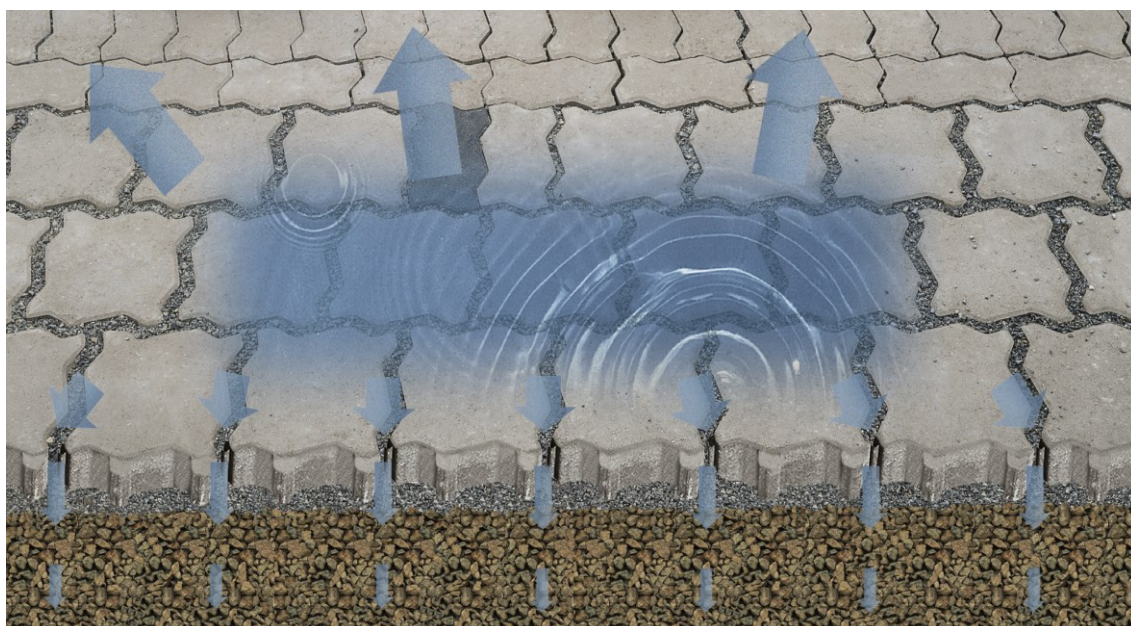


Nach Dr. Sönke Borgwardt

Wasserdurchlässige Pflastersysteme

als Baustein für eine umweltgerechte Regenwasserbewirtschaftung

Umweltgerechtes Bauen und ökologisches Planen ist in unseren Städten ein zentrales Anliegen für eine gesunde Lebensumwelt. Die gezielte Versickerung des Regenwassers ist hierbei eine effektive und kostensparende Methode zur Verminderung von negativen Einflüssen der Versiegelung natürlichen Bodens.



BIERMANN
BAUSTOFFE & HOLZ

Inhaltsverzeichnis:

1. Gründe für ökologische Flächenbefestigungen

- 1.1. Die Bedeutung umweltverträglicher Bauweisen
- 1.2. Das Prinzip der umweltverträglichen Regenwasserbewirtschaftung
- 1.3. Die Anwendung der Versickerung zur Entwässerung von Verkehrsflächen

2. Bedingungen für ökologische Flächenbefestigungen

- 2.1. Der Schutz von Boden und Grundwasser
- 2.2. Die Durchlässigkeit des Bodens
- 2.3. Rechtsgrundlagen

3. Bedingungen im Straßenbau

4. Baugrund

5. Tragschichten

6. Bettung und Fuge

7. Flächen ökologisch befestigen mit Luttmann Öko-Systemen

- 7.1. Allgemeines
- 7.2. Versickerung durch breite Fugen:
Areal Fuge, Weser-Rasenstein, Variant-Öko, Rustina-Öko
- 7.3. Versickerung durch Aussparungen im oder am Pflasterstein:
Rasengitter
- 7.4. Haufwerksporige Betonpflastersteine:
Hydropflaster

8. Empfehlungen

- 8.1. Ablaufschema zum Einsatz wasserdurchlässiger Pflastersysteme

1. Gründe für ökologische Flächenbefestigungen

1.1. Die Bedeutung umweltverträglicher Bauweisen:

Umweltgerechtes Bauen und ökologisches Planen ist in unseren Städten ein zentrales Anliegen für eine gesunde Lebensumwelt. Neben der Erhaltung von historisch gewachsenen Stadt- und Ortsbildern, der Schaffung charakteristischer Freizeit- und Erholungsräumen und der Entwicklung überörtlich wirksamer Biotopsysteme ist hier insbesondere die naturnahe Regenwasserbewirtschaftung eine Aufgabe von hoher Bedeutung.

1.2. Das Prinzip der umweltverträglichen Regenwasserbewirtschaftung:

Regenwasser als natürlicher Rohstoff gehört zurück in den ökologischen Kreislauf und nicht in die Kanalisation. Die gezielte Versickerung des Regenwassers ist hierbei eine effektive und kostensparende Methode zur Verminderung von negativen Einflüssen der Versiegelung natürlichen Bodens. Das Resultat der Versiegelung ist in erster Linie ein vermehrter Oberflächenabfluss, der bei Starkregen die zunehmend unterdimensionierten Mischwasserkanalisationen überlastet. Verkehrsflächen als quantitativ größte Abflussfläche mit einem Anteil von derzeit 12% an der gesamten versiegelten Fläche vergrößern das Volumen des Oberflächenabflusses überproportional um bis zu 70%. Neben der Gefährdung der Siedlungsgebiete durch Hochwasserereignisse sind ökologische Auswirkungen mit der nachhaltigen Änderung des Abflussregimes von Fließgewässern und der Beeinträchtigung der Wassergüte zu verzeichnen.

1.3. Die Anwendung der Versickerung zur Entwässerung von Verkehrsflächen:

Die Anwendung wasserdurchlässiger Pflasterbeläge aus Beton findet aus den oben genannten Gründen immer stärkere Beachtung. Wasserdurchlässige Pflasterbeläge aus Beton können die Niederschläge auf der Fläche aufnehmen, durch verringerte und verzögerte Oberflächenabflüsse die Kanalisation entlasten und die Versiegelung vermindern. Zusätzliche Gründe, die für den Einsatz von Beton sprechen sind: Beton besteht aus reinen Naturstoffen und wird unter sehr geringem Verbrauch von Primärenergie abgebaut und hergestellt. Alle Betonbauteile sind recyclebar und schonen damit unsere Umwelt. Produkte für den Anwendungsbereich der Versickerung erfordern aber aufgrund des speziellen Einsatzes Bedingungen, die besondere Aufmerksamkeit bei der Ausführung bedürfen. Schadensfälle, wie der Verlust der Tragfähigkeit oder die Bildung von Frostaufbrüchen, müssen dauerhaft vermieden werden, um dieser umweltfreundlichen Bauweise zu langfristigem Erfolg zu verhelfen. Diese Broschüre soll einen Beitrag leisten, unter einer ganzheitlichen Betrachtung die Anwendung von ökologischen Flächenbefestigungen darzustellen.

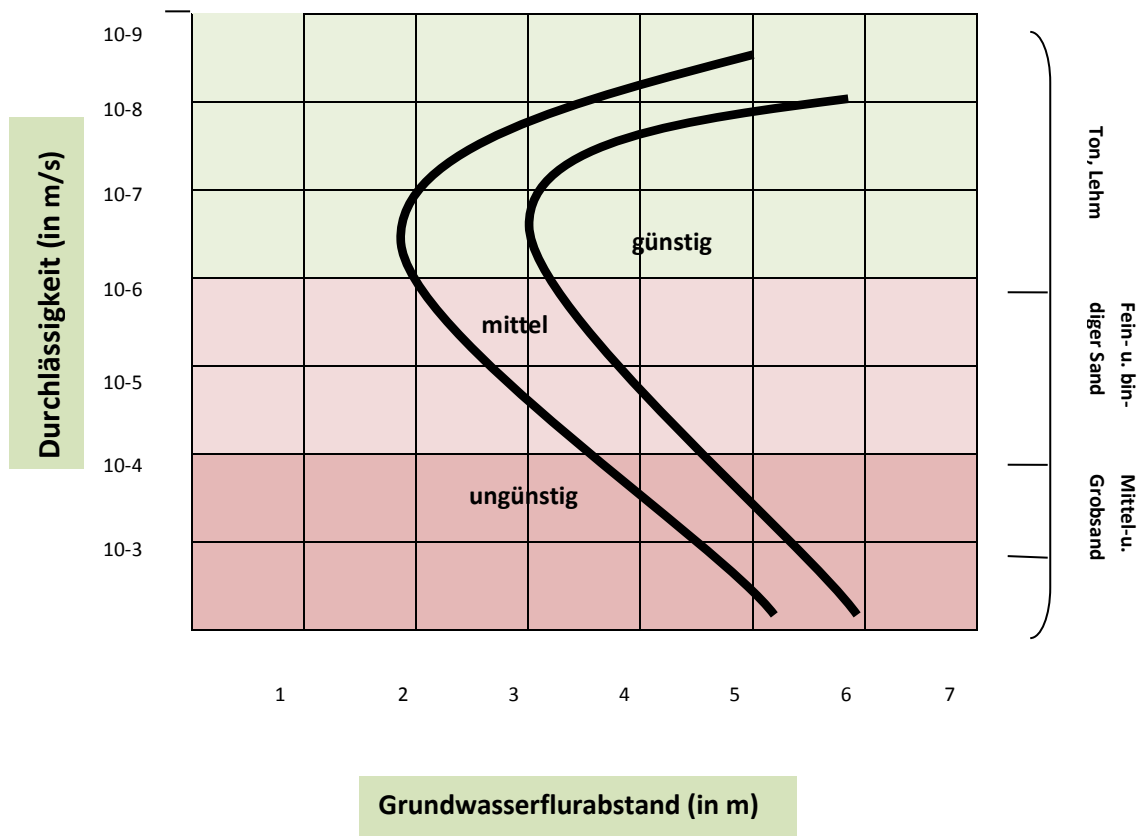
2. Bedingungen für ökologische Flächenbefestigungen

2.1 Der Schutz von Boden und Grundwasser:

Regenwasser und Oberflächenabfluss sind mit Schadstoffen belastet. Bei der Versickerung von Niederschlägen sind deshalb zum Schutz des Grundwassers vor schädlichen Verunreinigungen Mindestabstände bis zu Grundwasseroberfläche einzuhalten. Der für die Versickerung maßgebliche Flurabstand ist hierbei abhängig von der Durchlässigkeit des Bodens. Entscheidend für den Schutz des Grundwassers ist die Mächtigkeit der einigenden Filterpassage im ungesättigten Bereich des Bodenkörpers.

Bei der flächenhaften Versickerung über die aus grobkörnigen Mineralstoffen bestehenden konstruktiven Schichten des Oberbaues von Verkehrsflächen ist aufgrund der weitestgehend fehlenden mechanischen und biologischen Reinigungsmechanismen in Abhängigkeit zur Bodenart ein Flurabstand von mindestens 1 Meter ab Oberkante Planum oder 2 Meter ab Oberkante Fertighöhe einzuhalten.

Darstellung 1: Grundwasserflurabstand in Abhängigkeit zur Bodenart:



2.2 Die Durchlässigkeit des Bodens:

Für eine Versickerungsmaßnahme muss die Durchlässigkeit des Bodens ausreichend sein, um die anfallenden Niederschläge und Oberflächenabflüsse aufnehmen zu können. Der Untergrund muss die Wasserdurchlässigkeit aufweisen, dass das auf die Bodenoberfläche auftreffende Wasser in den Boden einsickern, kurzzeitig zwischengespeichert und zügig weitergegeben werden kann. Eine ausreichende Durchlässigkeit für die Versickerung ist bei Durchlässigkeitsbeiwerten k_f von 10^{-3} bis 10^{-6} m/s gewährleistet. Hierbei liegen Sandböden bei etwa 10^{-4} , Schluffböden bei 10^{-6} und 10^{-9} m/s.

Bei der Flächenversickerung durch den konstruktiven Aufbau von Verkehrsflächen über durchlässige Pflastersysteme muss der Baugrund ohne zusätzliche Drainagemaßnahmen eine Minderdurchlässigkeit von $k_f = 5,4 \times 10^{-6}$ m/s aufweisen, um das anfallende Wasser schadlos abführen zu können. Die Pflasterdecke muss nach dem ATV-Arbeitsblatt A 138 zur abflusslosen Aufnahme von Niederschlagsereignissen eine Regenspende $r_{10(0,2)}$ von 270l/s x ha aufnehmen können, und dazu eine Durchlässigkeit in ungesättigten Bodenbereichen $k_u = k_f / 2$ von $5,4 \times 10^{-5}$ m/s aufweisen.

2.3 Rechtsgrundlagen

Bei dem Bau von Anlagen zur Regenwasserentsorgung und somit auch bei Maßnahmen der entwässerungstechnischen Versickerung sind die wasserrechtlichen Bestimmungen zu beachten. Die Versickerung von Niederschlagswasser, das auf unbefestigte Flächen fällt stellt dabei einen natürlichen Prozess dar, der damit genehmigungsfrei ist. Ebenso verhält es sich bei der Versickerung von Niederschlägen, die auf eine wasserdurchlässig befestigte Verkehrsfläche fallen, solange kein Oberflächenabfluss entsteht. Ist zu erwarten, dass ein Oberflächenabfluss entstehen kann, so gilt der im Abwasserabgabengesetz definierte Abwasserbegriff und es bedarf bei der anschließenden Einleitung in die Kanalisation oder in Versickerungsanlagen einer Genehmigung nach dem Wasserhaushaltsgesetz.

Tabelle 1: Rechtliche Voraussetzung für die Versickerung

Rechtliche Grundlagen	Voraussetzung für die Versickerung
Wasserrecht (WHG, AbwAG)	Einholen der wasserrechtlichen Erlaubnis
Entwässerungssatzung	Befreiung von Anschluss- und Benutzungszwang
Gebührenordnung	Berechnung nach getrenntem Bemessungsmaßstab

Den Körperschaften des öffentlichen Rechts obliegt nach dem Wasserhaushaltsgesetz die Abwasserbeseitigungspflicht. Entscheidend für die örtliche Ausgestaltung der Abwasserentsorgung sind die kommunalen Entwässerungssatzungen. Die Gemeinden sehen in der Regel einen Anschluss- und Benutzungszwang der Kanalisation vor.

Nur wenn dieser Zwang nicht ausgeübt wird und die Beseitigungspflicht per Satzung dem Eigentümer übertragen wird, kann die entwässerungstechnische Versickerung realisiert werden. Eine finanzielle Förderung der Versickerung ist möglich, wenn die kommunalen Gebührenordnungen eine Trennung des Bemessungsmaßstabes vorsehen. Hiernach werden das Abwasseraufkommen am Trinkwasserverbrauch und das Regenwasseraufkommen anhand der an die Kanalisation angeschlossenen befestigten Grundstücksflächen bemessen. So brauchen Flächen, die über eine Versickerungsanlage entsorgt werden, nicht in die Gebühreneinhebung einbezogen zu werden.

3. Bedingungen im Straßenbau

Beim Einsatz wasserdurchlässiger Pflastersysteme wird vom traditionellen Grundsatz des Straßenbaues, alles anfallende Wasser von der tragenden Konstruktion fernzuhalten, abgewichen. Zwar gelten auch sämtliche konventionellen Pflasterbauweisen von je her als wasserdurchlässig, es ist aber dem gezielten und vermehrten Zuführen von Sickerwasser in der Ausführung Rechnung zu tragen.

Tabelle 2: Zuordnung von Verkehrsflächen zu den Bauklassen nach RStO 86/89.

Straßentypen	Verkehrsfläche	Bauklasse	Eignung für wasser-durchlässiges Pflaster	
Fahrbahnen	Hauptverkehrsstraße Industriestraße Fußgängerzone mit schwerem Ladeverkehr	III	-	
	Sammelstraße Fußgängerzone mit Ladeverkehr	IV	-	
	Anliegerstraße Fußgängerzone	V	geeignet	
	Anliegerstraße Befahrbarer Wohnweg	VI	geeignet	
Busverkehrsflächen	Fahrgassen in Busbahnhöfen	III	-	
	Haltestreifen in Busbahnhöfen	IV	-	
	Busbuchten	IV	-	
Parkflächen	Ständig benutzte Parkflächen	für LKW- u. Busverkehr	IV	-
		Für PKW-Verkehr u. geringem LKW- u. Busverkehr	V	geeignet
		PKW-Verkehr	VI	geeignet
	Gelegentlich benutzte Parkflächen	für LKW- u. Busverkehr	V	geeignet
		Für PKW-Verkehr u. geringem LKW- u. Busverkehr	VI	geeignet
Nebenanlagen und Nebenbereiche an Bundesstraßen	Zufahrten zu LKW- Abstellflächen und bei überwiegendem Schwerverkehr	III	-	
	Verkehrsflächen zu PKW und LKW	IV	-	
	Verkehrsfläche PKW	VI	geeignet	

Um einer Beeinträchtigung der Standsicherheit unter Einfluss von Wasser entgegenwirken zu können, muss zum einen die Verkehrsbelastung begrenzt werden und zum anderen müssen die konstruktiven Merkmale hinsichtlich der Dimensionierung und der Auswahl der Mineralstoffgemische abweichend von den geltenden Normen und Richtlinien festgelegt werden. Der sachgemäße Einsatz derartiger Pflaster entscheidet über den langfristigen Erfolg in der Praxis. Das grundsätzliche Prinzip beim Aufbau einer befestigten Verkehrsfläche ist die schichtweise eingebaute Konstruktion eines Tragwerkes zum flächigen Auffangen von Einzelkasten. In Bezug auf Ihre Tragfähigkeit und die Nutzungsdauer können Bauweisen mit Pflasterdecke gegenüber Bauweisen mit bituminöser Decke oder Betondecke derselben Bauklasse ungleichwertig sein. Daher sind gemäß RStO 86/89 Bauweisen mit Pflasterdecke nur in geschlossenen Ortschaften mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h zugelassen. Beim Einsatz wasserdurchlässigen Pflasters ist die Verkehrsbelastung aufgrund der geringeren Tragfähigkeit und des Schadstoffanfalles bis auf Bauklasse V einzuschränken. Somit erfolgt die Anwendung vor allem auf Parkflächen und in Wohnstraßen mit 30 km/h Tempolimit (Tab. 2)

4. Baugrund

Unter dem Einfluss von Wasser verändert sich in Abhängigkeit zum Wassergehalt das Tragverhalten der Konstruktion. Das eintretende Wasser muss rückstaulos an den Baugrund abgegeben werden, um die Standsicherheit der Verkehrsfläche nicht zu beeinträchtigen.

Tabelle 3: Frost

	Frostempfindlichkeit	Bodenart (DIN 18196)
F 1	Nicht frostempfindlich	GW, GI, GE, SW, SI, SE
F 2	Gering bis mittel frostempfindlich	TA OT, OH, OK TM ST,GT } * SU, GU }
F 3	Sehr frostempfindlich	TL UL, UM OU <u>ST</u> , <u>GT</u> <u>SU</u> , <u>GU</u>

*) Nur, wenn Körnungskriterien nach Abschnitt 2.3.3.2. (1) erfüllt sind, sonst zu F1 gehörig.

Besonders zu beachten sind hierbei aufweichbare Baugründe der Frostempfindlichkeitsklassen F2 und F3 aus stark lehmigen und anderen bindigen Bestandteilen (Tab. 3). Der Tragfähigkeitsverlust unter Wassereinfluss erhält sich proportional zum steigenden Ton- und Schluffanteil. Dies zeigt sich aber nur bei Wassersättigung, so dass diesem über eine Vergrößerung des Oberbaues entgegengewirkt werden kann. Eine ordnungsgemäße Entwässerung und Sicherstellung der straßenbautechnischen Anforderungen im Gebrauchszustand kann für wasserdurchlässige Pflasterdecken sichergestellt werden, sofern:

- Der Untergrund die gemäß RStO 86/89 geforderte Tragfähigkeit (Verformungsmodul E_{v2} (45 MN/m²)) und gleichzeitig die notwendige Wasserdurchlässigkeit besitzt.
- Die darauf anzuordnenden Tragschichten auf ihrer Oberfläche ebenfalls die gemäß RStO 86/89 geforderte Tragfähigkeit (Verformungsmodul E_{v2}) und die für den Oberbau notwendige Wasserdurchlässigkeit besitzen.

Verfügt Baugrund über keine ausreichende Versickerungsfähigkeit, so muss über eine Anrechnung von Mehrdicken infolge ungünstiger Entwässerungsverhältnisse und regional unterschiedlicher Frosteinwirkung gemäß RStO 86/89 der Oberbau um 10 bis 20 cm verstärkt oder das durch die Pflasterdecke hindurch versickerte Wasser innerhalb der Fahrbahnkonstruktion seitlich aus den Schichten abgeleitet und Drainanlagen (Drainrohren, Rigolen) zugeführt werden, um es in durchlässigeren Bereichen versickern zu lassen.

5. Tragschichten

Die eigentliche Konstruktion im Straßenbau ist der schichtweise eingebaute Oberbau. Nach der RStO 86/89 umfasst der Oberbau ein oder mehrere Tragschichten und die Deckschicht. Im Falle einer Pflasterdecke besteht die Deckschicht aus Pflaster und Pflasterbett. Die Bauweisen für Ver-

kehrflächen mit Pflasterdecke sind nach der RStO 86/89 zu bemessen. Um den Abzug des durch die Fugen eintretenden Wassers zu gewährleisten, sollten verkehrsbelastende Konstruktionen mit Pflasterdecke stets mit einem ungebundenen Oberbau ausgeführt werden. Die Standardbauweisen umfassen sowohl die Befestigungen für Fahrbahnen als auch den Oberbau für sonstige Verkehrsflächen einschließlich der Bauweisen für Rad- und Gehwege. Für die Dickenbemessung der Bauweisen sind jeweils gleichzeitig die Verkehrsbelastungszahl VB und die zugeordnete Bauklasse, sowie die erforderliche Dicke des frostsicheren Oberbaues maßgebend. Die Ermittlung dieser beiden erforderlichen Werte erfolgt unabhängig von der Bauweise und gilt demzufolge auch für Bauweisen mit wasserdurchlässiger Pflasterdecke.

Zur Gewährleistung des schadensfreien Wasserabzuges muss der Oberbau die gleiche Durchlässigkeit wie für die Deckschicht geforderte von $5,4 \times 10^{-5}$ m/s bei dichtester Lagerung aufweisen. Hierdurch kann neben der verzögerten Wasserabgabe auch eine ausreichende Zwischenspeicherung erzielt werden. Die hierbei einsetzbaren Mineralstoffgemische sind in der TL Min – StB festgelegt (Tab. 4). Um die geforderte Durchlässigkeit zu erreichen, ist der Feinanteil auf unter 4 Gew. -% zu begrenzen und der Verlauf der Sieblinien an der unteren Grenze nach ZTVT-StB zu orientieren. Bei Baugründen der Frostempfindlichkeitsklassen F2 und F3 ist aufgrund der ungünstigen Wasserverhältnisse und der Frosteinwirkung nach Zone I und II oder III der Oberbau mit Mehrdicken von 10 oder 20 cm zu beaufschlagen.

Tabelle 4: Anforderungen an Mineralstoffgemische für ungebundene Tragschichten

Bezeichnung	Körnung (in mm)	Unterkorn bis (in Gew. - %)	Überkorn bis (in Gew. -%)	Abschlämbbare Bestandteile (in Gew. -%)	Geschätzte Durchl. Bei dichtester Lagerung (in m/s)
Kiessande	0/32	-	10 bis 45 mm	≤ 7,0	$10^{-5} - 10^{-4**}$
	0/45	-	10 bis 56 mm	≤ 7,0	$10^{-5} - 10^{-4**}$
	0/56	-	10 bis 63 mm	≤ 7,0	$10^{-5} - 10^{-4**}$
Schotter	0/32	-	10 bis 45 mm	≤ 7,0	$10^{-5} - 10^{-4**}$
	0/45	-	10 bis 56 mm	≤ 7,0	$10^{-5} - 10^{-4**}$
	0/56	-	10 bis 63 mm	≤ 7,0	$10^{-5} - 10^{-4**}$
	2/32*	10	10 bis 45 mm	≤ 7,0	$>10^{-4**}$

*Beispielhaft nach TL Min-StB 94, Abschnitt. 4.10; nur anwendbar bei geringen Anforderungen an die Tragfähigkeit und bei Einhaltung der Filterstabilität gegenüber angrenzenden Schichten. ** höhere Durchlässigkeit nur bei Verlauf an den unteren Sieblinien nach ZTVT StB-895, Abschnitt 2.2.4 (gemäß: DIN 18315, TL Min-StB 94, ZTVT-StB 95)

6. Bettung und Fuge

Nach dem ATV-Arbeitsblatt A 138 muss eine Pflasterfläche zur abflusslosen Aufnahme von Niederschlagsereignissen überschlägig eine Regenspende $r_{10(0,2)}$ von 270 l/s Ha aufnehmen können. Hierdurch ergibt sich für die Pflasterfläche die Forderung nach einer Durchlässigkeit im ungesättigten Bodenbereich zu $k_f/2$ von $5,4 \times 10^{-5}$ m/s. Dieser Wert ist abhängig vom durchlässigen Anteil der Pflasterfläche und somit vom jeweiligen Fugenteil.

Das für Fuge und Pflasterbettung zu verwendende Mineralstoffgemisch ist unter der Benennung der möglichen Körnung in der DIN 18318 festgelegt. Die erforderliche Durchlässigkeit der Fuge ist abhängig vom Fugenteil und vom eingesetzten Mineralstoffgemisch. Auf der Grundlage der überschlägigen Ermittlung der Wasserdurchlässigkeit eines Mineralstoffes aus der Körnungskurve nach BEYER lässt sich dies bei gegebenem Fugenteil berechnen (Tab. 5). Die Bettung sollte

hierbei zur Erreichung der maximalen Stabilität aus dem gleichen Mineralstoffgemisch wie die Fuge bestehen, zumindest aber nach der Filterregel nach DIN 18035 Teil 5 ermittelt sein.

Tabelle 5: Anforderungen an Mineralstoffgemische für Bettung und Fuge

Bezeichnung	Körnung (in mm)	Unterkorn bis (in Gew. -%)	Überkorn bis (in Gew. -%)	Abschlämbbare Bestandteile (in Gew. -%)	Durchlässigkeit nach BEYER (in m/s)
Naturesande	0/2	-	25 bis 8 mm	≤4,0	10 ⁻⁵ – 10 ⁻⁴
	0/4	-	20 bis 8 mm	≤4,0	10 ⁻⁵ – 10 ⁻⁴
Splitte	1/3	-	10 bis 8 mm	≤3,0	10 ⁻⁴ – 10 ⁻³
	2/5	10	10 bis 8 mm	≤3,0	10 ⁻³ – 10 ⁻²
Brechsand- Splittgemische	0/5	-	20 bis 8 mm	≤3,0 oder ≤4,0	10 ⁻⁵ – 10 ⁻⁴

(gemäß: DIN 18318, TL Min-StB 94, DIN 4226 Teil 1, ZTVT-StB 95)

Der limitierende Faktor für die Wasseraufnahme stellt das Infiltrationsvermögen der Deckschicht dar. Der Eintritt kann hierbei nur über die Poren des Steins oder über die mit Mineralstoffen gefüllten Fugen und Kammern erfolgen. Aufgrund der Alterung durch den Eintrag von mineralischen und organischen Feinanteilen ist damit zu rechnen, dass über die gesamte Standzeit hinweg eine Abnahme der Wasserdurchlässigkeit von Pflasterfugen im Bereich von einer Zehnerpotenz erfolgt. Um dauerhaft die geforderten Regenspenden abflusslos aufnehmen zu können, muss demnach das Mineralstoffgemisch in Abhängigkeit vom Fugenanteil oder die gesamte Pflasterfläche selbst eine Durchlässigkeit von mindestens $5,4 \times 10^{-4}$ m/s aufweisen (aufnehmbare Regenspende von 5400l/s x ha). Damit scheidet die in der DIN 18318 genannten Körnungen Sand 0/2mm, Sand 0/4mm und Brechsand-Splittgemische 0/5mm für wasserdurchlässiges Pflaster in der Regel aus.

7. Flächen ökologisch befestigen mit Öko-Systemen

7.1 Allgemeines

Betonpflastersteine sind nach DIN 18501, Pflasterarbeiten nach DIN 18318 genormt. In DIN 18501 sind unter anderem die Anforderungen an Maße und Druckfestigkeit und in DIN 18318 die Anforderungen an die Fugen festgelegt. Hierbei ist die übliche Steinhöhe 80 mm, die Druckfestigkeit 60 N/mm² und die Fugenbreite 3 bis 5 mm. Daneben sind der Frost- und der Tausalz widerstand zu gewährleisten. Bei den auf dem Markt befindlichen wasserdurchlässigen Pflasterbelegen lassen sich neben Sonderformen im Wesentlichen die drei im Folgenden beschriebenen Methoden zur Aufnahme des Oberflächenwassers unterscheiden.

7.2 Versickerung durch breite Fugen: (Areal Fuge, Weserrasenstein, Variant- oder Rustina Öko)

Als Pflastersystem mit erhöhter Wasserdurchlässigkeit gelten Betonsteine mit dauerhaft aufgeweiteten Fugen. Durch angeformte Abstandshalter ergibt sich eine Fuge im Bereich zwischen 15 und 30 mm.

Bei dem Areal Fuge, Weserrasenstein und Variant- bzw. Rustina-Ökosteinen der SK Steinkultur GmbH & CO. KG sind die Abstandshalter aus Beton fest angeformt und mit Fugenstärken von 15 bis 30 mm verlegbar. Diese Fugen sind mit wasserdurchlässigen Mineralstoffgemischen zu verfüllen.

Alle Systeme mit aufgeweiteten Fugen können für Parkflächen mit geringeren Belastungen eingesetzt werden. Vor allem, wenn die Abstandshalter fest angeformt sind. Wenn zudem noch wie beim Areal Fuge eine Verbundwirkung durch die Steinform erreicht wird, kann trotz der weiten Fugen eine hohe Lastabtragung gewährleistet werden.

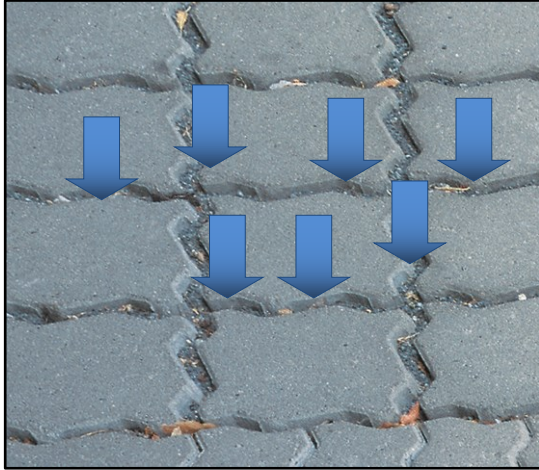


Abbildung 1:
Der Areal Fuge 2000
der Steinkultur



Abbildung 2:
Der Weserrasenstein
der Steinkultur

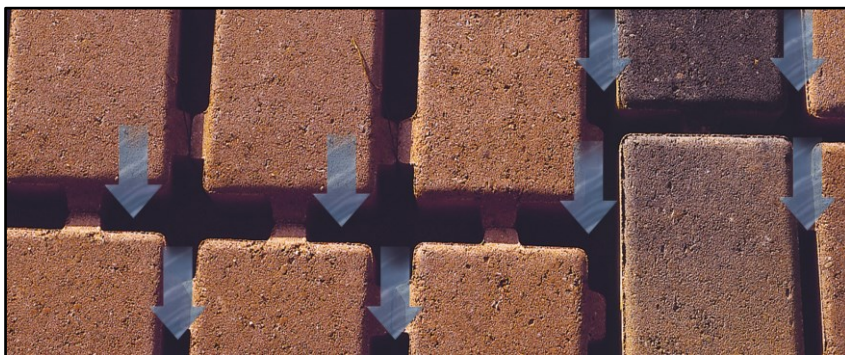


Abbildung 3:
Der Pflasterstein
Öko

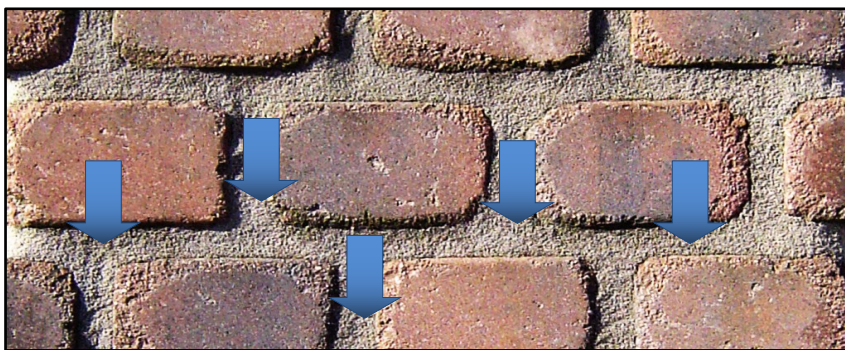


Abbildung 4:
Der Rumpelstein
Öko

7.3 Versickerung durch Aussparungen im oder am Pflasterstein: (Rasengitterstein)

Als zweites sind Pflastersysteme mit speziellen Aussparungen zur Aufnahme des Niederschlages zu nennen. Diese Rasengittersteine (Abb. 5) eignen sich vor Allem zur Begrünung von Parkflächen oder Feuerwehruzufahrten.

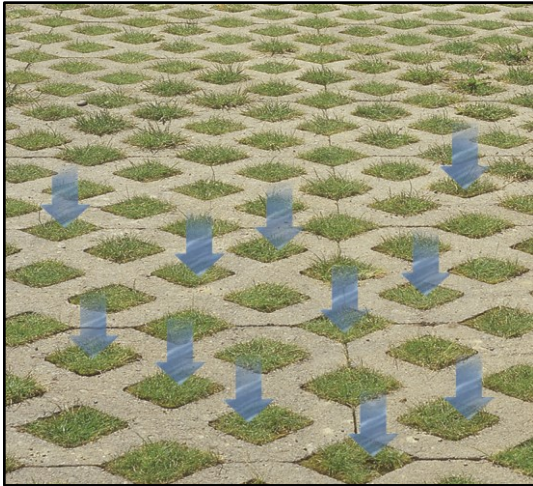


Abbildung 5:
Der Hydrostein

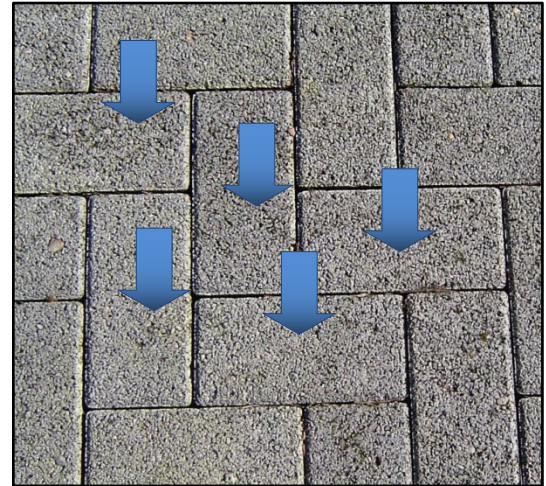


Abbildung 6a:
Der Hydrostein

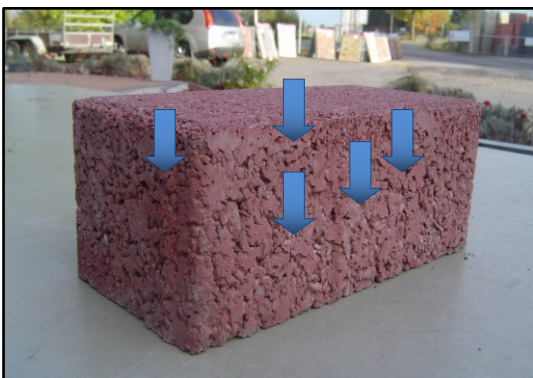


Abbildung 6b:
Der Hvdrostein

7.4 Haufwerksporige Betonpflastersteine

Seit langem werden haufwerksporige Pflastersteine aus Einkornbeton eingesetzt, wie zum Beispiel der Hydrostein der SK-Steinkultur. (Abbildung 6a+b). Aufgrund der eingesetzten Körnungen in den Zuschlagsstoffen wird ein erhöhtes Porenvolumen geschaffen. Hierdurch kann das anfallende Wasser durch den Stein selbst aufgenommen und weitergeleitet werden. Der Einsatzbereich derartiger Pflastersteine ist begrenzt, er beschränkt sich auf den weniger belasteten Wegebau im privaten Wohnumfeld. Der Hydrostein erfüllt aber gerade hier die Bedürfnisse von Rollstuhlfahrern, Kinder- und Einkaufswagen, da die engen Fugen keine Hindernisse für die betreffenden Nutzer darstellen und trotzdem Regenwasser versickert werden kann.

8 Empfehlungen

Der Einsatz wasserdurchlässiger Pflastersysteme ist im öffentlichen Bereich begrenzt auf die Bauklassen V und VI gemäß RStO 86/89, sowie auf Rad- und Gehwege. Im privaten Bereich können sie im Wohnumfeld und auch auf industriellen Flächen eingesetzt werden, wenn die Verkehrsfrequenz nicht zu hoch ist und nicht mit wassergefährdenden Stoffen umgegangen wird. Aus Gründen des Grundwasserschutzes ist ein Flurabstand des Grundwassers von mindestens zwei Metern ab Oberfläche einzuhalten und die Versickerung nur außerhalb von Wasserschutzgebieten vorzunehmen.

Schließlich ist aus ökonomischen Überlegungen zu berücksichtigen, dass bei Baugründen, die eine Durchlässigkeit von weniger als $5,4 \times 10^{-6}$ m/s aufweisen durch die Anrechnung von Mehrdicken in der Dimensionierung des Oberbaues mit zusätzlichen Kosten zu rechnen ist. Auf eine seitliche Entlastungsmöglichkeit bei Starkniederschlägen kann aufgrund der nicht gesicherten dauerhaften Aufrechterhaltung der Versickerungsfähigkeit nicht verzichtet werden.

Diese besteht aus einem Anschluss an einen Regenwasserkanal oder aus einer Versickerungsanlage. Wenn es die Nutzung zulässt, sollte das übliche Quergefälle bis auf 1% reduziert werden, um eine verbesserte Versickerung zu erreichen. (Siehe Darstellung 2)

Für den geeigneten Oberbau mit wasserdurchlässigem Pflaster werden die folgenden Hinweise gegeben. Weist der Baugrund eine ausreichende Durchlässigkeit auf (Frostempfindlichkeitsklasse F1 gemäß ZTVE-StB 94), so kann der Oberbau in Abhängigkeit zur Verkehrsbelastung nach RStO 86/89 dimensioniert werden. Bei undurchlässigeren Baugründen bis $5,4 \times 10^{-6}$ m/s muss aufgrund der ungünstigen Wasserverhältnisse und der Frosteinwirkung nach Zone I und II oder III der Oberbau mit Mehrdicken von 10 oder 20 cm beaufschlagt werden. Ist der Boden noch undurchlässiger, müssen die einsickernden Niederschläge über Planumsdrainagen oder Ähnliches aus dem Oberbau geleitet und im Seitenraum zur Versickerung gebracht werden.

Aufgrund der für die Tragschicht zu fordernde Durchlässigkeit von $5,4 \times 10^{-5}$ m/s sind die in der ZTVT-StB95 festgelegten möglichen Mineralstoffgemische für ungebundene Tragschichten nur einsetzbar, wenn der Verlauf an den unteren Körnungslinien nach Abschnitt 2.2.4 der ZTVT liegt oder bei einer Zusammenlegung benachbarter Körnungen nach abschnitt 4.10 der TL Min-StB 94 unter Fortlassen der Null Körnungen. Hier hat sich bei geringen Anforderungen an die Verdichtbarkeit der Einsatz von Schotter der Körnung 2/32 oder 2/45 mm bewährt. Für Pflasterbett und Fugen ist aufgrund der auf Dauer zu erwartenden Verschmutzung der Fugen eine Durchlässigkeit des Mineralstoffgemisches beim Einbau von mindestens $5,4 \times 10^{-4}$ m/s zu fordern, um die dauerhafte Versickerungsleistung zu gewährleisten. Somit kommen nach DIN 18318 nur Splitte mit den Körnungen 1/3 und 2/5 mm zum Einsatz.

Darüber hinaus ist auch gebrochener Kies mit der Körnung 2/4mm für engere Fugen verwendbar um die geforderte Durchlässigkeit im Neuzustand zu erreichen. (Siehe Tabelle 6)

Die Art des einzusetzenden Pflastersystems hängt maßgeblich von der zu erwartenden Verkehrsbelastung ab. Pflaster mit dauerhaft aufgeweiteten Fugen, wie der AREAL-Fuge 2000, der Weser-Rasenstein oder die Variant- bzw. Rustina Öko bieten sich vor allem bei ruhendem Verkehr niedriger Belastung an. Mit der Verbundwirkung des AREAL-Fuge 2000 können sogar Anliegerstraßen und befahrbare Wohnwege hergestellt werden. Für eine hohe Versickerungsleistung scheidet eine Begrünung der Fugen aber aus. Hier ist dann das Rasengitter mit seinem hohen begrünbaren Anteil geeignet, den Abfluss bei höheren Regenspenden zu verzögern.

Pflaster aus haufwerksporigem Beton wie der Hydrostein können im Bereich des privaten Wohnumfeldes und bei Rad- und Gehwegen eingesetzt werden und benötigen in jedem Fall eine Ent-

lastungsmöglichkeit für Starkniederschläge, da bei einem zu erwartenden Ausfall der Poren der Fugenanteil alleine nicht ausreicht, um die geforderten Regenspenden von 270 l/s x Ha aufnehmen zu können. Die wasserdurchlässigen Pflastersysteme der SK-Steinkultur GmbH & Co. KG werden in Tabelle 6 charakterisiert.

Tabelle 6: Eigenschaften wasserdurchlässiger Pflastersysteme der Steinkultur

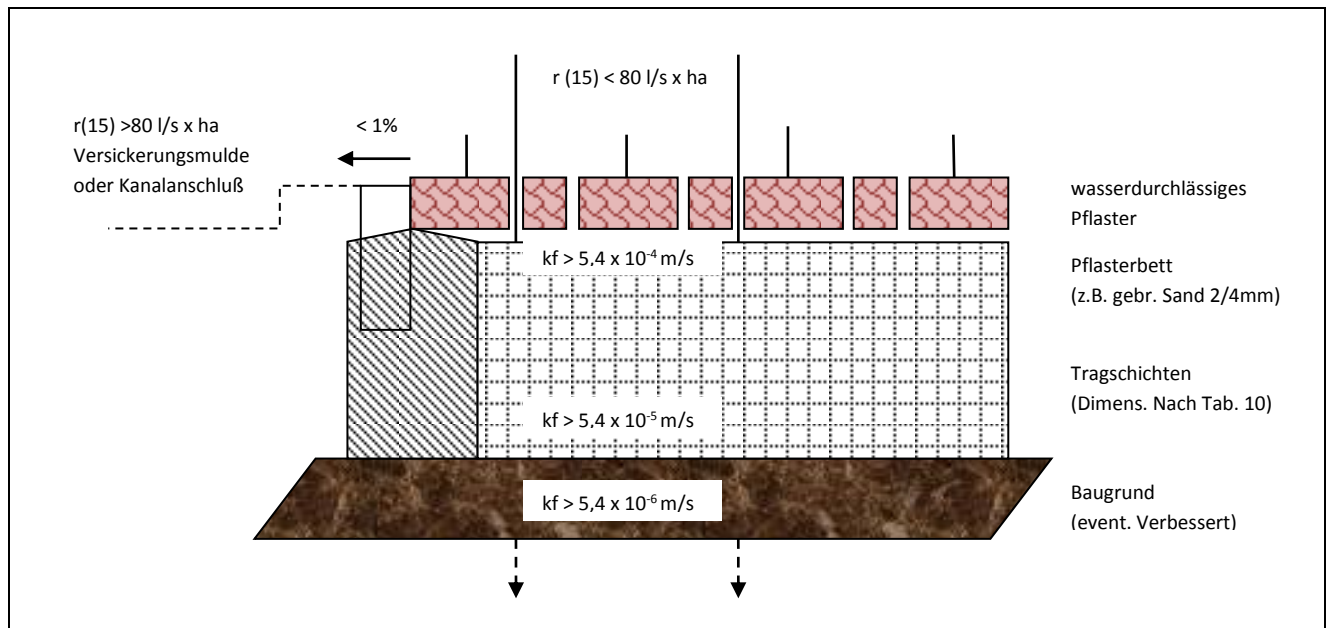
System	Art	Fugenanteil	Anforderungen an die Versickerung in Abhängigkeit vom Fugenanteil	BK
Hydro	haufwerksporiger Beton	'---	3380 l/s x ha	RG*
Areal-Fuge 2000	angeformte Abstandshalter	19%	1420 l/s x ha	VI
Weser-Rasenstein 1,5cm Fuge	angeformte Abstandshalter	13%	2080 l/s x ha	VI
Ökostein 21/14/8cm mit 1,5cm Fuge	angeformte Abstandshalter	16%	1690 l/s x ha	VI
Ökostein 21/14/8cm mit 3cm Fuge	angeformte Abstandshalter	28% (begrünt)	960 l/s x ha (1930 l/s x ha)	VI
Rasengitter	Kammern	(50%) (begrünt)	(980 l/s x ha)	VI

*Bei der Begrünung werden die Anforderungen aufgrund der Verfüllung mit Oberboden verdoppelt

Im Handel sind darüber hinaus auch die für wasserdurchlässige Pflaster geeigneten Mineralstoffe für Fuge und Bettung an. Hierbei zeigt sich, wie viel Niederschlag bei welcher Körnung dauerhaft versickert werden kann und dem zu Folge, ob eine zusätzliche Entwässerung ja nach eingesetztem Produkt benötigt wird. (Tabellen 7 bis 9). Der prozentuale Anteil am Bemessungsregen von 270 l/s x ha entspricht dem Abflussbeiwert Ψ nach DIN 1986 Teil 2 und zeigt gleichzeitig wie groß die zusätzliche Entwässerungsanlage dimensioniert werden muss. Sollten nicht alle Oberflächenabflüsse zurückgehalten werden können, leisten die eingesetzten Pflaster trotzdem einen ökologisch wertvollen Beitrag zur Entlastung unserer Umwelt, da sie das Abflussvolumen reduzieren und die Abflussspitzen durch Verzögerung verlagern. Um den geltenden Vorschriften für eine verkehrssichere Pflasterfläche zu entsprechen müssen die verbleibenden Abflüsse bei Starkniederschlägen aber entsorgt werden. Hierfür eignen sich Versickerungsanlagen und Kanalisationssysteme aus Beton.

Die in den Tabellen genannten Werte für die Durchlässigkeit stellen theoretische Richtwerte dar, da die vielfältigen und komplexen Einflussfaktoren auf die Wasserdurchlässigkeit bei Einbau und Lieferung der Mineralstoffgemische für Fuge und Bettung hierbei nicht berücksichtigt werden können. Somit sollten die genannten Werte als Kennwerte für die zu fordernden Eigenschaften der Mineralstoffgemische im Sinne einer Vorplanung gelten. Zur Ermittlung des tatsächlichen Versickerungsvermögens einer Pflasterfläche sind die genannten Werte in jedem Falle durch eine Infiltrationsmessung im eingebauten Zustand (Probereinbau) zu bestätigen.

Darstellung 2: Regelaufbau wasserdurchlässiges Pflaster



Veröffentlicht in: BORGWARDT, S.: „Geeigneter Oberbau für wasserdurchlässiges Pflaster.“ Beton- und Fertigteil- Technik 61 Heft 3, S.

Tabelle 7: Versickerungsvermögen beim Einsatz von Sand 0/2a (Durchlässigkeit neu: $5 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ oder 5000 l/s x ha , dauerhaft: $5 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ oder 500 l/s x ha)

System	Fugenanteil	aufnehmbare Regenspende	versickerbarer Anteil am Bemessungsregen	Entwässerung notwendig?
Hydro	-	40 l/s x ha	15% ($\Psi = 0,8$)	Ja
Areal-Fuge 2000	19%	95 l/s x ha	35% ($\Psi = 0,8$)	Ja
Weser-Rasenstein 1,5cm Fuge	13%	65 l/s x ha	24% ($\Psi = 0,8$)	Ja
Ökosteine 21/14/8cm mit 1,5cm Fuge	16%	70 l/s x ha	26% ($\Psi = 0,8$)	Ja
Ökosteine 21/14/8cm mit 3cm Fuge	28%	70 l/s x ha	26% ($\Psi = 0,8$)	Ja
Rasengitter	50%	125 l/s x ha	46% ($\Psi = 0,5$)	Ja

Tabelle 8: Versickerungsvermögen beim Einsatz von Sand 0/2a **Tabelle 7: Versickerungsvermögen beim Einsatz von Splitt 2/4mm** (Durchlässigkeit neu: 1×10^{-3} m/s oder 10.000 l/s x ha, dauerhaft: 5×10^{-4} m/s oder 1.000 l/s x ha)

System	Fugenanteil	aufnehmbare Regenspende	versickerbarer Anteil am Bemessungsregen	Entwässerung notwendig?
Hydro	-	80 l/s x ha	30% ($\Psi = 0,7$)	Ja
Areal-Fuge 2000	19%	190 l/s x ha	70% ($\Psi = 0,3$)	Ja (im öffentlichen Bereich)
Weser-Rasenstein 1,5cm Fuge	13%	130 l/s x ha	48% ($\Psi = 0,5$)	Ja
Ökostein 21/14/8cm mit 1,5cm Fuge	16%	140 l/s x ha	52% ($\Psi = 0,5$)	Ja
Ökostein 21/14/8cm mit 3cm Fuge	28%	280 l/s x ha	100% ($\Psi = 0,0$)	Nein
Rasengitter	50%	500 l/s x ha	100% ($\Psi = 0,0$)	Nein

Tabelle 9: Versickerungsvermögen beim Einsatz von Sand 0/2a **Tabelle 7: Versickerungsvermögen beim Einsatz von Splitt 2/5mm** (Durchlässigkeit neu: 1×10^{-4} m/s oder 100.000 l/s x ha, dauerhaft: 1×10^{-5} m/s oder 10.000 l/s x ha)

System	Fugenanteil	aufnehmbare Regenspende	versickerbarer Anteil am Bemessungsregen	Entwässerung notwendig?
Hydro	-	Bei Normfuge nicht anwendbar		
Areal-Fuge 2000	19%	1900 l/s x ha	100% ($\Psi = 0,0$)	Nein
Weser-Rasenstein 1,5cm Fuge	13%	1300 l/s x ha	100% ($\Psi = 0,0$)	Nein
Ökostein 21/14/8cm mit 1,5cm Fuge	16%	1400 l/s x ha	100% ($\Psi = 0,0$)	Nein
Ökostein 21/14/8cm mit 3cm Fuge	28%	2800 l/s x ha	100% ($\Psi = 0,0$)	Nein
Rasengitter	50%	5000 l/s x ha	100% ($\Psi = 0,0$)	Nein

Eingesetzte und weiterführende Literatur:

- Abwassertechnische Vereinigung – ATV (Hrsg.): Bau und Bemessung von Anlagen zur dezentralen Versickerung von nicht schädlich verunreinigtem Niederschlagswasser Arbeitsblatt A 138, St. Augustin 1990
- BEYER, W.: Zur Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit von Kiesen und Sanden aus der Kornverteilungskurve. wwt-Wasserwirtschaft/Wassertechnik 14 (1964), Heft 6, S. 165-168.
- BORGWARDT, S.: Entsiegelung im Straßenraum – Belastung von Grundwasser und Boden bei der Versickerung von Niederschlägen? Korrespondenz Abwasser 41 (1994), Heft 4, S. 530 – 540.
- BORGWARDT, S.: Die Versickerung auf Pflasterflächen als Methode der Entwässerung von minderbelasteten Verkehrsflächen. Heft 41 der Schriftenreihe „Beiträge zur räumlichen Planung“, Hrsg. vom Fachbereich Landschaftsarchitektur und Umweltentwicklung der Universität Hannover. Hannover 1995.
- BORGWARDT, S.: Die fachgerechte Anwendung versickerungsfähiger Pflastersysteme aus Beton. Herausgegeben vom Bundesverband Deutsche Beton und Fertigteilindustrie e.V. – Fachgruppe Betonerzeugnisse für den Straßen- und Gartenbau, Bonn 1997.
- BORGWARDT, S.: Leistungsfähigkeit und Einsatzmöglichkeit versickerungsfähiger Pflastersysteme. Betonwerk + Fertigteiltechnik 63 (1997). Heft 2, S. 100 – 105.
- Deutsches Institut für Normung e.V. – DIN (Hrsg.): DIN 18501 – Pflastersteine aus Beton. Ausgabe November 1982.
- Deutsches Institut für Normung e.V. – DIN (Hrsg.): DIN 18318 – Verkehrswegebauarbeiten; Pflasterdecken, Plattenbeläge, Einfassungen. Ausgabe Dezember 1992.
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen – FGSV (Hrsg.): Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen – RStO 86, ergänzte Fassung 1989. Köln 1989.
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen – FGSV (Hrsg.): Technische Lieferbedingungen für Mineralstoffe im Straßenbau – TL Min-StB 94. Köln 1994.
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen – FGSV (Hrsg.): Zusätzliche Technische Vorschriften und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau – ZTV- StB 94.
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen – FGSV (Hrsg.): Merkblatt für Flächenbefestigungen mit Pflaster und Plattenbelägen. Ausgabe 1989, ergänzte Fassung 1194. Köln 1994.
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. - FGSV (Hrsg.): Zusätzliche Technische Vorschriften und Richtlinien für Tragschichten im Straßenbau – ZTVT- StB 95. Köln 1995

8.1 Ablaufschema zum Einsatz wasserdurchlässiger Pflastersysteme

