die gleiche Höhe aufweist und dass sich keine nachträglichen Senkungen im Plattenbelag ergeben.

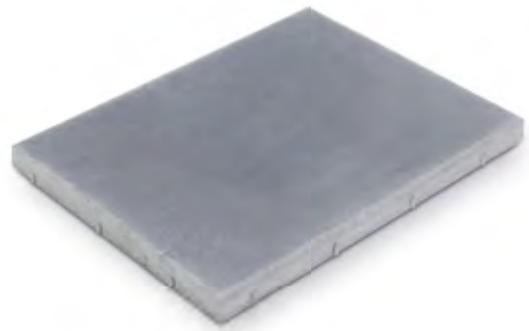
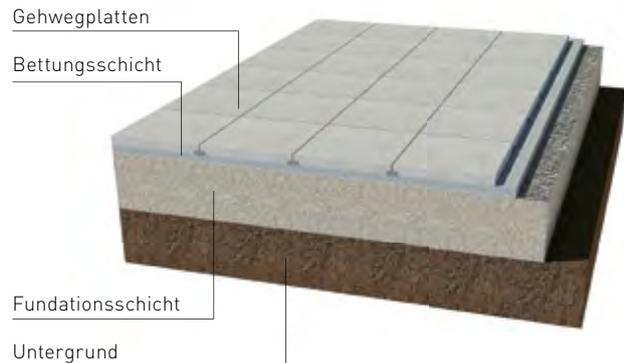


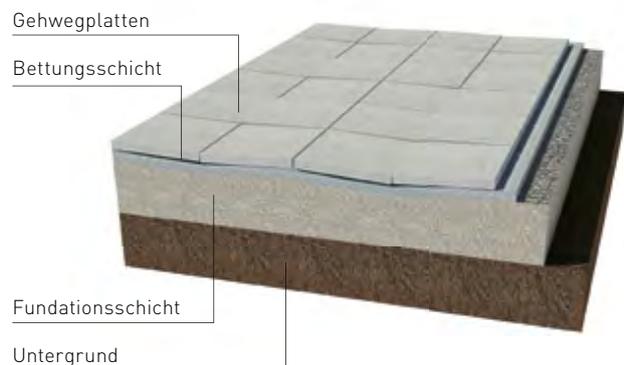
Abbildung 14: FORMAT Einschichtplatte



Abbildung 15: PARADISO® Zweischichtplatte



Darstellung 35: Korrekter Aufbau



Darstellung 36: Mangelhafter Aufbau mit ungleichmässiger Bettungsdicke

Bettungsschicht

Die Bettungsschicht dient als Ausgleichsschicht zwischen dem Plattenbelag und der Fundationsschicht und nimmt kleine Unebenheiten der Fundationsschicht und Toleranzen der Platten auf. Sie stellt sicher, dass die Platten vollflächig aufliegen und dadurch ihre volle Festigkeit erlangen.

Die Bettungsschicht muss profilgerecht mit einer Höhe von mindestens 3 cm und höchstens 5 cm abgezogen werden. Die Mindestdicke ist für eine einwandfreie Einbettung der Platten massgebend. Die Einhaltung der Maximaldicke ist aus Gründen der nachträglichen Senkungen erforderlich.

Bettungsmaterial

Die Bettungsschicht ist in der Regel aus einem ungebundenen Mineralstoffgemisch auszuführen, welches der Anforderung gemäss SN EN 13043 entsprechen muss. Zur Erzielung einer ausreichenden Wasserdurchlässigkeit sind splitt- und filterarme Mineralstoffgemische notwendig. Die abschlämmbaren Feinanteile <0,063 mm dürfen im eingebauten Zustand höchstens 3% (Gewichtsprozente) betragen. Geeignete und bewährte Bettungsmaterialien sind für die:

Verlegevariante A (Normalfall)

- Plattenbelag mit offenen Fugen oder geschlossenen Fugen mit gebundenem Fugenmaterial
- Die Bettungsschicht wird mit einem Splitt 2/4 mm ausgeführt.

Verlegevariante B (ungebundenes Fugenmaterial)

- Plattenbelag mit geschlossenen Fugen mit ungebundenem Fugenmaterial
- Die Bettungsschicht wird mit einem Sand-Splittgemisch 0/4 mm ausgeführt.

Bei dieser Verlegevariante besteht ein erhöhtes Risiko von Ausblühungen, Wasserflecken und Pflanzenwachstum infolge schlechteren Wasserabtransports der Bettungsschicht.

Verlegevariante C (Terrasse/Flachdach)

- Plattenbelag mit offenen Fugen auf Schutzschichten
- Flachdächer, Terrassen, Balkone
- Über Isolations- oder Schutzschicht

Die Bettungsschicht wird mit einem Rundkies 4/8 mm ausgeführt, um das Staunässerisiko zu vermindern.

Verlegevariante D (Auflager)

- Plattenbelag mit offenen Fugen auf Schutzschichten
- Flachdächer, Terrassen, Balkone
- Über Isolations- oder Schutzschicht

Die Bettungsschicht entfällt und es werden Auflager verwendet. Die Auflager der Creabeton Matériaux AG sind aus Hartgummi (Trittschalldämmung) und weisen eine fixe Höhe auf. Höhendifferenzen lassen sich mit entsprechenden Ausgleichscheiben korrigieren. Um grössere Höhendifferenzen auszugleichen, können höhenverstellbare Auflager verwendet werden. Die Schutzschicht (Dichtkeitsbahn) darf durch die Auflager nicht beschädigt werden. Isolationsstücke (z.B. Sagex, Styrodur usw.) sind als Plattenunterlage nicht zugelassen.



Darstellung 37: Platten verlegt auf starrer Betonkonstruktion mit Auflagerringen

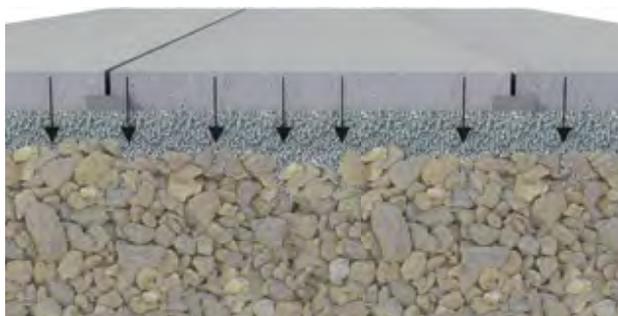
Um einen raschen Abtransport des Wassers sicherzustellen, muss die Konstruktion ein Mindestgefälle von 1,5% (SIA 271) aufweisen.

Bettungsschicht: 3 cm bis max. 5 cm

Profilgerecht abgezogen

Bettungsmaterial: Splitt 2/4 mm (Normalfall), Rundkies 4/8 mm (Flachdach/Terrasse mit Schutzschichten)

Bei einer grobkörnigen Schotter-Fundationsschicht ist darauf zu achten, dass die Oberfläche mit abgestuftem, feinerem Material geschlossen wird, um das Einrieseln des Bettungsmaterials in die Schotterschicht zu vermeiden (siehe Darstellung 38). Verlegearbeiten bei starkem Regen begünstigen das Absacken der Feinanteile des Bettungsmaterials in die darunterliegende Fundationsschicht. Ein Verlust des Bettungsmaterials führt zwangsläufig zu Verformungen der Plattendecke (siehe Darstellung 36).



Darstellung 38: Verlust des feinen Bettungsmaterials in die Fundationsschicht

Plattenstärke

Die Plattenstärke ist abhängig vom Produktionsverfahren. Die Creabeton Matériaux AG führt in ihrem Sortiment Platten mit Stärken von ca. 2 bis 5 cm. Je nach Plattenstärke und -typ variieren die Einbaumöglichkeiten. Mehr Informationen zu den Platten können dem jeweiligen technischen Datenblatt entnommen werden.

Richtwerte für die Oberbaudimensionierung

TRAGFÄHIGKEITSKLASSEN DER BÖDEN	SYSTEMAUFBAU	VERKEHRSLASTKLASSE
		ZP Gehbereich nicht befahrbar
Bodenklasse S1		
<ul style="list-style-type: none"> - geringe Tragfähigkeit - M_E-Werte: 6 – 15 MN/m² auf Planum - fein- bis mittelkörnige Böden: Sand, Silt, Ton 	Platten Bettungsschicht Fundationsschicht (Kiesgemisch 0/45) Untergrund	 2 – 5 cm 3 – 5 cm 30 cm (M_E -Wert: ≥ 80 MN/m ²)
Bodenklasse S2		
<ul style="list-style-type: none"> - mittlere Tragfähigkeit - M_E-Werte: 15 – 30 MN/m² auf Planum - mittelkörnige Böden: Sand bis Korngröße 2 mm 	Platten Bettungsschicht Fundationsschicht (Kiesgemisch 0/45) Untergrund	 2 – 5 cm 3 – 5 cm 20 cm (M_E -Wert: ≥ 80 MN/m ²)
Bodenklasse S3		
<ul style="list-style-type: none"> - hohe Tragfähigkeit - M_E-Werte: 30 – 60 MN/m² auf Planum - mittel- bis grobkörnige Böden: Sand, Kies 	Platten Bettungsschicht Fundationsschicht (Kiesgemisch 0/45) Untergrund	 2 – 5 cm 3 – 5 cm 10 cm (M_E -Wert: ≥ 80 MN/m ²)
Bodenklasse S4		
<ul style="list-style-type: none"> - sehr hohe Tragfähigkeit - M_E-Werte: >60 MN/m² auf Planum - grobkörnige Böden: Kies, Korngröße 2 – 60 mm 	Platten Bettungsschicht Fundationsschicht (Kiesgemisch 0/45) Untergrund	 2 – 5 cm 3 – 5 cm (M_E -Wert: ≥ 80 MN/m ²)

Die Tragfähigkeitsdimensionierung nimmt nur Bezug auf die verschiedenen Tragfähigkeiten der Böden und die massgebende Verkehrslastklasse, die Frostdimensionierung muss zusätzlich erfolgen (siehe Kapitel Dimensionierung ab Seite 33).

Abschlussarbeiten

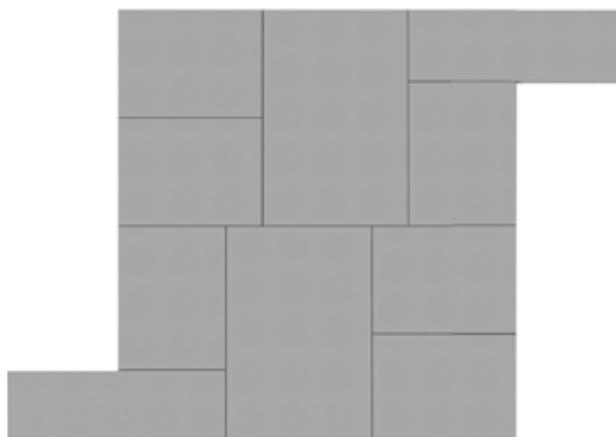
Anordnung der Platten

Die Platten lassen sich in fast unbegrenzter gestalterischer Anordnung verlegen. Bei der Anordnung gibt es nur eine technische Einschränkung: Es dürfen nur die FORMAT, ALENA®, RESISTA® und HACIENDA® Platten, welche mit einem Rastermass angegeben sind, in einem wilden Verlegemuster eingebaut werden. Bei den restlichen Platten handelt es sich um absolute Masse und beim Einbau mit Abstandhalter ergibt ein unregelmässiges Plattenmuster ein unregelmässiges Fugenbild.

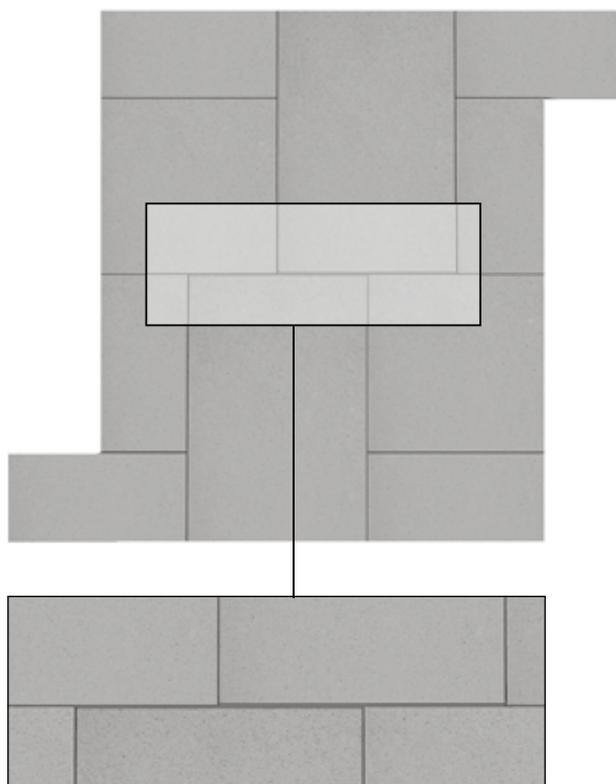
Die Fertigung der Platten erfolgt nach der Norm SN EN 1339.

Farbabweichung

Da Beton ein Naturprodukt ist, welches durch seine Bestandteile geprägt wird, können die Platten in ihrer Farbe leicht variieren. Deshalb ist es wichtig, dass beim Verlegen Platten von unterschiedlichen Paletten gemischt werden. Somit entsteht ein einheitliches und attraktives Gesamtbild.



Darstellung 39: Unregelmässiges Verlegemuster mit einheitlichem Fugenbild (FORMAT Gehwegplatte)



Darstellung 40: Unregelmässiges Verlegemuster mit unregelmässigem Fugenbild (PARCO® SELECTION Gehwegplatte)

Fugen

Die Platten müssen mit einem minimalen Fugenabstand von 3 mm verlegt werden. Ohne Fugen sind Beschädigungen wie Kantenabplatzungen, erhöhtes Ausblühsrisiko und Wasserränder an den Platten unvermeidlich. Zudem wird durch die Fugenausbildung eine schnelle und effiziente Entwässerung des Plattenbelags gewährleistet.

Falls die Platten keine integrierten Nocken aufweisen, können für einen regelmässigen Abstand und ein rationelles Verlegen die Abstandhalter der Creabeton Matériaux AG aus Kunststoff in verschiedenen Dicken und Höhen eingesetzt werden.

Fugenmaterial

Die Fugen der Plattenbeläge werden in der Regel nicht verfüllt. Somit wird eine schnellstmögliche Entwässerung durch die Fugen und eine Austrocknung der Bettschicht gewährleistet. Wenn aus ästhetischen Gründen eine gefüllte Fuge erwünscht wird, ist es wichtig, das Fugenmaterial auf das Bettungsmaterial abzustimmen. Je nach Plattentyp und Fugenbreite können gebundene und ungebundene Fugenmaterialien eingesetzt werden.

Geeignete bewährte Fugenmaterialien sind:

- Splitt 2/4 mm oder Sand 0/2; 0/4
- Lithomex Easy «Sand», wasserdurchlässiger, polymergebundener Fugenmörtel (Fugenbreite von 3–10 mm)
- Rompox D1, zwei Komponenten, wasserdurchlässiger Fugenmörtel (Fugenbreite >3 mm Fugentiefe >30 mm)

Verfugen

Vor dem Verfugen sind die Platten mit einem Gummihammer leicht festzuklopfen und nicht abzurütteln. Bei einem Verfugen mit ungebundenem Material ist das Material einzuwischen und anschliessend einzuschlämmen. Je nach Fugenbreite und -tiefe muss der Vorgang bis zur vollständigen Fugenfüllung wiederholt werden.

Beim Einsatz von gebundenen Fugenmaterialien (Lithomex Easy «Sand» und Rompox D1) sind für die korrekte Verarbeitung die Produktdatenblätter beizuziehen.



Darstellung 41: Einsatz von Abstandhaltern



Abbildung 16: Beschädigung der Platten wegen Nichteinhaltung des Fugenabstandes

Randabschlüsse

Randabschlüsse fassen den Plattenbelag ein und verhindern ein Verschieben der Platten in den Randregionen. Die Abschlüsse verhindern das seitliche Ausrieseln der Bettungsschicht und runden den Platz auch visuell ab. Als Abschluss des Plattenbelags können zwei Systeme eingesetzt werden: das sichtbare und das unsichtbare System.

Stellsteine (sichtbar)

Die Stellsteine gewährleisten durch ihre Einbetonierung in die Fundamentalschicht einen sicheren Halt des Plattenbelags und können dem Belag als ästhetischer Abschluss eine klare Linie verleihen (siehe Darstellung 42).



Darstellung 42: Randabschluss mit einem Betonstellstein

Betonabschluss (unsichtbar)

Für den nötigen Seitenhalt können die Platten auch anbetoniert werden und der Rasen kann über den Betonabschluss gezogen werden. Wichtig ist, dass die Platten nicht unterbetoniert werden (siehe Darstellung 43).



Darstellung 43: Anbetonieren der Gehwegplatten

PAVE EDGE Kunststoff-Randschiene (unsichtbar)

Die PAVE EDGE Kunststoff-Randschiene wird mit einem Erdnagel in der Fundamentalschicht verankert und kann ohne Betonieren eingebaut werden (siehe Darstellung 44).



Darstellung 44: PAVE EDGE Kunststoff-Randschiene

Oberflächenentwässerung

Die Entwässerung bei Plattenbelägen erfolgt normalerweise über die Schulter in die Grünfläche. Je nach Grösse und Geländegegebenheiten ist eine kontrollierte Entwässerung über Rinnen oder Ablaufschächte erforderlich.

Entwässerungsrinne

Die Wahl des Rinentyps erfolgt in Abhängigkeit der Grösse des Platzes und der abzuführenden Wassermenge sowie nach optischen Kriterien. Es gibt eine Vielzahl von Rinnen, welche dank entsprechenden Aufsätzen sehr filigran wirken. Die Rinne muss in einem Betonfundament (C 25/30) versetzt und seitlich einbetoniert werden. Für den korrekten Rinneneinbau befolgen Sie die Angaben der Rinnenhersteller. Beim Einbau ist darauf zu achten, dass sich die Rinnenoberkante 2–5 mm unterhalb der Plattenbelagoberkante befindet. Weiter muss die Entwässerung der Bettungsschicht entlang der Entwässerungsrinne gewährleistet sein (siehe Darstellungen 45 und 46).



Darstellung 45: Entwässerungsrinne im Plattenbelag



Darstellung 46: Entwässerungsrinne mit exzentrischem Schlitzaufsatz für die Entwässerung entlang einer Wand oder Treppe

Bodenwasserablauf auf Dachkonstruktion

Die Erstellung von Plattenbelägen auf Dachkonstruktionen mit und ohne Isolationen erfordert äusserste Sorgfalt. Der Einbau von Platten und Abläufen hat nach den Instruktionen des für die Isolation/Dichtungsfolie zuständigen Unternehmens zu erfolgen. Zur Vermeidung von Ausblühungen darf sich kein Stauwasser bilden (siehe Darstellung 47).



Darstellung 47: Flachdach- und Terrassenentwässerung

Unterhalt und Reinigung

Dem Unterhalt und der Reinigung eines Plattenbelags sollte die gleiche Aufmerksamkeit geschenkt werden wie den Bodenbelägen im Innern eines Hauses. Schon mit geringem kontinuierlichem Aufwand bleiben die Platten langlebig und attraktiv.

Unterhalt

Durch die Imprägnierung der Oberfläche verringert sich das Saugvermögen der Betonplatte. Dadurch wird die Platte weniger empfindlich gegen Fleckenbildung durch Grillfette und Getränke. Zudem lassen sich Algen und Moosbildungen wesentlich einfacher entfernen. Die Schutzschicht bindet und erhält die feine Oberflächenstruktur der Betonplatte und verlangsamt die Veränderung der Oberflächenbeschaffenheit durch Wetter und Verschleiss. In Abhängigkeit vom Beschichtungsmittel und von der Nutzung weisen die meisten Schutzschichten eine Lebensdauer von ein bis drei Jahren auf. Schutzschichten sollten daher regelmässig erneuert werden.

Schneeräumung

Der Schnee muss mechanisch geräumt werden, bevor er sich zu Eis verdichtet. Hat sich bereits Eis angesetzt, können zur Unfallverhütung Tausalze auf den Plattenbelägen in folgender Dosierung eingesetzt werden (SN 640 772b):

	Temperatur	
	0 bis -8°C	-8 bis -20°C
Tausalzmenge	7–15 g/m ²	10–20 g/m ²
Tausalz- mischverhältnis	nur NaCl	NaCl 60% CaCl ₂ 30%

Bei einer übermässigen Dosierung, nicht gemäss den obenstehenden Angaben, kann der Plattenbelag irreparable Schäden nehmen.

Reinigung

Regelmässiges Wischen und Abspritzen lässt die Platten über lange Zeit gut aussehen. Insbesondere dann, wenn die Oberfläche eine Schutzschicht hat. Das Abspritzen mit einem Hochdruckwasserstrahl ist nicht empfehlenswert, denn der Druck des Wasserstrahls verändert respektive verletzt die Betonoberfläche. Manche hartnäckigen Flecken lassen sich jedoch durch eine routinemässige Reinigung nicht entfernen. Mit den Spezialprodukten der CREA-PROTECT®-Linie können Ausblühungen, Humus- und Pflanzenflecken, Rostflecken, Algen und Moos entfernt werden. Dabei ist jedoch Vorsicht geboten, weil die Fleckenentfernung meistens sichtbar bleibt und die Farbe und Textur der Steinoberfläche verändert. Das Reinigungsmittel sollte deshalb sorgfältig ausgewählt und gemäss den Anwendungsvorschriften verwendet werden. Lassen Sie sich durch die Creabeton Matériaux AG beraten.

In vielen Fällen ist es oft besser, stark verschmutzte Platten durch Reserveplatten zu ersetzen.



Abbildung 17: CREA-PROTECT® Pflegeprodukte



Abbildung 18: CREA-PROTECT® Reinigungsprodukte

DIMENSIONIERUNG

Terminologie

Aufbau

Der Aufbau wird in den vorderen Kapiteln vereinfacht dargestellt, mit dem Untergrund, der Fundations- und Bettungsschicht und dem Belag. Der Belag und die Bettungsschicht zusammen ergeben die Konstruktionsdicke der Pflasterung/Plattendecke d_1 , zusammen mit der Dicke der Kiessandfundationsschicht d_2 ergibt das die Oberbaudicke d_s (siehe Darstellung 48).

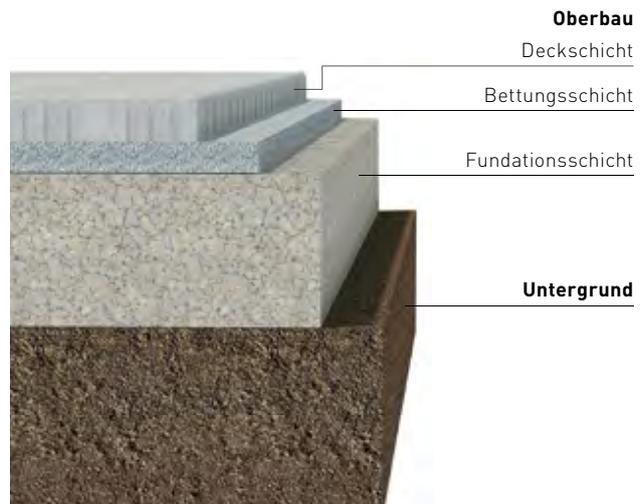
Gemäss der Norm SN 640 302b wird der Strassenaufbau in folgende Schichten aufgeteilt (siehe Darstellung 49):

Unterbau, dieser besteht aus dem Untergrund, evtl. mit einem Damm und/oder einem verbesserten Untergrund.

- Der **Untergrund** ist das bestehende Gelände, auf dem ein Bauwerk entstehen soll.
- Der **Damm** ist eine Ausgleichsschicht aus geschütteter Erdmasse, welche zum Auffüllen einer Senke oder zum Erhöhen eines Geländes benötigt wird.
- Der **verbesserte Untergrund** dient zum Ausgleichen oder Verbessern der Tragfähigkeit.
- Die Oberfläche des Unterbaus wird **Planum** genannt.

Der **Oberbau** wird in die Fundations-, die Trag-, die Bettungs- und in die Deckschicht unterteilt. Der Oberbau nimmt die auftretenden Verkehrslasten auf und verteilt diese.

- Die **Fundations-** und **Tragschicht** werden zusammengefasst in die Tragschicht, welche häufig in der Gesamtheit als Fundationsschicht bezeichnet wird. Diese Schichten sind verantwortlich für die gleichmässige Lastverteilung in den Unterbau.
- Die Oberfläche der Fundationsschicht wird **Planie** genannt.
- Die **Bettungsschicht** dient zur Bettung des Belags und nimmt kleine Masstoleranzen des Belags und der Fundationsschicht auf.
- Die **Deckschicht** bildet den Abschluss und kann je nach Verkehrslastklasse aus Pflastersteinen, Ökopflastersteinen oder Gehwegplatten bestehen.
- Die Oberfläche der Deckschicht wird **Gehweg-** oder **Fahrbahnoberfläche** genannt.



Darstellung 48: Schematisch vereinfachter Aufbau



Darstellung 49: Schematisch detaillierter Aufbau

Dieses Kapitel bezieht sich hauptsächlich auf folgende Normen:

- SN 640 480a «Pflasterungen»
- SN 640 482a «Plattendecken»
- SN 640 324b «Dimensionierung des Strassenaufbaus»
- SN 640 320a «Dimensionierung äquivalente Verkehrslast»
- SN 640 317b «Dimensionierung Untergrund und Unterbau»
- SN 640 585b «Verdichtung und Tragfähigkeit»
- SN 640 302b «Strasse und Gleiskörper – Terminologie»
- SN 670 317 «Böden – Plattendruckversuch EV und ME»
- SN 670 140b «Frost»

Dimensionierungsgrößen

Tragfähigkeitsklassen S_i : Die auf der Höhe des Planums gemessenen Tragfähigkeitsbeiwerte (z.B. M_{E1} -Werte) werden in eine der fünf Tragfähigkeitsklassen S_0 bis S_4 eingereiht.

Verformungsmodul M_E : Der M_E -Wert ist eine Kenngrösse für die Verformbarkeit des Bodens und wird mittels Plattendruckversuchs berechnet.

Tägliche äquivalente Verkehrslast TF_n : Mittlere tägliche Anzahl von Referenzachsdurchgängen (Last einer Referenzachse – engl. ESAL – beträgt 8,16 t) auf einem Fahrstreifen während der gesamten für die Dimensionierung massgebenden Gebrauchsperiode von n Jahren (TF_{20} = tägliche mittlere äquivalente Verkehrslast während 20 Jahren).

Verkehrslastklassen ZP , T_{120} bis T_{620} : Bezeichnen die massgebenden Verkehrslastklassen aufgrund der täglichen äquivalenten Verkehrslast TF_{20} .

Frostempfindlichkeitsklassen $G1$ bis $G4$: Einteilung der Böden in Frostempfindlichkeitsklassen aufgrund ihrer Korngrößenverteilung und Plastizitätseigenschaften.

Proportionalitätsfaktor f : dient zur Ermittlung der Oberbaudicke d_s bei der Frostdimensionierung. Der Faktor wird aus den Einflussgrößen Frostempfindlichkeitsklassen und der Fugenfüllung gebildet und wird zusammen mit X_{30} verwendet (äquivalent zum Frostdimensionierungsfaktor f im Strassenbau).

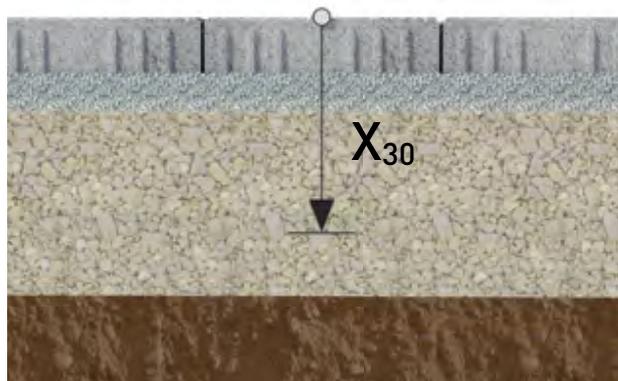
Mittlere Frosteindringtiefe X_{30} : Mittlerer Wert der drei kältesten Winter der letzten 30 Jahre.

Massgebende Grundlagen

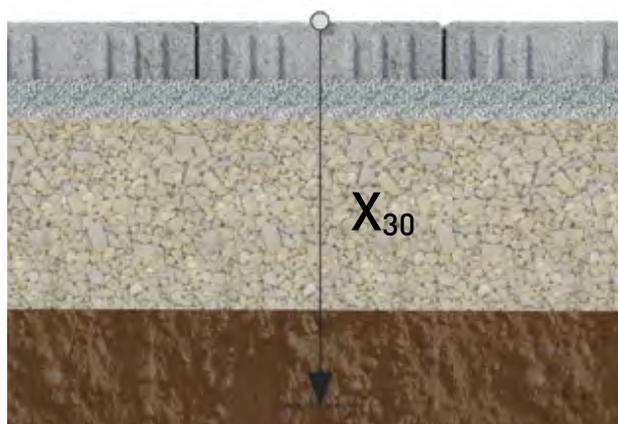
Vor der eigentlichen Dimensionierung sind folgende Angaben zu erheben:

- die zu erwartende Beanspruchung durch den Verkehr
- die Tragfähigkeit des Untergrundes/Unterbaues mit dessen jahreszeitlichen Schwankungen und Frostempfindlichkeit
- Dauer und Auswirkung des Bodenfrostes
- Frosteindringtiefe
- Grundwasserspiegel und Versickerungsfähigkeit des Bodens

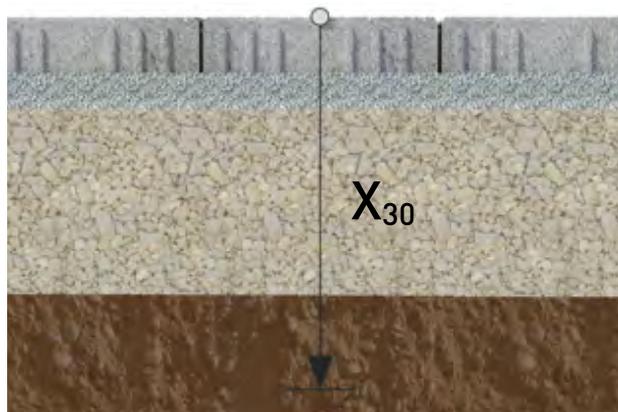
Es gilt zwischen der Tragfähigkeitsdimensionierung und der Frostdimensionierung zu unterscheiden. Die Frostdimensionierung muss bei frostempfindlichen Böden zusätzlich zur Tragfähigkeitsdimensionierung gemacht werden. Die jeweils grössere Mindestdicke des Oberbaus ist massgebend. Ist die Frosteindringtiefe X_{30} kleiner als die Oberbaudicke, gibt die Tragfähigkeitsdimensionierung die Oberbaudicke an (siehe Darstellung 50). Für die Frostempfindlichkeitsklassen $G1$ und $G2$ ist die Frosteindringtiefe nicht relevant und die Tragfähigkeitsdimensionierung ergibt die Oberbaudicke (siehe Darstellung 51).



Darstellung 50: Frosteindringtiefe X_{30} kleiner als Oberbaudicke → massgebend Tragfähigkeitsdimensionierung



Darstellung 51: Frosteindringtiefe X_{30} bei $G1$ und $G2$ → massgebend Tragfähigkeitsdimensionierung



Darstellung 52: Frosteindringtiefe X_{30} bei $G3$ und $G4$ → massgebend Frostdimensionierung

Bei den Frostempfindlichkeitsklassen $G3$ und $G4$ ist zusätzlich eine Frostdimensionierung durchzuführen und der grössere Wert entspricht der Oberbaudicke (siehe Darstellung 52).

Tragfähigkeitsdimensionierung

Die Dicke der Foundationsschicht soll derart bestimmt und die Baustoffe so gewählt werden, dass die Unterlage der Pflasterung, des Plattenbelags ausreichend standfest ist und ein gutes Langzeitverhalten gewährleistet werden kann.

Vorgehen

- Ermittlung von TF_{20} und daraus ableitend Bestimmung der massgebenden Verkehrslastklasse (ZP–T4)
- Ermittlung der Tragfähigkeitsklasse S_0 – S_4
- Ermittlung der Konstruktionsdicke d_1
- Ermittlung der Dicke der Foundationsschicht d_2
- Ergebnis ist die Bestimmung der Oberbaudicke d_s

Tägliche äquivalente Verkehrslast TF_{20}

Die Ermittlung erfolgt gemäss den Vorgaben aus der Norm SN 640 320a. Die Verkehrslast ist die Summe aller Achslasten der Fahrzeuge, die auf einen zu dimensionierenden Fahrstreifen eines Strassenabschnittes während 20 Jahren einwirken.

Massgebende Verkehrslastklasse

Gemäss SN 640 480a und SN 640 482a lässt sich mittels TF_{20} die massgebende Verkehrslastklasse ermitteln.

- ZP nicht befahren (Gehbereich)
 - T1 ≤ 30 ESAL/Tag (sehr leicht)
 - T2 >30 bis 100 ESAL/Tag (leicht)
 - T3 >100 bis 300 ESAL/Tag (mittel)
 - T4 >300 bis 1000 ESAL/Tag (schwer)
- bei $TF >1000$ ist eine Pflasterung nicht geeignet

Tragfähigkeit des Planums (Unterlage des Oberbaus)

Anhand der Ergebnisse der gewählten Untersuchungsmethode kann eine Zuordnung der Tragfähigkeitsklassen gemäss SN 640 324b gemacht werden.

- S_0 Sehr geringe Tragfähigkeit
- S_1 Geringe Tragfähigkeit
- S_2 Mittlere Tragfähigkeit
- S_3 Hohe Tragfähigkeit
- S_4 Sehr hohe Tragfähigkeit

Mögliche Tragfähigkeitsklasse des Unterbaus in Abhängigkeit von der Bodenart

Bodenart	Mögliche Tragfähigkeitsklasse
Kohäsive, quellende Böden (z.B. Mergel)	Abklärung durch Spezialuntersuchungen
Feinkörnige Böden (Silte und Tone)	S_0 bis S_2
Mittelkörnige Böden (Sandel)	S_2 bis S_3
Grobkörnige Böden (Kiese)	S_3 bis S_4

Bei S_0 ist eine Tragfähigkeitsverbesserung oder eine Dimensionierung aufgrund von Spezialuntersuchungen erforderlich. Kenntnisse der Art des Unterbaus (z.B. Feldklassifikation) und des Schichtaufbaus sollten zur Interpretation der Messergebnisse vorhanden sein.

Konstruktionsdicke d_1

Die Verkehrslastklasse kann in Relation zur Pflastersteinstärke und deren Verbundwirkung gebracht und so die Konstruktionsdicke d_1 gemäss SN 640 480a ermittelt werden (siehe Tabelle 1). Die Konstruktionsdicke d_1 für Plattenbeläge wird durch die Verkehrslastklasse in Relation zur Plattenstärke gemäss SN 640 482a ermittelt (siehe Tabelle 2).

Tabelle 1: Konstruktionsdicke d_1 in Abhängigkeit von Pflastersteinstärke, Steintyp, Verkehrslastklasse und Fugenbreite

STEINSTÄRKE	VERKEHRSLASTKLASSE										FUGENBREITE	KONSTRUKTIONSDICKE d_1
	ZP		T1		T2		T3		T4			
	Verbundwirkung											
	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne		
4 cm	geeignet	geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet	3–8 mm	80 mm
6 cm	geeignet	geeignet	bedingt geeignet	bedingt geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet	3–8 mm	100 mm
8 cm	geeignet	geeignet	geeignet	geeignet	geeignet	bedingt geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet	3–8 mm	120 mm
10 cm	geeignet	geeignet	geeignet	geeignet	geeignet	geeignet	bedingt geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet	3–8 mm	140 mm
12 cm	geeignet	geeignet	geeignet	geeignet	geeignet	geeignet	geeignet	bedingt geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet	3–8 mm	170 mm
14 cm	geeignet	geeignet	geeignet	geeignet	geeignet	geeignet	geeignet	geeignet	bedingt geeignet	nicht geeignet	3–8 mm	190 mm
16 cm	geeignet	geeignet	geeignet	geeignet	geeignet	geeignet	geeignet	geeignet	geeignet	bedingt geeignet	3–8 mm	210 mm
18 cm	geeignet	geeignet	geeignet	geeignet	geeignet	geeignet	geeignet	geeignet	geeignet	geeignet	3–8 mm	230 mm

■ geeignet
 ■ bedingt geeignet
 ■ nicht geeignet

Tabelle 2: Konstruktionsdicke d_1 in Abhängigkeit von Plattenstärke, Verkehrslastklasse und Fugenbreite

PLATTENSTÄRKE	VERKEHRSLASTKLASSE					FUGENBREITE	KONSTRUKTIONSDICKE d_1
	ZP	T1	T2	T3	T4		
2 cm	geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet	≥ 3 mm	50–70 mm
3 cm	geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet	≥ 3 mm	60–80 mm
4 cm	geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet	≥ 3 mm	70–90 mm
5 cm	geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet	≥ 3 mm	80–100 mm

■ geeignet
 ■ bedingt geeignet
 ■ nicht geeignet

Dicke der Kiessandfundationsschicht

Mit Hilfe der bestimmten Verkehrslastklasse und der Tragfähigkeitsklasse lässt sich die Dicke der erforderlichen Kiessandfundationsschicht d_2 bestimmen (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3: Dicke der Kiessandfundationsschicht d_2 in Abhängigkeit von Verkehrslastklasse und Tragfähigkeitsklasse des Bodens

TRAGFÄHIGKEIT			VERKEHRSLASTKLASSE			
Klasse	Bezeichnung	M_{E1} [kN•m ²]	ZP	T1	T2/3	T4
S ₁	Geringe	6000 – 15 000	0,30 m	0,50 m	0,60 m	0,70 m
S ₂	Mittlere	>15 000 – 30 000	0,20 m	0,30 m	0,35 m	0,40 m
S ₃	Hohe	>30 000 – 60 000	0,10 m	0,20 m	0,25 m	0,25 m
S ₄	Sehr hohe	>60 000	-	0,10 m	0,15 m	0,15 m

Wird die Kiessandfundationsschicht ganz oder teilweise durch gebundene Schichten ersetzt, gelten folgende Materialäquivalenzen:

0,10 m Kiessand entsprechen 0,05 m Drainbeton

0,10 m Kiessand entsprechen 0,05 m offenporigem Asphalt

Bestimmung der Oberbaudicke

Die minimale Oberbaudicke infolge der Tragfähigkeitsdimensionierung ergibt sich durch

$$d_s = d_1 + d_2$$



Darstellung 53: Bestimmung der Oberbaudicke

d_s = Oberbaudicke

d_1 = Konstruktionsdicke der Pflasterung/Plattendecke

d_2 = Dicke der Kiessandfundationsschicht

Frostdimensionierung

Der Oberbau ist so zu dimensionieren, dass er die Tragfähigkeitsverminderung während der Auftauperiode ohne Schäden übersteht.

Vorgehen

- Ermittlung der Frostempfindlichkeitsklasse G
- Ermittlung des Proportionalitätsfaktors f
- Ermittlung der mittleren Frosteindringtiefe X_{30}
- Ergebnis ist die Bestimmung der Oberbaudicke d_s

Frostempfindlichkeitsklasse G

Die Bestimmung der Frostempfindlichkeit der Böden hat nach SN 670 140b zu erfolgen und teilt die Böden in vier Frostempfindlichkeitsklassen ein (G1 – G4). Sind Korngrößenverteilung und Plastizitätseigenschaften der Böden bekannt (gemäss SN 670 008a), kann mittels Tabelle 4 die Frostempfindlichkeitsklasse ermittelt werden.

Einteilung der Böden nach Frostempfindlichkeit:

- G1 vernachlässigbar
- G2 leicht
- G3 mittel
- G4 stark

Die Beurteilung, ob ein Boden in eine höhere oder tiefere Frostempfindlichkeitsklasse eingeteilt wird, erfolgt aufgrund

- des beim Projekt in Kauf genommenen Schadenrisikos
- der vorhandenen Möglichkeiten, um den Unterhalt und die Erneuerung der Pflasterung/Platten sicherzustellen

Durch eine Stabilisierung werden die Böden weniger frostempfindlich.

Tabelle 4: Einteilung der Böden in die Frostempfindlichkeitsklassen aufgrund ihrer Korngrößenverteilung und ihrer Plastizitätseigenschaften in Anwendung der USCS-Klassifikation gemäss SN 670 008a

ERHEBUNGSDATEN			ERGEBNIS
USCS gemäss SN 670 008a	Feinanteil (Korngrösse <0,02 mm)	Plastizitäts-Index	Steilheitskoeffizient $C_{ud} = d_{60}/d_{10}$
			Frostempfindlichkeitsklasse
GW, GP	<3%		G1
	1–4%		G1–G2
GW-GM,GP-GM	<3%		G1
	3–8%		G2
	>3%	>80	G2–G3
GW-GC, GP-GC	3–8%		G2
	>3%	>80	G2–G3
GM	<3%		G1
	3–8%		G2
	>3%	>80	G2–G3
GC, GC-GM			G3–G4
SW, SP	<3%		G1
	1–3%	>80	G1–G2
SW-SM, SP-SM	3–10%		G2
	>5%	>80	G2–G3
SW-SC, SP-SC	>3%		G2
	>5%		G2–G3
SM	3–10%		G2
	>5%	>80	G2–G3
	>15%		G3–G4
SC, SC-SM			G3–G4
ML	>12		G3–G4
	<12		G4
CL-ML			G4
CL-ML			G3–G4
CM	>20		G3–G4
	<20		G3–G4
MH			G3–G4
CH			G2
OL			G2–G3
OH, Pt			sehr unterschiedliche
Bändertone und andere feinkörnige Bändersedimente			G4

Proportionalitätsfaktor f

Die Art der Fugenfüllung hat ebenfalls einen Einfluss auf die Oberbaudicke und ergibt zusammen mit der bereits ermittelten Frostepfindlichkeitsklasse des Bodens den Proportionalitätsfaktor f . Dieser Faktor wird zusammen mit der mittleren Frosteindringtiefe X_{30} für die Ermittlung der Oberbaudicke benötigt.

Tabelle 5: Ermittlung des Proportionalitätsfaktors f in Abhängigkeit der Verkehrslastklasse, der Frostepfindlichkeitsklasse und der Fugenfüllung

FUGENFÜLLUNG	VERKEHRSLASTKLASSE							
	ZP		T1		T2/T3		T4	
	Frostepfindlichkeitsklasse							
	G3	G4	G3	G4	G3	G4	G3	G4
Ungebunden (Sand/Splitt)	0,30	0,40	0,35	0,45	0,40	0,50	0,45	0,55
Gebunden (Mörtel)	0,30	0,40	0,40	0,50	0,45	0,50	0,50	0,60

Mittlere Frosteindringtiefe X_{30}

Die Bestimmung der Frosteindringtiefe X_{30} in den Boden hat nach SN 670 140b zu erfolgen. Eine grobe Abschätzung mithilfe der Projekthöhe über Meer (H) lässt sich mit folgender Formel von Viktor Kuonen «Wald- und Güterstrassen» durchführen:

$$X_{30} \text{ [m]} = 0,55 + 0,0013 \cdot H \text{ [m]}$$

Bestimmung der Oberbaudicke

Die minimale Oberbaudicke infolge der Frostdimensionierung ergibt sich durch

$$d_s \geq f \cdot X_{30}$$

Dabei wird in Kauf genommen, dass in Gehbereichen und bei leichter Beanspruchung grössere Frostschadenrisiken auftreten. Wird die Kiessandfundationsschicht ganz oder teilweise durch gebundene Schichten ersetzt, gelten folgende Materialäquivalenzen:

0,10 m Kiessand entsprechen 0,05 m Drainbeton

0,10 m Kiessand entsprechen 0,05 m offenporigem Asphalt

Ist die Mindestdicke d_s aus der Frostdimensionierung grösser als d_s aus der Tragfähigkeitsdimensionierung, so ist die Oberbaudicke gemäss Dimensionierung auf Frost massgebend!

Dimensionierung der Bettungsschicht

Filterstabilität ungebundener Bettungsmaterialien

Bei einer grobkörnigen Schotter-Fundationsschicht ist darauf zu achten, dass die Oberfläche mit abgestuftem, feinerem Material geschlossen wird, um das Einrieseln des Bettungsmaterials in die darunterliegenden Tragschichten zu vermeiden. Verlegearbeiten bei starkem Regen begünstigen das Versickern der Bettungsschicht. Ein Verlust des Bettungsmaterials führt zwangsläufig zu Verformungen des Belags.

Die Normen SN 640 480a/SN 640 482a regeln das Verhältnis der Korngrössen der übereinanderliegenden Schichten, damit der Eintrag von Feinteilen in die tieferliegende Schicht vermieden werden kann.

Drei Bedingungen sind dabei einzuhalten:

1) Die Kleinstgrösse der beiden Materialien muss identisch bzw. annähernd identisch sein.

$$2) \frac{D_{T15} \text{ (Tragschicht)}}{d_{B85} \text{ (Bettungsschicht)}} \leq 5$$

$$3) \frac{D_{T50} \text{ (Tragschicht)}}{d_{B80} \text{ (Bettung)}} \leq 25$$

D_{T15}, D_{T50}

Der Korndurchmesser des Tragschichtmaterials resultiert aufgrund der Korngrössenverteilung bei den Siebdurchgängen mit 15 bzw. 50 Masse-Prozent.

d_{B50}, d_{B85}

Der Korndurchmesser des Bettungsmaterials resultiert aufgrund der Korngrössenverteilung bei den Siebdurchgängen mit 50 bzw. 85 Masse-Prozent.

VERSICKERUNG (WASSERDURCHLÄSSIGE PFLASTERSYSTEME)

Versickern statt Versiegeln

Die Ausdehnung der Siedlungsgebiete und Verkehrswege erhöht 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 Niederschlagswassers wird oberflächlich abgeführt oder in die Kanalisation geleitet. Der natürliche Wasserkreislauf und die Grundwasserspeisung werden nicht unterstützt.

Gewässerschutzgesetz (GSchG) und Gewässerschutzverordnung (GSchV) gehen davon aus, dass ein bedeutender Anteil des im Siedlungsgebiet anfallenden Regenwassers als «nicht verschmutzt» zu betrachten ist, und schreiben deshalb vor, dass dieses versickert werden muss. Ausnahmen zu dieser Regel sind dann gegeben, wenn das Regenwasser verschmutzt ist oder wenn die örtlichen Verhältnisse keine Versickerung zulassen.

Die moderne Siedlungsentwässerung bezweckt, die Gewässer als Lebensraum ganzheitlich vor nachteiligen Einwirkungen zu schützen. Die Entwässerung der Siedlungsgebiete erfolgt naturnah und gewässerschonend und berücksichtigt ökologische Aspekte, die Grundwasserneubildung sowie den Wasserkreislauf insgesamt.

Durch eine differenzierte Entwässerungsstrategie lassen sich verschiedene Probleme lösen oder mindestens entschärfen, wie zum Beispiel:

- Der rasche Regenwasserabfluss von den versiegelten Flächen führt zu einer Erhöhung der Abflussspitzen und der Abflussmengen in kleineren Fliessgewässern, was oft deren Ausbau erfordert.
- Ableitung statt Infiltration von unverschmutztem Regenwasser verhindert die Neubildung von Grundwasser.
- 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 höhere Gewässerbelastung.

Im Vergleich zur Entwässerung mit grossen versiegelten Flächen ist bei der natürlichen Entwässerung (inklusive Versickerungsmassnahmen) eines Gebietes der Regenwasserabfluss wesentlich kleiner und langsamer.



Abbildung 19: Pflastersteine mit aufgeweiteten Fugen



Abbildung 20: Sickersteine

Retentionsmöglichkeiten sollen genutzt werden, um die Abflussspitzen zu verringern und die Abflussgeschwindigkeit zu verlangsamen.

Wasser aus Brunnen, Bächen, Teichen, Drainagen, Grund- und Quellwasserfassungen, unverschmutzten Kühlwasserrückläufen usw. gehören ebenfalls nicht in die Kanalisation, sondern sind, soweit es die hydrologischen und technischen Gegebenheiten gestatten, dem Grundwasserkörper zuzuführen.

Regenwasser und Reinwasser sollen möglichst nicht der Kanalisation zugeführt werden. Abzuleiten sind nur diejenigen Abwässer, die im Einzugsgebiet nicht schadlos versickert werden können.

Voraussetzung für eine Versickerung

Einflussfaktoren

Das Versickern von Niederschlag- und Regenwasser erfordert eine umsichtige Planung.

Berücksichtigt werden müssen insbesondere die Abflussmenge, die Abflussqualität (Luftverschmutzung, Regenwasserqualität, Oberfläche), die Versickerungsfähigkeit des Bodens und die Zulässigkeit (Bodenbelastung, gesetzliche Grundlagen).

Daraus ergeben sich zusammengefasst drei Voraussetzungen:

1. Wasser für Versickerung darf nicht schädlich verunreinigt sein
2. Durchlässigkeit des Bodens muss gewährleistet sein
3. Beurteilung der Vulnerabilität des Grundwassers

Verschmutzungsgrad (1. Voraussetzung)

Die potenzielle Belastung mit Schadstoffen des zu versickernden Wassers ist vom Verschmutzungsgrad der Regenwasserabflüsse von unterschiedlichen Oberflächen abhängig und wird im Hinblick auf die Entsorgung klassiert (gering, mittel, hoch).

Regenwasser

Noch bevor ein Regentropfen den Erdboden berührt, kann er bereits eine Schmutzfracht aufgenommen haben. Dies sind in erster Linie Kohlendioxide (CO_2), Schwefeldioxid (SO_2), Stickoxide (NO_x), aber auch Schwermetalle von Autoabgasen und Industrie.

Der Verschmutzungsgrad des Regen- und des Schmelzwassers hängt im Wesentlichen von der Nutzung, der Lage und der Umgebung (Luftbelastung) der entwässerten Fläche ab.

Regenwasser von verschiedenen Oberflächen

Dachwasser, welches in Wohngebieten anfällt, ist im Allgemeinen weniger verschmutzt als solches aus Industrie- und Gewerbebezonen. Die verwendeten Dachmaterialien haben jedoch einen grossen Einfluss auf die Schwermetallbelastung (z.B. Kupfer, Zink, Zinn oder Blei) von Regenwasser auf Dachflächen, auch beim normalen Einfamilienhaus. Für benutzte Dachflächen, Terrassen usw. gilt dies ebenso.

Durch das Oberflächenwasser von **Verkehrsflächen** gelangen hauptsächlich Pneu-Abrieb, Verbrennungsprodukte, Schmierstoffe und Korrosionsprodukte in den Boden neben dem Strassenkörper. Auch verkehrsunabhängige Faktoren wie Streugut, Abfälle und toxische Stoffe belasten indirekt das Oberflächenwasser. Ein grosser Anteil der Verschmutzung stammt von Schwermetallen (insbesondere Cadmium, Blei und Kupfer), polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) und Mineralölen. Diese Stoffe können gasförmig, flüssig, festorganisch oder anorganisch auftreten. Das Sickerwasser dient den Schadstoffen dabei in erster Linie als Transportmedium. Die Versickerung von Strassenabwasser «über das Bankett» in den Belastungstreifen ist je nach Verkehrsart

und -frequenz, Bodenbeschaffenheit sowie den örtlichen Gegebenheiten zu prüfen.

30–50% der festen Stoffe (ab Grobsand) lassen sich im Zuge der Strassenreinigung von vornherein beseitigen.

Bei Umschlagplätzen bedarf es einer genauen Abklärung hinsichtlich Umschlagsgütern sowie Art und Häufigkeit der Nutzung. In der Regel besteht eine erhebliche Verschmutzungsgefahr, so dass das Regen- und das Oberflächenwasser in die Schmutzabwasserkanalisation einzuleiten sind.

Die Beurteilung der Belastung des Regenwasserabflusses von verschiedenen Oberflächen wird in der VSA-Richtlinie «Regenwasserentsorgung» ausführlich behandelt.

Reinabwasser

Reinabwasser ist stetig fliessendes «sauberes» Wasser, welches nicht in die Mischwasserkanalisation gehört. Jeder Liter sauberes Wasser in der Kanalisation wird unnötigerweise in der Abwasserreinigungsanlage gereinigt und erhöht die Betriebskosten.

«Sauberes» Wasser stammt meist aus Überläufen von ungenutzten Quellen, von Zierbrunnen und Reservoirs sowie von Drainagen. Es kann auch aus Rückläufen von unverschmutztem Kühlwasser stammen.

Bei Reinigungsarbeiten an Reservoirs und Brunnen können sich zeitweise leichte Belastungen des Reinwassers ergeben. Für diese Fälle ist eine Ableitung in die Kanalisation erforderlich.

Dynamik des Schmutztransports «First Flush»

Bei Regenbeginn zeigen fast alle im Regenwasser vorkommenden Stoffe eine mehr oder weniger ausgeprägte Konzentrationsspitze (First Flush)

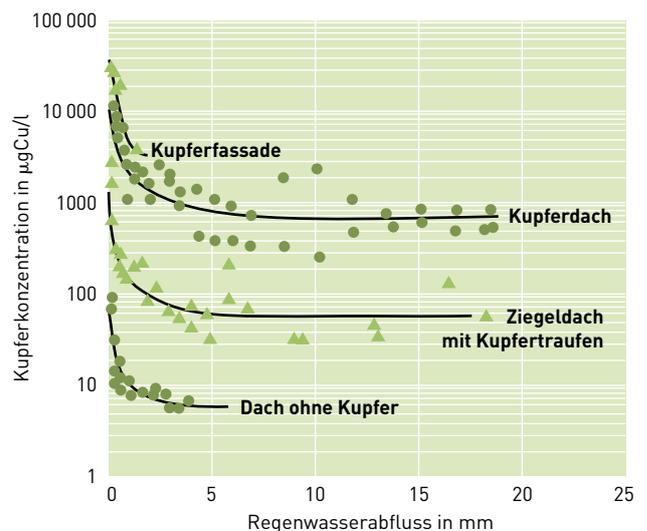


Diagramm 1: Konzentrationsverlauf von Kupfer im Abfluss eines Flachdaches ohne Kupferinstallation, eines Ziegeldaches mit Kupfertraufe, eines reinen Kupferdaches und einer Kupferfassade während unterschiedlichen Regenereignissen

Versickerungsfähigkeit des Bodens (2. Voraussetzung)

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 (Tonanteil in Ober- und Unterboden zwischen 10% und 15%)
- Humusgehalt in Unterboden
- pH-Wert des Bodens
- Mächtigkeit des Ober- und des Unterbodens
- Untergrund darf nicht wassergesättigt sein
- natürliches Porensystem (wasserleitende Grobporen)

Anhand dieser Parameter wird der Bodenaufbau im Hinblick auf die Versickerungsfähigkeit als optimal, mittel, minimal oder ungenügend eingestuft.

Es gilt zu beachten, dass einmal verdichteter Boden praktisch irreversibel geschädigt und für die Zwecke der Regenwasserversickerung nicht mehr brauchbar ist.

Ausgedrückt wird die Wasserdurchlässigkeit mit dem Durchlässigkeitsbeiwert k_f (m/s).

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

«Durchlässigkeitsbeiwerte» von Böden siehe Diagramm 2 auf Seite 44.

Untergrund

Der Untergrund muss einerseits möglichst wasserdurchlässig sein und sollte deswegen nicht stärker als unbedingt notwendig verdichtet werden. Er muss andererseits dauerhaft standfest sein und insofern hinreichend verdichtet werden, damit die Fundationschicht auf dem Planum eingebaut und anforderungsgerecht verdichtet werden kann.

Der Untergrund muss eine Mindestdurchlässigkeit von $k_f \geq 5 \cdot 10^{-6}$ m/s (besser $k_f \geq 1 \cdot 10^{-5}$ m/s) aufweisen.

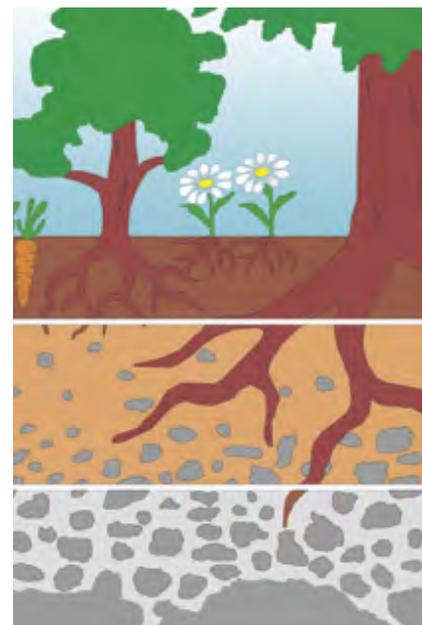
$k_f \geq 1 \cdot 10^{-5}$ m/s entspricht einer Regenintensität von 100 l/s · ha

Gegebenenfalls muss der Untergrund verbessert werden. 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 den VSS-Normen.

Boden	A-Horizont Oberboden	Verwitterte mineralische, mit organischer Substanz (Humus) angereicherte, intensiv belebte und durchwurzelte, meist dunkel(-braun) gefärbte lockere und krümelige Schicht (Mächtigkeit ca. 5–30 cm).
	B-Horizont Unterboden	Meist weniger stark verwitterte, deutlich weniger belebte, weniger dicht durchwurzelte Schicht ohne oder mit nur sehr wenig Humus und meist hellerer (rot- bis rotbrauner) Farbe und mit höherer Raumdichte als A-Horizont (Mächtigkeit ca. 150 cm).
Untergrund	C-Horizont	Kaum oder nicht verwittertes, kaum belebtes und durchwurzeltes mineralisches Ausgangsmaterial mit höherer Raumdichte als im B-Horizont und ohne organische Substanzen.



Vulnerabilität des Grundwassers (3. Voraussetzung)

Die Empfindlichkeit des Grundwassers wird anhand seiner Verletzlichkeit (Vulnerabilität) gegenüber von mit Schadstoffen belastetem versickertem Regenwasser beurteilt. Die Ausbreitung von Stoffen im Grundwasserkörper ist von der mittleren Verweildauer abhängig, das heisst von der Zeit, bis der Gewässerkörper vollständig ausgetauscht ist. Im Grundwasser kann dies Jahre bis Jahrzehnte dauern.

Zwei Parameter sind massgebend für die Beurteilung: Aufbau und Mächtigkeit des Oberbodens sowie Beschaffenheit und Mächtigkeit des Untergrunds.

Der Aufbau des Untergrunds wird in drei Klassen eingeteilt:

- I: Feinkörnige Lockergesteine (z.B. Tone, tonige Silte, nicht geklüftete feinkörnige Festgesteine wie Mergel)
- II: Grobkörnige Lockergesteine (z.B. sandige Kiese, kiesige Sande, geklüftete feinkörnige Festgesteine wie siltige Sande)
- III: Gelüftete kristalline und metamorphe Gesteine (z.B. Granit, Gneis, verkarstete Gesteine wie Kalk)

Zusammen mit der Beurteilung des Bodenaufbaus (siehe 2. Voraussetzung) kann nun die Bewertung der Vulnerabilität des Grundwassers ermittelt werden (gering, mittel, hoch, sehr hoch).

Zulässigkeit der Versickerung

Die VSA-Richtlinie Regenwasserentsorgung zeigt das Vorgehen für die Zulässigkeitsprüfung einer Versickerung im Detail auf. Diese basiert auf der Klassierung des zu versickernden Regenwassers (1. Voraussetzung), der Bewertung der Vulnerabilität des Grundwassers (3. Voraussetzung) und der Lage der Versickerungsstelle bezüglich Gewässerschutzbereich.

Die Beurteilung ist Sache der Fachspezialisten. Die Tabelle 6 soll helfen, frühzeitig zu erkennen, ob und wie die Versickerungsmöglichkeiten im Bauprojekt realisiert werden können.

Die Tabelle 6 behandelt nur die Mindestanforderungen, die Kantone haben teilweise strengere Anforderungen an die Versickerungszulässigkeit. Deshalb sind die jeweiligen kantonalen Richtlinien zu beachten.

Der Flurabstand

Die Sickerstrecke bis zum höchstmöglichen Grundwasserspiegel muss mindestens 1 m betragen und wird als Flurabstand bezeichnet.

Tabelle 6: Versickerungszulässigkeit in Abhängigkeit von Gewässerschutzbereich, Vulnerabilität des Grundwassers, Art der zu entwässernden Fläche und Belastungsklasse des Regenwassers

GEWÄSSERSCHUTZ- BEREICH	VULNERABILITÄT DES GRUNDWASSERS	ART DER ZU ENTWÄSSERNDEN FLÄCHE/ BELASTUNGSKLASSEN DES REGENWASSERS											
		Dachflächen			Platzflächen im Liegenchaftsbereich			Verkehrsflächen					
		gering	mittel	hoch	gering	mittel	hoch	gering	mittel	hoch			
Übrige Bereiche üB	gering	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	mittel	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	hoch	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	sehr hoch	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Bereich A_u	gering	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	mittel	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	hoch	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	sehr hoch	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Zuströmbereich Z_u	gering/mittel	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	hoch/sehr hoch	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
S3	gering/mittel	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

■ Versickerung zulässig
 ■ Versickerung nicht zulässig oder in bestimmten Fällen nur mit Behandlungsmassnahmen

Versickerungsversuch

Was «schluckt» mein Boden?

Wenn Sie sich für die Verwendung von Ökopflastersystemen 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 Versickerungsversuche an verschiedenen Stellen durchgeführt werden.

Anleitung

1. Graben Sie eine ca. 40·40 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 Feinkieschicht 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 diese 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.

(Siehe Darstellung 54)

Auswertung

Die Versickerungsdauer und die Wasserstandsänderung werden aufsummiert und mit der untenstehenden Formel die Versickerungsrate berechnet.

$$\text{Versickerungsrate} = \frac{\sum \text{Wasserstandsänderung [cm]}}{\sum \text{Versickerungsdauer [min]}}$$

Mit den berechneten Werten kann nun über die Tabelle 7 herausgefunden werden, ob der Boden für eine Versickerung geeignet ist.



Darstellung 54: Versickerungsversuch

Tabelle 7: Korrelation zwischen der Versickerungsrate und dem Durchlässigkeitsbeiwert k_f des Bodens

Versickerungsrate (cm/min)	Empfohlene Versickerungsart	k_f -Werte (m/s)
<0,03	Keine Versickerung möglich	<5 · 10 ⁻⁶
≥0,03 <0,12	Flächenversickerung möglich, jedoch Erhöhung des frostsicheren Aufbaus um 10 cm	≥5 · 10 ⁻⁶ <2 · 10 ⁻⁵
≥0,12 <12	Optimaler Bereich für alle Versickerungsarten	≥2 · 10 ⁻⁵ <2 · 10 ⁻³
≥12 <30	Flächenversickerung möglich, jedoch abnehmende Reinigungswirkung des Bodens	≥2 · 10 ⁻³ <5 · 10 ⁻³
≥30	Keine Versickerung zulässig, weil aufgrund zu hoher Durchlässigkeit die Gefahr der Grundwasserkontamination besteht	≥5 · 10 ⁻³

Anwendungsbeispiel zur Versickerungsermittlung

Messung	Uhrzeit	Versickerungsdauer (min)	Wasserstand der Grube (cm)	Wasserstandsänderung (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
Summe	-	Σ 31	-	Σ 15,5

Berechnung:

$$\text{Versickerungsrate} = \frac{\sum 15,5}{\sum 31} = \mathbf{0,5 \text{ cm/min}}$$

Beurteilung: ≥0,12 <0,5 <12 cm/min

- Optimaler Bereich für alle Versickerungsarten

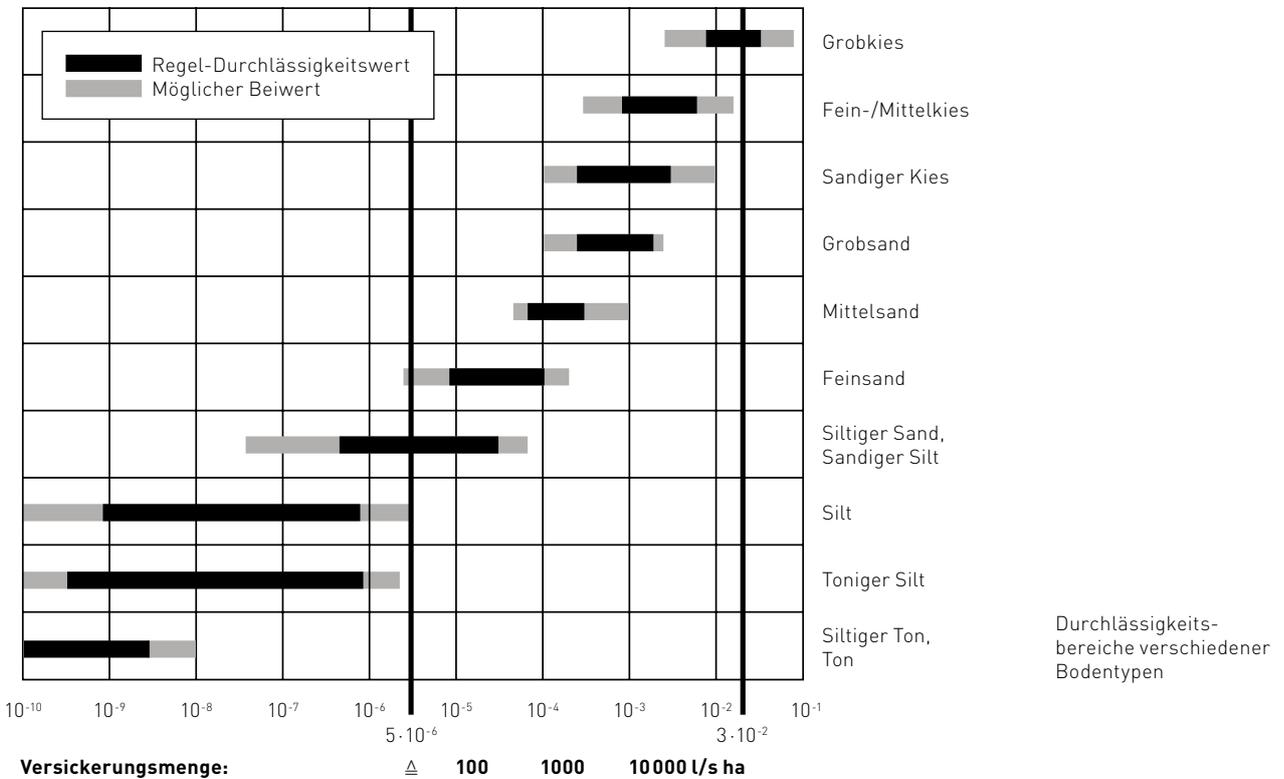
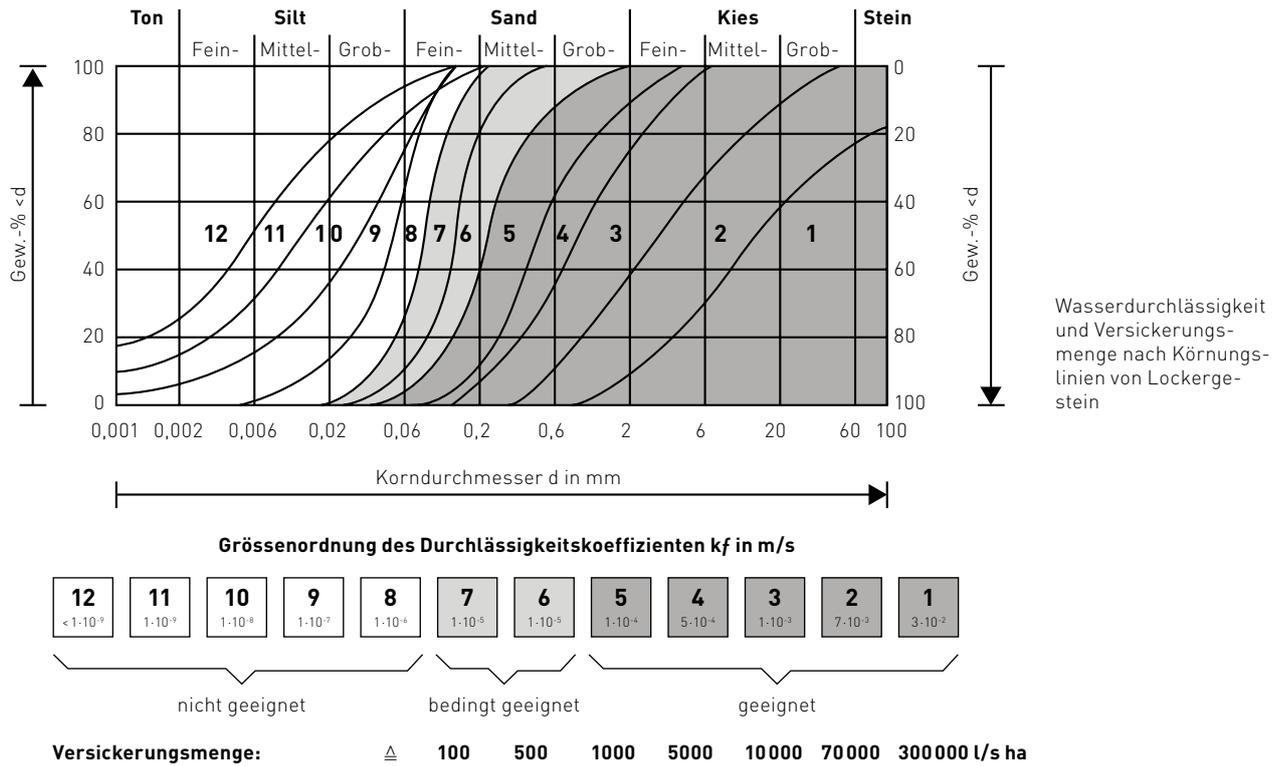


Diagramm 2: Durchlässigkeitsbeiwerte der unterschiedlichen Bodenarten

Versickerungsmethoden

Arten der Versickerung

Generell lassen sich folgende Versickerungsmethoden unterscheiden:

- **Oberirdische Versickerung mit Bodenpassage**
Hierzu zählen die flächenförmige Versickerung am Ort des Anfalls sowie das Sammeln und Verteilen mit flächenförmiger Versickerung mittels Versickerung über die Schulter oder das Versickerungsbecken.
- **Unterirdische Versickerung ohne Bodenpassage**
Hier ist das Sammeln und Versickern in Versickerungsanlagen gemeint. Beispiele sind: mittels Kieskörper, mittels Versickerungsschacht oder mittels Versickerungsstrang.

Wenn immer möglich ist die flächenhafte Versickerung anzustreben. Mit der Bodenpassage kommt die reinigende Wirkung der belebten Bodenschicht voll zum Tragen. Die Schadstoffe aus dem zu versickernden Wasser werden im Boden zurückgehalten, das Wasser wird gereinigt und damit das Grundwasser geschont. Die Bodenschichten, welche diese Filterfunktion wahrnehmen, werden je nach Exposition langfristig mit Schadstoffen verunreinigt und müssen evtl. gesetzeskonform entsorgt werden.

Eine flächenhafte Versickerung im Oberbau erreichen wir mit wasserdurchlässigen Belägen. Das Niederschlagswasser wird ohne Oberflächenabfluss direkt durch den konstruktiven Oberbau in den Untergrund geleitet. Grundsätzlich werden drei Konstruktionsprinzipien unterschieden:

- Versickerung durch wasserdurchlässige Beläge
- Versickerung «über die Schulter»
- Versickerungsmulden

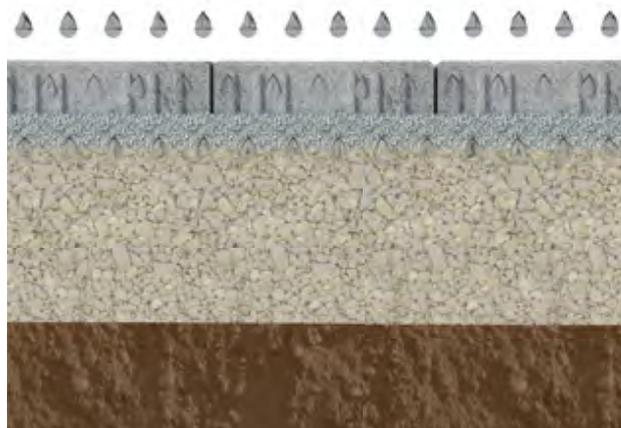
Die Vorteile der Flächenversickerung gegenüber allen anderen Versickerungsmethoden liegen zum einen in der grösstmöglichen flächigen Verteilung des Regenwasseranfalls und zum anderen in der grösstmöglichen Bodenpassage (Filtermächtigkeit).

Versickerung durch wasserdurchlässige Pflastersysteme

Wasserdurchlässige Pflastersysteme weisen gegenüber konventionellen Pflasterbelägen den Vorteil auf, dass das Regenwasser am Ort des Anfalls dem Boden zugeführt werden kann und nicht zuerst gesammelt und dann konzentriert versickert werden muss. Die Versickerung des Oberflächenwassers setzt jedoch einen versickerungsfähigen Ober- und Unterbau voraus und hat nach den gesetzlichen Vorgaben zu erfolgen.

Unterschieden werden drei Systeme:

- Aufgeweitete Fugen (Splittfuge und Rasenfuge), siehe Kapitel Ökopflastersteine Seite 15
- Eingelassene Kammern (Rasengittersteine), siehe Kapitel Ökopflastersteine Seite 15
- Wasserdurchlässige Pflastersteine (Sickersteine), siehe Kapitel Ökopflastersteine Seite 15



Darstellung 55: Wasserabtransport durch den Sickerstein



Darstellung 56: Wasserabtransport durch die aufgeweiteten Fugen oder eingelassenen Kammern

Die zu erwartenden Verkehrslasten bestimmen die Mächtigkeit des Oberbaus (Bettungsschicht und Fundationschicht). Bei normaler Beanspruchung ist für die Fundationsschicht frostsicheres, kiesiges Material zu wählen, dessen oberste Schicht als Planie gemäss den Normempfehlungen gut verdichtet werden sollte.

Bei Starkniederschlägen reicht in der Regel die Versickerung über durchlässig ausgebildete Pflasterbeläge nicht mehr aus (siehe Diagramm 3 auf Seite 46). Das überschüssige Oberflächenwasser ist seitlich abzuführen und dort, wenn möglich, zur Versickerung zu bringen.

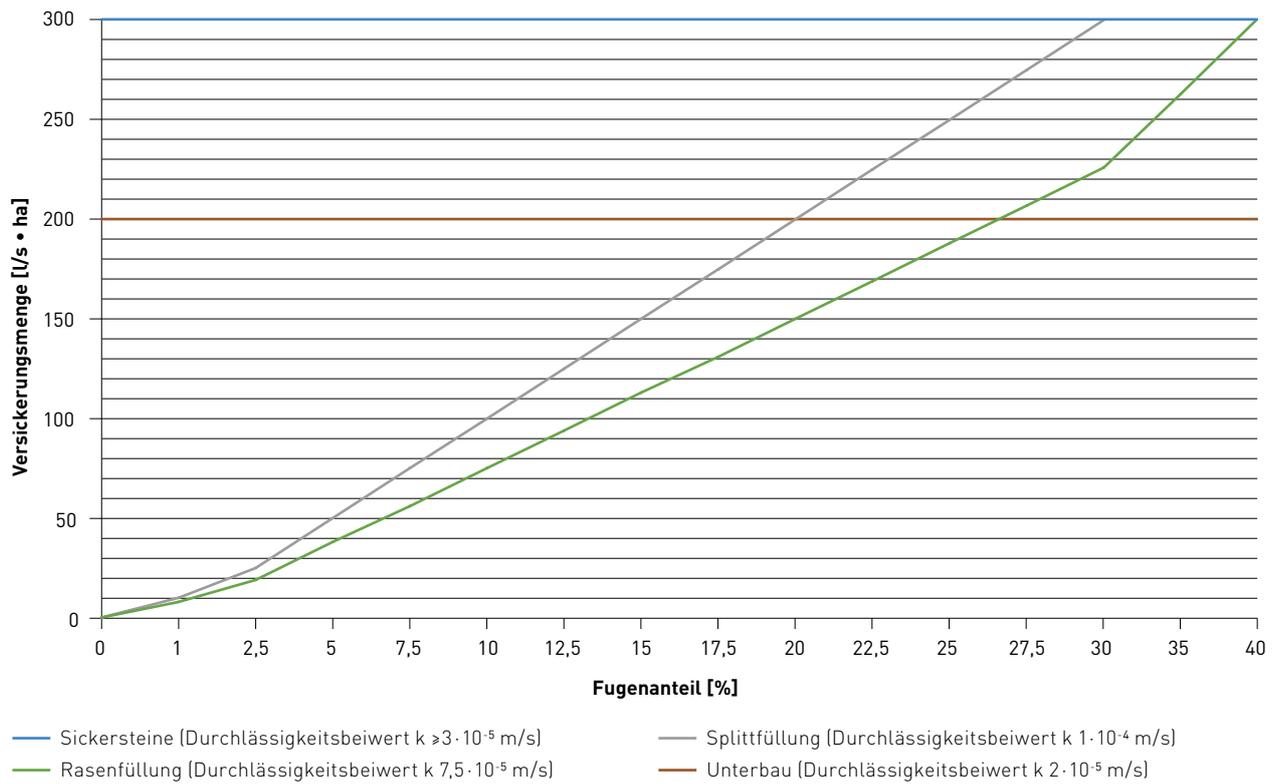


Diagramm 3: Versickerungsmenge der Pflastersysteme in Abhängigkeit des Fugenanteils und des Fugenmaterials

Versickerung über die Schulter

Entlang von Strassen oder Plätzen kann das Regenwasser über das Bankett auf den angrenzenden Belastungsstreifen (Böschungs- oder Grünstreifen) abgeleitet werden. Dort kann es anschliessend flächenförmig versickern.

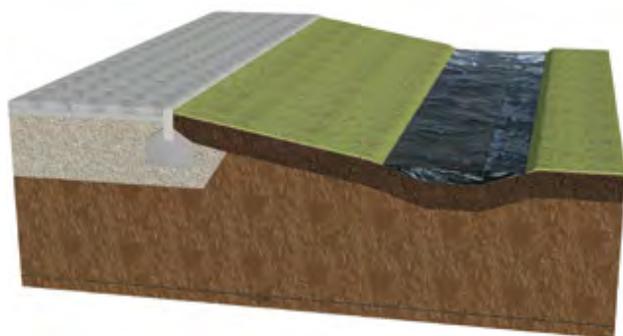
Ist das Verhältnis der Entwässerungsfläche zur Versickerungsfläche grösser als 5, muss der Boden als Anlage oder Anlagebestandteil (für die Versickerung reservierte Bodenflächen, in denen eine Schadstoffanreicherung langfristig in Kauf genommen wird) deklariert werden. Zudem muss der Untergrund eine gewisse Durchlässigkeit und Schluckfähigkeit aufweisen.

Wird die Versickerung durch bauliche Umnutzung der Strassen- oder Platzanlagen aufgehoben, ist eine chemische Analyse des Bodens erforderlich.

Eine Versickerung über die Schulter ist nicht zulässig, wenn der Untergrund aus sehr schlecht durchlässigen oder bereits auf natürlicherweise wassergesättigten Schichten aufgebaut ist.

Der Ober- und der Unterboden sind locker aufzubringen und dürfen nicht verdichtet werden. Durch konstruktive Massnahmen ist die Versickerungsfläche auf den Belastungsstreifen zu begrenzen. Dieser muss so konzipiert werden, dass normale Niederschlagsmengen innerhalb des Streifens versickert werden können und ein Ausbreiten darüber hinaus verhindert wird. Den Abschluss bildet ein schwach muldenförmiger und bewachsener Rand mit einem gut abgestuften Unterboden ohne Stauschicht.

Es muss darauf geachtet werden, dass bei länger dauernden Starkregen die Umgebung so gestaltet wird, dass keine Überschwemmungsschäden entstehen können.



Darstellung 57: Wasserabtransport über die Schulter zur Versickerung im Grünen

Versickerungsmulden

Die seitlich zur Entwässerungsfläche angeordneten Mulden stellen eine leistungsfähige, naturnahe Versickerungsanlage dar, da sie meist mit einem grossen Retentionsvolumen ausgestattet sind. In der begrünten Versickerungsmulde dient die belebte Bodenschicht bei der Passage des Wassers als Filter. Dabei ist zu beachten, dass die vertikale Sickerstrecke im nicht wassergesättigten Untergrund zwischen der Beckensohle und dem Grundwasserspiegel bei Hochwasserstand mindestens 1 Meter beträgt. Beim Einbau der Bodenschichten ist darauf zu achten, dass diese einen optimalen Feuchtigkeitsgehalt aufweisen und «vor Kopf eingebracht» werden, d.h. nicht verdichtet werden.

Versickerungsanlagen sind flächendeckend zu begrünen. Die Pflanzen müssen den Oberboden gut durchwurzeln um damit den Erhalt der Porenstruktur sicherzustellen, ohne jedoch tiefere Bodenschichten zu erschliessen. Eine extensive Bepflanzung mit möglichst wenigen Schnitten pro Jahr hilft, die Pflegekosten tief zu halten. Ungeeignet sind tiefwurzelnnde Pflanzen wie z.B. Sträucher und Bäume. Wegen der periodischen Überflutung sind Beckensohle und -böschung nur als Streuland nutzbar. Das Gras darf nicht für Futterzwecke verwendet und sollte nicht kompostiert, sondern verbrannt werden.

Besondere Aufmerksamkeit bei Versickerungsmulden ist der Übergangszone zwischen Mulde und Zuleitung zu schenken. Denn hier kann es aufgrund von Anreicherung von Feinmaterial und organischen Substanzen zu verstärktem Aufwuchs und Wustbildungen kommen, was eine ordnungsgemässe Ableitung erschwert. Um dem entgegenzuwirken, ist bei der Zuleitung ein geeigneter Platten- oder Pflasterstreifen anzubringen. Dieser Streifen dient zusätzlich als Kolkchutz.

Versickerungsanlagen müssen gewartet und kontrolliert werden.



Darstellung 58: Versickerung in einer Mulde

Boden als Filter, Speicher und Transformator

Der Boden besitzt die Eigenschaften zu filtern, zu speichern und fallweise auch natürliche oder anthropogene Stoffe zu transformieren. Über das Verhalten der Schad- und Fremdstoffe im Boden entscheidet massgeblich dessen Adsorptionsvermögen. In geringerem Mass tragen auch das Transformationsvermögen und weitere Wirkungsmechanismen ihren Teil dazu bei.

Prozesse im Boden

Das versickerte Niederschlagswasser wird in unterschiedlichem Mass im Porensystem zurückgehalten. Je nach Menge und Intensität der Niederschläge und der Wasseraufnahmekapazität des Bodens gelangt ein Teil der Niederschläge ins Grundwasser und ein weiterer Teil wird direkt von der Bodenoberfläche verdunstet oder gelangt als Oberflächenwasser in Bäche, Flüsse und Seen. Beim Transport durch den Porenraum des Bodens werden die mitgeführten Stoffe des Sickerwassers physikalisch und chemisch gefiltert und zurückgehalten. Dies gilt für Nähr- und Schadstoffe.

Durch die zunehmend sorbierten Stoffmengen nimmt die Rückhaltekraft des Bodens, und damit auch die Filterwirkung, ab. Es bedarf einer andauernden Poreneubildung durch biologische Prozesse.

Die angelagerten Stoffe werden aber auch wieder an das Porenwasser abgegeben, was für das Pflanzenwachstum lebenswichtig ist, jedoch auch schädliche Stoffe wieder in den Umlauf bringt.

Biochemische Prozesse im Boden bewirken, dass Stoffe im Boden abgebaut, von Lebewesen verwertet und neu synthetisiert werden. Schwermetalle können jedoch nicht abgebaut werden. Im Boden werden aber grundsätzlich abbaubare Stoffe akkumuliert, wenn sie in grossen Mengen anfallen oder nur langsam abbaubar sind.

Zu einer erneuten Freisetzung von Schwermetallen kann es zum Beispiel bei Veränderungen des pH-Wertes (saurer Regen) oder durch eine Erhöhung der Salzkonzentration im infiltrierten Wasser kommen (Streumittleinsatz im Winter).

Verschiedene Bodenparameter

Die **Porengrösse** des Bodens spielt eine wesentliche Rolle, wobei für die Infiltration hauptsächlich die Makroporen (Äquivalentdurchmesser $>50\mu\text{m}$) massgeblich sind und der Volumenanteil im Boden zwischen ca. 10% und maximal 25% liegt. Eine gute Filterleistung wird durch viele kleine und kleinste Poren bewirkt, welche als Kehrseite jedoch zu einem schlecht durchlässigen Boden und damit zu dessen Vernässung führen.

Bei einem natürlich aufgebauten Boden entspricht das nutzbare **Stauvolumen** ungefähr dem Volumenanteil der Makroporen und groben Mittelporen. Die künstliche Regenwasserversickerung führt grosse Wassermengen mit

angereicherten Partikeln mit und begünstigt damit die Verschlammung und Verstopfung der Poren.

Die Sorption von Schwermetallen ist bei **schwach-sauren bis basischen Böden** (pH $>5,5$) am besten. Die Neigung der Böden zur Versauerung bewirkt im Lauf der Zeit ein Lösen und Auswaschen adsorbierter Schwermetalle. Tonminerale tragen durch ihre Struktur (grosse innere Oberfläche) massgeblich zur Austauschkapazität bei.

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.

Bemessungsgrundlagen für Versickerungsanlagen

Einleitung

Die Dimensionierung der Versickerungsanlage hängt ab vom komplexen Zusammenwirken folgender Faktoren:

- Niederschlag
- Retention
- Art und Grösse der versiegelten Fläche
- der daraus resultierende Abfluss des Niederschlagswassers
- Eigenschaften des Untergrundes

Berechnungsgrundlagen sind die Normen SN 650 340, SN 640 350 (VSA), SN 592 000.

Je nach Versickerungssystem können grössere oder kleinere Niederschlagsmengen in kürzerer oder längerer Versickerungszeit bewältigt werden.

Ebenfalls ist die Frage 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.

Berechnungsgrundlagen

Niederschlagsmenge

Die Niederschlagsmenge ist von den geografischen Gegebenheiten abhängig und wird mittels Regenintensität in mm/min oder Regenspende in l/(s·ha) berechnet (Umrechnung 1 mm/min = 116,67 l/(s·ha)).

In der Liegenschaftsentwässerung (SN 592 000) wird die Regenspende r mit 0,03 l/(s·m²) (entspricht 300 l/(s·ha) oder 108 mm/h) als Berechnungsgrundlage angenommen. Je nach Region ist eine bis zu 25–50% höhere Regenspende zu berücksichtigen.

Diese Menge entspricht einem sehr starken Gewitterregen, der in der Regel jedoch nur von kurzer Dauer ist (normalerweise 10 Minuten). Lang anhaltender Regen (Landregen) ergibt nur geringere Intensitäten. Die zu bemessende Zeitdauer des Niederschlags (t) fliesst ebenfalls in die Berechnung ein.

Die Grösse der «versiegelten» Fläche, welche entwässert werden soll, kann mit dem Abflussbeiwert ψ , der von der Art der Fläche abhängt, angepasst werden (= reduzierte Einzugsgebietsfläche A_{Ered}).

Die zu versickernde Niederschlagsmenge (V_N) errechnet sich dann wie folgt:

$$V_N = A_{\text{Ered}} \cdot t \cdot r$$

Versickerungsleistung

Wie viel Wasser effektiv in einer gewissen Zeitspanne t in den Untergrund abgeführt werden kann, hängt einerseits von der Versickerungsleistung S_{spez} des Untergrundes und andererseits von der versickerungswirksamen Fläche A_V ab.



Abbildung 21: Parkfläche mit CARENA® Splitt Ökostein

Die Wassermenge V_i , die durch die Sickeranlage infiltriert wird, berechnet sich wie folgt:

$$V_i = S_{\text{spez}} \cdot t \cdot A_V$$

Aus der Differenz der Niederschlagsmenge und der Versickerungsleistung ergibt sich ein allfälliges Retentionsvolumen, welches über einen gewissen Zeitraum zurückgehalten werden muss.

Anforderung an die Versickerungsanlage

Die Niederschlagsmenge, die bei einem Starkregen in einem gewissen Zeitraum auf einer versiegelten Fläche anfällt, muss kleiner bzw. gleich der Menge sein, die in diesem Zeitraum über die Versickerungsanlage infiltriert und falls notwendig in der Versickerungsanlage zurückgehalten werden kann (Retentionsvolumen).

Im Allgemeinen sollte für die Berechnung des Retentionsvermögens der Anlage der ungünstigste Fall bei einem 10-jährigen Regenereignis angenommen werden.

Regionale Regenintensitäten

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

Regionen	Regenintensität
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

Empfohlene Abflussbeiwerte (SN 592 000)

Oberfläche	Abflussbeiwert ψ
Pflaster mit aufgeweiteten Fugen	0,6
Sickersteine	0,2
Rasengittersteine	0,2

Bewilligung/Zuständigkeit

Gesetzgebung

Die Zulässigkeit einer Versickerung und ihrer technischen Ausgestaltung richtet sich nach den kantonalen Gesetzen und Verordnungen sowie den zugehörigen Richtlinien, Weisungen und Vollzugshilfen. Der gesetzliche Auftrag dazu findet sich im Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (GSchG).

Zuständige Bewilligungs- und Kontrollbehörde

Die Bewilligung von Versickerungen ist in den einzelnen Kantonen unterschiedlich geregelt. Bei den meisten Versickerungen delegiert der Kanton die Bewilligung an die Gemeinden. In Ausnahmen wie Versickerung in Grundwasserschutzzonen, in Industrie- und Gewerbezone und bei Verdacht auf Belastung mit Altlasten bleibt die Bewilligung bei den kantonalen Behörden.

Der kommunalen Bauaufsichtsbehörde obliegt die Aufgabe der Kontrolle und Abnahme der Versickerungsanlagen. Eine Einleitung in Oberflächengewässer ist in jedem Fall bewilligungspflichtig!

Planung

Die Planung und Erstellung der privaten und öffentlichen Versickerungsanlagen richtet sich nach den Vorschriften und Auflagen der kantonalen Gewässerschutzfachstelle. Ergänzend sind insbesondere die einschlägigen Normen und Richtlinien der Fachverbände, vor allem die Norm SN 592 000 «Anlage für Liegenschaftsentwässerung – Planung und Ausführung» und die Richtlinie «Regenwasserentsorgung» des VSA sowie die Wegleitung «Gewässerschutz bei der Entwässerung von Verkehrswegen» vom BUWAL, massgebend.

Gesuchseingabe

Anlaufstelle für die Bewilligung ist die Gemeindebehörde, welche das Versickerungsprojekt im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens prüft, beurteilt und an die zuständige kantonale Fachstelle weiterleitet, falls die Bewilligungskompetenz beim Kanton liegt.

Baukontrolle

Die Schlussabnahme des fertiggestellten Projektes ist vor Inbetriebnahme durch die Bauaufsichtsbehörde durchzuführen.

Nachbarrechtliche Aspekte

Bei jedem Versickerungsvorhaben muss die nachbarrechtliche Situation analysiert werden (Anerkennung ZGB Art. 689). Der Nachbar, insbesondere der Unterlieger, darf durch die neu gestaltete Regenwasserversickerungssituation nicht geschädigt werden. Durch Veränderung des natürlichen Abflusses können beim Nachbarn z.B. Schäden an Stützmauern oder gar in Kellergeschossen entstehen. Besonders in Hanglagen ist bei Versickerung die Hangstabilität sicherzustellen.

Jedoch ist auch jeder Grundeigentümer verpflichtet, das Wasser, welches vom oberhalb liegenden Grundstück natürlicherweise abfließt, aufzunehmen.

- Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (GSchG) vom 24. Januar 1991/Erg. 1. Juni 2008

Artikel 4: Begriffe

e. Abwasser «Das durch häuslichen, industriellen, gewerblichen, landwirtschaftlichen oder sonstigen Gebrauch veränderte Wasser, ferner das in der Kanalisation stetig damit abfließende sowie das von bebauten oder befestigten Flächen abfließende Niederschlagswasser.»

f. Verschmutztes Abwasser «Verschmutzt ist ein Abwasser dann, wenn es ein Gewässer, in das es gelangt, verunreinigen kann.»

Artikel 7: Abwasserbeseitigung

¹ «Verschmutztes Abwasser muss behandelt werden. Man darf es nur mit Bewilligung der kantonalen Behörde in ein Gewässer einleiten oder versickern lassen.»

² «Nicht verschmutzte Abwässer sind nach den Anordnungen der kantonalen Behörde versickern zu lassen. Erlauben die örtlichen Verhältnisse dies nicht, so kann es in ein oberirdisches Gewässer eingeleitet werden; dabei sind nach Möglichkeit Rückhaltmassnahmen zu treffen, damit das Wasser bei grossem Anfall gleichmässig abfließen kann. Einleitungen, die nicht in einer vom Kanton genehmigten kommunalen Entwässerungsplanung ausgewiesen sind, bedürfen der Bewilligung der kantonalen Behörde.»

- Gewässerschutzverordnung (GschV) vom 28. Oktober 1998
- Bundesgesetz über den Umweltschutz (USG) vom 7. Oktober 1983
- Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBö) vom 1. Juli 1998
- Verordnung über umweltgefährdende Stoffe (StoV) vom 9. Juni 1986
- Störfallverordnung (StFV)
- Verordnung über den Schutz der Gewässer vor wassergefährdenden Stoffen (VWF)
- Lebensmittelgesetz (für Fragen im Zusammenhang mit dem Grundwasser)

- Schweizerisches Zivilgesetzbuch Art. 689 (Stand 1. Januar 2013)

4. Wasserablauf

¹ Jeder Grundeigentümer ist verpflichtet, das Wasser, das von dem oberhalb liegenden Grundstück natürlicherweise abfließt, aufzunehmen, wie namentlich Regenwasser, Schneeschmelze und Wasser von Quellen, die nicht gefasst sind.

² Keiner darf den natürlichen Ablauf zum Schaden des Nachbarn verändern.

³ Das für das untere Grundstück nötige Abwasser darf diesem nur insoweit entzogen werden, als es für das obere Grundstück unentbehrlich ist.

CREABETON MATÉRIAUX AG

WWW.CREABETON-MATERIAUX.CH

CH-3250 LYSS

BUSSWILSTRASSE 44

TEL +41 (0)32 387 87 87

FAX +41 (0)32 387 86 86

CH-3646 EINIGEN

OBERES KANDERGRIEN

TEL +41 (0)33 334 25 25

FAX +41 (0)33 334 25 90

CH-1523 GRANGES-PRÈS-MARNAND

RTE DE VILLENEUVE 11/CP 65

TEL +41 (0)26 668 95 95

FAX +41 (0)26 668 95 97

CH-3186 DÜDINGEN

MURTENSTRASSE 25/PF 38

TEL +41 (0)26 492 50 20

FAX +41 (0)26 492 50 25

CREABETON
LÖSUNGEN AUS LEIDENSCHAFT