CREABETON

PLANUNGSGRUNDLAGEN

BODENBELÄGE AUS BETON

INHALTSVERZEICHNIS

1. Anwendungsbereiche 3
- 1.1 Bodenbeläge aus Beton 3
- 1.2 Vorteile von Beton 3
- 1.3 Bodenbeläge aus Beton in der Schwammstadt 3
- 1.3.1 Versickern statt versiegeln 3
- 1.3.2 Wie helle Beläge gegen Hitze wirken 4
- 1.4 Besondere Anwendungsbereiche 4
- 1.5 Hindernisfreier Verkehrsraum 4
- 1.6 Feuerwehr- und Notfallzufahrten 5
- 1.7 Rampen 5
- 1.8 Exponierte Flächen (Kurven, Wendeplätze, Industrie- und Logistikflächen) 5

2. Grundlagen 6
- 2.1 Normative Grundlagen 6
- 2.2 Massgebende Grundlagen 6

3. Dimensionierung und Terminologie 6
- 3.1 Dimensionierungsgrössen 7
- 3.2 Tragfähigkeitsdimensionierung 7
- 3.2.1 Tägliche äquivalente Verkehrslast TF_{20} ermitteln 7
- 3.2.2 Massgebende Verkehrslastklasse bestimmen 7
- 3.2.3 Tragfähigkeit des Planums (Unterlage des Oberbaus) ermitteln 7
- 3.2.4 Konstruktionsdicke d_1 ermitteln 8
- 3.2.5 Dimensionierung der Fundationsschicht 8
- 3.3 Mittlere tägliche äquivalente Verkehrslast TF bestimmen 8
- 3.3.1 Verkehrslastklassen ZP bis T3 zuordnen 8
- 3.4 Frostdimensionierung 8
- 3.4.1 Frostempfindlichkeitsklasse G bestimmen 8
- 3.4.2 Proportionalitätsfaktor ƒ bestimmen 9
- 3.5 Dimensionierung der Bettungsschicht 9

4. Funktionale Fugen 10
- 4.1 Anordnung von Pflastersteinen bei Verkehrsbelastung 10
- 4.2 Fugenbildung 11

5. Randabschlüsse 11
- 5.1 Rand- oder Bundsteine (sichtbar) 11
- 5.2 Stellsteine (sichtbar) 12
- 5.3 Betonabschluss (unsichtbar) 12
- 5.4 PAVE EDGE® Randschienen aus Kunststoff (unsichtbar) 12

6. Oberflächenentwässerung 13

1. Anwendungsbereiche

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 innerstädtischen 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 Wasser. 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 Wasser 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).

1.1 Bodenbeläge aus Beton

Die Gestaltung von öffentlichen und privaten Räumen wie Strassen, Wegen und Plätzen beeinflussen das Wohlbefinden der Menschen. Obwohl viele Faktoren nicht verändert werden können, gibt es bei der Gestaltung von Strassen, Wegen und Plätzen Spielraum, insbesondere durch die Verwendung von Platten und Pflastersteinen aus Beton.

Pflästerungen als Gestaltungselement: Natursteinpflaster sind eine alte Bauweise, während Betonpflastersteine und Plattenbeläge eine Renaissance erleben. Sie sind besonders beliebt in verkehrsarmen Zonen, Plätzen, Quartier- und Wohnstrassen sowie Fussgängerzonen und privaten Wegen und Sitzplätzen.

Gestalterische Vielfalt: Pflastersteine und Plattenbeläge sind aus gestalterischer Sicht unverzichtbar und ersetzen vielerorts Asphaltbeläge. Es gibt eine grosse Auswahl an Formen, Farben und Strukturen, die kreative Lösungen ermöglichen.

Wasserdurchlässige Systeme: Wasserdurchlässige Pflastersysteme gewinnen an Bedeutung, da sie Oberflächenwasser direkt in den Untergrund versickern lassen. Auch die kühlende Wirkung durch Verdunstung wird, gerade in zunehmend aufgeheizten Städten, immer wichtiger.

1.2 Vorteile von Beton

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 formierten Lagen zum maschinellen Verlegen. Den gestalterischen Wünschen sind keine Grenzen gesetzt. Die Stein- oder Plattenstärke und das Verlegemuster können der Verkehrsbelastung entsprechend angepasst werden. Die Eignung der einzelnen Produkte sind in den Spezifikationen der Einzelprodukte ersichtlich. Pflasterdecken und Plattenbeläge sind nach dem Versetzen sofort benutzbar und verbinden die Vorteile der robusten Bauweise mit den Vorzügen einer flexiblen Befestigung. Aufbrüche für neue Leitungen oder Reparaturen sind einfach und kostengünstig. Die Steine oder Platten werden ausgebaut und nach Beendigung der Arbeiten wieder versetzt. Der Belag ist sofort wieder benutzbar, ohne sichtbare Spuren. Ausschuss oder nicht mehr benötigte Steine und Platten aus Beton können rezykliert werden und in grossen Massen bei Recycling-Betonmischungen beigemischt und damit im Stoffkreislauf behalten werden.

1.3 Bodenbeläge aus Beton in der Schwammstadt

Das Prinzip der Schwammstadt ist relativ einfach: Regenwasser wird lokal im Boden aufgenommen und wie in einem Schwamm gespeichert, anstatt es in die Kanalisation abzuleiten. Dadurch werden Überflutungen bei Starkregen vermieden und das Stadtklima generell verbessert. An Hitzetagen verdunstet das Wasser und sorgt für Abkühlung. Damit dies gelingt, müssen nebst Grünflächen vermehrt Plätze aus sickerfähigen Oberflächen gebaut werden. Offenporige Pflästerungen, welche das Wasser versickern lassen, sind ein gutes Beispiel dafür.

1.3.1 Versickern statt versiegeln

Die zunehmende Versiegelung von Flächen durch Siedlungs- und Verkehrsbauten führt zu erheblichen ökologischen Herausforderungen. Versiegelte Böden – also Flächen, die durch wasserundurchlässige Materialien wie Beton, Asphalt oder Natursteinpflästerungen mit geschlossenen Fugen vollständig abgedeckt sind – verlieren ihre natürlichen Funktionen. Dazu zählen insbesondere die Speicherung und Filterung von Niederschlagswasser sowie die Unterstützung des natürlichen Wasserkreislaufs und der Grundwasserneubildung. Das Regenwasser kann auf versiegelten Flächen nicht versickern und wird stattdessen oberflächlich abgeleitet, meist direkt in die Kanalisation. Dies führt zu einer Überlastung der Entwässerungssysteme, erhöht die Hochwassergefahr bei

Starkregen und beeinträchtigt die Leistung von Kläranlagen. Gleichzeitig verschlechtert sich das Mikroklima in urbanen Räumen: Die Umgebung heizt sich stärker auf, kühlt nachts weniger ab und wird trockener und staubiger.

Eine nachhaltige Alternative bieten sickerfähige Betonbeläge, wie Sickersteine oder Pflaster mit aufgeweiteten Fugen. Diese ermöglichen eine naturnahe Entwässerung, indem das Regenwasser entweder direkt durch den Stein oder über die Fugen in den Untergrund geleitet wird. Dadurch wird die Kanalisation entlastet, die Grundwasserneubildung gefördert und das lokale Klima verbessert. Gemäss Gewässerschutzgesetz (GSchG) und Gewässerschutzverordnung (GSchV) ist ein Grossteil des Regenwassers im Siedlungsgebiet als «nicht verschmutzt» einzustufen und muss versickert werden – sofern die örtlichen Gegebenheiten dies zulassen. Die moderne Siedlungsentwässerung verfolgt daher das Ziel, Gewässer als Lebensräume ganzheitlich zu schützen und ökologische Aspekte in der Planung zu berücksichtigen.

Durch den Einsatz von durchlässigen Betonbelägen und die Integration von Retentionsflächen kann der Regenwasserabfluss verlangsamt und Abflussspitzen reduziert werden. Dies trägt wesentlich zur Entlastung der Gewässer, zur Verbesserung der Lebensqualität und zur Anpassung an die Herausforderungen des Klimawandels bei.

1.3.2 Wie helle Beläge gegen Hitze wirken

Doch die Sickerleistung allein ist nicht der einzige Aspekt, der für den Klimaschutz entscheidend ist. Auch die Farbe der Beläge spielt eine wichtige Rolle. Helle Oberflächen haben die Fähigkeit, Sonnenstrahlen stärker zu reflektieren als dunkle, wodurch sie die Aufheizung der Umgebung verringern. Dieses Prinzip kennt jeder aus eigener Erfahrung: Trägt man im Sommer ein schwarzes T-Shirt, wird einem schneller warm, als wenn man ein weisses trägt. Genauso verhält es sich mit dem Bodenbelag. Helle Pflastersteine reflektieren mehr Sonnenlicht und somit erhitzt die Umgebung weniger schnell. Dies ist besonders in urbanen Gebieten von grosser Bedeutung, wo Hitzeinseln oft ein Problem darstellen.

1.4 Besondere Anwendungsbereiche

Für Aussenbereiche sind Betonpflastersteine und Betonplatten eine vielseitige und robuste Wahl. Ihre Anwendung ist jedoch an spezifische technische und normative Anforderungen gebunden, die bei besonderen Einsatzbereichen von grosser Bedeutung sind. Die folgenden Abschnitte erläutern die wichtigsten Regelwerke und praktischen Überlegungen, die in der Schweiz beim Bau mit Betonbelägen beachtet werden müssen, von der Gewährleistung der Barrierefreiheit über die Anforderungen an Feuerwehrzufahrten bis hin zu den Besonderheiten bei Rampen und hochfrequentierten Industrie- und Manövrierflächen.

1.5 Hindernisfreier Verkehrsraum

In der Schweiz regeln die Normen SN 640 075 «Hindernisfreier Verkehrsraum» und SIA 500 «Hindernisfreie Bauten» die Anforderungen an Bodenbeläge im Aussenbereich, um die Sicherheit und Zugänglichkeit für Menschen mit Beeinträchtigungen zu gewährleisten. Die Regelungen zielen darauf ab, rollstuhlgängige und sehbehindertengerechte Wege zu schaffen. So müssen Flächen mit Betonpflastersteinen oder Betonplatten eine ausreichende Ebenheit aufweisen, um Rollstühle und Rollatoren nicht zu behindern. Die Ebenheitsabweichung sollte dabei möglichst gering sein, um Stolperfallen zu vermeiden. Zudem dürfen Fugen nicht zu breit sein; die Norm empfiehlt eine maximale Fugenbreite von 10 mm, die zudem dauerhaft ausgefüllt sein muss, um ein Hängenbleiben von Rollstuhlrädern oder weissen Stöcken zu verhindern. Auch die Rutschhemmung ist ein zentraler Aspekt: Die Oberfläche der Platten muss auch bei Nässe eine ausreichende Trittsicherheit bieten, weshalb die R-Werte (Rutschhemmklassen) oder GS-Werte eine wichtige Rolle spielen. Für Rampen gelten zudem spezifische Vorgaben bezüglich maximaler Neigung und Breite, um die Befahrbarkeit sicherzustellen. Ungeeignete Beläge wie grobe Natursteinpflästerungen, die uneben sind oder grosse, offene Fugen aufweisen, sind auf Hauptwegen zu vermeiden. Beton bietet gegenüber Naturstein und Asphalt einige entscheidende Vorteile im Kontext des hindernisfreien Bauens. Im Gegensatz zu Naturstein, der in seiner Form und Grösse oft unregelmässig ist, lassen sich Betonpflastersteine und -platten mit exakt definierter Geometrie herstellen. Dies ermöglicht die Schaffung sehr ebener und homogener Oberflächen mit schmalen, gleichmässigen Fugen, was Rollstuhlfahrern und Personen mit weissem Stock die Navigation erheblich erleichtert. Auch in Bezug auf die Rutschhemmung kann Beton durch die kontrollierte Oberflächenstruktur zuverlässig standardisierte R-Werte oder GS-Werte erreichen, was bei Naturstein schwieriger zu gewährleisten ist. Asphalt hingegen kann sich bei Hitze verformen oder mit der Zeit Risse und Unebenheiten entwickeln, die eine Barriere darstellen. Zudem bietet Beton eine vielseitigere Gestaltungsmöglichkeit in Bezug auf Farbe und Form, was eine bessere optische Orientierung ermöglicht. Darüber hinaus ist Beton sehr langlebig und wartungsarm, während Asphalt meist regelmässiger erneuert werden muss und Naturstein oftmals teurer in der Anschaffung ist.

1.6 Feuerwehr- und Notfallzufahrten

Die Richtlinie für Feuerwehrzufahrten, Bewegungs- und Stellflächen welche von der Feuerwehrkoordination Schweiz FKS herausgegeben wird, erklärt die technischen Anforderungen gemäss Art. 44 der Brandschutznorm (Ausgabe 2015). Neben den Mindesthöhen und -breiten von Zufahrten sowie den zulässigen Radien und Gefällen ist vor allem das Gewicht und die sogenannte Bodenpressung zu beachten.

Die Richtlinie besagt dabei, dass Stellflächen so befestigt werden müssen, dass sie von Feuerwehrfahrzeugen mit einer Gesamtmasse von 18 t und Achslast von maximal 10 t befahren werden können.

Stellflächen auf befahrbaren Decken müssen nach SIA-Normen für ein Einzelfahrzeug von 18 t Gesamtmasse in ungünstigster Stellung bemessen sein. Auf den umliegenden Flächen ist gleichzeitig 5 kN / m^2 als Verkehrslast anzusetzen. Diese Verkehrslast darf als vorwiegend ruhend eingestuft werden. Die Aufstellfläche muss so befestigt werden, dass sie einer Flächenpressung (Bodenpressung) von mindestens 80 N / cm^2 standhält. Für Stellflächen auf bestehenden, befahrbaren Decken ist gegebenenfalls eine statische Überprüfung der Decke für eine Einzellast von 140 kN erforderlich.

Bodenbeläge aus Beton, ab einer Stärke von 6 cm erfüllen diese Anforderungen, sofern die gesamte Dimensionierung ab dem Untergrund auf die entsprechenden Lasten ausgelegt ist. Bei Flächen, auf denen mit grösseren Scherkräften zu rechnen ist, soll ein besonderes Augenmerk auf eine stabile Randeinfassung gelegt werden.

1.7 Rampen

Die maximale Neigung von Rampen ist in der Schweiz nicht einheitlich geregelt. Die VSS-Norm 640 250 befasst sich mit dem Strassenbau und gibt Empfehlungen für die maximale Neigung von Strassen und Wegen. Für öffentliche Strassen sind in der Regel maximal 10 – 12 % Neigung empfohlen, um die Befahrbarkeit und Sicherheit bei allen Witterungsbedingungen zu gewährleisten. Ausserdem regelt die VSS-Norm 40 021 den Entwurf von Strassen im Allgemeinen und kann für die Planung von Rampen hinzugezogen werden.

Für private Zufahrten oder Gartenrampen, die nicht Teil des öffentlichen Strassennetzes sind, gelten oft weniger strenge Richtlinien. Eine Neigung von 20 % kann in der Regel als eine Obergrenze betrachtet werden, die aber bei ungünstigen Witterungsbedingungen bereits problematisch sein kann. Um eine sichere und dauerhafte Konstruktion zu gewährleisten, ist die Konsultation eines Fachplaners oder Ingenieurs zu empfehlen, der die spezifischen Gegebenheiten des Projekts bewerten kann.

Auch die sogenannte Rutschhemmung kann vorgängig geprüft und ausgewiesen werden. Für eine Rampenkonstruktion sollte ein R-Wert von mindestens R11 oder höher ausgewiesen werden, um auch bei Regen oder Schnee eine sichere Begehbarkeit und Befahrbarkeit zu gewährleisten. Entsprechende Prüfwerte können in den technischen Spezifikationen der Produkte ausgewiesen oder spezifisch durch ein entsprechendes Verfahren geprüft werden.

GS-Werte (Schweiz): Messen den dynamischen Gleitreibungskoeffizienten auf einer horizontalen Fläche. Das Verfahren kann sowohl im Labor als auch am verbauten Objekt durchgeführt werden, was die Überprüfung der Rutschhemmung vor Ort ermöglicht.

R-Werte (DIN): Messen den Neigungswinkel einer schiefen Ebene, auf der eine Testperson mit genormtem Schuhwerk gerade noch sicher gehen kann. Dieser Test wird ausschliesslich im Labor durchgeführt.

1.8 Exponierte Flächen (Kurven, Wendeplätze, Industrie- und Logistikflächen)

Auf Industrie- und Logistikflächen, Manövrierflächen sowie in Kurvenbereichen, die mit Betonpflastersteinen befestigt werden, ist die Belastbarkeit das entscheidende Kriterium. Diese Flächen sind extremen horizontalen und vertikalen Kräften ausgesetzt, weshalb nur Pflastersteine mit den höchsten Belastungsklassen (nach SN EN 1338) verwendet werden sollten, idealerweise mit einer Dicke von 10 – 12 cm. Um den horizontalen Scherkräften durch Lenkbewegungen von LKWs und Gabelstaplern standzuhalten, sind verbundgesicherte Pflastersteine mit seitlichen Nocken einzusetzen, die ein Verschieben verhindern. Die Fugen müssen dabei schmal (3 – 5 mm) und idealerweise mit einem gebundenen Fugenmörtel gefüllt sein, der den hohen Belastungen standhält. Nicht zuletzt sollten die Steine bei Bedarf frost- und tausalzbeständig sein, um Beschädigungen durch Streusalz im Winter zu vermeiden. All diese Faktoren sind unerlässlich, um die Langlebigkeit und Sicherheit des Belags unter den extremen Bedingungen des Schwerverkehrs zu gewährleisten.

2. Grundlagen

2.1 Normative Grundlagen

Die Planungsgrundlagen und die entsprechenden Versetzhinweise der verschiedenen Bodenbeläge von CREABETON beziehen sich im Wesentlichen auf die folgenden Normen. Diese bilden die Grundlage für die korrekte Ausführung von Bodenbelägen aus Beton.

- SN 640 480a «Pflästerungen»
- 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»
- SIA 500 «Hindernisfreies Bauen»
- SIA 318 «Garten- und Landschaftsbau»

2.2 Massgebende Grundlagen

Vor der eigentlichen Dimensionierung sind folgende Angaben zu erheben:

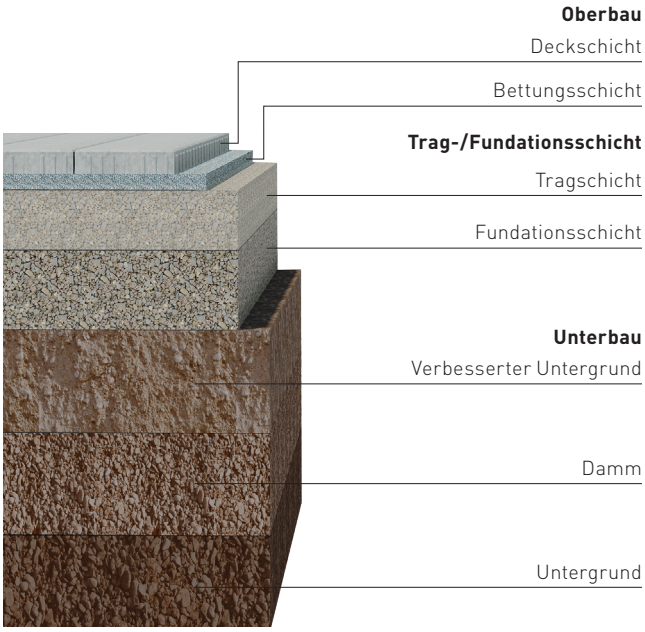
- die zu erwartende Beanspruchung durch den Verkehr
- die Tragfähigkeit des Untergrundes / Unterbaues mit dessen jahreszeitlichen Schwankungen und Frostempfindlichkeit
- Dauer und Auswirkung des Bodenfrostes
- Frosteindringtiefe
- Grundwasserspiegel und Versickerungsfähigkeit des Bodens

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 X30 kleiner als die Oberbaudicke, gibt die Tragfähigkeitsdimensionierung die Oberbaudicke an. Für die Frostempfindlichkeitsklassen G1 und G2 ist die Frosteindringtiefe nicht relevant und die Tragfähigkeitsdimensionierung ergibt die Oberbaudicke. Bei den Frostempfindlichkeitsklassen G3 und G4 ist zusätzlich eine Frostdimensionierung durchzuführen und der grössere Wert entspricht der Oberbaudicke.

3. Dimensionierung und Terminologie

Stabile und dauerhafte Bodenbeläge funktionieren nur mit einem guten Aufbau auf dem Untergrund. Vereinfacht dargestellt, besteht der Aufbau eines Bodenbelages aus dem Untergrund, der Fundations- und Bettungsschicht und dem Belag. Der Belag und die Bettungsschicht zusammen ergeben die Konstruktionsdicke der Pflästerung / Plattendecke. Zusammen mit der Dicke der Trag- und Fundationsschicht ergibt das den Oberbau.

Gemäss der Norm SN 640 302b wird der Aufbau von Verkehrsflächen in folgende Schichten aufgeteilt:



Der Unterbau besteht aus dem Untergrund, evtl. mit einem Damm und / oder einem verbesserten Untergrund. Je grösser die Belastung eines Bodenbelages sein wird, desto wichtiger sind geeignete Massnahmen für einen korrekt dimensionierten Unterbau.

- Der Untergrund ist das bestehende Gelände, auf dem ein Bauwerk entstehen soll.
- Der Damm ist eine Ausgleichschicht 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 die Tragschicht werden häufig gemeinsam betrachtet und als Fundationsschicht bezeichnet.
- 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.

3.1 Dimensionierungsgrössen

Für die korrekte Dimensionierung des Oberbaus sind einige Kenngrössen zu bestimmen. Die Terminologie der wichtigsten Kenngrössen wird im folgenden Abschnitt beschrieben.

Tragfähigkeitsklassen Si: Die auf der Höhe des Planums gemessenen Tragfähigkeitsbeiwerte (z. B. ME1-Werte) werden in eine der fünf Tragfähigkeitsklassen S0 bis S4 eingereiht.

Verformungsmodul ME: Der ME-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, ergibt eine Radlast von 4,08 t) auf einem Fahrstreifen während der gesamten für die Dimensionierung massgebenden Gebrauchsperiode von n Jahren.

Verkehrslastklassen ZP, $T1_{20}$ bis $T6_{20}$: 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.

3.2 Tragfähigkeitsdimensionierung

Die Dicke der Fundationsschicht soll derart bestimmt und die Baustoffe so gewählt werden, dass die Unterlage der Pflästerung oder des Plattenbelags ausreichend standfest ist und ein gutes Langzeitverhalten gewährleistet werden kann. Die Dimensionierung der Tragfähigkeit erfolgt in 4 Schritten:

3.2.1 Tägliche äquivalente Verkehrslast TF_{20} ermitteln

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 während 20 Jahren einwirken. Bei Flächen, die nicht befahren werden, zum Beispiel Gehwege und Sitzplätze, kann dieser Schritt ausgelassen werden, da sich direkt die Verkehrslastklasse ZP ergibt.

3.2.2 Massgebende Verkehrslastklasse bestimmen

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 Pflästerung nicht geeignet

3.2.3 Tragfähigkeit des Planums (Unterlage des Oberbaus) ermitteln

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 (Sande)	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.

3.2.4 Konstruktionsdicke d_1 ermitteln

Die Verkehrslastklasse kann in Relation zur Pflastersteinstärke und deren Verbundwirkung gebracht und so die Konstruktionsdicke d_1 gemäss SN 640 480a ermittelt werden.

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

geeignet bedingt geeignet nicht geeignet

3.2.5 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 der Körnung 0 / 45 mm verwendet, welches den Anforderungen gemäss SN EN 13242 entspricht und lageweise ca. alle 20 cm verdichtet wird. Wichtig ist, dass sowohl die Fundationsschicht wie auch der Unterbau wasserdurchlässig sind, damit sich kein Wasser unter dem Pflasterbelag stauen kann. Die Dimensionierung der Fundationsschicht richtet sich nach der darunterliegenden Tragfähigkeit und Frostempfindlichkeit des Bodens, sowie nach der massgebenden Verkehrsklasse. 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 im Pflasterbelag auftretenden Kräfte entstehen.

3.3 Mittlere tägliche äquivalente Verkehrslast TF bestimmen

Die tägliche, äquivalente Verkehrslast ist die Verkehrslast, ausgedrückt in der gleichwertigen Anzahl von Durchgängen einer Einheitsachslast von 8,16 t (1 TF = 8,16 t / Achse x Tag). Sie ist die Zahl der Durchgänge aller Achslasten, gewichtet mit dem entsprechenden Lastkategoriefaktor (VSS SN 640 320 a).

3.3.1 Verkehrslastklassen ZP bis T3 zuordnen

Die Verkehrslastklassen ZP bis T3 können gemäss dem Einsatzbereich zugeordnet werden.

3.4 Frostdimensionierung

Der Oberbau ist so zu dimensionieren, dass er die Tragfähigkeitsverminderung während der Auftauperiode ohne Schäden übersteht. Nachfolgend wird der Ablauf zur korrekten Dimensionierung beschrieben.

3.4.1 Frostempfindlichkeitsklasse G bestimmen

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 nachstehender Tabelle 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 Pflästerung / Platten sicherzustellen.

Durch eine Stabilisierung werden die Böden weniger frostempfindlich.

3.4.2 Proportionalitätsfaktor *f* bestimmen

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

Fugenfüllung	Verkehrslastklasse							
	ZP		T1		T2 / T3		T4	
	Frostempfindlichkeitsklasse							
	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 X30

Die Bestimmung der Frosteindringtiefe X30 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} [m] = 0,55 + 0,0013 · H [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.

3.5 Dimensionierung der Bettungsschicht

Bei einer grobkörnigen Schotter-Fundationsschicht ist auf die Filterstabilität ungebundener Bettungsmaterialien zu achten. Das bedeutet, 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 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)

$$\frac{D_{115}\ \text{(Tragschicht)}}{d_{B85}\ \text{(Bettungsschicht)}} \leq 5$$

3)

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

DT_{15}, DT_{50}

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

dB_{50}, dB_{85}

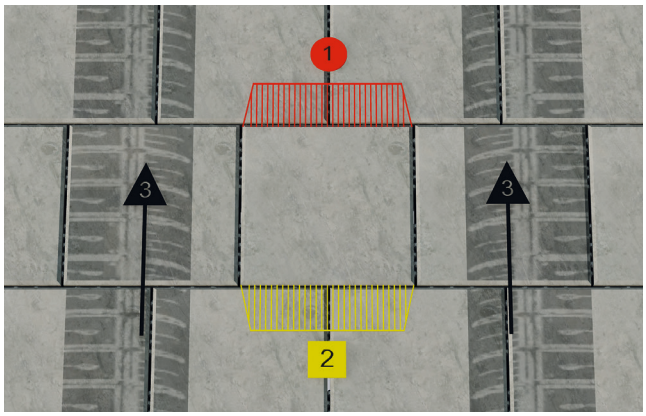
Der Korndurchmesser des Bettungsmaterials resultiert aufgrund der Korngrössenverteilung bei den Siebdurchgängen mit 50 bzw. 85 Masse-Prozent.

4. Funktionale Fugen

Die charakteristischen Eigenschaften eines Bodenbelages 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.

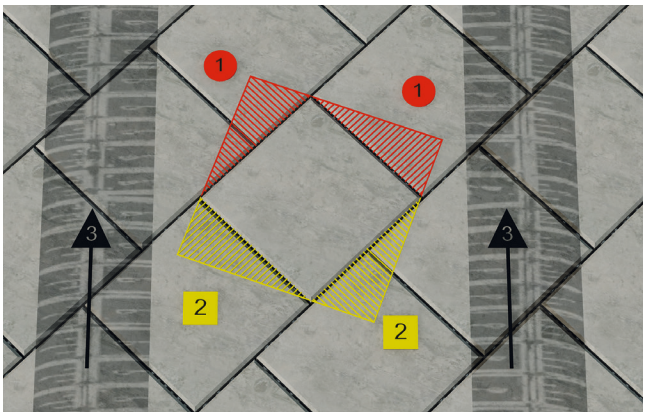
4.1 Anordnung von Pflastersteinen bei Verkehrsbelastung

Die Anordnung der einzelnen Steine oder Platten in Bezug auf die Hauptfahrtrichtung beeinflusst die Stabilität des Bodenbelags zusätzlich. Sind die Fugen rechtwinklig zur Hauptfahrtrichtung angeordnet, können Drehkräfte nur über zwei Stirnseiten aufgenommen werden.



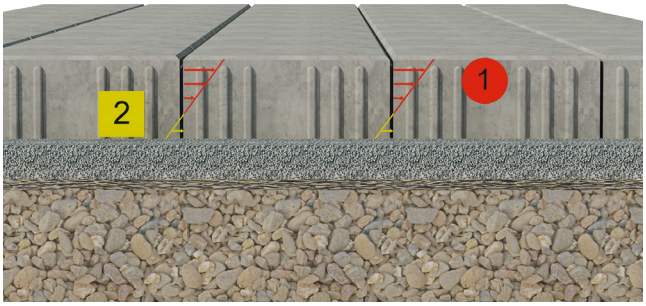
1 Druckspannung im oberen Bereich
2 Druckspannung im unteren Bereich
3 Hauptfahrtrichtung

Sind die Bodenbeläge diagonal (z. B. mit 45°) zur Hauptfahrtrichtung angeordnet, können die Drehkräfte mit 4 Stirnseiten aufgenommen werden.



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

Die Kantenpressungen werden somit stark reduziert. Ebenfalls verursachen diagonal angeordnete Pflastersteine gegenüber rechtwinkliger Anordnung weniger Rollgeräusche. Pflästerungen mit schräger Fugenanordnung weisen im Vergleich zu Pflästerungen mit gerade angeordneten Fugen um 1,5 bis 2,5 dB tiefere Rollgeräusche auf. Beim Überrollen der schrägen Fugen entstehen weniger Impulsgeräusche. Kleinsteinpflästerungen weisen um ca. 2 dB lautere Rollgeräusche auf als Grosssteinpflästerungen mit schrägen Fugen. Die Erhöhung des Rollgeräuschs findet hauptsächlich im tiefen Frequenzbereich statt.



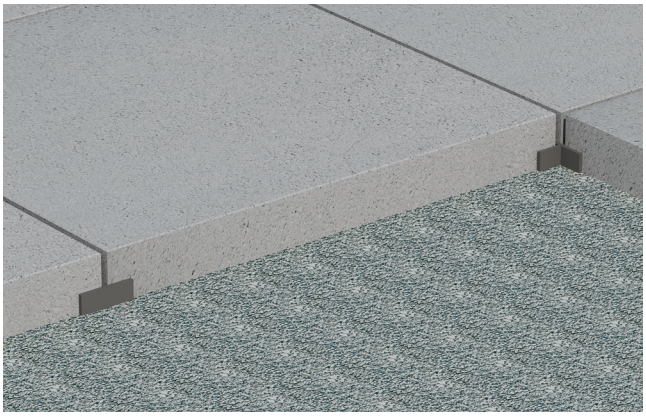
1 Druckspannung im oberen Bereich
2 Druckspannung im unteren Bereich

4.2 Fugenbildung

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.

Die Fuge ist erst vollständig verfüllt funktionsfähig. Gegebenenfalls muss das Verfugen wiederholt werden. Bei mangelhafter Ausführung der Fugen kann es zu Schäden kommen, wie zum Beispiel Kantenabplatzungen.

Viele Bodenbeläge von CREABETON haben bereits integrierte Distanznocken, welche als Verlegehilfe zur Ausbildung der korrekten Fugenbreite unterstützen. Bei Belägen, welche keine entsprechenden Distanznocken integriert haben, muss eine entsprechende Verlegehilfe, zum Beispiel sogenannte Fugenkreuze aus Kunststoff eingesetzt werden. Diese können nach dem Verlegen belassen oder nach dem Ausfugen wieder entfernt werden.



5. Randabschlüsse

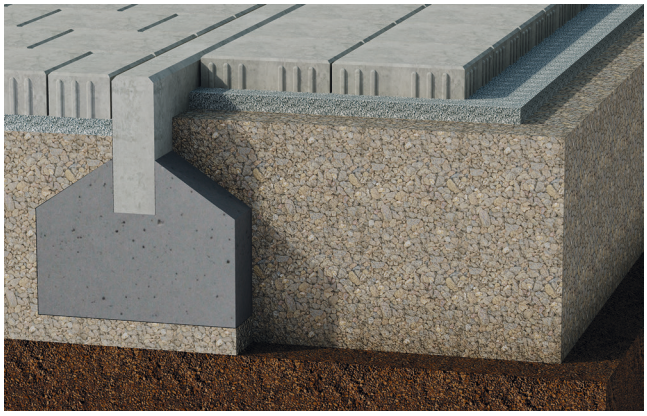
Bei Oberflächenveränderungen (z. B. verschiedene Bodenbeläge oder Übergang zu Asphaltbelag oder Grünfläche) kann die Trennung der Belagsarten mit einem Betonstell oder -bundstein oder PAVE EDGE® Randschienen aus Kunststoff erfolgen. Sind Übergänge oder Abschlüsse Verkehrsbelastungen ausgesetzt, dann sind sie für die entsprechenden Verkehrslastklassen zu dimensionieren.
Randabschlüsse fassen den Bodenbelag ein und verhindern ein Verschieben. Neben ihrer funktionellen Eigenschaft runden die Randabschlüsse den Platz auch visuell ab. Es können sichtbare und unsichtbare Abschlüsse eingebaut werden.

5.1 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.

5.2 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. Bei grösseren Flächen mit starkem Verkehrsaufkommen sollten innerhalb der Fläche Zwischenabschlüsse eingebaut werden. um Schubkräfte aufzufangen. Auch bei Richtungsänderungen können Zwischenabschlüsse von Vorteil sein.



5.3 Betonabschluss (unsichtbar)

Das Anbetonieren der Pflastersteine verleiht dem Belag den benötigten seitlichen Halt, ohne dass der Abschluss sichtbar ist. Wichtig ist, dass der Deckbelag nicht unterbetoniert wird und der Beton bis in die Fundationsschicht geht. Dieser Randabschluss ist für Parkplätze mit auftretenden Schubkräften sowie für Gehwege und Gartenplätze geeignet.

5.4 PAVE EDGE® Randschienen aus Kunststoff (unsichtbar)

Die PAVE EDGE® Randschiene eignet sich für Gehwege und Gartenplätze mit geringen Schubkräften und auch befahrene Plätze. Sie wird mit einem Erdnagel in der Fundationsschicht verankert.

6. Oberflächenentwässerung

Für den Umgang mit anfallendem Niederschlagswasser bestehen verschiedene gesetzliche Grundlagen.

Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer
(Gewässerschutzgesetz, GSchG) vom 24. Jan. 1991 (Stand am 1. August 2025)
Art. 6, Abs. 1
Es ist untersagt, Stoffe, die Wasser verunreinigen können, mittelbar oder unmittelbar in ein Gewässer einzubringen oder sie versickern zu lassen.
Art. 7, Abs. 2
Nicht verschmutztes Abwasser ist nach den Anordnungen der kantonalen Behörde versickern zu lassen. Erlauben die örtlichen Verhältnisse dies nicht, so kann es mit Bewilligung der kantonalen Behörde in ein oberirdisches Gewässer eingeleitet werden. Dabei sind nach Möglichkeit Rückhaltemassnahmen zu treffen, damit das Wasser bei grossem Anfall gleichmässig abfliessen kann.

Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer
(Gewässerschutzverordnung, GSchV) vom 28. Okt. 1998 (Stand am 1. Dezember 2025)
Art. 3
Die Behörde beurteilt, ob Abwasser bei der Einleitung in ein Gewässer oder bei der Versickerung als verschmutzt oder nicht verschmutzt gilt, auf Grund:
a.
der Art, der Menge, der Eigenschaften und des zeitlichen Anfalls der Stoffe, die im Abwasser enthalten sind und Gewässer verunreinigen können;
b.
des Zustandes des Gewässers, in welches das Abwasser gelangt.

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 dem Belag 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)

Bei sickerfähigen Belägen sollte eine zusätzliche Entwässerung für Starkniederschlag eingeplant werden. Oft kann das überschüssige Wasser über die Schulter in eine Grünfläche abgeleitet werden. Nebst der oberen Entwässerungsebene muss auch die untere Entwässerung auf der Oberfläche der Tragschicht geplant und ausgeführt werden. Es darf kein Wasserstau unter der Ökopflästerung entstehen.
Auch kommunale und kantonale Vorgaben müssen bezüglich Einleitung oder lokaler Versickerung beigezogen und berücksichtigt werden.

NOTIZEN

WIR LIEFERN REGIONALITÄT

Um die Bauwirtschaft mit erstklassigen Bodenbelägen aus Beton zu beliefern, setzen wir als Schweizer Familienunternehmen konsequent auf regionale und natürliche Rohstoffe für die Herstellung unserer Produkte.

betonlink.ch/bodenbelag

CREABETON AG
Bohler 5
6221 Rickenbach LU

info@creabeton.ch
creabeton.ch