

LEICHTWEISS - INSTITUT FÜR WASSERBAU
TECHNISCHE UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG

- WASSERWIRTSCHAFT, WASSERBAU UND KULTURTECHNIK -
UNIVERSITÄTSPROFESSOR DR.-ING. U. DREWES

Bericht Nr. 675

(GB 89.1035)

Modellversuch
zur Ermittlung der Versickerung von Regenspenden
für das ESK00-Betonplastersystem *Verda*

Braunschweig, Juni 1989

LEICHTWEISS - INSTITUT FÜR WASSERBAU
DER TECHNISCHEN UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG

- Sachgebiet Grundbau -

Unser Zeichen:

3300 Braunschweig, den 13.06.1989

Beethovenstraße 51 a

Postfach 33 29

Tel. (05 31) 3 91-1

Bei Durchwahl 3 91- 3940

SF-Vollverbundstein
Kooperation GmbH
E S K O O
Bremerhavener Heerstraße 14

2820 Bremen 77

Bericht Nr. 675 (GB 89.1035)

Modellversuch zur Ermittlung der Versickerung von Regenspanden
für das ESK00-Betonpflastersystem *Verda*

- Inhalt:
1. Vorbemerkung
 2. Versuchseinrichtung
 - 2.1 Modell
 - 2.2 Materialien
 3. Versuchsdurchführung
 - 3.1 Allgemeines
 - 3.2 Versuchsserie A
 - 3.3 Versuchsserie B
 - 3.4 Versuchsserie C
 4. Versuchsergebnisse
 5. Zusammenfassung
 6. Anlagen

Ausfertigung: 1.

1. Vorbemerkung

Die Firma ESK00 Kooperation GmbH, Bremen, beauftragte das Leichtweiß-Institut für Wasserbau der Technischen Universität Braunschweig, einen Modellversuch für das neu entwickelte ESK00-Betonpflastersystem ^{Verda} durchzuführen. Ziel der Untersuchungen war, die Möglichkeit der Versickerung von Regenspenden auf Pflasterflächen zu prüfen. Es galt, den Zusammenhang

$$q_N = q_A + q_V$$

q_N = Niederschlag

q_A = Oberflächenabfluß

q_V = Versickerung

im Modell darzustellen.

2. Versuchseinrichtung

2.1 Modell

Zur Durchführung der Versuche wurde eine hydraulische Wanne mit den Abmessungen 1.07 x 1.07 m hergestellt. Um einen ungehinderten Wasserablauf zu ermöglichen, erhielt der Wannenboden ein Quergefälle von $I = 2.5 \%$. Ein Zwischenboden aus Gitterrost diente der Pflasterung als eigentlicher Unterbau. Auf den Gitterrost wurde ein feinmaschiges Drahtgewebe aufgebracht, um zu verhindern, daß feinkörniges Pflasterbett- bzw. Fugenmaterial ausgespült werden konnte.

Die Herstellung des Pflasterbettes sowie das Verlegen des Pflasters erfolgte nach DIN 18318 "Straßenbauarbeiten; Pflasterdecken und Pflasterbelege", September 1988 (siehe 2.2). Um den bei extremen Regenspenden möglichen Oberflächenabfluß messen zu können, wurde eine Seite der Wanne auf Pflasterniveau abgesenkt (vgl. Abb. 1).

Schnitt durch die Wanne

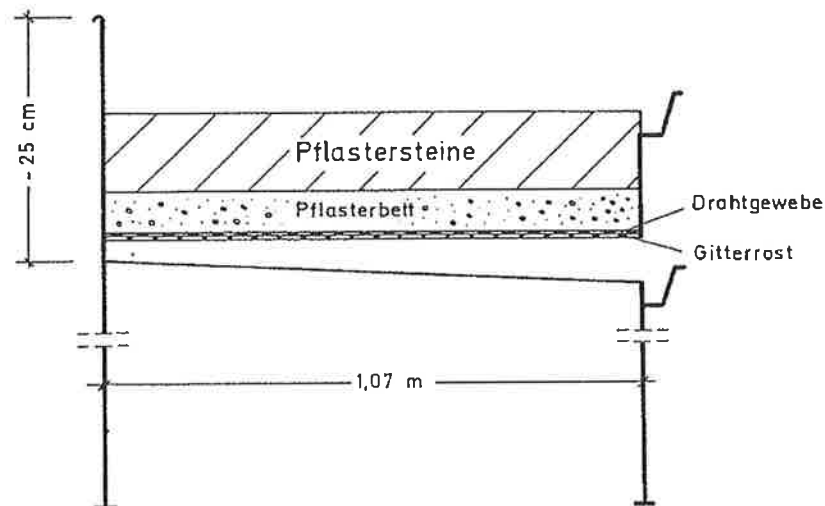


Abb. 1: Hydraulische Wanne

Die Beregnung der Pflasterfläche erfolgte über eine druckgesteuerte Regneranlage, damit eine kontinuierliche Beregnung geschaffen werden konnte. Die Verteilung des Wassers über die Versuchsfläche wurde mit 11 Schlauchleitungen mit jeweils 40 Öffnungen durchgeführt.

2.2 Materialien

Die Pflastersteine für das ESK00-Betonpflastersystem *Verda* haben folgende Abmessungen (vgl. Abb. 2).

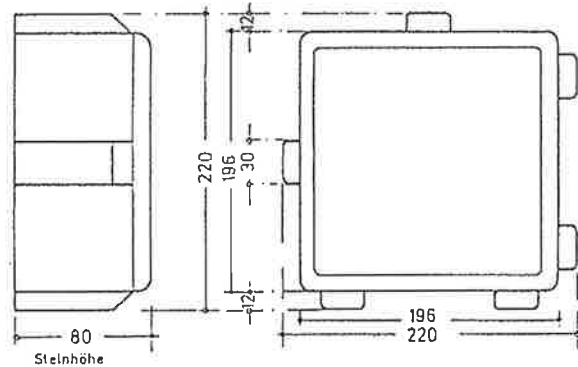


Abb. 2: Betonpflastersystem *Verda*

Bedingt durch die Abmessungen der Steine ergeben sich zu den Fugenflächen zusätzliche Sickeröffnungen, die eine erhöhte Versickerung von Regenspender ermöglichen. Dabei errechnet sich die Sickerfläche in den Fugen zu 8.5 % der Gesamtfläche. Bedingt durch die Betonnasen, die den Abstand in den Fugen gewährleisten, ergibt sich im Modellversuch ein Randeinfluß, der den Sickerflächenanteil geringfügig erhöht.

Vor dem Verlegen der Betonpflastersteine wurde das Pflasterbett profilgerecht hergestellt. Die Dicke des Pflasterbettes wurde nach DIN 18318 im verdichteten Zustand zu 5.0 cm gewählt. Da das ESK00-Betonpflastersystem *Verda* bundesweit zum Einsatz kommt, ist es notwendig, unterschiedliche Bettungsmaterialien

- gebrochenes Splittkorn
- Rundkorn

für die Versuche einzubauen. Zusätzlich wurde dahingehend variiert, daß für die Bettung das Splittmaterial und für die Fugen das Rundkornmaterial gewählt wurde. Die Kornverteilungen zeigen, daß der Korngrößenbereich 2/5 mm lt. DIN 18318 eingehalten worden ist.

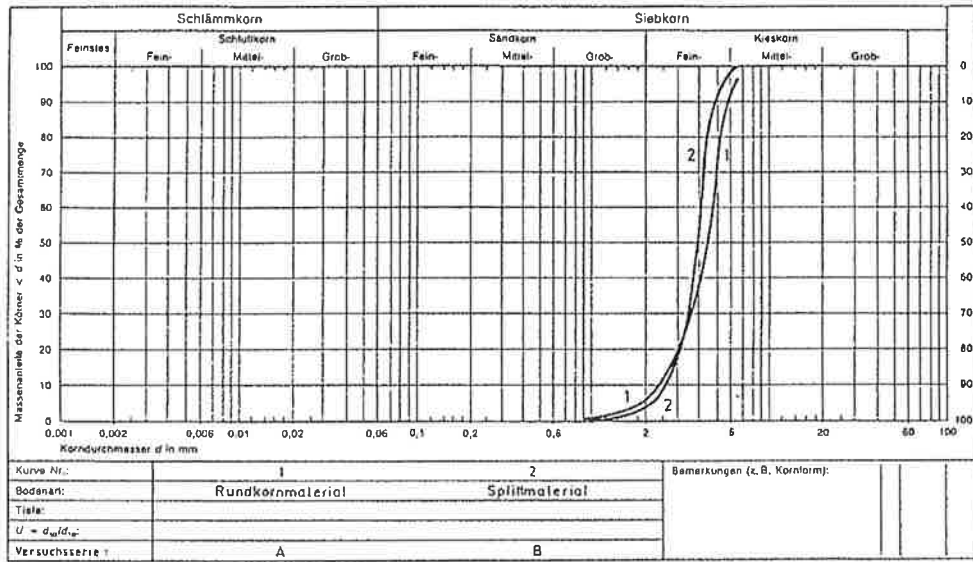


Abb. 3: Körnungslinien

Zum Verfüllen der Fugen- bzw. Sickeröffnungen wurde das gleiche Material verwendet. Von den eingebauten Materialien wurden die Durchlässigkeitswerte k (m/s) sowie die Lagerungsdichten (t/m^3) bestimmt. Hierbei ergaben sich folgende Ergebnisse:

	Splittkorn	Rundkorn
k-Wert (m/s)	$2.7 \cdot 10^{-2}$	$2.4 \cdot 10^{-2}$
lockerste Lagerung (t/m^3)	1.470	1.531
dichteste Lagerung (t/m^3)	1.647	1.779
Lagerung im Versuch (t/m^3)	1.610	1.725

3. Versuchsdurchführung

3.1 Allgemeines

Um die Versickerung von Regenspenden auf Pflasterflächen überprüfen zu können, wurde eine Pflasterfläche auf durchlässigem Bettungsmaterial im Modell aufgebaut. Im Modellversuch wurde durch den freien Abfluß nach unten ein entsprechend durchlässiger Untergrund simuliert, da ausschließlich das Durchlässigkeitsverhalten des Systems "Pflaster-Fugen-Bettung" festgestellt werden sollte. Bei Untergrundmaterialien mit geringeren Durchlässigkeiten würde sich sodann ein Aufstau in der Bettung, gegebenenfalls bei entsprechenden Dränsystemen auch Abfluß, ergeben, da der Versickerungsanteil im Untergrund kleiner als der Versickerungsanteil in dem System "Pflaster-Fugen-Bettung" wäre.

Die Versuche unterteilten sich in folgende Serien:

Versuchsserie A - Pflasterbett und Fugen aus Rundkornmaterial
(Flußkies)

Versuchsserie B - Pflasterbett und Fugen aus Splittmaterial

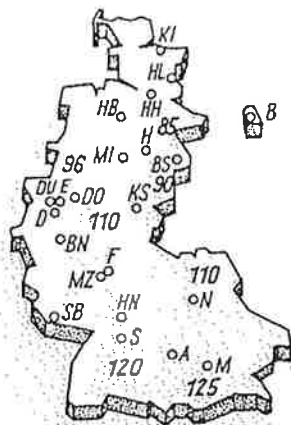
Versuchsserie C - Pflasterbett aus Splittmaterial, Fugen aus
Rundkornmaterial

Die aufgebrachten Regenspenden in l/s·ha wurden so gewählt, daß sie den Regenspenden nach Reinhold sowie nach DIN 1986 entsprechen (vgl. Tabelle 1).

	T in min	5	10	15	30	60	90	150
Nordwestdeutschland	r in l/(s · ha)	154	110	85	53	32	23	15
Nordost- bis Mitteldeutschland		162	121	94,5	59	34	24	15,5
Westdeutschland		162	124	96	57	32	23	15
Sachsen, Schlesien		174	132,5	106	67	39,5	28,5	18,5
Südwestdeutschland		212	150	119	74	43	27,5	—

Tabelle 1: Regenreihen nach Reinhold für n = 1

Die folgende Karte gibt eine Übersicht über bundesweite Regenspenden. Sie bezieht sich auf einen Regen von 15 Minuten Dauer, der einmal im Jahr auftritt ($r_{15(1)}$).



Ort	$r_{15(1)}$ l/(s · ha)	Ort	$r_{15(1)}$ l/(s · ha)
A Augsburg	120	H Hannover	95
B Berlin	94	HN Heilbronn	104
BN Bonn	115	KS Kassel	109
BS Braunschweig	91	KI Kiel	76
HB Bremen	78	HL Lübeck	90
D Düsseldorf	102	MZ Mainz	105
DO Dortmund	84	MI Minden	84
DU Duisburg	104	M München	117
E Essen	89	N Nürnberg	90
F Frankfurt	115	SB Saarlücken	88
HH Hamburg	87	S Stuttgart	133

Abb. 4: Regenspendenkarte (nach Schneider-Bautabellen)

In unserem Modellversuch wurden folgende Regenspendsen vorgegeben:

- 60 l/s·ha $\hat{=}$ 0.41 l/min Versuchsfläche (1.14 m²)
- 90 l/s·ha $\hat{=}$ 0.62 l/min
- 120 l/s·ha $\hat{=}$ 0.82 l/min
- 250 l/s·ha $\hat{=}$ 1.72 l/min
- 500 l/s·ha $\hat{=}$ 3.43 l/min
- 750 l/s·ha $\hat{=}$ 5.15 l/min
- 1000 l/s·ha $\hat{=}$ 6.87 l/min
- 1500 l/s·ha $\hat{=}$ 10.30 l/min

3.2 Versuchsserie A

Bei Versuchsserie A wurden das Pflasterbett und die Fugen aus Rundkornmaterial (vgl. Abb. 3) hergestellt. Die Pflasterbettdicke im verdichteten Zustand betrug 5 cm. Das Pflaster wurde mit unterschiedlichem Quergefälle von

- I = 0 % und
- I = 2.5 %

eingebaut. Danach wurden die Regenspendsen aufgebracht. Es zeigte sich weder bei I = 0 % noch bei I = 2.5 % ein Oberflächenabfluß. Um eine auftretende Oberflächenverunreinigung im Langzeitversuch darzustellen, wurden verschiedenartige "Verunreinigungen" aufgebracht. Es wurden jeweils 300 g Material auf der Versuchsfläche verteilt.

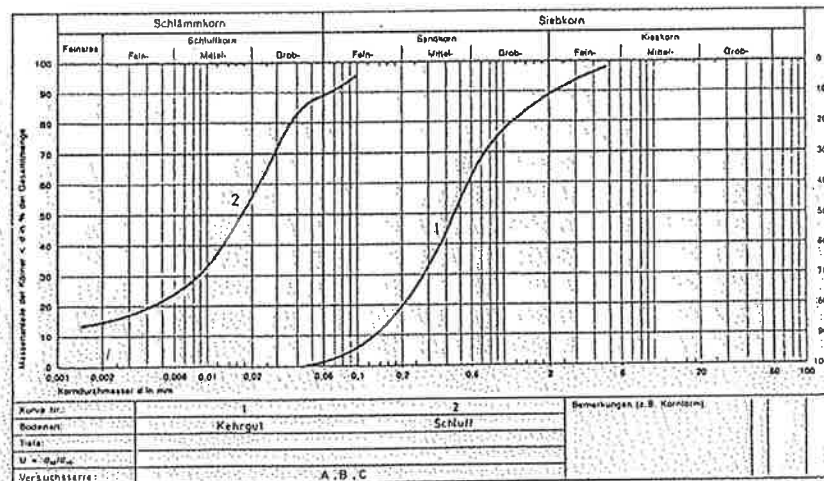


Abb. 5: Körnungslinien

Deutlich ist der Unterschied beider Materialien zu erkennen. Bei Kurve 1 handelt es sich um "normales" Kehrgut der Umgebung Braunschweigs. Bei Kurve 2 wurde ein Schluff aufgebracht, um den Feinanteil höher zu halten, um eine mögliche Ablagerung in den Poren erreichen zu können. Diese wurde jedoch weder bei dem Kehrgut noch bei dem Schluff festgestellt, vielmehr konnte das Feinmaterial kolmatieren. Mit Kolmation wird der Vorgang des Feinmaterialtransports in einem Grobkorngerüst ohne Ablagerung bezeichnet. Somit entstand auch in diesen Versuchsreihen kein Oberflächenabfluß.

3.3 Versuchsserie B

Bei Versuchsserie B wurden das Pflasterbett und auch die Fugen aus Splittkorn (vgl. Abb. 3) hergestellt. Der Versuchsablauf wurde genau wie bei Versuchsserie A durchgeführt. Es wurden einmal die Gefälle variiert und zum anderen Kehrgut und Schluff als Verschmutzung aufgebracht. Bei allen Versuchen wurde Oberflächenabfluß nicht gemessen.

3.4 Versuchsserie C

Als dritte Variante wurde Versuchsserie C durchgeführt. Hier wurde das Pflasterbett aus Splittmaterial und die Fugen aus Rundkornmaterial hergestellt. Die anderen Versuchsbedingungen sowie der Versuchsablauf waren wie bei Versuchsserie A. Genau wie bei Versuchsserie A und B konnte auch hier kein Oberflächenabfluß gemessen werden.

4. Versuchsergebnisse

Der Versuchsablauf war in allen drei Versuchsserien gleich:

1. Herstellen des Pflasterbettes
2. Pflasterung aufbringen mit $I = 0 \%$ und $I = 2.5 \%$
3. Fugen verfüllen
4. Aufbringen der Regenspenden
5. Messen der Versickerung
6. Aufbringen der "Verunreinigungen"
7. Messen der Versickerung
8. Auswertung.

Bei allen Serien ergab sich kein Oberflächenabfluß, obwohl extrem hohe Regenspenden, die weit über den in der Natur gemessenen liegen, aufgebracht wurden. Die gesamte Regenspende konnte durch die bestehenden Sickeröffnungen und Fugenflächen abfließen.

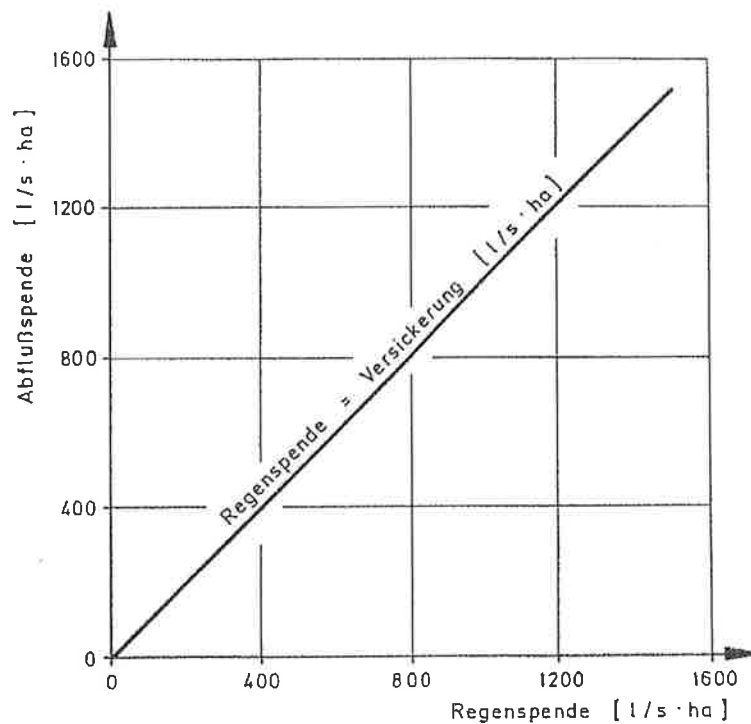


Abb. 6: Zusammenhang Regenspende/Versickerung

Hier muß berücksichtigt werden, daß der Untergrund im Modellversuch durchlässig war.

Nach RSTO 86, Ausgabe 1986, ergeben sich für Pflasterdecken verschiedenartige Unterbaumöglichkeiten, die aber alle eine ungehinderte Versickerung oder einen Abfluß ermöglichen sollen, so daß die Versuchsbedingungen den Bedingungen in der Natur entsprechen.

5. Zusammenfassung

Für das neu entwickelte ESK00-Betonpflastersystem *Vesda* wurden Modellversuche zur Ermittlung der Versickerung auf Pflasterflächen durchgeführt. Die Besonderheit der neuen Steine sind Betonnasen, die eine Zwangssickeröffnung schaffen, durch die die Regenspenden zusätzlich versickern können.

Die Sickerfläche beträgt 8.5 % der Gesamtfläche. Da das Pflaster bundesweit zum Einsatz kommt, wurden verschiedenartige Materialien für das Pflasterbett bzw. für die Fugen eingebaut. Die Regenspenden wurden mit unterschiedlichen Intensitäten aufgebracht. Bis zu 1500 l/s · ha, einer Spende, die weit über den in der Natur gemessenen liegt, konnte jedoch kein Oberflächenabfluß gemessen werden. Um eventuell auftretende Oberflächenverunreinigungen zu simulieren, wurden feinkörnige Materialien auf die Pflasterfläche gestreut. Auch bei extremer Zugabe von Schluff konnte kein Oberflächenabfluß festgestellt werden.

Für das Institut



(Prof. Dr.-Ing. U. Drewes)

Sachbearbeiter



(Dipl.-Ing. S. Rodowski)