
Gutachten

über die Verdunstungsleistung des Pflastersystems -hp protect

Datum: 09. Januar 2017

Auftraggeber:

HEINRICH KLOSTERMANN GmbH & Co. KG Betonwerke

Am Wasserturm 20

48653 Coesfeld

Gutachter:

Dr.-Ing. Carsten Dierkes

H₂O Research GmbH

Kopernikusweg 27a

48155 Münster

Dieses Gutachten umfasst insgesamt 17 Textseiten mit 19 Abbildungen und 2 Seiten Anhang

1 Anlass und Auftrag

Die H₂O Research GmbH wurde am 01.08.2015 von der Firma H. Klostermann GmbH & Co. KG aus Coesfeld beauftragt, die Wasserhaushaltsbilanz und insbesondere die Verdunstung von zwei wasserdurchlässigen Pflastersystemen zu ermitteln. Dieser Wert spielt im Rahmen des neuen Arbeitsblattes DWA-A 102 in Bezug auf die Planungsvorgaben für neue Siedlungsgebiete eine große Rolle.

2 Problematik

Wasserdurchlässige Verkehrsflächenbefestigungen wurden Anfang der 90er Jahre entwickelt, um das Niederschlagswasser auf diesen Arealen direkt zur Versickerung zu bringen. Der Oberflächenabfluss sollte begrenzt oder ganz vermieden werden während die Grundwasserneubildung erhöht wird. Da die Beläge laut Merkblatt für Versickerungsfähige Verkehrsflächenbefestigungen (MVV) dauerhaft mindestens 270 l/(sxha) versickern sollen (FGSV 2013), was deutschlandweit in etwa einem 10-minütigem Regen mit einem Wiederkehrintervall von einem Mal in 10 Jahren entspricht, wirken sie auch abflussdämpfend bei Starkregenereignissen.

Durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (abZ) der Deutschen Instituts für Bautechnik in Berlin (DIBt) konnte in den 2000er Jahren seitens der Hersteller nachgewiesen werden, dass geprüfte Beläge die Schadstoffe aus dem Regenabfluss, die hauptsächlich von den Kraftfahrzeugen emittiert werden, in einem ähnlich hohen Maß zurückhalten können wie die belebte Bodenzone. Damit kann gewährleistet werden, dass das Grundwasser auch langfristig vor schädliche Einträgen geschützt ist.

Immer mehr rückt allerdings der gesamte Wasserhaushalt eines Siedlungsgebietes in den Vordergrund der Überlegungen und Planungen. Dabei tritt neben dem Oberflächenabfluss und dem Sickerwasser auch die Verdunstung von urbanen Fläche in den Vordergrund. Ziel einer Wasserhaushaltsbilanzierung für Siedlungsgebiete des neuen Arbeitsblattes A 102 der DWA ist es daher, den Zustand vor der Bebauung in Hinsicht auf den Wasserhaushalt zu erhalten. Dies bedeutet, dass mehr als 50 % des Niederschlages verdunsten oder transpirieren müssen.

Im Zuge der Diskussion um dieses Regelwerk wurden in einem Projekt mit Förderung der DBU erste Verdunstungsmessungen von wasserdurchlässigen Betonpflastersystemen durchgeführt (Klostermann et al. 2012). Allerdings lagen die ermittelten Verdunstungsraten von verschiedenen sickerfähigen Pflastersystemen lediglich bei etwa 11 % bis 18 % des Jahresniederschlags. Einzige Ausnahme stellten Rasengittersteine mit 65 %

Jahresverdunstung dar. Die Werte der Sickerpflaster sind damit gering, um den natürlichen Wasserhaushalt auf einer Verkehrsfläche ohne zusätzliche Maßnahmen wiederherzustellen.

Aus diesem Grund wurde in den letzten Jahren daran gearbeitet, die Pflastersysteme in Hinblick auf die Verdunstung weiter zu entwickeln. Ziel ist es, die Verdunstung der Systeme im Jahresmittel auf Werte über 50 % zu bekommen.

3 Anforderungen

3.1 Versickerungsfähigkeit

Wasserdurchlässige Flächenbeläge sollten nach dem Merkblatt Versickerungsfähige Verkehrsflächen (FGSV 2013) eine Bemessungsregenspende von mindestens 270 l/(s·ha) dauerhaft versickern, was einem Durchlässigkeitsbeiwert von $2,7 \cdot 10^{-5}$ m/s entspricht. Aufgrund von luftgefüllten Poren im Oberbau muss mit einer Verringerung der Fließgeschwindigkeiten gerechnet werden, so dass ein k_f -Wert von mindesten $5,4 \cdot 10^{-5}$ m/s (entsprechend 540 l/(s·ha) spezifische Versickerungsrate) gefordert wird.

Gemäß den bauaufsichtlichen Zulassungen müssen geprüfte Systeme im Neuzustand mehr als 540 l/(s·ha) überstaufrei versickern. Nach 10 Jahren Betriebsdauer muss die Durchlässigkeit erneut geprüft werden. Bei Werten unter 270 l/(s·ha) muss dann eine Reinigung bzw. Regenerierung der Durchlässigkeit erfolgen.

3.2 Wasserhaushalt

Übergeordnete Zielsetzung des Arbeitsblattes A 102 aus quantitativer Sicht ist es, die Veränderung des natürlichen Wasserhaushalts durch Siedlungsaktivitäten so gering zu halten, wie es ökologisch, technisch und wirtschaftlich vertretbar ist. Vorrangig gilt diese Zielsetzung für entwässerungstechnische Neuerschließungen. Sie gilt aber auch bei Sanierungsgebieten, bei denen das Entwässerungssystem überplant werden muss. „Die Einhaltung der Zielsetzung kann durch vergleichende Quantifizierung der relevanten Wasserhaushaltsgrößen (Oberflächenabfluss, Grundwasserneubildung, Verdunstung) im bebauten Zustand und der resultierenden Abweichungen gegenüber dem unbebauten Zustand betrachtet werden“ (DWA 2016). Dies erfolgt auf der Basis mittlerer Jahreswerte.

Für die Berechnung des lokalen Wasserhaushalts sind folgende Wasserhaushaltsgrößen relevant (Abbildung 1):

- Direktabfluss R_D bestehend aus Oberflächenabfluss $R_{D,o}$ und Zwischenabfluss $R_{D,z}$
- Grundwasserneubildung GWN

- Verdunstung („Evapotranspiration“) ET_a (bestehend aus Evaporation, Transpiration und Interzeptionsverdunstung).

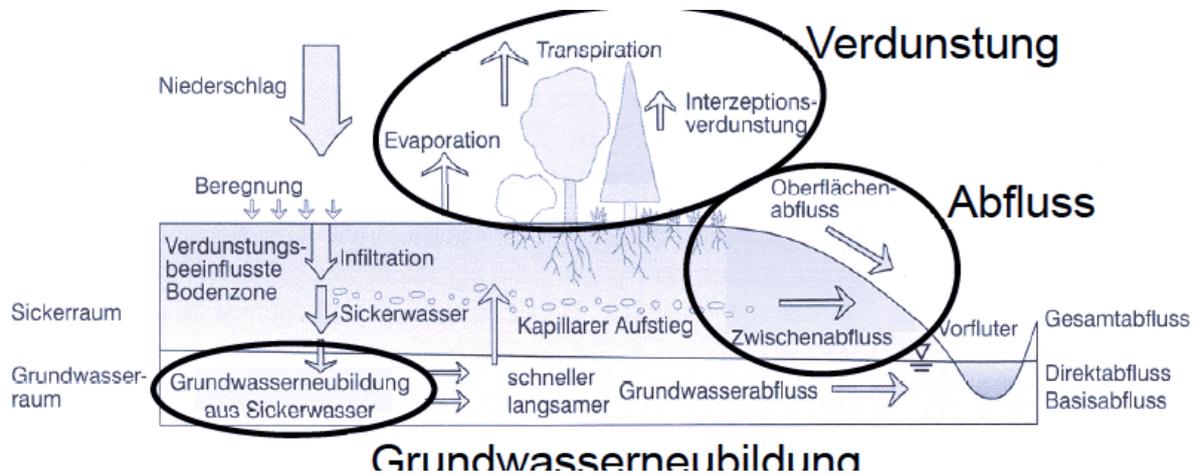


Abbildung 1: Komponenten des Wasserhaushaltes (DWA A-102)

Für jede der Wasserhaushaltskomponenten gibt es einen sogenannten Aufteilungswert:

- a – Aufteilungswert für den Direktabfluss (R_D)
- g – Aufteilungswert für die Grundwasserneubildung (GWN)
- v – Aufteilungswert für die Verdunstung (ET_a)

Die Aufteilungswerte a , g und v nehmen Werte zwischen 0 und 1 an und ergeben in Summe den Wert 1. Es ergibt sich:

$$P_{\text{korr}} = a_F \cdot P_{\text{korr}} + g_F \cdot P_{\text{korr}} + v_F \cdot P_{\text{korr}} \quad \text{4 in mm/a} \quad (\text{Gl. 1})$$

Wobei P_{korr} die mittlere korrigierte jährliche Niederschlagshöhe ist. a_F , g_F und v_F sind die flächenspezifischen Aufteilungswerte für die Wasserhaushaltsgrößen.

Seitens der Verdunstung gibt es also regional unterschiedliche Anforderungen. Diese können aus dem Hydrologischen Atlas Deutschlands (HAD 2003) oder besser aus regionalen Wasserhaushaltsbilanzen entnommen werden, sofern diese für das Plangebiet vorliegen. Sollte ein Verkehrsflächenbelag einen Wasserhaushalt analog zum naturnahen Wasserhaushalt bzw. dem Wasserhaushalt vor der Bebauung aufweisen, so muss die Jahres-

Verdunstung im größten Teil Deutschlands bei mindestens 45 % liegen (variiert regional zwischen 34 % und 92 %).

Bei wasserdurchlässigen Flächenbelägen spielt vor allem die Evaporation eine Rolle. Ein signifikanter Anteil an Transpiration kommt nur bei begrünten Systemen wie Rasenfugensteinen oder Rasengittersteinen vor, Interzeptionsverdunstung kann in den Betrachtungen vernachlässigt werden. Letztendlich zählt für den Bemessungsansatz des A 102 aber nur die Summe der gesamten Evapotranspiration.

Der Gelbdruck des DWA A102 gibt Berechnungsansätze für die Verdunstungsrate für teildurchlässige Flächenbeläge mit einem Fugenanteil zwischen 2 % und 5 % (Berechnungsansatz B.3.5), teildurchlässige Flächenbeläge mit einem Fugenanteil zwischen 6 % und 10 % (Berechnungsansatz B.3.6) und Porensteine (Berechnungsansatz B.3.7) an. Damit kommt man auf einen Aufteilungswert v für die Verdunstung zwischen etwa 15 % und maximal 35 %. Dies erscheint nach Ergebnisse eines DBU Projektes der Universität Münster (Klostermann et al. 2012)) auch realistisch. Allerdings genügt dieser Aufteilungswert vielerorts nicht den Anforderungen, eine höhere Verdunstung wäre daher wünschenswert.

4 Untersuchte Pflastersysteme

Zwei verschiedene Pflastersysteme wurden in Hinblick auf ihre Verdunstungsleistung geprüft. Bei diesen handelt es sich um speziell auf die Verdunstung ausgelegte Betonsteine, die eine Weiterentwicklung herkömmlicher Sickerpflaster darstellen. Dabei handelt es sich um zwei Hybridsysteme aus einem gefügedichten Beton im oberen Teil und einem neuartigen haufwerksporigen Kernbeton, bei denen die Versickerung ausschließlich über die Fugen erfolgt.

4.1 Pflastersystem hp-protect (zweilagiges System mit Fugenversickerung)

Das erste getestete Pflastersystem hp protect besteht aus Betonsteinen nach DIN EN 1338 mit gefügedichtem Vorsatz und haufwerksporigem Kernbeton (Abbildung 2). Der Versickerungs- und Verdunstungsprozess verläuft über die mindestens 5 mm breiten Fugen bei einem flächenbezogenen Fugenanteil von 5 bis zu 10 %. Der Betonstein speichert Regenwasser im feinporigen Kernbeton für eine maximale Verdunstungsleistung. Das System hat die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (abZ) des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) erhalten (Z-84.1-14). Das breitgefächerte Sortiment verbindet sorgfältig bearbeitete Sichtflächen in naturverwandten Steinfarben mit hoher Funktionalität.



Abbildung 2: Detailaufnahme vom zweilagigen Hybrid-Pflasterstein System –hp-protect

Typische Einsatzbereiche sind Parkplätze (Abbildung 3), Wohn- und Anliegerstraßen, Stadt- und Dorfplätze sowie Verkehrsflächenbefestigungen für Industrie und Gewerbe. Unter hp protect reihen sich bewährte Markenprodukte aus den Programmen der Unternehmen Godelmann und Klostermann ein, z. B. BOCCA, APPIASTON, CITYSTON, GAPSTON. Alle Steinsysteme verfügen über eine Fugenbreite von mindestens 5 mm und einen Mindestfugenanteil von 5 %.



Abbildung 3: Pflastersystem –hp protect (GAPSTON)

4.2 Pflastersystem hp-protect mit Basisabdichtung (dreilagiges System mit Fugenversickerung)

Um eine höhere Gesamtverdunstung zu erhalten wurde das Pflastersystem hp protect weiter modifiziert. Hier wurde die Unterseite der Betonsteine zusätzlich abgedichtet, um dem Wasser aus dem Kernbeton die Möglichkeit zu nehmen, der Schwerkraft folgend in die Bettung zu gelangen. So kann das im Kernbeton gespeicherte Wasser nur über die Fugen in die unterlagernde Bettung abgeführt werden. Diese Maßnahme soll dazu beitragen, die

Speicherfähigkeit des Kernbetons weiter zu erhöhen. Für diesen Test wurde die Unterseite der Betonsteine daher händisch mit einem mineralischen Anstrich abgedichtet (Abbildung 4), dies erfolgt später im Rahmen der Produktion.



Abbildung 4: Dreilagiger Pflasterstein mit abgedichteter Sohle

5 Prüfmethodik

5.1 Messung des Wasserhaushaltes

Um den langfristigen Wasserhaushalt der beiden Pflastersysteme zu messen wurden Lysimeter aufgebaut (Abbildung 5). Hierzu wurden in den oberen Bereich der Tragschicht Wannen aus Polypropylen (Abbildung 7) mit einem Metallgitter aus verzinktem Stahl eingebaut. Die Abmessung der Auffangwannen betragen 600 mm x 800 mm. Auf den Gitterrost wurde eine Edelstahlgaze mit einer Maschenweite von 63 µm verlegt (Abbildung 7).

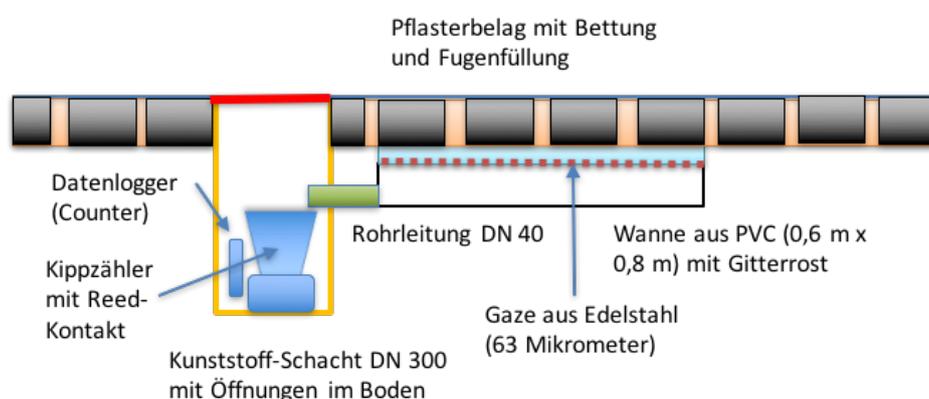


Abbildung 5: Aufbau der Lysimeter

Auf diese Gaze folgte der Aufbau der 4 cm mächtigen Bettungslage aus einem Split der Kornabstufung 0/5 gemäß ZTVT-Stb. Aus den Wannen verläuft eine Rohrleitung DN 40 aus PVC in einen Messschacht DN 400 aus Polypropylen, der ebenerdig eingegraben wurde (Abbildung 6).

In den Messschächten wurden Kippzähler eingebaut. Dabei handelt es sich um modifizierte Regenmesser, bei denen das Wasser über einen Trichter auf eine Kippwaage geleitet wird (Abbildung 9). Bei 0,0043 l kippt die Waage jedes Mal und die Kippbewegung wird über einen Reed-Kontakt an einen Datenlogger übertragen (Abbildung 10). Dieser sichert jedes Signal mit einer sekundengenauen Zeiteinheit. Über eine USB-Verbindung wurde er alle zwei bis vier Wochen ausgelesen.



Abbildung 6: Einbau der Messschächte



Abbildung 7: Aufbringung der Edelstahl-Gaze



Abbildung 8: Lysimeter nach Einbau



Abbildung 9: Einbau des Kippzählers

Außerdem wurde ein Regenmesser mit Datenlogger im Bereich des Messfeldes aufgebaut, um auch die Niederschläge aufzuzeichnen. Das Intervall für die Messung des Niederschlages liegt bei 0,45 mm.



Abbildung 10: Kippzähler mit Datenlogger (Counter)

5.2 Messung der spezifischen Versickerungsleistung

Die Messungen der spezifischen Versickerungsrate werden mit einem sogenannten Tropf-Infiltrimeter gemäß Merkblatt für Versickerungsfähige Verkehrsflächen (FGSV 2013) durchgeführt. Dazu wird ein Stahlring mit einem Durchmesser von 54 cm mittels Zement auf der Testfläche befestigt. Dann wird mit einer Beregnungsanlage die Fläche innerhalb und außerhalb des Ringes beregnet. Die Beregnung wird über einen Wasserstandssensor innerhalb des Kreises gesteuert. Es wird so lange beregnet, bis der Wasserstand im Ring zwischen einem und drei Millimetern liegt. Anschließend wird die Beregnung abgestellt, bis weniger als ein Millimeter Wasser vorhanden ist. Danach erfolgt die nächste Beregnung. Die aufgegebene Wassermenge wird über die Zeit über einen Durchflussmesser aufgezeichnet. Das Prinzip des Infiltrimeters ist in Abbildung 11 dargestellt.

Mit dieser Messmethode wird direkt die spezifische Versickerungsrate des Untergrundes bestimmt, und nicht der k_f -Wert, da die Messung mit einem ähnlichen Aufstau wie bei realen Versickerungsvorgängen durchgeführt wird. Für die Bestimmung des k_f -Wertes müsste sichergestellt sein, dass alle Poren mit Wasser gefüllt sind. Bei vollständig gefüllten Poren kann das Wasser schneller in den Untergrund infiltrieren, da der durchströmte Querschnitt des Bodens größer ist. Bei Infiltrationsmessungen müssen die Messergebnisse mit dem Schwellenwert von 270 l/(s·ha) verglichen werden, um eine Eignung zur Versickerung festzustellen.

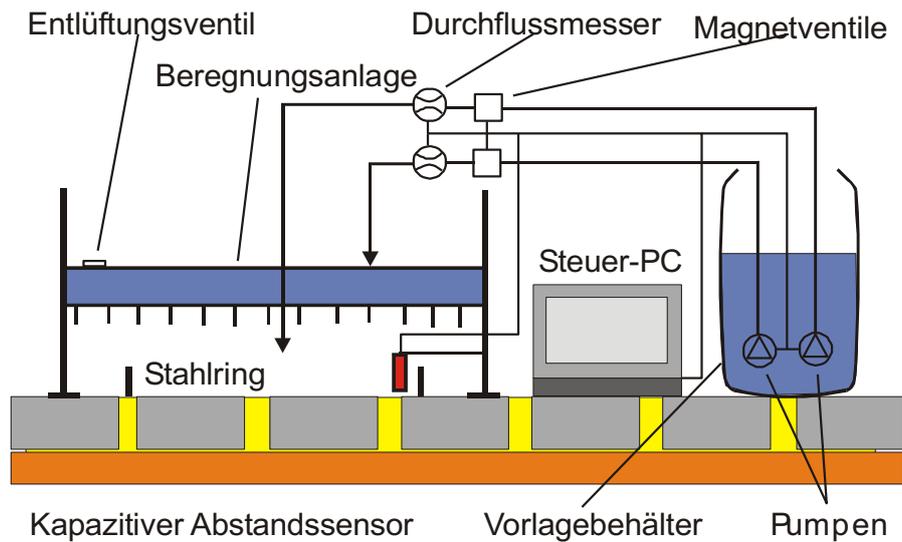


Abbildung 11: Aufbau des Tropf-Infiltrometers

6 Ergebnisse der durchgeführten Messungen

6.1 Niederschlag und Temperatur

Der Jahresniederschlag vom 01.11.2015 bis 30.11.2016 lag bei 967 mm. Damit liegt er mehr als 100 mm über dem Durchschnittswert von 843 mm für Coesfeld.

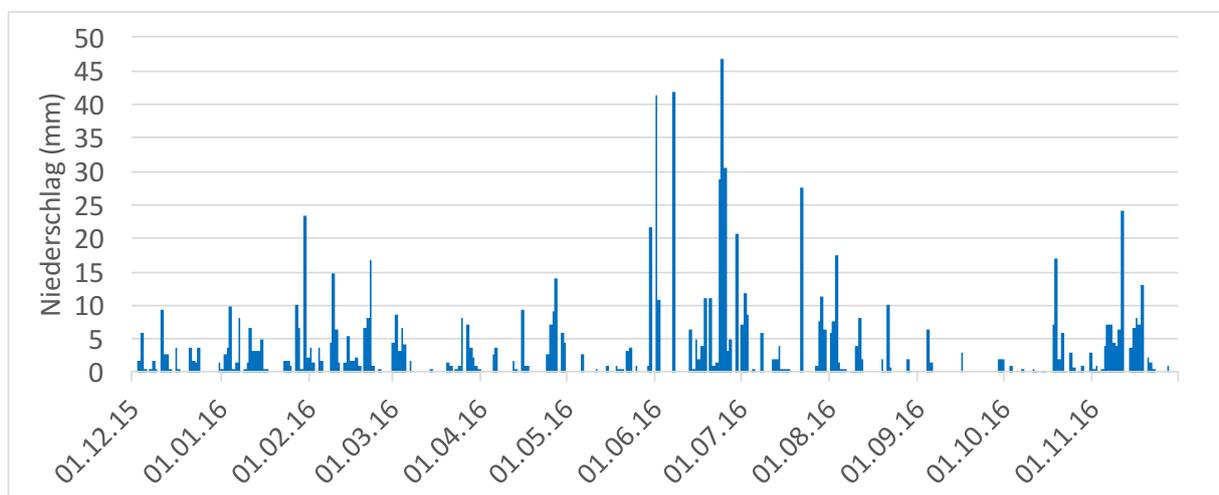


Abbildung 12: Tagesniederschläge vom 01. Dezember 2015 bis 30. November 2016

Erwartungsgemäß liegen die höchsten Tagesniederschläge im Sommer mit zwei Tagen im Juni mit mehr als 40 mm und einem Tag mit mehr als 45 mm. Anfang des Jahres 2016 wurden im Februar 23 mm erreicht. Insgesamt zeigt sich die Verteilung sehr ausgeglichen, längere Trockenperioden von mehr als einer Woche gibt es nur im Frühjahr und im Herbst 2016. Allerdings fällt ein Zeitraum mit vielen hohen Niederschlägen im Juni ins Auge.

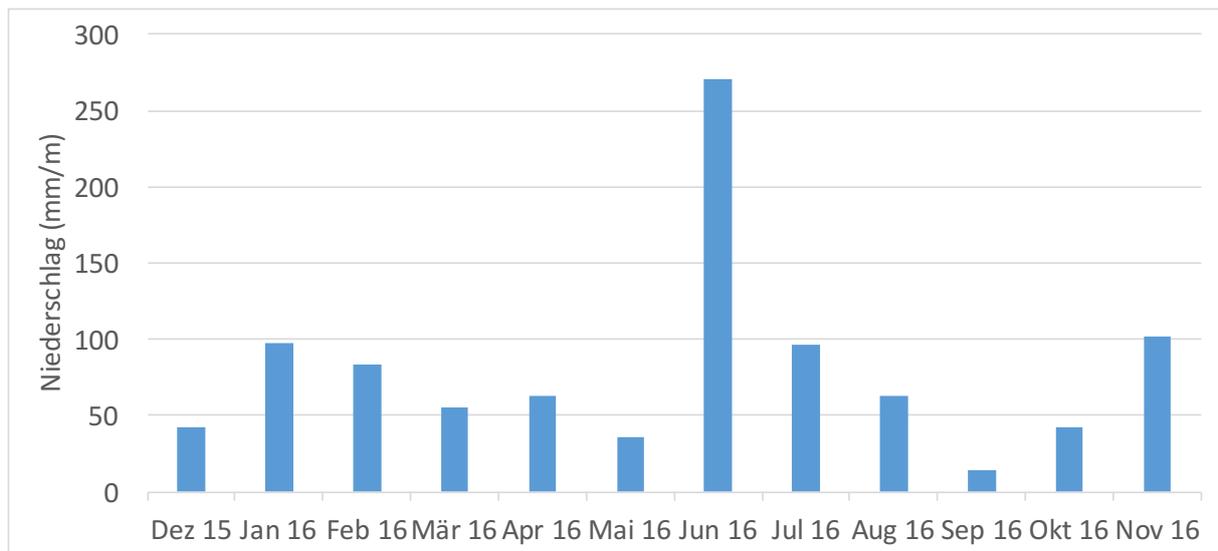


Abbildung 13: Gesamthöhe der Monatsniederschläge

Abbildung 13 verdeutlicht diese Vermutung. Während die meisten Monate mit Niederschlagssummen bis maximal 100 mm zu erkennen sind, fielen im Juni mehr als 250 mm Niederschlag. Der trockenste Monat im Messzeitraum war der September 2016 mit weniger als 20 mm.

Abbildung 14 zeigt die täglichen Sonnenstunden über den Messzeitraum. Bei direkter Sonneneinstrahlung steigt die Verdunstung durch die Erwärmung der Betonsteinoberflächen. Die Zeitabschnitte mit den meisten Sonnenstunden liegen im Mai 2016 und Mitte August bis Ende September 2016. Wenig Sonnentage sind Ende Januar 2016 und im November 2016 zu verzeichnen.

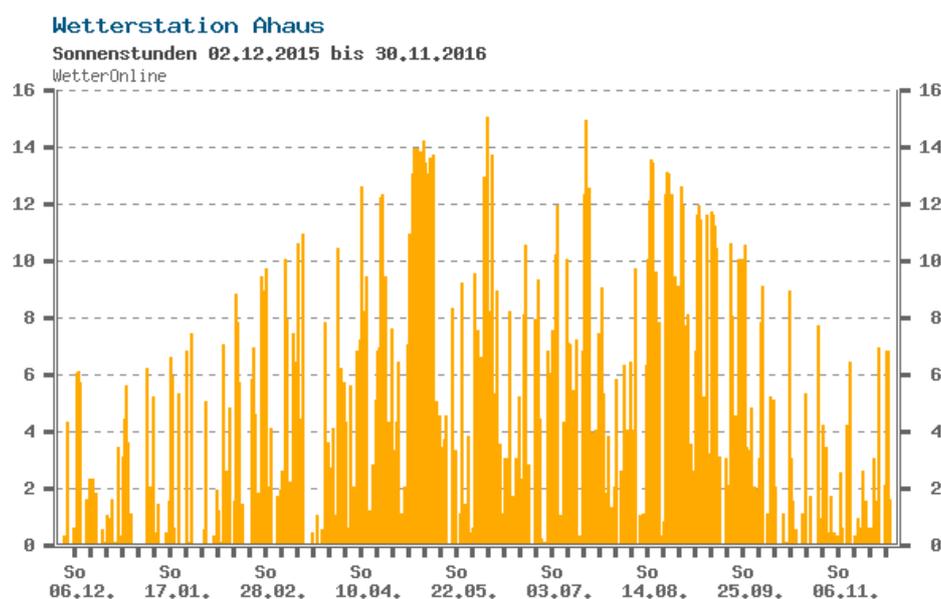


Abbildung 14: Tägliche Sonnenstunden im Jahr 2016 (Station Ahaus, Quelle: www.wetteronline.de)

Abbildung 15 zeigt den Verlauf der Tageshöchsttemperaturen und Tagestiefsttemperaturen. Die Temperaturen von November 2015 bis März 2016 liegen relativ hoch. An einigen Tagen wurden bereits Höchsttemperaturen von 15°C erreicht, im Mittel bewegen sich die Temperaturen selten unter 5°C. Auch nachts wurden nur einige Tage mit Werten knapp unter dem Gefrierpunkt verzeichnet. Im Sommer dominieren Tageshöchsttemperaturen zwischen 15°C und 25°C, nur selten gibt es Tage mit höheren Temperaturen bis zu 34 °C. Auch der Herbst 2016 verläuft relativ mild, erst Ende November liegen die Tiefsttemperaturen einmal unter dem Gefrierpunkt.

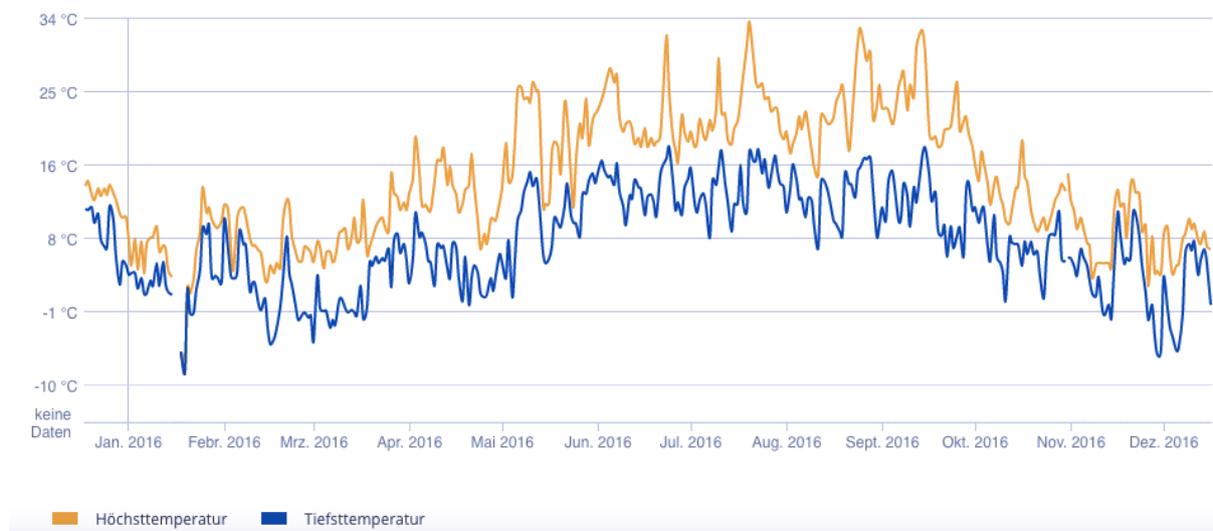


Abbildung 15: Tägliche Höchsttemperaturen und Tiefsttemperaturen über den Messzeitraum (Quelle: www.wetter.com)

6.2 Spezifische Versickerungsraten

Zunächst wurde die spezifische Versickerungsrate der Versuchsflächen bestimmt (Abbildung 16). Die Messung erfolgte im Juni 2016, also etwa ein halbes Jahr nach dem Einbau.

Die Messungen ergaben eine Versickerungsrate über 10 Minuten von 880 l/(s·ha) für den zweilagigen Betonstein (Anhang 1) und 650 l/(s·ha) für den dreilagigen Betonstein (Anhang 2). Damit wird die Mindest-Durchlässigkeit von 270 l/(s·ha) weit überschritten. Die Abdichtung der Sohle der Betonsteine beim dreilagigen System schlägt sich aber auf die Versickerungsfähigkeit nieder, auch wenn die Reduktion nicht sehr groß ausfällt. Bei den ermittelten Messwerten ist davon auszugehen, dass es bei den untersuchten Systemen im Messzeitraum zu keinem Oberflächenabfluss gekommen ist.



Abbildung 16: Messung der spezifischen Versickerungsrate mit Tropf-Infiltrometer

6.3 Wasserhaushalt

Aus den Messwerten des Niederschlages und des Sickerwassers der beiden Flächenbeläge wurden zunächst Tagesdaten gewonnen, da ja für die jährliche Verdunstungsrate keine hochaufgelösten Daten der Regenereignisse notwendig sind. Diese wurden dann zunächst kumulativ gegenübergestellt. Da die spezifische Versickerungsrate beider Beläge deutlich höher als $270 \text{ l}/(\text{sxha})$ ist kann davon ausgegangen werden, dass es keinen Oberflächenabfluss gegeben hat. Folglich wurde die Verdunstung vereinfachend angenommen als die Differenz zwischen Niederschlag (P_{korrr}) und Sickerwasserabfluss (GWN).

Abbildung 17 zeigt die kumulativen Kurven für den Niederschlag (P_{korrr}) und die Versickerung der beiden Versuchsflächen. Hier ist zu erkennen, dass der Sickerwasserabfluss für das zweilagige System -hp protect bei etwa 503 mm liegt, während bei dem dreilagigen System nur etwa 444 mm Wasser versickert sind. Der steilste Verlauf der Kurven tritt erwartungsgemäß im Juni bei den hohen Regenereignissen auf. Das bedeutet eine Jahresverdunstung von 48 % für den zweilagigen Aufbau und 54 % für den dreilagigen Aufbau.

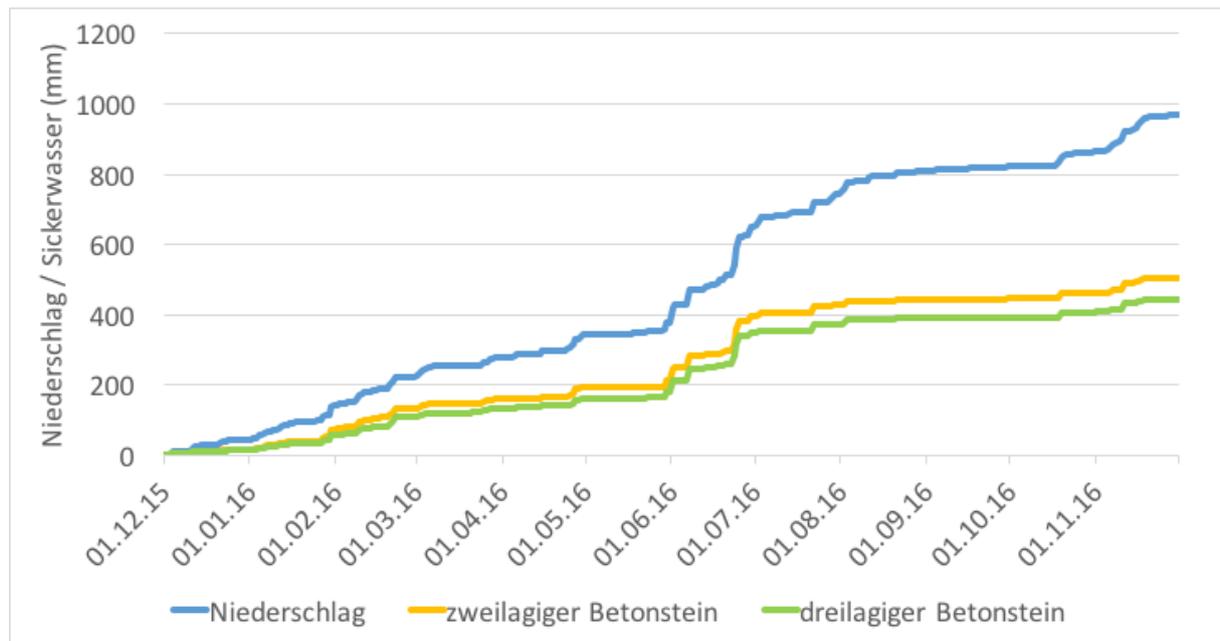


Abbildung 17: Kumulierte Werte für den Niederschlag und die Versickerung der beiden Pflasterflächen

Abbildung 18 zeigt die monatlichen berechneten Verdunstungsraten der beiden Systeme. Im Dezember 2015 wurden hohe Verdunstungsraten zwischen 60 % und 70 % erzielt. Der Grund hierfür dürften die geringen Niederschläge (weniger als 50 mm Monatsniederschlag) bei relativ hohen Außentemperaturen $> 10^{\circ}\text{C}$ sein. Im Januar und Februar hingegen wurden Verdunstungsraten zwischen 30 % und 55 % erzielt. Zwischen März und Mai liegt die Verdunstung zwischen 45 % und 55 %. Im Juni geht die Verdunstung auf Werte knapp über 30 % zurück. Grund für diesen untypischen Verlauf Anfang des Sommers sind die hohen Niederschläge von mehr als 250 mm Höhe. Die Tage mit Niederschlägen von mehr als 40 mm tragen wenig zur Verdunstung bei, da hier der Großteil des Wassers sofort in Richtung des Grundwassers abfließt. Noch bevor der verbleibende Teil verdunsten konnte, folgten wieder Regenereignisse. Daher ist die Verdunstung hier im Verhältnis gering.

Von Juli bis September steigen die Verdunstungsanteile in Folge der warmen Temperaturen, vielen Tagen mit hohen Sonnenstunden und geringen Niederschlägen unter 100 mm auf Werte über 70 % an. Im Oktober und November gehen sie dann bis auf 60 % zurück.

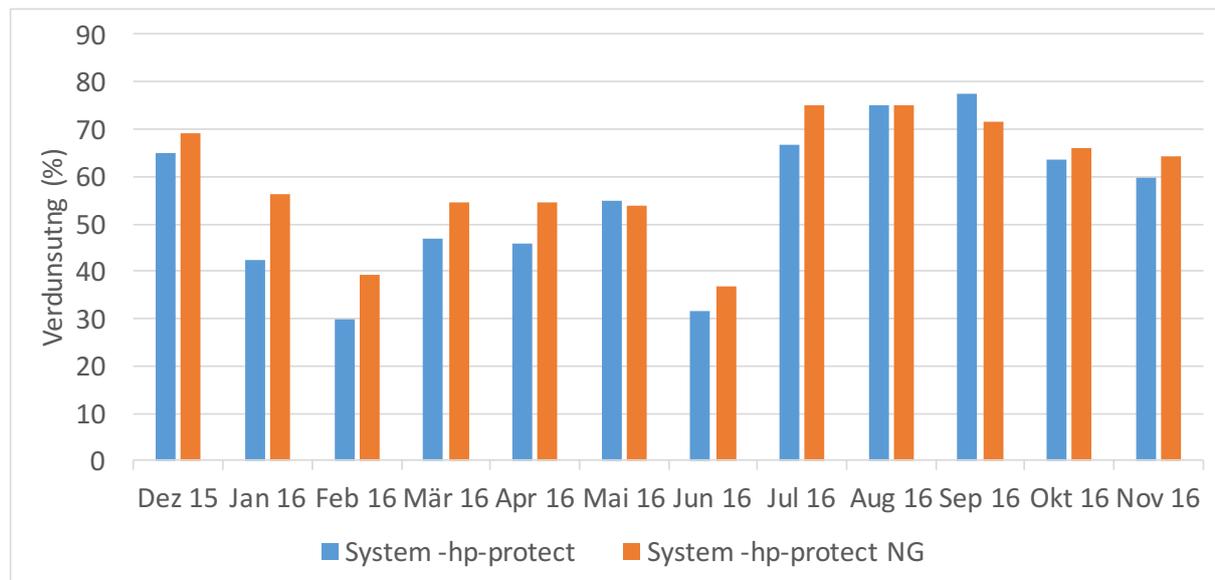


Abbildung 18: Monatliche aktuelle Verdunstungsraten der beiden Flächenbeläge in %

Abbildung 19 zeigt zur Verdeutlichung den Sickerwasserabfluss auf Monatsbasis vom zweilagigen System –hp protect. Hier ist zu erkennen, dass erwartungsgemäß im Winter mit bis zu 60 mm die höchsten Sickerwasserwerte zu verzeichnen sind. Die Ausnahme bildet der Juni mit mehr als 180 mm. Dies ist auf die hohen Niederschlagssummen im Juni zurückzuführen und beeinflusst damit die Gesamt-Verdunstung im Messjahr signifikant.

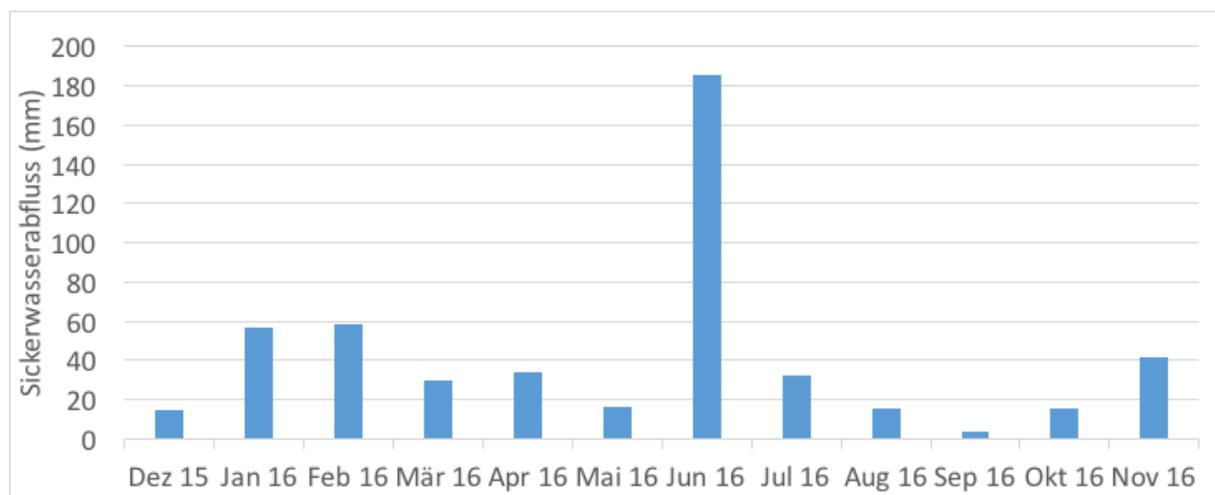


Abbildung 19: Monatlicher Sickerwasserabfluss vom zweilagigen System

Insgesamt ist zu erkennen, dass die reale Evapotranspiration auf den Flächen ein komplexer Vorgang ist, der von den Niederschlägen (Dauer, Intensität), Trockenzeiten, der Luftfeuchtigkeit, den Temperaturen, der Sonneneinstrahlung und auch sicher vom Wind

abhängt. Eine Prognose für einzelne Tage erfordert eine genaue Kenntnis aller Parameter, für eine langfristige Betrachtung ist dies aber nicht notwendig.

7 Zusammenfassung

Das neue Arbeitsblatt A 102 der DWA, welches seit Oktober 2016 im Gelbdruck vorliegt fordert für Siedlungsgebiete einen neuen Umgang mit dem Regenwasser. Zielsetzung in quantitativer Hinsicht soll ein möglichst geringer Eingriff in den Wasserhaushalt sein. Das bedeutet, dass zukünftig eine Wasserhaushaltsbilanzierung durchgeführt werden muss. Damit gelangt ein neuer Parameter in den Fokus der Planer, die Verdunstung (Evapotranspiration). Während die bisherigen Methoden der Stadtentwässerung vor allem auf eine Minimierung des Oberflächenabflusses und eine Versickerung des Niederschlagswassers zielen, war die Verdunstung nicht in den Planungen enthalten. In den deutschen Kulturräumen macht diese aber mit teilweise mehr als 50 % den größten Anteil des natürlichen Wasserhaushaltes aus. Sie wird also in Zukunft von besonderer Bedeutung sein.

Gerade Verkehrsflächen tragen aber zurzeit nur untergeordnet zur Verdunstung bei. Das muss sich in Zukunft ändern. Die Transformation von Verkehrsflächen in wasserdurchlässige Systeme, die auch die Verdunstung fördern ist von entscheidender Bedeutung. Wasserdurchlässige Pflaster sind seit den 90er Jahren erprobt und können in vielen Bereichen eingesetzt werden. Allerdings lag ihre Zielsetzung bis jetzt vor allem auf der Versickerung und der Vermeidung von Oberflächenabfluss. Ihre Verdunstungswirkung wurde nur unzureichend betrachtet.

Um die Verdunstungsrate von wasserdurchlässigen Pflastersystemen zu bestimmen wurden daher Lysimeter mit zwei verschiedenen Pflastersystemen gebaut, die speziell auf eine möglichst hohe Verdunstung ausgelegt sind. Diese Systeme bestehen aus Pflastersteinen, die unter einer traditionellen undurchlässigen Deckschicht aus einem neuartigen, haufwerksporigen Kernbeton bestehen, der wie ein Schwamm Wasser zurückhält und nach den Regenereignissen wieder verdunstet (zweilagiges System). Zusätzlich wurde dieser Betonstein noch an der Basis abgedichtet um die Speicherfähigkeit des Kernbetons zu erhöhen (dreilagiges System). Das Sickerwasser bei diesen Systemen wurde über unterirdische Wannen unterhalb der Pflasterbettung aufgefangen und über Kippzähler mit Datenloggern bestimmt.

Die Messungen wurden über den Zeitraum eines Jahres von Dezember 2015 bis Dezember 2016 durchgeführt. Aus den Differenz zwischen dem Niederschlag und dem Sickerwasser wurde für beide Systeme die Verdunstung berechnet.

Das Jahr 2016 ist mit 967 mm Niederschlag am Standort Coesfeld als relativ feucht einzustufen. Entscheidend dafür war vor allem der Juni mit mehr als 250 mm Gesamtniederschlag. Trotzdem betrug die Verdunstung über den Zeitraum eines Jahres für das System aus dem zweilagigen Beton etwa 48 %, der dreilagige Aufbau konnte 54 % des Niederschlages wieder verdunsten. Aufgrund der Messung der Durchlässigkeit kann Oberflächenabfluss über den Versuchszeitraum ausgeschlossen werden. Die neuen Pflastersysteme eignen sich dazu, den natürlichen Wasserhaushalt gemäß DWA A 102 in weiten Teilen Deutschlands auf Verkehrsflächen zu erfüllen.

8 Literatur

- DIBt (Januar 2015): Zulassungsgrundsätze für Niederschlagswasserbehandlungsanlagen – Teil 1: Anlagen zur dezentralen Behandlung des Abwassers von Kfz-Verkehrsflächen zur anschließenden Versickerung in Boden und Grundwasser. Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin
- FGSV (2013): Merkblatt für Versickerungsfähige Verkehrsflächen (MVV).- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
- HAD (2003): Hydrologischer Atlas von Deutschland. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Online unter (zuletzt abgerufen am 8.07.2016): http://geoportal.bafg.de/dokumente/ggina/html/fachanwendungen_ggina.htm
- Klostermann, P., Coldewey, W.G., Göbel, P. (2012): Entwicklung wasserdurchlässiger und verdunstungsfähiger Pflasterstein-Beläge zum Vermeiden von Niederschlagsabflüssen zur zur Erhöhung der Evaporation im urbanen Raum.- Abschlussbericht, Entwicklungsprojekt mit Förderung der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU), Az 23277

Anhang 1

Ergebnis der Messung 1

Ergebnisbericht Tropfinfiltrrometer-Messung

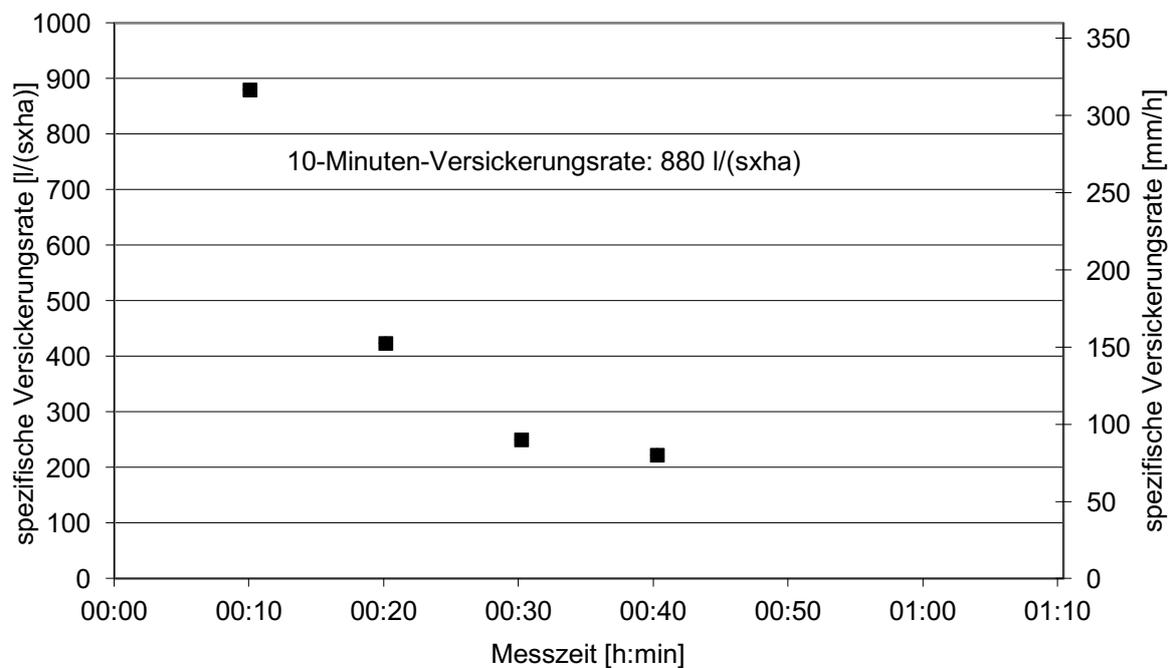
Die Messung wurde mit dem Tropfinfiltrrometer gemäß Merkblatt für Versickerungsfähige Verkehrsflächen (MVV) der Forschungsgemeinschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) durchgeführt.

Ort der Messung: Werksgelände Firma Klostermann

Messung wurde auf wasserdurchlässigem Pflasterbelag durchgeführt

Datum der Messung: 26.08.2016

Ergebnis der Messung:



Die spezifische Versickerungsrate nach 10 Minuten beträgt 880 l/(s·ha).

Anhang 2

Ergebnis der Messung 2

Ergebnisbericht Tropfinfiltrrometer-Messung

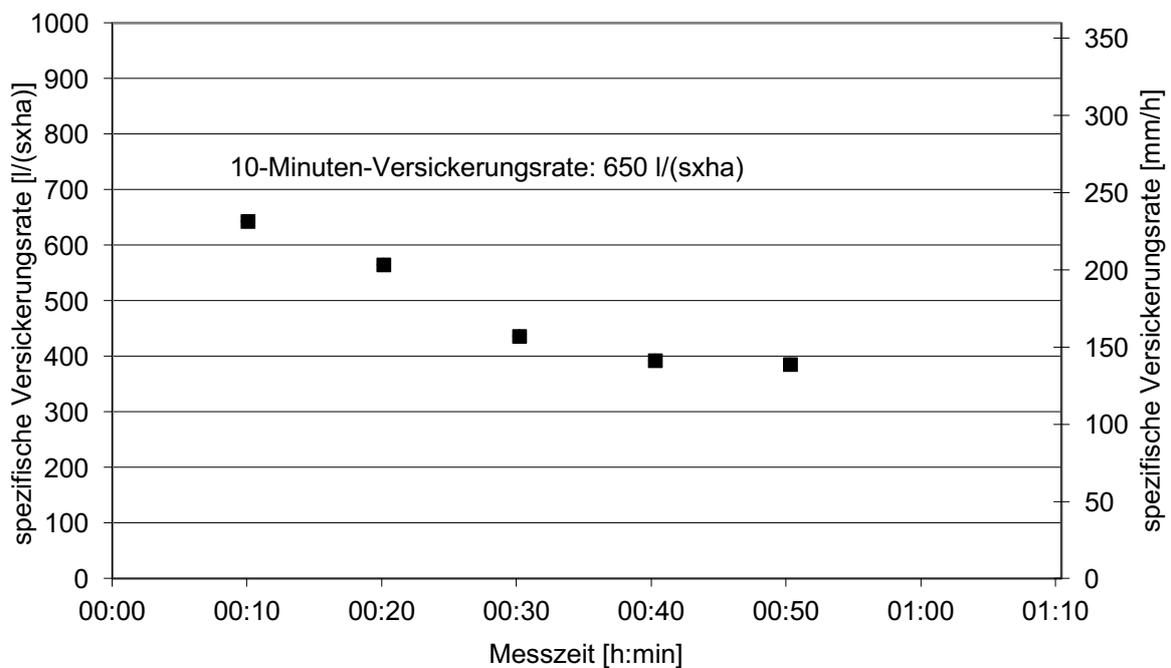
Die Messung wurde mit dem Tropfinfiltrrometer gemäß Merkblatt für Versickerungsfähige Verkehrsflächen (MVV) der Forschungsgemeinschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) durchgeführt.

Ort der Messung: Werksgelände Firma Klostermann

Messung wurde auf wasserdurchlässigem Pflasterbelag durchgeführt

Datum der Messung: 26.08.2016

Ergebnis der Messung:



Die spezifische Versickerungsrate nach 10 Minuten beträgt 650 l/(s·ha).