Technische Universität Braunschweig
Prof Dr.-Ing. Jochen Aberle
Leichtweiß-Institut für Wasserbau
Abteilung Wasserbau und Gewässermorphologie
Beethovenstr. 51 a, 38106 Braunschweig

Bericht Nr. 1125

Modellversuch
zur Ermittlung der Versickerungsleistung der Verlegeeinheit
Ökopflaster Cando
der Firma Gala-Lusit Betonsteinwerke GmbH

Braunschweig, April 2025

(Dr.-Ing. Katinka Koll)

Technische Universität Braunschweig
Prof Dr.-Ing. Jochen Aberle
Leichtweiß-Institut für Wasserbau
Abteilung Wasserbau und Gewässermorphologie
Beethovenstr. 51 a, 38106 Braunschweig

Bericht Nr. 1125

Modellversuch
zur Ermittlung der Versickerungsleistung der Verlegeeinheit
Ökopflaster Cando
der Firma Gala-Lusit Betonsteinwerke GmbH

Auftraggeber: Gala-Lusit Betonsteinwerke GmbH
Anderter Str. 99 C
30559 Hannover

Inhalt:

1. Vorbemerkung
2. Versuchseinrichtung
   2.1 Modell
   2.2 Materialien
3. Versuchsdurchführung
4. Versuchsergebnisse
5. Zusatzversuche nach FGSV-MVV 2013
6. Zusammenfassung
7. Normen und Richtlinien

1 Vorbemerkung

Das Leichtweiß-Institut für Wasserbau der Technischen Universität Braunschweig wurde von der Firma Gala-Lusit Betonsteinwerke GmbH in Hannover beauftragt, die Versickerungsleistung der Verlegeeinheit „Ökopflaster Cando“ anhand eines Modellversuchs zu ermitteln. Die Untersuchungen wurden im Leichtweiß-Institut an einem vorhandenen Versuchsstand mit den von der Firma Gala-Lusit Betonsteinwerke GmbH bereitgestellten Pflastersteinen durchgeführt.

2 Versuchseinrichtung

2.1 Modell

Für die Versuche wurde ein Versuchsstand verwendet, der am Leichtweiß-Institut für Wasserbau eigens für derartige Untersuchungen entwickelt wurde. Der Versuchsstand entspricht einer hydraulischen Wanne, die es ermöglicht, das oberflächlich ablaufende Wasser und das versickernde Wasser voneinander getrennt zu messen (siehe Abb. 1). Durch den Aufbau ist ein Rückstau in das Pflasterbett ausgeschlossen. Die Versickerungsrate wird im gesättigten Zustand (Sr = 1) gemessen.

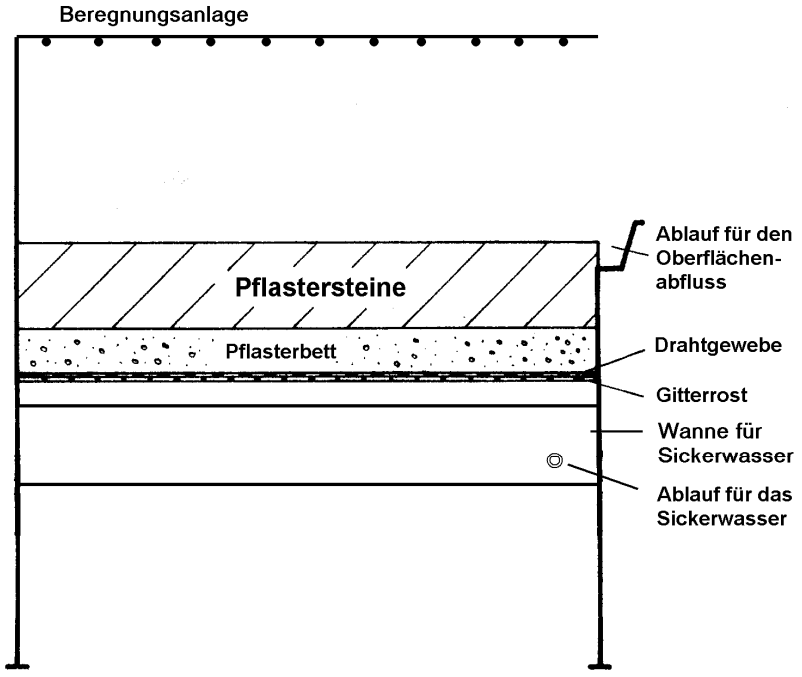

Abb. 1 Querschnitt Versuchsstand (Prinzipskizze)

Die Grundfläche des Versuchsstandes beträgt ca. 1,0 m x 1,0 m. Das Pflasterbett wird auf einem Zwischenboden aus Gitterrost aufgebaut. Ein feinmaschiges Drahtgewebe zwischen dem Pflasterbett und dem Gitterrost verhindert, dass feinkörniges Bettungs- bzw. Fugenmaterial ausgespült wird. Im Besonderen wird darauf geachtet, dass das Pflasterbett stark durchlässig ist, um einen Rückstau bis in die Bettung hinein zu vermeiden. Für die Tragschicht wird Kies mit der Körnung 11/22 mm verwendet.

Mit Hilfe einer druckgesteuerten Regneranlage werden unterschiedliche Regenspenden aufgebracht. Die gleichmäßige Verteilung des Wassers über die Versuchsfläche erfolgt über 11 Schlauchleitungen mit jeweils 40 Öffnungen (Abb. 2). Die Regenspende wird über eine digitale Wasseruhr gemessen, die im Zulaufschlauch angebracht ist.

Das Sickerwasser wird in einer unter der Versuchsfläche befindlichen Wanne aufgefangen. Zwischen dem Gitterrost und der Wanne befindet sich einseitig ein 5 cm hoher Spalt, über den das Wasser ggf. abfließen kann. Dadurch ist ein Rückstau in das Pflasterbett ausgeschlossen. An der Wanne ist ein regelbarer Auslauf angeschlossen, an dem die anfallende Sickerwassermenge durch Auslitern bestimmt wird.

Oberflächlich ablaufendes Wasser fließt in eine frontal angebrachte geneigte Rinne (Abb. 2). Am Ende der Rinne wird der Oberflächenabfluss durch Auslitern bestimmt.

Der Einbau des Pflasterbetts, das Verlegen der Pflastersteine und das Verfüllen der Fugen wurde in Anlehnung an DIN 18318: 2019-09 ausgeführt.

Abb. 2 Verlegeeinheit „Ökopflaster Cando“ im Modell bei einer Regenspende von 1.000 l/(s·ha)

2.2 Materialien

Das zu untersuchende Pflaster bestand aus der von der Firma Gala-Lusit Betonsteinwerke GmbH zur Verfügung gestellten Verlegeeinheit „Ökopflaster Cando“ (Abb. 3). Die Pflastersteine wurden mit horizontaler Oberfläche verlegt. Das System besteht aus Steinen unterschiedlicher Form, die zu 10 Vollsteinen (30 cm x 34,6 cm) und 4 Halbsteinen (15 cm x 34,6 cm) zusammengefügt sind. Die Steinstärke beträgt 80 mm. Die Betonpflastersteine sind wasserundurchlässig. Der Niederschlag versickert über die unterschiedlich breiten Fugen innerhalb der Elemente und an ihren Außenrändern.

Aufgrund der Elementform ergeben sich gerade Kanten bei einer Verlegelänge von 90 cm. Die Beregnungsfläche wurde deshalb durch den Einbau eines undurchlässigen Distanzstücks auf 100 cm x 90 cm verkleinert (Abb. 3).

Abb. 3 Verlegeeinheit "Ökopflaster Cando"

Das Pflasterbett wurde nach DIN 18318, September 2019 profilgerecht hergestellt. Die Tragschicht wurde mit einer Schichthöhe im verdichteten Zustand von ca. 3 cm aus Kies der Körnung 11/22 mm hergestellt. Als Bettungs- und Fugenmaterial wurde Splitt der Körnung 2/5 mm verwendet. Die Schichthöhe der Bettung betrug 5 cm.

3 Versuchsdurchführung

Vor Beginn einer Messung wird die Fläche so lange beregnet, bis die Summe aus Oberflächen- und Sickerwasser gleich der aufgebrachten Regenspende ist. Nur wenn der Zulauf gleich dem Ablauf ist, ist eine Messung gültig, d.h. der gesättigte Zustand des Systems ist Voraussetzung für einen gültigen Messwert. Damit liegen während der Ermittlung der Versickerungsleistung stationäre Randbedingungen vor.

Die für eine vorgegebene Regenspende ermittelte Versickerungsleistung setzt sich aus mindestens fünf Einzelwerten zusammen. Zwischen den Einzelmessungen liegen jeweils 10 min, wobei die Beregnung nicht unterbrochen wird, d.h. die Dauer eines eingestellten Regenereignisses beträgt mindestens 5 x 10 min = 50 min zzgl. Vorlaufzeit.

Die Versickerungsleistung wird für mehrere Niederschlagsmengen nacheinander durch stufenweises Erhöhen bzw. Abmindern des Zuflusses ermittelt, ohne dass der Versuch unterbrochen wird. Die Gesamtberegnungsdauer erhöht sich dementsprechend.

Die relevante Bandbreite der Niederschlagsmengen wird unter Berücksichtigung der Regenreihen nach DIN 1986-100, Dezember 2016 (Tab. 1), festgelegt.

Tab. 1 Regenspenden in Deutschland (Auszug aus DIN 1986-100: 2016-12, Anhang A)

Ort	$r_{5,2}$ l/(s·ha)	$r_{10,2}$ l/(s·ha)	$r_{15,2}$ l/(s·ha)	$r_{5,30}$ l/(s·ha)	$r_{15,30}$ l/(s·ha)	$r_{5,100}$ l/(s·ha)
Augsburg	250	187	153	550	293	684
Braunschweig	237	180	148	511	292	633
Erlangen	237	180	148	511	292	633
Heilbronn	221	174	146	406	260	489
Ingolstadt	235	179	146	437	260	527
München	268	209	174	527	330	642
Nürnberg	250	188	153	513	293	630
Regensburg	245	182	148	550	292	686
Rosenheim	337	248	199	641	369	775
Stuttgart	289	214	174	630	330	782
Würzburg	261	191	155	631	325	795

Der Höchstwert der in Tab.1 aufgeführten Werte beträgt $r_{5,100}$ = 795 l/(s·ha) (Würzburg), d.h. er wird hervorgerufen durch ein Niederschlagsereignis mit einer Dauer von 5 min und einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von 100 Jahren.

Für die Verlegeeinheit „Ökopflaster Cando“ wurden Regenspenden zwischen 1.000 und 3.000 l/(s·ha) aufgebracht, die über dem in DIN 1986-100: 2016-12 angegebenen maximalen Wert liegen.

4 Versuchsergebnisse

Die für die Versuchsdurchführung gewählten Regenspenden in Natur [l/(s·ha)] und im Modell [l/(min·m²)] sind in Tab. 2 zusammengestellt. Ebenfalls angegeben ist der prozentuale Anteil, der bei vollständig gesättigtem Fugen- und Bettungsmaterial oberflächig abfließt.

Die Untersuchungen zeigen, dass bis zu der höchsten Regenspende von 3.000 l/(s·ha) in gesättigtem Zustand der Niederschlag vollständig über die Fugen der Verlegeeinheit „Ökopflaster Cando“ im Untergrund versickert (Abb. 4). Dies entspricht einem Infiltrationsbeiwert $k_i = 3{,}0 \cdot 10^{-4}$ m/s.

Tab. 2 Untersuchte Regenspenden und resultierender Oberflächenabfluss

Regenspende	[l/(s·ha)]	1000	1500	2000	2250	2500	3000
Versuch	[l/(min·m²)]	6,0	9,0	12,0	13,5	15,0	18,0
Oberflächenabfluss	[%]	0	0	0	0	0	0

Abb. 4 Nahaufnahme bei der maximalen Regenspenden von 3.000 l/(s·ha)

5 Zusatzversuche nach FGSV-MVV 2013

Die erforderlichen Prüfungen von Verkehrsflächen sind von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen im Merkblatt für Versickerungsfähige Verkehrsflächen (FGSV-MVV, 2013) zusammengestellt. Für Pflasterdecken ist keine Laborprüfung zur Ermittlung des Infiltrationsbeiwerts $k_{i(10)}$ gefordert, aber eine Feldprüfung entsprechend TP Gestein-StB - Teil 8.3.2 (2012). In Anlehnung an das dort beschriebene Verfahren mit modifiziertem Standrohr-Infiltrometer wurden zusätzliche Versuche durchgeführt. Den Versuchsaufbau zeigt Abb. 5. Der Plexiglaszylinder ist über einen Moosgummiring und Silikon gegenüber dem Pflaster abgedichtet, so dass eingefülltes Wasser nur über die Fugen versickern kann. Der Durchmesser der Versickerungsfläche beträgt 0,24 m. Die Position wurde so gewählt, dass der Fugenanteil dem Fugenanteil der Gesamtfläche entspricht. Der Zylinder wurde über die 4 l Marke gefüllt und die Zeit gemessen, die der Wasserstand benötigt, um von der 4 l Marke auf die 2 l Marke abzusinken. Der Versuch wurde zügig hintereinander zehn Mal wiederholt. Der im ungesättigten Zustand ($S_r < 1$) ermittelte Infiltrationsbeiwert beträgt $k_{i(10)} = 1{,}5 \cdot 10^{-3}$ m/s und ist, wie erwartet, größer als der aus dem Beregnungsversuch ermittelte Infiltrationsbeiwert im gesättigten Zustand.

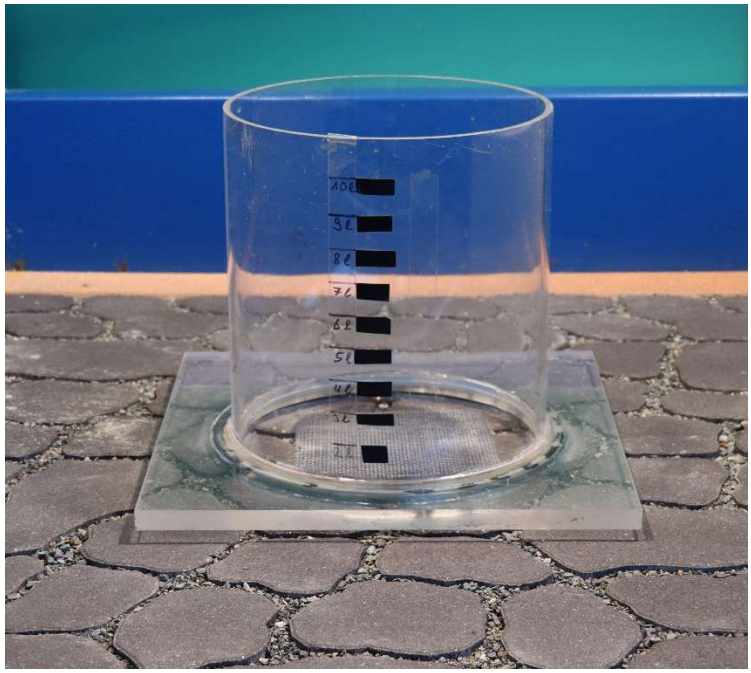

Abb. 5 Infiltrationsversuch in Anlehnung an TP Gestein-StB - Teil 8.3.2 (2012)

6 Zusammenfassung

Für die Verlegeeinheit „Ökopflaster Cando“ der Firma Gala-Lusit Betonsteinwerke GmbH wurde ein Modellversuch zur Ermittlung der Versickerungsfähigkeit bei gesättigten Fugen für verschiedene Regenspenden durchgeführt. Das Bettungs- und Fugenmaterial bestand aus Splitt der Körnung 2/5 mm.

Die Regenspenden wurden bis zu einem Maximalwert von 3.000 l/(s·ha) über eine Dauer von 60 min aufgebracht. Im gesättigten Zustand (Sr = 1) versickerte der Niederschlag vollständig bis zur maximalen Regenspende. Dies entspricht einem Infiltrationsbeiwert $k_i = 3{,}0 \cdot 10^{-4}$ m/s.

Der in Anlehnung an das Merkblatt FGSV-MVV (2013) durchgeführte Versuch zur Ermittlung des Infiltrationsbeiwerts im ungesättigten Zustand (Sr < 1) lieferte $k_{i(10)} = 1{,}5 \cdot 10^{-3}$ m/s.

7 Normen und Richtlinien

DIN 1986-100: 2016-12: Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke - Teil 100: Bestimmungen in Verbindung mit DIN EN 752 und DIN EN 12056

DIN 18318: 2019-09: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Pflasterdecken und Plattenbeläge, Einfassungen

FGSV-MVV, 2013: Merkblatt für versickerungsfähige Verkehrsflächen, FGSV, 2013

TP Gestein-StB - Teil 8.3.2, 2012: Technische Prüfvorschriften für Gesteinskörnungen im Straßenbau - Teil 8.3.2: Bestimmung des Infiltrationsbeiwertes mit dem modifizierten Standrohr-Infiltrometer - in-situ-Verfahren, FGSV, 2012