Informationen des
Sonderdruck aus »GP – Gesteins-Perspektiven« 4/2006
BKS – Bundesverband der Deutschen Kies- und Sandindustrie e.V.
Kies und Sand
Wir gestalten Zukunft. Natürlich.

Retentionsbodenfilter zur Behandlung von Niederschlagsabflüssen

Prof. Dr.-Ing. Mathias Uhl

Zusammenfassung
Niederschlagsabflüsse aus Siedlungsgebieten und von stark befahrenen Straßen weisen Verschmutzungen auf, die für die aufnehmenden Gewässer und deren Biozönosen eine erhebliche Belastung darstellen können.
Retentionsbodenfilter leisten eine weitgehende physikalisch-biologische Behandlung derartiger Niederschlagsabflüsse. Basierend auf den Erfahrungen mit der ersten Anlagengeneration und Ergebnissen aktueller F/E-Vorhaben wurde ein Handbuch und ein Merkblatt für Retentionsbodenfilter erarbeitet.
Der Beitrag fasst die wichtigsten Hinweise für Planung, Bau und Betrieb von Retentionsbodenfiltern zusammen.

Retentionsbodenfilter als Elemente der Regenwasserbehandlung

Die Niederschlagsabflüsse aus Misch- und Trennsystemen der Stadtentwässerung sowie der Straßenentwässerung stellen für oberirdische Gewässer Belastungen von lokaler, regionaler und überregionaler Bedeutung dar. Abhängig von Abfluss und Stoffgruppe (sauerstoffzehrende Stoffe, Nährstoffe, Schadstoffe) sind akute und verzögerte Wirkungen sowie Langzeitwirkungen zu beobachten. Seit vielen Jahren werden Regenbecken zur Sedimentation gut absetzbarer Stoffe erfolgreich eingesetzt.
Die in Gewässern relevanten Probleme werden jedoch vorwiegend durch gelöste Stoffe und feinpartikulär gebundene Stoffe verursacht. Hierfür haben sich Retentionsbodenfilter (RBF) in den vergangenen Jahren als leistungsfähige Reinigungsanlagen erwiesen. Sie leisten eine physikalisch-biologischen Behandlung von gelösten, partikulären und partikulär gebundenen Stoffen. Eine hohe Reinigungswirkung ist gegenüber Feststoffen, sauerstoffzehrenden Stoffen, Ammonium und teilweise auch Schwermetallen zu erwarten. Ein gezielter, langfristiger Rückhalt von Phosphor, Keimen und Schwermetallen ist stets an besondere Anforderungen an das Filtersubstrat und die Betriebsweise gekoppelt.
Die Befunde einer umfangreichen Untersuchung großtechnischer Anlagen in Nordrhein-Westfalen [1] sowie vielfältige Erfahrungen mit Bau und Betrieb in Baden-Württemberg bildeten die empirische Grundlage für neuen technische Regeln ([2], [3]).

Bauweise

Retentionsbodenfilter bestehen aus einem gedichteten Becken mit einer Filterschicht und einer Dränage mit konstant geregeltem Abfluss. Der Zufluss wird zunächst in einem Retentionsraum (Einstauhöhe 0,5–2 m, Freibord 0,3 m) über dem Filter zwischengespeichert. Das Wasser durchsickert dann die einschichtige Filterschicht (0,75–1,0 m mächtig) aus carbonathaltigem Sand (Körnung 0–2 mm). Bei der Durchsickerung der Filterschicht werden partikuläre und gelöste Wasserinhaltsstoffe aufgrund von Filtration, Sorption und biologischem Abbau erheblich reduziert.
Unter der gesamten Filterfläche befindet sich eine Dränschicht, die aus Filterkies (> 0,25 m mächtig, Körnung 2–8 mm) und einer darin gebetteten Dränage (DN 150) besteht. Die Dränage führt das durchsickernde Wasser einem Ablaufbauwerk zu. Dort regelt eine Drosselvorrichtung den Ablauf auf 0,01–0,03 l/(s x m² Filterfläche), um konstante Filtergeschwindigkeiten zu erzielen. Durch einen kontrollierten Filtereinstau zu Ereignisbeginn und bei gering intensiven Zuflüssen wird eine vollständige und gleichmäßigere Filterbeschickung erzielt.
Die Sohlabdichtung des RBF kann als PE-HD-Dichtungsbahn, geosynthetische Tondichtungsbahn oder mehrlagige mineralische Abdichtung hergestellt

Problem im Gewässer infolge der Einleitung von Niederschlagswasser	Belastung akut	Belastung langfristig	Eignung von RBF
O_2-Defizit	x	(x)	++
NH_3-Toxizität	x		++
Phosphor, Stickstoff		x	+, o
Feststoffe, Schwermetalle	(x)	x	++
Hygiene	x		o
hydraulischer Stress	x		+

( ) fallweise ++ sehr gut + gut o mäßig

Tabelle 1: Eignung von Retentionsbodenfiltern (RBF) zur Mischwasserbehandlung

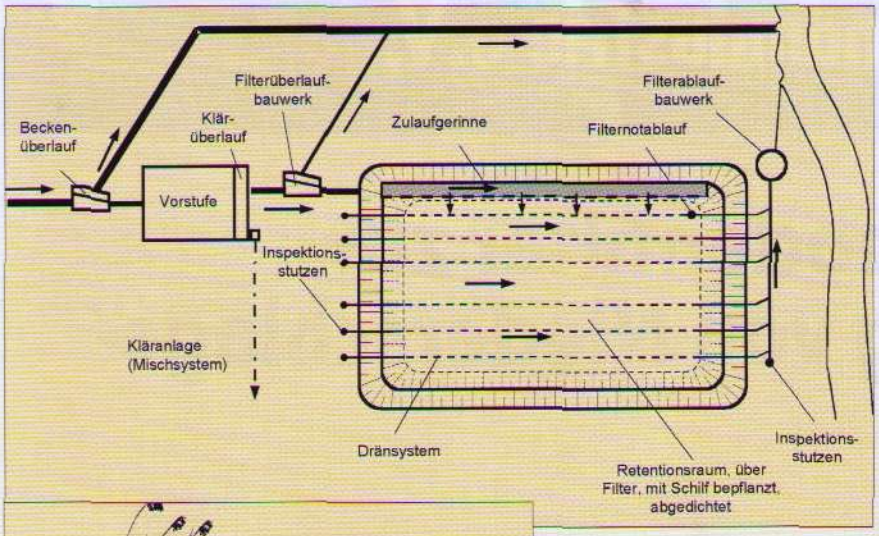


Bild 1: Elemente eines Retentionsbodenfilters mit vorgeschaltetem Filterüberlauf [2]

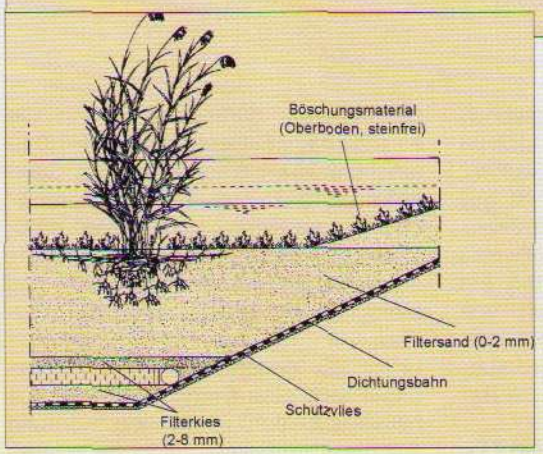


Bild 2: Filteraufbau [2]

werden. Die Filteroberfläche wird mit Schilf bepflanzt, dessen Blattfläche, Streuschicht und Triebe vorwiegend zum Schutz der Filteroberfläche vor Kolmation beitragen. Als Böschungsbewuchs wird Gras verwendet (Abbildung 1 und 2).

Dem Retentionsbodenfilter ist ein Regenbecken als Sedimentationsanlage zur Reduktion von Feststoffen vorzuschalten. Zu hohe Feststofffrachten können auf oder im Filter Kolmation erzeugen, die zur erheblichen Reduktion der Filterdurchlässigkeit bis hin zum Versagen führen kann.

Im Zulaufbauwerk des Filters ist die Schwellenbeschickung auf maximal 150 l/(s x m) zu begrenzen, um Beschädigungen der Filteroberfläche durch Erosion zu vermeiden.

Bei gefülltem Retentionsvolumen erfolgt eine Entlastung über den Filterüberlauf.

Im Regelfall sollte ein vorgeschaltetes Filterüberlaufbauwerk vorgesehen werden. Möglich ist ebenfalls die Anordnung eines nachgeschalteten Überlaufes im Retentionsraum. Die Entlastungsabflüsse erfahren dann eine zusätzliche Sedimentation der Feststoffe im Retentionsraum.

Aus Sicht des Kolmationsschutzes für den Filter sollte diese Anordnung auf Fälle beschränkt bleiben, in denen eine weitergehende Feststoffelimination begründet ist oder die örtlichen Bedingungen keine andere Lösung zulassen.

Filtersubstrate

Die ersten Retentionsbodenfilter wurden mit bindigen Substraten erstellt, deren Feinstkornanteil (T+U) ca. 90 % betrug. Deren potentiell hohe Reinigungsleistung wird jedoch insbesondere infolge von Makroporenfluss erheblich unterschritten. Zudem bereiten diese Substrate Schwierigkeiten bei der Qualitätssicherung und erwiesen sich schwierig in der bautechnischen Verwendung.

Die aktuellen technischen Richtlinien ([2], [3]) fordern sandige Filtersubstrate im Sieblinienbereich 0–2 mm (Tabellen 2 und 3). Derartige Sande haben im Praxisbetrieb hohe bis sehr hohe Reinigungsleistungen erzielt. Höhere Feinsandanteile vergrößern die Gefahr der Selbstdichtung durch innere oder äußere Kolmation.

Zu hohe Grobsandanteile vermindern die Abbauleistung und Pufferfähigkeit bei Belastungswechseln deutlich. Eine moderate Erhöhung der Grobsandanteile wirkt nach neueren Untersuchungen unter Umständen leistungssteigernd. Es sollen kantengerundete Sande („fluviatile Sande") eingesetzt werden, damit die Besiedlung durch Pflanzenwurzeln und Bodenwürmer als Lockerungshilfsmittel nicht behindert wird.

In rolligen bzw. sandigen Filtersubstraten mit Einzelkornstruktur entsteht die notwendige Sorptionskapazität für organischen Kohlenstoff und Ammonium vorwiegend mikrobiell („biotische Sorption"). Zur Neutralisation biogen vorwiegend durch Nitrifizierung gebildeter Säuren und die pH-Stabilisierung zur Immobilisierung des sich bildenden Schwermetalldepots muss das Filtersubstrat über ausreichende Carbonatvorräte verfügen.

Die natürlichen Carbonatgehalte und

Tabelle 2: Empfohlene Korngrößenverteilung für Filtersubstrate von Retentionsbodenfilter im Mischsystem [2], [3]

Kornfraktionen		[mm]	Mittelwert	Minimum	Maximum
			[Massen-%]		
Ton + Schluff	(T+U)	< 0,06	0	0	1
Feinsand	(fS)	0,06 – 0,20	15	10	25
Mittelsand	(mS)	0,20 – 0,60	70	60	80
Grobsand	(gS)	0,60 – 2,00	15	10	25
Feinkies	(fG)	> 2,0	0	0	1

Tabelle 3: Empfohlene Korngrößenverteilung für Filtersubstrate von Retentionsbodenfilter im Trennsystem [3]

Kornfraktionen		[mm]	Mittelwert	Minimum	Maximum
			[Massen-%]		
Ton + Schluff	(T+U)	< 0,06	0	0	5
Feinsand	(fS)	0,06 – 0,20	15	5	25
Mittelsand	(mS)	0,20 – 0,60	70	40	80
Grobsand	(gS)	0,60 – 2,00	15	10	45
Feinkies	(fG)	> 2,0	0	0	10

Eigenschaft	Merkmal	A	E
ausreichende Durchlässigkeit	k_f = 1 x 10^{-5} bis 1,5 x 10^{-4} m/s	X	
strömungsmechanische Belastbarkeit	Begrenzung des Ton- und Schluffanteils < 1% steile Körnungslinie mit d_{60}/d_{10} < 4	X	X
hohe Reinigungsleistung	steile Körnungslinie mit d_{60}/d_{10} < 4		X
	Begrenzung des Kiesanteils G < 1%		X
	Luftporenvolumen bei Feldkapazität >20% (≈ Grobporenvolumen)		X
	hohe Wasserhaltefähigkeit Feldkapazität > 6%		X
	kantengerundetes Sandkorn		X
	Carbonatgehalt 10–15 Massen-%	X	
geringer Schadstoffgehalt im Filtersubstrat	Einhaltung derZ0-Werte nach LAGA	X	

Tabelle 4: Weitere Eigenschaften von Filtersubstraten A - Anforderung E - Empfehlung

-eigenschaften von Sanden schwanken jedoch sehr. Unterschreitet der natürliche Carbonatgehalt die geforderten 10 % $CaCO_3$, so sind Carbonatzuschläge zuzumischen. Die Zuschläge dürfen wegen der gewünschten Reaktivität nicht dolomitisch sein und sollten einen Carbonatgehalt ≥ 90%, mindestens jedoch 80 % aufweisen.
Bei Filtern im Mischsystem soll das Substratgemisch mindestens 25 % $CaCO_3$ enthalten, im Trennsystem reichen mindestens 10 % $CaCO_3$. Das Substratgemisch muss den Anforderungen nach LAGA Z0 entsprechen.
Weitere Anforderungen und Empfehlungen sind in Tabelle 4 auszugsweise zusammengestellt. Nähere Angaben sind [2] und [3] zu entnehmen.
Derzeit wird ein Prüfverfahren entwickelt, um die Leistungsfähigkeit andersartiger Substrate vergleichend bewerten zu können. Die Arbeiten werden an der Fachhochschule Münster und der Universität Kaiserslautern im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen vorgenommen.

Problem im Gewässer	$q_{Dr, RBF}$ [l/(s x m²)]
O_2-Defizit	0,01–0,02
NH_3-Toxizität	0,01
Feststoffe, Schwermetalle	0,03

Tabelle 5: Empfohlene Drosselabflussspenden $q_{Dr, RBF}$ nach [2]

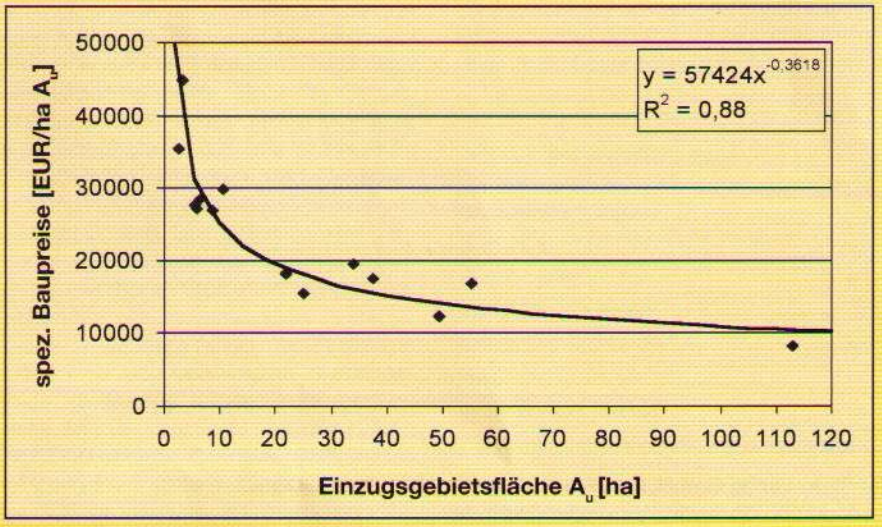
Filtermaterial	$q_{Dr, RBF}$ [l/(s x m²)]
gemäß Empfehlung in [3]	0,02
T+U >1 % bzw. fS >25 %	0,01
gS > 25% bzw. fG > 1 %	0,01

Tabelle 6: Zulässige Drosselabflussspenden $q_{Dr, RBF}$ nach [3]

	DWA-M 178 [3]		Handbuch Retentionsbodenfilter NRW [2]	
	Mittelwert	Maximalwert	Mittelwert	Maximalwert
	h_F [m/a]	h_F [m/a]	h_F [m/a]	h_F [m/a]
Mischsystem	40	60	30-40	50
Trennsystem	50	70	40-50	60

Tabelle 7: Zulässige Filterbelastung

Bild 3: Spezifische Baupreise für Retentionsbodenfilter abhängig von der angeschlossenen undurchlässigen Fläche (Stand 2000, Nettopreise) [2]



Dimensionierung

Die Reinigungsfunktion von Retentionsbodenfiltern hängt maßgeblich von den Substrateigenschaften, einer ausreichenden Aufenthaltszeit des Wassers im Filter und der Beschickungshöhe des Filters ab.
Die Dimensionierung von Retentionsbodenfiltern erfolgt mit Hilfe von Niederschlags-Abfluss-Modellen und ist unmittelbar mit den Zielgrößen des Gewässerschutzes verbunden.
Für eine hohe und stabile Reinigungsleistung sind geringe Drosselabflussspenden bezogen auf die Filterfläche gemäß Tabelle 5 und 6 festzulegen. Die zulässige Filterbelastung für einen dauerhaften Betrieb ist in Tabelle 7 zusammengefasst.

Kosten

Die in Abbildung 3 dargestellten Baupreise gestatten Kostenschätzungen. Eine Differenzierung nach Anlagen im Misch- und Trennsystem war für den vorliegenden Datenbestand nicht zweckmäßig, da sich die Baupreisgefüge nicht wesentlich unterschieden. Anlagen im Trennsystem sind allerdings deutlich kleiner als Anlagen im Mischsystem, so dass in Trennsystemen mit höheren spezifischen Baupreisen für Bodenfilter zu rechnen ist.

Betrieb

Retentionsbodenfilter dürfen erst nach einer vollen Vegetationsperiode in Betrieb genommen werden, in der sich der Schilfbestand etablieren kann. Eine vollständige Entleerung nach jeder Beschickung gewährleistet die erforderliche Wiederbelüftung des Porenraumes im Filter. Sedimentationsanlagen als Vorstufe müssen sorgfältig betrieben werden, um zu hohe Feststoffausträge auf die Filterfläche zu vermeiden. Zuflüsse mit hohe Feststofffrachten und Fremdwasseranteilen können zu er-

heblichen Betriebsproblemen führen. Diese bedürfen einer sorgfältigen Untersuchung und Behebung im Einzugsgebiet. Umfangreiche Hinweise zum Betrieb von Retentionsbodenfiltern sind in [2] enthalten.

Literatur

[1] Bodenfilteranlagen in Nordrhein-Westfalen – Stand der Technik (BOFITEC). Untersuchung im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV) des Landes Nordrhein-Westfalen, Az. IV B6-042340, Leitung: Prof. Dr.-Ing. M. Uhl, FH Münster, 2000/2001.

[2] Retentionsbodenfilter – Handbuch für Planung, Bau und Betrieb. Hrsg.: Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV) des Landes Nordrhein-Westfalen, ISBN 3-9808617-1-6, 2003.

[3] Merkblatt DWA-M 178 – Empfehlungen für Planung, Konstruktion und Betrieb von Retentionsbodenfilteranlagen zur weitergehenden Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem, Hrsg.: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, 2004.

Verfasser:
Prof. Dr.-Ing. M. Uhl
FH Münster, FB Bauingenieurwesen
Labor für Wasserbau und Wasserwirtschaft
Corrensstraße 25
48149 Münster
E-Mail: uhl@fh-muenster.de

»GP – Gesteins-Perspektiven« erscheint in der Stein-Verlag GmbH, Josef-Herrmann-Straße 1-3, 76473 Iffezheim
Telefon: 0 72 29 / 606-0, E-Mail: info@stein-verlaggmbh.de, www.stein-verlaggmbh.de