

Verdunstungsleistung des Pflastersystems GDM.KLIMASTEIN über einen Zeitraum von drei Jahren

Ergebnisse der Lysimeteranlage in Fensterbach

Datum: 30. Oktober 2024

Auftraggeber:

Godelmann GmbH & Co. KG

Industriestraße 1

92269 Fensterbach

angefertigt von:

Dr.-Ing. Carsten Dierkes

H₂O Research GmbH

Kopernikusweg 27a

48155 Münster

1 Anlass und Auftrag

Die H₂O Research GmbH wurde am 01.09.2020 von der Firma Godelmann GmbH & Co. KG aus Fensterbach beauftragt, die Wasserhaushaltsbilanz und insbesondere die Verdunstung von verschiedenen Pflastersystemen zu ermitteln. Diese spielt im Rahmen des Merkblatts DWA-M 102-4/BWK-M 3-4 in Bezug auf die Planungsvorgaben für Siedlungsgebiete und in Bezug auf die Hitzeinselproblematik in den Stadtgebieten eine große Rolle.

2 Der Wasserhaushalt von Verkehrsflächen

Wasserdurchlässige Verkehrsflächenbefestigungen wurden Anfang der 90er Jahre entwickelt, um das Niederschlagswasser 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/(s·ha) versickern sollen, was deutschlandweit in etwa einem 10-minütigem Regen mit einem Wiederkehrintervall von einem Mal in 10 Jahren entspricht, wirken sie auch abflusssdämpfend bei Starkregenereignissen.

Durch eine allgemeine bauaufsichtliche Genehmigung (abG) des Deutschen Instituts für Bautechnik in Berlin (DIBt) kann seit den 2000er Jahren nachgewiesen werden, dass geprüfte Beläge 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 schädlichen Einträgen geschützt ist.

Immer mehr rückt der gesamte Wasserhaushalt eines Siedlungsgebietes in den Vordergrund der Planungen. Dabei tritt neben dem Oberflächenabfluss und dem Sickerwasser auch die Verdunstung von urbanen Flächen in den Vordergrund. Ziel einer Wasserhaushaltsbilanzierung für Siedlungsgebiete des Merkblattes DWA-M 102-4/BWK-M 3-4 ist es daher, einen naturnahen Zustand in Hinsicht auf den Wasserhaushalt zu erhalten. Dies bedeutet, dass in Deutschland im Mittel etwa 50 % des Niederschlages evapotranspirieren sollten.

Im Zuge der Diskussion um dieses Regelwerk wurden in einem Projekt mit Förderung der deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) Verdunstungsmessungen von wasserdurchlässigen Betonpflastersystemen durchgeführt. Allerdings lagen die ermittelten Verdunstungsraten von verschiedenen Systemen lediglich bei etwa 11 % bis 18 % des Jahresniederschlages. Einzige Ausnahme stellten Rasengittersteine mit bis zu 65 % Jahresverdunstung dar. Die Werte der

Sickerpflaster sind damit zu gering, um den natürlichen Wasserhaushalt auf einer Pflasterfläche ohne zusätzliche Maßnahmen zu erhalten.

Aus diesem Grund wurde daran gearbeitet, Pflastersysteme in Hinblick auf die Verdunstung weiterzuentwickeln. Ziel ist es, dass Systeme ohne Begrünung im Jahresmittel Werte bis zu 50 % Gesamtverdunstung erreichen.

3 Untersuchtes Pflastersystem

Als weltweit erster Pflasterstein mit einem dreischichtigen Aufbau zielt der GDM.KLIMASTEIN auf eine deutlich höhere Verdunstungsrate als herkömmliche Beläge.

Die wasserundurchlässige Vorsatzschicht des GDM.KLIMASTEIN funktioniert als Katalysator-Schicht, während die Sichtfläche Wärmeeinstrahlung reflektiert, Lärmemissionen reduziert und Luftschadstoffe neutralisiert. Über die Fugen gelangt die Feuchtigkeit gefiltert in einen haufwerksporigen Beton. Dieser Kernbereich des GDM.KLIMASTEIN dient als Speicherschicht. Dank seiner offenporigen Gestaltung kann er wie ein Schwamm Regenwasser aufnehmen und wieder abgeben. Die feinporige untere dritte Schicht des GDM.KLIMASTEIN ist als Kapillarschicht weniger durchlässig, speichert dadurch mehr Feuchtigkeit und hält das Wasser im Stein, so dass mehr Feuchtigkeit an die Luft abgegeben werden kann. Gleichzeitig sorgen die Kapillaren dafür, dass der Stein Feuchtigkeit aus der Bettung aufnehmen kann. Dies führt zu einer erhöhten Verdunstungsleistung.

Der Versickerungs- und Verdunstungsprozess verläuft über eine mindestens 5 mm breite Fuge bei einem flächenbezogenen Fugenanteil von 5 bis 10 %.



Abbildung 1: Aufbau des GDM.KLIMASTEIN

4 Lysimeteranlage

Lysimeteranlagen haben das Ziel, den Wasserhaushalt von Versuchsflächen oder -aufbauten zu ermitteln. Dazu können Sickerwasserabflüsse und Oberflächenabflüsse gemessen werden und über längere Zeiträume die Verdunstung berechnet werden. In der Regel bestehen die Lysimeter aus abgeschlossenen Versuchswannen. Um möglichst geringe Randeinflüsse zu haben, sollte die Seitenflächen der Lysimeter nicht von der Sonne beschienen werden, also sollte die Konstruktion am besten in den Boden eingebaut werden.

In einer Lysimeteranlage in Fensterbach wurden Testflächen eingebaut, auf denen Messungen des Oberflächen- und Sickerwasserabflusses durchgeführt wurden.

Um den langfristigen Wasserhaushalt des Pflastersystems zu messen, wurde ein Lysimeter gemäß Abbildung 2 gebaut. Hierzu wurden im Bereich der Tragschicht eine Wanne aus Edelstahl (Abbildung 3) mit einem Metallrost aus verzinktem Stahl eingebaut. Die Abmessung der Auffangwanne beträgt 1000 mm x 1000 mm. Auf den Gitterrost wurde eine Edelstahlgaze mit einer Maschenweite von 63 µm verlegt, damit die Feinanteile der Bettung nicht ausgewaschen werden.

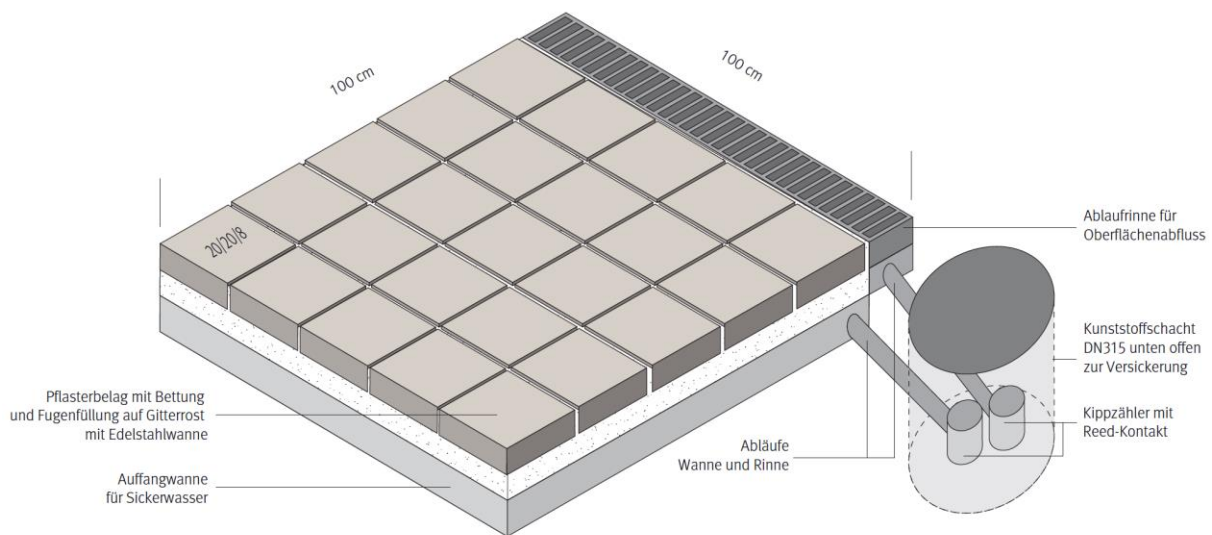


Abbildung 2: Aufbau des Lysimeters

Auf diese Gaze folgte der Aufbau der 4 cm mächtigen Bettungslage aus einem Split der Kornabstufung 2/5 gemäß ZTVT-Stb. Aus der Wanne verläuft eine Rohrleitung DN 40 aus PVC in einen Messschacht DN 400 aus Polypropylen, der ebenerdig eingegraben wurde.

Oberflächlich ablaufendes Wasser wird an einer Seite über eine Ablaufrinne aufgefangen und ebenfalls über eine Rohrleitung DN 40 in den Messschacht geführt. Die Testfläche weist ein

Gefälle von 1% in Richtung der Ablaufrinne auf. Seitlich sind Edelstahl-Leitbleche angefügt, damit auch bei einem Aufstau kein Wasser seitlich abfließen kann.

In dem Messschacht wurden Kippzähler eingebaut. Dabei handelt es sich um modifizierte Regenmesser, bei denen das Wasser über einen Trichter auf eine Kippwaage geleitet wird (Abbildung 4). Bei 1,78 ml kippt die Waage jedes Mal und die Kippbewegung wird über einen Reed-Kontakt an einen Datenlogger übertragen. Dieser speichert jedes Signal mit einem sekundengenauen Zeitstempel.



Abbildung 3: Einbau der Lysimeterwanne und des Messschachtes



Abbildung 4: Einbau der Kippzähler

Außerdem wurde ein Regenmesser mit Datenlogger im Bereich des Messfeldes aufgebaut, um auch die Niederschläge aufzuzeichnen.

5 Ergebnisse der durchgeführten Messungen

Im Folgenden sind die Ergebnisse über drei hydrologische Jahre von November 2021 bis Oktober 2024 erläutert.

Aus den Messwerten des Niederschlages und des Sickerwassers der Flächenbeläge wurden zunächst Tagesdaten berechnet, da für die jährliche Verdunstungsrate keine hochaufgelösten Daten der Regenereignisse notwendig sind. Die Jahres-Verdunstung wurde als die Differenz zwischen Niederschlag und Sickerwasserabfluss zuzüglich Oberflächenabfluss berechnet.

Abbildung 5 zeigt die Monatssummen des Niederschlages und des Sickerwassers des hydrologischen Jahres 2022. Es ist zu erkennen, dass der Sickerwasseranteil im Winter deutlich höher ist als im Sommer. März, Juni und Juli waren sehr trockene Monate mit weniger als 20 mm Niederschlag. Der September 2022 war mit mehr als 110 mm der niederschlagsreichste Monat.

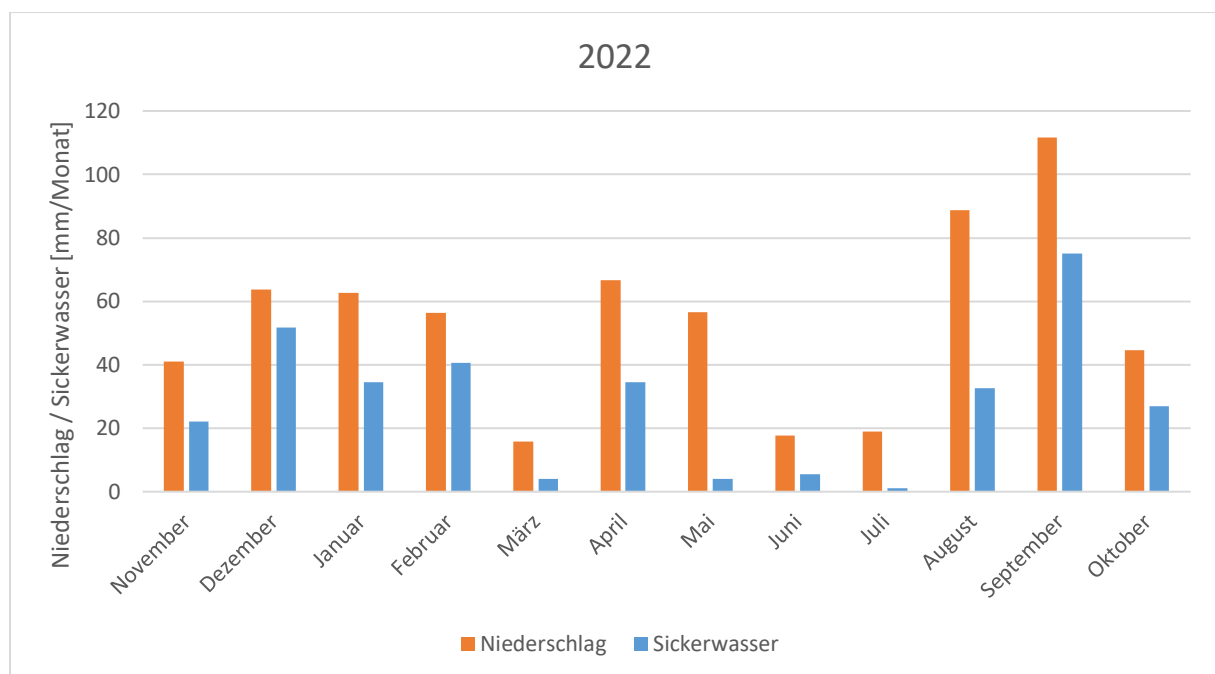


Abbildung 5: Monatswerte von Niederschlag und Sickerwasser des Jahres 2022

Im Jahr 2023 zeigt sich ein ähnliches Bild. Hier sind der November, der Juni und der September sehr trocken, während der August mit fast 120 mm der niederschlagsreichste Monat ist.

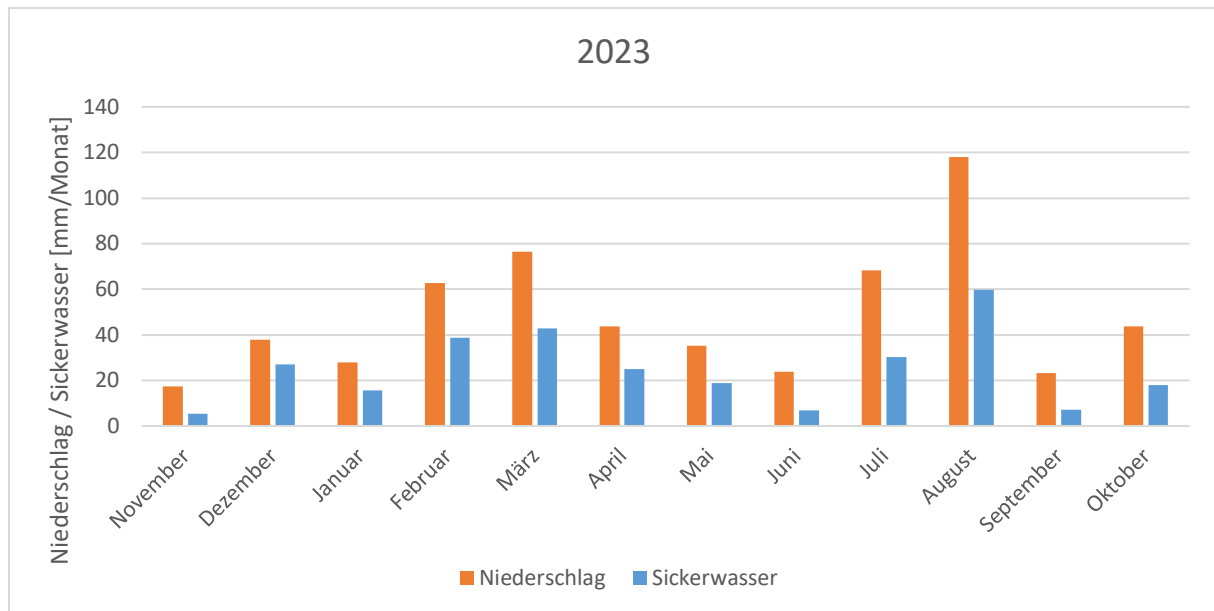


Abbildung 6: Monatswerte von Niederschlag und Sickerwasser des Jahres 2023

2024 schließlich ist das Jahr mit den höchsten Monatsniederschlägen (Abbildung 7). Hier sind der November, der Mai und der September mit jeweils mehr als 100 mm zu nennen. Trockenster Monat war der März mit etwa 20 mm Niederschlag.

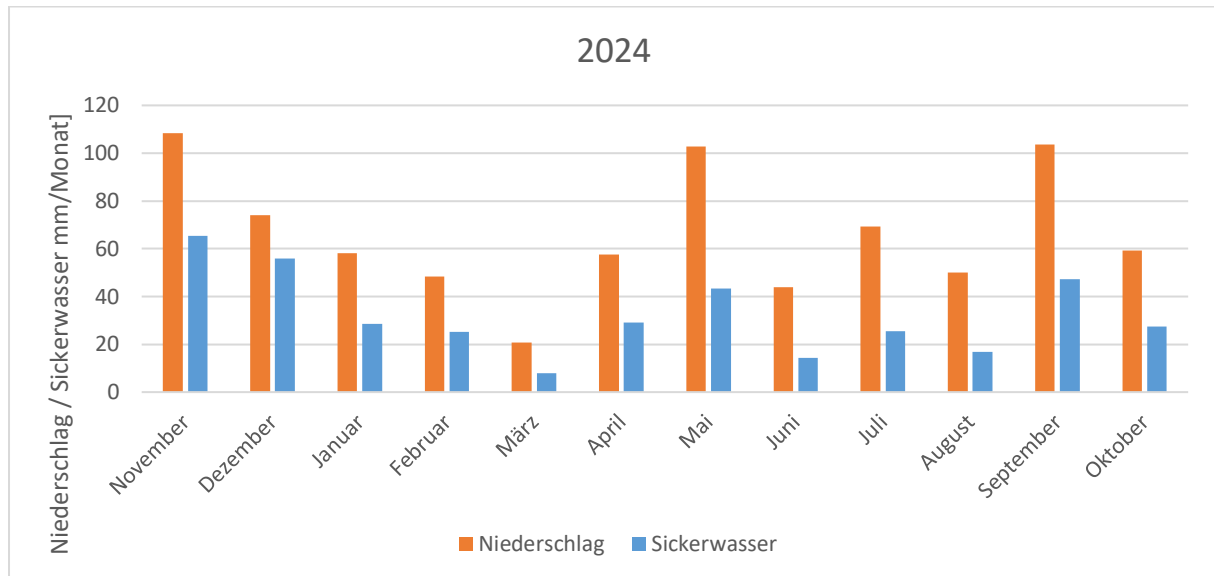


Abbildung 7: Monatswerte von Niederschlag und Sickerwasser des Jahres 2024

Tabelle 1 enthält die Jahreswerte der drei Messjahre. 2023 war das trockenste Jahr mit 578 mm Niederschlag während 2024 das nasseste Jahr mit 797 mm Niederschlag war. Die Verdunstung betrug 2022 48,4 %, 2023 48,8 % und 2024 51,5 %, also im Mittel über die drei Messjahre etwa 50 %.

Die höchsten Kühlleistungen werden in den Sommermonaten, in denen die Wärmebelastung am stärksten ist, durch Verdunstungsraten von über 70 % erzielt.

Tabelle 1: Berechnung der Jahresverdunstung für die hydrologischen Jahre 2022 bis 2024

Hydrologisches Jahr	Niederschlag [mm]	Sickerwasser [mm]	Verdunstung [%]
2022	644	332	48,4
2023	578	296	48,8
2024	797	367	51,5

6 Zusammenfassung

Das Merkblatt DWA-M 102-4/BWK-M 3-4 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 für Siedlungsgebiete 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 als Zielwert nicht in den Planungen enthalten. In Deutschland macht diese aber mit teilweise mehr als 50 % den größten Anteil des natürlichen Wasserhaushaltes aus. Sie wird in Zukunft von besonderer Bedeutung sein.

Gerade Verkehrsflächen tragen 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 Bereich 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 den Wasserhaushalt des GDM.KLIMASTEIN zu bestimmen wurde eine Lysimeteranlage gebaut, die auch eine Berechnung der Verdunstung ermöglicht. Das Sickerwasser wurde über eine unterirdische Wanne unterhalb der Pflasterbettung aufgefangen und über Kippzähler mit Datenloggern gemessen. Der Oberflächenabfluss wurde über seitlich angeordnete Drainagerinnen aufgefangen und ebenfalls über Kippzähler ermittelt. Die Messungen wurden über den Zeitraum von drei Jahren von November 2021 bis Oktober 2024 durchgeführt. Aus

der Differenz zwischen dem Niederschlag und dem Sickerwasser wurde für die Systeme die Verdunstung berechnet. Oberflächenabfluss trat über den Messzeitraum nicht auf.

Der GDM.KLIMASTEIN zeigte über die drei Messjahre Jahres- Verdunstungsraten zwischen 48,4 % und 51,5 %. Das patentierte Herstellungsverfahren führt zu einer erhöhten Verdunstungsleistung von im Mittel mehr als 50 % der jährlichen Niederschlagsmenge. Die höchsten Kühlleistungen werden in den Sommermonaten, in denen die Wärmebelastung am stärksten ist, durch Verdunstungsraten von über 70 % erzielt. Damit erfüllt er die Anforderungen des Merkblatts DWA-M 102-4/BWK-M 3-4 in Hinsicht auf die Verdunstung und ermöglicht die Realisierung eines naturnahen Wasserhaushaltes mit Verkehrsflächen. Durch seine hohe Versickerungsleistung wirkt er außerdem lokalen Überflutungen bei Starkregen entgegen und schützt das Grundwasser durch seine schadstoffrückhaltende Funktion ähnlich wie der belebte Oberboden.