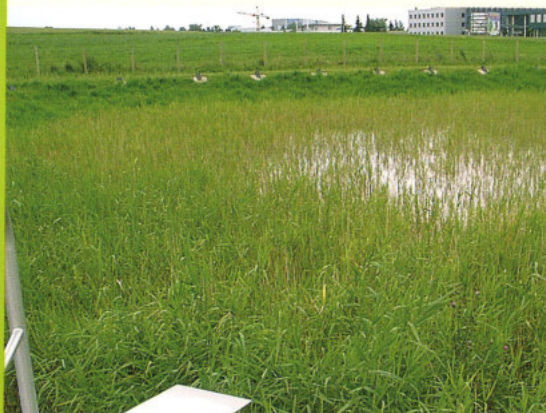




Oberrhein-Handels-Union
GmbH & Co. KG

Kompetenz in Gesteinskörnung!

Oberrheinsand und -kies für Retentions-Bodenfilter



Informationen für Planer und Bauunternehmen



Oberrheinsand und -kies für Retentions-Bodenfilter

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung
2. Begriffe und Definitionen
3. Entwicklung der Retentionsbodenfilter
4. Funktion und Einsatzbereiche
5. Dimensionierung
6. Konstruktion und Bau
7. Substratwahl
 - 7.1 Filtersand
 - 7.2 Filterkies
8. Bepflanzung
9. Literatur

1. Einleitung

Die Broschüre Oberrheinsand und -kies als Retentions-Bodenfilter soll Bauherren und interessierten Lesern zugleich einen Überblick über Möglichkeiten der Verwendung von natürlichen, mineralischen Gesteinskörnungen als Filtersubstrat im Retentionsfilterbau geben. Die unter Punkt 2 beschriebenen Begriffe und Definitionen dienen der Erklärung und dem besseren Verständnis für die Folgepunkte.

Für die fachliche Unterstützung bei der Erstellung dieser Broschüre sowie für die Bereitstellung des verwendeten Bildmaterials bedanken wir uns bei Herrn Dipl.-Ing. Herbert Zech, Sinsheim.

2. Begriffe und Definitionen

Filtersande und -kiese

Filtersande und -kiese dienen in verschiedenen Korngrößenverteilungen der Entfernung diverser Schwebstoffe in verunreinigtem Wasser. Die Schwebstoffe werden durch Anlagerung bzw. Adsorption zurückgehalten. Die Oberrhein-Handels-Union (OHU) ist auf Grund der technischen Ausstattung der Gesellschafterwerke in der Lage, Sondermischungen herzustellen. Anforderungen von ausschreibenden Stellen an Sieblinien für Filtersande und -kiese können deshalb objektbezogen realisiert werden.

Regenwasser

Regenwasser ist Niederschlagswasser. Regenwasser stammt vom Abfluss von Dächern, Gehwegen, Hofflächen, Straßen und Plätzen und ist nicht belastet mit Abwässern. Die Regenwasserbehandlung erfolgt im sog. Trennsystem.

Mischwasser

Mischwasser besteht aus Niederschlagswasser und häuslichen bzw. gewerblichen Abwässern. Bei Niederschlag entsteht mehr Wasservolumen, was eine Reduzierung der Konzentrationen an häuslichen und gewerblichen Abwässern zur Folge hat. Dadurch ist der Anteil an abfiltrierbaren Stoffen geringer als in Trockenperioden. Die Behandlung von Mischwasser erfolgt im Mischsystem. Durch die unterschiedlichen Konzentrationen an abfiltrierbaren Stoffen des Mischwassers ergeben sich erhöhte Anforderungen an die Filteranlagen im Mischsystem. Die Planung und Ausführung erfordert bodenkundliche Fachkenntnisse und erfolgt durch entsprechende Planungsbüros und Architekten.

Filtration

Unter Filtration im Sinne von Regenwasserbehandlung versteht man mechanische Trennverfahren, bei denen das zu trennende Gemisch (Regenwasser + ggf. häusliche und gewerbliche Abwässer) durch einen Filter geführt wird. Dabei werden die Schwebstoffe im Retentionsfilter eingelagert. Die Behandlung erfolgt durch zwei in der Praxis verwendete Verfahren, dem Misch- bzw. Trennsystem. Im Gegensatz zum Mischsystem erfolgt beim Abwasser (Regenwasser) des Trennsystems kein Zufluss von häuslichen bzw. gewerblichen Abwässern. Das Abwasser des Trennsystems ist Niederschlagswasser (Regenwasser) aus Siedlungsgebieten.

Retention

Retention bedeutet Zurückhalten (lat. retentio = zurückhalten). Der Begriff Retention aus der Wasserwirtschaft unterscheidet zwischen gesteuertem Abfluss, bei dem die Regelung durch Steuerorgane erfolgt, und der ungesteuerten Seeretention, bei der der Abfluss nur vom Wasserstand abhängt.

Permeabilität

Permeabilität bedeutet Durchlässigkeit und kennzeichnet die Fähigkeit eines Materials, Flüssigkeiten hindurchzulassen. Die Durchlässigkeit verschiedener Materialien unterscheidet sich erheblich. Toniger Schluff hat zum Beispiel eine sehr geringe Durchlässigkeit, Kies dagegen eine sehr große. Der Durchlässigkeitskoeffizient bzw. Durchlässigkeitsbeiwert K_f von tonigem Schluff liegt bei etwa 10^{-6} m/s bis 10^{-9} m/s, der von Kies etwa bei 10^{-3} m/s, was einem Faktor von ca. einer Million entspricht. Durch tonigen Schluff sickert demzufolge ca. eine Million Mal weniger Wasser als durch Kies. Die Durchlässigkeit der Gesteinskörnung ermöglicht eine Sickerströmung durch das Filtergemisch (Sand und Kies), wobei sich das Wasser durch hydrostatischen Druck von der Stelle des höheren hin zum niedrigeren Druck durch die Zwischenräume bewegt.

Typische Kennzahlen für Durchlässigkeitsbeiwerte K_f für Lockergesteine:

- | | |
|------------------------|---------------------------------|
| • reiner Kies: | 10^{-1} m/s bis 10^{-2} m/s |
| • grobkörniger Sand: | um 10^{-3} m/s |
| • mittelkörniger Sand: | 10^{-3} m/s bis 10^{-4} m/s |
| • feinkörniger Sand: | 10^{-4} m/s bis 10^{-5} m/s |
| • schluffiger Sand: | 10^{-5} m/s bis 10^{-7} m/s |
| • toniger Schluff: | 10^{-6} m/s bis 10^{-9} m/s |
| • Ton: | $>10^{-9}$ m/s |



landschaftsnahe Gestaltung eines Retentionsfilterbeckens

Perkolation

Perkolation bezeichnet das Durchfließen von Wasser durch ein festes Substrat.

Melioration

Melioration bedeutet die Ausführung kulturtechnischer Maßnahmen zur Bodenverbesserung im Sinne von Be- oder Entwässerung und Dränierung.

Kolmation

Unter Kolmation ist die Verstopfung der Poren von Filtermaterialien zu verstehen. Kolmation kann dann entstehen, wenn der Anteil an partikulären Feststoffen im Mischwasser zu hoch ist, was zum Versagen der Filteranlage führt.

Elimination

Die Entfernung bestimmter Stoffe aus einem betrachteten System (hier Abwasser), z. B. durch biologischen Abbau, Adsorption usw., wird als Elimination bezeichnet.

Nitrifikation

Unter dem Begriff Nitrifikation ist die bakterielle Oxidation von Ammoniak (NH_3) bzw. Ammonium-Ionen (NH_4^+) zu Nitrat (NO_3^-) zu verstehen. Dazu ist Sauerstoff (O_2) aus der Umgebung erforderlich.

Sorption

Unter Sorption ist die Aufnahme eines Gases oder gelösten Stoffes durch einen anderen festen oder flüssigen Stoff zu verstehen. Im Fall der Retentions-Bodenfilter nimmt der Filtersand als sog. Sorptionsmittel die im Misch- bzw. Regenwasser vorhandenen Schwebstoffe und gelösten Stoffe (Sorptive) auf. Die später im Filtersand eingelagerten Stoffe werden als Sorbat bezeichnet.

Feldkapazität

Unter Feldkapazität versteht man die Wassermenge, die ein Boden maximal gegen die Schwerkraft halten kann. Bei Filterstoffen ist die Feldkapazität abhängig von der Porengröße des Filtermediums.

Makroporen

Makroporen entstehen in Böden durch flächige Schrumpfungsrisse. Dabei handelt es sich um zylindrische Tier- bzw. Wurzelgänge bzw. Schwundrisse im Boden. Der Makroporenfluss innerhalb dieser Gänge beschreibt die schnelle Wasserbewegung in den so entstandenen Bodenstrukturen.

3. Entwicklung der Retentions-Bodenfilter

Seit 1988 ist in Baden-Württemberg, in Sinsheim-Waldangelloch, ein Retentions-Bodenfilter zur stofflichen Reduzierung einer Mischwasserentlastung erfolgreich in Betrieb. In den Folgejahren entstanden vor allem in Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen zahlreiche Anlagen unterschiedlicher Bemessung und Konstruktion. In Baden-Württemberg gab die Landesanstalt für Umweltschutz (LfU) zur Anleitung und Vereinheitlichung Ende 1998 das „Handbuch 4: Bodenfilter zur Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem“ heraus, ein entsprechendes Handbuch wurde vom Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen 2003 herausgegeben.

Im Mai 2005 ist das entsprechende bundesweit gültige DWA-M 178 Merkblatt „Empfehlungen für Planung, Konstruktion und Betrieb von Retentionsbodenfilteranlagen zur weitergehenden Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem“ erschienen.

4. Funktion und Einsatzbereiche

Bei einem Retentions-Bodenfilter handelt es sich um ein ingenieurtechnisches Bauwerk. Es reduziert durch Filtration, Sorption, Abbau und Fällung partikuläre und gelöste Wasserinhaltsstoffe bei der Bodenpassage aus dem Misch- bzw. Regenwasser. Damit können mit Retentions-Bodenfiltern alle weitergehenden Anforderungen an eine Misch- und Regenwasserbehandlung erfüllt werden. Retentions-Bodenfilter werden deshalb zur Behandlung stark verschmutzter Regenabflüsse von Trennsystemen und Straßen, einschl. Autobahnen sowie von Entlastungsabflüssen von Mischsystemen eingesetzt.

Frisch eingebaute Filtersande besitzen einen hohen Durchlässigkeitsbeiwert (Permeabilität) bzw. einen hohen Filterdurchfluss. Deshalb wird der Filterablauf von Retentions-Bodenfiltern gedrosselt. Die Durchlässigkeit verringert sich im Laufe der Betriebszeit, bedingt durch die Ansammlung abgefilterter Stoffe auf der Filteroberfläche, jedoch ohne dass dadurch Einschränkungen für einen nachhaltigen Betrieb entstehen.

Retentions-Bodenfilter Waldangelloch während der Beschickung



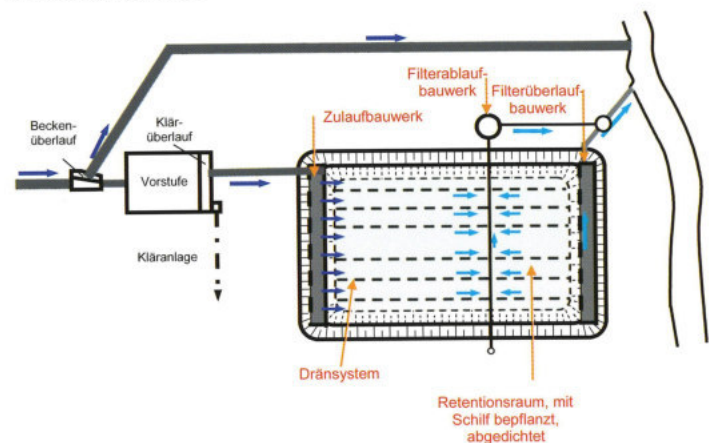
5. Dimensionierung

Im Gegensatz zu Regenrückhaltebecken werden Retentions-Bodenfilter nicht nach einem (Bemessungs-) Ereignis einer bestimmten Wiederkehrzeit, sondern nach der Filterbelastung von $40 - 50 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ a}$ bemessen. Hierbei werden sämtliche Zuflussereignisse eines Zeitraumes (z. B. 10 Jahre) berücksichtigt. Die Bemessung erfolgt zweckmäßigerweise durch Langzeitsimulationen mit Hilfe hydrologischer Modelle. Vereinfachte Berechnungsansätze ergeben in der Regel keine wirtschaftlich optimalen Abmessungen.

6. Konstruktion und Bau

Ein Retentions-Bodenfilter besteht aus folgenden Komponenten:

1. Filter
2. Dränsystem
3. Abdichtung
4. Retentionsraum
5. Bepflanzung
6. Zulauf-/ Verteilerbauwerk
7. Ablaufbauwerk
8. Überlaufbauwerk



Um das Risiko einer Kolmation zu verhindern bzw. zu verringern, ist es zwingend notwendig, dem Retentions-Bodenfilter eine Absetzstufe (Regenklärbecken/Regenüberlaufbecken) für den Rückhalt der enthaltenen absetzbaren Stoffe im Regen- bzw. Mischwasser vorzuschalten.

Retentions-Bodenfilter unterliegen einer hohen hydraulischen Belastung, weshalb ein leistungsfähiges Dränsystem integriert werden muss. Das durch den Filter perkolierte, gefilterte und gereinigte Wasser wird gleichmäßig über eine Filterkies-Schicht 2/8 mm von einem flächigen, horizontal verlegten Dränagenetz aus Dränleitungen und Dränsammelleitungen aufgenommen und abgeleitet. Die Kies-Drän-schicht, bzw. deren Körnungslinie muss gegenüber der darüberliegenden Schicht und den Dränschlitz Filterstabilität gewährleisten. Die Materialeigenschaften werden vor und nach dem Einbau von unabhängigen Prüfstellen überwacht.

Retentions-Bodenfilter werden grundsätzlich als geschlossene Systeme mittels Abdichtung gegen darunterliegendes Erdreich geplant und ausgeführt. Dadurch sind Unwägbarkeiten im Hinblick auf Verbleib und Qualität des gefilterten Wassers ausgeschlossen und das Eindringen von Grundwasser wird verhindert.

Weiterhin ist in der Entwicklungsphase der Schilfvegetation ein gelegentlicher Einstau/Überstau des Filters zur Unterdrückung von Fremdvegetation und die Steuerung/Drosselung des Ablaufes zur Gewährleistung der Mindestaufenthaltszeit möglich.

Das Herz der Retentions-Bodenfilter-Anlage bildet der Filterkörper. Dieser wird in der Regel einschichtig mit ausgewähltem Sand 0/2 mm aufgebaut.

Die Filterdicke beträgt bei Normalanforderungen im Mischsystem zwischen 0,75 und 1,00 m, im Trennsystem zwischen 0,50 m und 0,75 m. Zur besseren Strukturierung der eingetragenen Sedimente wird die Filteroberfläche mit einer Dränkies-Schicht abgedeckt.

Die begrenzte Infiltrationsleistung des Filterkörpers und die Notwendigkeit einer gleichmäßigen Filterbelastung bedingen die Ausbildung eines Retentionsraumes. Da beim Bodenfilter-Verfahren sehr große Wassermengen erfasst und behandelt werden, sind verhältnismäßig große Retentionsräume erforderlich.

Bei der Wahl der Einstauhöhe ist sowohl auf die hydraulische Filterbelastung, als auch die auf die Filterfläche aufzubringende Stofffracht zu achten.

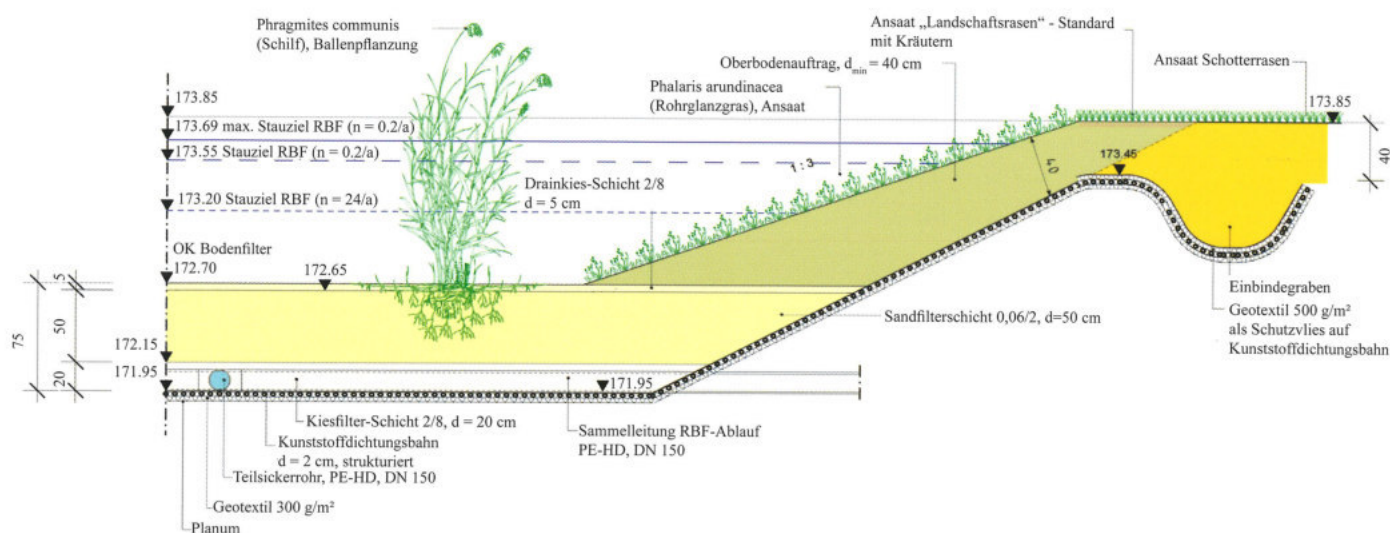
Empfehlenswerte Einstauhöhen liegen in der Spannweite von 0,5 - 1,5 m, wobei der untere Bereich für die Anlagen im Trennsystem, der obere Bereich für die Anlagen im Mischsystem gilt.

Retentions-Bodenfilter sind anderen Verfahren im Hinblick auf Wartung, Unterhaltung und Kosten überlegen. Sie können bei entsprechender Einbindung bereichernde Elemente in der Landschaft darstellen.



Abdichtung eines Retentions-Bodenfilters

Regelquerschnitt Retentions-Bodenfilter



7. Substratwahl

Bodenfilter sind hydraulische und stoffliche Hochleistungsanlagen, die Wassersäulen bis zu 3 m pro Tag und bis zu 50 m pro Jahr zu verarbeiten haben. Dies erfordert eine sorgfältige Auswahl und Kontrolle des Filtermaterials vor und während des Einbaus.

Nach heutigem Kenntnisstand wird der Filter bei Normalanforderungen einschichtig mit ausgewähltem Sand 0/2 mm aufgebaut. Ein mehrschichtiger Aufbau mit meliorierten Filterböden kann bei hohen Anforderungen, z.B. Phosphorelimination, erforderlich werden.

7.1 Filtersande

Sand wird zur Reinigung von Abwässern bereits seit über 100 Jahren erfolgreich verwendet.

Die Auswahl des Filtersubstrats erfolgt gemäß der Empfehlung des „Handbuch Wasser 4“ der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LFU) bzw. bundesweit nach dem Merkblatt DWA-M 178 mit gewaschenem Filtersand der Körnung 0/2 mm ohne gebrochenen Anteil.

Die Verwendung von gebrochenem Körnungsanteil im Filtersand reduziert die hydraulische Durchlässigkeit (Permeabilität). Gleiches gilt für einen zu hohen Feinanteil im Filtersandgemisch. Ein zu hoher Grobanteil hingegen bewirkt die Verschlechterung des biologischen Abbaus, der Nitrifikation und der Feldkapazität. Abweichungen der Körnungslinie sind nur in sehr engen Grenzen akzeptabel, wenn die Reinigungsleistung erhalten bleiben soll. Anteile an Schluff bzw. Ton müssen unter 5 % liegen, der Anteil der Korngruppe 2/4 mm darf 5 % nicht überschreiten.

Die Filtersande von OHU sind gewaschen, frei von organischen Verunreinigungen und ohne Brechkornanteil.

Durch den extrem niedrigen bzw. nicht vorhandenen Humusgehalt in Filtersand-Produkten der OHU ist das Kohlenstoff-Stickstoffverhältnis sehr eng. Das Verhältnis von Kohlenstoff zu Stickstoff lässt Rückschlüsse im Hinblick auf die Verfügbarkeit von Stickstoff zu. Stickstoff ist in organischer Form ein wichtiger Baustein der Proteine

und somit ein wichtiges Hauptelement aller Organismen. Stickstoff ist für die Photosynthese von Pflanzen unverzichtbar, um unter anderem Eiweiße herzustellen und dient so dem Wachstum.

Filtersande werden unterschieden in karbonathaltige Flusssande (z. B. Rheinsand) und karbonatfreie Quarzsande. Karbonatfreie Filtersande sind nicht für alle Anwendungsfälle geeignet, ggf. muss Karbonat zugemischt werden.

Die OHU hat beide Filtersandarten im Sortiment und kann je nach Anforderungsprofil des Bodenfilters die gewünschte Sorte liefern.

Sande besitzen keinen ausgeprägten Makroporenfluss. Somit können Bakterien und Keime besser abgebaut bzw. entfernt werden.

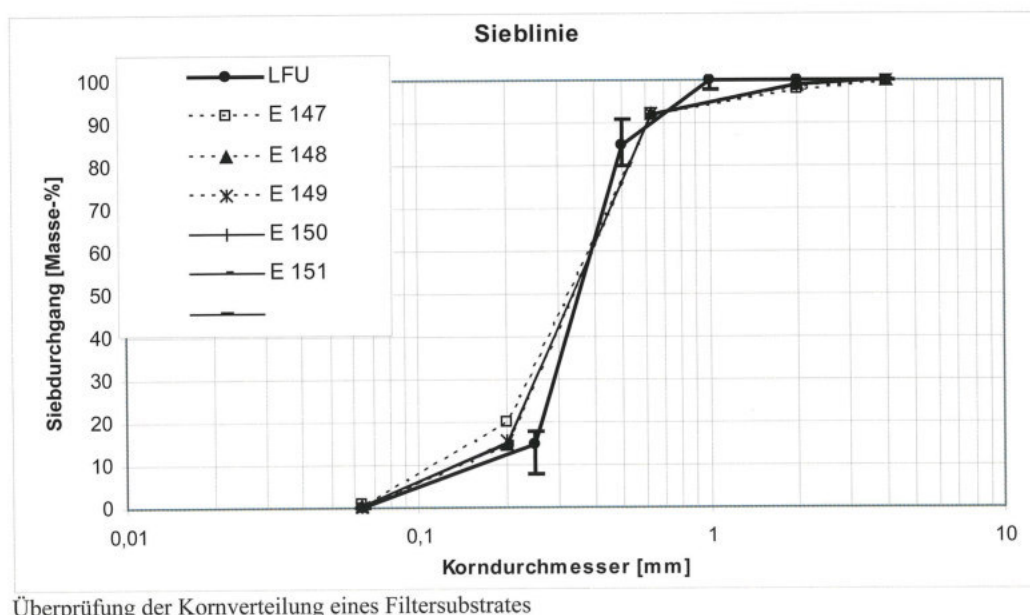
Beim Einbau des Bodenfilters ist darauf zu achten, dass die Einbaudicke nach der Setzung des Filtersubstrates gewährleistet ist. Sand hat ein natürliches Setzmaß von ca. 15 %, was bei der planerischen Festlegung der Schütthöhe berücksichtigt werden muss.

Das Filtersubstrat darf beim Einbau nicht verdichtet werden, weshalb der Filter nicht befahren werden darf. Dies erfordert ggf. entsprechende Einbaugeräte. Verunreinigungen der Filtersubstrate müssen unter allen Umständen vermieden werden. Damit von den Anlieferungs-Schüttstellen kein Boden mit aufgenommen wird, müssen Verluste der untersten Mietschicht einkalkuliert werden.

Die Lieferqualität ist vor und nach dem Einbau durch eine Fremdüberwachung sicherzustellen.

Filtersande der OHU haben neben einer guten Reinigungsleistung den Vorteil von Nachhaltigkeit beim Filterbetrieb. Durch die Möglichkeit der werksmäßigen Konfektionierung der Substratkomponenten, unter Berücksichtigung der vorgeschriebenen Körnungslinien und der Materialauswahl mit modernsten Bandmischanlagen, können sämtliche Anforderungen an ein hochwertiges Filtersubstrat erfüllt werden.

Die regional verfügbaren Produkte der OHU bedingen keine weiten Transportwege und weisen deshalb hohe umweltrelevante Vorteile auf.



Einbau von Filtersubstrat mit geeigneten Maschinen



7.2 Filterkies

Kiese und Kiessande sind Filtermaterialien für mechanische Filter zum Zweck der Abtrennung partikulärer Stoffe, nicht jedoch für die Entfernung gelöster Stoffe.

Im Gegensatz zu Sandfiltern arbeiten Kiesfilter nach dem Prinzip der Raumfiltration, die filtrierte Feststoffe dringen tief in den Filterkörper ein. Das Filtersubstrat speichert die partikulären Stoffe quasi als Schlamm-speicher.

Kiese und Kiessande besitzen im frisch eingebauten Zustand hohe Durchlässigkeitsbeiwerte sowie einen hohen Filterdurchfluss. Jedoch verringert sich im Laufe der Funktionszeit des Kiesfilters dessen Durchlässigkeit, bedingt durch die Ansammlung der abgefilterten Stoffe.

Das heißt, dass die Durchlässigkeit des Filtermaterials nicht allein bestimmt wird durch den Kornaufbau des Filters, sondern mit fortschreitender Betriebsdauer immer mehr von der sich bildenden Invasions- bzw. Sedimentschicht. Nach einer festgelegten Invasionstiefe (i. d. R. 0,5 m) muss der Filter deshalb erneuert werden.

Kiese und Kiessande eignen sich gut für die Filtration von stetig anfallendem Abwasser. Bei der Mischwasserfiltration können sie eingesetzt werden, wenn eine biologische Wirkung eine untergeordnete Rolle spielt.

Die OHU bietet ein umfangreiches Liefersortiment für Filterkiese und Kornfilter in den Körnungen 2/8 mm, 8/16 mm und 16/32 mm sowie Filter-Kiessande der Körnungen 0/8 mm, 0/16 mm und 0/32 mm.

Einbau von Filterkies als Bestandteil eines Retentions-Bodenfilters



8. Bepflanzung

Die Bepflanzung von Retentions-Bodenfiltern dient vorrangig der Vermeidung der Verschlammung bzw. der Strukturierung der Filteroberfläche, nicht jedoch der Reinigungsleistung.

Infolge der hohen Filterbelastung und der damit verbundenen langen Einstauzeit sowie der Sedimentauflandung wird als Bepflanzung bevorzugt Schilf verwendet. Lediglich bei sehr schwacher Filterbelastung kann eine Grasvegetation in Frage kommen. Die Schilfvegetation sorgt mit ihrem Bestandsabfall für eine Bedeckung der Filteroberfläche. Damit wird einerseits die Austrocknung und Verkrustung verhindert, andererseits entsteht ein günstiges Milieu für Bodenorganismen, die durch ihre Aktivität zusammen mit der Pflanzenwurzel die Filteroberfläche offen halten.

Der Bestandsabfall bewirkt weiterhin eine schnelle Trocknung und Strukturierung der eingetragenen Feststoffe. Der starken Abnahme der hydraulischen Leitfähigkeit durch kompakte, strukturlöse Sedimente wird damit entgegengewirkt. Eine Mahd und Abfuhr des Schilfes muss deshalb unterbleiben.

9. Literatur

[1] LfU; Handbuch Wasser 4: Bodenfilter zur Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem, 10/1998

[2] DWA-M 178: Empfehlungen für Planung und Konstruktion von Retentionsbodenfilteranlagen zur weitergehenden Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem, 5/2005

Hinweis: Die Autoren dieser Broschüre übernehmen keinerlei Gewähr für die Aktualität, Korrektheit, Vollständigkeit oder Qualität der bereitgestellten Informationen. Haftungsansprüche, welche sich auf Schäden materieller oder ideeller Art beziehen, die durch die Nutzung oder Nichtnutzung der dargebotenen Informationen bzw. durch die Nutzung fehlerhafter und unvollständiger Informationen verursacht wurden, sind grundsätzlich ausgeschlossen.

Neubau eines Retentionsfilterbeckens



strukturierte Filteroberfläche durch Bestandsabfall des Schilfs

