

Dr. Sönke Borgwardt • Freischaffender Landschaftsarchitekt • öbv Sachverständiger
Fehmarnstr. 37 • D-22846 Norderstedt • Tel.: +49 40 5 22 56 75 • Fax: +49 40 53 53 06 07

Norderstedt, den 15.08.2007

Gutachten
zur Versickerungsleistung des Pflastersystems
Ulmer Kopfsteinpflaster

Auftraggeber:
Lithonplus GmbH & Co. KG
Schwegenheimer Straße 1a
67360 Lingenfeld

Dieses Gutachten umfaßt insgesamt 5 Textseiten mit
1 Darstellung, 1 Tabelle und 1 Anhang (2 Seiten mit 3 Bildern)
in 2 Ausführungen
Ausführung Nr. 1: Lithonplus GmbH & Co. KG
Nr. 2: Büro BWB Norderstedt, Dr. Sönke Borgwardt

Dieses Gutachten darf ohne Zustimmung des Verfassers weder
vollständig noch auszugsweise vervielfältigt oder veröffentlicht
werden.

Rev. 0 / 15.08.2007 / Gutachten Ulmer 2007.doc

Ausführung Nr. 2



GUTACHTEN

Die von der Firma Lithonplus GmbH & Co. KG in 67360 Lingenfeld beauftragte Prüfung der Versickerungsfähigkeit von Pflastersteinen aus Beton ergibt für das Produkt Ulmer Kopfstein folgendes Ergebnis:



1 Untersuchungsgegenstand

Das Pflastersystem Ulmer Kopfsteinpflaster besteht in der hier untersuchten Variante aus gefügedichten Pflastersteinen gemischt verlegt in 18 Formaten in den Rastermaßen L240 x B 120 bis L 140 x B 80 mm. Im verlegten Zustand ergibt sich durch dauerhaft angeformte Abstandshalter (profilierte Seitenflächen) eine Fugenbreite von etwa 4 bis 6 mm (Bild 1). Die Steinflanken sind hierbei konisch geformt, so daß sich die Fugen nach unten hin verjüngen. Durch diese Fugen soll anfallendes Niederschlagswasser aufgenommen, an den Oberbau weitergeleitet und schließlich im Untergrund oder in geeigneten Entwässerungsanlagen versickert werden. Es ergibt sich nach dem vom Hersteller empfohlenem Mischungsanteil der verschiedenen Formate in der Fläche verlegt ein gesamter Öffnungsanteil bzw. eine durchlässige Sickerfläche von 6,2 %.

Aufgabenstellung ist es, bei den oben genannten Pflastersteinen das Infiltrationsvermögen im eingebauten Zustand in Abhängigkeit von Alter und Verwendung verschiedener Mineralstoffe für die Fugenverfüllung zu ermitteln. Hierdurch werden Aussagen über die Versickerungsfähigkeit, deren dauerhafte Aufrechterhaltung und Hinweise für den Einsatz geeigneter Mineralstoffgemische erwartet.

Als Probeflächen steht für die Untersuchung ein als Wanne mit unterseitigem Ablauf ausgebildeter Probekörper (~ 1,7 m²) zur Verfügung (Bild 2). Als Oberbau wurde in Anlehnung an Tafel 3, Zeile 3 der RStO 01 für Bauklasse V und VI mit einer Tragschicht aus ausreichend durchlässigem Mineralstoffgemisch der Körnung 0/32 mm, 3 cm Pflasterbettung aus Splitt 2/5 mm und Fugenverfüllung aus Splitt 1/3 mm hergestellt.

2 Versuchsaufbau

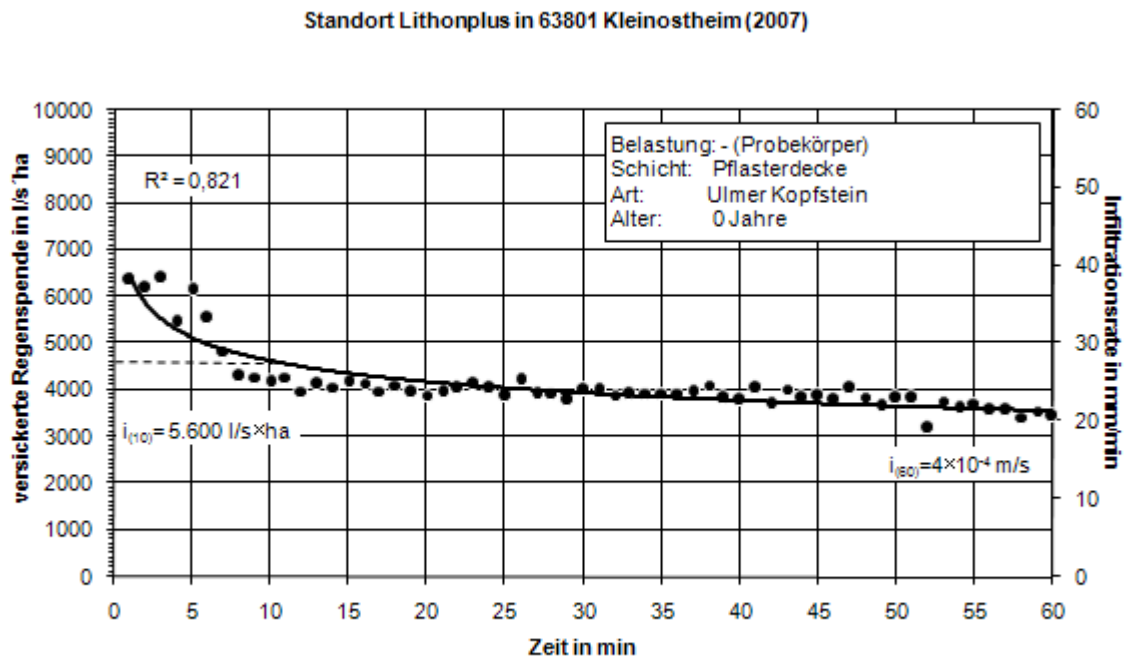
Die Versickerungsfähigkeit wird vor Ort durch die Bestimmung der Infiltrationsrate gemessen. Um dies realitätsnah an ungestörten Standorten unter Einbezug der örtlichen Gegebenheiten wie Alterung und Belastung durchführen zu können, werden – je nach Durchflußmenge – speziell für diesen Einsatz konstruierte Infiltrationsgeräte 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 oder einen Schwimmschalter 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 $k_{f,u}$ in $[\text{m}/\text{s}]$ interpretiert werden. Dieser muß dann aber bei Bedarf für weitere Betrachtungen hinsichtlich des eigentlichen Bemessungswertes k_f gemäß DWA-Merkblatt A 138 mit dem Korrekturfaktor 2 multipliziert 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

Die Untersuchungsergebnisse der Einzelflächen werden statistisch verrechnet und die gemittelten Werte anhand der Ganglinie der Infiltration bei einer einstündigen Beregnung und den Kennwerten $i_{(10)}$ und $i_{(60)}$ interpretiert. Der Wert $i_{(10)}$ wird hierbei als versickerbare Regenmenge mit der Regenspende $r_{(10)}$ gleichgesetzt und der Wert $i_{(60)}$ dem Durchlässigkeitsbeiwert k_f der Gesamtfläche zugeordnet.

Für die Untersuchungsfläche mit Ulmer Kopfstein ist folgendes Ergebnis ermittelt worden: Bei der neu verlegten, mit Splitt 1/3 mm verfugten Untersuchungsfläche wird eine versickerbare Regenspende $r_{(10)}$ von 5.600 l/(s×ha) ermittelt (Darstellung 1). Die Wasserdurchlässigkeit entspricht nach einer Stunde Beregnung einem k_f -Wert von etwa 4×10^{-4} m/s.



Darstellung 1: Infiltrationsgang auf der Untersuchungsfläche.

4 Bewertung

Das Ergebnis zeigt deutlich, daß die untersuchte Pflasterfläche aufgrund der verwendeten Mineralstoffgemische für eine Versickerung von Regenwasser sehr gut geeignet ist und die geforderten Versickerungswerte für eine versickerungsfähig befestigte Fläche in Anlehnung an das *DWA-Arbeitsblatt A 138 (2002)* und an das *FGSV-Merkblatt für*

wasserdurchlässige Befestigungen von Verkehrsflächen (1998) von mindestens 270 l/(s×ha) im Neuzustand weit übertroffen werden.

Selbst unter Berücksichtigung der üblichen Abnahme der Versickerungsfähigkeit um eine Zehnerpotenz aufgrund des Eintrages mineralischer und organischer Feinanteile im Laufe der Betriebsdauer ist zu erwarten, daß es nur zu keinem Oberflächenabfluß kommen kann. Gemessen an der oben genannten Bemessungsregenspende kann diesen Systemen ein Abflußbeiwert C (gemäß zum Beispiel DIN 1986 Teil 100, Tabelle 6) von 0,0 zugesprochen werden (Tabelle 1).

Nr.	System	Alter	Fugenanteil in %	Fugenausbildung	Untersuchungsergebnis $i_{(10)}$ in l/(s×ha)	Dauerhaft zu erwartende Infiltrationsleistung in l/(s×ha)	Abflußbeiwert C gemessen an der Bemessungsregenspende	Mindestens benötigte Durchlässigkeit k_f des Fugenmaterials in m/s
1	Ulmer Kopfstein	Neu- zustand	6,2	Splitt 1/3 mm	5.600	560	0,0	$8,7 \times 10^{-3}$

Tabelle 1: Untersuchungsergebnisse, Abflußbeiwerte und mindestens benötigte Durchlässigkeit der Fugenverfüllung für Ulmer Kopfstein.

In Abhängigkeit zum Fugenanteil und bei gleichzeitiger Abstimmung der Korngrößen auf die Fugenbreite muß – unabhängig von Herkunft, Körnung oder Kornform – das Mineralstoffgemisch für die Fugenverfüllung eine Mindestdurchlässigkeit wie in Tabelle 1 genannt aufweisen. Unter Berücksichtigung der aufgrund der Alterung zu erwartenden Abnahme der Versickerungsleistung auf 10 % des Ausgangswertes kann hierdurch die im *Merkblatt für wasserdurchlässige Befestigungen von Verkehrsflächen* genannte Bemessungsregenspende von 270 l/(s×ha) voraussichtlich vollständig und dauerhaft versickert werden.

5 Zusammenfassung

Die Feldversuche mit dem Infiltrationsgerät zur Ermittlung der Versickerungsleistung von Pflasterflächen ergeben für das Produkt Ulmer Kopfstein, daß im neu verlegten Zustand bei der Verwendung von Splitt 1/3 mm für die Fugenverfüllung Regenspenden von 5.600 l/(s×ha) versickert werden können. Damit werden die geforderten Versickerungswerte für eine versickerungsfähig befestigte Fläche in Anlehnung an das *DWA-Arbeitsblatt A 138* (2002) und an das *FGSV-Merkblatt für wasserdurchlässige Befestigungen von Verkehrsflächen* (1998) von mindestens 270 l/(s×ha) im Neuzustand bei weitem überschritten. Gemessen an der oben genannten Bemessungsregenspende wird ein Abflußbeiwert von $C=0,0$ erreicht. Damit stellt Ulmer Kopfstein eine höhere Leistung zur Verfügung als vom *FGSV-Merkblatt* gefordert.

Es kann aufgrund der Versuchsanordnung davon ausgegangen werden, dass das Untersuchungsergebnis unabhängig von der Steinhöhe zu bewerten ist.

Norderstedt, den 15.08.2007



(Dr. Sönke Borgwardt)

Anlagen



Bild 1: Pflastersystem Ulmer Kopfstein



Bild 2: Untersuchungsfläche



Bild 3: Untersuchungsgerät