



Bebaute Grundstücke und Verkehrsflächen nehmen heute – mit zunehmender Tendenz – ca. 13 % der Fläche Deutschlands ein. Auf bebauten Grundstücken beträgt der Anteil versiegelter Flächen

- 20 % bis 40 % bei Einfamilienhäusern,
- 30 % bis 50 % bei Reihenhäusern,
- bis 90 % in Stadtkernen.

Die Verringerung unbefestigter Flächen stellt unsere Umwelt, aber auch die Wasserwirtschaft vor immer neue Probleme. Bild 1 verdeutlicht die betroffenen Bereiche. So werden ca. 70 % unseres Trinkwassers aus dem Grundwasser gewonnen, das sich wesentlich aus dem Regenwasser regeneriert. Hochversiegelte Gebiete führen bei Hochwasserereignissen zu Flutwellen, deren Wassermenge bis zum Dreifachen von unversiegelten Gebieten betragen kann.

In verschiedenen Landeswassergesetzen wird deshalb die Forderung erhoben, Niederschlagswasser vor Ort zu versickern, wenn dies ohne Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit möglich ist. Ferner erlaubt die Naturschutzgesetzgebung in Deutschland eine Anrechnung von Versickerungsmaßnahmen als Ausgleich für Flächenversiegelungen.

Einsatzbereiche

Steht genügend Platz zur Verfügung, kann Regenwasser außerhalb der befestigten Flächen, z.B. über Mulden, Rigolen oder Sickerbecken, versickert werden. Daneben bietet sich bei Verkehrsflächen die Regenwasserversickerung durch die befestigte Fläche selbst an.

Welche technische Lösung zur Versickerung ausgewählt wird bzw. ob überhaupt eine Versickerung möglich und sinnvoll ist, hängt ab von

- der Verkehrsbelastung,
- der Regenwasserverschmutzung,
- den Baugrundverhältnissen,
- dem notwendigen Fahr- und Gehkomfort sowie der Fahrsicherheit,
- den Kosten für Herstellung und Unterhaltung,
- den stadt- und landschaftsarchitektonischen Forderungen,
- der optischen Gestaltung.

Steigende Bedeutung gewinnen Betonpflaster- und Betonplattensysteme, mit denen die Anforderungen an Tragfähigkeit und Versickerungsfähigkeit wirtschaftlich in Übereinstimmung gebracht werden können.

Versickerungsfähige (= wasserdurchlässige) Pflaster- bzw. Plattenbeläge sind überall dort einsetzbar, wo bodenmechanische und hydrogeologische Bedingungen es zulassen. Eine Erlaubnis nach § 7 Wasserhaushaltsgesetz ist für die Versickerung von gering verschmutztem Regenwasser über durchlässig befestigte Flächen nicht erforderlich. Das Sickerwasser muss unschädlich sein, d. h. es darf nicht zur Gefährdung des Grundwassers kommen. Gegenüber anderen Versickerungsmaßnahmen fehlt bei der Versickerung durch eine Verkehrsfläche die belebte Oberbodenschicht als biologisch aktiver Filter zum Abbau von Schadstoffen.

Randbedingungen für eine Versickerung durch Pflaster- oder Plattenbeläge sind deshalb:

- kein Umgang mit bzw. keine Lagerung von wassergefährdenden Stoffen
- bemessungsrelevante Beanspruchung $B \leq 0,3$ Mio. äquivalente 10-t-Achsübergänge nach RStO 01 [9], das entspricht den Bauklassen V und VI
- Flurabstand zur Grundwasseroberfläche ≥ 2 m
- Mächtigkeit des durchlässigen Untergrundes > 1 m
- kein Taumitteinsatz
- keine Anwendung in Trinkwasserschutzzonen (Ausnahme: Geh- und Radwege in Schutzzone III möglich).

Unter Berücksichtigung dieser Kriterien stellt Tafel 1 Anwendungsbereiche versickerungsfähiger Pflaster- und Plattenbeläge zusammen. Darüber hinaus können auch industriell oder gewerblich genutzte Flächen mit hohen Radlasten aber geringer Verkehrsfrequenz versickerungsfähig ausgebildet werden, wenn kein Umgang mit wassergefährdenden Stoffen auf diesen Flächen erfolgt [24].

Niederschlag und Versickerung

Wasserdurchlässige Flächenbefestigungen sollen den anfallenden Niederschlag zur Versickerung bringen. Ein Einstau des Niederschlags auf der Verkehrsfläche bzw. im

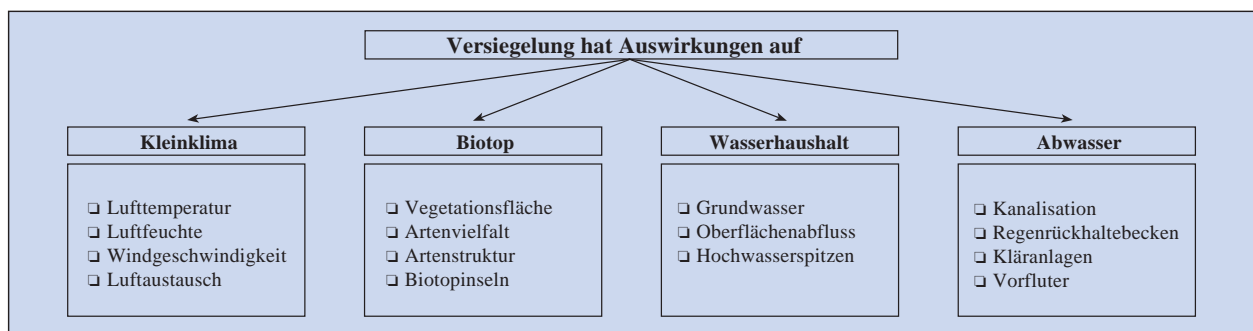


Bild 1: Auswirkungen einer Bodenversiegelung

Tafel 1: Anwendungsbereiche versickerungsfähiger Pflastersysteme

Bauklasse nach RStO 01	bemessungsrelevante Beanspruchung B ¹⁾	zugeordnete Verkehrsflächen
V	> 0,1 bis ≤ 0,3	<input type="checkbox"/> Anliegerstraßen <input type="checkbox"/> Fußgängerzonen <input type="checkbox"/> ständig benutzte Parkflächen für Pkw-Verkehr und geringen Lkw- und Busverkehr <input type="checkbox"/> gelegentlich benutzte Parkflächen für Lkw- und Busverkehr
VI	≤ 0,1	<input type="checkbox"/> Anliegerstraßen <input type="checkbox"/> befahrbare Wohnwege <input type="checkbox"/> ständig benutzte Parkflächen für Pkw-Verkehr <input type="checkbox"/> gelegentlich benutzte Parkflächen für Pkw- und Busverkehr <input type="checkbox"/> Verkehrsflächen für Pkw in Nebenanlagen und Nebenbetrieben an Bundesfernstraßen <input type="checkbox"/> ländliche Verbindungswege mit größerer Verkehrsbedeutung
–	–	<input type="checkbox"/> gelegentlich benutzte Parkflächen für Pkw-Verkehr <input type="checkbox"/> Radwege <input type="checkbox"/> Gehwege <input type="checkbox"/> Hofflächen <input type="checkbox"/> Feuerwehruzufahrten <input type="checkbox"/> Lagerflächen ohne oder mit geringem Schwerlastverkehr <input type="checkbox"/> ländliche Verbindungswege mit geringerer Verkehrsbedeutung <input type="checkbox"/> ländliche Wirtschafts- und Fahrwege

¹⁾ B = Mio. äquivalente 10-t-Achsübergänge im zu Grunde gelegten Nutzungszeitraum



Bild 2: Überwachsen durch „Pflasterritzengesellschaften“ auf wenig beanspruchten Flächen

Oberbau der Flächenbefestigung soll im Regelfall ausgeschlossen werden, um Tragfähigkeit sowie Verformungsstabilität nicht zu beeinträchtigen. Andererseits kann wegen der vorhandenen Baugrundverhältnisse sowie aus Wirtschaftlichkeitserwägungen nicht jeder Extremniederschlag bei der Bemessung berücksichtigt werden. Maßgeblich ist die Regenmenge, die pro Zeiteinheit auf einer Fläche auftrifft. Sie wird als

- Regenspende q_N in $l/(s \cdot ha)$ oder
- Intensität i in mm/min mit der Umrechnung $1 mm/min = 166,67 l/(s \cdot ha)$ ausgedrückt.

Für die Bemessung von Versickerungsanlagen wird ein in fünf Jahren einmal auftretendes Regenereignis von 10 min Dauer zu Grunde gelegt, was in Deutschland im Mittel einer Regenspende von $270 l/(s \cdot ha)$ entspricht. Stehen örtliche Regenreihen

zur Verfügung kann auf diese zurückgegriffen werden (z.B. Kostra-Daten [22]). Extreme liegen z.B. bei $165 l/(s \cdot ha)$ in Jever bzw. $440 l/(s \cdot ha)$ in Garmisch-Partenkirchen.

In Deutschland führen knapp 90 % der Regenereignisse zu Regenspenden $\leq 80 l/(s \cdot ha)$. Solche Niederschläge versickern bereits bei Betonpflastern mit 3 mm bis 5 mm breiter Normalfuge. Sichtbares Zeichen dafür sind „Pflasterritzengesellschaften“, die auf wenig genutzten Pflasterflächen wachsen (Bild 2).

Produktüberblick

Die Betonwarenindustrie bietet eine Vielzahl von Pflaster- und Plattensystemen zur Versickerung von Regenwasser an. Kon-

Tafel 2: Versickerungsfähige Betonpflaster- und Betonplattensysteme – Produktübersicht

Art des Belags	Fugen- bzw. Sickeröffnungsbreite	Öffnungs- bzw. Porenanteil i.d.R.	Einsatzbereiche
Pflaster / Platten mit aufgeweiteten Fugen (Sickerfugen)	8 mm bis 35 mm	10 % bis 20 %	Bauklasse VI
Pflaster / Platten mit Sickeröffnung und Normalfuge	<input type="checkbox"/> Fuge 3 mm bis 5 mm <input type="checkbox"/> Sickeröffnung 5 mm bis 100 mm breit	10 % bis 15 % (bis 50 % bei Rasengittersteinen)	<input type="checkbox"/> Bauklasse VI <input type="checkbox"/> Bauklasse V mit Verbundsteinen <input type="checkbox"/> Rasengittersteine nur bei geringer mechanischer Beanspruchung
Dränbetonpflaster	<input type="checkbox"/> Fuge i.d.R. 3 mm bis 5 mm <input type="checkbox"/> auch mit aufgeweiteten Fugen möglich	15 % bis 25 % bei Normalfuge	<input type="checkbox"/> Geh- und Radwege <input type="checkbox"/> Pkw-Parkflächen
zum Vergleich: Pflaster mit Normalfuge	3 mm bis 5 mm	2 % bis 4 %	Bauklassen III bis VI

Bild 3: Pflastersysteme mit aufgeweiteten Fugen, Verlegebeispiele

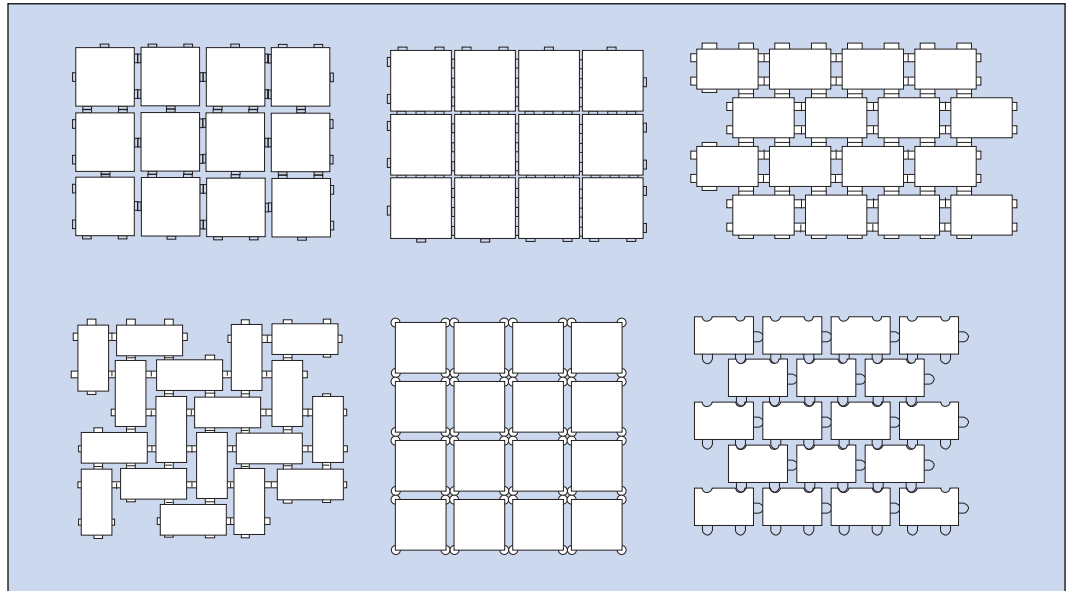


Bild 4: Parkfläche mit 3 cm breiten Pflasterfugen und Notüberlauf



Bild 6: Verbundpflaster mit Sickeröffnungen auf einer Anliegerstraße

struktiv und materialtechnisch lassen sich die Beläge in drei Gruppen einteilen (Tafel 2).

Pflaster- und Plattensysteme mit aufgeweiteten Fugen (auch Sickerfugen genannt) werden durch angeformte oder separate Abstandhalter realisiert (Bilder 3 und 4). Die Fugenbreiten liegen meist zwischen 10 mm und 35 mm, die Stein- bzw. Plattendicken zwischen 6 cm und 12 cm. Im Regelfall werden 8 cm dicke Steine und Platten verwendet. Pflastersteine müssen DIN 18501 [4], Platten DIN 485 [1] entsprechen. Häufig kommen rechteckige und quadratische Steinformate zum Einsatz. Die Versickerung

erfolgt ausschließlich durch die Fugen. Da der Steinverbund aufgelöst wird, benötigen die Fugen eine ausreichend stabile Füllung aus wasserdurchlässigem Material (z.B. Brechsand, Splitt), um die horizontalen Beanspruchungen aufnehmen zu können.

Pflaster- und Plattensysteme mit Sickeröffnungen ermöglichen die Versickerung durch Wassereinlauföffnungen, die sich aus der Steinform (Löcher, Kanäle, Aussparungen) oder der Verlegung ergeben (Bilder 5 und 6). Die Pflasterfugen werden 3 mm bis 5 mm breit ausgeführt. Die Pflastersteine müssen DIN 18501 [4] und Platten DIN 485 [1] entsprechen.

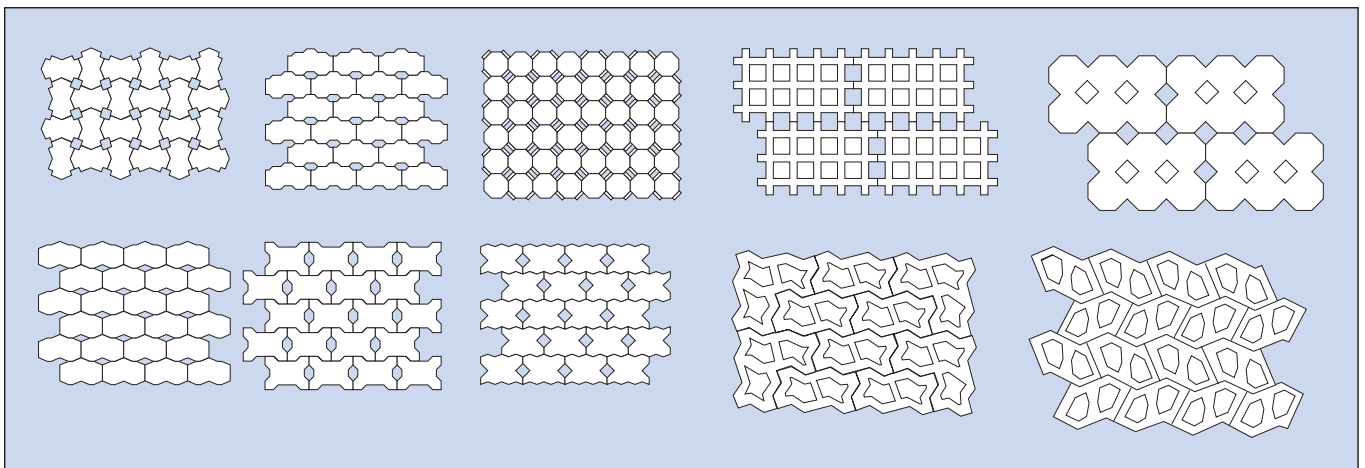


Bild 5: Pflastersysteme mit Sickeröffnungen, Verlegebeispiele



Bild 7: Gering beanspruchte Parkfläche mit brechsandgefüllten (Rasen-)Gittersteinen

Zur Steigerung des unbefestigten Anteils können *Rasengittersteine oder -platten* (auch Rasenkammersteine, Beton-Gras-Steine genannt) verwendet werden, die trotz ihres geläufigen Namens auch mit Brechsand oder Splitt ohne Rasenansaat verfüllt werden können (Bild 7). Aufgrund ihrer Abmessungen und ihres großen Hohlraumanteils (bis 50 %) können Rasengittersteine und -platten nicht nach der Pflasternorm DIN 18501 [4] bzw. Plattennorm DIN 485 [1] geprüft werden. Sie sollten nach der BGB-Richtlinie für nicht genormte Betonzeugnisse hergestellt und güteüberwacht [19] sein. Aus Stabilitätsgründen sind Stein- bzw. Plattendicken von mindestens 10 cm zu empfehlen, wenn eine mechanische Beanspruchung erfolgt.

Dränbetonsteine (Porensteine, Filtersteine, Sickersteine, wasserdurchlässige Steine) aus haufwerksporigem Beton ermöglichen durch ein hohlraumreiches Gefüge die Regenwasserver-sickerung durch den Stein selbst. Häufig werden Rechteck- und Verbundsteinformate mit 8 cm oder 10 cm Dicke angeboten (Bild 8). Durch die spezielle Betonzusammensetzung und Verdichtung kann das Porenvolumen gezielt eingestellt werden. Die Steine entsprechen mit ihrer Druckfestigkeit i. d. R. nicht der Pflasternorm DIN 18501 (je höher die Porosität des Steins, um so geringer wird zwangsläufig seine Druckfestigkeit). Anforderungen an Dränbetonsteine enthält die BDB-Richtlinie für die Herstellung und Güteüberwachung von wasserdurchlässigen Pflastersteinen aus haufwerksporigem Beton [18]. Die Verlegung erfolgt i. d. R. mit 3 mm bis 5 mm breiten Fugen. Vorteile bieten diese Pflastersysteme auf gering beanspruchten Flächen, bei denen wegen des Geh- und Fahrkomforts (Fuß-, Radwege) Öffnungen oder breite Fugen im Belag nicht sinnvoll sind, oder zur Wasserversorgung und zum mechanischen Schutz angrenzender Vegetation (Baumwurzeln). Darüber hinaus werden auch Dränbetonpflaster mit aufgeweiteten Fugen oder als Rasengittersteine angeboten.

Neben der Steinform stehen für die *Oberflächengestaltung* bei wasserdurchlässigen Systemen die gleichen vielfältigen Möglichkeiten wie bei herkömmlichen Pflastern zur Auswahl:

- Einfärbung,
- Edelsplittzuschläge,

Bild 8: Dränbetonpflaster, Verlegebeispiele

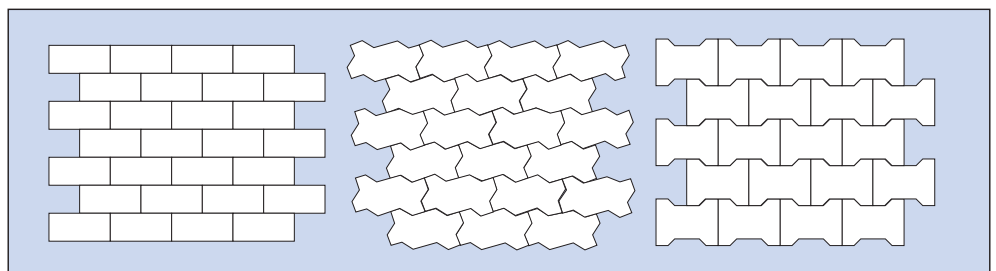


Bild 9: Rasenfugen bei einer Garagenzufahrt

- gestockte, gewaschene, gestrahlte, gesäuerte oder gerumpelte Oberflächen,
- Kanten mit oder ohne Fase.

Begrünung

Aus ästhetischen oder landschaftsplanerischen Gründen wird oft eine Begrünung der Fugen bzw. der Steinöffnungen gewünscht (Bild 9). Begrünte Fugen sollten mindestens 3 cm breit sein, um günstige Wachstumsbedingungen zu schaffen. Die Wasserdurchlässigkeit verringert sich stark. Es kann jedoch verstärkt Regenwasser gespeichert und verzögert verdunstet werden. Analog einer Wiese vermindert sich der Abfluss stark. Bild 10 verdeutlicht den Einfluss der Oberflächenausbildung auf Grundwasserneubildung und Abflussverminderung.

Zur Aufnahme horizontaler Beanspruchungen des Pflasters muss der Oberbodenanteil in begrünten Fugen begrenzt und ein ausreichender gerüstbildender mineralischer Anteil gesichert werden, z. B.

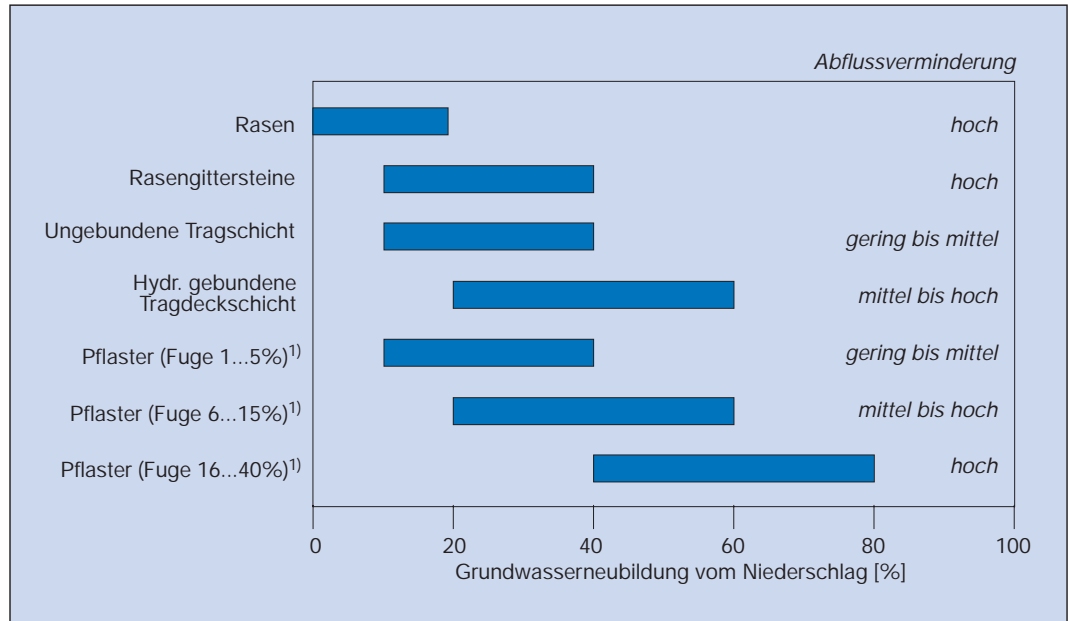
- 10 % ... 20 % Oberboden,
- 30 % ... 40 % Sand 0/2 oder 0/4,
- 40 % ... 50 % Brechsand-Splitt-Gemische 1/3 oder 2/5.

Sinnvoll ist es, die Fugenfüllung ca. 1 cm unter der Steinoberkante enden zu lassen, um die Grasnarbe zu schonen. Bei häufigem Befahren der Fläche wird eine Begrünung allerdings wenig Chancen haben. Die Ansaat erfolgt nach DIN 18917 [5] mit der Saatgutmischung RSM 5.1, wobei eine anfängliche Nährstoffversorgung mit 5 g/m² Rein-N sinnvoll ist.

Planung und Ausführung

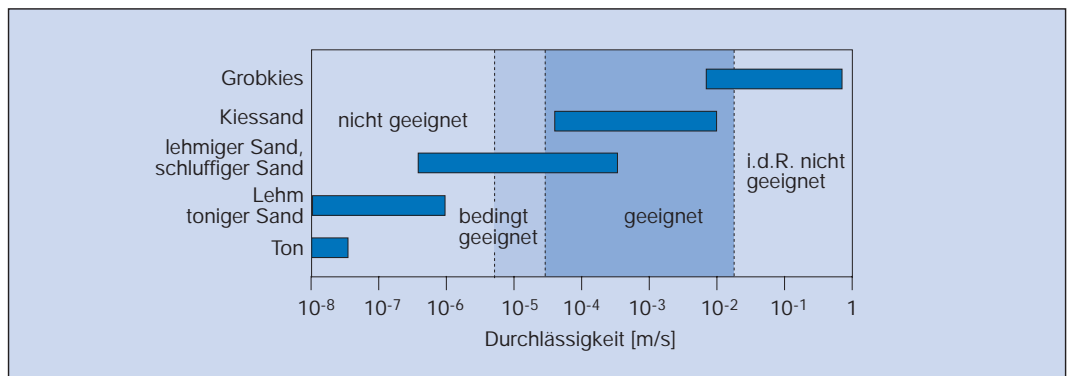
Tragfähigkeit, Verformungsstabilität, Frostsicherheit und Durchlässigkeit von Belag, Bettung, Tragschichten und Untergrund müssen aufeinander abgestimmt werden. Bild 11

Bild 10: Grundwasserneubildung und Abflussverminderung bei verschiedenen Oberflächen



¹⁾ Fugenfüllung der Pflasterbeläge mit Brechsand

Bild 11: Durchlässigkeit und Eignung zur Regenwasserversickerung bei verschiedenen Bodenarten



zeigt die Versickerungsleistung verschiedener Bodenarten. Eine Regenspende von 270 l/(s · ha) erfordert einen Durchlässigkeitsbeiwert des Bodens von $k_f \geq 5,4 \cdot 10^{-5}$ m/s, wobei berücksichtigt wird, dass in Oberbau, Unterbau und Baugrund luftgefüllte Poren die Wasserdurchlässigkeit um bis zu 50 % verringern können. Pflaster, Bettung und Tragschicht können an den Bemessungsregen angepasst werden. Ein Großteil der in Deutsch-

land vorhandenen Böden ermöglicht keine vollständige Versickerung des Bemessungsregens ohne Einstau des Oberbaus. Ein Einstau des Oberbaus muss vor allem bei schwachbindigen Böden wegen Aufweichungsgefahr verhindert werden. Bei k_f -Werten des Baugrunds zwischen $5,4 \cdot 10^{-6}$ m/s und $5,4 \cdot 10^{-5}$ m/s kann möglichen Tragfähigkeitsverlusten durch eine Erhöhung der Oberbaudicke entgegengewirkt werden. Bei noch geringerer

Tafel 3: Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus nach RStO für versickerungsfähige Pflaster- und Plattenflächen

Frostempfindlichkeitsklasse des Untergrunds nach ZTV E-StB 94	Bodengruppe nach DIN 18196	Froststeinwirkungszone nach RStO	erforderliche Mindestdicke in cm bei Bauklassen	
			V, VI ²⁾	Rad- und Gehwege
F 1	GW, GI, GE, SW, SI, SE		<input type="checkbox"/> erfüllt der Untergrund nach Verdichtung E_{v2} für die Tragschicht, so sind keine zusätzlichen Trag- oder Frostschutzschichten erforderlich; <input type="checkbox"/> erfüllt der Untergrund nach Verdichtung E_{v2} für das Planum, ist nur eine Tragschicht erforderlich	
F 2	TA, OT, OH, OK, TM; ST, GT, SU, GU ¹⁾	I II III	45 50 60	35 40 50
F 3	TL, UL, UM, OU, ST, GT, GU, SU	I II III	55 60 70	35 40 50

¹⁾ Einstufung F 1, wenn $\leq 5\%$ Kornanteil bis 0,063 mm bei Ungleichförmigkeitszahl $U \leq 15$ bzw. wenn $\leq 15\%$ Kornanteil bis 0,063 mm bei Ungleichförmigkeitszahl $U \leq 6$

²⁾ bei Lage der Gradienten im Einschnitt, Anschnitt oder Damm ≤ 2 m Dicke um 5 cm erhöhen

(Dickenangaben in cm; ∇ E_{v2} in MN/m²)

Zeile	Bauklasse	V, VI			
	Äquivalente 10t-Achsübergänge in Mio	≤ 0,3			
	Dicke des frostsich. Oberbaues ¹⁾	35	45	55	65
1	Schottertragschicht auf Frostschutzschicht				
	Pflasterdecke ⁸⁾				
	Schottertragschicht				
	Frostschutzschicht				
	Dicke der Frostschutzschicht	-	19 ³⁾	29	39
2	Kiestragschicht auf Frostschutzschicht				
	Pflasterdecke ⁸⁾				
	Kiestragschicht				
	Frostschutzschicht				
	Dicke der Frostschutzschicht	-	-	24 ²⁾	34
3	Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material				
	Pflasterdecke ⁸⁾				
	Schotter- oder Kiestragschicht				
	Schicht aus frostunempfindlichem Material				
	Dicke der Schicht aus frostunempfindlichem Material	Ab 12 cm aus frostunempfindlichem Material, geringere Restdicke ist mit dem darüberliegenden Material auszugleichen			

- ¹⁾ Bei abweichenden Werten sind die Dicken der Frostschutzschicht bzw. des frostunempfindlichen Materials durch Differenzbildung zu bestimmen.
²⁾ Mit rundkörnigen Gesteinskörnungen nur bei örtlicher Bewehrung anwendbar.
³⁾ Nur mit gebrochenen Gesteinskörnungen und bei örtlicher Bewehrung anwendbar.
⁸⁾ Abweichende Steindicken möglich
¹⁶⁾ Bei Kiestragschicht 30 cm Dicke

Bild 12: Bauweisen mit Pflasterdecke für Fahrbahnen auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau nach RStO

Durchlässigkeit des Untergrunds ist die Entwässerung des Baugrundplanums erforderlich.

Angaben für den konstruktiven Aufbau der Pflaster- und Plattenbeläge enthält RStO 01 [9], siehe Bilder 12 und 13. Die Mindestdicke des frostsicheren, wasserdurchlässigen Oberbaus zeigt Tafel 3, stoffliche Anforderungen an die Oberbauschichten bzw. den Untergrund Tafel 4.

Im Vergleich zu undurchlässig befestigten Flächen sollten bei versickerungsfähigen Belägen zusätzliche Kriterien beachtet werden, die sich in den letzten Jahren bewährt haben:

Tafel 4: Stoffliche Anforderungen an Oberbauschichten/Untergrund

Schicht	Durchlässigkeitsbeiwert [m/s]	Abschlämbbares (≤ 0,063 mm) [M.-%]	Feinkornanteil (≤ 0,2 mm) [M.-%]
Fugen/Öffnungen, Bettung	≥ 5,4 · 10 ⁻⁵ (für die Bettung sowie die gesamte Pflasterdecke, d.h. Steine/Platten und Fugen/Öffnungen)	≤ 5	≤ 20
	strukturstabile, hohlraumreiche Mineralstoffgemische mit beschränktem Feinkornanteil, z.B. Brechsand 1/3, 2/5		
(ungebundene) Tragschichten, Frostschutzschichten, Schichten aus frostunempfindlichem Material	≥ 5,4 · 10 ⁻⁵	≤ 5	≤ 20
	grobkornreiche Mineralstoffgemische nach ZTV T-StB 95, z. B. Schotter-Brechsand-Gemische 0/32, 0/45, 0/56		
Untergrund	5,4 · 10 ⁻⁶ bis 3 · 10 ⁻² , bei geringerer Durchlässigkeit Entwässerung des Planums notwendig		

(Dickenangaben in cm; ∇ E_{v2} -Mindestwerte in MN/m²)

Zeile	Bauweisen mit	Pflaster- oder Plattendecke		
		Dicke des frostsich. Oberbaus	20	30
1	Schicht aus frostunempfindlichem Material			
	Decke			
	Schicht aus frostunempfindlichem Material			
	Dicke der Schicht aus frostunempfindlichem Material	-	19	29
2	Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material			
	Decke			
	Schotter- oder Kiestragschicht			
	Dicke der Schicht aus frostunempfindlichem Material	-	-	14
3	Schotter- oder Kiestragschicht auf Planum			
	Decke			
	Schotter- oder Kiestragschicht			
	Dicke der Schotter- oder Kiestragschicht	-	19	29

¹⁴⁾ Auch geringere Dicke möglich

Bild 13: Bauweisen mit Pflaster- oder Plattendecke für Rad- und Gehwege auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau nach RStO

Trag-, Frostschutzschichten, Schichten aus frostunempfindlichem Material

- Tafel 3 berücksichtigt gemäß RStO Mehrdicken des frostsicheren Oberbaus von 5 cm bis 20 cm für ungünstige Frosteinwirkungen und Entwässerungsverhältnisse,
- mögliche Minderdicken des frostsicheren Oberbaus werden nicht in Ansatz gebracht,
- Mindestverformungsmoduln müssen erreicht, sollten aber auch nicht wesentlich überschritten werden (Vergrößerung der Verdichtung führt zur Verminderung der Durchlässigkeit),
- wegen der dauerhaften Bodendurchfeuchtung ist es sinnvoll, auch für gemischtkörnige Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F2 die erhöhten Mindestdicken des frostsicheren Oberbaus für F3-Böden zu nutzen,
- evtl. Anordnung von Geotextilien, falls Tragschicht und Untergrund nicht gegenseitig filterstabil sind,
- alternativ zu ungebundenen Tragschichten können nach RStO 01 auch durchlässige gebundene Tragschichten einge-

Tafel 5: Verfahren zur Messung der Wasserdurchlässigkeit k_f [m/s] bzw. der Infiltrationsrate i [l/(s · ha)]

Verfahren/ Prüfvorschrift	geeignet für			Anwendung	
	Untergrund/ Unterbau	Tragschicht, Frostschutz- schicht	Deckschicht, Gesamtsystem	im Labor	vor Ort
Durchlässigkeit nach DIN 18130-1 [2]	X	X		X	
Tropfinfiltrometer nach [13]	X	X	X		X
Open-end- Infiltrometer nach [13]	X				X

Tafel 6: Durchlässigkeit k_f von Mineralstoffgemischen für Bettung, Fugen und Sickeröffnungen [20]

Mineralstoffgemisch	Durchlässigkeit k_f [m/s]
Sand 0/2	$10^{-6} \dots 10^{-4}$
Sand 0/4	$10^{-5} \dots 10^{-4}$
Brechsand 1/3	$10^{-4} \dots 10^{-3}$
Brechsand-Splitt-Gemisch 0/5	$10^{-5} \dots 10^{-4}$
Brechsand-Splitt-Gemisch 2/5	$10^{-4} \dots 10^{-2}$
Oberbodengemisch	$5 \cdot 10^{-7} \dots 5 \cdot 10^{-4}$

setzt werden, z.B. für die Bauklassen V und VI, eine 15 cm dicke Dränbetontragschicht (DBT nach [15] mit einer Durchlässigkeit $k_f \geq 5,4 \cdot 10^{-5}$ m/s) auf Frostschutzschicht,

- für Eignungsprüfungen (Erstprüfungen), Eigenüberwachungsprüfungen und Kontrollprüfungen der Durchlässigkeit können Verfahren nach Tafel 5 genutzt werden.

Pflasterbett und -fugen

- möglichst materialgleich ausbilden,
- Durchlässigkeiten der Mineralstoffgemische (Gesteinskörnungen) sollten vom Lieferanten erfragt werden; ersatzweise kann die Durchlässigkeit nach Tafel 6 abgeschätzt werden,
- Bei Pflaster- und Plattenbelägen mit aufgeweiteten Fugen oder mit Sickeröffnungen hängt die notwendige Durchlässigkeit des Fugenmaterials k_f vom Öffnungsanteil des Belags ab:

$$k_f = \frac{5,4 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 100 \%}{\text{Anteil der Sickeröffnungen und -fugen in \%}}$$

- Dicke des Pflasterbetts 3 cm bis 5 cm im verdichteten Zustand,
- ein Abdecken der Fugen mit scharfem Sand 0/2 führt zu einer starken Minderung der Sickerleistung durch die Fuge und kann nicht empfohlen werden.

Gefälle

- die Querneigung des Belags $\geq 2,5$ % gemäß RAS-Ew [8] und ZTV-P [11] kann, wenn es die vorgesehene Nutzung (Verkehrssicherheit, Entwässerungskomfort) erlaubt, bis auf 1% abgemindert werden; dies können z.B. Fahrflächen mit geringem und langsamen Verkehr, Parkflächen oder Lagerflächen sein,
- gefällelose Pflasterungen vermeiden, da sich durch Verlegetoleranzen und Betrieb Senken bilden, die zum Verschlämmen neigen,

- bei einem Gefälle von 2,5 % verringert sich die Versickerungsleistung um ca. 50 % gegenüber ebenen Flächen,
- bei einem Gefälle > 5 % findet eine Versickerung nur noch in geringem Maße statt, es besteht die Gefahr von Ausspülungen und Erosion im Bereich von Fugen und Bettung.

Zusätzliche Entwässerungseinrichtungen

Im Regelfall benötigt eine versickerungsfähige Verkehrsfläche eine zusätzliche Entwässerung, z.B. eine seitliche Sickermulde oder einen Kanalanschluss, wobei in der Planung von einem Abflussbeiwert $\psi = 0,5$ ausgegangen werden kann. Die zusätzliche Entwässerung dient dazu,

- Überstauungen der befestigten Flächen bei Starkregen und im Winter zu vermeiden,
- eine Verminderung der Durchlässigkeit über die Nutzungsdauer der Pflaster- und Plattenbeläge auszugleichen,
- bei größerem Gefälle den unvermeidlichen Abfluss aufzufangen.

Ein Verzicht auf zusätzliche Entwässerungseinrichtungen bedingt eine Einzelfallprüfung und ist z.B. bei untergeordneten privaten oder kleinen Flächen möglich, wenn ein evtl. entstehender Oberflächenabfluss beeinträchtigungsfrei in der Umgebung versickert oder zurückgehalten werden kann.

Werden versickerungsfähige Beläge auf einem Untergrund mit geringer Durchlässigkeit verlegt (Untergrund mit $k_f < 5,4 \cdot 10^{-6}$ m/s), so ist eine Entwässerung des Planums nach RAS-Ew [8] vorzusehen.

Wartung und Unterhaltung

Wasserdurchlässige Flächenbefestigungen verändern im Laufe der Jahre ihr Versickerungsverhalten. Mit Verschmutzungen durch organischen und anorganischen Staub, durch mit Fahrzeugreifen eingeschleppte Erdstoffe und Anderem muss gerechnet werden. Auch Fugenbewuchs vermindert die Durchlässigkeit. Eine realistische Beurteilung der Versickerungsleistung ist durch Infiltrationsmessungen vor Ort mit einem mobilen Messgerät möglich, z.B. einem Tropfinfiltrometer. Mögliche Reinigungsmaßnahmen zur Verbesserung der Durchlässigkeit sind:

- Abkehren der Verschmutzungen auf der Oberfläche,
- Reinigen mit Druckwäschern bei Dränbetonpflastern,
- Entfernung von Moosschichten in Fugen und evtl. Erneuerung der Fugenfüllung.

Bei den ersten beiden Methoden besteht die Gefahr, dass die Fugenfüllung entfernt bzw. gelockert wird. In den ersten sechs Monaten nach Inbetriebnahme sollte deshalb keine Reinigung versickerungsfähiger Pflasterflächen vorgenommen werden.

Zusammenfassung

Versickerungsfähige Flächenbefestigungen können als ein Baustein des gesamten Entwässerungskonzeptes aufgefasst werden, um Versiegelung und Oberflächenabfluss zu vermindern. Planung und Ausführung solcher Flächen erfordern aufgrund der Abstimmung der Faktoren Standsicherheit, Nutzungssicherheit, Nutzungskomfort, Wasserdurchlässigkeit und Schutz des Grundwassers große Sorgfalt. Bei Berücksichtigung der aufgezeigten Randbedingungen können bei Verwendung wasserdurchlässiger Pflaster- und Plattenbeläge Nutzungsanforderungen und ökologische Kriterien bei Flächenbefestigungen wirtschaftlich in Übereinstimmung gebracht werden.

Regelwerke

- [1] DIN 485: Gehwegplatten aus Beton. Ausgabe 1987-04
- [2] DIN 18130: Baugrund, Untersuchung von Bodenproben; Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts. Teil 1: Laborversuche. Ausgabe 1998-05
- [3] DIN 18318: Verkehrswegebauarbeiten: Pflasterdecken, Plattenbeläge, Einfassungen. Ausgabe 2000-12
- [4] DIN 18501: Pflastersteine aus Beton. Ausgabe 1982-11
- [5] DIN 18917: Vegetationstechnik im Landschaftsbau; Rasen und Saatarbeiten. Ausgabe 1990-09
- [6] ATV-DVWK-Arbeitsblatt A 138: Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (ATV-DVWK). Hennef, Ausgabe 2002-02
- [7] ATV-DVWK-Merkblatt M 153: Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (ATV-DVWK). Hennef, Ausgabe 2000-02
- [8] RAS-Ew: Richtlinien für die Anlage von Straßen, Entwässerung. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. Köln 1987
- [9] RStO 01: Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. Köln 2001
- [10] TL Min-StB 2000: Technische Lieferbedingungen für Mineralstoffe im Straßenbau. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. Köln 2000
- [11] ZTV E-StB 94: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. Köln, Fassung 1997
- [12] ZTV P-StB 2000: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Pflasterdecken und Plattenbelägen. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. Köln 2000
- [13] ZTV T-StB 95: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Tragschichten im Straßenbau. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. Köln, Fassung 2002
- [14] Merkblatt für wasserdurchlässige Befestigungen von Verkehrsflächen. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. Köln 1998
- [15] Merkblatt für Dränbetontragschichten (DBT). Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 1996
- [16] Hinweise zur Versickerung von Niederschlagswasser im Straßenraum. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. Köln 2002
- [17] Zement-Merkblatt S17: Betonsteinpflaster für Verkehrsflächen. Bauberatung Zement. Köln 2002
- [18] BDB-Richtlinie für die Herstellung und Güteüberwachung von wasserdurchlässigen Pflastersteinen aus haufwerksporigem Beton. Bundesverband Deutsche Beton- und Fertigteilindustrie. Bonn 1996
- [19] BGB-Richtlinie Nicht genormte Betonprodukte – Anforderungen und Prüfungen (BGB-RNGB). Bund Güteschutz Beton- und Stahlbetonfertigteile. Bonn 1998

Literatur

- [20] Borgwardt, S., Gerlach A.; Köhler, M.: Kommentierung des Merkblatts für wasserdurchlässige Befestigungen von Verkehrsflächen. Fachvereinigung Betonprodukte für Straßen-, Landschafts- und Gartenbau (SLG). Bonn 2001
- [21] Borgwardt, S.: Versickerungsfähige Verkehrsflächen aus Betonpflaster. Beton + Fertigteil-Jahrbuch 2002, S. 236 bis 248. Bauverlag, Wiesbaden 2002
- [22] KOSTRA-DWD. Starkniederschlagshöhen für die Bundesrepublik Deutschland. CD. Deutscher Wetterdienst Offenbach und Institut für technisch-wissenschaftliche Hydrologie Hannover, 2001
- [23] Krause, M.: Wasserdurchlässige Befestigungen von Verkehrsflächen - Das neue FGSV-Merkblatt. Straße und Autobahn, Bonn 49 (1998) Heft 10, S. 562 bis 567
- [24] Objektbericht Speditionshof Dammasch, Monheim. Fachvereinigung Betonprodukte für Straßen-, Landschafts- und Gartenbau e.V. (SLG). www.slg-betonprodukte/staedterat/objektbericht-2.html_number=2
- [25] Richter, T.: Versickern lassen statt versiegeln. Deutsches Ingenieurblatt, Berlin (1999) Heft 7/8, S. 23 bis 27
- [26] Wichter, H; Richter, F.: Beständigkeit von Pflastersteinen aus haufwerksporigem Beton bei Beanspruchung durch Frost und Tausalz. Straße und Autobahn, Bonn 52 (2001) Heft 5, S. 270 bis 274
- [27] Groteshusmann, D; Harms, R. W.: Kommentar zum ATV-DVWK-Regelwerk Versicherung. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (ATV-DVWK). Hennef, 2002

Bauberatung Zement



Wir beraten Sie in allen Fragen der Betonanwendung

Bauberatung Zement Bayern	Rosenheimer Str. 145 g	81671 München	Tel. 089/45098490	Fax: 45098498	eMail:BB_Muenchen@BDZement.de
Bauberatung Zement Bayern	Rotterdamer Straße 3	90451 Nürnberg	Tel. 0911/93387-0	Fax: 9338733	eMail:BB_Nuernberg@BDZement.de
Bauberatung Zement Beckum	Annastraße 3	59269 Beckum	Tel. 02521/ 873020	Fax: 873029	eMail:BB_Beckum@BDZement.de
Bauberatung Zement Düsseldorf	Schadowstraße 44	40212 Düsseldorf	Tel. 0211/353001	Fax: 353002	eMail:BB_Duesseldorf@BDZement.de
Bauberatung Zement Hamburg	Immenhof 2	22087 Hamburg	Tel. 040/2276878	Fax: 224621	eMail:BB_Hamburg@BDZement.de
Bauberatung Zement Hannover	Hannoversche Str. 21	31319 Sehnde-Höver	Tel. 05132/6015	Fax: 6075	eMail:BB_Hannover@BDZement.de
Bauberatung Zement Ost	Luisenstraße 44	10117 Berlin-Mitte	Tel. 030/28002-400	Fax: 28002450	eMail:BB_Berlin@BDZement.de
Bauberatung Zement Ost	Dohnanystr. 28-30	04103 Leipzig	Tel. 0341/6010 201	Fax: 6010290	eMail:BB_Leipzig@BDZement.de
Bauberatung Zement Stuttgart	Leonberger Straße 45	71229 Leonberg	Tel. 07152/71081-82	Fax: 9792960	eMail:BB_Stuttgart@BDZement.de
Bauberatung Zement Wiesbaden	Friedrich-Bergius-Str. 7	65203 Wiesbaden	Tel. 0611/1821170	Fax: 182117-16	eMail:BB_Wiesbaden@BDZement.de

12.02

Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V. · Postfach 510566 · 50941 Köln · <http://www.BDZement.de> · eMail:Bauberatung@BDZement.de