Anhang 2

Informationen über Anlagen zur zentralen NW-Behandlung

Inhalt

1 Bemessungs- und Gestaltungsvorgaben für RKB gem. Trennsystemerlass NRW 2

1.1 RKBoD 2

1.2 RKBmD 2

2 Maßnahmen zur Ertüchtigung von RKB 4

2.1 Nachrüstung einer technischen Filteranlage 4

2.2 Nachrüstung eines Lamellenabscheiders 9

3 Sonderformen von NW-Behandlungsanlagen 15

3.1 Bodenfilterfläche bzw. -strecke 15

3.2 Regenwasserbehandlungsanlagen naturnaher Bauart nach WAG 15

3.3 Straßenabwasser-Behandlungsanlagen (SABA) 20

4 Gemessene Reinigungsleistung von Anlagen zur zentralen NW-Behandlung 25

4.1 Gemessene Reinigungsleistung von RKB 25

4.2 Gemessene Reinigungsleistung von RiStWag-Abscheidern 28

4.3 Gemessene Reinigungsleistung von Retentionsbodenfiltern 28

4.4 Gemessene Reinigungsleistung der Straßenabwasserbehandlungsanlage Attinghausen 31

4.5 Reinigungsleistung der naturnahen Behandlungsanlagen nach WAG 32

1 Vorgaben zur Bemessung und Gestgaltung von RKB gem. Trennsystemerlass

1.1 RKBoD

- Durchflussbegrenzung erforderlich
- max. Oberflächenbeschickung: 10 m/h, bezogen auf die folgenden kritischen Regenspenden:
  - r_{krit} = 15 l/(s ha), bezogen auf $A_{E,b}$ der Flächen der Kategorien IIb und III (+ weiterer Zuflüsse)
  - zusätzlich: r_{krit} = 5 l/(s ha), bezogen auf $A_{E,b}$ der Flächen der Kategorien I und IIa
- max. horizontale Fließgeschwindigkeit bei gefülltem Becken: 0,05 m/s
- Überläufe:
  - Vorrichtung zur Abscheidung von MKW und Schwimmstoffen (u. a. Tauchwand, Siphon)
  - max. Anströmgeschwindigkeit der Entlastung bei SKU: 0,3 m/s bei r_{krit} =15 l/(s ha)
- Erforderliches Nutzvolumen:
  - >10 m^3/ha, bezogen auf $A_{E,b}$ der Flächen der Kategorien IIb und III
  - zusätzlich: 5 m^3/ha, bezogen auf $A_{E,b}$ der Flächen der Kategorien I und IIa
  - falls Beckentyp SKU: 50% Volumenzuschlag

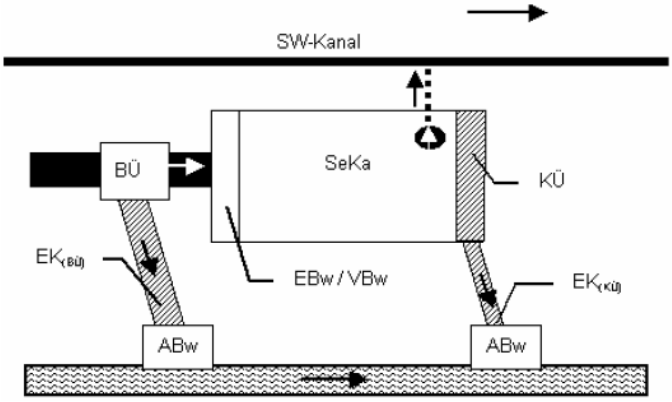

Abbildung 1-1:

RKBoD nach ATV-A166 (aus: [ATV, 1999])

1.2 RKBmD

- Durchflussbegrenzung erforderlich
- min. Beckentiefe: 2 m
- max. Oberflächenbeschickung: 10 m/h, bezogen auf die folgenden kritischen Regenspenden:
  - r_{krit} = 15 l/(s ha), bezogen auf $A_{E,b}$ der Flächen der Kategorien IIb und III (+ weiterer Zuflüsse)
  - zusätzlich: r_{krit} = 5 l/(s ha), bezogen auf $A_{E,b}$ der Flächen der Kategorien I und IIa
- max. horizontale Fließgeschwindigkeit bei gefülltem Becken: 0,05 m/s
- Überläufe: Vorrichtung zur Abscheidung von MKW und Schwimmstoffen (u. a. Tauchwand, Siphon)

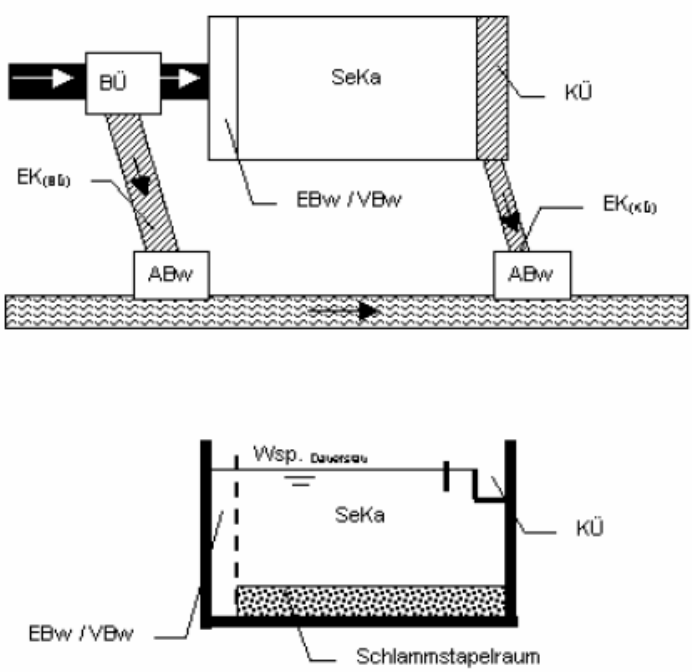

Abbildung 1-2:

RKBmD nach ATV-A166
(aus: [ATV, 1999])

2 Maßnahmen zur Ertüchtigung von RKB

In jüngerer Zeit wird in verschiedenen Forschungsprojekten untersucht, in wie weit durch die Nachrüstung bestehender RKB oder Ausrüstung neuer RKB ein verbessertes stoffliches Rückhaltevermögen (Wirksamkeit) im Vergleich zu konventionellen RKB erreicht werden kann. Betrachtet werden folgende Systeme:

- technische Filteranlagen
- Lamellenabscheider

[Kron, 2008] führte diesbezüglich eine Literaturrecherche durch, deren Inhalt nachfolgend auszugsweise wiedergegeben wird.

2.1 Nachrüstung einer technischen Filteranlage

In dem Forschungsprojekt „Technische Filtration von Oberflächenabflüssen" [Brombach und Weiß, 2007] wurde die Anwendung einer technischen Filtration des Regenwassers als zusätzliches Behandlungsverfahren für RKB untersucht. Durch die Filteranlage soll vor allem ein verbesserter Rückhalt folgender Stoffe erreicht werden:

- Abfiltrierbare Stoffe (AFS)
- an feine Partikel gebundenen Schwermetalle

Projektziel war die Entwicklung eine Filteranlage als zusätzlichem Element eines RKB. Das RKB nimmt dabei durch die Sedimentation von Feststoffen die Funktion einer Vorstufe für die Filteranlage ein und puffert deren Zufluss.

2.1.1 Regenklärbecken

Für das Projekt wurde das bestehende RKB „Im Abelt" (Bad Mergentheim; Einzugsgebiet: Gewerbe; A_u = 7,9 ha) zur Nachrüstung mit dem neuen Behandlungsverfahren ausgewählt. Abbildung 2-1 stellt die Anordnung des RKB schematisch dar.

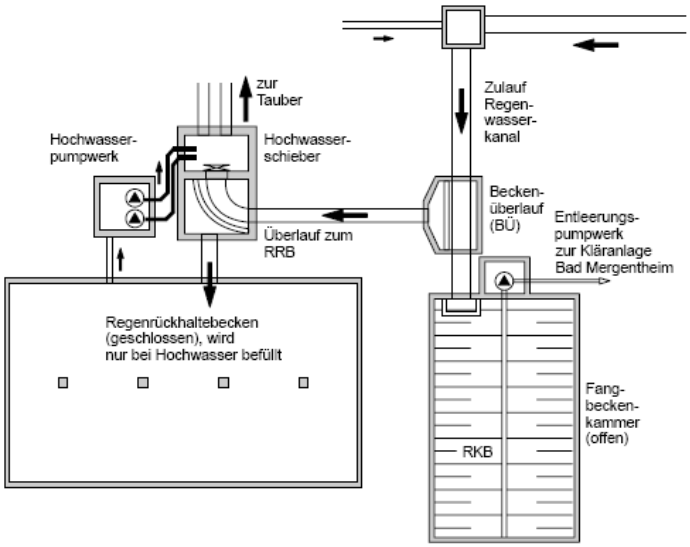

Abbildung 2-1: Anordnung RKB „Im Abelt" (aus: [Brombach und Weiß, 2007])

Die Sedimentationskammer des RKB besitzt ein Volumen von 121 m³; hinzu kommt eingestautes Volumen des Zulaufkanals. Insgesamt steht ein Volumen von ca. 666 m³ zur Verfügung. Das spezifische Volumen beträgt V_s = 81,4 m³/ha.

2.1.2 Filteranlage

Dimensionierung, Anordnung und Aufbau

Nach Voruntersuchungen wurde eine kleine Filteranlage zur Aufstellung neben dem RKB gewählt. Sie wird über eine Pumpe beschickt. Abbildung 2-2 zeigt schematisch die Anordnung der Anlage. Durch die Filteranlage wir das Fangbecken zu einer Art Durchlaufbecken.

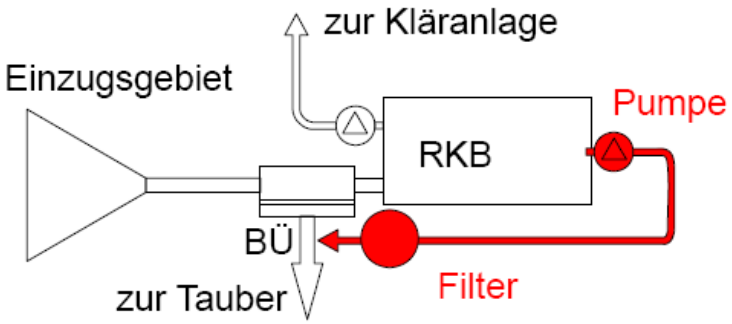

Abbildung 2-2: Schematische Abbildung der Filteranordnung (aus: [Brombach und Weiß, 2007])

Die Filterfläche wurde auf ca. 1,5 m^2 festgelegt. Die Festlegung des Anlagendurchflusses erfolgte in Abhängigkeit von den Gegebenheiten im Einzugsgebiet mit Q=2 l/s. Der maximale Durchsatz der Anlage beträgt Q = 8 l/s bei sauberem Filter. Die Filteranlage wird nur zur Behandlung eines Teils des Beckeninhalts des RKB genutzt. Die Filtration des gesamten Niederschlagswassers wird von [Brombach und Weiß, 2007] als unwirtschaftlich erachtet.

Die Filteranlage sollte zur Durchführung der Untersuchungen einfach aufgebaut und robust sein. Im Projekt wurde keine praxisreife Anlage angestrebt, sondern es sollte das Potenzial der technischen Filtration aufgezeigt werden. Nach Untersuchungen verschiedener Beschickungsweisen, Filtertechniken, Filtermedien und Techniken zur Reinigung des Filters wurde schließlich eine Filteranlage mit den in Tabelle 2-1 dargestellten Eigenschaften als Prototyp hergestellt.

Tabelle 2-1: Aufbau und Eigenschaften der Filteranlage nach [Brombach und Weiß, 2007]

Anlagenteil	Ausführung und Funktion
Anlagenbeschickung	Im RKB angebrachte Tauchpumpe; beschickt die Filteranlage mit einem Druck von 6,5 mWS.
äußerer Aufbau	Stehender Zylinder aus rostfreiem Edelstahl (h=2,50m, d=80 cm) der von außen nach innen durchströmt wird.
Oberflächenfilter	Filtermaterial ist wegen der Druckbeschickung auf einem Mantelbehälter aufgebracht; Filterfläche: 1,5 m^2
Filtermedium	Kunststoffgewebe mit 35 µm Maschenweite
Reinigung des Filters	Filter wird automatisch durch Rückspülung von der sauberen zur verschmutzten Seite und gleichzeitiges Reinigen der verschmutzen Seite mit Bürsten gereinigt. Vorgang geschieht periodisch (Aufeinanderfolgen von Beschickungs- und Reinigungszyklus) in Abhängigkeit vom Filterdurchsatz
Inspektions- und Steuerungseinrichtungen	Bullaugen zur Inspektion, automatische Steuerung mit Überwachung von Filterdurchsatz und Beschickungsdruck, Datenlogger zur Aufzeichnung der Betriebsdaten

Durch die Verwendung eines Oberflächenfilters ist eine automatische Reinigung der Filteroberfläche möglich, um die Verstopfung des Filters zu verhindern. Ein Vorteil gegenüber anderen Filtrationstechniken ist das einfache Auswechseln des Filtermediums. Die Maschenweite wurde als Kompromiss zwischen der Feinheit der Filtration und dem angestrebten Filterdurchsatz gewählt.

Betrieb

Die folgenden Erläuterungen werden durch Abbildung 2-3 illustriert:

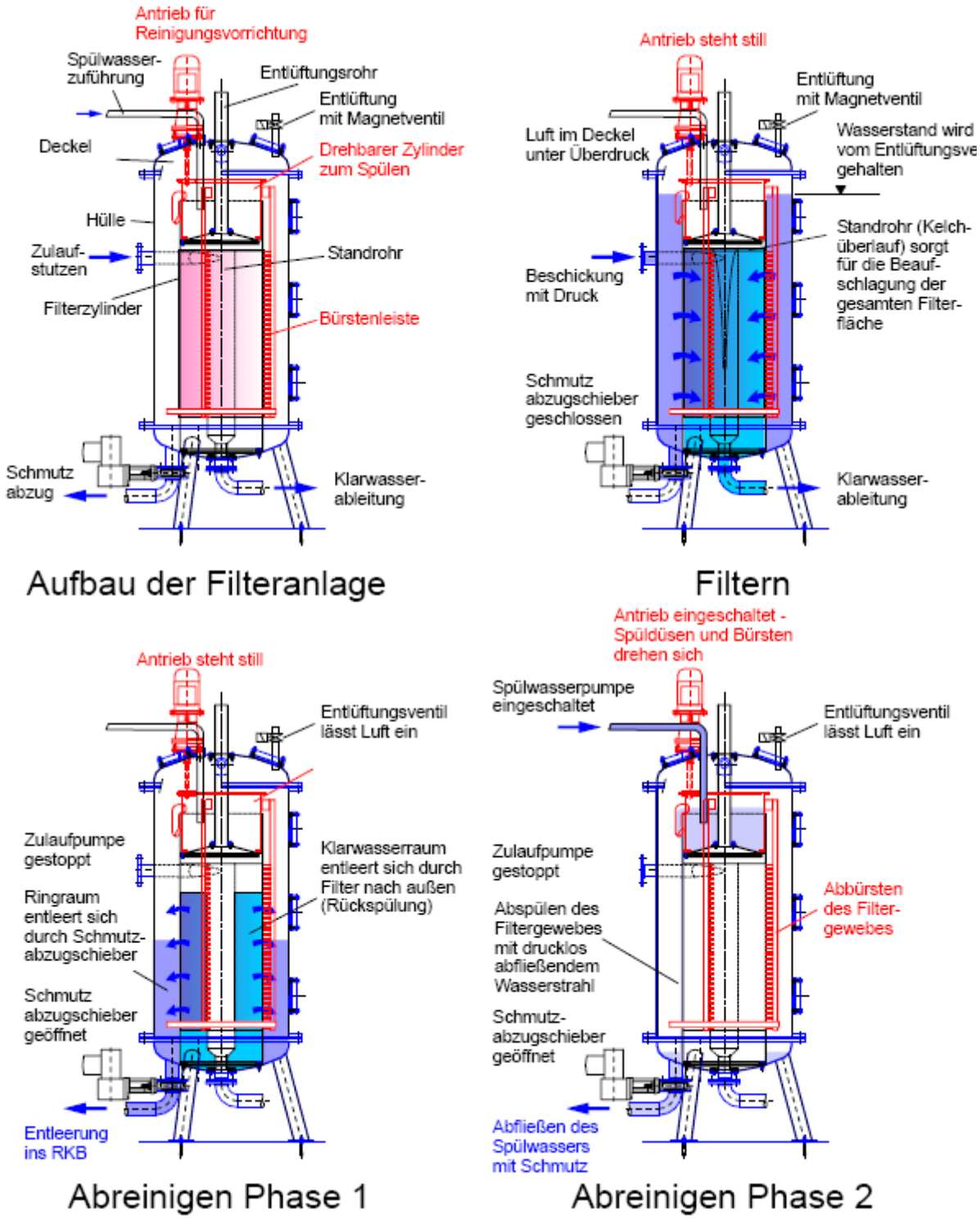

Abbildung 2-3: Aufbau und Betriebszustände der Filteranlage (aus: [Brombach und Weiß, 2007])

Filtern: ab einem bestimmten Wasserstand im RKB fördert die Beschickungspumpe und das Gehäuse der Filteranlage füllt sich. Das zufließende Wasser gelangt in den Ringraum des Zylinders, wird über ein Standrohr gleichmäßig über die Filterfläche verteilt und dringt durch das Filtermedium in den Filterinnenraum ein. Schmutzstoffe, die größer sind als die Maschen des Filtermediums, werden an der Außenseite zurückgehalten. Das gefilterte Wasser fließt durch einen unten gelegenen Auslauf ab und wird über den Beckenüberlauf ins Gewässer geleitet.

Reinigungsphase 1: setzt sich der Filter mit Schmutzstoffen zu, registriert ein MID die Durchflussreduzierung. Wird ein Minimalwert unterschritten, stoppt die Beschickung und die Filterreinigung beginnt. Die Anlage ist zu diesem Zeitpunkt noch mit Wasser gefüllt, das nun als Spülwasser dient. Die im Ringraum zurückgehaltenen Stoffe werden über einen unten gelegenen Schmutzabzug zurück ins RKB geleitet und später zur Kläranlage gepumpt. Das im Filterinnern vorhandene, bereits gefilterte Wasser strömt von innen nach außen zurück und spült angelagerte Stoffe ab. Diese Art der Reinigung bedingt, dass ein Teil des filtrierten Wassers im Kreis gepumpt wird.

Reinigungsphase 2: in dieser Phase wird nach Leerlaufen des Filters das Filtermaterial unter drucklos abfließendem Wasser abgebürstet. Das dafür benötigte Spülwasser wird über eine im RKB befindliche Spülpumpe zugeführt. Zuvor kann der Druck über ein Entlüftungsventil aus dem Filterzylinder entweichen.

2.1.3 Ergebnisse

Durchfluss

Es wird im Forschungsbericht auf die Auswertungen von Datenaufzeichnungen über einen Zeitraum von zwei Tagen eingegangen. Festgestellt wurde, dass nach Beginn eines Filterzyklus der Zufluss für kurze Zeit einen Wert von 8 - 9 l/s annimmt, jedoch durch Zulegen des Filtermaterials rasch auf Werte unter 1 l/s abfällt. Weiterhin wurde festgestellt, dass der mittlere Durchfluss für typische Regenereignisse bei ca. 0,6 - 1,2 l/s lag.

Reinigungsleistungen

In einem zweimonatigen Betrieb wurde die Reinigungsleistung der Anlage hinsichtlich AFS und Schwermetallen untersucht. Dabei wurde festgestellt:

- Bei hohen Zulaufkonzentrationen im NW von mehreren 100 mg/l AFS werden Konzentrationswirkungsgrade von 30 – 50 % erreicht.
- Bei Zulaufkonzentrationen von ca. 40 mg/l AFS, welche nach [Brombach und Weiß, 2007] typisch für das untersuchte Einzugsgebiet sind, konnte in den meisten Fällen keine wesentliche Reinigungsleistung festgestellt werden.
- Ein Rückhalt von Schwermetallen wurde zwar untersucht, die Proben waren aufgrund eines Risses im Filtergewebe aber nicht aussagekräftig.
- Bei höheren Zulaufkonzentrationen ist der Filterdurchsatz sehr gering, da das Filtermaterial schnell zugesetzt wird.

[Brombach und Weiß, 2007] erklären den geringen Wirkungsgrad der Anlage damit, dass aufgrund des großen RKB-Volumens und einer recht langen Aufenthaltszeit des Wassers im Becken bereits der größte Teil gröberen Materials im RKB sedimentiert. Nach [Brombach und Weiß, 2007] hält das RKB „Im Abelt“ grobe Partikel bis zu einer Größe von ca. 50 µm gut zurück. Daher gelangen im wesentlichen nur feine Partikel mit Grenzkorngrößen von 20 – 25 µm, die aufgrund ihrer geringeren Dichte länger im Wasserkörper schweben, zur Behandlung in die Filteranlage. Diese können durch das Filtermaterial mit einer Maschenweite von 35 µm nicht zurückgehalten werden. Für einen höheren Stoffrückhalt müsse also eine geringere Maschenweite von 10 bis zu 6 µm gewählt werden. Dies stelle laut [Brombach und Weiß, 2007] jedoch die Grenze der technischen Filtration dar.

[Brombach und Weiß, 2007] folgern, dass mit zunehmendem Wirkungsgrad des RKB der durch die Filteranlage erzielbare Beitrag zur Stoffreduktion geringer wird. Sie kommen zu dem Schluss, dass die Filteranlage unter diesen Umständen in der gewählten Ausführung keine wirtschaftliche Maßnahme zur Ergänzung von RKB ist.

Betriebserfahrungen

Der Betrieb der Anlage verlief nach [Brombach und Weiß, 2007] während der gesamten Testphase störungsfrei, was auf die Verwendung von Industriestandard-Bauteilen zurückzuführen sei. Durch den Dauerbetrieb der Filteranlage stellte sich ein relativ hoher Stromverbrauch ein; dieser ließe sich nach Auffassung von [Brombach und Weiß, 2007] jedoch durch Optimierung der Anlagenteile verringern.

Es wird im Forschungsbericht weiterhin darauf hingewiesen, dass bei Frost eine Blockierung der Reinigungvorrichtung möglich ist, weshalb eine frostsichere Einhausung empfohlen wird.

2.2 Nachrüstung eines Lamellenabscheiders

Zur Behandlung von NW-Abflüssen im Trennsystem stellen Lamellenabscheider einen neuen Verfahrensschritt dar; bezüglich konstruktiver Gestaltung und Dimensionierung existieren noch keine verbindlichen Vorgaben.

Für die Sedimentation ist die Aufenthaltszeit des abzusetzenden Partikels im RKB maßgebend. Sie muss mindestens der erforderlichen Absetzzeit des Partikels entsprechen. Bei konventionellen RKB bedeutet dies, dass der Partikel bis zur Sohle absinken muss um sich dort abzulagern. Durch den Einbau von Lamellenabscheidern wird der Sinkweg deutlich verkürzt. Die Oberflächen der Lamellenplatten vergrößern zudem die nutzbare Sedimentationsfläche.

Die im Weiteren dargestellten Anlagen arbeiten nach dem Gegenstromprinzip. Das zuströmende Wasser durchströmt die Lamellen von unten nach oben. Während der Aufwärtsbewegung lagern sich die im Wasser enthaltenen Partikel an den Oberflächen der Lamellen ab und rutschen dann durch die Schrägstellung der Lamellen nach unten, wo sie sich sammeln. Das gereinigte Wasser fließt oberhalb des Lamellenabscheiders ab. Abbildung 2-4 stellt das Wirkungsprinzip des Lamellenabscheiders dar.

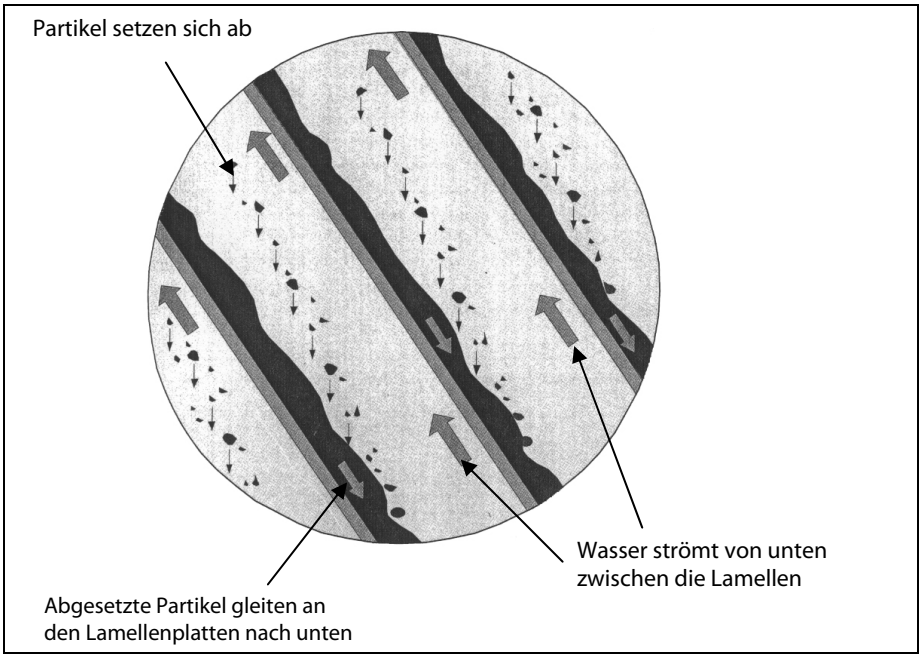

Abbildung 2-4: Wirkungsprinzip des Lamellenabscheiders (aus: [Glas und Störr, 2007], verändert)

Im Folgenden wird der Einsatz von Lamellenabscheidern zur NW-Behandlung im Trennsystem für drei Projekte dargestellt, bei denen sogenannte Parallelplatten-Abscheider eingesetzt werden, die im Gegenstromprinzip arbeiten:

- RKB Klinghamm (Pforzheim): diese Pilotanlage ist seit dem Jahr 2005 in Betrieb. Begleitende wissenschaftliche Untersuchungen werden derzeit im Auftrag des Landes Baden-Württemberg durchgeführt.
- SABA Attringhausen (Schweiz): Lamellenabscheider werden auch im Absetzbecken der in Kapitel 3.3 dargestellten SABA Attinghausen eingesetzt. Das Absetzbecken ist jedoch nicht wie ein konventionelles RKB konstruiert. Da aber für diese Anlage schon Erfahrungen zu Reinigungsleistungen vorliegen, können daraus Rückschlüsse auf die zu erwartende Reinigungsleistung bei RKB mit Lamellenabscheidern gezogen werden.
- Sedimentationsbecken mit Lamellenabscheider in Lons Le Saunier, Montmorot (Frankreich): Die Firma Steinhardt GmbH Wassertechnik (Taunusstein) hat zur NW-Behandlung mit dem Produkt HydroM.E.S.I.® Sedimentationsbecken mit Lamellenabscheider entwickelt. Wie bei der SABA unterscheidet sich die konstruktive Ausbildung des Beckens dabei von konventionellen RKB. Jedoch ist das entwickelte Lamellensystem des HydroM.E.S.I.® laut [Steinhardt GmbH Wassertechnik, 2007] zur Nachrüstung von RKB geeignet. Für das Becken in Lons Le Saunier liegen Ergebnisse zur Reinigungsleistung vor.

2.2.1 RKB „Klinghamm“

Das RKB „Klinghamm“ war zu Beginn als konventionelles RKB mit einer Grundfläche von 585 m^2 und einem Beckenvolumen von 1170 m^3 geplant. Nach [Glas und Störr, 2007] wären aufgrund des gewählten Standortes an einem Steilhang kostenintensive Anforderungen an die Bauausführung die Folge gewesen. Daher wurde eine Planung zur Aufrüstung des RKB mit einem Lamellenabscheider erarbeitet. Ziel der Neuplanung war es, durch den Einsatz von Lamellenabscheidern die Größe des RKB zu verringern, dadurch Investitionskosten einzusparen und gleichzeitig die Sedimentationswirkung des größeren, herkömmlichen RKB zu erreichen.

Konstruktive Ausführung des Lamellenabscheiders

Der Parallelplattenabscheider besteht aus PVC-Platten, die in einem Edelstahlrahmen fixiert sind. Die Lamellenplatten sind mit einer Neigung von 55° und in einem Abstand von 50 mm montiert. Abbildung 2-5 zeigt zwei Lamellenpakete. Insgesamt drei Stück sind im RKB verbaut. Jedes Paket hat Abmessungen von L/B/H=6 m / 1 m / 2,5 m, bei einem Gewicht von ca. 1 t. Die Lamellenpakete lagern im RKB auf einer Tragkonstruktion.

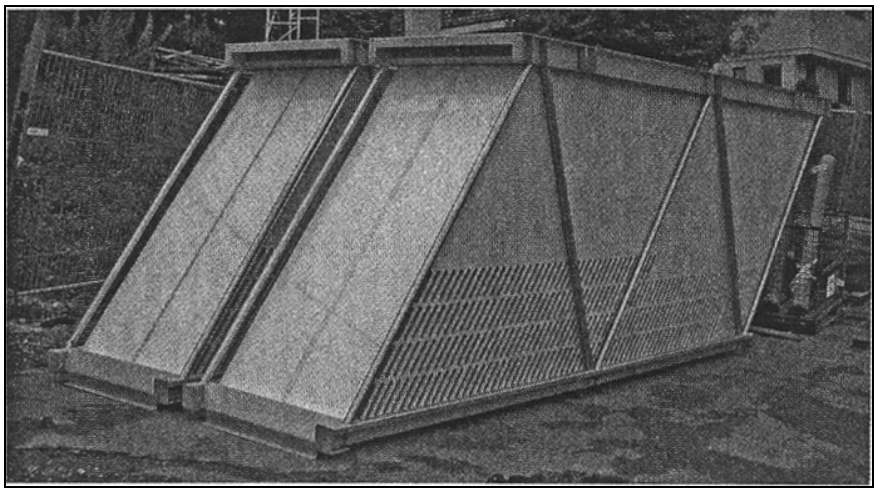

Abbildung 2-5: zwei Lamellenpakete des RKB „Klinghamm" (aus: [Glas und Störr, 2007])

Dimensionierung des Lamellenabscheiders

Bei der Neuplanung wurde das RKB mit Lamellenabscheider auf einen mittleren, jährlich zu erreichenden Feststoffrückhalt von 50% ausgelegt. Gewählt wurde - unter Berücksichtigung der zu erwartenden Zusammensetzung des zu behandelnden Wassers und des geforderten Feststoffrückhalts - eine mittlere Sinkgeschwindigkeit der Partikel von 0,8 cm/s. Die Oberflächenbeschickung wurde auf 18 m/h ausgelegt und liegt damit über den Werten konventioneller RKB. Auf dieser Grundlage wurden eine erforderliche Grundfläche von 33 m^2 und ein Beckenvolumen von 130 m^3 ermittelt.

Das RKB ist als geschlossenes Durchlaufbecken mit Dauerstaubetrieb angelegt. Die Größe wurde nach den Erfordernissen des Parallelplatten-Lamellenabscheiders gewählt. Tabelle 2-2 nennt die wesentlichen Anlagenteile des RKB Klinghamm, Abbildung 2-6 zeigt schematisch die Anordnung des RKB.

Tabelle 2-2: Anlagenteile des RKB „Klinghamm" mit Lamellenabscheider nach [Glas und Störr, 2007]

Anlagenteil
Zulaufkammer (Trennbauwerk) mit Geröllfang
Drosseleinrichtung im Zulauf, begrenzt den Zulauf zur SeKa auf den kritischen Regenwasserabfluss Q_{krit}
Vor-/Verteilerkammer mit Notüberlauf
Sedimentationskammer mit Lamellenabscheider im Gegenstromprinzip, Klarwasserrinnen und Schlammsammelraum
Gesteuerte Entleerung in einen Mischwasserkanal
Betriebsgebäude

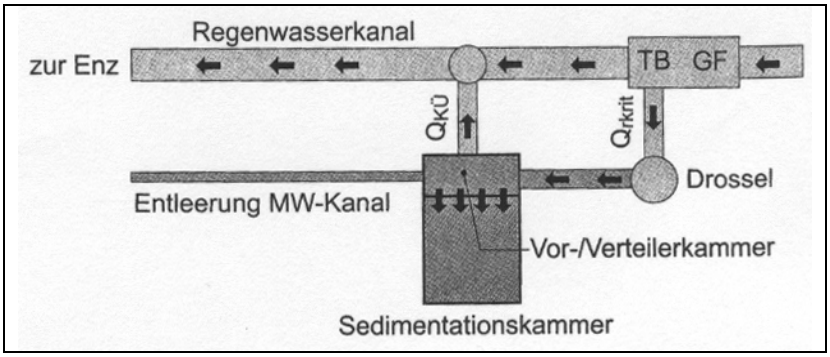

Abbildung 2-6: Schematische Darstellung des RKB „Klinghamm" (aus: [Glas und Störr, 2007])

Das vor dem RKB gelegene Trennbauwerk (TB) reduziert durch einen Geröllfang (GF) den Eintrag grober Partikel, die vom Lamellenabscheider nicht behandelt werden können. Eine Drosseleinrichtung begrenzt den Zulauf auf Q_{krit}, damit im Becken ein stabiler Sedimentationsprozess erreicht werden kann. Der Zufluss gelangt über eine Vor- bzw. Verteilerkammer in die Sedimentationskammer. Die Verteilerkammer besitzt Zulauföffnungen, die durch Leitwände die gleichmäßige und richtungsstabile Beschickung der Sedimentationskammer sicherstellen.

Die Zulauföffnungen liegen unterhalb des Lamellenabscheiders. So kann das Wasser die Lamellenplatten von unten nach oben durchströmen, wobei sich Feststoffe ablagern und in einen unten gelegenen Schlammsammelraum abgleiten. Das behandelte Wasser fließt in Klarwasserrinnen über

den oberhalb der Verteilerkammer angeordneten Klärüberlauf in den RW-Kanal und schließlich in die Enz. Abbildung 2-7 zeigt das RKB im Grundriss und Schnitt.

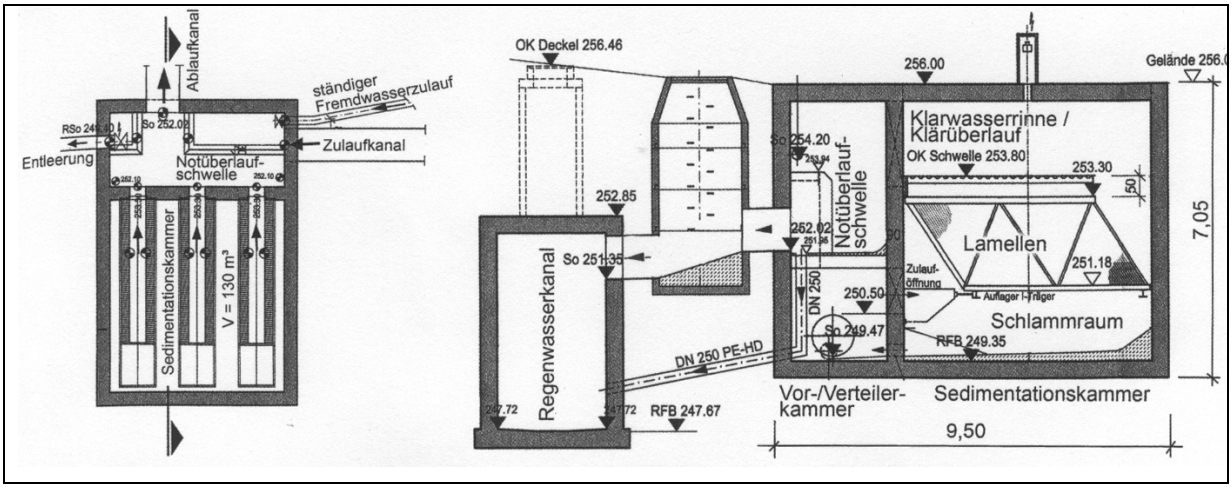

Abbildung 2-7: RKB „Klinghamm", Grundriss und Schnitt (aus: [Glas und Störr, 2007])

Nach jedem Regenereignis wird das RKB vollständig in einen Mischwasserkanal entleert und gereinigt. Laut [Glas und Störr, 2007] stellt sich jedoch durch einen ständigen Fremdwasserzufluss dann wieder ein Dauerstau ein.

Kosten

Durch den Einsatz des Lamellenabscheiders konnten nach [Glas und Störr, 2007] die Herstellungskosten gegenüber dem konventionell geplanten RKB um 60 % verringert werden. Die Baukosten für das RKB mit Lamellenabscheider betrugen ca. 600.000 Euro.

Reinigungsleistung

Zum RKB Klinghamm liegen noch keine Werte über den Stoffrückhalt vor. Im Auftrag des Landes Baden-Württemberg laufen an der TH Karlsruhe derzeit entsprechende Untersuchungen [Roth, 2008].

Betriebserfahrungen

Aufgrund der offenen Bauweise wird zum einen Laub in die Sedimentationskammer eingetragen, das sich im Lamellenabscheider verfangen kann. Durch automatisierte Reinigung konnte das Problem laut [Glas und Störr, 2007] gelöst werden. Zum anderen können bei Frost im Becken entstehende Eisschichten zu einer Beschädigung der Lamellenplatten führen. Daher wird in diesem Fall eine Abdeckung der Sedimentationskammer empfohlen.

2.2.2 Lamellenabscheider der SABA Attinghausen

Die Funktionsweise und die wesentlichen Eigenschaften des Absetzbeckens werden in Kapitel 3.3 geschildert. Wie im RKB Klinghamm wird bei der SABA Attinghausen ein Lamellenabscheider mit schrägen Lamellenplatten im Gegenstromverfahren betrieben. Angaben über Abstand und Neigung der Lamellenplatten liegen nicht vor. Der Absetzraum der SABA Attinghausen hat ein Volumen von ca. 300 m³. Das Becken wird im Vergleich zum RKB Klinghamm nur mit einem Zehntel der Oberflächenbeschickung (1,8 m/h) belastet.

Reinigungsleistung

Kapitel 3.3 macht Angaben über die Reinigungsleistung des Lamellenabscheiders der SABA Attinghausen. Die Wirkungsgrade schwanken dabei deutlich in Abhängigkeit von der hydraulischen Belastung. Die SABA Attinghausen ist eine Pilotanlage; der Lamellenabscheider muss noch optimiert werden.

2.2.3 HYDRO M.E.S.I®

Der Lamellenabscheider HydroM.E.S.I.® der Firma Steinhardt GmbH Wassertechnik unterscheidet sich in der Konstruktion des Absetzbeckens von konventionellen RKB. Das Becken ist ganz auf die Anforderungen des Lamellenabscheiders ausgelegt. Jedoch kann laut [Steinhardt GmbH Wassertechnik, 2007] das Lamellensystem auch in bestehenden, konventionellen RKB nachgerüstet werden.

Der Lamellenabscheider des HydroM.E.S.I.® unterscheidet sich von dem des RKB Klinghamm im Wesentlichen durch die Schwenkbarkeit der Lamellen. Bei leerem Becken stehen die Lamellen senkrecht. Steigt der Wasserstand im Becken an, wird dies von einem Steuerschwimmer erkannt und die Lamellen werden bis zu einem Winkel von 55° geschwenkt. Dadurch kann laut [Steinhardt GmbH Wassertechnik, 2007] der Lamellenabscheider entsprechend der Erfordernisse angepasst und optimiert werden. Je geneigter die Lamellen sind, desto besser ist laut [Steinhardt GmbH Wassertechnik, 2007] die Abscheidewirkung. Jedoch steigt bei einer starken Neigung auch das Risiko des Zusetzens der Lamellen.

Reinigungsleistung

Von einem HydroM.E.S.I.® Partikelabscheider in Lons Le Saunier, Montmorot (Frankreich) liegen Angaben zum Stoffrückhalt vor. Die Anlage umfasst 5 Lamellenstraßen. Der Lamellenabscheider hat eine Absetzfläche von insgesamt 6.780 m^2. Die Oberflächenbeschickung ist auf 1 m/h ausgelegt. Die Lamellen haben im geneigten Zustand von 45° einen Abstand von 7,8 cm.

In dieser Anlage sind laut [Steinhardt GmbH Wassertechnik, 2007] Reinigungsleistungen von ca. 80% bezügliche der absetzbaren Stoffen erzielt worden.

Für die Ertüchtigung von konventionellen RKB mit Lamellenabscheidern kann dieser Wert nur ein Anhaltspunkt sein, da die Anlage in Frankreich speziell auf die Anforderungen des Lamellenabscheiders ausgelegt ist.

Bemessungsansatz

Analog zu den Überlegungen von [Glas und Störr 2007] ist die Bemessung des HydroM.E.S.I.® in besonderem Maße abhängig von der Beschaffenheit der zu behandelnden Schmutzstoffe. Dichte und Durchmesser der Stoffe bestimmen die Absetzgeschwindigkeit, welche von der Strömung zwischen den Lamellen unterschritten werden muss.

3 Sonderformen von NW-Behandlungsanlagen

Auszüge dieses Kapitels wurden [Kron, 2008] entnommen.

3.1 Bodenfilterfläche bzw. -strecke

[Uhl, 2006] beschreibt bauliche Variationsmöglichkeiten von RBF´n speziell für die Behandlung von Straßenabflüssen. Nach ihrer geometrischen Form werden unterschieden:

- Bodenfilterstrecken (linienhafte Form) (Abbildung 3-1)
- Bodenfilterfläche (gedrungene Form) (Abbildung 3-2)

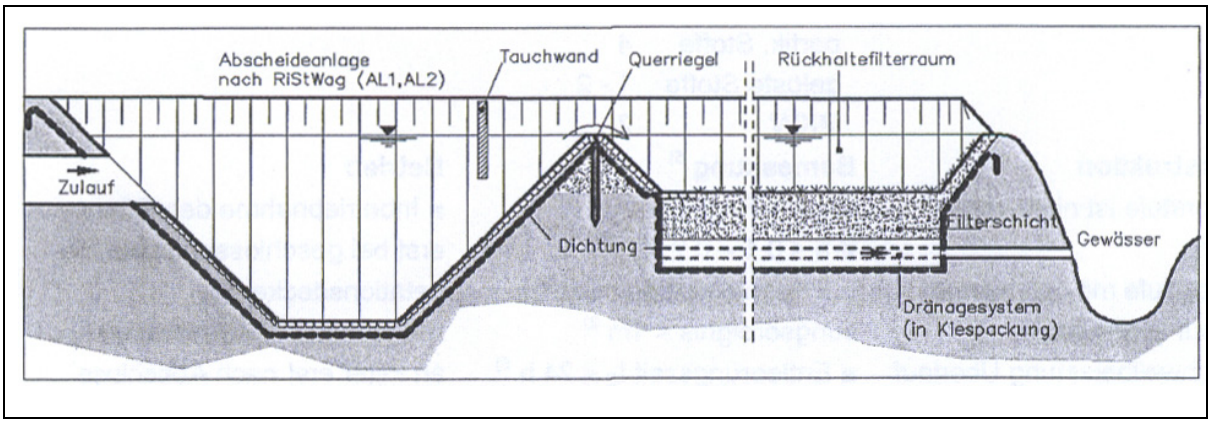

Abbildung 3-1: Bodenfilterstrecke (aus: [Uhl, 2006])

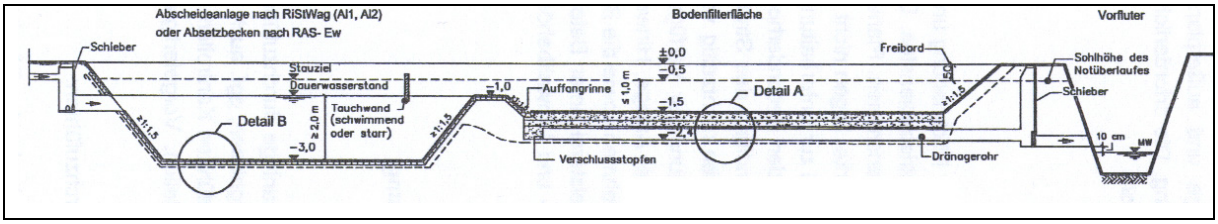

Abbildung 3-2: Bodenfilterfläche (aus: [Uhl, 2006])

Beide Arten sind in Regelwerken nicht näher dargestellt. Anordnung und Bauweise gleichen im Grundsatz RBF´n. Nach [Uhl, 2006] benötigen sie, wie RBF, eine Vorbehandlungsstufe – z. B. RKB oder RiStWag-Abscheider. Als Unterschiede zu RBF werden eine geringere Filterschichtdicke von $\leq$ 30 cm sowie ein ungedrosselter Ablauf aus der Dränage angeführt. Die Filtergeschwindigkeit ist daher nur von der Durchlässigkeit des Filtersubstrats abhängig. Weitere Angaben zur Konstruktion dieser Bodenfiltertypen liegen nicht vor.

Bodenfilterflächen und –strecken haben laut [Uhl, 2006] aufgrund eines geringeren baulichen Aufwandes gegenüber RBF niedrigere zu erwartende Gesamtbaukosten.

3.2 Regenwasserbehandlungsanlagen naturnaher Bauart nach WAG

In einem Pilotprojekt im Einzugsgebiet der Kalltalsperre (Nordeifel) wurden im Auftrag der Wassergewinnungs- und -aufbereitungsgesellschaft Nordeifel mbh (WAG) durch die Björnsen Beratende Ingenieure GmbH zwei Anlagen zur „NW-Behandlung in naturnaher Bauweise“ geplant [WAG, 2004]. Informationen über die Reinigungsleistung der Anlagen gibt Kapitel 4.5.

Die Anlagen befinden sich in der Gemeinde Simmerath sowie dem dazugehörigen Ortsteil Paustenbach. Sie wurden als Filteranlagen konzipiert und unterscheiden sich in der Anordnung und Durchströmung des Filters:

- Paustenbach: vertikal durchströmter Filter mit integrierter Retention
- Simmerath: horizontal durchströmter Filter mit vorgeschalteter Retention

Beide Anlagen sind dreistufig aufgebaut. Der Zufluss wird im Einlaufbereich durch einen Geröllfang geleitet, in dem grobe Fest- und Schwimmstoffe zurückgehalten werden. Auf den Geröllfang folgt als zweite Stufe ein Sandfang, in dem feinere Partikel sedimentieren sollen. Als dritte Behandlungsstufe folgt schließlich ein Filter mit - je nach Anlagentyp - vorgeschalteter oder integrierter Retention. Im Filter sollen durch biochemische Prozesse gelöste Stoffe aus dem Niederschlagswasser eliminiert werden. Auch eine Reduzierung mikrobieller Parameter soll erreicht werden. Nach der Filterpassage wird das behandelte NW ins Gewässer eingeleitet.

Die Anlagen sind in Erdbauweise ausgeführt. Sie unterscheiden sich in ihrer Bauart wie folgt:

- vertikal durchströmter Filter mit bewachsener Bodenpassage und integrierter Retention
- horizontal durchströmter, kiesgefüllter Filtergraben mit vorgeschalteter Retention

Die Anlagen kommen ohne Betonbauwerke aus. Die Filter wurden in den Pilotanlagen zur Bilanzierung der Abflüsse gegen den Untergrund mit PE-Folie abgedichtet. Gem. [WAG, 2004] soll es bei späteren Anlagen möglich sein, ohne Abdichtung auszukommen um eine Versickerung des filtrierten Wassers zu ermöglichen.

3.2.1 Vertikal durchströmte Anlage

Die Anlage ist in der Ausführung des Filterkörpers mit RBF zu vergleichen. Gem. Abbildung 3-3 sind die drei Behandlungsstufen (Geröllfang, Sandfang, Filterbecken) in baulicher Einheit als geböschtes Erdbecken ausgeführt. Die Anlage besitzt keine Vorentlastung. Bei starken Regenereignissen wird das Wasser über Notüberläufe - je ein Überlauf hinter jeder Behandlungsstufe - ins Gewässer entlastet.

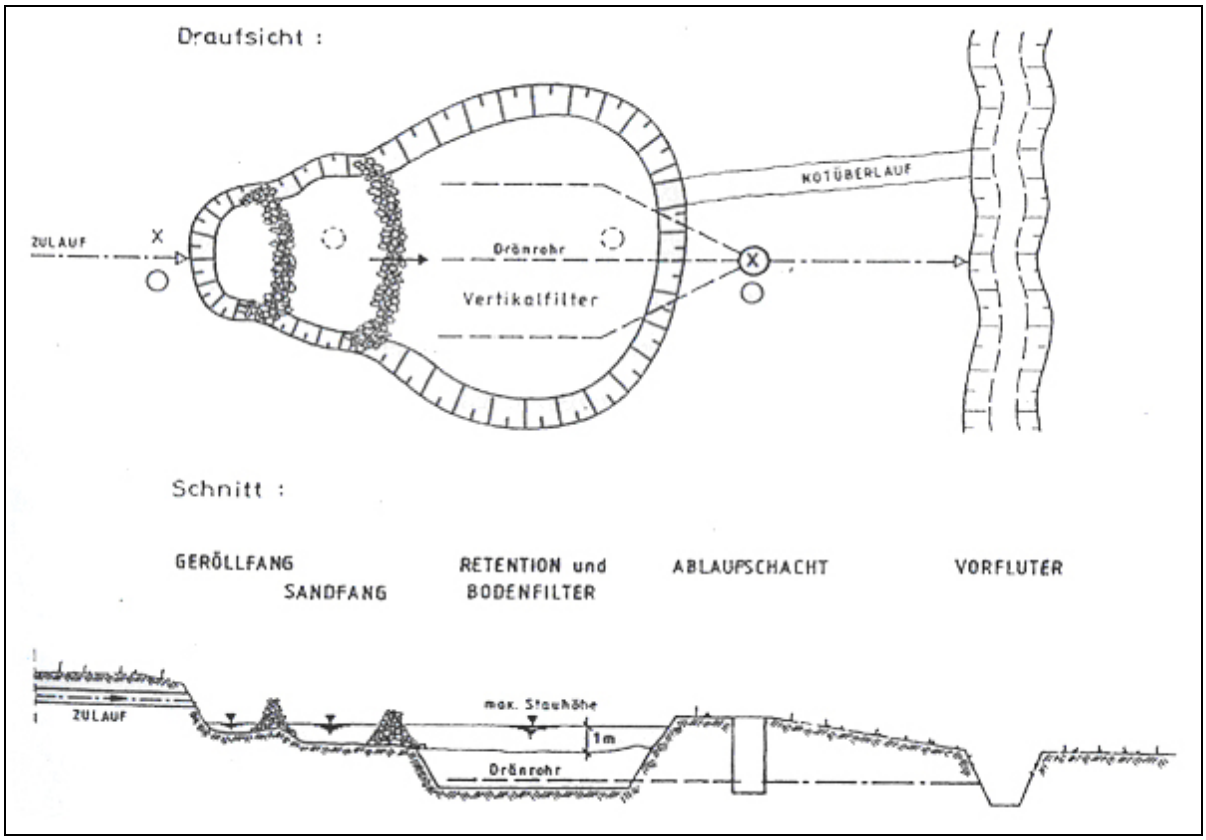

Abbildung 3-3: NW-Behandlungsanlage naturnaher Bauart mit Vertikalfilter (aus: [WAG, 2004])

Tabelle 3-1 führt die Bauwerkskomponenten auf und beschreibt die bauliche Ausführung.

Tabelle 3-1: Bauwerkskomponenten der Behandlungsanlage mit Vertikalfilter [WAG, 2004]

Komponente	Funktion	bauliche Ausführung
Zulauf	Einleitung des Wassers in den Geröllfang	Zulaufrohr DN 300
Geröllfang	Rückhalt von groben Feststoffen und Schwimmstoffen	Erdbecken mit Böschungsneigungen an einer Seite 1:5 (Räumung des abgelagerten Materials mit Radlader), andere Seiten 1:3 Abtrennung des Einlaufbereichs mit Steinschüttung >100 mm Korngröße vom nachfolgendem Sandfang
Sandfang	Rückhaltung von feineren Feststoffen (z. B. Sand)	Erdbecken mit Böschungsneigungen an einer Seite 1:5 (Räumung abgelagerten Materials mit Radlader), ansonsten Anpassung ans Gelände Abtrennung des Sandfangs vom nachfolgenden Retentionsraum mit Steinschüttung >50 mm Korngröße
Filter	Bereitstellung der physikalischen, chemisch-physikalischen und biologischen Voraussetzungen für die Reinigung des Regenwassers	dreischichtiger Aufbau: untere 0,2 m dicke Kiesschicht; darüber 0,8 m Kies-/Sandschicht als eigentlicher Filter, Körnung 0/1 mm, $k_f = 2{,}89 \cdot 10^{-4}$ m/s; darüber 0,2 m Oberboden Böschungen des Filters im Mittel 1:3 dem Gelände angepasst
Dränrohre	Fassung und Ableitung des gefilterten Wassers	Dränleitungen aus PVC DN 150
Schilfvegetation	Aufrechterhaltung einer durchlässigen Filteroberfläche, Kolmationsschutz, Bereitstellung eines Raumfilters im Retentionsraum	Bepflanzung des Oberbodens mit Schilfsaat
Retentionsraum	Speicher zur Dämpfung der Abflussspitzen	Erdbecken mit Retentionsraum und darunter liegendem Filterkörper
Ablaufschacht	Abflussdrosselung und Sicherstellung einer gleichmäßigen Filterbelastung und ausreichender Aufenthaltszeit	Schachtbauwerk mit Drosseleinrichtung
Notüberläufe	Entlastung der Anlage bei hohen Zuflüssen	Überlaufschwellen

3.2.2 Horizontal durchströmte Anlage

Da im Gegensatz zu Vertikalfiltern keine Erfahrungen mit Horizontalfiltern vorlagen, wurde die Anlage mit drei Filtergräben mit Filtermaterialien jeweils unterschiedlicher Durchlässigkeit erstellt:

- Boden mit $k_f = 1{,}3 \cdot 10^{-1} m/s$
- Boden mit $k_f = 2{,}6 \cdot 10^{-2} m/s$
- Boden mit $k_f = 3{,}6 \cdot 10^{-3} m/s$

Die Anordnung von drei Gräben diente der Untersuchung einer ggf. unterschiedlichen Reinigungsleistung.

Aufgrund der horizontalen Filtration ist der Filterkörper nicht mit einer bepflanzten Bodenschicht ausgestattet (Abbildung 3-4).

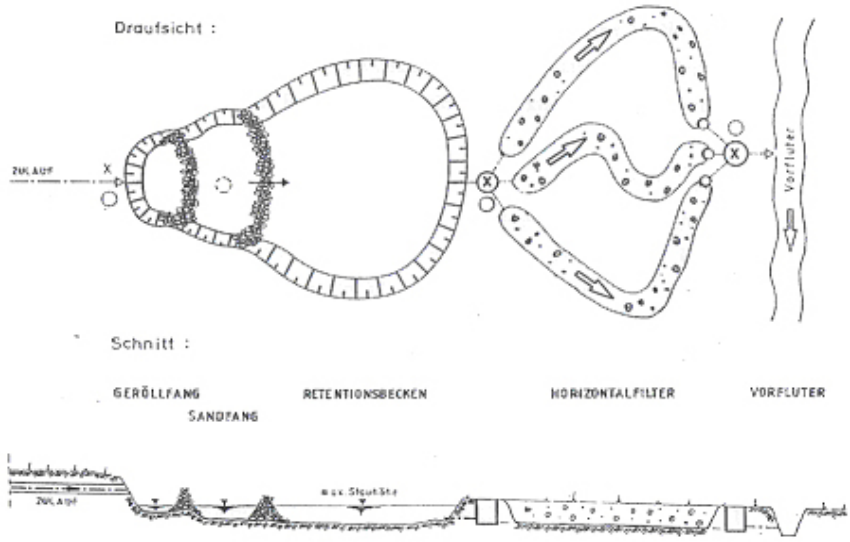

Abbildung 3-4: NW-Behandlungsanlage naturnaher Bauart mit Horizontalfilter (aus: [WAG, 2004])

Die Konstruktion der Anlage unterscheidet sich von der Vertikalfilteranlage dadurch, dass der Filter nicht unter dem Retentionsraum liegt, sondern als Graben ausgebildet und unterstrom angeordnet ist. Außerdem verfügt die Anlage weder über eine Vorentlastung, noch über Notüberläufe. Bei Überlastung tritt das Wasser aus der Anlage aus und strömt ins Gelände. Tabelle 3-2 führt die wesentlichen Bauwerkskomponenten mit Funktion und die gewählte bauliche Ausführung auf.

Tabelle 3-2: Bauwerkskomponenten der Behandlungsanlage mit Horizontalfilter [WAG, 2004]

Komponente	Funktion	Ausführung
Zulauf	Einleitung des Wassers in den Geröllfang	Zulaufrohr DN 300
Geröllfang	Rückhalt von groben Feststoffen und Schwimmstoffen	Erdbecken mit Böschungsneigungen an einer Seite 1:5, andere Seiten 1:3 Abtrennung des Einlaufbereichs mit Steinschüttung >100 mm Korngröße vom nachfolgenden Sandfang
Sandfang	Rückhaltung von feineren Feststoffen wie Sand	Erdbecken mit Böschungsneigungen an einer Seite 1:5, ansonsten Anpassung ans Gelände Abtrennung des Sandfangs vom nachfolgenden Retentionsraum mit Steinschüttung >50 mm Korngröße
Retentionsraum	Speicher zur Dämpfung der Abflussspitzen	Erdbecken mit ans Gelände angepassten Böschungen
Horizontalfiltergraben	Bereitstellung der physikalischen, chemisch-physikalischen und biologischen Vorraussetzungen für die Reinigung des Regenwassers	Ausführung als kiesgefüllter Erdgraben. Je 2 m breit, 1 m tief und 35 m lang.
Ablaufschacht	Abflussdrosselung und Sicherstellung	Schachtbauwerk mit Drosseleinrichtung

	einer gleichmäßigen Filterbelastung und ausreichender Aufenthaltszeit	

3.2.3 Betriebliche Aspekte

Betrieblicher Aufwand der vertikal durchflossenen Anlage:

Während des Untersuchungszeitraums entstanden nur geringfügige betriebliche Aufwendungen:

- die Außenanlagen sind mit Schotter befestigt; daher war keine Mahd nötig
- außer Sichtkontrollen war keine weitere Wartung der Anlage nötig
- Sand- und Geröllfang mussten bisher nicht maschinell geräumt werden

Betrieblicher Aufwand der horizontal durchflossenen Anlage:

- Nachträglich wurde eine 1 m hohe Gitterrosteinhausung vor der Ablaufleitung des Retentionsbeckens errichtet, um einen Zulauf von Laub zur installierten Messeinrichtung zu vermeiden.
- Die um die Filtergräben vorhandene, bewachsene Fläche wurde einmal pro Quartal gemäht.
- Beim Filtergraben mit der größten Durchlässigkeit traten keine betrieblichen Einschränkungen auf.
- Beim Filtergraben mit mittlerer Durchlässigkeit traten im Auslaufbereich geringfügige Auswaschungen auf, welche mehrmals entfernt wurden. Der Betrieb wurde hierdurch nicht beschränkt
- Beim Filtergraben mit der geringsten Durchlässigkeit traten im Auslaufbereich erhebliche Auswaschungen auf. Der Betrieb wurde vorzeitig eingestellt.

3.3 Straßenabwasser-Behandlungsanlagen (SABA)

Die Straßenabwasser-Behandlungsanlage (SABA) ist eine Verfahrenskombination zur Behandlung von Straßenabflüssen. Sie wurde entwickelt von der André Rotzetter + Partner Beratende Ingenieure AG (Schweiz) [ARP, 2006]. Informationen über die Reinigungsleistung der SABA gibt Kapitel 4.4 .

Der Aufbau der SABA gleicht einem RBF. Die Anlage besteht aus einer Vorstufe (Absetzbecken mit Lamellenabscheider) und dem eigentlichen RBF. Der Unterschied zu RBF-Anlagen liegt in der Art des verwendeten Filtermaterials. RBF verfügen über einen bepflanzten Bodenfilter, SABA über einen Sandfilter plus Adsorberschicht. Außerdem verfügt die SABA über zwei Filterbecken mit unterschiedlichen Adsorbermaterialien. Die Anlage wurde speziell für die Behandlung von Straßenabflüssen konzipiert. Daher wurden die Adsorbermaterialien im Hinblick auf die Entfernung gelöster Stoffe - insbesondere Schwermetalle - ausgewählt.

Nach [ARP, 2006] kann die SABA aufgrund der höheren Sickerleistung des Filtermaterials gegenüber RBF hydraulisch höher belastet werden. Die Anlage sei daher besonders für den Einsatz bei begrenztem Platzangebot geeignet (Verhältnis von Filterfläche zur angeschlossenen Straßenfläche bis 1:150).

Nachfolgend wird die Pilotanlage SABA Attinghausen dargestellt. Sie wird zur Behandlung des NW-Abflusses der Autobahn A2 bei Attinghausen (Kanton Uri) eingesetzt. Die angeschlossene Straßenfläche beträgt ca. 11,5 ha. Das gereinigte Wasser wird in die „Stille Reuss“ eingeleitet.

3.3.1 Funktionsweise

Der NW-Abfluss gelangt über das Vorentlastungsbauwerk in das im Dauerstau betriebene Absetzbecken mit integriertem Lamellenabscheider. Hier werden Feststoffe, und durch eine Tauchwand auch Schwimmstoffe und Leichtflüssigkeiten zurückgehalten. Anschließend fließt das vorbehandelte Wasser den beiden Retentionsfilterbecken zu. Hier wird das Wasser zwischengespeichert und sickert durch den Filterkörper. Auf der Oberfläche des Filters können sich weitere Feststoffe ablagern. Die Sandschicht des Filters hält feinere Partikel zurück, die nicht im Absetzbecken sedimentieren konnten. Das Adsorbermaterial soll einen Rückhalt gelöster Wasserinhaltsstoffe bewirken. Nachdem der Filterkörper passiert ist, wird das behandelte Niederschlagswasser über Sickerleitungen dem Gewässer zugeführt.

3.3.2 Anordnung und Bauweise

Für die SABA existieren noch keine festgelegten Konstruktions- und Bemessungsvorgaben. Die Anlage besteht aus einem vorgeschalteten Absetzbecken (Betonbauwerk) und zwei Retentionsfilterbecken (Erdbauweise). Vorstufe und Filterbecken verfügen jeweils über Entlastungsbauwerke. Abbildung 3-5 stellt die Anordnung der Anlage dar.

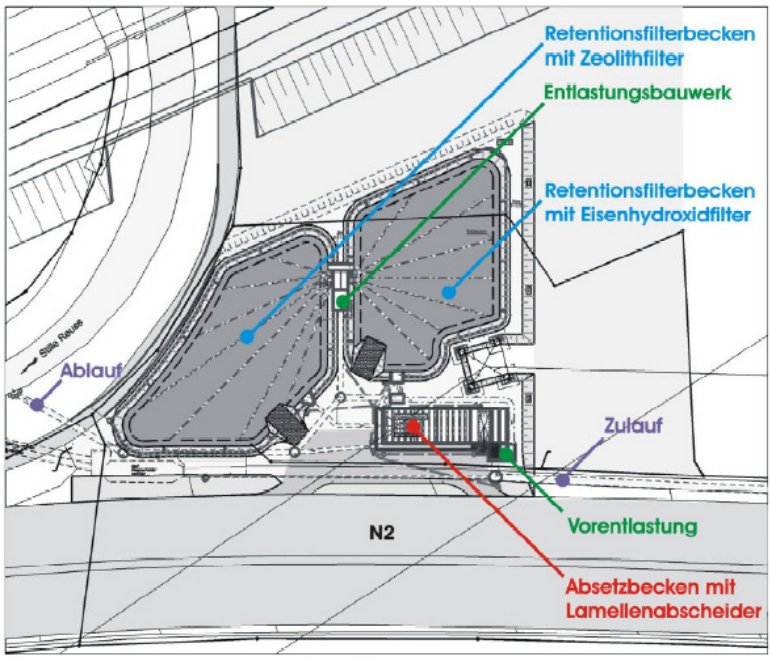

Abbildung 3-5: *Bauwerksanordnung der „SABA Attinghausen" (aus: [Steiner, 2008])*

Die Anlage besteht aus den in Tabelle 3-3 aufgeführten Hauptkomponenten.

Tabelle 3-3: Hauptkomponenten und Funktionen der SABA (ARP, 2006)

Hauptelemente	**Funktion**
Vorentlastung mit Tauchwand	Ausgelegt auf T_n=1 a; größere Zuflüsse werden direkt ins Gewässer eingeleitet; die Tauchwand (Rückhalt Schwimmstoffe) ist baulich ins Absetzbecken integriert.
Absetzbecken (A=78m^2, V=300m^3)	Ausgerüstet mit Lamellenabscheider; dient der Vorbehandlung; schützt durch Sedimentation von Feststoffen die Filterbecken vor Kolmation.
Retentions-filterbecken Süd (A=642m^2, V=700m^3)	Kombination aus Sand- und Adsorberschicht; filtriert partikuläre Stoffe und adsorbiert gelöste Stoffe; dämpft durch Speicherung die hydraulische Gewässerbelastung; Adsorbermaterial: Eisenhydroxid

Retentions-filterbecken Nord (A=769 m^2, V=820 m^3)	Funktion analog zum Becken Süd; Adsorbermaterial: Zeolith
Entlastungsbauwerke für Filterbecken	Je 1 Bauwerk pro Becken; Entlastung bei Beckenvollfüllung ins Gewässer
Schächte, Schieber, Dammbalken und Rohrleitungen	Absperrschieber verhindern im Havariefall eine Emission ins Gewässer; Dammbalken an verschiedenen Stellen zur Umleitung des Abflusses (z. B. Winterbetrieb, Variation des Untersuchungsprogramms etc.)

Absetzbecken mit Lamellenabscheider

Das Absetzbecken stellt die erste Behandlungsstufe dar und dient der Sedimentation und Abscheidung von Leichtflüssigkeiten und Schwimmstoffen. Es ist zweigeteilt: in der ersten Kammer befindet sich die Vorentlastung mit Tauchwand, in der zweiten Kammer der Lamellenabscheider.

Das Becken verfügt über eine Einlaufkonstruktion zur gleichmäßigen Verteilung des Wassers über die Beckenbreite und zur Energievernichtung. In der ersten Kammer sedimentieren gröbere Stoffe; Schwimmstoffe und Leichtflüssigkeiten werden durch eine Tauchwand zurückgehalten. Bei zu großen Zuflüssen wird Wasser über eine Überfallschwelle ins Gewässer abgeschlagen; andernfalls unterströmt das Wasser die Tauchwand und gelangt in die zweite, mit einem Lamellenabscheider ausgerüstete Kammer. Das Niederschlagswasser durchströmt die schrägen Lamellen von unten nach oben und wird oberhalb der Lamellen in quer zur Beckenachse eingebauten, gelochten Ablaufrohren gefasst und in eine seitliche Sammelrinne geleitet. Die Lamellen vergrößern die Absetzfläche und verringern so die Oberflächenbeschickung. Der Absetzweg für Feststoffe wird verkürzt. Nach dem Niederschlagsereignis können abgesetzte Feststoffe den schrägen Lamellen entlang nach unten rutschen und sich auf dem Beckenboden ablagern. Die Sedimente werden mittels Saugleitung abgezogen. Anschließend wird das entleerte Absetzbecken manuell gereinigt.

Durch den Einsatz des Lamellenabscheiders ist laut [ARP, 2006] der Flächenbedarf gegenüber vergleichbaren Absetzanlagen geringer. Die Absetzkammer mit Lamellenabscheider der SABA Attinghausen hat ein Volumen von ca. 300 m^3 und eine Grundfläche von ca. 78 m^2. Die Oberflächenbeschickung beträgt bei einem einjährlichen Regenereignis 1,8 m/h.

Das Absetzbecken verfügt über eine Entlastung zum Gewässer sowie Abläufen zu den zwei Retentionsfilterbecken.

Retentionsfilterbecken

Die Retentionsfilterbecken stellen die zweite und dritte Behandlungsstufe dar und dienen der Filtration und Sorption. Sie verfügen über separate Einlaufbauwerke und Sickerleitungen. Die Einleitung des Wassers erfolgt über eine Ringleitung auf Höhe der Filteroberflächen entlang des gesamten Beckenumfangs um eine gleichmäßige Belastung der Filteroberfläche zu erreichen. Die Böschungen sind mit Rasengittersteinen befestigt. Der maximale Filtereinstau vor Entlastung beträgt 1 m.

Das zufließende Wasser sickert durch die 1,15 m mächtigen Filteraufbauten. Splitt- und Filtersandschicht dienen dem Rückhalt feinerer Partikel, das Adsorbermaterial dem Rückhalt gelöster Stoffe. Das behandelte Wasser wird in unter den Filtern gelegenen Sickerleitungen gefasst und zum Gewässer abgeleitet. Gegen den Untergrund sind beide Retentionsfilterbecken durch Bentonitmatten mit schützendem Magerbetonüberzug abgedichtet. Die Filteroberflächen sind nicht bepflanzt.

Der Unterschied zwischen den beiden Retentionsfilterbecken besteht im Adsorbermaterial. Nach [ARP, 2006] soll das Adsobermaterial für die SABA folgende Eigenschaften aufweisen:

- gute hydraulische Leitfähigkeit
- hohe Adsorptionskapazität
- schnelle Stoffaufnahme
- keine Rücklösung von Stoffen
- günstiges Preis-Leistungs-Verhältnis

Gewählt wurde als Adsorbermaterial das Produkt Ferrosorp® (Eisenhydroxid) für das Retentionsfilterbecken Süd. Für das Retentionsfilterbecken Nord wird Zeolith als Material zur Adsorption verwendet. Tabelle 3-4 gibt eine Übersicht über die Eigenschaften der beiden Materialien.

Tabelle 3-4: Eigenschaften der Adsorbermaterialien der SABA (nach [ARP, 2006])

Eigenschaft	Ferrosorp®	Zeolith
Korngrößen	0,15–2 mm	1–3 mm
Adsorptionskapazität im Vergleich	hoch	gering
Stoffaufnahme im Vergleich	schnell	langsam
Rücklösungseffekte	keine	z. T. sehr hohe Rücklösung von Schwermetallen durch Na^+ aus Tausalz (Na^+Cl^-)
Preis- Leistungsverhältnis	günstig im Vergleich zu anderen Eisenhydroxid-produkten	im Vergleich zu Eisenhydroxiden sehr preiswert

Aufgrund der Rücklösungseffekte beim Zeolith wird das Filterbecken Nord im Winter außer Betrieb genommen, um den Eintrag von Streusalz aus dem Winterdienst zu vermeiden. Das Zeolith-Becken darf erst wieder in Betrieb genommen werden, wenn nicht mehr mit einem Salzeinsatz zu rechnen ist und das gesamte Salz von der Strasse abgeschwemmt wurde. Das Becken mit Ferrosorp® kann hingegen ganzjährig betrieben werden.

Filteraufbau

Der Filter der SABA besteht aus (Abbildung 3-6):

- Splittschicht
- Filtersandschicht
- Adsorberschicht
- Filtersandschicht mit Sickerrohrleitung

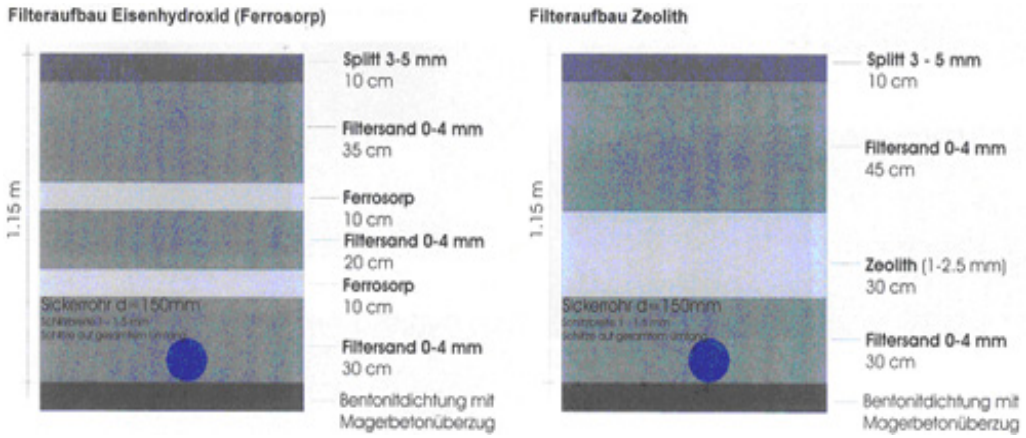

Abbildung 3-6: Filteraufbau der SABA Attinghausen (aus: ARP, 2006)

Beide Filteraufbauten haben eine obere Splittschicht von 10 cm Mächtigkeit und einer Körnung von 3 - 5 mm. Sie schützt die darunter liegende Filtersandschicht vor Grobstoffen. Beim Eisenhydroxidbecken folgt eine 35 cm mächtige Sandschicht; darunter liegen zwei Adsorberschichten mit je 10 cm Mächtigkeit, die wiederum von einer 20 cm dicken Filtersandschicht voneinander getrennt sind. Das Zeolith-Becken verfügt über eine 45 cm starke Sandfilterschicht und eine zusammenhängende Zeolith-Adsorberschicht von 30 cm Stärke. Beide Filteraufbauten besitzen zuunterst noch eine 30 cm dicke Sandschicht, in die Sickerrohrleitungen eingelassen sind.

3.3.3 Betriebliche Aspekte

[ARP, 2006] gibt erste Betriebserfahrungen für die SABA an:

Gesamte Anlage

- Die Anlagenteile (auch Leitungen, Abdeckungen) werden mindestens monatlich sowie nach starken Regenereignissen kontrolliert.

Absetzbecken

- Der Zulauf ist wöchentlich auf Ablagerungen zu überprüfen und ggf. zu reinigen.
- Der Schlammraum ist regelmäßig zu entleeren.

Retentionsfilterbecken

- Das Retentionsfilterbecken Nord mit dem Adsorbermaterial Zeolith ist in der Winterperiode außer Betrieb zu nehmen.
- Grobe Ablagerungen wie z. B. Laub sind laufend von den Filteroberflächen zu entfernen.
- Wird der Abfluss durch feine Ablagerungen zu sehr behindert, muss die Splittschicht abgekratzt, gereinigt und neu eingebaut werden.
- Es wird damit gerechnet, dass die obere Schicht alle 2 bis 3 Jahre abzuschälen ist.
- Die Mahd der Beckenböschungen erfolgt ca. einmal im Jahr. Das Mähgut ist zu räumen.
- Pflanzen, die sich eventuell auf der Filteroberfläche ansiedeln, sind zu entfernen.

4 Gemessene Reinigungsleistung von Anlagen zur zentralen NW-Behandlung

Auszüge dieses Kapitels wurden [Kron, 2008] entnommen.

4.1 Gemessene Reinigungsleistung von RKB

Für die in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellten Becken werden in der Literatur Angaben über die Reinigungsleistung gemacht. Zu beachten ist aber, dass es sich hierbei nicht unbedingt um RKB gem. ATV-A 166 (ATV, 1999) handelt oder um RKB, die die Anforderungen Trennsystemerlasses (vgl. Kapitel 1) erfüllen, sondern um Becken, die in ihrer Hauptfunktion als RKB wirken. Sie erfüllen diese Hauptfunktion dann, wenn sie

- der Sedimentation und
- dem Rückhalt von Leichtstoffen

dienen.

So werden in der nachfolgenden Tabelle z. B. die typischerweise für die Behandlung von Autobahn-Oberflächenwasser eingesetzten Abscheider mit vorgeschalteten Regenrückhaltebecken mit Dauerstau berücksichtigt.

Tabelle 4-1: Übersicht der betrachteten Becken mit RKB-Funktion

Anlage	Quelle	Typ	Oberflächen beschickung q_A [m/h]
Berlin, Dianasee	[Terzioglu et al., 1987; in: Stotz und Krauth, 2001]	RKBmD	1,8
Berlin, Badeweg (Großer Wannsee)	[Stotz und Krauth, 2001]	n. b.	1,8
Berlin, Medebacher Weg (Tegeler See)	[Stotz und Krauth, 2001]	n. b.	1,8
Karlsruhe, Grünwinkel	[Pfeifer, 1998; in: Stotz und Krauth, 2001 in: Brunner, 2002]	RKBmD	10
Schweden, Järnbrott	[in: Stotz und Krauth, 2001]	n. b.	1-5
Schweden, Krubban	[in: Stotz und Krauth, 2001]	n. b.	1-5
Köln, Maarhäuser Weg	[Kasting, 2002, 2004]	RRBmD (Abscheider mit vorgeschaltetem RRB)	1-2 (0,6)[1)]
Pleidelsheim	[Krauth und Klein, 1982 in: Kasting, 2002]	RRBmD (Abscheider mit vorgeschaltetem RRB)	9 (2)[1)]
Obereisesheim	[Krauth und Klein, 1982; in: Stotz und Krauth, 2001; in: Kasting, 2002]	RRBmD (Abscheider mit vorgeschaltetem RRB)	19 (11,3)[1)]
Ulm-West	[Krauth und Klein, 1981; in: Kasting, 2002]	RRBmD (Abscheider mit vorgeschaltetem RRB)	(9)[1)]

[1)] max. Oberflächenbeschickung während des Untersuchungszeitraums

Die aufgeführten Anlagen unterscheiden sich deutlich in ihrer hydraulischen Belastung, Größe und Bauweise. Auch die Analysemethodik und Methodik der Datenauswertung variiert. Eine direkte Vergleichbarkeit der Reinigungsleistungen ist aufgrund dieser Aspekte nicht möglich.

Einen für die Reinigungsleistung wesentlichen Einfluss hat die Oberflächenbeschickung der Behandlungsanlage: je kleiner sie ist, umso höher wird i. d. R. die Reinigungsleistung sein. Die Becken Dianasee, Am Badeweg, Medebacher Weg und Pleidelsheim werden mit Oberflächenbeschickungen von nur 1,8 m/h beaufschlagt, das Becken Maarhäuser Weg noch geringer; bei den beiden schwedischen Anlagen Järnbrott und Krubban liegt die Oberflächenbeschickung im Spektrum 1 bis 5 m/h. Die übrigen Becken sind für höhere Oberflächenbeschickungen ausgelegt und liegen in der für RKB typischen Größenordnung von etwa 10 m/h.

Die beim Becken Maarhäuser Weg angegeben Wirkungsgrade beziehen sich auf den mittleren Frachtwirkungsgrad, der gem. [Kasting, 2002] in etwa dem Konzentrationswirkungsgrad entspricht. Für die übrigen Anlagen sind mittlere Konzentrationswirkungsgrade angegeben.

Tabelle 4-2: Reinigungsleistungen von Becken mit RKB-Funktion [Quellen: vgl. Tabelle 4-1]

Reinigungsleistung [%]										
Parameter	Berlin, Dianasee	Berlin, Badeweg	Berlin, Medebacher Weg	Karlsruhe, Grünwinkel	Schweden, Järnbrott	Schweden, Krubban	Köln, Maarhäuser Weg	Pleidesheim	Obereisesheim	Ulm-West
AFS	62	70	70	43	70	84	82	85	50	54
CSB	55	55	55	36			72	63	26	39
BSB_5	38	31	31							
TOC	22									
Pt	47							32		
P_{ges}	33	46	46		40	74		32	9	12
N_{ges}	28	33	33				>24 [1) 2)]			
NH_4-N							-37 [4)]	36	16	-72 [4)]
Cd				38	11	51	>33 [1) 2)]	63	28	60
Cr	77							66	33	7
Cu	65	70		5	30	75	77	73	26	17
Fe								74	45	38
Ni				17						
Pb	59	60		36	48	82	67	79	39	52
Zn	31	31		12	31	82	84	50	37	29
MKW (H18)	77 [3)]	77 [3)]					>75 [2)]	80 [3)]	29 [3)]	33 [3)]
PAK (US-EPA)							96			

[1)] Nachweisgrenze im Zu- und Ablauf ist bei den gemessenen Ereignissen häufig unterschritten; angegeben ist der Median der Ereignisse, bei denen die Zulaufkonzentration über der Nachweisgrenze liegt

[2)] der Wirkungsgrad stellt die minimale Reinigungsleistung für die untersuchten Ereignisse dar

[3)] angegeben als Mineralöl

[4)] es werden mehr Stoffe ausgetragen, als über den Oberflächenzufluss eingetragen werden; bei NH_4-N ist die Ursache wahrscheinlich die Umsetzung von Stickstoffverbindungen zu NH_4-N.

4.2 Gemessene Reinigungsleistung von RiStWag-Abscheidern

[Kasting, 2002] untersuchte die Reinigungsleistung des nach den Vorgaben der RiStWag [FGSV, 2002] konzipierten Abscheiders Westhover Weg in Köln, der auf eine Oberflächenbeschickung von 9 m/h ausgelegt ist. Tabelle 4-3 zeigt die ermittelte Reinigungsleistung.

Tabelle 4-3: Reinigungsleistung des RiStWag-Abscheiders Köln, Westhover Weg [Kasting, 2002]

Wirkungsgrade [%]		
Parameter	**Wirkungsgrad (bei allen untersuchten Ereignissen)**	**Wirkungsgrad (bei Ereignissen mit q_A < 4 m/h)**
AFS	13	40
CSB	37	47
N_{ges}	29 [1)]	-
NH_4-N	-48 [2)]	-
Cd	11 [1)]	-
Cu	7	8
Pb	29	40
Zn	23	26
MKW	35	36
PAK	39	42

[1)] Nachweisgrenze im Zu- und Ablauf ist bei den gemessenen Ereignissen häufig unterschritten. Angegeben ist der Median der Ereignisse, bei denen die Zulaufkonzentration über der Nachweisgrenze liegt.

[2)] Es werden mehr Stoffe ausgetragen, als über den Oberflächenzufluss eingetragen werden. Bei NH_4-N ist die Ursache wahrscheinlich die Umsetzung von Stickstoffverbindungen zu NH_4-N.

Gem. Tabelle 4-3 erreicht der RiStWag-Abscheider nur mäßige Wirkungsgrade. Bezogen auf die Auswertung aller untersuchten Ereignisse übersteigt kein Wert die 40 %-Marke. Bei Ereignissen mit einer Oberflächenbeschickung < 4 m/h steigt die Reinigungsleistung leicht; lediglich bzgl. AFS kann eine signifikante Verbesserung beobachtet werden.

Im Untersuchungszeitraum wurde die Anlage laut [Kasting, 2002] mit maximalen Oberflächenbeschickungen von 7,9 bzw. 9,7 m/h belastet. Bei diesen Ereignissen kam es zur Remobilisierung bereits abgesetzter Stoffe. Dieser Vorgang erklärt die mäßigen Wirkungsgrade. [Kasting, 2002] kommt daher zu dem Schluss, dass bei RiStWag-Abscheidern zum Erreichen einer stabilen Reinigungsleistung der Zufluss auf eine kritische Abflussspende begrenzt werden sollte.

4.3 Gemessene Reinigungsleistung von Retentionsbodenfiltern

Im Weiteren sind die Reinigungsleistungen verschiedener RBF zusammengestellt. Die Anlagen werden bis auf zwei Ausnahmen zur Behandlung von Mischwasserabflüssen eingesetzt. Die Ergebnisse sind daher nur eingeschränkt auf erzielbare Wirkungsgrade von RBF zur NW-Behandlung im Trennsystem anzuwenden. NW-Abflüsse weisen i. d. R. geringere Zulaufkonzentrationen der Verschmutzungsparameter auf. Bei der Ergebnisinterpretation ist dies zu beachten, da bei geringen Zulaufkonzentrationen vermutlich auch nur geringere Wirkungsgrade erreicht werden als bei hohen Zulaufkonzentrationen.

Ferner unterscheiden sich die untersuchten RBF in Aufbau, Art der Vorstufe, Filtersubstrat und Filtervegetation. Eine Übersicht gibt Tabelle 4-4.

Tabelle 4-4: Übersicht der betrachteten Becken mit RBF

Anlage	Quelle	System	Vorstufe	Substrat	Vegetation
Waldangeloch	[Uhl, 2003]	Mischsystem	SKU	Schluff	Schilf/ Brennesseln
Fulda, Fellenweg	[Uhl, 2003]	Mischsystem	RÜ mit Siebrechen	Anstehender bindiger Boden	Schilf
Alsdorf	[Uhl, 2003]	Trennsystem	SKU	Sand/Feinkies	Gras und Wildkräuter
Wülfrath	[Uhl, 2003]	Mischsystem	RÜB	Sand-Schluff	Schilf
Geilenkirchen	[Uhl, 2003]	Mischsystem	RÜB	Mittel- bis Grobsand	Schilf
Hartum	[Namuth, 2006]	Mischsystem	RÜB	Mittel- bis Grobsand	Schilf
Hamburg	[Sommer, 2007]	Trennsystem	n. b.	n. b.	n. b.
Saarbrücken	[Kurz, 2003]	Mischsystem	RÜB	Sand/Feinkies	Schilf
Ernsthofen (3 Filterbeete)	[Ökoreal, 2005]	Mischsystem	3-Kammer-Absetzanlage	Sand/Feinkies	Schilf
Gilleshütte	[Kochs, 2008]	Mischsystem	RÜB	Sand	Schilf

Als Datengrundlage der in Tabelle 4-5 angegebenen Reinigungsleistungen dienten beim RBF Waldangeloch und RBF Wülfrath die Gesamtmittel der untersuchten Ereignisse, beim RBF Fulda die Gesamtmittel des letzten untersuchten Betriebsjahres und bei den Anlagen Geilenkirchen und Alsdorf die frachtgewogenen Gesamtmittel über die untersuchten Ereignisse. Aufgrund der unterschiedlichen Auswertemethoden sollten laut [Uhl, 2003] eher die Größenordnungen als die tatsächlichen Zahlenwerte verglichen werden.

Beim RBF Hartum wurden zwei verschiedene Messmethoden angewendet: Laboranalytik und spektrale Online-Gütemessung. Es wurden voneinander abweichende Ergebnisse erzielt. Die angegebenen Reinigungsleistungen sind Mittelwerte aus den Proben (Laboranalytik) bzw. Messwerten (spektrale Online-Gütemessung), jeweils ermittelt aus der Differenz der Stoffkonzentrationen im Zu- und Ablauf.

Die Wirkungsgrade des im Trennsystem angeordneten RBF Alsdorf sind je nach Parameter deutlich geringer als die der im Mischsystem gelegenen. [Uhl, 2003] erklärt dies damit, dass die behandelten NW-Abflüsse in Alsdorf wesentlich geringere Zulauf-Konzentrationen aufweisen - verglichen mit den Mischwasserzuflüssen der anderen Anlagen. Zur Belastung der ebenfalls im Trennsystem angeordneten Anlage in Hamburg werden in [Sommer, 2007] keine Angaben gemacht; aufgrund der hohen Wirkungsgrade ist anzunehmen, dass hier der behandelte NW-Abfluss aus dem Trennsystem recht hohe Stoffkonzentrationen aufgewiesen hat.

Die gute Reinigungsleistung bezüglich der Metalle weist bei den RBF Wülfrath, Geilenkirchen und Hamburg auf eine gute Sorptionsfähigkeit der eingesetzten Filtersubstrate hin.

Tabelle 4-5: Reinigungsleistungen von RBF

Reinigungsleistung [%]												
Parameter	Waldangeloch	Fulda, Fellenweg	Alsdorf	Wülfrath	Geilenkirchen, Flahstraße	Hartum	Hamburg	Saarbrücken	Österreich, Ernsthofen			Korschenbroich, Gilleshütte
									Filter1	Filter 2	Filter3	
CSB	76	95	35	85	82	56,7 (40,5) [2]		76	94,3	93,5	89,5	65
BSB_5	89		50			82,8 (74,8) [2]	80 [6]	> 90	98,1	97,4	92,1	
P_{ges}	78		87						34,6	30,2	21,3	85
o-PO_4	72	90			88							
N_{ges}			54	12	22 [3]				29,4	26,5	24,9	35
NH_4-N	93	95	62	70	65	92,6		95	91,5	86,2	67,7	58
NO_3-N	100	100		91	43	100		100				
AFS	95	95	50		83	48,1 [2]	90	> 90	95	93,5	93,5	94
TOC						52,8	70		94,6	93,7	87,9	
DOC							50					
Trübung												
Al				98	84							
Cu							85					
Fe					-75 [1]							
Mn				65	80							
Ni				98	84							
Pb							85					
Zn				92	92		90					

[1] Es werden mehr Stoffe ausgetragen, als über den Zufluss eingetragen werden.
[2] Ergebnisse aus spektraler Online-Gütemessung
[3] $N_{ges} = N_{ges\ anorganisch}$
[4] Messergebnis eines Regenereignisses vom 29.04.2007
[5] Messergebnis eines Regenereignisses vom 30.04.2007
[6] BSB_7

4.4 Gemessene Reinigungsleistung der Straßenabwasserbehandlungsanlage Attinghausen

Bisher liegt nur eine erste Leistungsbeurteilung der in Kapitel 3.3 beschriebenen Anlage vor, an der Trends hinsichtlich der Wirkungsgrade erkennbar werden. Das Monitoring der Anlage begann am 14.11.2006 und dauert noch bis Ende Dezember 2008 an [Steiner, 2008].

4.4.1 Wirkungsgrade des Lamellenabscheiders

Anhand von Regenereignissen am 29./30.04.2007 wurden durch mehrere Probenahmen im Ablauf des Lamellenabscheiders Wirkungsgrade für Trübung, Kupfer und Zink ermittelt.

Die deutlichen Unterschiede der in der Tabelle 4-6 angegebenen Reinigungsleistungen liegen laut [Steiner, 2007] darin begründet, dass beim Regenereignis vom 29.04.07 die Zuflussmenge mit 50 m^3 relativ gering war und sich daher im Ablauf des Lamellenabscheiders das Wasser befand, das während einer dem Ereignis vorausgegangenen 23 tägigen Trockenperiode im Abscheider stand. Dieses Wasser wies aufgrund der langen Aufenthaltszeit nur noch geringe Belastungen auf.

Beim Regenereignis vom 30.04.07 lag die Zuflussmenge bei 170 m^3. Die Aufenthaltszeit im Abscheider war geringer und dementsprechend auch der Stoffrückhalt.

Tabelle 4-6: Wirkungsgrade des Lamellenabscheiders der SABA, Teil 1 [Steiner, 2007]

Anlagenteil	Parameter	Ereignis vom 29.04.2007	Ereignis vom 30.04.2007
Lamellenabscheider	Trübung	69 – 88 %	31 – 50 %
	Kupfer (Cu)	60 – 95 %	20 – 42 %
	Zink (Zn)	69 – 95 %	20 – 39 %

Weitere Beprobungen des Lamellenabscheiders wurden im Dezember 2007 vorgenommen. Die mittleren Wirkungsgrade bzgl. der vergleichbaren Parameter (Tabelle 4-7) lagen dabei eher in der Größenordnung der Ergebnisse vom 30.04.2007.

Tabelle 4-7: Wirkungsgrade des Lamellenabscheiders der SABA, Teil 2 [Steiner, 2008]

Parameter	Wirkungsgrad in %
GUS[1)]	32
Ni	ca. 46
Pb	ca. 24
Zn	ca. 8
KW[2)]	ca. 19

[1)] GUS = gesamte ungelöste Stoffe
[2)] Kohlenwasserstoffe

4.4.2 Wirkungsgrade des Ferrosorpbeckens

Für die Regenereignisse 29./30.04.2007 liegen Ergebnisse vor über die Stoffreduktion vom Zulauf des Lamellenabscheiders bis zum Ablauf des Ferrosorpbeckens, also bezogen auf den Wirkungsgrad der gesamten Anlage (Tabelle 4-8).

Tabelle 4-8: Wirkungsgrade der SABA, Gesamtanlage [Steiner, 2007]

Anlagenteil	Parameter	Ereignis vom 29.04.2007	Ereignis vom 30.04.2007
Gesamte Anlage	Trübung	> 90 %	78 – 93 %
	Kupfer (Cu)	> 90 %	79 – 93 %
	Zink (Zn)	> 90 %	65 – 86 %

In Tabelle 4-9 werden Wirkungsgrade angegeben, die sich allein auf den Stoffrückhalt im Ferrosorpbecken beziehen.

Tabelle 4-9: Wirkungsgrade des Ferrosorpbeckens der SABA [Steiner, 2008]

Parameter	Wirkungsgrad in %
GUS	ca. 71
Cr	ca. 42
Cu	ca. 68
Fe	ca. 98
Ni	ca. 37
Zn	ca. 95
KW	ca. 79

[1)] GUS = Gesamt ungelöste Stoffe
[2)] Kohlenwasserstoffe

4.4.3 Wirkungsgrade des Zeolithbeckens

Für das Zeolithbecken liegen keine gesicherten Werte zur Reinigungsleistung vor, da die SABA in der Zeit des Monitorings fast ausschließlich im Winterbetrieb lief und das Zeolithbecken außer Betrieb war [Steiner, 2008].

4.4.4 Beurteilung der Reinigungsleistung

Die Reinigungsleistung der SABA (Gesamtanlage) wird von [Steiner, 2008] insgesamt als klar zufrieden stellend beurteilt. Gerade im Hinblick auf den gewünschten Rückhalt von Schwermetallen werden gute Wirkungsgrade durch die Kombination von Sandfilter- und Adsorberschicht des Ferrosorpbeckens erreicht. Die Wirkung des Lamellenabscheiders ist stark abhängig von der hydraulischen Belastung und der damit verbundenen Aufenthaltszeit des Wassers im Becken.

4.5 Reinigungsleistung der naturnahen Behandlungsanlagen nach WAG

Die Inbetriebnahme der in Kapitel 3.2 beschriebenen Anlagen erfolgte 2001. Messungen der Reinigungsleistung fanden in den Jahren 2001 bis 2004 statt. Da die Anzahl der durchgeführten Messungen insgesamt recht gering ist, lassen sich laut [WAG, 2004] nur tendenzielle Aussagen über die Wirksamkeit der Anlagen treffen.

Die stoffliche Belastung des Zulaufs wird als gering eingestuft. Im Ablauf lag die Belastung häufig unter der Nachweisgrenze der eingesetzten Analyseverfahren [WAG, 2004]. Auf eine Angabe von

Wirkungsgraden wird daher verzichtet. Angegeben werden nur Wertespektren der gemessenen Konzentrationen im Zu- und Ablauf der Anlagen.

4.5.1 Wirksamkeit der Vertikalfilteranlage

Die Beprobung erfolgte im Zeitraum vom 3.10.2001 bis 12.12.2003; insgesamt wurden 23 Proben entnommen. Tabelle 4-10 zeigt die Analyseergebnisse.

Tabelle 4-10: Vertikalfilteranlage: Wertespektrum der untersuchten Parameter [WAG, 2004]

Parameter	Einheit	Konzentration im Zulauf	Konzentration im Ablauf
TOC	mg/l	1,2 – 14	1,3 – 3,5
Ammonium	mg/l	<0,06 – 0,34	<0,06 – 0,08
Ammonium-N	mg/l	<0,05 – 0,27	<0,05 – 0,06
Nitrat	mg/l	<1,00 – 7,4	<1,00 – 7,1
Nitrat-N	mg/l	<0,23 – 1,7	<0,23 – 1,6
Nitrit	mg/l	<0,02	<0,02
Nitrit-N	mg/l	<0,006	<0,006
Phosphor	mg/l	<0,10 – 0,69	<0,10
Chlorid	mg/l	2,00 – 49	8,90 – 50
Leitfähigkeit	mS/m	7,30 – 70	16 – 42
Coliforme	/100ml	0 – 17000	0 – 649
Escherichia coli	/100ml	0 – 320	0 – 310
Salmonellen	mval/l	Eine Belastung konnte bei keiner Probe festgestellt werden.	

Tabelle 4-11: Vertikalfilteranlage: allgemeine Güteindikatoren [WAG, 2004]

Färbung	überwiegend keine Färbung des Wassers im Ablauf feststellbar
Geruch	überwiegend kein Geruch des Wassers im Ablauf feststellbar
pH-Wert	7,8 – 8,5

4.5.2 Wirksamkeit der Horizontalfilteranlage

Die drei Filtergräben wurden nicht gleichzeitig betrieben, sondern nacheinander. Beim Filtergraben mit der geringsten Durchlässigkeit traten laut [WAG, 2004] im Auslaufbereich erhebliche Auswaschungen auf. Der Betrieb wurde daher vorzeitig eingestellt und die Beprobung des Grabens mit mittlerer Durchlässigkeit fortgesetzt.

Für die allgemeinen Güteindikatoren wurden bei allen Filtergräben die in Tabelle 4-12 dargestellten Ergebnisse festgestellt.

Tabelle 4-12: Horizontalfilteranlage: allgemeine Güteindikatoren [WAG, 2004]

Färbung	Färbungen im Zulauf überwiegend auch im Ablauf feststellbar

Geruch	überwiegend kein Geruch des Wassers im Ablauf feststellbar
pH-Wert	7,8 – 8,5

Graben mit größter Durchlässigkeit

- $k_f = 1{,}3 \cdot 10^{-1}$ m/s
- Beprobung im Zeitraum 21.01.2002 bis 23.01.2002
- Anzahl der Probenahmen: 9

Tabelle 4-13: Horizontalfilteranlage; Filtergraben mit größter Durchlässigkeit: Messergebnisse [WAG, 2004]

Parameter	Einheit	Konzentration im Zulauf	Konzentration im Ablauf
TOC	mg/l	1,2 – 11	<1,0 – 5,5
Ammonium	mg/l	<0,06 – 0,96	<0,06 – 0,6
Ammonium-N	mg/l	<0,05 – 0,75	<0,05 – 0,47
Nitrat	mg/l	<1,00 – 11,5	<1,00 – 8,5
Nitrat-N	mg/l	<0,23 – 2,6	<0,23 – 2,0
Nitrit	mg/l	<0,02 – 0,05	<0,02
Nitrit-N	mg/l	<0,006 – 0,03	<0,006
Phosphor	mg/l	<0,10 – 0,39	<0,10 – 0,12
Chlorid	mg/l	2,40 – 35,5	4,00 – 16,6
Leitfähigkeit	mS/m	4,80 – 92	5,50 – 34
Coliforme	/100ml	0 – 5000	90 – 4100
Escherichia coli	/100ml	0 – 1700	0 – 700
Salmonellen	mval/l	Eine Belastung konnte bei keiner Probe festgestellt werden.	

Graben mit mittlerer Durchlässigkeit

- $k_f = 2{,}6 \cdot 10^{-2}$ m/s
- Beprobung in den Zeiträumen 21.03.2003 bis 07.04.2003 und 02.04.2003 bis 01.09.2003
- Anzahl der Probenahmen: 8

Tabelle 4-14: Horizontalfilteranlage; Filtergraben mit mittlerer Durchlässigkeit: Messergebnisse [WAG, 2004]

Parameter	Einheit	Konzentration im Zulauf	Konzentration im Ablauf
TOC	mg/l	2,1 – 19	2,0 – 7,8
Ammonium	mg/l	< 0,06 – 0,68	< 0,06 – 1,0
Ammonium-N	mg/l	< 0,05 – 0,53	< 0,05 – 0,78
Nitrat	mg/l	< 1,00 – 4,8	< 1,00 – 9,5
Nitrat-N	mg/l	< 0,23 – 0,78	< 0,23 – 2,2
Nitrit	mg/l	< 0,02 – 0,31	< 0,02 – 0,15
Nitrit-N	mg/l	< 0,006 – 0,094	< 0,006 – 0,046
Phosphor	mg/l	< 0,10 – 1,9	< 0,10 – 0,15
Chlorid	mg/l	2,20 – 88,8	3,00 – 81,7
Leitfähigkeit	mS/m	9,80 – 48	11 – 187
Coliforme	/100ml	9 – 14000	0 – 9210
Escherichia coli	/100ml	0 – 5000	0 – 4000
Salmonellen	mval/l	Eine Belastung konnte bei keiner Probe festgestellt werden.	

Graben mit geringer Durchlässigkeit

- $k_f = 3{,}6 \cdot 10^{-3}$ m/s
- Beprobung im Zeitraum 03.11.2003 bis 13.01.2004
- Anzahl der Probenahmen: 3

Tabelle 4-15: Horizontalfilteranlage; Filtergraben mit geringer Durchlässigkeit: Messergebnisse [WAG, 2004]

Parameter	Einheit	Konzentration im Zulauf	Konzentration im Ablauf
TOC	mg/l	3,2 – 5,0	1,7 – 7,0
Ammonium	mg/l	< 0,06 – 0,21	< 0,06
Ammonium-N	mg/l	< 0,05 – 0,16	< 0,05
Nitrat	mg/l	< 1,00 – 30,2	< 1,00 – 6,1
Nitrat-N	mg/l	< 0,23 – 6,9	< 0,23 – 0,3
Nitrit	mg/l	< 0,02	< 0,02
Nitrit-N	mg/l	< 0,006	< 0,006
Phosphor	mg/l	< 0,1 – 0,13	< 0,10 – 0,18
Chlorid	mg/l	8,90 – 99,3	1,30 – 51,4
Leitfähigkeit	mS/m	6,4 – 53	18 – 24
Coliforme	/100ml	13760 – 199000	3230 – 26100
Escherichia coli	/100ml	22 – 426	53 – 200

Salmonellen	mval/l	Eine Belastung konnte bei keiner Probe festgestellt werden.

4.5.3 Beurteilung der Reinigungsleistung

Bei den meisten Parametern liegen bereits im Zulauf die Konzentrationen unter den Nachweisgrenzen der von [WAG, 2004] zur Untersuchung genutzten Verfahren. Daher können spezifische Wirkungsgrade nicht ermittelt werden.

Generell ist festhalten, dass bei beiden Anlagen ein Stoffrückhalt stattfindet. Auch die Anzahl der Bakterien wird durch die Anlagen verringert. Ein Vergleich der Vertikalfilteranlage und der drei verschiedenen Horizontalfiltergräben kann aufgrund der spärlichen Datenlage nicht vorgenommen werden.