

Kurzbericht

zum Forschungsvorhaben:

Betriebsoptimierung von Retentionsbodenfiltern im Mischsystem

Vergabe-Nr. 08/058.2

Einzelauftrag 11.2

für das



**Ministerium für Klimaschutz, Umwelt,
Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen**



Aachen, den

Univ.-Prof. Dr.-Ing. J. Pinnekamp
(Geschäftsführer ARGE Retentionsbodenfilter)

Projektpartner

Partner	Bearbeiter
 <p>TUTTAHS & MEYER INGENIEURGESELLSCHAFT für Wasser-, Abwasser- und Energiewirtschaft mbH</p> <p>Universitätsstraße 74 44789 Bochum Tel.: (02 34) 3 33 05-40 Fax.: (02 34) 3 33 05-11 Email: s.koenen@tum-bochum.de</p>	<p>Dipl.-Ing. Stefan Koenen Dipl.-Ing. Ulrich Stappert</p>
 <p>Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen Univ.-Prof. Dr.-Ing. J. Pinnekamp Mies-van-der-Rohe-Str. 1 52074 Aachen Tel.: 0241 80 25207 Fax: 0241 80 22285 Email: isa@isa.rwth-aachen.de www.isa.rwth-aachen.de</p>	<p>Dipl.-Ing. Katharina Tondera</p>
 <p>Erftverband Körperschaft öffentlichen Rechts Am Erftverband 6 50126 Bergheim Tel.: 02271/880 Fax: 02271/1299 Email: info@erftverband www.erftverband.de</p>	<p>Dipl.-Ing. Heinrich Dahmen Dipl.-Ing Horst Baxpehler Dipl.-Ing. Reinhold Kiesewski</p>

Inhalt

Zusammenfassung	2
1 Veranlassung.....	1
2 Stand des Wissens.....	1
3 Auswahl geeigneter Retentionsbodenfilteranlagen.....	2
4 Bilanzierung einzelner Ereignisse	2
5 Probenahme und Ergebnisse.....	3
5.1 Analyseverfahren und Probenahmekonzeption.....	3
5.2 Ergebnisse für den Retentionsbodenfilter Kenten	5
6 Weitere Ergebnisse	12
6.1 Messtechnische Ausrüstung.....	12
6.2 Dokumentation Betrieb	14
6.3 Betrieb	15
7 Ausblick und Empfehlungen	16
Literatur	19

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 5.1: Analyseergebnisse AFS-Konzentrationen Kenten	8
Abbildung 5.2: RBF Kenten: Verhältnis der Spurenstoffkonzentration im Zu- und Ablauf ..	9
Abbildung 5.3: Rückhalt der mikrobiologischen Parameter im RBF Kenten	11
Abbildung 5.4: Auswertung der Ammonium-Nitratsonden, 12.-13.10.2011, RBF Kenten	12

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 5.1: Beprobte und ausgewertete Beschickungsereignisse RBF Kenten während der Projektlaufzeit.....	7
Tabelle 5.2: Konzentrationsbereiche der analysierten Spurenstoffe im Zulauf (n=8)	9
Tabelle 5.3: Konzentration der mikrobiologischen Parameter im Zulauf des RBF Kenten	11

Verzeichnis der Abkürzungen

Abkürzung	Erläuterung
AFS	Abfiltrierbare Stoffe
ATV	Abwassertechnische Vereinigung
BF	Bodenfilter
BG	Bestimmungsgrenze
CSB	Chemischer Sauerstoffbedarf [mg/l]
DVWK	Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V.
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
E.Coli	Escherichia coli
EDTA	Ethylendiamintetraacetat
GC	Gaschromatographie
LANUV	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz
MKULNV	Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen
MS	Massenspektrometrie
MUNLV	Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen
MW	Mischwasser
RAS-Ew	Richtlinie für die Anlage von Straßen, Teil: Entwässerung
RBF	Retentionsbodenfilter
RRL	Regenrückhaltelamelle
SüwV Kom	Selbstüberwachungsverordnung kommunal
TCPP	Tris(2-chlorisopropyl)phosphat

Zusammenfassung

Eine Ursache für Verunreinigungen in Oberflächengewässern in Westeuropa liegt in der Entlastung von Mischwasser bei Niederschlag. Retentionsbodenfilter gehören zu den wenigen vorhandenen abwassertechnischen Anlagen, mit denen diese Verunreinigungen reduziert werden können.

Retentionsbodenfilteranlagen (RBF) sind ein wichtiger Baustein der weitergehenden Behandlung von entlastetem Mischwasser vor Einleitung in ein Gewässer. 2010 gab es in Nordrhein-Westfalen 105 RBF zur Behandlung von entlastetem Mischwasser mit einem Rückhaltevolumen von 326.727 m³ (MKULNV, 2010). Weitere Anlagen befinden sich in Bau und in Planung. Zum Erreichen einer optimalen Reinigungsleistung sind klar definierte Randbedingungen zu schaffen, die u. a. im Handbuch Retentionsbodenfilter (MUNLV, 2003) und im DWA-Merkblatt M 178 (DWA, 2005) beschrieben werden.

Ein Merkmal beim Betrieb der Anlagen ist die unregelmäßige Zulaufbeschickung. Je nach Wetterlage und Entwicklungsstand im Einzugsgebiet können sich sehr lange Eintauphasen, aber auch sehr lange Trockenphasen im Retentionsbodenfilter ergeben.

Erfahrungen aus der Praxis haben gezeigt, dass zahlreiche Anlagen aufgrund ungünstiger Betriebsverhältnisse die erwarteten Reinigungsleistungen nicht immer in vollem Umfang erreichen. Häufig liegt dies in der Bewertung der Randbedingungen während der Planungsphase und der Prognose der erwarteten Betriebszustände begründet. Handlungsoptionen zur Anpassung des Betriebes an die vorliegenden Randbedingungen sind aufgrund der starren Auslegung der Anlagen oft nicht vorgesehen.

In diesem Forschungsprojekt sollte die Reinigungsleistung von Retentionsbodenfiltern in Abhängigkeit von betrieblichen Rahmenbedingungen bewertet werden. Diese sind z.B. die Dauer von Trocken- oder Eintauphasen. Außerdem wurden erste Untersuchungen über die Reduzierung von Spurenstoffen auf großtechnischen Retentionsbodenfilteranlagen durchgeführt.

Der Erftverband betreibt 22 Retentionsbodenfilteranlagen, die alle mit einer messtechnischen quantitativen Überwachung hinsichtlich Eintaup-, Entlastungs- und Ablaufverhalten ausgerüstet sind. Im Zuge des Projektes wird das vorhandene Betriebsdatenmaterial der Anlagen des Erftverbandes ausgewertet. Für die Belastungszustände gering belastet (Trockenfallen), optimal ausgelastet (Bemessungsansatz) und stark belastet (lange Eintauphasen) werden je eine repräsentative Anlage ausgewählt, die intensiv beprobt wird. Aus den gewonnenen Ergebnissen sollen die Auswirkungen der verschiedenen Betriebszustände auf das Reinigungsverhalten ermittelt werden. Dabei sind Fragen nach Spülstößen und Konzentrationsspitzen im Ablauf und der damit verbundenen Gewässerbelastung zu

beantworten. Außerdem soll geklärt werden, inwieweit der Einsatz von Retentionsbodenfilteranlagen an die Einhaltung von Reinigungsanforderungen gekoppelt werden kann.

Über die Reinigungsleistung von Retentionsbodenfiltern in Bezug auf Spurenstoffe ist derzeit wenig bekannt. Im Zuge der analytischen Überwachung von Bodenfilteranlagen soll ein erstes Untersuchungsprogramm als Grundlagendatensammlung unter Einbeziehung ausgewählter Stoffgruppen gefahren werden. Gleichzeitig wird die Abhängigkeit der Reinigungsprozesse im Bereich Spurenstoffe von unterschiedlichen Betriebszuständen ermittelt.

Aus den gewonnenen Erkenntnissen können Hinweise für die Bemessung, die Gestaltung und den Betrieb von Retentionsbodenfiltern entwickelt werden.

Da es während der einjährigen Beprobungsphase nur zu wenigen Niederschlagsereignissen kam, konnten weniger Proben als erwartet gewonnen werden. Trotzdem konnte die hohe Wirksamkeit von Retentionsbodenfiltern beim Rückhalt von abfiltrierbaren Stoffen bestätigt werden. Die Ergebnisse zeigen, dass Retentionsbodenfilter auch geeignet sind, einige der hier betrachteten Spurenstoffe zurückzuhalten. Da die Filter die Belastung mit Diclofenac, Bisphenol A und Metroprolol im Schnitt um fast 75% reduzierten, sind weitere Untersuchungen zu Reduktionsprozessen in Retentionsbodenfiltern sinnvoll. Hier sollten sich mit Versuchen im Labormaßstab Ergebnisse von höherer Genauigkeit erreichen lassen.

1 Veranlassung

Eine der wenigen vorhandenen abwassertechnischen Anlagen, die im Mischsystem mehrere tausend Kubikmeter Niederschlagswasser aus Starkregenereignissen innerhalb weniger Stunden behandeln können, ist der Retentionsbodenfilter (RBF): Belastetes Wasser wird in der Regel in einem Regenüberlaufbecken vorbehandelt, durch eine bepflanzte Bodenschicht gefiltert und über ein Drainagesystem entleert (UHL und DITTMER, 2005).

In den letzten Jahren konzentrierte sich die Forschung auf den Rückhalt und den Abbau von Parametern wie Ammonium und Bakterien in RBF (DITTMER, 2006; WALDHOFF, 2008), für Spurenstoffe liegen aber kaum Ergebnisse vor (MERTENS et al. 2012).

Dieses Forschungsprojekt hatte das Ziel herauszufinden, wie effektiv Mischwasserentlastungsabflüsse in RBF nach einigen Jahren Betriebsdauer gereinigt werden, untersuchte aber ebenfalls, ob Spurenstoffe zurückgehalten werden können.

Dieser Bericht bezieht sich auf die Nutzung für die Behandlung von Abwässern aus Mischwasserentlastungsabflüssen in Nordrhein-Westfalen.

2 Stand des Wissens

In Nordrhein-Westfalen werden durch das Retentionsbodenfilter-Handbuch (MUNLV, 2003) und bundesweit durch das ATV-DVWK-M 178 (DWA, 2005) Empfehlungen und Hinweise zur Planung und Konstruktion von RBF gegeben. Für RBF, die zur Einleitung von Niederschlagswasser aus Straßenentwässerungen konzipiert sind, kann zusätzlich das Regelwerk „Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil Entwässerung“ (RAS-Ew, 2005) herangezogen werden. Die Unterschiede zwischen ATV-DVWK-M 178 (2005) und RAS-Ew (2005) werden in GROTEHUSMANN und KASTING (2009) aufgezeigt.

Der Stoffrückhalt und die Reinigung des Abwassers finden überwiegend auf und im Filtersand statt (UHL und SCHMITT, 2007; WALDHOFF, 2008; WOZNIAK, 2008). Jedoch gibt es auch deutliche Hinweise darauf, dass gerade bei längerem Einstau auch Prozesse im Retentionsraum zu einem Stoffabbau führen können (UHL und SCHMITT, 2007; WOZNIAK, 2008).

Sorption und Filtration wurden nach den bisherigen Untersuchungen als maßgebliche Mechanismen für den Rückhalt von Stoffen im und auf dem Filterbett identifiziert.

MUNLV (2003) beschreibt mit Sorption alle Reaktionen gelöster Stoffe mit der Oberfläche der festen Phase des Filtersubstrats. Generell findet bei der Sorption ein Austausch von Kationen und Anionen statt, die je nach entstandenem Bindungstyp unterschiedlich stark ausfallen können (SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL, 2010).

3 Auswahl geeigneter Retentionsbodenfilteranlagen

Das Einzugsgebiet der Erft liegt hauptsächlich im Bundesland Nordrhein-Westfalen und erstreckt sich über die Regierungsbezirke Köln und Düsseldorf. Das Gebiet berührt insgesamt fünf Kreise (Kreis Euskirchen, Rhein-Sieg-Kreis, Kreis Düren, Rhein-Erft-Kreis und Rhein-Kreis Neuss) mit 39 Gemeinden. Es umfasst eine Fläche von 1828 km². Die stationierte Länge beträgt 106,6 km. Der durchschnittliche Jahresniederschlag beträgt ca. 650 mm. Die Hauptniederschlagszeit ist der Sommer. Am trockensten sind die Wintermonate. Derzeit (Ende 2012) betreibt der Verband 22 Retentionsbodenfilterbecken.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens sollten drei Anlagen mit unterschiedlichen Belastungsgraden in Bezug auf die Beschickungshäufigkeit einer intensiven Untersuchung unterzogen werden. Ziel war es, eine gering belastete Anlage (mit entsprechend langen Trockenzeiten), eine mittel belastete Anlage (mit Belastungen nahe der Bemessungsansätze) und eine stark belastete Anlage (mit entsprechend langen Einstauphasen und geringen Trockenzeiten) auszuwählen, um die Auswirkungen der unterschiedlichen Betriebszustände auf das Reinigungsverhalten ermitteln zu können.

Im ersten Schritt wurde eine Vorauswahl getroffen. Die Anlagenbewertung erfolgt nach den Kriterien der Datenbasis (Qualität der vorhandenen Messdaten und welches Potenzial zur Optimierung der Messdatenerfassung oder zur Nachrüstung weiterer Messtechnik zur Erhebung fehlender Daten gegeben ist), der betrieblichen Randbedingungen, der Struktur der Anlage (Entsprechung der Anlage nach den Vorgaben des Handbuchs (MUNLV, 2003), komplexe Stoffströme oder Steuerungskonzepte) und nach den Randbedingungen für den Einsatz der automatischen Probenahmen und der Online-Sonden. Neben den Informationen aus Entwurfs- und Betriebsunterlagen und den Ergebnissen der Datenauswertungen wurden die bei der Anlagenbegehung gewonnenen Erkenntnisse in die Entscheidungsfindung einbezogen. Die Auswahl der drei für die Intensivbeprobung vorgesehenen Anlagen erfolgt auf Basis einer Entscheidungsmatrix unter Berücksichtigung des Hauptkriteriums „Belastungsgrad“.

Auf dieser Basis stellten sich die Retentionsbodenfilteranlagen Kenten, Glehn und Vanikum als geeignet für die Durchführung der geplanten Intensivbeprobung dar. Dementsprechend wurden die weiteren Untersuchungen an diesen Anlagen durchgeführt.

4 Bilanzierung einzelner Ereignisse

In vielen Fällen wird mit der messtechnischen Ausrüstung von Retentionsbodenfilteranlagen einschließlich der Vorbehandlungsanlagen das Ziel verfolgt, eine quantitative Bewertung der Anlagen in Bezug auf Wassermengen und Auslastungsgrade durchzuführen und einen Abgleich mit den Bemessungsansätzen zu ermöglichen. Dabei wird häufig auf die Standardausrüstung des Entlastungsbauwerkes, die im Wesentlichen aus

Höhenstandsmessungen besteht, zurückgegriffen. Das nachfolgende Beispiel soll zeigen, dass mit den eingesetzten Methoden bei den vorhandenen konstruktiven Randbedingungen kaum verlässliche Mengenzuflussmessungen aufgestellt werden können.

Der RBF Vanikum wird aus dem Staukanal beschickt. Die Entlastung erfolgt zunächst über einen Siebrechen, bei steigendem Wasserspiegel dann über einen freien Überfall. Für die Bilanzierung von Zu- und Abfluss wurde ein nicht belegter Siebrechen mit Maximalleistung nach Herstellerangaben (630 l/s) angesetzt. Im Rahmen dieses Vorhabens wurde versucht, aus der Messvorrichtung im Zulauf eine Zulaufmenge zu ermitteln. Diese wurde mit den Ablaufmessungen in RBF und RRL abgeglichen. Der damit ermittelte Zufluss beträgt das 17,6-fache des gemessenen Abflusses (32.571 m³ zu 1.849 m³).

Geht man davon aus, dass der Siebrechen über die gesamte Ereignisdauer nur 10 % des theoretischen Maximaldurchflusses leistet, reduziert sich der Zufluss zum RBF auf 9.171 m³ und damit auf das 5-fache des Abflusses. Dieses Beispiel zeigt deutlich, mit welchen Unsicherheiten eine Zuflussermittlung über eine Schwelle mit Siebrechen in Verbindung mit einer bezüglich des Messbereiches nicht auf die Messung von Überfallhöhen ausgelegten Sonde im Staukanal behaftet ist.

5 Probenahme und Ergebnisse

5.1 Analyseverfahren und Probenahmekonzeption

Die ausgewählten Retentionsbodenfilter wurden vom 11.07.2011 bis 10.07.2012 über 12 Monate lang beprobt. Die während der Ereignisse genommenen Proben wurden auf 5°C gekühlt und binnen 24 Stunden zum Labor transportiert. Sie wurden bezüglich ihrer physikalisch-chemischen Parameter, Nährstoffe, Schwermetalle, Spurenstoffe und Bakterien analysiert.

Bei den Bakterien und Bakteriophagen, die als Indikatorparameter ausgewählt wurden, handelte es sich um Escherichia Coli, Clostridium Perfringens, Enterococcus, Coliphagen und Campylobacter, diese wurden in einem Labor nach gängigen Auswertungsmethoden analysiert. Im Bereich der Spurenstoffe wurden Carbamazepin, 1-H-Benzotriazol, Diclofenac, Metoprolol, Sulfamethoxazol, Bisphenol A, ein Transformationsprodukt von Methylphenidat (Ritalinsäure), Amidotrizoesäure, Tris(2-chlorisopropyl)phosphat (TCPP), Ethylendiamintetraacetat (EDTA) und Bromat.

Die Analysen für TCPP und EDTA wurden mit Hilfe von Gaschromatographie durchgeführt (GC/MS, DIN EN ISO 16588), für Bromat mittels Ionenchromatographie und für andere Spurenstoffe wurde Flüssigkeitschromatographie/Massenspektrometrie (LC/MS) eingesetzt.

Bei der Auswertung wurden systematische und Zufallsfehler berücksichtigt. So ist z.B. Bisphenol A in den meisten Kunststoffherzeugnissen und somit auch in den Säulen der Autosampler und in Kunststoffflaschen für die Probenahme vorhanden. Während die Säulen nicht ersetzt werden konnten, wurden die Kunststoffflaschen zunächst durch Zylinder aus rostfreiem Stahl und letztendlich durch Glasflaschen ersetzt. Ebenfalls besteht durch den Transport der Proben vom RBF zum Labor die Möglichkeit für eine Kontamination der Proben. Um dieses Risiko zu minimieren, wurden die Proben in Kühlboxen transportiert und im Labor stabilisiert.

Proben wurden vor Ort mithilfe von mobilen Probenehmern (MAXX[®] TP1) während jedem Beschickungsereignis aus dem Zulauf und dem Ablauf genommen. Sobald der Füllstand einen Wert von 0,15 m oberhalb des Filterbettes überschritt, erhielten die Zulauf- und Ablaufprobenehmer das Signal zum Start der Probenahme:

- Pro Minute wurden 0,2 L aus dem Zulauf für drei Proben zu jeweils 4 L entnommen
- Die Beprobung des Zulaufs endete nach einer Stunde (Probenvolumen 12 L insgesamt)
- Alle zwei Minuten wurden Proben von 0,18 L über einen Zeitraum von 60 Minuten genommen
- Die Beprobung des Ablaufs endete nach drei Stunden (Probenvolumen 12 L insgesamt)

Aus Zu- und Ablauf wurde jeweils eine Mischprobe zur Untersuchung auf Spurenstoffe und Bakterien erstellt.

Für die Untersuchung aller gewünschten Parameter war ein Probenvolumen von 12 Litern erforderlich. Aus diesem Grund wurde ein volumenproportionales Vorgehen hinsichtlich des Erreichens des vollen Probenvolumens als zu riskant angesehen, da Beschickungsereignisse selten und unvorhersehbar eintraten.

Während der ersten Ereignisse zeichnete sich ab, dass der Zulauf in der Regel über einen Zeitraum zwischen drei und vier Stunden erfolgt. Deswegen wurden ab Dezember 2011 Zulauf und Ablauf über drei Stunden beprobt (Einzelprobe nach 60 Minuten). Für den Ablauf mit seinem beinahe konstanten Durchfluss von 60 l/s wurde die Probenahme über die gesamte Projektlaufzeit über drei Stunden durchgeführt, um die Spülstoßeffekte im Ablauf abzubilden.

Die aufgeführten Werte können als vergleichbar angesehen werden, da jeweils die gleiche Phase der jeweiligen Ereignisse abgebildet wird. Die Veränderungen bei der Beprobung des Zulaufs ab Dezember 2011 sind unkritisch, da die gemessenen Werte für abfiltrierbare Stoffe während der ersten Stunde um nicht mehr als 25% abwichen, ein Wert, der als Stichprobenfehler für abfiltrierbare Stoffe angenommen wurde.

Von besonderem Interesse sind bei Retentionsbodenfiltern die Ganglinien von Ammonium und Nitrat während eines Ereignisses. Hierfür wird eine Messtechnik benötigt, die beide

Parameter in relativ kurzen Intervallen aufzeichnen kann. Aus diesem Grund wurden die drei Retentionsbodenfilter jeweils im Zu- und im Ablauf mit ionenselektiven Sonden der Firma Hach-Lange ausgestattet (Modell AN ISE), die für die Aufzeichnung von Nitrat- und Ammoniumwerte auch Störeinflüsse durch Kalium- und Chloridionen kompensieren.

Im Retentionsbodenfilter Kenten wurden die Ammonium-Nitrat-Sonde in den Zulauf- bzw. Ablaufschacht gehängt, die einen permanenten Wasserstand aufweisen.

5.2 Ergebnisse für den Retentionsbodenfilter Kenten

Der Untersuchungszeitraum zeichnete sich durch eine ungewöhnliche Niederschlagsarmut aus. Aufgrund technischer und organisatorischer Schwierigkeiten konnten für eine detaillierte Auswertung nur beim Retentionsbodenfilter Kenten ausreichend Proben gezogen bzw. Aufzeichnungen mit den Kombisonen gewonnen werden. Diese die im Folgenden beschrieben.

Zwölf Ereignisse konnten beprobt werden, bei zwei Ereignissen jedoch führten Probleme mit den Probennehmern (08.07.2012) bzw. den Ablaufpumpen (5.3.2012) dazu, dass die Analyseergebnisse nicht zu einer weiteren Auswertung herangezogen wurden.

Zusätzlich lieferten die Online-Kombisonen für Ammonium und Nitrat Daten zu elf Ereignissen, von denen acht verwertbar sind. Die im Labor gewonnenen Daten überschneiden sich jedoch nur bei drei Ereignissen mit den Daten der Online-Kombisonen.

In Tabelle 5.1 ist aufgeführt, welches Beschickungsereignis einem jeweils beprobten Ereignis vorausgegangen sind. Außerdem ist angegeben, wann die Proben laut Probenahmeprotokoll des Probennehmers gezogen wurden. Da am 19.09.2011 die Zulaufprobe zeitlich nach der Ablaufprobe gezogen wurde, sind die Analyseergebnisse der Probe in den Auswertungen dargestellt, aber in die Bildung des Mittelwertes nicht einbezogen. Die Vereinheitlichung der Probenahme zum Dezember 2011 hin auf ein Intervall von drei Stunden im Zulauf und drei Stunden im Ablauf wird als unkritisch angesehen, da durch diese Änderung lediglich eine Vergleichmäßigung der Konzentrationen im Zulauf zu erwarten ist. Ebenso wird die Probe vom 20.06.2012 mit ungleichmäßigen, jedoch über den gesamten Beprobungszeitraum von drei Stunden gezogenen Proben, als vergleichbar angesetzt.

Die analysierten Parameter sind im Folgenden in Säulendiagrammen dargestellt. Die blauen Säulen stellen die gemessene Konzentration im Zulauf dar, die orangefarbenen Säulen die Konzentrationen im Ablauf. Die jeweils korrespondierenden Proben sind nebeneinander angeordnet. Das Konzentrationsverhältnis eines einzelnen Ereignisses ist ebenso in den Grafiken dargestellt wie der Mittelwert über alle beprobten Ereignisse und das Konzentrationsverhältnis aus den Mittelwerten für Zulauf und Ablauf. Der Mittelwert

für den Zulauf ist aus allen Analyseergebnissen für die Zulaufproben gebildet worden, entsprechend dem für die Ablaufwerte. Sofern nicht anders angegeben, handelt es sich bei fehlenden Werten um nicht analysierte Proben, z.B. mangels Probenahmevermögen. Die in den Abbildungen angegebene „Gesamtdauer Abfluss“ entspricht der Entleerungsdauer des Filterbeckens gemäß DWA M 178 (DWA, 2005).

Im Fall der abfiltrierbaren Stoffe lagen beim Ereignis vom 27.07.2011 die ersten beiden Proben im Zulauf unterhalb der Bestimmungsgrenze, die dritte hatte eine Konzentration von 2 mg/l. Im Ablauf war ebenfalls nur ein Wert von 1 mg/l bestimmbar. Da die Zulaufwerte weit außerhalb dessen liegen, was für AFS erwartbar ist, wird dieses Ereignis nicht berücksichtigt.

Für die in die Auswertung einbezogenen Werte weisen die abfiltrierbaren Stoffe ein mittleres Konzentrationsverhältnis von mehr als 90% auf, was darauf hindeutet, dass auch nach mehreren Betriebsjahren noch ein guter Rückhalt der abfiltrierbaren Stoffe gegeben ist.

Das Ereignis vom 07.12.2011 sticht für alle Parameter durch die Zulaufkonzentrationen hervor. Diesem Ereignis ging eine Trockenphase von mehr als 52 Tagen voraus. Dieser deutliche Anstieg der Zulaufkonzentrationen lässt auf eine Remobilisierung von Ablagerungen im Kanal schließen.

Ein Ziel der Untersuchungen war, einen Zusammenhang zwischen dem Rückhalt und der Trockenzeit, d.h. den Tagen ohne Beschickung bis zum aktuellen Ereignis, zu ermitteln. Es deutet sich an, dass das Rückhaltevermögen nach mehreren Tagen Trockenwetter zwischen zwei Beschickungsereignissen höher ist als bei dicht aufeinander folgenden Ereignissen. Nach einer extrem langen Trockenzeit liegt bislang nur ein Ereignis vor, so dass sich dies nicht bewerten lässt.

Bei den analysierten Spurenstoffen lag Bromat bei allen Proben unterhalb der Bestimmungsgrenze von 50 µg/l, Ritalinsäure (BG = 10 ng/l) konnte nur bei einem Ereignis quantifiziert werden. Amidotrizoesäure (BG = 10 ng/l) konnte bei 4 von 7 Ereignissen bestimmt werden.

In Abbildung 5.2 ist der rechnerische Rückhalt der Spurenstoffe angegeben, die Bandbreite der aufgetretenen Konzentrationen kann Tabelle 5.2 entnommen werden. Für Metoprolol, Diclofenac und Bisphenol A kann ein relativ eng eingrenzender Rückhalt zwischen 60 und 75% ermittelt werden, da die Boxen 50% der Wirkungsgrade enthalten, die für jedes Ereignis bestimmt wurden.

Tabelle 5.1: Beprobte und ausgewertete Beschickungsereignisse RBF Kenten während der Projektlaufzeit

Beschickungsereignis	Dauer	Entleerung bis (beginnend mit Beschickung)	Probenahme Zulauf	Probenahme Ablauf	Vorhergehendes Beschickungsereignis
27.-28.07.2011	23:15-03:15 Uhr	28.07.2011, 13:30 Uhr	23:22-00:21 Uhr	23:26-02:25 Uhr	24.-25.07.2011
08.-09.08.2011	20:30-00:15 Uhr	09.08.2011, 14:15 Uhr	19:47-20:46 Uhr	19:47-22:51 Uhr	27.-28.07.2011
19.08.2011	02:15-06:00 Uhr	19.08.2011, 17:30 Uhr	02:06-03:05 Uhr	02:11-05:10	14.08.2011
23.08.2011 ^a	14:00-15:30 Uhr	23.08.2011, 20:45 Uhr	14:10-15:09 Uhr	14:11-16:05 Uhr	19.08.2011
11.09.2011 ^b	19:00-22:45 Uhr	12.09.2011, 15:30 Uhr	18:57-19:41 Uhr	19:03-22:02 Uhr	27.-28.08.2011
19.09.2011 ^c	11:15-15:15 Uhr	19.09.2011, 18:30 Uhr	13:27-14:26 Uhr	10:56-13:55 Uhr	11.-12.09.2011
12.10.2011 ^{d,e}	16:45-18:15 Uhr	13.10.2011, 13:45 Uhr	16:50-17:49 Uhr	16:53-19:52 Uhr	08.-09.10.2011
07.12.2011	14:30-16:00 Uhr	08.12.2011, 05:45 Uhr	14:19-17:18 Uhr	14:18-17:17 Uhr	12.-13.10.2011
20.06.2012 ^f	16:15-19:15 Uhr	21.06.2012, 00:30 Uhr	Uhrzeiten nicht verfügbar		12.06.2012

^aProbenvolumen im Ablauf weniger als 12 Liter (~7,5 Liter; Zylinder 8 nicht vollständig gefüllt, Zylinder 9-13 leer)
^bProbenvolumen im Ablauf weniger als 12 Liter (~8,1 Liter; Zylinder 9 nur eine Probe, Zylinder 10-13 leer)
^cAutomatischer Probenehmer im Zulauf wegen Fehlfunktion manuell gestartet; dadurch Zulauf nach Ablauf beprobt
^dAutomatischer Probenehmer im Ablauf wegen Fehlfunktion manuell gestartet; keine Verschiebung gegenüber vorhergehenden Ereignissen
^eAufzeichnungen der Online-Sonden für Ammonium und Nitrat vorhanden
^fProbenvolumen im Zulauf weniger als 12 Liter (~4,5 Liter; Flasche 1,8,9,12 ca. 1 cm Füllstand; 2,3,5 leer, 6,10 ca. 2 cm Füllstand, 4,7,11 voll)

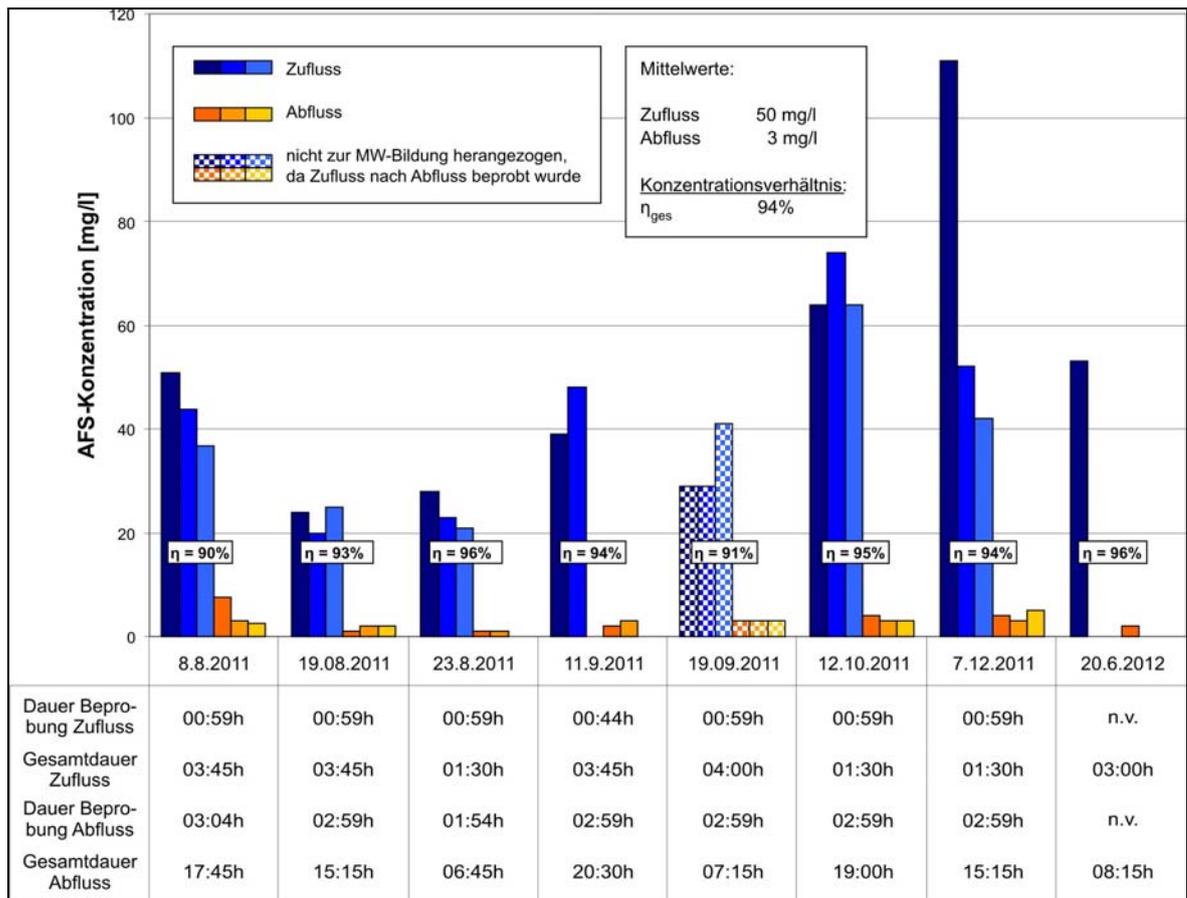


Abbildung 5.1: Analyseergebnisse AFS-Konzentrationen Kenten

Amidotrizesäure dagegen zeigt eine sehr große Variation von -80% bis 54%. Das Auftreten von negativen Reduktionsraten kann noch nicht eindeutig geklärt werden. Möglich sind Remobilisierungen im Filter oder Effekte aus der Probenahme, die wegen der geringen Probendichte nicht weiter eingegrenzt werden können.

Die Ergebnisse zum Rückhalt von Spurenstoffen legen nahe, dass die relevanten Prozesse dem Bereich der Sorption und des biologischen Abbaus zuzuordnen sind. Für einige der untersuchten Stoffe wurde dies bereits in anderen Zusammenhängen untersucht: MERSMANN (2003) hat in Laborversuchen Transportvorgänge von verschiedenen Arzneimitteln in gesättigten und ungesättigten Sedimentzonen untersucht. Dabei wurde eine starke Sorption für Diclofenac in ungesättigten Zonen und einem biologischen Abbau unter aeroben Bedingungen festgestellt. Carbamazepin hingegen tendierte zur Remobilisierung durch Desorption unter aeroben Bedingungen ohne nennenswerten biologischen Abbau. Andere Untersuchungen, bei denen weitere Abhängigkeiten von Parametern wie der Struktur und Mächtigkeit des Sediments, der Verfügbarkeit von Sauerstoff, der pH-Wert und die chemische Struktur des untersuchten Stoffes berücksichtigt wurden, kamen jedoch zu besseren Ergebnissen für Carbamazepin (SCHEYTT et al., 2005). Hier besteht somit weiterer Untersuchungsbedarf.

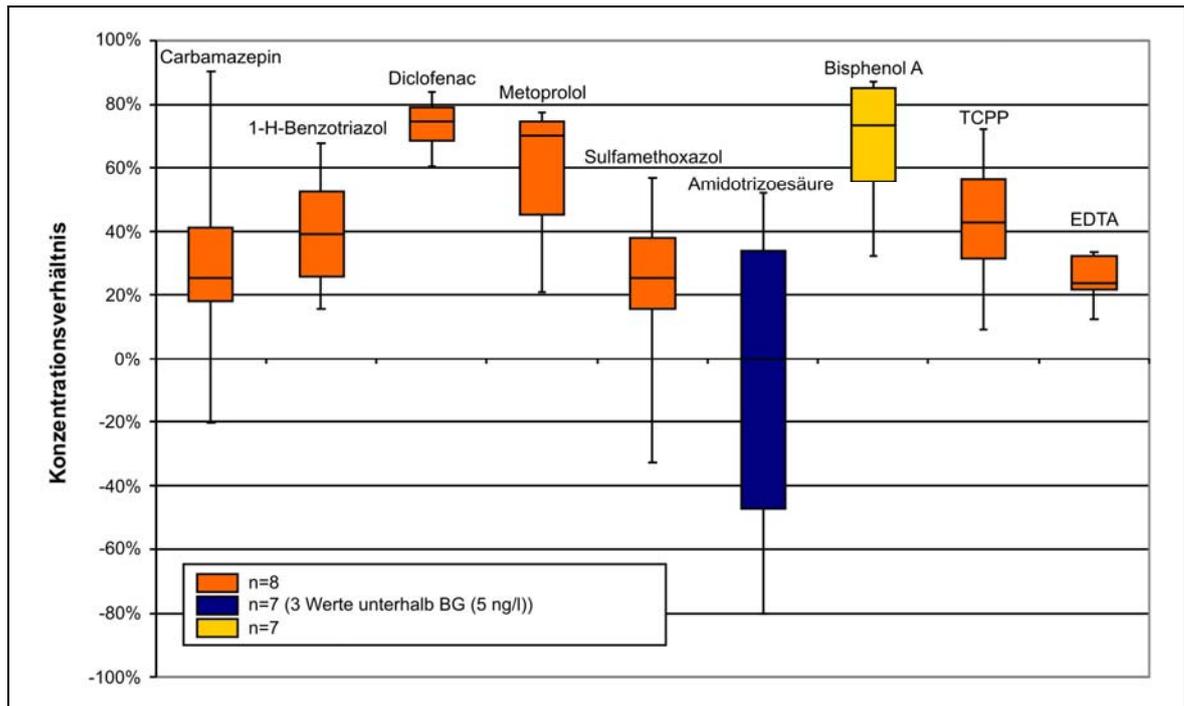


Abbildung 5.2: RBF Kenten: Verhältnis der Spurenstoffkonzentration im Zu- und Ablauf

Tabelle 5.2: Konzentrationsbereiche der analysierten Spurenstoffe im Zulauf (n=8)

Konzentration [ng/l]	Carbamazepin	1-H-Benzotriazol	Diclofenac	Metroprolol	Sulfamethoxazol	Amidotrizoe-säure**	Bisphenol A*	TCPP	EDTA
Median	296	1.433	920	643	141	333	708	3.200	19.500
Minimum	179	1.044	385	345	81	49	303	1.100	12.000
Maximum	484	3.848	1.519	1.279	241	1.155	1.164	5.100	32.000

*n=7; davon 3 Werte unterhalb der BG (5 ng/l); **n=7

Für Sulfamethoxazol und Amidotrizoesäure, die die größten Schwankungen beim Wirkungsgrad zeigen, belegt eine Studie zur Uferfiltration ebenfalls Unterschiede für aerobe und anaerobe Zonen: Während im aeroben Bereich praktisch keine Reduktion erreicht wurde, konnten sie unter anaeroben Bedingungen in bemerkenswertem Maß zurück gehalten werden (SCHMIDT et al., 2003). Weitere Untersuchungen zur aeroben Adsorption und Abbau von Amidotrizoesäure in Belebtschlamm zeigten ebenfalls, dass die Adsorption unter diesen Umständen vernachlässigbar ist und ein biologischer Abbau nach mehr als 10 Tagen einsetzt (KALSCH, 1999; HAIß und KÜMMERER, 2006). Dies

lässt darauf schließen, dass ein Rückhalt und Abbau von Amidotrizoesäure in Retentionsbodenfiltern auch in weiteren Untersuchungen nicht zu erwarten ist.

Daten zur biologischen Abbaubarkeit der untersuchten Stoffe sind in KUHLMANN et al. (2010) dargestellt. Für Bisphenol A zeigt sich ein biologischer Abbau bei weniger als 10 Tagen; was einer schnellen Abbaubarkeit entspricht, Diese Darstellung steht in Übereinstimmung mit dem Abbau von Bisphenol A in aquatischen Umgebungen (KLECKA et al., 2001). Für Diclofenac wird ein Abbau von weniger als 30 Tagen angegeben, den KUHLMANN et al. (2010) als wenig abbaubar klassifizieren.

Für Retentionsbodenfilter bleibt dementsprechend zu untersuchen, ob ein biologischer Abbau geeigneter Stoffe in den Trockenphasen erreicht werden kann und somit eine Regeneration des Filtermaterials gegeben ist, oder ob die Stoffe nach Erreichen der Filterkapazität remobilisiert werden. Die Ergebnisse dieser Untersuchung stellen dementsprechend eine erste Erhebung hinsichtlich des Rückhalts von Spurenstoffen auf Retentionsbodenfilter dar und müssen durch weitere Untersuchungen ergänzt werden, um längerfristige Rückhaltegrade angeben zu können und den Rückhalte- und Abbaumechanismus zu verifizieren.

Grundsätzlich lässt sich jedoch zusammenfassen, dass ein Großteil der untersuchten Stoffe reduziert wird und die Wirkungsgrade in Bereichen liegen, die weitere Untersuchungen sinnvoll erscheinen lassen.

Mikrobiologische Parameter konnten während acht Ereignissen beprobt werden. Die Ergebnisse zweier Ereignisse im Jahr 2012, die als Stichprobe gezogen wurden, wurden nicht in die Auswertung einbezogen, da die Analyseergebnisse nicht schlüssig waren. Die in Abbildung 5.3 dargestellten Reduktionsraten für E.coli und Enterokokken liegen in dem Bereich, den WALDHOFF (2008) für Keime angibt. Dies bedeutet, dass auch nach mehreren Jahren Filterbetrieb in einer großtechnischen Anlage der Keimrückhalt wie erwartet funktioniert. Der Rückhalt für Coliphagen ist geringer, was mit dem geringeren Durchmesser von Viren gegenüber Bakterien zusammen hängen könnte. Ein Zusammenhang zwischen der Reinigungsleistung von intestinalen Enterokokken und anderen Rahmenparametern konnte nicht eindeutig festgestellt werden. Es lassen sich auch keine eindeutigen Zusammenhänge zwischen der Trockenzeit und dem Keimrückhalt darstellen. Die Konzentrationen im Zu- und Ablauf sind in Tabelle 5.3 dargestellt.

Die Online-Sonden zur Messung der Ammonium- und Nitratkonzentration wurden im Oktober 2011 in Betrieb genommen. Bis zum Ende der Projektlaufzeit wurden neun Ereignisse mit plausiblen Daten aufgezeichnet.

Wie Abbildung 5.4 entnommen werden kann, registrieren die Sonden mit einer Verzögerung zu Beginn des Ereignisses einen Anstieg sowohl bei der Ammonium-

Konzentration im Zulauf als auch bei der Nitrat-Konzentration im Ablauf. Dies ist einheitlich für alle betrachteten Ereignisse. Zum einen kann dies daran liegen, dass die Sonden eine zeitlang benötigen, um sich auf das zufließende Medium einzustellen, da sie in Kanten zwischen den Ereignissen im Brackwasser von Anlagenzulauf bzw. -ablauf verbleiben. Eine weitere Erklärung kann darin liegen, dass die Festlegung des Ereignisbeginns von dem tatsächlichen Ereignisbeginn abweicht.

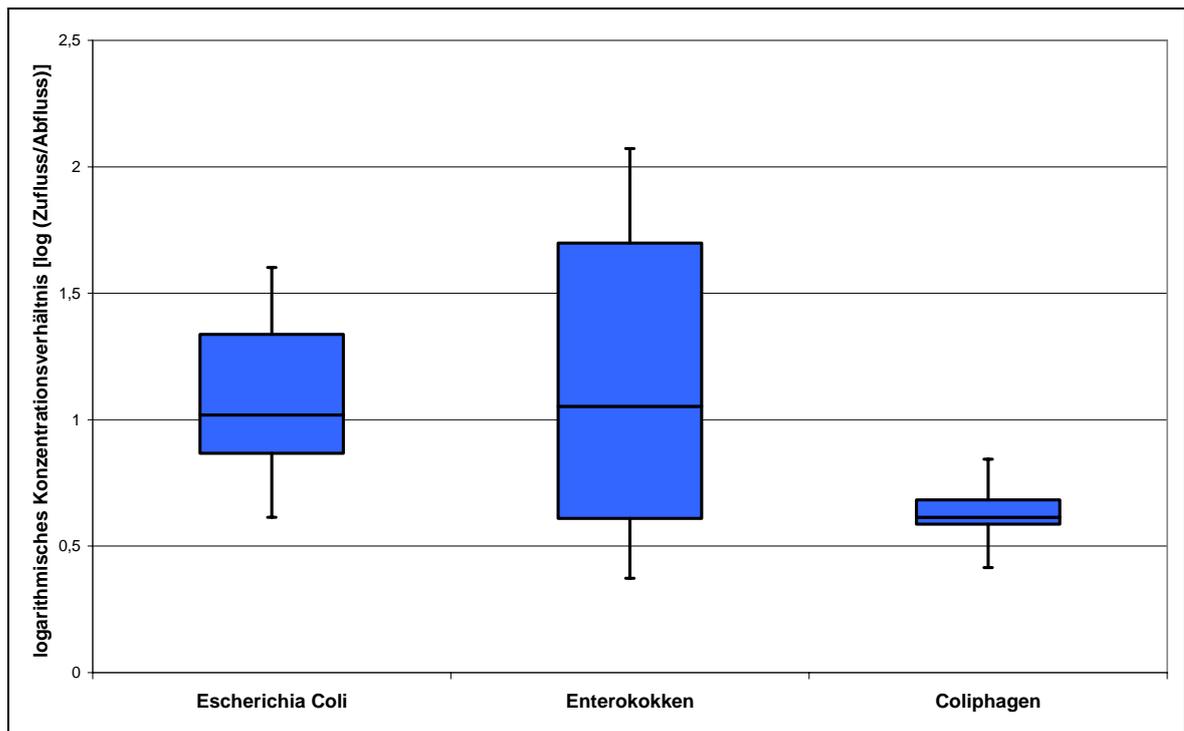


Abbildung 5.3: Rückhalt der mikrobiologischen Parameter im RBF Kanten

Tabelle 5.3: Konzentration der mikrobiologischen Parameter im Zulauf des RBF Kanten

Konzentration (n/100 mL)	Escherichia coli	Enterokokken	Coliphagen
Median	3.665.000	164.500	3.710
Minimum	1.046.000	16.100	1.296
Maximum	7.700.000	1.104.000	5.518

Für das exemplarisch beschriebene Ereignis vom 12.-13.10.2011 sinkt die Ammonium-Konzentration im Zulauf nach einem deutlich erkennbaren Peak von in diesem Fall 10 mg/l ab und nähert sich einem Grenzwert von ca. 6 mg/l an. Die Ammonium-Konzentration im Ablauf befindet sich auf einem niedrigeren Niveau und sinkt zunächst

ebenfalls ab. Die geringste Konzentration liegt in diesem Fall bei 1 mg/l und das Minimum im Ablauf wird leicht verzögert zum Maximum im Zulauf erreicht. Der Kurvenverlauf bestätigt die von Dittmer (2006) ermittelten Sorptionsprozesse im Retentionsbodenfilter, die einen Rückhalt von Ammonium im Filter ergeben haben. Ein erneuter Anstieg der Ablaufkonzentration, der bei allen Ereignissen zwischen 5 und 9 Stunden nach Beschickungsbeginn eintritt, deutet darauf hin, dass die Sorptionskapazität zunehmend erschöpft.

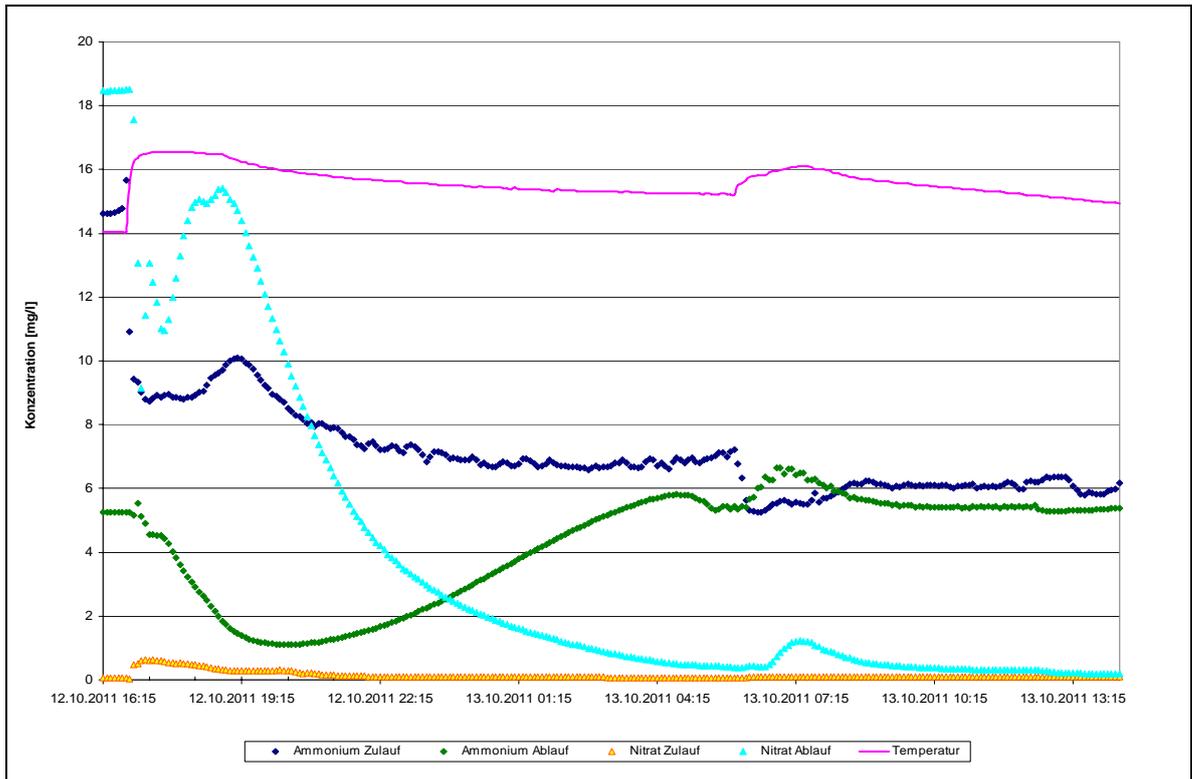


Abbildung 5.4: Auswertung der Ammonium-Nitratsonden, 12.-13.10.2011, RBF Kenten

6 Weitere Ergebnisse

6.1 Messtechnische Ausrüstung

Bei der Höhenstandsmessung zur Erfassung von Überfallhöhen an Schwellen existiert häufig kein ausreichender Abstand der Messsonde zur Schwelle, um außerhalb des Sogbereiches des Überfalls zu bleiben. Dies ist vor allem bei großen Überfallhöhen oder beidseitig überströmte Schwellen schwer zu realisieren (vgl. auch ATV-DVWK M176, 2001).

Teilweise sind die Messsonden so installiert, dass eine Beeinflussung durch Störelemente, z.B. einwachsendes Schilf, auftreten kann. Dies stellt eine ständige

Unsicherheit dar und erhöht den Wartungsaufwand. Bei Außenmontagen ist auch die Problematik der direkten Sonneneinstrahlung zu beachten.

Der Messort muss so geplant und ausgebildet sein, dass die vorgesehene Messaufgabe erfüllt werden kann. Die Verwendung der Messdaten zur Herleitung weiterer Betriebsdaten führt nur zum Ziel, wenn diese bereits bei der Definition der Messaufgabe und der Planung der Messstelle berücksichtigt und die entsprechenden Randbedingungen geschaffen wurden.

Häufig werden Höhenstandsmessungen in Regenbecken so eingesetzt, dass sie sämtliche Betriebsinformationen von „Becken leer“ über „Becken voll“ bis „Überfallhöhe Entlastungsschwelle“ erfassen sollen. Daraus resultieren Messbereiche von 0 bis 3 m und mehr. Bei diesen Messbereichen nimmt die Genauigkeit der Messung ab und liegt nur noch in der Größenordnung von 1,5 bis 3 cm. Wird über diese Messung dann die Überfallhöhe eines Klärüberlaufes erfasst, der in der Regel um die 10 cm beträgt, wird deutlich, welche Ungenauigkeit dieser Datenerfassung anhaftet und welche Qualität daraus errechnete Abflusswerte haben.

Die Messungen müssen kalibriert sein. Bezugshöhen und Nullmessungen sollten klar dokumentiert sein. Eine Niveaumessung an einer Schwelle von 2,87 m Höhe über Sohle ist für Kontrollnachrechnungen unzureichend, wenn die absolute Höhe der Nullmessung und die absolute Höhe der Schwellenoberkante nicht bekannt sind. Diese sind für die Berechnung von Überfallhöhen und die in Bezugsetzung mit anderen Betriebspunkten (weitere Schwellen etc.) unerlässlich.

Häufig werden aus erfassten Höhenstandsdaten weitere Betriebsdaten, wie Überfallmengen und Entlastungsvolumen, ermittelt. Dies geschieht auch, wenn die Randbedingungen dafür nicht optimal sind und deren Auswirkungen auf die theoretische Ermittlung nicht beschrieben werden können.

Bei langen Schwellen ab ca. 3 Metern fehlen eine zweite und gegebenenfalls weitere Messungen, um einen Mittelwert der Überfallhöhe ermitteln zu können. Auch bei Klärüberläufen ohne turbulente Strömungserscheinungen können z.B. Beeinflussungen durch Wind nicht ausgeschlossen werden. Bei kurzen Schwellen ist die Messung häufig nicht in der Mitte der Schwelle montiert, sodass Schwalleffekte zur Fehleinschätzung des Entlastungsverhaltens führen.

Die Ausführung von Überfallkanten an Schwellen ist häufig nicht im Detail bekannt, bzw. ihre Auswirkung auf den Überfallbeiwert kann nicht genau beschrieben werden. So wird dieser Wert in der Regel geschätzt und führt zu großen Unsicherheiten beim Erreichen von Überfallmengen. So wird für die Bemessung von Schwellen, bei denen der Überfallwert nicht bekannt ist, ein Wert von $\mu = 0,5$ (DWA-A 111) angegeben. Für scharfkantige Schwellen geben die Tabellenwerke einen Überfallbeiwert in der

Größenordnung von 0,63 an. Allein in dieser Schwankungsbreite liegt eine Abweichung von rund 25 %, die linear in die Berechnung der Überfallmenge durchschlägt. Eine genaue Ermittlung des Überfallbeiwertes, z.B. durch Versuchsreihen, erfolgt in der Regel nicht. Ist dies aber der Fall, stellen profilierte Entlastungsschwellen mit unter Laborbedingungen kalibrierten Kennlinien eine brauchbare Möglichkeit dar, auch bei geringen Überfallhöhen hinreichend genau die Überfallmengen zu bestimmen (s. auch Wasserstandsmessungen an Regenbecken und Stauraumkanälen, IKT 2006).

Das Zeitintervall der Messdatenerfassung ist bei einem Ziel der Überfallmengenmittlung häufig zu groß. Nimmt man als Beispiel eine Entlastungsmenge an einem Regenbecken von $2 \text{ m}^3/\text{s}$, so ergeben sich in einem Zeitintervall von 5 min bereits 600 m^3 Entlastungsvolumen, bei 15 min sogar 1.800 m^3 . Dies bewegt sich in der Größenordnung der Beckenvolumina. Das bedeutet, bei der Erfassung von Überfallhöhen mit dem Ziel der Mengenermittlung ist ein Zeitintervall von $< 1 \text{ min}$ erforderlich.

Die Frage, welche Betriebs-/Messdaten erforderlich sind, um die Funktionsfähigkeit einer Anlage zu bewerten, ist häufig nicht eindeutig geklärt und dokumentiert. An dieser Stelle fehlen Hinweise aus technischen Regelwerken und Praxiserfahrungen. Hier sollten Hinweise zu einer sinnvollen und angemessenen Anlagenüberwachung erarbeitet werden.

6.2 Dokumentation Betrieb

Aus dem Forschungsvorhaben ergeben sich zahlreiche Ansätze für eine aussagekräftige und nachvollziehbare Anlagen- und Betriebsdokumentation, die sowohl den Anlagenbetreiber als auch die Aufsichtsbehörden in die Lage versetzt, den Betrieb einer Retentionsbodenfilteranlage schnell und effizient bewerten zu können.

So wird empfohlen, folgende Inhalte in eine Anlagen- und Betriebsdokumentation einer Retentionsbodenfilteranlage aufzunehmen:

- Bauwerkszeichnung mit Anlagen- und Betriebsbeschreibung (Teil der Dienst- und Betriebsanweisung),
- Anlagendatenblatt (ähnlich dem Erhebungsbogen des Erftverbandes, siehe Anhang 5),
- Bemessungsgrößen und Ergebnisse Anlagensimulation Entwurf,
- Berichtswesen Anlagenbegehung (Standardisierung),
- Quartalsbericht mit Datenauswertung; Plausibilisierung, grafische Darstellung der Betriebsdaten eines Beschickungsereignisses,
- Jahresbilanz der wasserwirtschaftlichen Kenndaten (Ereignisanzahl, Stapelhöhe), Abgleich mit Bemessungsgrößen,

- Kalibrierung von Höhenstandsmessungen (empfohlen wird eine Vor-Ort-Anzeige zur Unterstützung des Betriebspersonals bei der Inaugenscheinnahme gemäß SüwVKan, einfache Prüfung der Höhenstandsmessung möglich),
- Anlagenzeichnung mit Darstellung der Messpunkte und Klartextbezeichnung analog zu den Tabellenköpfen der Datenlisten, die eine eindeutige Zuordnung der Daten zu den Messpunkten ermöglicht

Es wird Betreibern von mehreren Anlagen empfohlen, eine zentrale Datenauswertung und Anlagendokumentation aufzubauen, um einen einheitlichen Unterlagenaufbau und dadurch eine Vergleichbarkeit der Anlagen zu erreichen.

6.3 Betrieb

Aufgrund der Erfahrungen mit dem Betrieb der drei Filter und den Problemen mit länger anhaltenden Trockenphasen und kaum eintretenden Beschickungsereignissen wurde eine Umfrage unter dem Betriebspersonal entwickelt. Die Umfrage wurde vom Erttverband anonym unter den Mitarbeitern des Betriebs durchgeführt, die sich zum Zeitpunkt der Umfrage um die 22 in Betrieb befindlichen Retentionsbodenfilteranlagen kümmerten. Es ergaben sich damit Ergebnisse für 16 Anlagen. Die Anzahl der im Folgenden angegebenen Nennungen bezieht sich stets auf die Anzahl der Anlagen.

Die Bedeutung der Retentionsbodenfilter im Vergleich zu den anderen von ihnen betreuten Bauwerken schätzen die Mitarbeiter mit ein durchschnittlich 3,5 auf einer Skala von 1 (sehr wichtig, 5 sehr unwichtig) ein. Dies entspricht in etwa der Bewertung des Arbeitsaufwand, der von einigen differenziert für Frühjahr/Sommer bzw. das Winterhalbjahr angegeben wurde: Im Frühjahr/Sommer wird der Aufwand mit durchschnittlich 3,1 (1 erheblich, 5 kaum), im Winterhalbjahr mit 3,7 eingeschätzt.

Bei den Begehungen wird der Bewuchs anhand aller abgefragten auftretenden Besonderheiten bewertet. Bei der Antwort waren Mehrfachnennungen möglich. Am häufigsten wurden „Einwuchs von Begleitpflanzen (z.B. Brennnesseln)“, „Abgeknickte Schilfpflanzen“ sowie „Kahlstellen“ (jeweils 15 Nennungen), am seltensten „Auskolkung des Bodenmaterials im Zulaufbereich“ (7 Nennungen) angekreuzt. Fünf Nennungen wurden unter „Weitere“ gemacht mit „Läusebefall“ als Kriterium für die Beurteilung des Bewuchszustandes. Bei derartigen Problemen gab es sieben Nennungen dazu, das Betriebshandbuch zu Rate zu ziehen, elf zu „Besprechung mit dem Vorgesetzten“. Bei Besprechung mit anderen Personen gab es zwölf Nennungen für eine Kontaktaufnahmen mit der zuständigen Biologin des Verbandes. Fünf Nennungen gab es zur eigenen Lösungssuche.

Ein interessanter Aspekt ist der Umgang bei Problemen mit den Schilfpflanzen bei Problemen in der Vergangenheit. Es konnten ebenfalls mehrere Antworten gegeben

werden, die zu folgender Verteilung führten: Am häufigsten wird der „Betrieb im Teileinstau“ mit acht Nennungen angegeben, gefolgt von sieben Nennungen zur Bewässerung mit Brauchwasser aus der Nachklärung bzw. gar keine Maßnahmen. Fünf Nennungen gab es für die Bewässerung mit Bachwasser sowie als weitere Maßnahme einen radikalen Rückschnitt mit Mahdgutentfernung. Weitere Nennungen, die seltener als fünf Mal angekreuzt wurden, werden hier nicht aufgeführt.

Es sollte geklärt werden, ob und in welchem Maße die lang andauernden Trockenphasen dem Schilf langfristig schaden und wie gegebenenfalls ein sinnvolles Bewässerungskonzept aussehen kann, dass die Rückhaltekapazität des Filters nicht negativ beeinträchtigt. Außerdem sollte ermittelt werden, wie lange ein Teileinstau ohne Schädigungen und Effizienzminderungen des Filters vorgenommen werden kann oder ob auf dieses Mittel generell verzichtet werden sollte. Zudem sollten großtechnische Filter ohne Bewuchs als Alternative in Erwägung gezogen werden. Eine weitere Verbesserung des Problems ließe sich erzielen, wenn die derzeitige Bemessung der Filtervorstufe überdacht würde, die häufigere Ereignisse verhindert.

7 Ausblick und Empfehlungen

Retentionsbodenfilter stellen einen wichtigen Beitrag zur Reinigung von Mischwasserentlastungen dar. Auch nach mehreren Betriebsjahren konnte die Reinigungsleistung hinsichtlich AFS und Stickstoffparametern an der großtechnischen Filteranlage Kenten (Bergheim) belegt werden. Für den Filter mit einer Fläche von 2.200 m² und einem Retentionsvolumen von ca. 4.200 m³ konnte bei sieben beprobten Ereignissen für AFS ein Wirkungsgrad von stets mehr als 90% erreicht, für sauerstoffzehrende Parameter wie CSB konnte eine durchschnittliche Eliminationsleistung von 80% ermittelt werden (basierend auf acht Ereignissen).

Im Hinblick auf Spurenstoffe geben diese Untersuchungen erste Anhaltspunkte, dass bestimmte Stoffe in nennenswertem Maß zurückgehalten werden. Insbesondere für Metoprolol, Diclofenac und Bisphenol A konnte bei zehn untersuchten Ereignissen ein Rückhalte-Wirkungsgrad zwischen 60 und 75% ermittelt werden. Es müssen jedoch weitere Untersuchungen zur Verlässlichkeit des Rückhalts folgen.

Für die untersuchten und nachgewiesenen Keime ergab sich bei sieben untersuchten Ereignissen ein durchschnittlicher Rückhalt für E.coli von 1,07 Log-Stufen und für Enterokokken von 1,31 Log-Stufen. Für Coliphagen lag der Rückhalt mit im Durchschnitt 0,64 Log-Stufen etwas niedriger.

Die Untersuchungen fielen in eine lang anhaltende Trockenperiode, was die Probenahmen erschwerte. Die zu Projektbeginn angenommene Aufteilung der Anlagen in schwach, optimal und stark belastet erwies sich in der Praxis als nicht zutreffend. Zudem

war es wegen der geringen Probedichte nicht möglich festzustellen, welche Rahmenbedingungen sich günstig auf den Rückhalt auswirken. Bei zwei Anlagen konnte aufgrund von betrieblichen und technischen Problemen keine ausreichende Probenanzahl für eine Auswertung gewonnen werden.

An den drei untersuchten Anlagen stellte sich heraus, dass die bislang vorgeschriebenen messtechnischen Einrichtungen nur eingeschränkt zur Bilanzierung von Beschickungsereignissen geeignet sind. Insbesondere bei der Überfallschwellenmessung stellen große Überfallhöhen, lange Überfallschwellen oder beidseitig überströmte Schwellen ein Problem dar. Außerdem ist es in der Regel nicht möglich, den Wasserstand im Substrat anzugeben. Dies führt dazu, dass ein dauerhafter Teileinstau unerkannt bleiben kann.

Hinsichtlich der Dokumentation des Anlagenbetriebs ergibt sich Optimierungspotential. Eine Umfrage unter den Mitarbeitern des Betriebs zur Wartung des Betriebs ergab Hinweise darauf, dass der Umgang mit langen Trockenphasen der Filter derzeit keine einheitliche Handlungsweise nach sich zieht. Häufig wird diesem mit einem Teileinstau begegnet, der derzeit noch ohne klare Vorgaben hinsichtlich Höhe und Dauer vorgenommen wird.

Aus der einjährigen Untersuchungsphase ergeben sich folgende Empfehlungen:

- Zu Beginn der Planung eines Retentionsbodenfilters sollte festgelegt werden, welche messtechnischen Ziele verfolgt werden. Das Nachrüsten von Messtechnik im Betrieb hat in der Regel nicht optimale Lösungen zur Folge, die verhältnismäßig hohe Kosten verursachen.
- Die Dokumentation des Betriebs sollte im Sinne von Betreiber und Überwachungsbehörden vereinheitlicht und damit eine Auswertung der Betriebsdaten vereinfacht werden.
- Damit die Handhabung von Trockenphasen nicht zu Filter schädigenden Maßnahmen wie einem dauerhaften Teileinstau führen, sollten Betriebsmitarbeiter für die Funktionsweise des Filters insbesondere hinsichtlich der Stickstoffparameter sensibilisiert werden.

In weiteren Forschungsvorhaben sollten zudem weitere Fragen zur Funktionsweise der Retentionsbodenfilter geklärt werden. Dies schließt unter anderem folgende Fragestellungen ein:

- Kann ein verlässlicher Mindestrückhalt für den Parameter AFS für einen gut funktionierenden Retentionsbodenfilter definiert werden?

- Wie verlässlich erfolgt der Rückhalt von bestimmten Spurenstoffen? Folgt diesem auch ein biologischer Abbau?
- Kann eine vereinheitlichte Anlagendokumentation und -auswertung die Fernüberwachung der Funktion von Retentionsbodenfiltern ermöglichen?

Auch zukünftig werden Retentionsbodenfilter eine wichtige Rolle insbesondere in Hinblick auf die Qualitätsverbesserung der nachfolgenden Gewässer spielen. Eine Optimierung ihrer Bau- und Betriebsweise sollte daher im öffentlichen Interesse weiter verfolgt werden.

Literatur

ATV DVWK M 176 (2001): Merkblatt ATV DVWK M 176. Hinweise und Beispiele zur konstruktiven Gestaltung und Ausrüstung von Bauwerken der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef, 2001.

DITTMER, U. (2006): Prozesse des Rückhaltes und Umsatzes von Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen in Retentionsbodenfiltern zur Mischwasserbehandlung. Dissertation, Kaiserslautern.

DWA (2005): Merkblatt DWA-M 178. Empfehlungen für Planung, Bau und Betrieb von Retentionsbodenfiltern zur weitergehenden Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef, 2005.

GROTEHUSMANN, D., KASTING, U. (2009): Vergleich der Reinigungsleistung von Retentionsbodenfiltern und Versickeranlagen an Bundesfernstraßen. Forschung, Straßenbau und Verkehrstechnik, Heft 1024, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.), ISBN 078-3-86509-946-4, Bonn.

HAIß, A., KÜMMERER, K. (2006): Biodegradability of the X-ray contrast compound diatrizoic acid, identification of aerobic degradation products and effects against sewage sludge micro-organisms. *Chemosphere*, 62, 294-302.

IKT (2006): Wasserstandsmessungen an Regenbecken und Stauraumkanälen. Auswertung von Einstau- und Entlastungsereignissen am Beispiel des Aggerverbandes. Institut für unterirdische Infrastruktur (IKT), Gelsenkirchen 2006.

KALSCH, W. (1999): Biodegradation of the iodinated X-ray contrast media. *The Science of the Total Environment*, 225, 143-153.

KLECKA, G.M., GONSOIR, S.J., WEST, R.J., GOODWIN, P.A., MARKHAM, D.A. (2001): Biodegradation of bisphenol A in aquatic environments: river die-away. *Environmental Toxicology and Chemistry* 20 (12), 2725-2735.

KUHLMANN, B., SKARK, C., ZULLEI-SEIBERT, (2010): Definition und Bewertung der trinkwasserrelevanten Chemikalien im Rahmen der REACH-Verordnung und Empfehlungen zum Screening nach potentiell kritischen Substanzen. Sachverständigenutachten im Auftrag des Umweltbundesamts, http://www.reach-info.de/dokumente/Trinkwasserrelevanz-FKZ_363_01_241-Langfassung.pdf (in German).

MERSMANN, P. (2003): Transport- und Sorptionsverhalten der Arzneimittelwirkstoffe Carbamazepin, Clofibrinsäure, Diclofenac, Ibuprofen und Propyphenazon in der wassergesättigten und -ungesättigten Zone. PhD thesis, opus.kobv.de/tuberlin/volltexte/2003/609/pdf/mersmann_petra.pdf, Berlin (in German).

MERTENS, F.M., CHRISTOFFELS, E., SCHREIBER, C., KISTEMANN, T. (2012): Rückhalt von Arzneimitteln und Mikroorganismen am Beispiel des Retentionsbodenfilters Altendorf. *Korrespondenz Abwasser Abfall*, 59 (12) (in German).

MKULNV (2010): Entwicklung und Stand der Abwasserbeseitigung in Nordrhein-Westfalen. 15. Auflage 2010, http://www.lanuv.nrw.de/wasser/abwasser/abwasserbeseitigung_nrw.pdf (04.10.2012).

MUNLV (2003): Retentionsbodenfilter. Handbuch für Planung, Bau und Betrieb (1. Aufl.). Düsseldorf. 233 S. Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.), Düsseldorf.

SCHEFFER, F., SCHACHTSCHABEL, P. (2010): Lehrbuch der Bodenkunde. Spektrum – Akademischer Verlag, 16. Auflage, ISBN 978-3-8274-1444-1, Heidelberg.

SCHEYTT, T., MERSMANN, P., LINDSTÄDT, R., HEBERER, T. (2005): Determination of sorption coefficients of pharmaceutically active substances carbamazepine, diclofenac, and ibuprofen, in sandy sediments. *Chemosphere* 60, 245-253.

SCHMIDT, C.K., LANGE, F.T., BRAUCH, H.-J., KÜHN, W. (2003): Experiences with riverbank filtration and infiltration in Germany. DVGW Water Technology Center (TZW), http://www.tzw.de/de/projekte/stoffbewertung/verhalten_von_spurenstoffen_be-366/, Germany.

UHL, M., DITTMER, U. (2005): Constructed wetlands for CSO treatment: an overview of practice and research in Germany. *Water Science and Technology*, 51(9), 23-30.

UHL, M., SCHMITT, G. (2007): Erstellung eines Eignungsnachweises für Filtersubstrate für Retentionsbodenfilter. Schlussbericht zur Vor- und Hauptstudie, Ministerium für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Az IV-9-042 261.

WALDHOFF, A. (2008): Hygienisierung von Mischwasser in Retentionsbodenfiltern (RBF). Dissertation, Kassel.

WOZNIAK, R. (2008): Ermittlung von Belastungsgrenzen an Bodensubstraten zur weitergehenden Mischwasserbehandlung in Retentionsbodenfiltern. Dissertation, Kaiserslautern.