

## „Prüfung wasserdurchlässiger Flächenbeläge nach mehrjähriger Betriebsdauer“

### Kurzfassung



Ministerium für Umwelt und Naturschutz,  
Landwirtschaft und Verbraucherschutz des  
Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV)

## 1 Veranlassung, Zielstellung und Vorgehensweise

Zur Verbesserung der ökologischen Situation ist die möglichst weitgehende Versickerung des in Siedlungsgebieten anfallenden Niederschlagswassers Ziel der NRW-Landespolitik. Seit 1997 wurde daher vom Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV NRW) im Rahmen der „Initiative ökologische und nachhaltige Wasserwirtschaft NRW“ eine Vielzahl von Einzelmaßnahmen zur Entsiegelung bisher versiegelter Flächen finanziell gefördert. Diese Fördergelder können Privatpersonen, sonstige juristische Personen privaten Rechts, Gemeinden, Gemeindeverbände, Zweckverbände und sonstige juristische Personen des öffentlichen Rechts beantragen, soweit sie als Nutzungsberechtigte für das jeweilige Grundstück gelten. Die Zuwendungshöhe beläuft sich auf 15 €/m<sup>2</sup> entsiegelter Fläche (vgl. [1]).

Seitdem in Nordrhein-Westfalen Flächenentsiegelungen durch den Einbau von wasserdurchlässigen Flächenbelägen vom Land unterstützt werden, sind Fördermittel in Höhe von ca. 42 Mio. Euro an die Bürger ausgezahlt worden.

Die Zweckbindungsfrist für die Zuschüsse beträgt zehn Jahre. Eine Überprüfung der Leistungsfähigkeit des wasserdurchlässigen Belages ist während dieser

Frist auf Aufforderung des Landes daher grundsätzlich möglich. Unklar war bisher, ob eine beim Neubau ausreichende Sickerleistung auch nach mehrjährigem Bestehen des Belages noch vorhanden ist.

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wurde überprüft, ob und inwieweit bestehende wasserdurchlässige Flächenbeläge nach mehrjähriger Nutzungsdauer ihre Funktion erfüllen. Dazu wurden bestehende Beläge, die durch das Land NRW gefördert wurden, ausgewählt und vor Ort auf ihren Aufbau und ihre tatsächliche Versickerungsfähigkeit untersucht. Ziel dabei war es, den Zustand der Beläge zu erfassen und daraus die Eignung unterschiedlicher Belagsarten für die Regenwasserversickerung unter verschiedenen Randbedingungen abzuleiten. Insbesondere wurden dabei die Fragestellungen, inwieweit ein sachgerechter Einbau der Beläge durch eine Fachfirma oder eine Privatperson garantiert werden kann, wie sich die Alterung eines Belages auf die Versickerungsleistung auswirkt und ob eine Reinigung der Beläge während der Betriebsdauer erforderlich ist, betrachtet.

### Vorgehensweise

Das Forschungsprojekt wurde in Zusammenarbeit mit der Fachhochschule Bochum und dem IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur in Gelsenkir-

chen bearbeitet. Die Abwicklung erfolgte in 3 Projektphasen.

### Projektphase 1

In der ersten Projektphase wurden vorhandene Akten über geförderte Entsiegelungsmaßnahmen gesichtet, ausgewertet und analysiert. Da ca. 2/3 aller vom Land geförderten Entsiegelungsmaßnahmen im Bereich der Bezirksregierung Arnsberg liegen (Fördersumme 12,4 Mio. € von insgesamt 19,9 Mio. €), wurde das Projekt auf diesen Einzugsbereich (Abb. 1) begrenzt.

In der Projektphase 1 wurden sämtliche „Sammelanträge“ der Jahre 1997 bis 1999 der Bezirksregierung Arnsberg ausgewertet. Sammelanträge enthalten zahlreiche von den Förderungsempfängern gestellte „Einzelanträge“ einer Kommune. Um Flächen nach mehrjähriger Nutzungsdauer untersuchen zu können, wurden lediglich die ersten drei Jahre des Förderprogramms berücksichtigt. Alter, Art, Größe, Einbau und Nutzung der Flächen wurden aufgenommen. Diese Datenerhebung diente als Basis zur Auswahl von Prüfflächen für Projektphase 2.

### Projektphase 2

Innerhalb der Projektphase 2 wurden zunächst Vor-Ort-Inaugenscheinnahmen bestehender Entsiegelungsmaßnahmen durchgeführt. Anschließend wurden ausgewählte entsiegelte Flächen mit Hilfe eines Tropfinfiltrimeters hinsichtlich ihrer Versickerungsleistung geprüft.

Bei der Auswahl der Flächen wurden Randbedingungen, wie Alter und Lage der Flächen, ihre Nutzungsart und mögliche Reinigungen und Wartungen berücksichtigt.

Im Rahmen der In-situ-Versickerungsversuche wurden der Aufbau und die Beschaffenheit der gesamten Fläche aufgenommen. Insbesondere wurden dabei Art, Lage, Größe, Gefälle, Vegetation, Alter, Einbau, augenscheinliche Verschmutzungen, Nutzungsart sowie Zu- und Abläufe bestimmt. Außerdem wurden die Wetterverhältnisse der Tage an und vor den Versuchen notiert.

Anschließend wurden abhängig von den Randbedingungen die Anzahl und die Stellen der Prüfungen zur Versickerungsleistung der Beläge bestimmt.

### Projektphase 3

In der Projektphase 3 wurden ergänzende Laborversuche mit der Berechnungsanlage für wasserdurchlässige Flächenbeläge des IKT und dem Tropfinfiltrimeter durchgeführt. Dabei wurden gezielt Fragestellungen aufgegriffen, die sich im Rahmen der In-situ-Prüfungen der Projektphase 2 ergeben hatten, und Laborversuche mit entsprechenden Randbedingungen simuliert. So wurde beispielsweise in einen neuwertigen haufwerksporigen Betonstein Sand eingefügt, um die Auswirkung von aufgetretenen Einbaufehlern auf die Versickerungsleistung des Belags im Labor zu



Abb.1: Gebiet der Bezirksregierung Arnsberg

testen. Darüber hinaus wurden auch Teilflächen aus bestehenden Belägen, die vor Ort nur sehr geringe Versickerungsleistungen aufwiesen, ausgebaut und Reinigungsversuchen unterzogen.

## 2 Auswahl und Prüfung der wasserdurchlässigen Beläge

### 2.1 Wasserdurchlässige Pflastersysteme

Da es eine Vielzahl von Pflastersystemen gibt, die eine Versickerung von Niederschlagswasser zulassen, sollen die Unterschiede im Folgenden kurz dargestellt werden. Dabei lassen sich die Beläge in drei Gruppen einteilen:

#### **Haufwerksporige Steine**

Haufwerksporige Steine aus Beton, die z.T. auch als Filtersteine, Porensteine, Sickersteine

oder wasserdurchlässige Steine bezeichnet werden, ermöglichen die Regenwasserversickerung durch ein hohlraumreiches Gefüge des Steins selbst. Aufgrund spezieller Betonzusammensetzung und Verdichtung kann das Porenvolumen gezielt eingestellt werden. Diese Pflastersteine können sowohl einschichtig als auch zweischichtig mit Kern- und Vorsatzbeton hergestellt werden [2].



Abb. 2: Einschichtiger Filterstein



Abb. 3: Zweischichtiger Filterstein

### Sickerfugensteine

Bei Pflastersystemen mit aufgeweiteten Fugen (Sickerfugen) erfolgt die Versickerung ausschließlich über die Fugen. Sickerfugensteine werden oft über angeformte Abstandhalter hergestellt, sie sind allerdings auch mit separaten Abstandhaltern erhältlich. Weiterhin werden die notwendigen „Fugenräume“ durch Sickeröffnungen (Einbuchtungen am Stein) realisiert. Als wasserdurchlässiges Fugenfüllmaterial werden i.d.R. Splitt oder grober Brechsand verwendet [2].

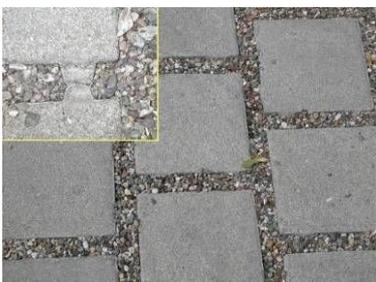


Abb. 4: Sickerfugenstein mit Abstandhaltern

### Rasengittersteine

Bei Rasengittersteinen erfolgt die Versickerung durch die meist quadratischen Öffnungen im Steinsystem. Als Füllmaterial wird neben der Rasensaat auch grober Brechsand oder Splitt verwendet [2].



Abb. 5: Rasengittersteine mit Splittfüllung

Im Rahmen des Vorhabens wurden sowohl bestehende Flächen aus haufwerksporigen Steinen als auch aus Sickerfugen- und Rasengittersteinen mittels eines Tropfinfiltrometers auf ihre Wasserdurchlässigkeit geprüft.

Die Anforderungen an die Versickerungsleistung der wasserdurchlässigen Beläge sind im „Merkblatt für wasserdurchlässige Befestigungen von Verkehrsflächen“ [3] festgelegt. Bei Infiltrationsmessungen sollte die Versickerungsleistung der Beläge mindestens der Bemessungsregenspende  $r_{10(0,2)}$  von 270 l/(s•ha) entsprechen. Liegt die örtlich maßgebende Regenspen-

de für den Versuchsstandort  $r_{10(0,2)}$  (Ermittlung z.B. nach KOSTRA) über der Bemessungsregenspende von 270 l/(s•ha), wird empfohlen, den entsprechend höheren Wert anzusetzen.

## 2.2 Auswahl der zu prüfenden Beläge

Im ersten Schritt wurden Informationen aus 382 bei der Bezirksregierung Arnsberg vorliegenden Anträgen zur Förderung einer Entsiegelungsmaßnahme in eine Datenbank aufgenommen. Auf dieser Basis wurden im zweiten Schritt 90 repräsentative Maßnahmen für eine Ortsbegehung ausgewählt. Anschließend wurden 24 Objekte für Infiltrationsmessungen mit dem Tropfinfiltrometer ausgewählt, sodass verschiedene Randbedingungen bezüglich augenscheinlicher Verschmutzungen, angrenzender Vegetationen im Bereich der Beläge, Nutzungsart und Reinigungen während des Nutzungs-

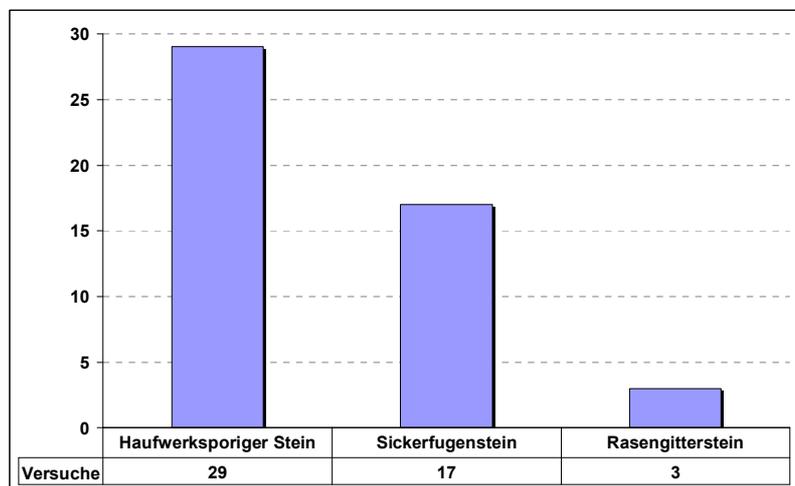


Abb. 6: Anzahl der durchgeführten Versuche der verschiedenen Flächenbeläge

Tabelle 1: Verwendete Kürzel für die unterschiedlichen Steinsysteme

Kürzel	Steinsystem
<b>H</b>	haufwerksporige Betonsteine
H g	einschichtiger Aufbau bzw. zweischichtiger Aufbau mit grober Vorsatzschicht
H f	zweischichtiger Aufbau mit feiner Vorsatzschicht
<b>S</b>	Sickerfugensteine
<b>R</b>	Rasengittersteine

zeitraumes vorlagen. Darüber hinaus waren die Steinsysteme (Rasengitter-, Sickerfugen- und haufwerksporige Steine) als Auswahlkriterium von Bedeutung. An den 24 Objekten wurden insgesamt 49 Versickerungsversuche durchgeführt, wobei entsprechend Abb. 6 drei Versuche an Rasengittersteinen, 17 Versuche an Sicker-

fugensteinen sowie 29 Versuche an haufwerksporigen Steinen ausgeführt wurden.

Tab. 2 gibt eine Übersicht bezüglich Alter, Nutzungsart, Ort und Steinsystem der geprüften Flächen. Zur Angabe der Steinsysteme wurden Kürzel entsprechend Tab. 1 verwendet. Für jedes Steinprodukt (best. Steinmodell eines best. Herstel-

lers) wurden die Kürzel durch eine Ziffer ergänzt, sodass der Tabelle entnommen werden kann, wie viele unterschiedliche Steinprodukte untersucht wurden.

### 2.3 In-situ-Untersuchungen

Zur Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit der Beläge vor Ort wurde ein Tropfinfiltrometer verwendet.

#### Funktionsweise des Tropfinfiltrometers

Mit Hilfe eines Stahlringes ( $d = 54 \text{ cm}$ ), der umlaufend mit Schnellzement auf der zu prüfenden Belagsfläche abgedichtet wird, ist eine definierte Testfläche von ca.  $0,25 \text{ m}^2$  abgegrenzt. Die Testfläche wird über eine Beregnungseinheit (Plexiglaskasten  $75 \text{ cm} \times 75 \text{ cm}$ ) mit 625 Injektionsnadeln an der Unterseite, die über eine Tauchpumpe mit Wasser befüllt wird, beregnet. Um eine laterale Bewegung des im Ring versickernden Wassers zu vermeiden, wird auch der an die Testfläche grenzende Bereich des Belages bewässert. Mit Hilfe eines kapazitiven Sensors und einer speziellen Software wird die Beregnung der Prüffläche durch An- und Ausschalten der Pumpe so reguliert, dass ein möglichst konstanter Wasserfilm von einigen Millimetern Höhe auf die Prüffläche aufgebracht wird. Der Zufluss zur Beregnungseinheit wird bei dem im Rahmen der Untersuchungen verwendeten Tropfinfiltrometer mit

Tabelle 2: Übersicht der 49 Prüfflächen

Steinsystem	Objekt-Nr.	Ort	Alter [a]	Größe [m <sup>2</sup> ]	Nutzung	Anzahl der Prüfflächen
H f 1	3	Dortmund	4,5	150	Garagenhof, Stellplätze	1
H f 1	19	Sundern	5	281	Stellplätze	2 + 2 *
H f 1	13	Olpe	6	95	Garagenzufahrt, Stellplätze	1
H f 1	16	Kamen	7	95	Einfahrt, Eingangsbereich	1
H f 2	12	Arnsberg	6	740	Zufahrt, Stellplätze	2
H f 3	17	Herne	4,5	553	Garagenhof	2
H f 4	21	Erwitte	5	472	Hofffläche	3 + 2 *
H f 4	24	Erwitte	6	287	Hofffläche, Stellplätze	2
H f 5	23	Anröchte	5	121	Stellplätze, Terrasse	2
H g 1	6	Bochum	5	200	Schulhof	2
H g 2	7	Dortmund	6	202	Hofffläche	2
H g 3	10	Bergkamen	6	224	Stellplätze	2
H g 4	15	Bergkamen	5	150	Garageneinfahrt, Terrasse	2
H g 5	5	Bergkamen	6	1.900	Hofffläche, Stellplätze	2
R	2	Dortmund	6	185	Einfahrt, Hof	2
R	5	Bergkamen	6	1.900	Stellplätze	1
R	12	Arnsberg	6	740	Stellplätze	1
S 1	4	Dortmund	5	300	Garagenhof, Stellplätze	1
S 1	8	Bergkamen	5	96	Einfahrt, Hof	1
S 1	9	Dortmund	5	100	Garagenzufahrt, Stellplätze	1
S 1	22	Erwitte	5	175	Hofffläche, Stellplätze	3
S 1	18	Lingen	10	~ 30	Stellplätze	2
S 2	1	Bochum	6	410	Garagenhof, Stellplätze	2
S 3	14	Olpe	6	427	Stellplätze	1
S 4	20	Ense	4	380	Hofffläche, Stellplätze	2
S 5	11	Bochum	6	333	Garagenhof, Stellplätze	2

\* = Prüfung der Versickerungsleistung vor / nach Reinigung

Hilfe eines vor den Zulauf des Plexiglastastens geschalteten Durchflussmessgerätes bestimmt. Mit dem zuvor beschriebenen Aufbau des Tropfinfiltrometers können Regenintensitäten bis ca. 800 l/(s•ha) simuliert werden. Da auf dem heutigen Markt wasserdurchlässige Beläge mit weitaus höheren Versickerungsleistungen angeboten werden, wurde das hier verwendete Tropfinfiltrometer mit einer zusätzlichen Pumpe und einem weiteren Durchflussmessgerät ausgestattet. Über einen mittig an der Unterseite des Plexiglastastens positionierten Zulauf wird das Wasser mittels eines Schlauches direkt auf die Prüffläche gegeben. Durch den gleichzeitigen Betrieb beider Pumpen kann eine Regenintensität bis maximal 3.300 l/(s•ha) erzeugt werden. Ein Überstau der Prüffläche sowie ein vertikaler Wasserdruck werden bei der Tropfinfiltrometer-Methode möglichst gering gehalten und damit weitestgehend realistische Niederschlagsbedingungen sichergestellt. Die Infiltrationsrate in l/(s•ha) ergibt sich aus der Menge des Zuflusses zur Testfläche unter Berücksichtigung der Versuchszeit und der Größe der Fläche. Die minutige Erfassung der aufaddierten Wasserzugabe zur Testfläche, die Steuerung der Pumpen sowie die zeitgleiche Berechnung der mittleren Infiltrationsraten in l/(s•ha) werden über eine spezielle Software gesteuert.

In einer Grafik kann der zeitliche Verlauf der mittleren Infiltrationsraten des geprüften Belages in l/(s•ha) in Abhängigkeit der Versuchszeit als Kurve dargestellt werden. Die Infiltrationsrate  $i_{(10)}$  nach 10 Minuten Versuchszeit kann als potentiell aufnehmbare Regenspende  $r_{(10)}$  in l/(s•ha) ausgelegt werden (s. Abb. 7). Die Infiltrationsrate nach 60-minütiger Berechnung  $i_{(60)}$  bzw. ein konstanter Wert entspricht der Wasseraufnahmefähigkeit im wassergesättigten Zustand und kann daher als Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f$  in m/s interpretiert werden [3].

Vorteile des beschriebenen Verfahrens liegen zum einen darin, dass die Testfläche nicht durch konstruktive Maßnahmen verändert wird. Zum anderen kann durch die Berechnung mittels Injektionsnadeln ohne signifikanten Überstau der Testfläche ein weitestgehend natürliches Regenereignis simuliert werden.

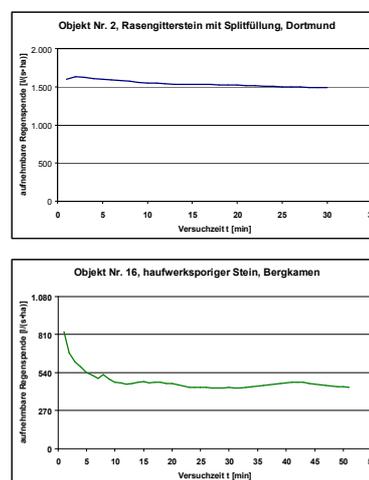


Abb. 7: Beispiele zu Ergebnissen der Versickerungsversuche

- ① Zwei Tauchpumpen im Wasservorratsbehälter
- ② Gedückerter Durchflussmesser (Flügelradmesser, Messgenauigkeit  $\pm 3\%$ )
- ③ Plexiglas-Wanne mit 625 Injektionsnadeln an der Unterseite
- ④ Stahlring,  $\varnothing = 54\text{ cm}$ , Fläche ca.  $0,25\text{ m}^2$ , Höhe ca.  $5\text{ cm}$
- ⑤ Näherungssensor zur Bestimmung des Wasserstandes

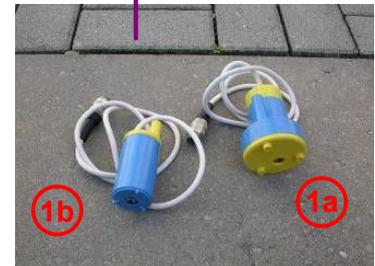
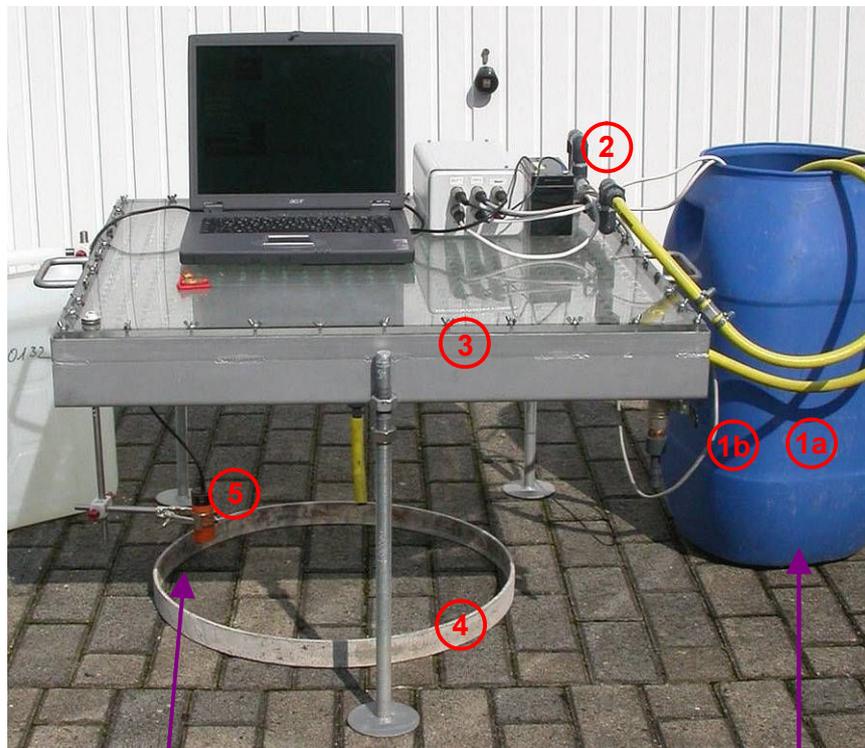


Abb. 8: Aufbau des Tropfinfiltrimeters

### Durchführung der In-situ-Prüfungen

Die Vereinbarung eines Termins geschah recht kurzfristig, damit am Tag der Prüfung trockene Wetterbedingungen vorlagen.

Abhängig davon, ob die entsiegelte Fläche unterschiedliche Verschmutzungen aufwies, wurden entsprechend verschiedene Stellen für eine Infiltrationsprüfung ausgewählt. So wurden an zahlreichen Objekten zwei bis drei Stellen mit für die Fläche typischen Verschmutzungen geprüft. Durch diese Vorgehensweise war ein direkter Vergleich zwischen verunreinigten und sauberen Stellen möglich (vgl. Abb. 9 und 10).



Abb. 9: Optisch sauberer Flächenbelag



Abb. 10: Verschmutzter Flächenbelag, vermooste Fugen

Verunreinigungen und Vermoosungen wurden vor allem auf Flächen, die sich im Schatten bzw. unter Bäumen und Sträuchern befinden, vorgefunden.

Leichte Schwimmstoffe, wie z.B. Blätter und Tannennadeln, wurden vor dem Versickerungsversuch von der ausgewählten Stelle entfernt, um eine Beeinflussung des Wasserstandssensors zu vermeiden. Anschließend wurde der Stahlring auf den Flächenbelag aufgelegt und mit Blitzzement abgedichtet. Die Versickerungsversuche wurden so lange durchgeführt, bis sich eine nahezu konstante Infiltrationsrate einstellte.

Hinsichtlich ihrer Zielsetzung können die durchgeführten Versickerungsversuche in drei Prüfreihe eingeteilt werden:

1. Prüfung der Sickerleistung an drei unterschiedlichen Steinarten mit verschiedenen Randbedingungen (39 Prüfungen)
2. Prüfung der Sickerleistung abhängig von der Nässung des Belages/ Untergrundes (4 Prüfungen)
3. Prüfung der Sickerleistung vor und nach Reinigungsmaßnahmen (6 Prüfungen)

Innerhalb der ersten Prüfreihe wurde der größte Anteil der Prüfungen (insgesamt 39) an verschiedenen Steinsystemen mit unterschiedlichen Verschmutzungsgraden sowie weiteren Randbedingungen (wie z.B. Nutzungsart und Vegetationen im Bereich der Beläge) durchgeführt. Während der zweiten Prüfreihe wurde anhand von vier Prüfungen untersucht, ob die Infiltrationsrate eines

Belages durch die Vor-Nässung des Belages und des Untergrundes beeinflusst wird. In der abschließenden dritten Prüfreihe wurden die Versickerungsleistungen der jeweiligen Flächenbeläge vor und nach einer Reinigung ermittelt.

### 2.4 Durchgeführte Laborprüfungen

Spezielle zu untersuchende Fragestellungen, die sich während der Projektphase 2 ergaben, waren:

- a) welchen Einfluss hat das Zusetzen des Steins bzw. der Fugen auf die Versickerungsleistung eines haufwerksporigen Belages,
- b) kann durch eine Reinigung eines verschmutzten Belages mit einem handelsüblichen Verfahren die Versickerungsleistung verbessert bzw. wiederhergestellt werden und
- c) wie wirkt sich der Einbaufehler „Einschlämmen von Sand als Fugenmaterial in einen haufwerksporigen Stein“, der bei den Untersuchungen vor Ort zweimal vorgefunden wurde, auf die Versickerungsleistung aus?

Um der Fragestellung a) nachzugehen wurden aus zwei bestehenden Flächen, die bei den Tropfinfiltrationsuntersuchungen sehr geringe Infiltrationsraten aufwiesen und deren Eigentümer einer Entnahme von Steinen zustimmten, jeweils Steine von rund 1 m<sup>2</sup> ausgebaut. Diese wurden anschließend im

Labor mit neuem Fugenmaterial in einen Stahlwechselrahmen (Fläche: 1 m<sup>2</sup>) eingebaut und sowohl mit der Prüfanlage als auch mit dem Tropfinfiltrimeter auf ihre aufnehmbare Regenspende geprüft. Darüber hinaus wurde auch die Wasserdurchlässigkeit einzelner Steine bestimmt.

In Ergänzung zu den Reinigungsversuchen der In-situ-Untersuchungen (Projektphase 2) wurden auch die vor Ort entnommenen Steine nach dem Einbau in den Wechselrahmen mittels Hochdruckreiniger mit Wasser gesäubert und anschließend auf ihre Infiltrationsrate geprüft.

Bei den In-situ-Untersuchungen mit dem Tropfinfiltrimeter wurden zwei Objekte vorgefunden, bei denen haufwerksporige Steine entgegen der Herstelleranleitung mit Sand als Fugenfüllung verlegt wurden. Diese wiesen auch bei augenscheinlich sauberen Steinen geringe Infiltrationsraten auf. Daher wurde ein neuwertiger haufwerksporiger Stein in einen Wechselrahmen (ebenfalls 1 m<sup>2</sup> Fläche) eingebaut und mit der Prüfanlage und dem Tropfinfiltrimeter auf seine aufnehmbare Regenspende geprüft. Anschließend wurde Sand in den Belag eingeschlämmt und die Prüfung wiederholt, um den möglichen Einfluss des simulierten Einbaufehlers auf das Versickerungsverhalten des Belages zu bestimmen.

Darüber hinaus ermöglichten die oben beschriebenen Prüfungen einen Vergleich der Ergebnisse aus den Prüfungen mit der Berechnungsanlage und dem hier verwendeten Tropfinfiltrimeter als Basis der Versuchsauswertungen.

Insgesamt wurden bei den drei unterschiedlichen Belägen je fünf Einzelprüfungen vorgenommen.

### 3 Ergebnisse und abschließende Bewertung

Aus den Untersuchungen können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

□ Von insgesamt 23 Entsiegelungsmaßnahmen, die durch das Land NRW gefördert und im Rahmen dieses Vorhabens auf ihre Wasserdurchlässigkeit überprüft wurden, können 21 Objekte (ca. 90 %) als ausreichend wasserdurchlässig bezeichnet werden. Die vor 4 bis 7 Jahren entsiegelten Flächen wiesen meist Infiltrationsraten auf, die deutlich über der geforderten aufnehmbaren Regenspende von 270 l/(s•ha) lagen. Bei zwei der 21 Objekte wiesen einzelne Bereiche, die augenscheinlich stark durch Schmutzpartikel zugesetzt waren (Lage in einer Senke bzw. an einen Schotterplatz grenzend), geringe Infiltrationsraten von 0 bzw. 60 l/(s•ha) auf. Bei einem weiteren Objekt wurde in einer Fahrspur eine Infiltrationsrate von 100 l/(s•ha) ermittelt. Da die Bereiche geringer Durchlässigkeit nur 5-10 % der Gesamtflä-

che ausmachten und saubere Bereiche Infiltrationsraten von 1.200 l/(s•ha) bis über 3.200 l/(s•ha) aufwiesen, ist insgesamt von einer ausreichenden Wasserdurchlässigkeit dieser Objekte auszugehen.

□ Bei zwei der 23 Objekte ist eine ausreichende Durchlässigkeit nicht vorhanden bzw. zweifelhaft. Ein Objekt, bei dem feiner Sand in einen haufwerksporigen Stein eingeschlämmt wurde (Einbaufehler), wies auch in sauberen Bereichen eine geringe Infiltrationsrate von 210 l/(s•ha) auf. Bei einem weiteren Objekt waren auf ca. 50 % der Fläche Steine und Fugen zugesetzt bzw. vermoost. Hier lag die Infiltrationsrate bei 90 l/(s•ha). Die Durchlässigkeit des Belages ist somit fragwürdig.

□ Die ermittelte Infiltrationsrate eines Belages ist abhängig vom Wassergehalt des Belages und des Untergrunds. Demnach wird das Prüfergebnis eines Infiltrimeter-Tests durch Regenereignisse in den Tagen vor der Prüfung beeinflusst. Dies bestätigten Prüfungen an zwei Objekten, bei denen identische Stellen nach Regen- und nach Trockentagen geprüft wurden. Die trockenen Beläge wiesen mit 1.030 l/(s•ha) bzw. 1.200 l/(s•ha) eine deutlich höhere Wasserdurchlässigkeit auf als die genässen Beläge, deren Infiltrationsraten mit 210 l/(s•ha) und 260 l/(s•ha) sogar unterhalb der geforderten 270 l/(s•ha) lagen.

□ Den Untersuchungen zufolge sind sowohl Rasengittersteine als auch Sickerfugen- und haufwerksporige Steine grundsätzlich auch nach einer Betriebszeit von mehreren Jahren für die Versickerung von Niederschlagswasser geeignet. Aufgrund der unterschiedlichen Randbedingungen vor Ort (wie Verschmutzung, Nutzung, Untergrundverhältnisse) können zwischen den verschiedenen Steinsystemen keine Unterschiede in der Eignung festgelegt werden. Grundsätzlich sind, je nach Verschmutzung des Belages, Reinigungen während der Nutzungsdauer zu empfehlen.

□ Ein maßgeblicher Faktor, der die Durchlässigkeit eines Belages stark beeinflussen kann, ist der Verschmutzungsgrad des Belages. Dieser wird überwiegend durch Lage und Nutzungsart der Fläche, weniger jedoch durch das Alter, beeinflusst. So waren Bereiche der untersuchten Beläge, die überwiegend im Schatten bzw. unterhalb von Vegetationen liegen, oft vermoost und mit Feinpartikeln zugesetzt. Dagegen wiesen andere Bereiche derselben Beläge meist keine augenscheinlichen Verschmutzungen auf und lieferten i.d.R. höhere Versickerungsraten. Ebenfalls wiesen Bereiche, in die nutzungsbedingt Feinpartikel eingetragen wurden (z.B. Fahrspuren im Übergangsbereich zu einer Schotterfläche) z.T. deutlich geringere Infiltrati-

onsraten als saubere Bereiche auf. Verschmutzungen durch Feinpartikel sowie eine vermehrte Moosbildung wurden des Weiteren auch in Senken, in denen sich vermehrt Wasser ansammelt, beobachtet.

□ Durch Reinigung der Fugen und ggf. der Steine (bei haufwerksporigen Steinen) mit geeigneten Reinigungsgeräten kann die Wasserdurchlässigkeit eines Belages verbessert bzw. erhalten werden. Insbesondere scheinen Geräte geeignet zu sein, die neben rotierenden Spüldüsen auch eine Saugvorrichtung besitzen, die ein Einspülen der Schmutzpartikel in das Innere des Steines vermeiden soll. Ausgetragenes Fugenmaterial sollte durch neues ersetzt werden, um die Rückhaltefähigkeit des Belages bezüglich Schadstoffen aufrecht zu halten.

□ In welchen Abständen eine Reinigung sinnvoll ist, hängt überwiegend von der Nutzung des Belages und der Vegetation der angrenzenden Flächen ab, die die Neigung zur Verschmutzung des Belages maßgeblich beeinflussen. Grundsätzlich sollte eine Reinigung rechtzeitig erfolgen, bevor die Steine komplett zugesetzt sind bzw. die Schmutzpartikel zu tief in den Stein eingetragen werden und Reinigungsgeräte mit Saugvorrichtung weniger effektiv eingesetzt werden können.

□ Bei den geprüften Belägen konnte nicht festgestellt werden,

dass ein Einbau eines wasserdurchlässigen Belages durch eine Privatperson einen negativen Einfluss auf die Sickerleistung des Belages hat. Dagegen waren in zwei Fällen Einbaufehler durch Fachfirmen ausgeführt worden, indem Sand als Fugenmaterial in einen haufwerksporigen Stein eingefügt worden war. Dies kann die Sickerleistung des Steines deutlich herabsetzen. Bei der Verlegung eines wasserdurchlässigen Belages ist daher auf die Anwendung einer Einbauanleitung des Herstellers zu achten.

□ Auch bei haufwerksporigen Belägen kann die Wasserdurchlässigkeit der Fugen, abhängig vom Fugenanteil, einen deutlichen Einfluss auf die Durchlässigkeit des Gesamtsystems haben.

□ Auf Basis der durchgeführten Untersuchungen können die Auswirkungen der Randbedingungen auf die Durchlässigkeit wasserdurchlässiger Flächenbeläge in Tab. 3 zusammengefasst werden.

Tabelle 3: Auswirkungen der Randbedingungen auf die Durchlässigkeit eines Belages

Einflussfaktor	Auswirkung auf die Wasserdurchlässigkeit
Alter	Mit zunehmendem Alter werden Schmutzpartikel in den Belag eingetragen, die die Wasserdurchlässigkeit vermindern können. Die Stärke der Verschmutzung hängt allerdings in erster Linie nicht vom Alter des Belages, sondern vorrangig von der Nutzung und der Lage (bzgl. Sonneneinstrahlung und Vegetation) ab.
Verschmutzung	Schmutzpartikel, wie z.B. Staub und Vermoosung, können die Wasserdurchlässigkeit erheblich mindern.
Nutzung	Die Nutzungsart, wie z.B. das Befahren der wasserdurchlässigen Fläche mit Fahrzeugen, kann zu einem Eintrag von Schmutzpartikeln führen und ggf. Setzungen des Belages verursachen. Dies kann die Durchlässigkeit herabsetzen.
Vegetation und Sonneneinstrahlung	Beläge unterhalb von Bäumen oder Sträuchern sowie in Schattenlage wiesen oft vermehrten Moosbewuchs oder Verschmutzungen durch Laub, Blüten, Pollenstaub oder Nadeln auf. I.d.R. wiesen diese Flächen geringere Infiltrationsraten als die angrenzenden sauberen Flächen auf.
Reinigung	Durch eine Reinigung des Belages (inkl. der Fugen) kann die Durchlässigkeit eines Belages erhöht bzw. erhalten werden.
Nässung des Belages	Der Wassergehalt eines Belages (also die Wetterlage vor einem Infiltrometer-Test) kann die Infiltrationsrate deutlich beeinflussen.
Einbau (Eigenleistung/Fachfirma)	Grundsätzliche Unterschiede zwischen dem Einbau durch eine Fachfirma oder eine Privatperson mit Auswirkung auf die Wasserdurchlässigkeit eines Belages wurden nicht beobachtet. Ein Einbaufehler in Form von Einfegen eines feinen Sandes in einen haufwerksporigen Stein kann die Wasserdurchlässigkeit mindern.

#### 4 Literatur (Auszug)

- [1] MURL: Richtlinien über die Gewährung von Zuwendungen im Rahmen der „Initiative ökologische und nachhaltige Wasserwirtschaft in NRW“, Gültigkeitsbereiche: vom 18. Dezember 1996 bis 31. Dezember 1999 und 22. September 1999 bis 31. Dezember 2005
- [2] Bauberatung Zement: Merkblatt Regenversickerung durch Pflasterflächen, 2003
- [3] Fachvereinigung Betonprodukte für Straßen-, Landschafts- und Gartenbau e.V.: Kommentierung zum Merkblatt für wasserdurchlässige Befestigungen von Verkehrsflächen, März 2001
- [4] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: RStO 01: Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, Köln 2001
- [5] Fachvereinigung Betonprodukte für Straßen-, Landschafts- und Gartenbau e.V.: Versickerungsfähige Pflastersysteme aus Beton, 2002
- [6] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., ATV-DVWK-A 138: Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, 2002
- [7] MUNLV: Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung – Zukunftsfähige Wasserwirtschaft in Industrie- und Gewerbegebieten, Oktober 2001
- [8] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., ATV-DVWK-M 153: Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser, 2000
- [9] Deutscher Wetterdienst – DWD: Starkniederschlagshöhen für die Bundesrepublik Deutschland, 1997
- [10] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil Entwässerung, Köln 1987

### **AUFTRAGGEBER**

Ministerium für Umwelt und Naturschutz,  
Landwirtschaft und Verbraucherschutz  
des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV)  
Schwannstr. 3  
40476 Düsseldorf

### **PROJEKTBETEILIGTE**

Fachhochschule Bochum  
Fachbereich Bauingenieurwesen, Siedlungswasserwirtschaft  
Prof. Dr.-Ing. Bernd Nolting  
Lennershofstr. 140  
44801 Bochum  
[www.fh-bochum.de/fb2/faecher/siwawi/labor](http://www.fh-bochum.de/fb2/faecher/siwawi/labor)  
[bernd.nolting@fh-bochum.de](mailto:bernd.nolting@fh-bochum.de)

IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur  
Dr.-Ing. Bert Bosseler  
Exterbruch 1  
45886 Gelsenkirchen  
[www.ikt.de](http://www.ikt.de)  
[info@ikt.de](mailto:info@ikt.de)

### **PROJEKTLEITUNG**

Prof. Dr.-Ing. Bernd Nolting (FH Bochum)

### **PROJEKTBEARBEITUNG**

Dipl.-Ing. (FH) Oliver Schönberger (FH Bochum)  
Dipl.-Ing. (FH) Kathrin Harting (IKT)  
Dipl.-Ing. Pawel Gabryl (FH Bochum)