



Entwicklung und Aufbau einer Versuchsanlage zur Ermittlung des Durchlässigkeitsbeiwerts von Böden mit organischen Beimengungen

Erik Schuller¹

¹ Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Subsurface Engineering, 8700, Leoben, Österreich
erik.schuller@unileoben.ac.at

Kurzfassung:

Der Lehrstuhl für Subsurface Engineering an der Montanuniversität Leoben wurde beauftragt eine Pilotversuchsanlage zur Ermittlung des Durchlässigkeitsbeiwerts eines Sickerrasensubstrats zu entwickeln und aufzubauen. Dieses Substrat ist für die Verwendung als Oberboden für Sickermulden vorgesehen und enthält neben Tonerde und Sand auch Rohkompost. Die gemäß RVS 04.04.11 [2] geforderte Durchlässigkeit wurde in acht Versuchen mit konstanter Druckhöhe nachgewiesen.

1 Einleitung

Die Abflüsse von Verkehrsflächen sind oftmals mit organischen oder anorganischen Stoffen verunreinigt. Diese Verunreinigungen entstehen unter anderem aus Abgasnebenprodukten und dem Verschleiß von Reifen, Bremsen und der Fahrbahn [1]. Dementsprechend sind Straßenabwässer vor der Einleitung ins Grund- und Oberflächenwasser zu behandeln, um die ökologische Funktionsfähigkeit der Gewässer nicht zu beeinträchtigen. Laut RVS 04.04.11 [2] sind grundsätzlich eine flächige Behandlung über Dammböschungen, eine lineare Behandlung über Bodenfiltermulden mit linearer, dezentraler Versickerung oder Ableitung oder eine zentrale Behandlung über eine Gewässerschutzanlage zu unterscheiden. Der Oberboden der Böschungen und in den Mulden besteht aus Ton, Schluff, Sand, Kies und Humus in unterschiedlichen Anteilen und wirkt als biologischer Filter, welcher Schadstoffe bindet und zum Teil auch abbaut. Der Bodenfilter für Bodenfiltermulden ist nach der RVS 04.04.11 [2] mit einer Schichtstärke von 30 cm und mit einem Gesamtgehalt an organischem Kohlenstoff (TOC) von 1 % bis 3 % auszuführen. Bei zu geringem TOC darf dieser auch unter Beimischung von Kompost erhöht werden. Zur Sicherstellung eines ausreichenden Rückhalts der Schadstoffe im Filtermaterial und einer ausreichenden Sickerfähigkeit wird ein Durchlässigkeitsbeiwert (k_f -Wert) zwischen $1 \cdot 10^{-4}$ m/s und $1 \cdot 10^{-5}$ m/s gefordert [2].

Ein regionaler Komposthersteller bietet neben Erdmischungen für Privatgärten und Gärtnereien auch Produkte zur Begrünung von Bauflächen und für den Oberboden von Sickermulden an. Diese Erdmischungen für Sickermulden, das Sickerrasensubstrat dient als Bodenfilter zur Rückhaltung von Schadstoffen aus den zufließenden Straßenwässern. Auf Grundlage des geltenden Regelwerks ist für dieses Oberbodenmaterial vor dem Einbau auch die geforderte Durchlässigkeit nachzuweisen. Dafür wurde am Lehrstuhl für Subsurface Engineering eine Pilotanlage [3] zur Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwerts des Sickerrasensubstrats auf Grundlage der ÖNORM EN ISO 17892-11 [4] entwickelt und aufgebaut.

2 Probenmaterial

Das vom Komposthersteller für die Entwicklung der Pilotanlage zur Verfügung gestellte Sickerrasensubstrat

besteht aus Rohkompost, Tonerde und Sand. Eine vorab durchgeführte Siebanalyse ergibt für das Sickerrasensubstrat ein Größtkorn < 8 mm und einen Feinkornanteil $< 0,063$ mm von rund 18 %. Auf Grundlage der Abschätzung des Durchlässigkeitsbeiwerts nach Hazen und Beyer [5] ist das Sickerrasensubstrat als durchlässiger Boden anzusprechen. Aus diesem Grund wurde für die Pilotanlage ein Versuchsaufbau mit konstanter Druckhöhe gewählt.

3 Versuchsanlage

3.1 Aufbau

Die Versuchsanlage ist bewusst einfach aufgebaut und möglichst viele Bauteile sind aufgrund der Verfügbarkeit handelsübliche Produkte vom örtlichen Baumarkt. Die Anlage ist als Durchlässigkeitsversuch mit konstanter Druckhöhe konzipiert. Die Montage auf einer Flachpalette aus Holz erleichtert den Transport zwischen verschiedenen Aufstellorten.



Abb. 1: Probenbehälter [3]

Der Probenbehälter (siehe Abb. 1) besteht aus einem 300 mm langen Rohr aus Polymethylmethacrylat (PMMA) mit einem Innendurchmesser von 119 mm. Die Länge des Rohrs entspricht der Einbaumächtigkeit des Sickerrasensubstrats [2]. An beiden Enden des Rohrs sind Überschiebmuffen samt Muffenstopfen zur Abdichtung mit jeweils einem Hahnverbinder aufgesteckt.

In jeder Muffe sind ein Lochblech mit einem Lochdurchmesser von 2 mm und ein Siebeinsatz mit einer Maschenweite von 500 µm beigelegt, um das Ausspülen von Feinteilen aus der Probe zu verhindern. Diese Kombination aus Lochblech und Siebeinsatz hat sich in Vorversuchen als gute Kompromisslösung herausgestellt. Der Probenbehälter ist mit Rohrschellen an einem Kantholz angeschraubt und wird durch zwei Bügel zusammengespannt.

Seitlich des Probenbehälters sind die beiden in der Höhe versetzbaren Überlaufbehälter ebenfalls an Kanthölzern befestigt (siehe Abb. 2). Diese Behälter sind handelsübliche Sichtboxen, jedoch mit Bodenablauf und Hahnanschluss. Beide Überlaufbehälter sind höher als der Probenbehälter angeordnet und mit diesem mit Schlauchstücken mit einem Innendurchmesser von rund 19 mm (3/4 Zoll) verbunden. Auf eine genaue horizontale Ausrichtung der Überlaufbehälter bzw. vertikale Ausrichtung des Probenbehälters ist vor Versuchsbeginn zu achten. Zwischen dem Probenbehälter und dem unteren Überlaufbehälter ist an einem Schlauchabzweiger ein Entlüftungsschlauch angeschlossen. Zur Erleichterung der Befüllung der Anlage sind die Schlauchstücke mit Absperrhähnen ausgestattet. Die drei Kanthölzer sind mit Winkelverbinder an der Flachpalette angeschraubt.

Laut ÖNORM EN ISO 17892-11 [4] darf das hydraulische Gefälle nicht zu groß gewählt werden, um laminare Strömungsbedingungen sicherzustellen und einen Materialtransport innerhalb des Probekörpers zu verhindern. Ein zu geringes hydraulischen Gefälle hingegen führt dazu, dass der Anfangsgradient nicht überschritten wird. Aus diesem Grund sind die Überlaufbehälter in der Höhe versetzbar ausgeführt, um die Druckhöhe der Versuchsanlage und damit das hydraulische Gefälle an die Durchlässigkeit des Probenmaterials anzupassen. Vorversuche mit dem Sickerrasensubstrat haben ergeben, dass mit einem hydraulischen Gefälle von $i = 1,9$ der Anfangsgradient immer überschritten wird. Bei Versuchen mit einem hydraulischen Gefälle von $i > 2,1$ zeigt die Abnahme des Durchlässigkeitsbeiwertes, dass der postlineare Bereich erreicht ist.

3.2 Probeneinbau

Der Einbau des Sickerrasensubstrats in den Probenbehälter erfolgt mit seinem natürlichen Wassergehalt von rund 13 %. Die Vorversuche haben auch gezeigt, dass eine geringe Verdichtung des Probenmaterial versuchstechnisch erforderlich ist. Die Verdichtung wird von Hand mit einem Stampfer in drei Lagen mit 22 Schlägen je Lage und einer Verdichtungsarbeit von rund 16,75 kJ/m³ durchgeführt. Der Stampfer ist beim Verdichten entsprechend umzusetzen. Laut RVS 04.04.11 [2] darf das Material beim Einbau in Sickermulden nicht verdichtet und der Untergrund nur mit kleinen Gartengeräten befahren werden. Die vergleichsweise geringe Verdichtungsarbeit beim Probeneinbau ist demnach vertretbar. Ein Aufsatz auf dem Probenbehälter erleichtert das Verdichten der obersten Lage und stellt eine konstante Höhe der Probe von $l = 310$ mm sicher.

3.3 Versuchsdurchführung

Der obere Überlaufbehälter wird aus der Wasserleitung mit einem Schlauch befüllt und der Zufluss so geregelt, dass der Behälter immer bis zum Überlauf gefüllt ist. Durch Öffnen des Absperrhahns unterhalb dieses Behälters strömt das Wasser

von unten in den Probenbehälter ein und verdrängt die Luft, welche durch den Entlüftungsschlauch entweicht. Steigt das Wasser im Entlüftungsschlauch höher als der Boden des unteren Überlaufbehälters, wird auch dieser bis zum Überlauf befüllt. Vor jedem Versuch wird die Druckhöhe, die Differenz der Wasserspiegel in den Überlaufbehältern nachgemessen.



Abb. 2: Versuchsanlage [3]

Für verwertbare Versuchsergebnisse ist auf eine vollständige Entlüftung der Schläuche und eine möglichst hohe Sättigung der Probe zu achten. Um die vollständige Entlüftung sicherzustellen, erfolgt die Nullmessung erst nach rund 10 Minuten mit konstantem Durchfluss. Mit der Nullmessung ist das aus dem unteren Überlaufbehälter ausfließende Wasser aufzufangen. Für aussagekräftige Ergebnisse wird die minimale Versuchsdauer mit 30 Minuten festgelegt. Für die Bestimmung der dynamischen Viskosität des Wassers bei der Versuchstemperatur wird sowohl im oberen als auch unteren Überlaufbehälter die Temperatur gemessen und gemittelt.

Die Versuchsauswertung erfolgt mithilfe des Filtergesetzes nach Darcy für laminare Strömung und der Kontinuitätsgleichung. Für das Sickerrasensubstrat wurde in acht Versuchen mit einem hydraulischen Gefälle von $i = 2,0$ ein mittlerer Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f = 2,24 \cdot 10^{-5}$ m/s bestimmt. Somit ist laut RVS 04.04.11 [2] eine ausreichende Sickerfähigkeit (eine Entleerungszeit ohne Schädigung der Begrünung) und ein ausreichender Rückhalt der Schadstoffe im Filtermaterial bei Verwendung des untersuchten Sickerrasensubstrats als Oberboden in Sickermulden gegeben.

Literaturverzeichnis

- [1] Haile, Fürhacker, 2017. Filtermaterialprüfung: Anwendung der ÖNORM B 2506 Teil 3 für das hochrangige Straßennetz. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft 69, 495-502
<https://doi.org/10.1007/s00506-017-0427-7>
- [2] Österr. Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr (FSV), 2020. RVS 04.04.11: Gewässerschutz an Strassen
- [3] Seidler, 2020. Entwicklung und Aufbau einer Pilotversuchsanlage zur Ermittlung des Durchlässigkeitsbeiwerts von Böden mit organischen Beimengungen. Masterarbeit, Lehrstuhl f. Subsurface Engineering, Montanuniversität Leoben
- [4] Austrian Standards International, 2021. ÖNORM EN ISO 17892-11: Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Laborversuche an Bodenproben, Teil 11: Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit
- [5] Hölting, Coldewey, 2013. Hydrogeologie - Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie. 8. Aufl., Springer Spektrum