

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 • info@bwb-norderstedt.de

Kattendorf, den 18.09.2023

Gutachten

Zur Versickerungsfähigkeit von Pflastersteinen aus Beton
Produkt *Format 400 x 200 x 80*

Auftraggeber: Diephaus Betonwerk GmbH
Zum Langenberg 1
49377 Vechta

Dieses Gutachten umfasst insgesamt 8 Textseiten mit
1 Darstellung, 1 Tabelle und 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 Auftraggebers bestimmt und darf ohne Zustimmung des Verfassers allein für seine Zwecke und nur in vollständiger Form vervielfältigt oder veröffentlicht werden.

Rev. 0 / 18.09.2023 / Gutachten Lineo 2023.docx

Ausführung Nr. 2



Gutachten

Zur Versickerungsfähigkeit von Pflastersteinen aus Beton
Produkt *Format 400 x 200 x 80*

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 30.06.2023 beauftragt, für das Produkt *Format 400 x 200 x 80* Infiltrationsmessungen und Beurteilungen zur Versickerungsleistung durchzuführen.

2 Untersuchungsgegenstand

Das Pflastersystem *Format 400 x 200 x 80* besteht in der hier untersuchten Variante aus gefügedichten Pflastersteinen im Rastermaß *Format 400 x 200* mm bei einer Höhe von 80 mm. Die untersuchten Pflastersteine weisen in der Fläche verlegt aufgrund ihrer Fugen eine Versickerungsfähigkeit für Niederschläge auf (**Bild 1**). Die angeformten Abstandshalter erlauben eine dauerhaft ausgebildete Fuge von im Mittel 4,0 mm (im Prüffeld). Es ergibt sich in der untersuchten Anordnung nach eine durchlässige Sickerfläche von etwa 3,4 %.

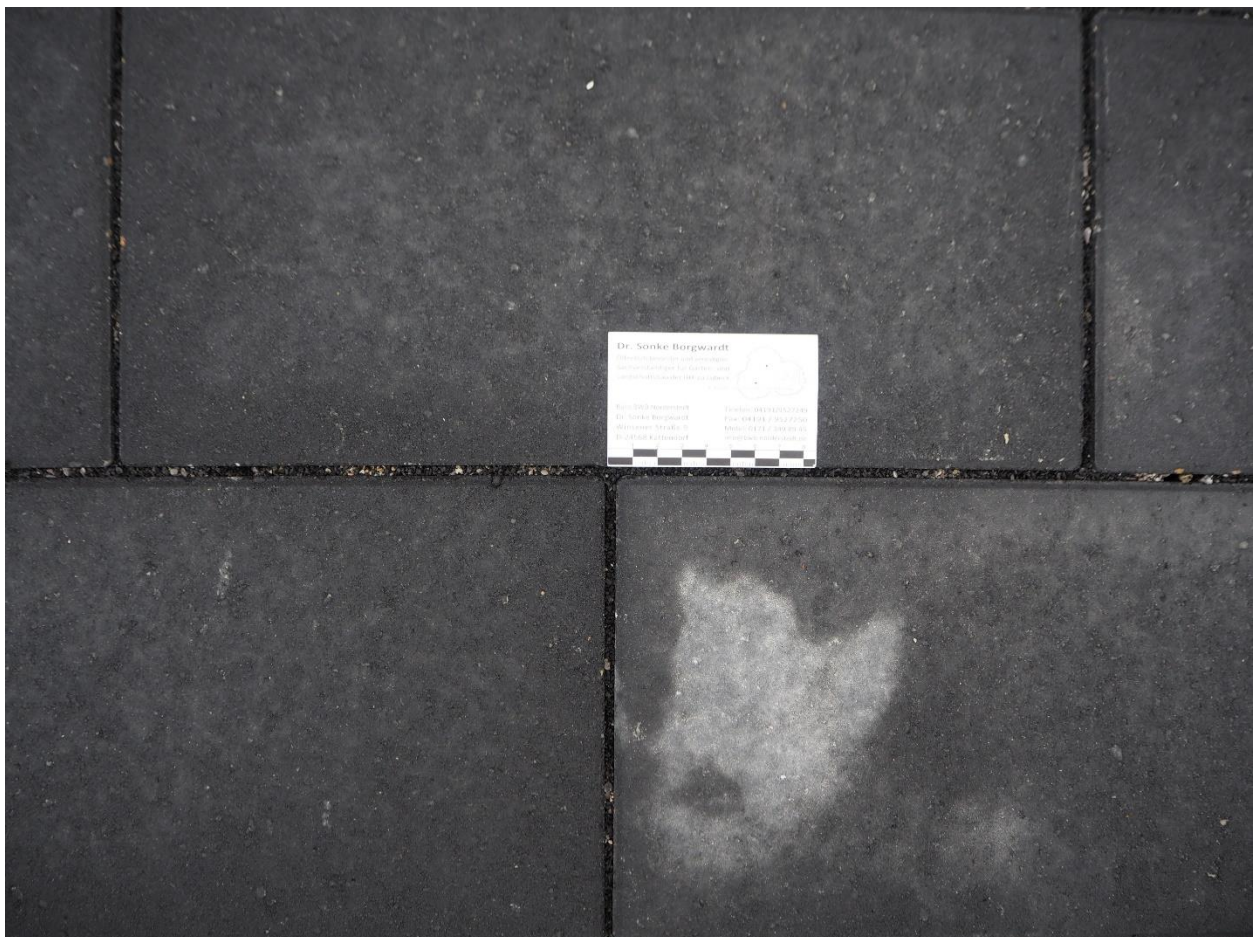


Bild 1

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 und einer geeigneten Tragschicht eingebaut. Die Fugen sind mit Splitt 1/2 mm verfüllt.



Bild 2

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 *Merkblatt für versickerungsfähige Verkehrsflächen – M VV¹* dokumentiert.



Bild 3

Es wird eine abgedichtete Untersuchungsfläche von ca. 0,25 m² 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.

¹ Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen - FGSV (Hrsg.): Merkblatt für versickerungsfähige Verkehrsflächen – M VV. Ausgabe 2013.

Die Ganglinien der Infiltration, werden als Regressionskurven der gemittelten Infiltrationswerte aus mindestens drei Messungen in [mm/min] und als aufnehmbare Regenspende 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 Regenspende $r_{(10)}$ und $r_{(15)}$ in [l/(s×ha)] ausgelegt.

Die Beurteilung erfolgt anhand der Bemessungskriterien des *Merckblattes für versickerungsfähige Verkehrsflächen – M VV*, des *Arbeitsblattes A 138*² sowie DIN 1986 Teil 100³.

Weiter werden die Ergebnisse der Infiltrationsmessungen nach dem PICP Infiltration Process Model⁴ eingeordnet.

Schließlich wird als Plausibilitätskontrolle auf der Untersuchungsfläche ein SWIFT-Test⁵ durchgeführt.

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 Regenspende $r_{(10)}$ gleichgesetzt und der Wert $i_{(60)}$ dem Durchlässigkeitsbeiwert k_f der Gesamtfläche zugeordnet.

Für die Untersuchungsfläche mit *Format 400 × 200 × 80* ist folgendes Ergebnis ermittelt worden:

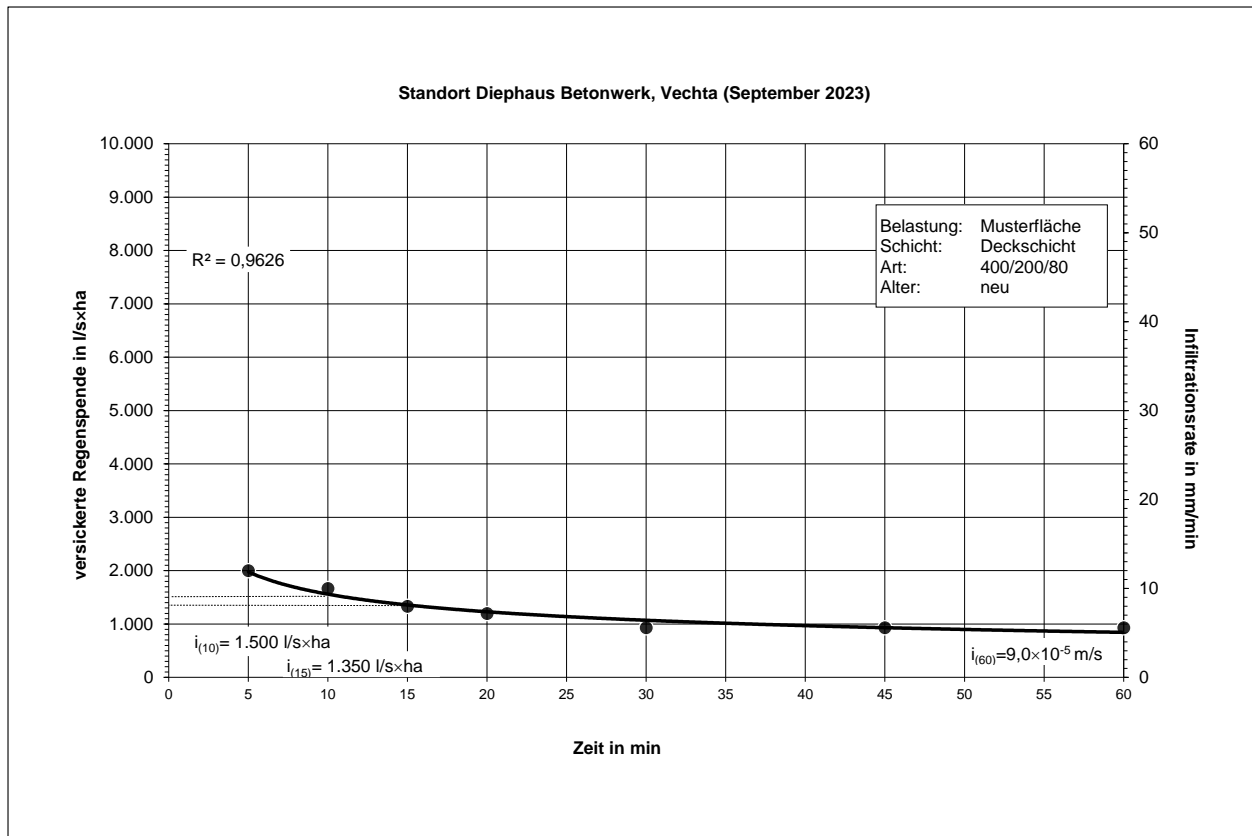
Bei der neu verlegten, mit Splitt 1/2 mm verfugten Musterfläche wird eine versickerbare Regenspende $r_{(10)}$ von 1.350 l/(s×ha) ermittelt (**Darstellung 1**). Die Wasserdurchlässigkeit entspricht nach einer Stunde Beregnung einem k_f -Wert von etwa $9,0 \times 10^{-5}$ m/s.

² Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. – DWA (Hrsg.): Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser – Arbeitsblatt A 138. Fassung August 2008.

³ Deutsches Institut für Normung e.V. – DIN (Hrsg.): DIN 1986 – Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke – Teil 100: Bestimmungen in Verbindung mit DIN EN 752 und DIN EN 12056. Fassung 2016-12.

⁴ BORGWARDT, S.: In-Situ Infiltration Performance of Permeable Concrete Block Pavement –New Results. 11th International Conference on Concrete Block Paving am 10.09.2015 in Dresden.

⁵ LUCKE, T., R. WHITE, P. NICHOLS und S. BORGWARDT: A Simple Field Test to Evaluate the Maintenance Requirements of Permeable Interlocking Concrete Pavements. Water (2015). Heft 7, S. 2542-2554.



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* und an das *Merkblatt für versickerungsfähige Verkehrsflächen – M VV* 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 zu erwarten, daß es zu einem Oberflächenabfluß kommt, der den Anforderungen der oben genannten Regelwerke – unter Berücksichtigung des geforderten Anschlusses an eine Entwässerungsanlage – entspricht. Gemessen an der oben genannten Bemessungsregenspende kann diesen Systemen ein Abflußbeiwert *C* – gemäß zum Beispiel DIN 1986 Teil 100, Tabelle 6 – von 0,5 zugesprochen werden (**Tabelle 1**).

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 dann die im *FGSV-Merkblatt für versickerungsfähige Verkehrsflächen – M VV* genannte Bemessungsregenspende von 270 l/(s×ha) voraussichtlich dauerhaft zu 50 % versickert werden.

| 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 Bemessungsregens- spende | Mindestens benötigte Durchlässigkeit k_r des Fu- genmaterials in m/s |
|-----|----------------|-----------------|------------------|------------------|---|---|--|--|
| 1 | 400 × 200 × 80 | Neu- zustand | 3,4 | Splitt 1/2 mm | 1.350 | 135 | 0,5 | 1,6×10 ⁻² |

Tabelle 1: Untersuchungsergebnisse, Abflußbeiwerte und mindestens benötigte Durchlässigkeit der Fugenverfüllung für *Format 400 × 200 × 80*.

Nach dem *PICP Infiltration Process Model* passen diese Ergebnisse sehr gut in die zu erwartende Bandbreite der üblichen Infiltrationsraten je % Öffnungsanteil im Neuzustand bei der Verfüllung mit dem dort genannten Splitt 1/3 mm.

6 Zusammenfassung

Die Feldversuche mit dem Infiltrationsgerät zur Ermittlung der Versickerungsleistung von Pflasterflächen ergeben für das Produkt *Format 400 × 200 × 80*, daß im neu verlegten Zustand bei der Verwendung von Splitt 1/2 mm für die Fugenverfüllung Regenspenden von 1.350 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 $C=0,5$ erreicht werden. Damit stellt *Format 400 × 200 × 80* eine Leistung zur Verfügung, die den Anforderungen des *FGSV-Merkblattes* entspricht.

Kattendorf, den 18.09.2023

Sönke Borgwardt

(Dr. Sönke Borgwardt)

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

Rundstempel