

Dr. Sönke Borgwardt • Landschaftsarchitekt BDLA • Berater für Umweltplanungen

Fehmarnstr. 37 • 22846 Norderstedt • Tel.: (040) 5 22 56 75 • Fax: (040) 53 53 06 07 • Mobil: (0171) 3 49 89 45

GUTACHTEN
zur
Versickerungsleistung von
SUPRA, SUPRA-ÖKO und SUPRA-DRAIN

Auftraggeber:
Betonwerke Munderkingen REINSCHÜTZ GmbH
Riedstraße 17-23
89597 Munderkingen



GUTACHTEN

Die von der Firma Betonwerke REIN-SCHÜTZ GmbH in 89597 Munderkingen am 23.10.97 beauftragte in-situ-Prüfung der Versickerungsfähigkeit von Pflastersteinen aus Beton ergibt für die Produktgruppe SUPRA folgendes Ergebnis:



1 Untersuchungsgegenstand

Die Produktgruppe SUPRA umfaßt Verbundsteinpflaster aus gefügedichtem Beton (Darstellung 1). Das Produkt SUPRA stellt hierbei die Grundform des Verbundpflasters mit Normfuge dar. Das Produkt SUPRA-ÖKO weist bei gleichen Rastermaßen Aussparungen auf, durch die eine erhöhte Versickerungsfähigkeit für Niederschläge erreicht werden soll. Das Produkt SUPRA-DRAIN schließlich entspricht dem Normalformat, allerdings in haufwerksporiger Ausführung. Die Grundmaße von SUPRA und SUPRA-DRAIN sind L 28,0 × B 23,0 × H 8,0 und L 23,0 × B 17,0 × H 8,0 cm. Die Grundmaße von SUPRA-ÖKO sind L 26,0 × B 23,0 × H 8,0 und L 20,0 × B 17,0 × H 8,0 cm. Die angeformten Abstandshalter erlauben eine dauerhaft ausgebildete Fuge von 0,5 cm. Es ergibt sich eine durchlässige Fläche von etwa 4 % für SUPRA (und SUPRA-DRAIN zusätzlich der haufwerksporigen Oberfläche) und von etwa 12 % für SUPRA-ÖKO.

Aufgabenstellung ist es, bei den oben genannten Pflastersteinen das Infiltrationsvermögen im eingebauten Zustand in Abhängigkeit von Alter und System bei Verwendung gleicher Mineralstoffe für die Fugenverfüllung zu ermitteln. Durch mehrjährig wiederholte Messungen werden Aussagen über die Versickerungsfähigkeit, deren dauerhafte Aufrechterhaltung und Hinweise für den Einsatz geeigneter Mineralstoffgemische erwartet. Folgende Pflasterflächen werden zunächst untersucht:

Nr.	System	Fläche	Alter	Fugenausbildung	Abfluss- beiwert C=
1	SUPRA	Fahrfläche	1 Jahr	Splitt 1/3 mm	0,89
2	SUPRA-ÖKO	Lagerfläche	1 Jahr	Splitt 1/3 mm	0,0
3	SUPRA-ÖKO	Lagerfläche	0 Jahre	Splitt 1/3 mm	0,0
4	SUPRA-DRAIN	Lagerfläche	0 Jahre	Splitt 1/3 mm	0,0

Tab. 1: Zusammenstellung der untersuchten Flächen.



Darst. 1: Pflastergruppe SUPRA (ohne SUPRA-DRAIN).

Als Versuchsflächen stehen für die Untersuchung neu verlegte und etwa ein Jahre alte Fahr- und Lagerflächen auf dem Gelände der Betonwerke REINSCHÜTZ mit ordnungsgemäß ausgeführtem Oberbau in Anlehnung an Tafel 3, Zeile 7 der RStO 86/89 für Bauklasse V und VI aus Kiessand und Recyclingbaustoffen der Körnungen 0/32 bis 0/63 mm zur Verfügung (Bild 1 und 2).

2 Versuchsaufbau

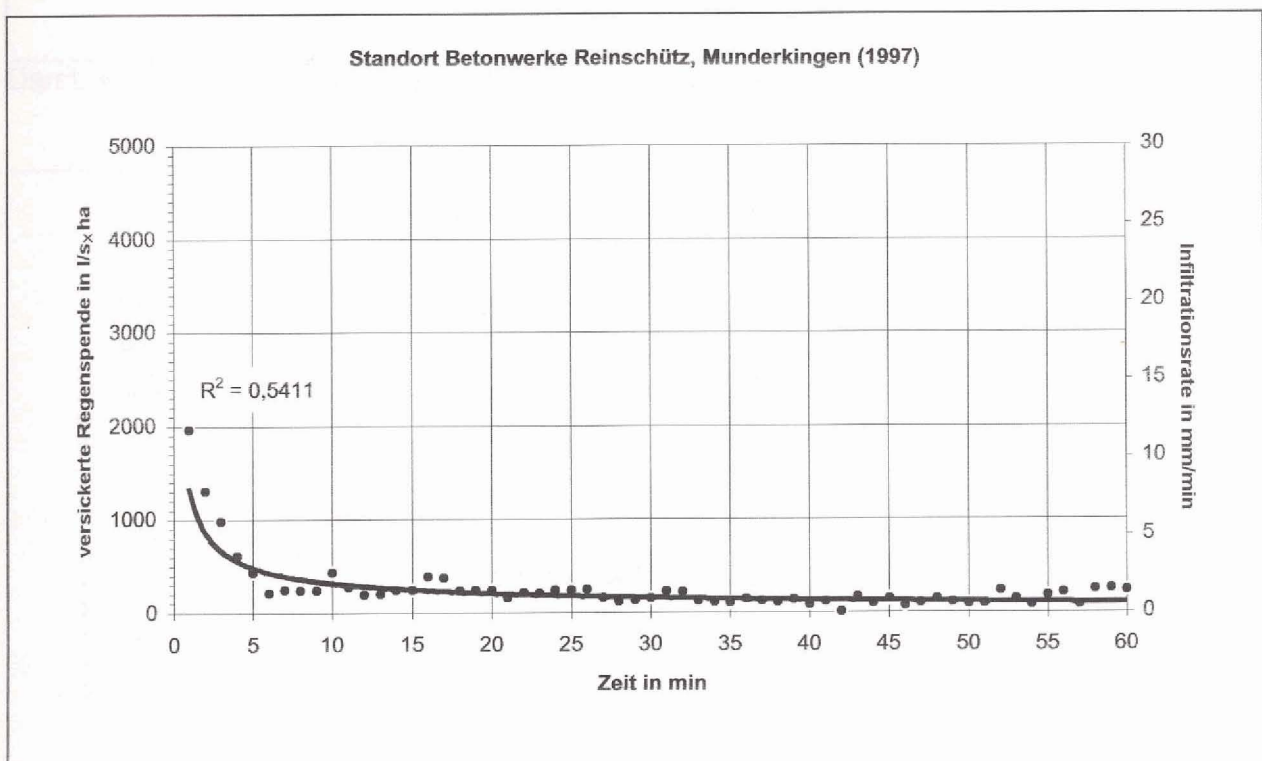
Die Versickerungsfähigkeit wird vor Ort durch die Bestimmung der Infiltrationsrate gemessen. Um dies realitätsnah an ungestörten Standorten unter Einbezug der örtlichen Gegebenheiten wie Alterung und Belastung durchführen zu können, wird ein an der TH Darmstadt konstruierter Infiltrometer eingesetzt (Bild 3). Es wird eine abgedichtete Untersuchungsfläche von ca. $0,25 \text{ m}^2$ gleichmäßig mit einem Modellregen konstanter Intensität beregnet. Die Intensität der Beregnung ist so gewählt, daß gerade kein Oberflächenabfluß entsteht, um einen in der Natur nicht auftretenden vertikalen Wasserdruck zu vermeiden. Dies wird dadurch erreicht, daß der Zulauf über einen Näherungssensor in der Untersuchungsfläche auf einen Aufstau von wenigen Millimetern begrenzt wird. Eine laterale Bewegung des infiltrierten Wassers wird durch die zusätzliche Beregnung außerhalb der Untersuchungsfläche verhindert (Prinzip des Doppelringinfiltrometers). Die Versickerungsintensität wird über die Änderung des Zuflusses am Zulauf mittels eines Durchflußmessers registriert. Die Infiltrationsrate als versickerte Menge pro Zeit ergibt sich aus der Regelung des Zuflusses in Abhängigkeit zur Veränderung der Wasserfilmdicke auf der Untersuchungsfläche.

Die Ganglinien der Infiltration, werden als Regressionskurven der gemittelten Infiltrationswerte in $[\text{mm}/\text{min}]$ und als aufnehmbare Regenspende in $[\text{l}/(\text{s} \times \text{ha})]$ dargestellt. Sie zeigen in ihrem charakteristischen Verlauf einen hohen Anfangswert, der mit zunehmender Sättigung nach 10 bis 30 Minuten abfällt und sich schließlich asymptotisch einem konstanten Endwert nähert. Der Endwert $i_{(60)}$ nach 60 Minuten Messung entspricht der Versickerungsintensität im wassergesättigten Zustand und kann daher als Durchlässigkeitsbeiwert k_f in $[\text{m}/\text{s}]$ interpretiert werden. Der Wert der Infiltrationsrate $i_{(10)}$ nach 10-minütiger Beregnung wird analog als potentiell aufnehmbare Regenspende $r_{(10)}$ in $[\text{l}/(\text{s} \times \text{ha})]$ ausgelegt.

3 Ergebnisse

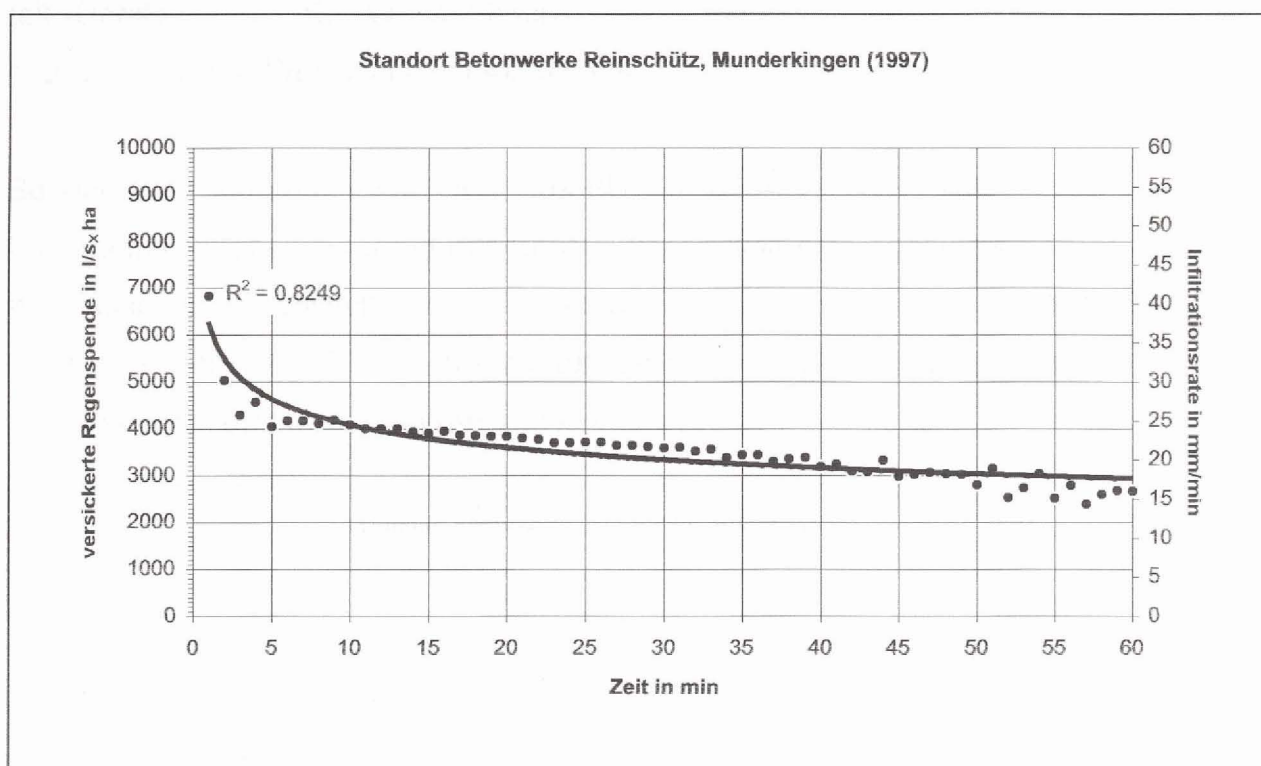
Zur Untersuchung der Abhängigkeit der Versickerungsfähigkeit vom Einbaualter und vom eingesetzten System (Fugenanteil bzw. Haufwerksporigkeit) ergibt sich für die Einzelflächen folgendes:

Bei der etwa ein Jahre alten Fläche Nr. 1 aus SUPRA-Normalpflaster (Bild 4) wird eine versickerbare Regenspende $r_{(10)}$ von 300 l/(s×ha) ermittelt (Darstellung 3). Die Wasserdurchlässigkeit entspricht nach einer Stunde Beregnung einem k_f -Wert von etwa 2×10^{-5} m/s. Visuelle Beobachtungen an den Einzelversuchen lassen den Schluß zu, daß mit zunehmender Verkehrsbelastung im Bereich der Fahrspuren der Fahrfläche die Versickerungsleistung nachläßt.

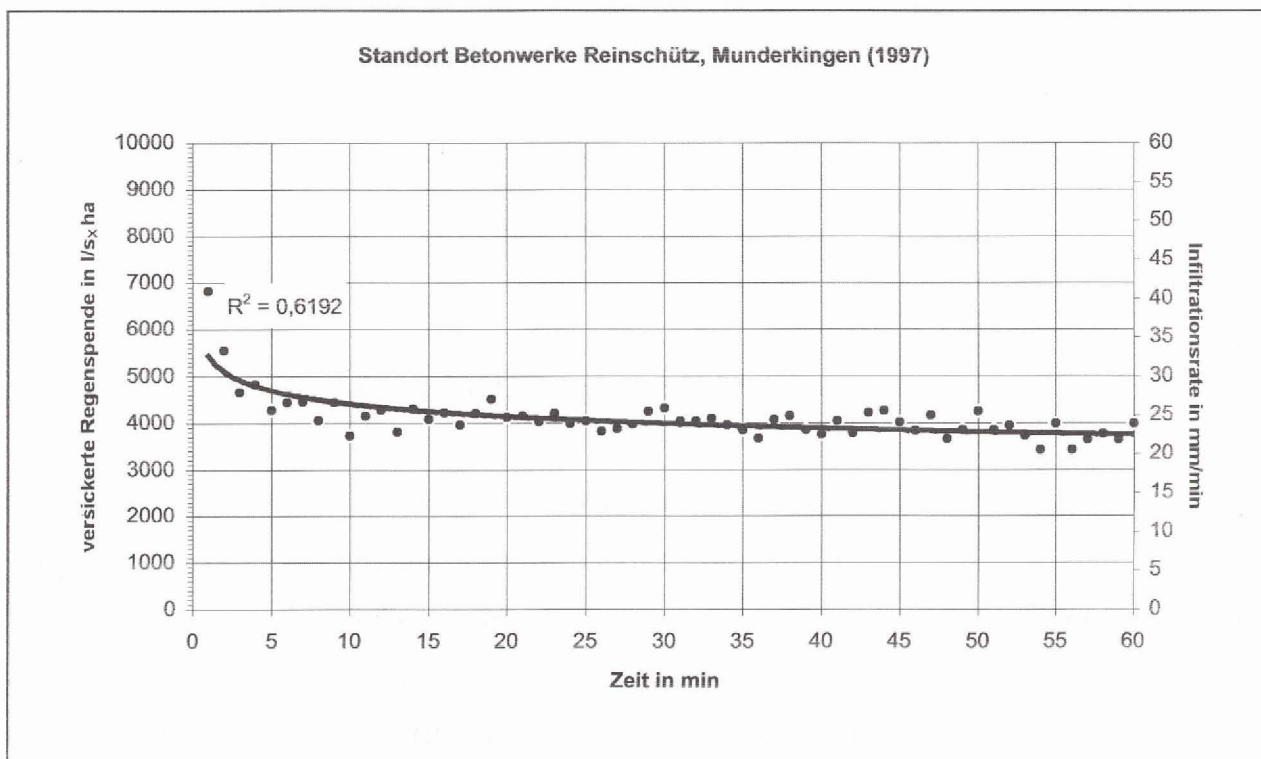


Darst. 3: Infiltrationsgang auf Untersuchungsfläche Nr. 1.

Bei der gleichaltrigen Fläche Nr. 2 aus SUPRA-ÖKO (Bild 5) wird aufgrund des höheren Öffnungsanteiles eine weitaus größere Versickerungsleistung festgestellt. Die versickerbare Regenspende $r_{(10)}$ beträgt hier 4.100 l/(s×ha) (Darstellung 4). Die Wasserdurchlässigkeit der Fläche entspricht nach einer Stunde Beregnung einem k_f -Wert von etwa 3×10^{-4} m/s.



Darst. 4: Infiltrationsgang auf Untersuchungsfläche Nr. 2.

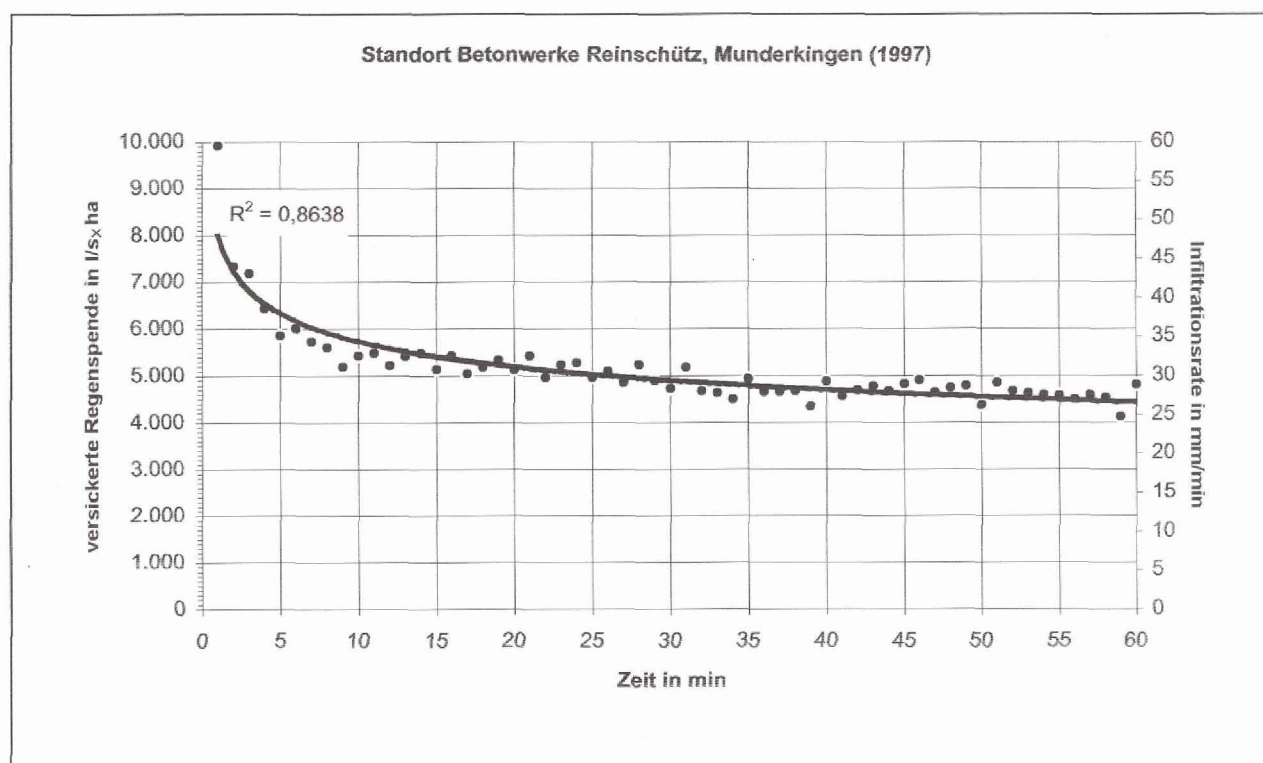


Darst. 5: Infiltrationsgang auf Untersuchungsfläche Nr. 3.

Bei der neu verlegten Fläche Nr. 3 aus SUPRA-ÖKO (Bild 6) wird mit einer versickerbaren Regenspende $r_{(10)}$ von 4.400 l/(s×ha) eine noch höhere Versickerungsleistung ermit-

telt (Darstellung 5). Die Wasserdurchlässigkeit entspricht hier nach einer Stunde Beregnung einem k_f -Wert von etwa 4×10^{-4} m/s.

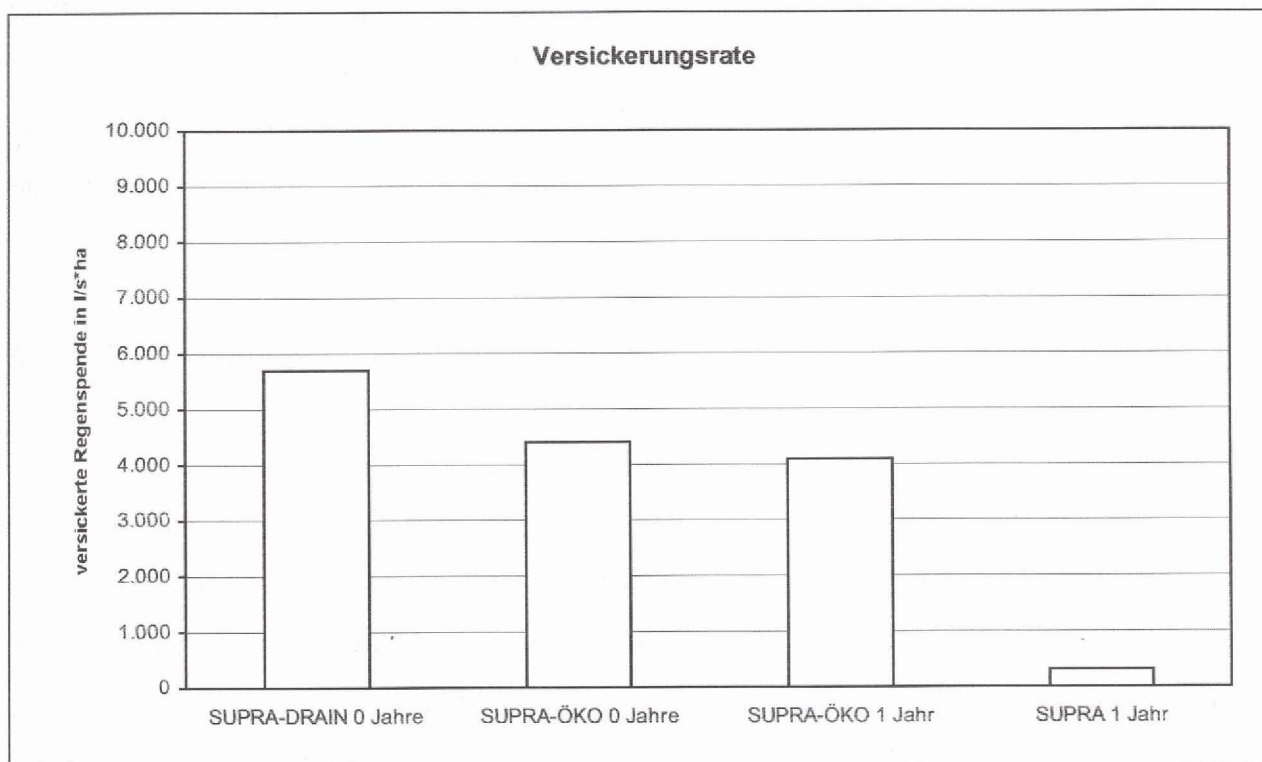
Bei der neu verlegten Fläche Nr. 4 aus SUPRA-DRAIN (Bild 7) wird trotz des geringen Fugenanteiles, aber aufgrund der Haufwerksporigkeit eine nochmals höhere Versickerungsleistung festgestellt. Die versickerbare Regenspende $r_{(10)}$ beträgt hier 5.700 l/(s×ha) (Darstellung 6). Die Wasserdurchlässigkeit der Fläche entspricht nach einer Stunde Beregnung einem k_f -Wert von etwa 4×10^{-4} m/s.



Darst. 6: Infiltrationsgang auf Untersuchungsfläche Nr. 4.

Im Vergleich zeigen die Ergebnisse deutlich, daß beim Einsatz identischer Mineralstoffgemische für die Fugenfüllung der Öffnungsanteil entscheidend für die Versickerungsleistung einer Pflasterfläche ist. Hierbei sollten Körnungen eingesetzt werden, die auf die Breite der Fugen und auch auf das Porensystem des haufwerksporigen Pflastersteins abgestimmt sind. Selbst im gealterten Zustand – und sogar bei herkömmlichen Pflastersteinen mit Normfuge – können hierdurch höchste Versickerungsleistungen erreicht werden. Der hier verwendete Splitt 1/3 mm weist aufgrund der Begrenzung der Feinanteile eine hohe Durchlässigkeit und aufgrund der optimalen Abstimmung auf das Pflastersystem eine hohe Gesamtleistung hinsichtlich Versickerungsfähigkeit und Last-

übertragung auf. Die geforderten Versickerungswerte für eine abflußlose befestigte Fläche (Verzicht auf Kanalanschluß) in Anlehnung an ATV-Arbeitsblatt A 138 (270 l/(s×ha)) werden erreicht (Darstellung 7).



Darst. 7: Vergleich der Versickerungsversuche.

4 Empfehlungen

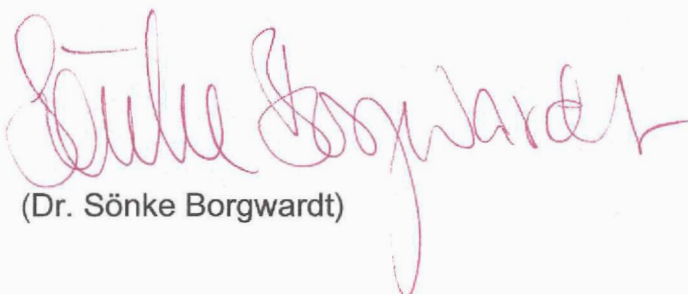
Zur dauerhaften Aufnahme einer Bemessungsregenspende von 270 l/(s×ha) ist nach der empirischen Bedingung $k_u = k_f/2$ beim Einsatz versickerungsfähiger Pflastersysteme für Pflasterbett und Fugen eine Durchlässigkeit des Mineralstoffgemisches von mindestens $5,4 \times 10^{-5}$ m/s zu fordern. Aufgrund der zu erwartenden Verschmutzung der Fugen ist für die dauerhafte Versickerungsleistung eine noch höhere Versickerungsleistung im Neuzustand vorteilhaft. Die genannten theoretischen Richtwerte für die Materialeigenschaften sind in jedem Falle durch eine Infiltrationsmessung im eingebauten Zustand (Probeeinbau) zu bestätigen, da die vielfältigen und komplexen Einflußfaktoren auf die Wasserdurchlässigkeit bei Einbau und Lieferung der Mineralstoffgemische für Fuge und Bettung hierbei nicht berücksichtigt werden können. Eine mathematische Ableitung der Durchlässigkeit über die Beiwerte der Mineralstoffgemische und des durchlässigen Anteiles einer Pflasterfläche ist in der Regel nicht möglich.

Aufgrund der genannten Forderungen wird bei der Verwendung versickerungsfähiger Pflaster der Einsatz von Splitten mit den Körnungen 1/3 und 2/5 mm nach DIN 18 318 empfohlen, da diese in der Regel eine ausreichende Durchlässigkeit aufweisen. Beim Einsatz anderer Körnungen, wie z.B. ungewaschene Sand 0/2 bis 0/5 mm ist eine ausreichende Versickerungsfähigkeit in der Regel nicht gegeben. Hier muß die Mindestdurchlässigkeit von $5,4 \times 10^{-5}$ m/s über die Sieblinie bei Lieferung nachgewiesen und im eingebauten Zustand überprüft werden.

5 Zusammenfassung

Die Feldversuche mit dem Infiltrometer zum Versickerungsvermögen von Pflasterflächen ergeben für die Produktgruppe SUPRA, daß im neuen und gealterten Zustand bis zu einem Jahr bei der Verwendung von Splitten 1/3 mm Regenspenden von weit über 270 l/(s×ha) versickert werden können. Die Versickerungsleistung der einzelnen Pflastersysteme nimmt mit dem Öffnungsanteil zu. Selbst im gealterten Zustand – und sogar bei herkömmlichen Pflastersteinen mit Normfuge – kann durch die Verwendung von Splitt 1/3 mm aufgrund der Begrenzung der Feianteile eine hohe Durchlässigkeit und aufgrund der optimalen Abstimmung auf das Pflastersystem eine hohe Gesamtleistung hinsichtlich Versickerungsfähigkeit und Lastübertragung erzielt werden. Es werden damit die geforderten Versickerungswerte für eine abflußlose befestigte Fläche in Anlehnung an ATV-Arbeitsblatt A 138 erreicht. Obwohl aufgrund der hohen Versickerungsleistung zu erwarten ist, daß diese Werte auch dauerhaft aufrecht erhalten werden können, müssen nachfolgende Untersuchungen im weiter gealterten Zustand näheren Aufschluß geben.

Norderstedt, den 25. November 1997



(Dr. Sönke Borgwardt)