

**Dr. Sönke Borgwardt • Diplom-Ingenieur • Freischaffender Landschaftsarchitekt AIK SH**  
Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Garten- und Landschaftsbau der IHK zu Lübeck  
Winsener Straße 9 • D-24568 Kattendorf • Tel.: +49 4191 952 72 49 • Fax: +49 4191 952 72 50

Kattendorf, den 30.09.2014

## Gutachten

Zur Versickerungsfähigkeit von Pflastersteinen aus Beton  
Produkt *Mehrformat 210/175/140/105 x140*

Auftraggeber: Diephaus Betonwerk GmbH  
Zum Langenberg1  
49377 Vechta

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: Diephaus Betonwerk GmbH  
Nr. 2: Büro BWB Norderstedt, Dr. Sönke Borgwardt

Dieses Gutachten ist ausschließlich für den Gebrauch des Auf-  
traggebers bestimmt und darf ohne Zustimmung des Verfassers  
allein für seine Zwecke und nur in vollständiger Form vervielfältigt  
oder veröffentlicht werden.

Rev. 0 / 30.09.2014 / Gutachten

**Ausführung Nr. 2**



# Gutachten

Zur Versickerungsfähigkeit von Pflastersteinen aus Beton  
Produkt *Mehrformat 210/175/140/105 x140*

Auftraggeber: Diephaus Betonwerk GmbH  
Zum Langenberg1  
49377 Vechta

## 1 Auftrag

Die Auftraggeberin dieses Gutachtens, die Firma Diephaus Betonwerk GmbH in 49377 Vechta, hat den Sachverständigen mit Schreiben vom 20.05.2014 beauftragt, für das Produkt *Mehrformat 210/175/140/105 x140* Infiltrationsmessungen und Beurteilungen zur Versickerungsleistung durchzuführen.

## 2 Untersuchungsgegenstand

Das untersuchte Pflastersystem besteht in der hier untersuchten Variante aus gefügichten rechteckigen Pflastersteinen verlegt in 4 verschiedenen Formaten im Rastermaß von *210/175/140/105 x140* mm alle mit einer Höhe von 60 mm. Die untersuchten Pflastersteine weisen in der Fläche verlegt aufgrund der leicht aufgeweiteten Fugen eine Versickerungsfähigkeit für Niederschläge auf (Bild 1). Die angeformten Abstandhalter erlauben eine dauerhaft ausgebildete Fuge von 4,5 mm. Es ergibt sich eine durchlässige Sickerfläche von etwa 6,1 %.

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 Untersuchungsstandort steht für die Messungen eine neu hergestellte Musterfläche auf dem Werksgelände der Firma Diephaus Betonwerk GmbH in 49377 Vechta zur Verfügung (Bild 2). Hier wurde der genannte Pflasterbelag auf einer 3 cm Bettung aus Splitt 2/5 mm und einer geeigneten Tragschicht eingebaut. Die Fugen sind mit Splitt 1/2 mm verfüllt.

## 3 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). Diese Untersuchungsmethode entspricht dem Allgemein Anerkannten Stand der Technik und ist im *Merckblatt für versickerungsfähige Verkehrsflächen – MVV* der Forschungsgesellschaft für Straßen- Verkehrswesen e.V. (FGSV, 2013) dokumentiert.

Es wird eine abgedichtete Untersuchungsfläche von ca. 0,25 m<sup>2</sup> 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.

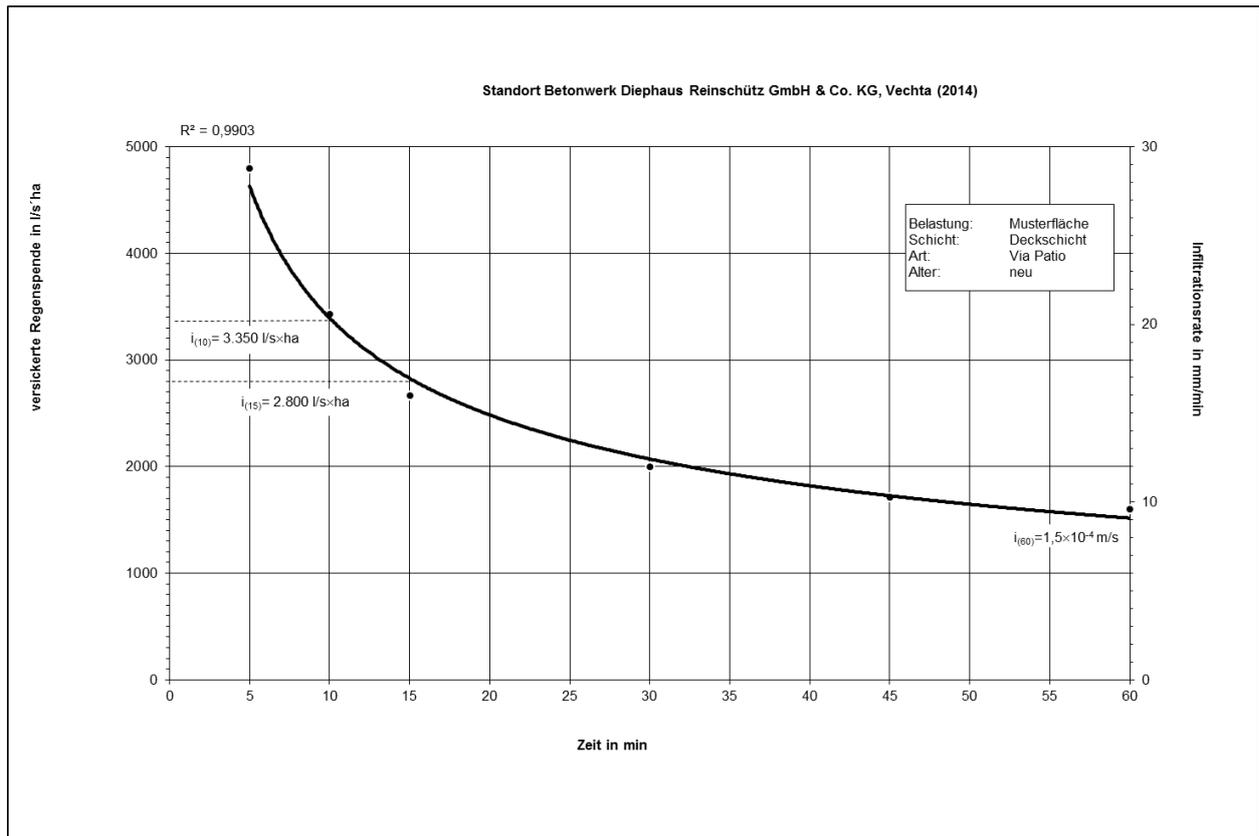
Die Ganglinien der Infiltration, werden als Regressionskurven der gemittelten Infiltrationswerte aus mindestens drei Messungen in [mm/min] und als aufnehmbare Regenpende in [l/(s×ha)] dargestellt. Sie zeigen in ihrem charakteristischen Verlauf einen hohen Anfangswert, der mit zunehmender Sättigung nach 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 [m/s] interpretiert werden. Der Wert der Infiltrationsrate  $i_{(10)}$  und  $i_{(15)}$  nach 10- bzw. 15-minütiger Beregnung wird analog als potentiell aufnehmbare Regenpende  $r_{(10)}$  und  $r_{(15)}$  in [l/(s×ha)] ausgelegt.

#### 4 Untersuchungsergebnisse

Die Untersuchungsergebnisse der Einzelflächen werden statistisch verrechnet und die gemittelten Werte anhand der Ganglinie der Infiltration bei einer einstündigen Beregnung und den Kennwerten  $i_{(10)}$ ,  $i_{(15)}$  und  $i_{(60)}$  interpretiert. Der Wert  $i_{(10)}$  wird hierbei als versickerbare Regenmenge mit der Regenpende  $r_{(10)}$  gleichgesetzt und der Wert  $i_{(60)}$  dem Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f$  der Gesamtfläche zugeordnet.

Für die Untersuchungsfläche ist folgendes Ergebnis ermittelt worden:

Bei der neu verlegten, mit Splitt 1/2 mm verfugten Musterfläche wird eine versickerbare Regenpende  $r_{(10)}$  von 3.350 l/(s×ha) ermittelt (Darstellung 1). Die Wasserdurchlässigkeit entspricht nach einer Stunde Beregnung einem  $k_f$ -Wert von etwa  $1,5 \times 10^{-4}$  m/s.



Darstellung 1: Infiltrationsgang auf der Untersuchungsfläche.

## 5 Beurteilungen

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 *Arbeitsblatt A 138* der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA, 2002) und an das *Merkblatt für versickerungsfähige Verkehrsflächen – MVV* der Forschungsgesellschaft für Straßen- Verkehrswesen e.V. (FGSV, 2013) von mindestens 270 l/(s×ha) im Neuzustand übertroffen werden.

Unter Berücksichtigung der empirisch gesicherten Abnahme der Versickerungsfähigkeit um eine Zehnerpotenz aufgrund des Eintrages mineralischer und organischer Feinanteile im Laufe der Betriebsdauer ist nicht zu erwarten, daß es zu einem Oberflächenabfluß kommt. Gemessen an der oben genannten Bemessungsregenspende kann diesen Systemen ein Abflußbeiwert  $C$  – gemäß zum Beispiel DIN 1986 Teil 100, Tabelle 6 des Deutschen Institutes für Normung e.V. (DIN, 03-2002) – von 0,0 zugesprochen werden (Tabelle 1).

In Abhängigkeit zum Fugenteil 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 dann die im *Merkblatt für versickerungsfähige Verkehrsflächen – MVV* genannte Bemessungsregenspende von 270 l/(s×ha) voraussichtlich vollständig und dauerhaft versickert werden.

Nr.	System	Alter	Fugenteil in %	Fugenausbildung	Untersuchungsergebnis $i_{(10)}$ in l/(s×ha)	Dauerhaft zu erwartende Infiltrationsleistung in l/(s×ha)	Abflußbeiwert C gemessen an der Bemessungsregen- spende	Mindestens benötigte Durchlässigkeit $k_f$ des Fu- genmaterials in m/s
1	Mehrformat	Neu- zustand	6,1	Splitt 1/2 mm	3.350	335	0,0	$8,9 \times 10^{-3}$

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

## 6 Zusammenfassung

Die Feldversuche mit dem Infiltrationsgerät zur Ermittlung der Versickerungsleistung von Pflasterflächen ergeben für das untersuchte Produkt, daß im neu verlegten Zustand bei der Verwendung von Splitt 1/2 mm für die Fugenverfüllung Regenspenden von 3.350 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 *Merkblatt für versickerungsfähige Verkehrsflächen – MVV* der Forschungsgesellschaft für Straßen- Verkehrswesen e.V. (2013) von mindestens 270 l/(s×ha) im Neuzustand überschritten. Gemessen an der oben genannten Bemessungsregenspende kann dauerhaft ein Abflußbeiwert von  $C=0,0$  erreicht werden. Damit stellt das untersuchte Produkt eine höhere Leistung zur Verfügung als vom *FGSV-Merkblatt* gefordert.

Kattendorf, den 30.09.2014



(Dr. Sönke Borgwardt)

öffentlich bestellter und vereidigter  
Sachverständiger für Garten- und  
Landschaftsbau der IHK Lübeck

Rundstempel

## Anlagen



Bild 1: Pflastersystem



Bild 2: Untersuchungsfläche



Bild 3: Untersuchungsgerät