

Behandlung von Mischabwässern aus kleinen Einzugsgebieten in Pflanzenkläranlagen

Heribert Rustige, AKUT Umweltschutz Ingenieure Burkard und Partner, Wattstr. 10, D-13355 Berlin, rustige@akut-umwelt.de

Ausgangssituation

Pflanzenkläranlagen sind für die dezentrale Abwasserbehandlung von Vorteil, da sie grundsätzlich einfach zu betreiben sind und im Vergleich zu technisch biologischen Anlagen einen geringeren laufenden Betreuungsaufwand haben.

Mit Überarbeitung des DWA-A 262 im Jahr 2006 wurden die Regeln für Planung, Bau und Betrieb von Pflanzenkläranlagen fortgeschrieben, die darauf abzielten, die hydraulische, mechanische und biologische Leistungsfähigkeit der sandigen Bodenfilter, so wie sie in Deutschland seit den 1990er Jahren vorwiegend entwickelt wurden, dauerhaft zu gewährleisten. Der Einsatzbereich beschränkt sich demnach auf häusliches und kommunales Schmutzwasser aus dem Trennsystem. Zu Mischwassernetzen heißt es dort:

„Bodenfilter in kleinen Kläranlagen im Mischsystem sind nicht Gegenstand dieses Arbeitsblattes. Dabei müssen zusätzliche hydraulische und stoffliche Randbedingungen beachtet werden.“ Außerdem fallen hochbelastete Bodenfilter zur Vorbehandlung und Bodenfilter zur Niederschlagswasserbehandlung nicht in den Geltungsbereich.

Die o.g. Einschränkungen begründen sich zum einen auf mangelnder Erfahrung mit der Anwendung solcher Anlagen in Deutschland und zum anderen mit negativen Erfahrungen aufgrund von hydraulischen Überlastungen bei Bodenfiltern, die hohen Fremdwassereinflüssen ausgesetzt waren. Insbesondere der Austrag von Feststoffen aus der Vorklärung bei hydraulischen Stoßbelastungen wurde vielfach als Ursache von Kolmation, d.h. nicht regenerierbaren Verstopfungen des Bodenfilters, identifiziert.

Die Feststoffkonzentration im Zulauf von Bodenfiltern soll demnach nicht höher als 100 mg/l AFS sein. Für den Bodenfilter selbst gibt es enge Grenzen für die hydraulische und stoffliche Belastung. Diese betragen für Horizontalfilter 40 mm/d bzw. 16 g CSB/m²/d und für Vertikalfilter 80 mm/d bzw. 20 g CSB/m²/d.

Alles in allem sind dies Voraussetzungen, die die Anwendung von Bodenfiltern zur Mischwasserbehandlung als sehr ungünstig erwarten lassen. Bereits für die Anwendung im Trennsystem führen die notwendigen Aufwendungen für die Vorklärung und die Größe der erforderlichen Bodenfilter zu einem erheblichen Investitionskostennachteil, der sich nur unter günstigen Bedingungen durch einen sehr viel geringeren spezifischen Betriebskostenaufwand ausgleichen lässt.

Bodenfilter, die grundsätzlich für hohe hydraulische Belastung ausgelegt werden, wie sie im Mischwassernetz auftreten können, sind die sogenannten Retentionsbodenfilter. Diese dienen jedoch allein der Behandlung des Regenwassers im Misch oder Trennsystem (DWA-M 178 (Okt 2005). „Retentionsbodenfilterbecken sind empfindlich gegenüber stofflichen und hydraulischen Überlastungen, die zu Schäden und im Extremfall zum kompletten Versagen des Filterbeckens führen können“ heißt es im Merkblatt. Außerdem: „Zur Verringerung der Gewässerbelastung infolge einer durch Fremdwasserabfluss erhöhten Entlastungsaktivität eignen sich Retentionsbodenfilteranlagen ebenfalls nicht.“

Auf der anderen Seite gibt es zahlreiche kleinere Entwässerungsgebiete mit vorhandenen Mischwasserkanälen (Teilortskanäle bzw. „Bürgermeisterkanäle“) ohne nachfolgende Abwasserbehandlung, für die sich die Suche nach Alternativen zum Neubau einer Trennkanalisation lohnen könnte. Eine solche Lösung kann nur dann erfolgreich, d.h. wirtschaftlich sein, wenn ein hoher Wirkungsgrad erreicht wird und geringe Betriebskosten zu erwarten sind.

Filtration en Francais

In diesem Fall hilft ein Blick in den Westen Europas. Vor mehr als zwei Jahrzehnten wurde in Frankreich hinsichtlich Pflanzenkläranlagen ein grundsätzlich anderer Weg eingeschlagen als in Deutschland. Mehrere hundert bis tausend kommunale Pflanzenkläranlagen behandeln Abwasser inzwischen nach einem von Käthe Seidel in den 80er Jahren erprobten und vom staatlichen Forschungsinstitut CEMAGREF und der Firma SINT aus Aix-les-Bains gemeinsam weiterentwickelten Verfahren. Dieses ist offensichtlich in der Lage, die spezifischen Anforderungen an die Behandlung von Mischabwässern zu erfüllen.

Dabei handelt es sich um zweistufige Pflanzenkläranlagen, bestehend aus zwei hintereinander geschalteten Vertikalfiltern (vergl. Abbildung 1), die für deutsche Verhältnisse extrem durchlässige Filtermaterialien verwenden. Hier dient die erste bepflanzte Stufe gleichzeitig der Filtration von Feststoffen und dem primären Abbau von gelösten organischen Verbindungen. Aufgrund der Beschickung mit rohem, nicht abgesetzten Abwasser bildet sich in kurzer Zeit ein Filterkuchen an der Oberfläche, der wesentlich zur Reinigungsleistung beiträgt (Anschwemmfiltration). Der sich darunter befindliche, durchlässige und gut belüftete Filterkörper bietet eine große Aufwuchsfläche für den Biofilm zum weiteren Abbau gelöster Verbindungen. Die zweite bepflanzte vertikale Filterstufe dient durch effektiven Sauerstoffeintrag dem Abbau der restlichen organischen Inhaltsstoffe und damit je nach Auslegung auch der weitergehenden Nitrifikation.

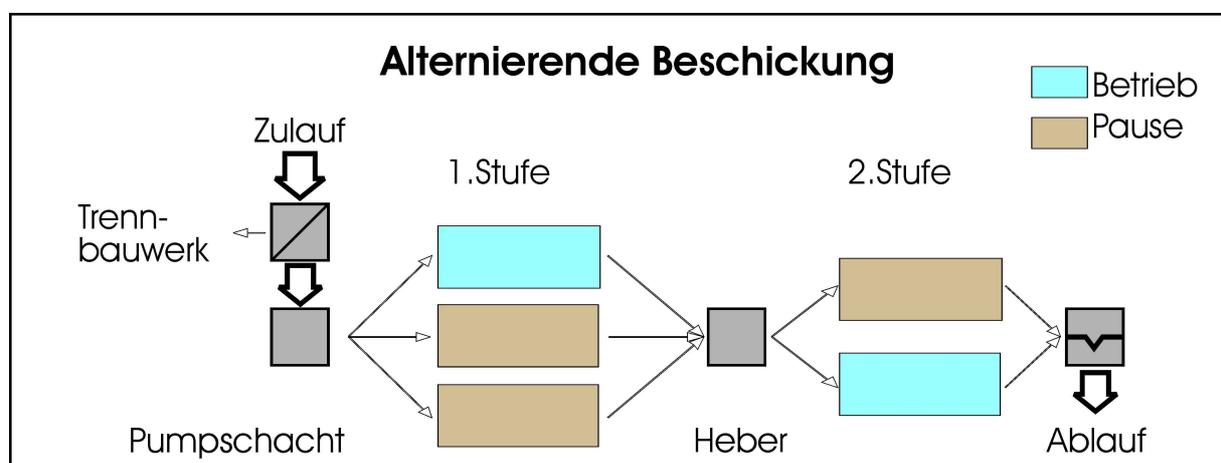


Abbildung 1 Prinzip Darstellung zweistufiger Bodenfilteranlagen nach dem französischen System *Phragmifiltre* mit alternierender Beschickung

Erstmals wurde auf der IWA Konferenz über Pflanzenkläranlagen 2004 in Avignon eine Übersicht über die in Frankreich nach diesem Verfahren errichteten Anlagen veröffentlicht (Molle et al., 2004). In die Untersuchung wurden über 200 Anlagen einbezogen. Rund 20 Prozent der Anlagen wurden in Mischwassernetzen betrieben. Über 60 Prozent wurden allein mit Schwerekraftsystemen beschickt und 75 Prozent waren wenigstens mit Hebern zur Schwerekraft-Beschickung der zweiten Stufe ausgerüstet.

Die mittlere Reinigungsleistung von 81 beprobten Anlagen mit einer hydraulischen Belastung bis 750 mm/d betrug in den ersten zwei Betriebsjahren 90 (+/- 2) Prozent für den CSB, 94 (+/-

4) Prozent für abfiltrierbare Stoffe und 85 (+/- 6) Prozent für TKN. Bei älteren Anlagen (2-7 Jahre) war die Reinigungsleistung tendenziell besser. Die spezifische Filterfläche hat sich als limitierender Faktor für die Nitrifikation herausgestellt. Es wurden Anlagen mit Filterflächen von 1,5 bis 3 m² je Einwohner untersucht. Um TKN Ablaufwerte < 10 mg/l zu erreichen, wird eine Mindestfläche von 2 m² je Einwohner empfohlen.

Die Akkumulation von Klärschlamm auf der ersten Filterstufe betrug in der Untersuchung bei einer Mineralisierungsrate von 60% im Mittel 15 mm pro Jahr. Bei einer zulässigen Stärke von etwa 20 cm für die Schicht aus Schlamm und Pflanzenstreu resultiert ein Räumungszyklus für den Schlammkompost von 10 bis 15 Jahren. Dies entspricht somit dem üblichen Räumintervall von Abwasserteichanlagen.

Beispiel Kläranlage Friesener Berg

Die Pflanzenkläranlage Friesener Berg, Vogtlandkreis, stellt die erste Anlage nach dem französischen Verfahren in Deutschland dar und entwässert ein kanalisiertes Einzugsgebiet von ca. 1,9 ha. Die zugrundegelegte mittlere Niederschlagshöhe in den Jahren 1997 bis 2006 beträgt 731 mm.

Die Kläranlage wurde im Jahr 2009 nach dem zweistufigen Verfahren *Phragmifiltre* des französischen Herstellers SINT errichtet. Das Verfahren besteht aus zwei hintereinander geschalteten Vertikalfiltern. Der erste Filter ist in drei und der zweite Filter in zwei Parzellen aufgeteilt, die jeweils alternierend betrieben werden. Jeder Filter hat ein Freibord von 1 m, von dem jeweils 0,50 m planmäßig als Retentionsraum genutzt werden kann. Die Beschickung der ersten Stufe erfolgt über ein Pumpwerk und die der zweiten Stufe über einen selbsttätigen Heber.



Abbildung 2 Kläranlage Friesener Berg (Frühjahr 2010). Im Vordergrund die unbepflanzte Teilfläche der ersten Filterstufe

Jeweils eine Teilfläche der ersten und der zweiten Stufe sind nicht bepflanzt. In der ersten Stufe wurde zudem eine Teilfläche mit Seggen (*Carex acutiformis*) anstelle von Schilf (*Phragmites australis*) bepflanzt. Hieran soll langfristig festgestellt werden, ob und wie die Pflanzen sich auf die Entwicklung der Filterdurchlässigkeit auswirken.

Die Filteroberfläche der ersten Stufe beträgt 290 m² und die der zweiten Stufe 310 m². Das Retentionsvolumen auf der ersten Stufe beträgt bei einer geplanten Stauhöhe von 0,4 m auf dem Filter 116 m³. In der vereinfachten Simulation mit einer 10 jährigen Regenreihe (Tagesniederschlägen) wurde ein mittlerer jährlicher hydraulischer Wirkungsgrad von 92 Prozent berechnet. Der tatsächliche Wirkungsgrad ist jedoch abhängig vom Drosselabfluss der Kläranlage und der Häufigkeit der darüber liegenden Spitzenabflüsse im Zulaufkanal.

Der Kläranlage ist ein Entlastungsbauwerk vorgeschaltet mit einer Überlaufschwelle von 2,4 m Länge. Der berechnete Spitzenzufluss des Einzugsgebietes beträgt bei dem Bemessungsregen $r_{(0,5,10)}$ von 200 l/s/ha rund 380 l/s. Die Beschickung der ersten Stufe erfolgt mit Hilfe einer Pumpstation, die mit zwei Kanalradpumpen ausgerüstet ist. Jede Pumpe fördert etwa 22 l/s im Normalbetrieb. Bei Spitzenlast fördern beide Pumpen zusammen rund 30 l/s, was dem Drosselabfluss entspricht.

Die nachfolgende Abbildung 3 zeigt den gemessenen Abfluss der Kläranlage im ersten Betriebszeitraum. Im Juli/ August 2010 wurden extreme Werte von bis zu 800 m³/d als Klärablauf und 200 m³/d Beckenüberlauf registriert. Der mittlere hydraulische Wirkungsgrad über den gesamten Zeitraum lag bei 97 Prozent.

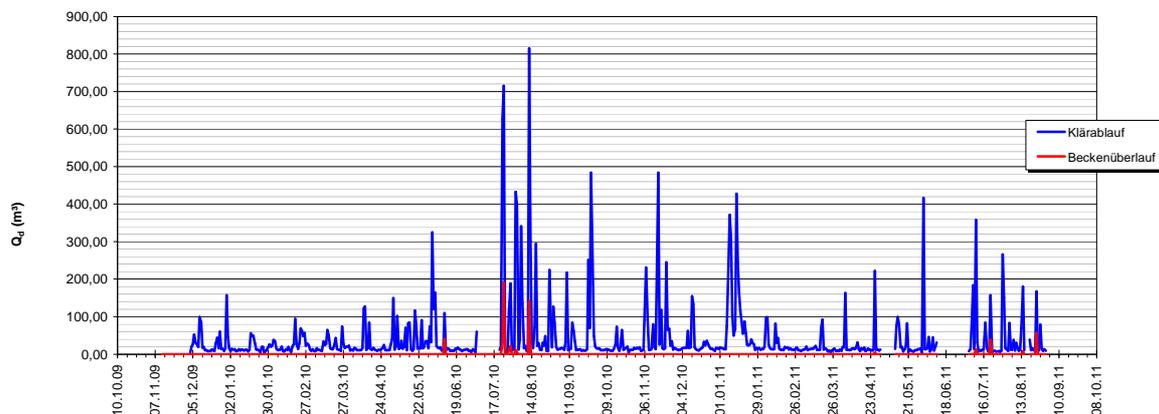


Abbildung 3 Abflussganglinie Kläranlage und Beckenüberlauf (rot) im Zeitraum Dez 2009 bis August 2011

Bemerkenswert ist die extreme hydraulische Flächenbelastung der Filter. So wurden bezogen auf die in Betrieb befindliche Fläche maximal 8,4 m pro Tag in der ersten Stufe und 5,2 m pro Tag in der zweiten Stufe registriert. Die Stapelhöhe der letzten 12 Monate (Sep 10 – Aug 11) betrug 76 m in der ersten und 71 m in der zweiten Stufe. Das entspricht einer mittleren Flächenbeschickung von 641 mm/d der ersten Stufe und 389 mm/d auf der zweiten Stufe bei alternierender Betriebsweise.

Der Trockenwetterabfluss liegt dagegen nur bei 12,2 m³/d (Median in vorwiegend trockenen Monaten), was bei dem spezifischen Trinkwasserverbrauch im Untersuchungsgebiet von 73 l/E/d einem Anschlusswert von 167 Einwohnern entspricht. Dies deckt sich mit der derzeitigen Zulauffracht von rund 20 kg CSB/d. Die niedrigsten gemessenen Abflüsse eines Monats liegen bei ca. 5 m³/d. Insgesamt ergibt sich eine Abflussdynamik, die im Regenwetterfall das 100-fache des Minimalabflusses erreichen kann.



Abbildung 4 Die zweite Stufe mit unbepflanzter Teilfläche im Vordergrund (Sept. 2009)

Nach etwa einem halben Betriebsjahr hat sich eine dünne Schlammschicht auf der ersten Stufe entwickelt, die für die oben beschriebenen Effekte erforderlich ist. Während im Sommer bei allen Teilflächen der ersten Stufe eine ähnliche Durchlässigkeit beobachtet werden konnte, scheint die unbepflanzte Fläche im Winter etwas langsamer zu entwässern. Ob dieser Effekt aber allein auf die fehlende Bepflanzung zurückzuführen ist, muss noch weiter beobachtet werden. Deutlich ist in jedem Fall, dass die regelmäßigen Ruhepausen für die Regeneration der Flächen benötigt werden. Nach Zeiten hoher und häufiger Belastung kann eine Verringerung der Durchlässigkeit beobachtet werden. Genauere Auswertungen sind allerdings noch erforderlich.

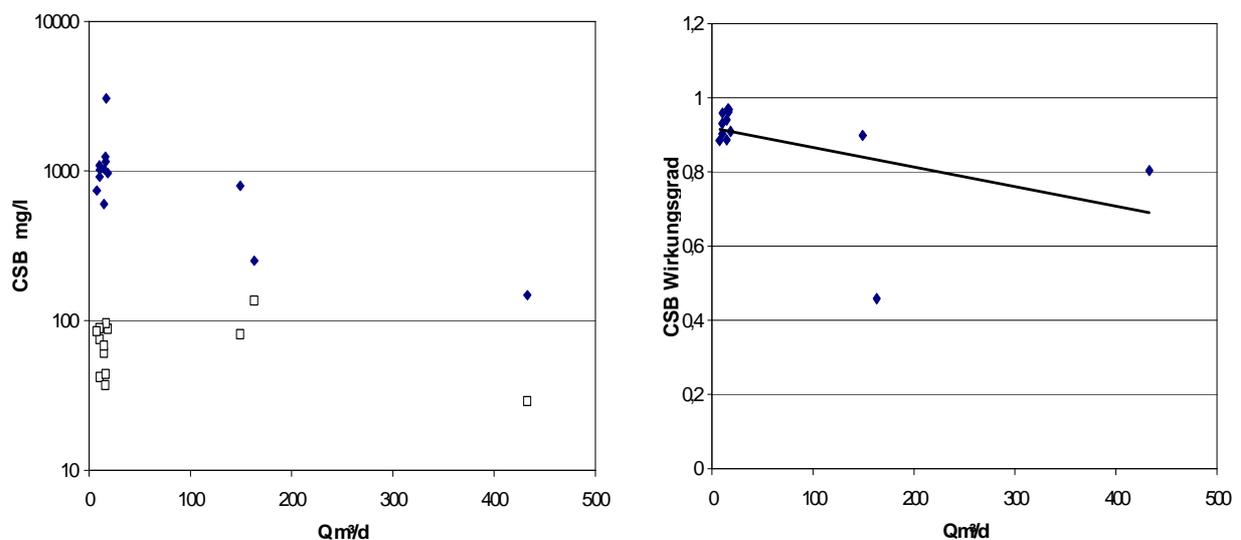


Abbildung 5 CSB Zu- und Ablaufkonzentrationen sowie CSB Reinigungsleistung der Kläranlage in Abhängigkeit von Q (13 Stichproben April 2010 bis Juni 2011)

Die große Dynamik in der Hydraulik schlägt nur in geringem Maße auf die Reinigungsleistung durch. So nimmt die zwar deutlich ab, aber beim CSB ist statt 90 Prozent bei Trockenwetter immer noch eine Leistung von mehr als 70 Prozent bei einem Abfluss von 400 m³/d zu erwarten (siehe Abbildung 5).

Den größten Anteil an der Gesamtleistung hat die erste, hoch belastete Filterstufe wie nachfolgende Abbildung zeigt. Dennoch ist die zweite Stufe erforderlich, um den Grenzwert von 150 mg/l einzuhalten. 85 Prozent aller Ablaufwerte lagen dadurch unter 92 mg/l und der Median der Ablaufkonzentration betrug 59 mg/l (siehe Abbildung 6).

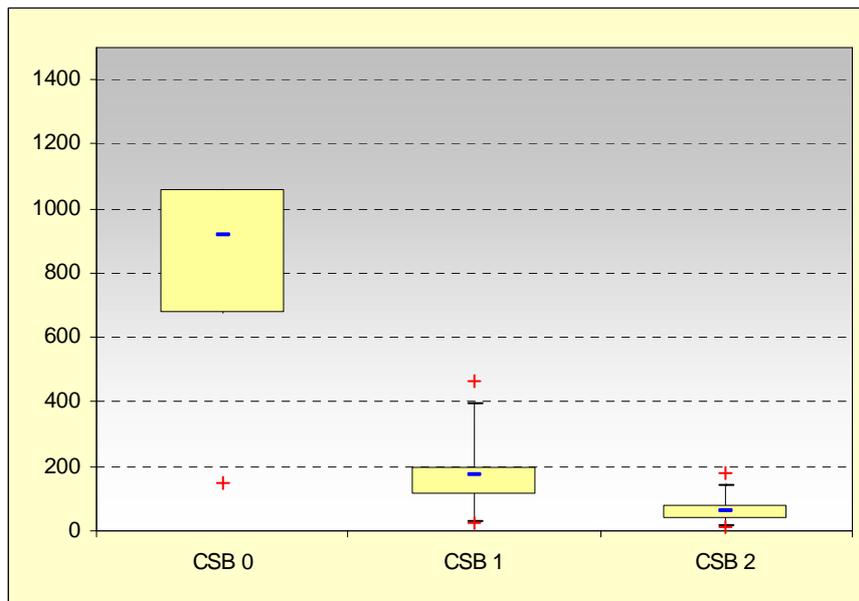


Abbildung 6 CSB Konzentrationen in mg/l im Zulauf und nach der 1. und der 2. Stufe (ab April 2010 bis Juni 2011, zwischen 17 und 80 Einzelwerte je Station)

Hinsichtlich Nitrifikation ergibt sich ein etwas anderes Bild (vergl. Abbildung 7). Im Zulauf wurde in der Regel nur Gesamtstickstoff gemessen. Dieser wird im Mittel zu einem Anteil von etwa 50 Prozent und mit großer Streubreite in der ersten Stufe nitrifiziert (Median 18,5 mg/l).

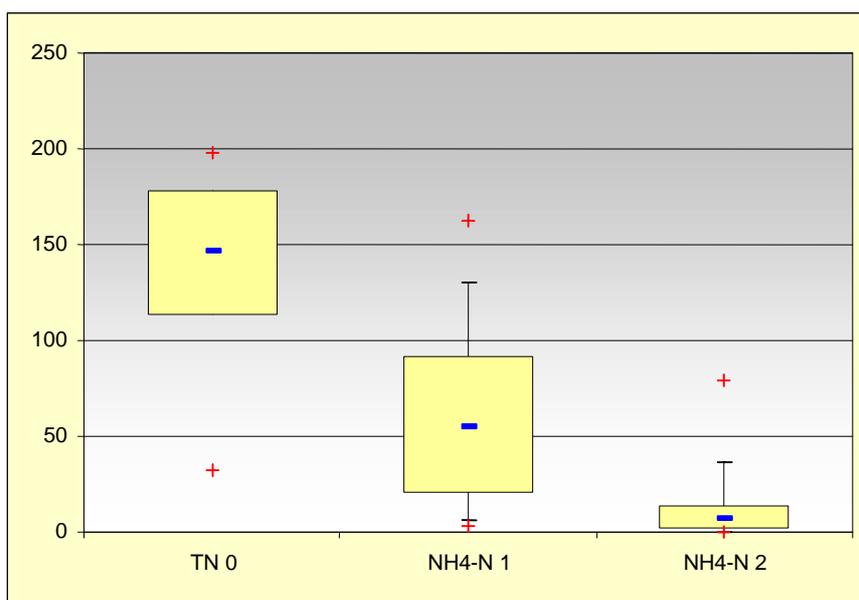


Abbildung 7 Ammonium Elimination in der ersten und zweiten Stufe (ab April 2010) (Konzentrationen in mg/l)

Nach der zweiten Stufe wurde eine mittlere Konzentration von 7,4 mg/l (Median) erzielt. Bei Temperaturen über 12 Grad Celsius schwankte die Ammoniumstickstoff - Konzentration im Ablauf der Kläranlage zwischen 0,6 und 8 mg/l.

Schlussfolgerungen

Bepflanzte Bodenfilter nach dem hier beschriebenen System sind in der Lage, ein Vielfaches des Trockenwetterabflusses weitgehend zu behandeln. Die Mischwasserbehandlung in solchen Bodenfiltern erscheint grundsätzlich möglich und vorteilhaft. Die erste hoch belastete Stufe hat sich als robust erwiesen. Die Anforderungen an Vorklärungen gem. DWA-A 262 hinsichtlich AFS (< 100 mg/l) konnten bei jeder hydraulischen Belastung eingehalten werden. Aufgrund der hohen CSB Reduktion in dieser Stufe, kann die Fläche der zweiten Stufe entsprechend verringert werden.

Im Vergleich zu reinen Retentionsbodenfiltern, die im Nebenschluss betrieben werden, bieten Mischwasserbodenfilter den Vorteil, dass diese regelmäßig beschickt werden und für den Regenfall ausreichend Biofilm für den Abbau gelöster Verbindungen zur Verfügung haben. Retentionsbodenfilter benötigen erheblich größere Flächen und stehen in der Regel trocken, so dass auch die Bepflanzung darunter leidet. Auch die höhere Säurekapazität des Mischwassers stellt einen Vorteil gegenüber der getrennten Regenwasserbehandlung dar.

Ausgehend von diesen Erfahrungen sollte das Konzept der Regenwasserbehandlung aus Mischsystemen neu überdacht werden bzw. sollten die Retentionsbodenfilter modifiziert werden. Zumindest in kleinen Entwässerungsnetzen stellen die hier vorgestellten Mischwasserfilter voraussichtlich die wirtschaftlichste Behandlungsmöglichkeit dar.

Danksagung

Wir danken dem AZV Reichenbacher Land für die Überlassung der Daten.

Literatur

Arbeitsblatt DWA-A 262 (2006): Grundsätze für Bemessung, Bau und Betrieb von Pflanzenkläranlagen mit bepflanzten Bodenfiltern zur biologischen Reinigung kommunalen Abwassers

Merkblatt DWA-M 178 (2005): Empfehlungen für Planung, Bau und Betrieb von Retentionsbodenfiltern zur weitergehenden Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem

Molle, P., Liénard, A., Boutin, C., Merlin, G., Iwema, A. (2004): How to Treat Raw Sewage with Constructed Wetlands: An Overview of the French Systems, IWA Wetlands Conference, Avignon.