Praxiserprobung und technische Optimierung eines neuartigen Hochleistungs-Pflanzenfilterverfahrens zur Behandlung belasteter Niederschlagswässer

AiF-Vorhaben-Nr: 15508 N/1 und N/2
Gemeinsamer Abschlussbericht für den Zeitraum: 01.02.2008 bis 30.11.2010
Projektförderung: BMWi über die AiF

Bearbeiter:
Dr. Jens-Uwe Holthuis (Hochschule Bremen)
Dr. Ingo Dobner (Universität Bremen)

Bepflanzte Bodenfilter

- Hinweise zu Planung, Konstruktion, Wartung und Pflege -

Anlagenband
zum Gemeinsamen Abschlussbericht der AiF-Vorhaben15508 N/1 und N/2

Bremen, Februar 2011

Inhalt

	Seite
Einleitung	1
1. Planung von Bodenfilteranlagen	1
1.1 Planungsablauf	1
1.1.1 Die Vorstudie	1
1.1.2 Organisationsplanung	2
1.1.3 Leistungsbeschreibung und Auftragsvergabe	2
2. Konstruktion bepflanzter Bodenfilter	3
2.1 Bauelemente	3
2.1.1 Regenklärbecken mit Dauerstau (RKBmD)	3
2.1.2 Bodenfilter	4
2.1.2.1 Beschickung	4
2.1.2.2 Zulaufbauwerke	4
2.1.2.3 Ablaufbauwerk	4
2.1.2.4 Sohlabdichtung	5
2.1.2.5 Drainagen	5
2.1.2.6 Filteraufbau	6
2.1.2.7 Filterfläche und Retentionsraum	7
2.1.3 Zufahrten zu Wartungspunkten	7
2.1.4 Anlagensicherheit	8
3. Anlagenbetrieb	8
3.1 Dokumentation, Information, Prävention	8
3.1.1 Gewässerakte	8
3.1.2 Betriebsanleitung und Pflichtenheft	9
3.1.3 Havarieplanung	9
3.2 Anlagenunterhaltung	10
3.2.1 Kontrolle	10
3.2.1.1 Reguläre Sicht- und Funktionskontrollen des Bodenfilters	11
3.2.1.2 Außerplanmäßige Überprüfungen und Wartungsmaßnahmen	12
3.3 Maßnahmen zum Unterhalt	12
3.3.1 Maßnahmen zum Unterhalt der Anlagentechnik	12
3.3.1.1 Maßnahmen der erweiterten Anlagenunterhaltung	12
3.3.2 Maßnahmen zum Unterhalt des Bodenfilters	13
3.3.3 Maßnahmen der Gewässerunterhaltung	13
3.3.4 Allgemeine Maßnahmen der Vegetationspflege	14
4. Filtervegetation: Pflanzung und Pflege	15
4.1 Vorplanungen	15
4.2 Bepflanzung	15
4.2.1 Ausschreibung	15
4.2.2 Bepflanzung	16
4.2.3 Entwicklungs- und Fertigstellungspflege	17
4.3 Garantieleistungen	18

Seite

5. Praktisches Baumanagement 19
5.1 Bauanforderungen Rückbau 19
5.2 Verlauf der Umbaumaßnahmen „Bodenfilter Halenreie“ 20
5.2.1 Baustelleneinrichtung 20
5.2.2 Wegekonzept: Einbau- und Logistikplanung 20
5.2.3 Provisorische Wasserhaltung 21
5.2.4 Filterstatik 21
5.2.5 Stromversorgung 21
5.2.6 Bodenmanagement, Substratanforderungen 22
5.2.7 Pflanzung 22
5.2.8 Bauabnahme 23

Einleitung

Der folgende Leitfaden adressiert an Behörden und Verwaltungen, Planer,. Baufirmen und Anlagenbetreiber. Er fasst ausgewertete Literatur zu Bau und Betrieb von Bodenfilteranlagen zusammen und ergänzt sie durch eigene Erkenntnisse und Empfehlungen aus der Projektpraxis. Die angeführte Literatur ist dem zugehörigen Abschlussbericht des AiF-Vorhaben 15508 N/1+2 zu entnehmen.
Die Gliederung erfolgt in die Hauptbereiche „Planung“, „Konstruktion“, „Betrieb“, „Bepflanzung“ und „Praktisches Baumanagement“. Neben Planungsgrundzügen werden dabei notwendige Wartungs- und Pflegemaßnahmen von Bodenfiltern sowie Quellen von Betriebsproblemen sowie Präventionsmaßnahmen vorgestellt und Empfehlungen für die (Um)Bauausführung gegeben.

1. Planung von Bodenfilteranlagen

1.1 Planungsablauf

1.1.1 Die Vorstudie

Eine detaillierte Vorstudie ermöglicht als Planungsgrundlage eine standortgerechte Anlagendimensionierung und -konstruktion, wodurch Bau- und Betriebskosten sowie Risiken von Anlagenschädigungen durch hydraulische Unter- wie auch Überlastungen sinken.
Die Grundlagenermittlung und vorbereitende Planung beinhaltet die präzise Standortanalyse und Betriebsplanungen sowie die Definition angestrebter Maßnahmenziele [GEIGER, W., DREISEITL, H., 2001; ATV-M 165, DWA-M178, MUNLV, 2003; FUCHS, S., 2009]. Für die Standortwahl sind kleinräumig die hydraulischen Basisdaten zu Quantitäten und Qualitäten der Anlagenzuflüsse auch durch Ortsbegehungen zu ermitteln.
Dies umfasst

1. das Einzugsgebiet (Abflusswirksamkeit: Fläche, Bodengutachten zu Versiegelungsgrad; Sickerfähigkeit und Abflussbeiwerte; Topographie mit Fließwegen, Fremdwasseranfall)
2. aktuelle Planunterlagen (Katasterunterlagen, Lageplan 1:5000, Entwässerungsplan, Höhenplan; Trassierungen); geplante Erweiterungen des Einzugsgebietes; Transport- oder Retentionseigenschaften der Kanalnetze
3. Quantifizierung aktueller und prognostizierbarer Niederschläge (Bemessungsregen: Spende, Intensität, Häufigkeit); Sickerwasservolumen
4. Grundwasserflurabstände, Schutzbedarf der Vorfluter; Ablaufanforderungen
5. aktuelle und zukünftige Flächennutzungen (Schadstoffpotenziale, Verkehrsbelastung); Bebauungsplan und Rahmenplan, Siedlungstypologie (Baukörperformen, Raumplanung)
6. Alternativen: Flächenpotenziale für naturnahe Versickerungs- und Retentionsanlagen; Regenwassernutzung; Integrationspotenziale vorhandener Gewässerstrukturen (z.B. Teiche, Gräben; ggf. Sanierungsbedarf); Vernetzungstrassen
7. Auswahl des Verfahren oder Verfahrenskombinationen; Vorbemessung

Bei den Vorstudien und -planungen ist grundsätzlich zwischen Neubau- und Bestandsgebieten zu differenzieren. Im Bestand müssen vorhandene Gebäude, Verkehrs- oder Grünflächen in die Planungen integriert werden, während in Neubaugebieten naturnahe Entwässerungskonzepte durch frühzeitige Integration von Planungen und Baumaßnahmen sehr effektiv realisiert werden können. Dabei kann auch die Flächeninanspruchnahme durch landschaftsgemäße Formgebungen und Nutzung der Anlage als Bindeglied zwischen rein technischer Kanalisation und einem naturnahen Gewässer mit Biotopfunktion minimiert werden.
Aus ökonomischen und ökologischen Gründen ist es daher oftmals zweckmäßig, die Belange der Straßenentwässerung mit weiteren Einleitern und Nutzern des Einzugsgebietes oder des Gewässerabschnitts frühzeitig abzustimmen. Ähnliches gilt für die „Vorbereitende Bauleitplanung“ (Flächennutzungsplan) (z.B. Freihaltung von Retentionsflächen zwischen Baugebieten und Naturräumen).

Beteiligte Aufsichtsbehörden (z.B. obere und untere Wasserbehörde, Grünplanung, Natur- und Denkmalschutz), Straßenbauverwaltung, Liegenschaftsverwaltungen (Grundstückserwerb, Nutzungsklauseln), Versorgungs- und Erschließungsträger (Trassierungen, Bauablauf) sind umfassend in den Planungsprozess einzubinden [LONDONG, D., NOTHNAGEL, A., 1999; UHL ET AL., 2006; RAUCH, G., 2008; FUCHS, S., 2009; SIEKER ET AL., 2000].

1.1.2 Organisationsplanung

Für die rationelle Durchführung von Rückbauvorhaben, Instandsetzung bzw. Ertüchtigungen von Bodenfilteranlagen sind frühzeitig und detailliert die beteiligten Behörden, Flächeneigentümer, Wasser-, Boden- und Naturschutzverbände, Betriebsdienste, Bauunternehmen, Ingenieurbüros, Kooperationspartner, Anlieger und andere fachlich Beteiligte über Inhalte und Umfang der Projektplanung zu informieren und zu koordinieren. Dies gilt speziell für das Genehmigungsmanagement. Spätestens bei Baubeginn müssen die vollständigen Planungs- und Genehmigungsunterlagen den zuständigen Behörden vorliegen, um die erforderlichen Genehmigungen oder Zustimmungen einschließlich der Anträge auf Ausnahmen oder Befreiungen zu erhalten.
Die kaufmännische Kostenplanung beruht auf den eingeholten Kostenvoranschlägen sowie den Verhandlungen mit den Bietern. Zu Kalkulieren sind Budgets für

- Architekten und Ingenieure (nach Leistungsklassen HOAI)
- Baustellenpersonal / Fremdleistungen
- Material (Substrate, Pflanzen, Bauteile, …)
- Entsorgung, Bodenmanagement, Verwertungsformen (Massenbilanzen, Deponieklassen, …)
- Baustoffe (Bau-, Rüst-, Schalmaterial incl. Nebenkosten wie Vorarbeiten, Transport, Lagerung, Baustelleneinrichtung etc.)
- Geräte (incl. Bedienung, Transport- und Rüstzeiten)
- Betriebsstoffe (Treibstoffe, Elektrizität)
- Infrastrukturmaßnahmen / Pflege / Wartung / Unterhalt
- Ggf. Grunderwerb
- Ggf. ökologische Ausgleichsmaßnahmen
- Haftungsgewährleistung / Versicherungen
- Eventualkosten
- (…)

Im Rahmen der allgemeinen Projektorganisation werden bei Planungsgesprächen und Ortsterminen die vorhandene Infrastruktur sowie die ingenieurtechnischen und logistischen Anforderungen einschließlich alternativer Lösungsmöglichkeiten ermittelt und die Risikovorsorge und das Notfallmanagement festgelegt. Die Planungen sollten ein baubegleitendes Qualitätsmanagement beinhalten, welches die ausschreibungsgemäße Durchführung insbesondere der kritischen Gewerke wie Beckenabdichtungen, Drainagen, Substrateinbau sowie Bepflanzung kontrolliert und dokumentiert [ATV-M 601, Okolog, 2003].
Anschließend werden umgrenzte Projektbereiche mit Kommunikationsstrukturen und personifizierten Verantwortlichkeiten festgelegt. Für das Baustellenmanagement sind für die einzelnen Gewerke die Ausführungszeiträume mit Toleranzfristen und Ablaufpläne zu konkretisieren.
Neben den Regeln des Arbeitsschutzes und der Sicherheitstechnik sind auch das Immissionsschutz-, Abfall- und Wasserrecht planerisch zu berücksichtigen.

1.1.3 Leistungsbeschreibung und Auftragsvergabe

Für die Vergabe der mit den fachlich Beteiligten abgestimmten Bauleistungen sind Leistungsbeschreibungen mit Leistungsverzeichnissen nach Leistungsbereichen aufzustellen. Diese beschreiben eindeutig und umfassend die erforderlichen Bauleistungen mit sämtlichen Nebengewerken und verweisen auf die gesetzlichen und behördlichen Bestimmungen sowie die

einschlägigen Normenwerke. Weitere Inhalte sind Vereinbarungen über Mängelansprüche und Haftung sowie die Verjährungsfristen von Gewährleistungsansprüchen.
Da an die Baudurchführung hohe qualitative Ansprüche gestellt werden, ist bei der Vergabe ein Nachweis der produktspezifischen Fachkunde, Zuverlässigkeit und Leistungsfähigkeit der Firma (Zahl und Qualifikation der Mitarbeiter, Maschinenpark) zu erbringen, der durch Referenzen nachzuweisen ist. Gegebenenfalls ist auch die behördliche Zulassung für Arbeiten im Bezirk erforderlich.

2. Konstruktion bepflanzter Bodenfilter

2.1 Bauelemente

Retentionsbodenfilter sind verfahrenstechnisch zweistufige Konstruktionen aus einem Regenbecken (**2.1.1**) und einem nachgeschalteten Bodenfilterbecken (**2.1.2**) mit einer peripheren Infrastruktur (**2.1.3**). Daraus resultiert eine Fülle bautechnischer, konstruktiver und ausrüstungstechnischer Details. Für Vorstufen von RBF wie RKB, Abscheideanlagen o.ä. sind allgemeine Konstruktionsanforderungen den verschiedenen Regelwerken und Richtlinien zu entnehmen (z.B. ATV-A 111, ATV-A 117, ATV-A 128, ATV-A 157, ATV-A 166, ATV-M 176; RAS-Ew u.a.) [MUNLV, 2003], versuchsweise werden bereits Geröllfange mit alternierender Filterbeschickung als reduzierte Vorstufen betrieben [LAMBERT, B., 2009; LEMM, K., 2009].
Für Bodenfilter stehen verbindliche Vorschriften oder Regelwerke zur Gestaltung noch aus, allgemeine Konstruktionshinweise sind der Literatur zu entnehmen [MUNLV, 2001, 2003; LFU, 2002, ATV-A 138; DWA-M 178, GEIGER, W., DREISEITL, H., 2001, BLEIF, A., 2003; UHL ET AL., 2006, UHL, M., JÜBNER, M., 2004, SCHÄFER, H., DAHMEN, H., 2009; GROTEHUSMANN, D., 2009]. Die folgenden Ausführungen fassen die hier angeführten Literaturstellen zusammen und ergänzen sie durch weitere genannte Quellen und mit eigenen Erfahrungen.
Baumaßnahmen in den Sommer- oder Herbstmonaten sind aus mehreren Gründen vorzuziehen:
- abgetrocknete Oberböden und niedrige Grundwasserstände gestatten fachgerechten Bodenschutz (DIN 18915, DIN 19731) und vermeiden unnötige Bodenschädigungen [LAZAR, S., NEITE, H., 2009]
- Frostfreiheit führt zu Kostenersparnis, da z.B. bei Asphaltierungen Thermokübel entfallen können
- Naturschutzauflagen entfallen (keine Laich- oder Brut-/Nistzeit)

Voraussetzung für geringe Betriebskosten sind wartungsarme Verfahren und Techniken. Die Anlage muss so konzipiert und gebaut sein, dass robuste Materialien und Ausrüstungen vorhanden sind, die keine Störfallüberwachung mit eventuellen Bereitschaftseinsätzen erfordern.

2.1.1 Regenklärbecken mit Dauerstau (RKBmD)

RKBmD werden bei der Behandlung von Straßenabflüssen als Durchlaufbecken zum Rückhalt abscheidbarer und partikulärer Stoffen eingesetzt, um das Risiko der Selbstdichtung des nachfolgenden Filters zu mindern.
Bei der Standortwahl ist die Geländetopographie zum Anlagenbetrieb im Freigefälle zu nutzen und eine landschaftsgemäße Formgebung zu realisieren.
Neben RKBmD werden in Regelwerken weitere Ausführungen der Vorstufen genannt (Ras-Ew der FGSV: RKBmD und Leichtstoffabscheider; DWA-M 178: RKBoD; Straßenbauverwaltungen: RiStWag-Abscheidebecken). Allen gemein sind gedrosselte Abläufe und die Gestaltung aus Beton oder als Erdbecken (k_f Dichtung $<10^{-8}$ m x sec^{-1}). Bei einer Ausführung als Erdbecken sind nährstoffarme Materialien zu verwenden, um eine Massenentwicklung von Algen zu vermeiden.
Zur Maximierung der Sedimentationszeit und Vermeidung von Resuspensionen ist die Wasserführung im Zulaufbereich bedeutsam. Der Zustrom zum RKB ist zur Vermeidung von Auskolkungen zu begrenzen, die empfohlene Horizontalgeschwindigkeit beträgt <5 cm x sec^{-1}

[KASTING, U., 2004]. Speziell bei punktueller Einleitung ist eine Energieaufnahme durch Störsteine oder Gabione zwingend erforderlich.
Ebenso bedeutsam für den Absetzprozess ist eine günstige Beckenmorphometrie. Für RiStWag-Anlagen werden Längen/Breitenverhältnisse von > 3 bei Beckenbreiten von 2,5 – 6 m empfohlen [KASTING, U., 2004]. Im Einlauf installierte Rechen oder Siebe können den Grobstoffeintrag in das RKB begrenzen.
Das anschließende Becken muss bei einer Dauerstautiefe >2m eine homogene Durchströmung und einen gleichmäßigen Abzug des vorgereinigten Straßenabwassers ermöglichen. Als Sedimentationsbereich sind Tiefpunkte oder eine geneigte Beckensohle erforderlich. Im Ablauf des RKB ist eine integrierte Leichtflüssigkeitsabscheidung nach RiStWag nachzuschalten. Eine weitergehende Ausrüstung mit selbstreinigenden Sieben oder Rechen empfiehlt sich speziell bei einer Einleitung in Versickerungs- oder Filterbecken.
Für Wartung und Beckenräumung ist ein Grundablass oberhalb des Schlammspiegels empfohlen. Zuwegungen und Rampen für Schlammsaugwagen und weiteren Maschineneinsatz müssen tragfähig und zugänglich sein. Gleiches gilt für Sohlbereiche, die für Wartungsarbeiten befahren werden müssen. In unmittelbarer Nähe ist eine ausreichend dimensionierte Fläche zur Lagerung von Aushub der Absetzbereiche oder Rechengut einzurichten.
Im Bereich von Dauerwasserflächen muss sichergestellt sein, dass hereingefallene Personen oder Tiere ohne fremde Hilfe wieder heraussteigen können (Ausstiegshilfen).
Bei einem erhöhten Risiko für Chemikalienunfälle sind Präventivmaßnahmen zur Betriebssicherheit im Havariefall zu treffen. Gekennzeichnete, zugängliche Absperrorgane dienen der Unterbrechung von Beckenzu- oder -ablauf, während ein separates Notfallbecken wassergefährdende Chemikalienzuflüsse (z.B. Löschwasser) zwischenspeichert, die zu späteren Zeitpunkten abgepumpt werden können. Bei erhöhtem Risiko kann die Leichtstoffabscheidung auch zulaufnah geplant werden, um im Schadensfall die betroffene Wasseroberfläche möglichst klein zu halten [MUF, 2002].

2.1.2 Bodenfilter

2.1.2.1 Beschickung

Topographisch erfordern größere Bodenfilter zwischen Zu- und Ablauf eine Höhendifferenz von 1 - 2 m, um die Beschickung im Freigefälle durchzuführen. Ist dies nicht möglich, sind leistungsstarke Pumpen erforderlich, um den Zulauf zu heben oder den Ablauf zu fördern. Dabei ist der Pumpeneinsatz wegen des Energieverbrauchs, dem Betriebsaufwand und der Störanfälligkeit nachteilig. Hier sind kleine, dezentrale Anlagen vorteilhaft, die bereits geringere Freigefälle nutzen können [SIEKER, H., SIEKER, F., 2009A].

2.1.2.2 Zulaufbauwerke

Ziel dieser Elemente ist, eine angemessene und kontrollierte Verteilung des Wassers auf der Filterfläche zu erzielen sowie eine wirksame Energieumwandlung zum Schutz der Filteroberfläche und der Vegetation (Erosionsschutz) zu bieten. Entscheidend für die Filterfunktion ist, dass sich im Einlaufbereich keine Kurzschlussströmung zur Drainage ausbildet.
Hydraulisch günstig sind laterale bzw. linienförmige Einleitungen (Zulaufgerinne, Bewässerungsrohre, Wehrschwellen, überströmte Dämme), ungünstig sind frontale, punktförmige Einleitungen. Hier ist eine Energieaufnahme durch Störsteine oder Gabione zwingend erforderlich. Pumpensteuerungen müssen betriebssicher sein (Druckmesssonden, Ultraschallmessung). Das Zulaufbauwerk muss zugänglich sein und Sedimente müssen mit vertretbarem Aufwand geräumt werden können.

2.1.2.3 Ablaufbauwerk

Beim Ablaufbauwerk handelt es sich um einen Schacht, in dem die Drainagesammelleitungen enden. Das Ablaufbauwerk nimmt die Meß-, Steuer- und Regeltechnik zur Kontrolle des Filterablaufs auf und ermöglicht mit den hier angeordneten Drosselorganen und Einstauvorrichtungen

den temporären Einstau sowie Drosselung der Filtergeschwindigkeit. Der Einstau sollte saisonal variabel steuerbar sein (Sommer: Einstau, Winter: freier Ablauf).
Aus dem Schacht sollte der Drainagesammler für Inspektionen oder Reinigungen zugänglich sein. Die Inbetriebnahme sollte erst mit Beginn des Filterbetriebs erfolgen, um vorzeitigen Verschleiß mechanischer oder elektronischer Elemente zu vermeiden.
Die Einleitungen in oberirdische Fließgewässer sollten durch ein dynamisches Auslaufbauwerk erfolgen, welches eine möglichst hohe physikalische Wiederbelüftung ermöglicht und gleichzeitig das Bauwerk durch eine Rückstausicherung gegen die Vorflut sichert. Es sollte sich mit flachen Böschungen an den natürlichen Gegebenheiten und dem vorhandenen Gewässerprofil orientieren, senkrechten Mauern mit Sicherheitsgeländern sind zu vermeiden. Die Ausmündung sollte ohne sichtbaren Beton und Mörtel mit Natursteinen ausgeführt werden.

Für Zu- und Ablaufbauwerke sind Treppenanlagen (Blockstufen b=80 cm) bis an den Sohlbereich der Leitungen und der Bauwerke heranzuführen. Die Zu- und Abläufe sind mit Schüttsteinen in Beton einzufassen. Durch diese Verklammerung werden sie nicht so schnell ausgespült. Ein Zuwuchern der Wartungspunkte ist dann auch nicht so schnell möglich.
Die Sohle vor Zu- und Abläufen ist zu befestigen, um dem Wartungspersonal einen sicheren Stand bei Arbeiten zu ermöglichen und ein Unterspülen von Bauwerk und Treppenanlage zu vermeiden. Die Länge der Befestigung soll mindestens 1,00 m betragen.
Zu- und Abläufe sind ab DN300 vor Hineinkriechen von Personen (Kindern) durch verzinkte und verschließbare Gitterroste zu schützen.
Kanalschächte sind mit 50 cm breiter Pflasterung einzufassen. Dadurch sind die Schächte sichtbar und zugänglich und das Personal hat einen sicheren Stand beim Öffnen und Schließen des Schachtes.

2.1.2.4 Sohlabdichtung

Retentionsbodenfilter sind als Anlagen der Abwasserbehandlung grundsätzlich gegen den anstehenden Untergrund abzudichten. Verfahrenstechnisch ist die Basisabdichtung eine Hauptanforderung für einen gedrosselten Betrieb und sichert durch die Möglichkeit temporären Einstaus die Filtervegetation.
Für Dichtungszwecke an Bodenfiltern dürfen bei Einsatz von HD-PE-Folien nur DIBt zugelassene Produkte (>2mm) eingesetzt werden. Zur Vermeidung unkontrollierter Wasserverluste oder Grundwasserzutritts sind sämtliche Verschweissungen von Kunststoffdichtungsbahnen für Rohrdurchführungen oder Drainsammlern fachmännisch durchzuführen und frühzeitig auf Dichtigkeit zu kontrollieren. Großflächige Folienoberflächen sind beidseitig gegen Perforation zu schützen (z.B. durch Geotextil). Bei einer mineralischen Sohldichtung muss der k_f-Wert in situ $\leq 10^{-8}$ m x sec^{-1} betragen. Daneben sind auch geosynthetische Tondichtungsbahnen ($k_f < 1 \times 10^{-9}$ m x sec^{-1}) oder mehrlagige mineralische Lagen (> 2 x 20 cm) geeignet.
Bei hohem Grundwasserstand ist die Auftriebssicherheit gegebenenfalls durch eine Dränage unterhalb der Sohldichtung sicherzustellen. Durch einen niedrigeren Grundwasserstand liegt die günstigste Phase für den Erdbau in den Sommermonaten.
Wegen der Bedeutung der Abdichtungsarbeiten ist eine Fremdüberwachung dringend empfohlen, da spätere erforderliche Nachbesserungen aufwändig sind.

2.1.2.5 Drainagen

Das Drainsystem sorgt für eine vollständige Fassung und Ableitung des maximal anfallenden Filtrates. Gleichzeitig kann bei entleertem Filter ohne Einstau so die Filtersohle drainseitig belüftet werden. Es besteht aus einer 25 cm dicken Filterkiesschicht (2/8 mm), in die ein symmetrisch angeordnetes, flächiges System aus horizontal verlegten Drainsträngen (DN 150) verlegt ist, die in Sammler münden.
Die Abstände der Drainrohre sind entsprechend den maximalen flächenspezifischen Sickermengen hydraulisch zu bemessen. Allgemein bewährt haben sich Abstände zwischen den Saugern von max. 5 m, die Drainrohrlänge sollte 20–30 m nicht überschreiten. Ein Sammler sollte max. zehn Drainagestränge fassen, die sohlgleich anzuschliessen sind. Optional ist die

Verlegung zusätzlicher Leerrohre, die ein nachträgliches Einziehen von Messleitungen gestattet. Eine Drosselung des Filterablaufs aufgrund unzureichender Schlitzflächen und/oder unzureichender Nennweiten der Transportleitungen muss ausgeschlossen werden, auch ist ein Rückstau aus der Vorflut grundsätzlich zu vermeiden.
Zur Vermeidung von Wurzeleinwuchs können Teilsickerrohre verwendet werden, deren geschlossener Sohlbereich nach oben weist.
Das Drainagesystem ist für Spülzwecke zu Beginn und während des Anlagenbetriebs oberflächlich über verschließbare Revisionsstutzen zugänglich, die gleichzeitig eine Kamerainspektion ermöglichen. Hierfür sind die Drainagerohre an der Böschung hochzuführen, wobei die Abwinkelung wegen der Befahrbarkeit mit Kanalrobotern <15° zu halten ist.
Der Inspektionsstutzen sollte luftgängig sein, um speziell bei hoher organischer Filterbelastung die biologische Wirkung tiefere Bodenfilterbereiche durch temporäre Luftzirkulation zu sichern. Die Inspektionsstutzen sind bei Mäharbeiten gegen Schädigungen zu schützen.

2.1.2.6 Filteraufbau

Der folgende Abschnitt fasst Empfehlungen mehrer Handbücher zur Auswahl geeigneter Filtermaterialien im Trennsystem zusammen [BAYLU, 2008B; LFU, 2003; MUNLV, 2003; DWA-M 178; RP TÜBINGEN, 2008].
Da das eingesetzte Filtermaterial zu Beginn der Betriebszeit entscheidend die Funktion eines Bodenfilters bestimmt, sind insbesondere die Substrateigenschaften sowie die Einbaubedingungen von höchster Relevanz. Die Herkunft des Filtersubstrates mit der geforderten Sieblinie ist in der Ausschreibung vorzugeben, gleichfalls eine mögliche Melioration des Materials mit Angabe der Zuschlagstoffe und der Mischtoleranzen. Die Substratqualität muss eine „uneingeschränkte Verwendung in bodenähnlicher Verwendung“ ermöglichen (LAGA-Z0).
Für Straßenabflüsse werden fluviatile Sande der Körnung 0/2 mm mit einer steilen Körnungslinie (d_{60}/d_{10} <4), dominierendem Mittelsandanteil und einem Feinkiesanteil <10% bevorzugt. Die potenziell hohe Sorptionskapazität feinkörniger, humusreicher Substrate ist entbehrlich, wenn die Ausbildung von Sedimenten als Sekundärfilter intensiv genutzt wird.
Ist das Reinigungsziel eine hohe Schwermetallfixierung bzw. Nitrifikation, ist ein $CaCO_3$-Gehalt >5% anzustreben (MUNLV: < 15%), um ein pH-Absinken zu vermeiden. Höhere Reinigungsziele sind durch Additiva (Schwermetalle: synthetisches Silikatkolloid) oder eisenoxidhaltige Sondersubstrate (Phosphatelimination) möglich.
Bei Verwendung sandiger Substrate ist der Einbau organischer Substanz aus hydraulischer Sicht nicht erforderlich. Positive Aspekte einer Einarbeitung gut zersetzter organische Substanz sind aber eine erhöhte Wasserspeicherung im stark durchwurzelten und mikrobiell hochaktiven Oberboden, die Vermehrung sorbierender, hydrophober Oberflächenbereiche, eine strukturstabilisierende Aggregierung sowie ein erhöhter Scherwiderstand der mineralischen Filtermatrix. Bei Verwendung sind aber hohe Anforderungen an die Schadstofffreiheit zu stellen (LAGA Z0) und ein schnelles Trockenfallen der Filteroberfläche erforderlich.
Bei Mehrschichtfiltern mit wechselnden Kornzusammensetzungen ist an Schichtübergängen Filterstabilität entsprechend DIN 4095 „Dränung zum Schutz baulicher Anlagen“ einzuhalten. Der Einsatz von Geotextilen als Trennlage ist nachteilig, da sie das Kolmationsrisiko erhöhen und den Sauerstoffaustausch behindern.
Hinsichtlich der Filtermächtigkeit sind der Literatur unterschiedliche Empfehlungen zu entnehmen. Die minimale Filterstärke sollte zur Vermeidung von Kurzschlussströmungen > 30cm betragen [BAYLU, 2008B], das Regelwerk DWA M-178 empfiehlt >50cm [DWA-M 178], das LFU empfiehlt bei schwach belastetem Trennsystem eine Mindeststärke von 60 cm [LFU, 2003].
Zur Vermeidung von erosionsverursachendem Gefälle muss die Filteroberfläche ein nivelliertes Planum mit einer Höhendifferenz < 2 cm aufweisen. Ein Nachverdichten ist zu vermeiden, jedoch sind die Filterstärken unter Berücksichtigung der künftigen Setzung zu überprüfen. Kiesauflagen können bei Pflanz- oder Wartungsarbeiten nachteilig wirken, sind aber aus vegetationstechnischer Sicht für eine Stabilisierung der Filtervegetation positiv [ROTH-KLEYER ET AL., 2010].

Die Einbringung des Filtersubstrates hat mit geeigneten Maschinen verdichtungsfrei und entmischungsfrei zu erfolgen. Für den Filteraufbau sind in kleinen Baustellen Kettenbagger mit Baggermatrazen geeignet, bei größeren Anlagen können Teleskopausleger oder Teleskopförderbänder eingesetzt werden. Bei größeren Becken empfiehlt sich ein segmentweiser Einbau „vor Kopf" von der Beckensohle aus. Vor und während des Filteraufbaus ist das Einbaumaterial hinsichtlich einer potenziellen Eigenbelastung zu analysieren. Vom Filtermaterial sind während und nach dem Einbau Rückstellproben zu entnehmen, die definiert zu lagern sind.
Abschließend ist festzustellen, daß Bodenfilter durch Ausbildung von Sekundärfilterschichten, Eintrag von Eisenoxiden zur Phosphatsorption, Sukzession einer leistungsstarken, standortgerechten (Mikro)Biozönose u.a. als selbstoptimierende Systeme anzusehen sind, wodurch sich die ursprünglichen Substratleistungen relativieren. Bei Vorliegen spezieller Leistungsanforderungen besteht weiterhin Untersuchungs- und Optimierungsbedarf.

2.1.2.7 Filterfläche und Retentionsraum

Der Retentionsraum über der Filteroberfläche dient als Speichervolumen und Puffer für Zuflussspitzen. Hier befindliche Einlauf- und Verteileranlagen sollen eine optimale und gleichmäßige Beschickung der Filteroberfläche gewährleisten und Vergleichmäßigen. Linienförmige Einleitungen sind frontalen, punktförmigen Einleitungen vorzuziehen. Optimale Oberflächenbeschickungen werden mit Filterbeete mit einem Längen : Breiten Verhältnis von 3:1 bis 5:1 erzielt [MEISSNER, E., 2010].
BRUNNER [1995] empfiehlt spezifische Filterflächen von A_s > 100 m^2 x ha_{red} (= 1% A_{red}). Die Filteroberfläche sollten aus mehreren hydraulisch getrennten Teilflächen geplant werden, die unabhängig außer Betrieb genommen werden können.
Die üblicherweise in Erdbauweise realisierten Retentionsräume ermöglichen Einstauhöhen zwischen 0,5 m und 2 m, darüber hinaus ist für außerplanmäßigen Betriebsphasen die Funktion einer kontrollierten Filternotentlastung (z.B. unbefestigte Uferstreifen, Überlauf in Freigelände oder Kanalnetz) dauerhaft sicherzustellen. Zusätzlich muss ein hydraulischer Bypaß für Wartungsarbeiten die temporäre Außerbetriebnahme von Anlagenbereichen ermöglichen. Für eine optimale Entwicklung der Filtervegetation ist auf günstige Sonnenexposition zu achten.
Aus Sicherheitsgründen und zur Ermöglichung der Maschinenmahd sollten Böschungen in einer Neigung von 1:3 und flacher realisiert werden (Ausnahmen bei beengten Flächen, dann 1:2,5). Für maschinelle Wartungsarbeiten sind Zufahrten, Rampen und Wendebereiche dauerhaft maschinengerecht zu gestalten (Befestigungen, Tragfähigkeit …).
Freiflächen und alle Erdböschungen sind zum Schutz vor Erosion sofort durch pflegextensives Begleitgrün zu befestigen oder anderweitig zu sichern. Häufiges Betreten der Böschungsbereiche ist ebenfalls zu vermeiden.
Bei flachen Böschungen und gezielter Bepflanzung mit pflegeextensivem, dornigem Strauchwerk kann auf eine Einzäunung verzichtet werden. Nur im Bereich der Zu- und Abläufe mit steileren Böschungsneigungen von 1:1,5 sind ggf. Absturzsicherungen erforderlich. Speziell in der Bauphase sind massive Zuflüsse von Fremdwasser über die Böschungsschultern durch Fanggräben zu verhindern.

2.1.3 Zufahrten zu Wartungspunkten

Für den Betriebsdienst sind tragfähige Zufahrten zu Wartungspunkten, Gerätestellplätze, befahrbare Rampen und die technische Infrastruktur vorzusehen. Schotterwege sind betrieblich ausreichend, Pflasterungen sind nicht notwendig. Überwegungs- und Befahrungsgenehmigungen sowie evtl. Maßnahmen für einen temporären Überfahrtschutz müssen geklärt sein.
Unterhaltungswege sind so dicht wie möglich an alle Wartungspunkte heranzuführen. Für Fahrzeuge ist eine Breite von 3,00 m und eine bodenmechanische Belastbarkeit des Untergrunds bis zu einem zul. Gesamtgewicht von 28,0 t sicherzustellen. Wegeradien sind für Dreiachsfahrzeuge auszulegen. Eine Wendemöglichkeit ist vorzusehen. Bei Lager- oder Abkippflächen an Böschungen ist ein Sicherheitsbereich gegen Rutschungsgefahr einzuhalten.

Notüberläufe sind auch bei Einstausituationen erreichbar anzulegen. Wartungswege sowie die Becken umgebenden Fuß- und Radwege sind vor Befahrung durch private Kraftfahrzeuge zu sichern.

2.1.4 Anlagensicherheit

Die Umzäunung der Abwasserbehandlungsanlage dient in erster Linie durch einen unmittelbaren Unfallschutz der Sicherungspflicht und verhindert, dass unbefugte Personen in Gefahrenbereiche gelangen oder abstürzen, Baden, Angeln oder Eisflächen betreten. Warntafeln sollten auf das Gefahrenpotenzial hinweisen.
Insbesonders offene Dauerwasserflächen wie z.B. Absetzzonen mit steilen Böschungen oder Betonbecken stellen eine Gefahr für Kleinkinder dar. Für diese Wasserflächen sind in der Regel dauerhafte Umzäunungen von 1,70 m - 2m Höhe erforderlich. Sie sind mit Fluchtmöglichkeiten auszustatten und es muss sichergestellt sein, dass sich Personen oder Tiere, die in den Wasserbereich hineinfallen, auch ohne fremde Hilfe wieder befreien können (nichtdornige Bepflanzung). Dem Schutz von Amphibien dient auch der Einbau von Froschklappen vor obrirdischen Rohrauslässen, die gleichzeitig als einfache Rückstausicherung bei Hochwasser ein Eindringen von Wasser in das Rohrsystem verhindern können.
Auch Bodenfilterflächen müssen in der Regel eingezäunt werden, um das Betreten eingestauter Filterkörper zu verhindern, das mit Lebensgefahr verbunden ist (Einsinkgefahr). Daneben wird die mechanische Zerstörung der Filteroberflächen durch Betreten oder Befahren verhindert. Eine Umzäunung kann zudem als Wildschutzzaun dienen und die Filtervegetation vor Beweidung durch Wildtiere schützen.
Arbeits- und Standflächen an Bauwerken, die sich mehr als 1,00 m über dem Boden befinden oder an Gefahrenbereiche grenzen, müssen eine ständige Absturzsicherung aufweisen. Die Geländer müssen so ausgeführt und bemessen sein, dass sie bei den zu erwartenden Belastungen nicht abbrechen und ein Absturz durch bzw. über das Geländer nicht möglich ist (Höhe >100 cm, Abstand der Längsstäbe <12 cm). Die Absturzsicherung darf nicht zum Klettern verleiten (keine Querstreben). Die Handläufe müssen Griffsicher sein und nicht verletzt wird.
Die hier genannten und weitere Anforderungen sind den Vorgaben der Unfallversicherungsträger zu entnehmen.
Die Anlagensicherheit sollte im Rahmen eines kombinierten Inspektions-, Wartungs- und Pflegeplans in regelmäßigen Intervallen überprüft werden. Dabei sind die Anlage und die Umgebung auf allgemeine Beschädigungen, Vandalismusfolgen oder Müllablagerungen zu beobachten.

3. Anlagenbetrieb

3.1 Dokumentation, Information, Prävention

3.1.1 Gewässerakte

Von zentraler Bedeutung für den Anlagenbetrieb ist das Erstellen einer übergeordneten Gewässer-Akte nach DIN ISO 9001, welche sämtliche Planungs- und Betriebsunterlagen von der Entscheidungs-, über die Planungs- und Bauphase, bis einschließlich aller durchgeführten Maßnahmen bei Betrieb und Wartung dokumentiert und fortlaufend aktualisiert. Die Führung dieser Gewässerakte setzt entsprechende organisatorische Abläufe, identifizierte Verantwortlichkeiten und strukturierte Kommunikation mit zentraler, permanent erreichbarer und lokal identisch zugeordneter Kontaktstelle voraus. Nicht eindeutig geregelte Zuständigkeiten führen zur Vernachlässigung der Wartung und Kontrolle, notwendige Maßnahmen zur Aufrechterhaltung oder Optimierung des Betriebs werden unterlassen oder erfolgen zu spät [GELLER, G., HÖNER, G., 2003].
Die Gewässerakte ist rechtzeitig vor Inbetriebnahme anzulegen. Sie enthält neben planungsrelevanten Unterlagen ein Methodenkompendium mit normierten Verfahrensanleitungen und Wartungsprotokollen („Checklisten“) und definiert die anlagenspezifischen Leistungsparameter

für ein Anlagenmonitoring. Durch die dokumentierte Kontrolle der Leistungsparameter können Schwachstellen identifiziert und über ein betriebsbegleitendes Pflege- und Wartungskonzept die Effizienz der Anlage sichergestellt bzw. gesteigert werden.
Inhaltliche Schwerpunkte der Gewässerakte sind:

- Havarie- und Alarmpläne (Meldezentrale: Ansprechpartner und Vertreter; Aktivitäten…)
- Betriebsstörungen und Defekte (Ursachen, Sofortmaßnahmen, Wartungsdienst)
- Zuständigkeiten (Art: Netz- und Anlagenbetrieb, Wartung, …; Kostenträger: Straßenbaulastträger, Stadtentwässerung, Grünflächenverwaltung, …); Meldekette
- Gewässerkenndaten (geographische Koordinaten, Topographie, Einzugsgebiet, Gewässerbelastung, Emittenten; Zu- und Abflussvolumen, …)
- Aufgaben und Funktionsbeschreibungen; betriebliche Besonderheiten
  Planungs- und Konstruktionsunterlagen (Anlagentyp; -pläne; -komponenten; wasserrechtliche Erlaubnis; Abnahme / Übergabe, …), Bestandspläne, Ausrüstungs- und Inventarverzeichnisse
- Trassierungen, Unterlagen früherer Bau- und Umbaumaßnahmen; geplante Bauvorhaben; Sanierungs- und Unterhaltungsplanung
- Verbesserungspotenzial
- Inspektions- und Kontrollintervalle; Messprotokolle etc., Fotos; Untersuchungs- und Forschungsvorhaben (Ziele, Ergebnisse, Besonderheiten; Sperrvermerke)
- Pflege und Wartung: Pläne, Verträge und Dokumentation [HERBST, M., 2010; UHL ET AL., 2006; RP TÜBINGEN, 2008]

Diese Informationen zur Anlage sind zentral bei der zuständigen Unterhaltungsbehörde zu archivieren. Alle Angaben sind bei inhaltlichen Änderungen umgehend zu aktualisieren oder zu ergänzen. Die vollständige, aktualisierte Anlagendokumentation sollte jederzeit allen relevanten Beteiligten, evtl. online, verfügbar sein. Kurzfassungen sind für spezielle Kreise vorzusehen (z.B. Feuerwehr: Havarie- und Alarmpläne; Grünpflege: Flächen, Maßnahmen und Intervalle).
Eine zentrale, zugangsbeschränkte online-Version (Intranet) bietet durch erleichterte Datenerfassung Einsparpotenziale und kann zu Aufbau und Pflege eines Anlagenkatasters und Integration in übergeordnete Umweltinformationssysteme herangezogen werden.

3.1.2 Betriebsanleitung und Pflichtenheft

Integrale Bestandteile der Gewässerakte sind eine anlagenbezogene und detaillierte Betriebsanleitung und ein Pflichtenheft („Anlagenbuch“) für den Betriebsdienst, in dem die erforderlichen Pflege-, Unterhalt- und Wartungsarbeiten und -intervalle definiert sind (z.B. [OKOLOG, 2003] [RP TÜBINGEN, 2008]). Die Führung dieses Anlagebuchs ist im Zusammenhang mit der wasserrechtlichen Erlaubnis bzw. Betreiber-Konzession für verbindlich zu erklären [GEIGER, W., DREISEITL, H., 2001].
Das Pflichtenheft sollte die bekannten Arbeitsschritte und Fristen beschreiben und die Auflagen für Nutzungsausschlüsse (zum Beispiel Verunreinigungen) enthalten.
Auch die bei Wartungen durchgeführten Arbeiten und der Zustand der Anlage sind in einem Wartungsprotokoll im Anlagenbuch zu vermerken. Hierdurch kann der Betreiber den erforderlichen ordnungsgemäßen Betrieb der Anlage gegenüber der Behörde nachweisen.

3.1.3 Havarieplanung

Not- oder Störfälle im Bereich von Bodenfiltern betreffen überwiegend Gefährdungen durch wassergefährdende Stoffe, insbesondere Öle und Treibstoff, Löschmittel aus Feuerwehreinsätzen oder extreme Hochwasserspitzen. Für Unfälle mit wassergefährdenden Substanzen ist auf Basis einer Risikoanalyse im Einzugsgebiet ein präventives Störfallmanagement mit Warn- und Alarmplänen und festgelegten Übungsintervallen zu etablieren. Entscheidend bei der Auswahl von Sofortmaßnahmen sind Kenntnisse der lokalen Umwelt- und Katastrophenschutzorgane über vorhandene Abwassersysteme. Die unmittelbare Gefahrenbekämpfung erfolgt durch geschulte Umwelt- und Technikeinheiten von Feuerwehr und Hilfsdiensten, für deren Vorortteinweisung sachkundiges Personal (Wasserbehörde, Kanalnetzbetreiber, Straßen- und

Autobahnmeisterei) unbedingt erforderlich ist. Parallel zur akuten Gefahrenabwehr sind über Meldeketten der Anlagenbetreiber, zuständige Behörden (Autobahn- / Straßenmeisterei, Wasser- und Umweltbehörde) und der betroffene Kanalnetzbetreiber zu alarmieren sowie geeignete Fachfirmen hinzuzuziehen.
Für das Havariemanagement sind den Einsatzleitungen und Hilfsdiensten ausgearbeitete Notfallplanungen bereit zu stellen (enthalten in der Gewässerakte, s.o.). Kleinmäßstäbliche Umgebungskarten stellen die potenziell gefährdeten Gewässerabschnitte mit Fließrichtungen (Kanäle, Bauwerke, Gewässer) dar, wobei technische Bauwerksteile wie Absperrschieber oder temporär versiegelbare Straßeneinläufe deutlich markiert sind, um durch geeignete Sofortmaßnahmen die Ausbreitung der Schadstoffe in angrenzende Gewässer zu vermeiden (provisorischer Verschluss ableitender Schächte oder Lücken im Hochbord). Relevant sind auch Informationen zu befahrbaren Zuwegungen und notwendigen Geräten.
Ferner ist über Wasserschutz-Status, die hydrogeologischen Standortverhältnisse sowie Gefahrguttransportstrecken oder -lagerflächen zu informieren. Eine jährliche Einweisung der lokalen Katastrophenschutzstäbe und weiterer Beteiligter in diese Unterlagen ist unbedingt erforderlich [UHL ET AL., 2006].
Auch einige konstruktive Vorkehrungen können die Betriebssicherheit im Störfall erhöhen. So muss der Zulauf hochkontaminierten Wassers in eine nachgeschaltete Versickerungsanlage über eingebaute Absperrschieber unterbunden werden können oder notfalls in Havariebecken zwischengespeichert und später behandelt werden [GEIGER, W., DREISEITL, H., 2001]. Um ein möglichst großes Volumen im Brandfall zur Verfügung zu haben, ist sicherzustellen, dass nach Niederschlagsereignissen eine vollständige Entleerung des Havariebeckens erfolgt. Grundsätzlich sollten Notfallanlagen (ggf. nach vorheriger Beprobung) in die Schmutz- oder Mischwasserkanalisation entleeren. Ist dies nicht möglich, ist die Abfuhr zur Kläranlage zu empfehlen. Der Havarieprävention dient auch die regelmäßige Entschlammung von Sedimentbecken, um das Risiko von Sekundärkontaminationen durch aufgewirbelte Schadstoffpartikel zu verringern. Dabei ist eine ordnungsgemäße Entsorgung des abgesetzten Schlamms zu beachten [RP TÜBINGEN, 2008].
Neben dem akuten Störfallmanagement empfehlen sich erweiterte Informationen der Anwohner bei Anlagenüberprüfungen (z.B. Uranin-Einsäze), um Fehlalarmierungen zu vermeiden.

3.2. Anlagenunterhaltung

3.2.1 Kontrolle,

Pflege und Unterhalt müssen sich an den speziellen Anforderungen von Versickerungsanlagen orientieren. Entscheidend für die Funktionsfähigkeit und anhaltende Betriebssicherheit der Anlagenbestandteile sind sorgfältige, regelmäßige sowie außerplanmäßige Überprüfungen (Funktionskontrollen) und sachgerechte Pflege- und Unterhaltsmaßnahmen [DWA-M 178, ROTHE, J., 2001]. Hierfür ist das Wartungspersonal über Wirkungsweise, Pflege und Schutz der Anlagen zu informieren.
Für die dauerhafte Instandhaltung der Anlage sind folgende Arbeitsschritte erforderlich:

- Inspektion (Feststellung und Beurteilung des Istzustandes, ggf. Ableitung von Konsequenzen)
- Wartung (Maßnahmen zur Verzögerung der Abnutzung)
- Instandsetzung (Rückführung in den funktionsfähigen Zustand)
- Verbesserung (Steigerung der Funktionsfähigkeit /-sicherheit)

Der Umfang dieser Maßnahmen ist system- und anlagenbezogen (z.B. auch Angaben in der bauaufsichtlichen Zulassung DIBt). Ergänzungen hierzu, wie z.B. zusätzliche Analyseparameter, können in der wasserrechtlichen Erlaubnis vorgegeben werden. Bei nicht bauaufsichtlich zugelassenen Anlagen ist der Wartungsumfang in der wasserrechtlichen Erlaubnis durch die Untere Wasserbehörde festgelegt.

Nur durch regelmäßige Behebung festgestellter Mängel kann die Funktionstüchtigkeit und der ordnungsgemäße Betrieb einer Anlage sowie die geforderte Ablaufqualität sichergestellt werden. Inspektionen und Wartung müssen von fachkundigem Personal einer Wartungsfirma durchgeführt werden. Im Rahmen der Wartung können auch kleine Instandsetzungsarbeiten durchgeführt werden. Eine ordnungsgemäße und vertraglich fixierte Nachbetreuung gestattet dem Betreiber durch die Kenntnis des aktuellen Anlagenzustands rechtzeitige Reaktionen und ermöglicht langfristig planbare Pflege- und Wartungseinsätze.
Die erforderlichen Kontroll-, Wartungs- und Unterhaltungsmaßnahmen sind nachfolgend beschrieben. In Abhängigkeit von der Belastungssituation und der Gewässersensibilität sind Prüfzyklen anlagenspezifisch. Allgemein müssen naturnahe Anlagen mindestens einmal jährlich, technische Anlagen mindestens zweimal pro Jahr gewartet werden. Zusätzlich wird vor Beginn der Frostperiode eine jährliche Generalinspektion empfohlen, die mit der Gewässerschau verbunden werden kann.

3.2.1.1 Reguläre Sicht- und Funktionskontrollen des Bodenfilters

Eine allgemeine und regelmäßige Begutachtung gilt dem ordnungsgemäßen Zustand und der Mängelfreiheit sämtlicher Bauwerke incl. integrierter Vorstufen (Vorklärung und Hauptreinigungsstufe, Zu- und Ablaufleitungen, Schächten etc.). Daher müssen grundsätzlich alle Anlagenbereiche für Kontrollzwecke jederzeit erreichbar und frei zugänglich sein.
Bei den Kontrollen ist ein besonderes Augenmerk auf Schäden zu richten, die zu Havarien führen, Verstopfungen der Zu- oder Ablaufbereiche, Beschädigung des Drosselbauwerkes oder der Leichtflüssigkeitsabscheidung. Werden Mängel oder Schäden festgestellt, ist eine zwischenzeitliche Sicherung der Schadensstelle zu prüfen und der festgestellte Schaden umgehend zu beseitigen. Alle Kontrollen und Arbeiten sind schriftlich im Anlagenbuch zu dokumentieren [UHL ET AL., 2006].
Die Anlagenzu- und -abflüsse einschl. des Drosselbauwerkes sind auf hydraulische Durchgängigkeit zu kontrollieren. Dies gilt auch für Notumlauf oder Überlaufbereiche, deren Entlastungsfunktion sicherzustellen ist [DWA-M 178].
Im Winterbetrieb sind vor einsetzender Tauphase Zu- und Überläufe eisfrei zu halten, da Bodenfrost die Durchlässigkeit um bis zu 30% senken kann. Der Zufluss von tausalzhaltigem Wasser sollte durch Abschiebern o.ä. verhindert werden [STEINER, M.,GOOSSE, P., 2009].
Die Vorflut ist hinsichtlich Erosion und Verschmutzung zu überwachen. Bei offenen Wasserflächen ist der Wasserpegel zu beobachten und der allgemeine Zustand mit Sichtprüfung zu kontrollieren, bei starker Verschmutzung sind ggf. Analysen zu veranlassen. Leichtflüssigkeiten sind umgehend zu entfernen [UHL ET AL., 2006]. Gleichfalls sind betriebsbegleitende Funktionskontrollen maschineller und elektrotechnischer Anlagenteile durchzuführen.
Neben diesen Sicht- und Funktionskontrollen ist regelmäßig im laufenden Betrieb eine gewässerchemische Routineüberwachung der Inhaltsstoffe von Filterzu- und –ablauf durchzuführen. Hierfür sind Vorgaben zur Prüfung der Reinigungs- und Rückhaltekapazität der Anlagen zu formulieren (vgl. Gewässerakte), anhand derer die Entwicklung und Wirksamkeit der Reinigungs- und Rückhaltefunktion der Bodenpassage ermittelt werden kann [SCHÄFER, H., DAHMEN, H., 2009].
Der Filterkörper und ggf. die Sedimentauflagen müssen in einem Intervall von max. 5 Jahren tiefendifferenziert auf eine mögliche Akkumulation eingetragener Schadstoffe im Infiltrationsbereich untersucht werden. Aussagekräftige Untersuchungsparameter sind der Carbonat- und Eisengehalt, Phosphor sowie die Schwermetalle Cd, Cu, Pb und Zn [DWA-M 178; SCHÄFER, H., DAHMEN, H., 2009]. Dies betrifft die Schadstoffrückhaltung bzw. den Abbau wie auch das Mobilisierungspotenzial und ihren Austrag in die Umwelt. Diese beiden gegenläufigen Ziele müssen durch geeignete Unterhaltungs- und Kontrollmaßnahmen gesichert werden.
Folglich ist im Rahmen von Pflege- und Unterhaltungsmaßnahmen eine dauerhafte Funktionsfähigkeit der Bodenpassage durch Vermeidung von hydraulischen Kurzschlüssen (Trockenrisse, Auskolkungen) zu gewährleisten.

3.2.1.2 Außerplanmäßige Überprüfungen und Wartungsmaßnahmen

Im Havariefall oder bei Betriebsstörungen sind außerplanmäßige, unmittelbare Kontrollen und Aktivitäten notwendig. Hierfür sind in der Gewässerakte (s.o.) entsprechende Maßnahmenkataloge festzulegen. Da u.U. schnell und flexibel reagiert werden muss (z.B. Starkregen, Chemikalienunfälle, …), können neben den Bereitschaftsdiensten der Anlagenbetreiber auch ortsnahe Firmen mit der Störungsbeseitigung betraut werden, dessen Kontrollpersonal mit der Bedienung verschiedener Anlagenteilen geschult ist.

Zu den erforderlichen Sofortmaßnahmen zählen die sofortige Kontrolle aller Anlagenteile, die Einleitung vorbereiteter Notfallmaßnahmen (z.B. Abschiebern, Umleitung in Havariebecken; …) sowie die schnellstmögliche Beseitigung der Ursache von Betriebsstörungen (z.B. verstopftes Drosselbauwerk, Durchflusshindernisse, …). Nachträglich sind Rohrleitungen und Anlagenteile zu reinigen.

Zusätzliche Inspektionen mit abgestuften Handlungsbedarfen sind nach Starkregenereignissen oder längeren Frostperioden durchzuführen. Bei längeren Trockenperioden sind zur Sicherung der Filtervegetation ein Einstau oder Zusatzbewässerungen erforderlich [UHL ET AL., 2006].

3.3 Maßnahmen zum Unterhalt

3.3.1 Maßnahmen zum Unterhalt der Anlagentechnik

Betriebliche Unterhaltungsmaßnahmen und allgemeine Pflegeintervalle der Anlagentechnik von Bodenfiltern sind in der ATV-A 138 und DWA-A 147 (Sonderbauwerke) sowie den „Technische Regeln zur Ableitung und Behandlung von Straßenoberflächenwasser“ [RP TÜBINGEN, 2008] zitiert. Bei den Arbeiten an der Anlage sind die Unfallverhütungsvorschriften einzuhalten.

Auf Bodenfilterbeeten sind zur Vermeidung von Rohrverstopfungen die unmittelbaren Einlaufbereiche der Rohre durch Grobschmutzfänge (z.B. Lochbleche, feinmaschige Gitter) zu schützen. Die Rohrleitungen müssen - auch bei geringen AfS-Konzentrationen - in regelmäßigen Abstanden von mitgeführten Feststoffen freigespült werden, da dies zu einem Leistungsabfall bzw. Ausfall der Bewässerungsmimik führen kann. Insbesondere offene Zuleitungen, Zulaufbauwerke und Einlaufbereiche müssen nach Bedarf von Laub und Sediment freigeräumt und ggf. durch Spindeln passierbar erhalten werden.

Für diese Unterhaltungsmaßnahmen ist eine Konstruktion aus parallel betriebenen Becken und Filtereinheiten empfehlenswert, da so Untereinheiten ohne Betriebsstörungen außer Betrieb genommen werden können.

Das Drainagesystem ist ebenfalls durch die Kontroll- und Inspektionsstutzen durchzuspülen, wobei hohe Spüldrücke zu vermeiden sind, da sich diese über die Schlitze in das Filtermaterial ausbreiten und den Filteraufbau stören. Die störungsfreie Funktion der Abflussdrosselung ist ebenfalls zu überprüfen [DWA-M 178].

Die Betriebsführung muss problemlose Wechsel zwischen Sommer- und Winterbetrieb ermöglichen. Schachtzugänge, bewegliche Anlagenteile (z.B. Schieber) und oberirdische Anlagentechnik müssen auch bei Frost zugänglich und bedienbar sein. Hierfür sind saisonal Frostschutzmaßnahmen vorzunehmen (z.B. Fetten von Deckeln und beweglichen Teilen) oder exponierte Anlagenteile zu isolieren.

Die Funktionskontrolle und Wartung kontinuierlicher Messtechnik (z.B. Reinigung von Sonden) kann einen großen Teil des Unterhaltungsaufwands verursachen [STEINER, M., GOOSSE, P, 2009].

3.3.1.1 Maßnahmen der erweiterten Anlagenunterhaltung

Im Bedarfsfall ist eine effektive Reinigung zu- bzw. ableitender Kanalisationen mit einem Hochdruckspülwagen mit Schlammsaugeinrichtung durchzuführen [ROTHE, J., 2001]. Daneben ist eine regelmäßige Reinigung von Rinnen und Straßeneinläufen (Gitterroste, Fangeimer) durchzuführen.

Im Einzugsgebiet können präventive Maßnahmen Bodenfilter vor stofflichen Überlastungen schützen. Diese umfassen gewerbliche Lagerungs- und Anwendungsverbote wassergefährdender Stoffe im Einzugsgebiet der Anlage, wassergefährdende Maßnahmen sind frühzeitig anzuzeigen. Zur präventiven Vermeidung unkontrolliert zufließender Löschwässer oder anderer gewässergefährdender Chemikalien sollte der zufließende Kanal zur Filteranlage im Havariefall zum öffentlichen Netz hin abgeschiebert werden können.
Nutzungsbeschränkungen sowie notwendige Kontaktdaten (z.B. Alarmierung) sind auch den Anwohnern mitzuteilen.
Eine hydraulische Entlastung der Anlagen kann durch Abkopplungen im Einzugsgebiet erfolgen (vgl. ATV-A 138).

3.3.2 Maßnahmen zum Unterhalt des Bodenfilters

Die Durchlässigkeitsbeiwerte (k_f-Werte) sollten regelmäßig erfasst werden, um rechtzeitig ein Nachlassen der Leitfähigkeit zu erkennen. Zur Vermeidung mechanischer Filterverdichtung ist ein Betreten der Versickerungsfläche zu vermeiden [DWA-M 178] und eingetragenes Laub, Unrat oder Exkrementen zu entfernen. Bei Rückgang der Infiltration kann mechanisches Vertikutieren der obersten Schicht oder Einfräsen von Sand die Infiltration verbessern, notfalls ist die oberste Filterschicht auszutauschen.
In kürzeren Abständen muss der Zulaufbereich auf Erosionsschäden kontrolliert werden und ist gegebenenfalls durch Kiesschüttungen zu sichern.
Ist die Sorptionskapazität des Oberbodens gegenüber persistenten Stoffen erschöpft, besteht insbesondere bei zentralen Versickerungsanlagen mit $A_{red} : A_s > 15 : 1$ ein Risiko einer Schadstoffremobilisierung. Die Substrate sollten regelmäßig tiefendifferenziert auf das potenzielle Stoffinventar der angeschlossene Entwässerungsfläche analysiert werden, um zulässige Belastungsgrenzen (z.B. LAGA) einzuhalten und ggf. die erforderliche Entsorgung technisch und ökonomisch sinnvoll zu halten [KASTING, U., 2004]. Dies gilt analog für das Mähgut und Sedimente.
Bei sinkenden pH-Werten ist eine Kalkung möglich.
Falls sich eine Schadstoffverlagerung in tiefere Bodenschichten abzeichnet oder wenn die hydraulische Infiltrationskapazität durch oberflächliche Verkrustungen oder Auflagen, nicht mehr ausreicht, ist ggf. ein Abschälen und Austausch der Hauptakkumulationszone vorzunehmen [FACH, S., 2000].
Im Hinblick auf die Betriebsweise trockenfallender Bodenfilter sollte dieses Abschälen jedoch auch bei hoher Schadstoffbefrachtung möglichst unterbleiben, da die eingetragenen Feinstoffe mit hohen organischen Anteilen die Sorptionskapazitäten erhöhen.
Nach dem Abschälen der oberen Bodenschicht ist das neu eingebrachte Substrat unverzüglich zu begrünen. Das entfernte Material ist ordnungsgemäß zu entsorgen. Entfernte Bodenschichten sind zu ergänzen bzw. zu erneuern.

3.3.3 Maßnahmen der Gewässerunterhaltung

Die Gewässerunterhaltung betrifft alle fließenden oder stehenden Wasserflächen (RHB, RKB) im Anlagenbereich mit dem Uferstreifen bis zur Böschungsoberkante. Funktional ist auch das Gewässerumfeld zu berücksichtigen. Die Unterhaltung hat für ordnungsgemäße Wasserbewegungen zu sorgen. Sie ist im Sinne eines integrierten Umweltschutzes zu entwickeln und hat dabei Belange des Naturschutzes zu berücksichtigen (z.B. §23, §30, §39 BNatSchG). Auch die Einsatzzeitpunkte und der Geräteeinsatz sind mit naturschutzrechtlichen Vorgaben abzustimmen. Dabei hat sich die Entwicklung der in der Regel erheblich veränderten Gewässer auf den ähnlichsten Gewässertyp auszurichten [DWA-M 610].
Generell sind Müll, Unrat oder Vandalismusschäden zu beseitigen, wobei Brut-, Laich- oder Ruhezeiten zu beachten sind. Im Falle toxisch wirkender Abfälle besteht im Rahmen der Gefahrenabwehr unmittelbarer und vordringlicher Handlungsbedarf. Speziell im Zulaufbereich sind Rechen, Siebanlagen und Sandfänge zu reinigen, um die Funktionsfähigkeit sicher-

zustellen. Da diese Bauteile punktuell geräumt werden können, kann ihre regelmäßige Räumung großflächige Eingriffe im RHB mindern [DWA-M 610].
Bei Rückhaltebecken und Regenklärbecken mit Dauerstau sind durch regelmäßige Schlammspiegelmessungen Sedimentablagerungen zu ermitteln und Intervalle für die Entschlammungen oder Sedimenträumung festzulegen [MUNLV, 2003] Realistischerweise beträgt das Räumintervall mehr als ein Jahr und erfolgt in der Regel nur nach Vorschrift des Wasserrechtsbescheides [LFU, 2002]. Ist für die Entschlammung eine Absenkung des Wasserspiegels notwendig, ist nach Ende der Arbeiten die Funktion der Tauchwand wieder herzustellen. Sohlräumungen sind radikale Eingriffe, die Änderungen von Gewässerchemie (Schwebstoffe) und untypische Strömungsprozesse herbeiführen, bewachsene Erdbecken erleiden einen Totalverlust von Biomasse und Mikrohabitaten. Daher sind Maßnahmen an der Gewässersohle mit einem hohen Schadrisiko behaftet sind und es besteht eine große Sorgfaltspflicht bei der Wahl und Umsetzung der Maßnahmen [DWA-M 610].
Bei Erdbecken ist ein übermäßiger Bewuchs der Uferzonen mit Wasserpflanzen zu lichten [FACH, S., 2000; ROTHE, J. 2001, UHL ET AL., 2006]. Die Art der Pflege des Uferbereiches hat Einfluss auf die Lebensraumfunktionen. Zur Verbesserung des Sauerstoffgehaltes in stehenden Wasserkörpern sind der ufernahe Bewuchs zurückzunehmen und Schneisen für den Windeinfall zu erhalten, damit der Freiwasserbereich durch Windbewegungen intensiver belüftet werden kann.
Günstigster Zeitraum für gewässerunterhaltende Aktivitäten ist der Spätherbst bis zum Frosteinbruch, wenn die Vegetationsperiode beendet ist und Amphibien und Fische noch nicht in Winterruhe sind. Zeitliche und räumliche Staffelungen (abschnittsweises, wechselseitiges Mähen und Krauten) können dabei Habitatstrukturen und Rückzugsräume für die Gewässerfauna erhalten [DWA-M 610].
Bei Vegetations- und Sedimentarbeiten sind anfallende Rückstände unter Beachtung der einschlägigen wasser- und abfallwirtschaftlichen Bestimmungen ordnungsgemäß zu entsorgen, wobei entnommenes Räumgut dem Gewässer nicht wieder zugeführt werden darf [GEIGER, W., DREISEITL, H., 2001; UHL ET AL., 2006; SCHÄFER, H., DAHMEN, H., 2009; DWA-M 610].

3.3.4 Allgemeine Maßnahmen der Vegetationspflege

Art, Umfang, Häufigkeit und Zeitpunkt gärtnerischer Pflegemaßnahmen sind an einem landschaftspflegerischen Begleitplan auszurichten, der einen pflegeextensiven Anlagenbetrieb gewährleistet. Eine differenzierte Pflegereduktion kann biotopgerechte Entwicklungen unterstützen und durch niedrigere Arbeitsintervalle Kosten auffangen [DWA-M 610]. Die Aufgaben und Anforderungen der Pflege sind aber weiterhin an den verkehrlichen, betrieblichen, wirtschaftlichen und örtlichen Aspekten zu orientieren. Die anzuwendenden Pflegestandards sind der DIN 18915, -16,-18, -19, -20 „Vegetationstechnik im Landschaftsbau“ sowie dem „Merkblatt für den Unterhaltungs- und Betriebsdienst an Straßen; Teil Grünpflege“ [FGSV, 2006] unter Berücksichtigung der besonderen Bedingungen für Retentionsbodenfilter zu entnehmen.
Im Wesentlichen umfasst die Grünpflege Bewuchs-Kontrollen im Umfeld von Beckenanlagen und Bodenfilterbeeten. Großkronige Bäume sind zur Vermeidung von Schattenwurf in einem Bereich von 20 m um Becken und Filterbeete zu vermeiden oder durch Baumpflegemaßnahmen einzukürzen [DWA-M 178]. Dies unterbindet das Risiko von Sturmschäden in Böschungsbereichen (umgestürzte Bäume, Astbruch). Zusätzlich reduziert ein geringerer Laub- und Sameneintrag die Ansiedlung unerwünschter Gehölze und senkt bei herbstlichem Laubfall die organische Belastung und sauerstoffzehrende Prozesse in offenen Wasserflächen der Anlage.
Zu- und Umfahrtwege sowie Arbeitsflächen sind von behinderndem Bewuchs frei zu halten, wobei die Gehölzpflege zur Vermeidung großräumiger „Kahlschläge“ abschnittsweise durchgeführt werden soll. Im Winterdienst kann eine Schneeräumung kontrollpflichtiger Anlagenbereiche notwendig sein.
Eine fachgerechte Grasmahd von Dammkörpern oder Böschungsbereichen erhält die ingenieurbiologische Sicherungsfunktion der Ufernarbe, entfernt unerwünschten Bewuchs und wirkt Erosion entgegen. Bevorzugt sollten Messerbalkenmähwerke eingesetzt werden, bei Einsatz

von Schlegelmähern ist zur Vermeidung von Nabenschäden und als Amphibienschutz eine Mindesthöhe von 10 cm nicht zu unterschreiten [DWA-M 610]. Im Rahmen der Grünpflege sind bauliche Schäden, Leckstellen oder Befall durch Wühltiere zu überwachen, die Anlageneinfriedung ist zu inspizieren und ggf. zu reparieren. Partielle Fehlstellen der Filterbepflanzung und ggf. auch im Böschungsbereich (Erosion und Sedimentation) sind zum Erhalt der Funktionstüchtigkeit durch standortgerechte Nachpflanzung / -saat zu beheben.
Daneben gehören herbstliches Räumen der versickerungswirksamen Fläche von größeren Partikeleinträgen (Laubfall, Astholz, …) zu den regelmäßig durchzuführenden Aktivitäten. Laubfangnetze sind ebenfalls geeignete Maßnahmen zur Vermeidung unerwünschter Laubansammlungen. Bei erkennbaren Verkrustungen der Filteroberfläche ist diese ggf. zu Vertikutieren.
Es wird empfohlen, auf die Mahd oder Ernte des Schilfs bei Filtern mit Schilfbestand zu verzichten [MUNLV, 2003; UHL ET AL., 2006], was grundsätzlich auch für alternative Filterbepflanzungen gilt. Ist eine Mahd der Filtervegetation nicht zu vermeiden, ist diese mit Hand- oder Motorsense durchzuführen, wobei das Verteilerrohrsystem nicht beschädigt werden darf. Aus ökologischen Gründen ist eine Mahd nur außerhalb der Brut- und Setzzeiten (Ende Oktober bis Ende Januar) durchzuführen. Die günstigste Mahd-Periode der Filtervegetation ist das Frühjahr, da so durch eine geschlossene Vegetationsdecke im Winter die Frostisolation der Filteroberfläche gewährleistet ist. Bei herbstlicher Mahd sollte die Streu bis zum Frühjahr als Isolationsschicht auf dem Filter verbleiben. Ein geschlossenes Blätterdach oder eine Streuauflage unterbindet gleichzeitig die Ausbreitung lichtkeimender Gräser (z.B. *Gemeine Rispe*). Sind Obergräser die Hauptbestandsbilder, sollte nur ein „Tiefschnitt“ mit einer Schnitthöhe durchgeführt werden, die 5 bis 7 cm nicht unterschreitet, um einen erfolgreichen Neuaustrieb aus oberflächennahen Speicherorganen zu ermöglichen.
Im Fall der Räumung des Mähgutes ist dieses ordnungsgemäß zu entsorgen oder sinnvoll zu verwerten (Kompost, Biogas, Einstreu). Bei Kompostierung ist das Mähgut in gesonderten Mieten zu lagern, eine Vermischung mit regulärem Kompostmaterial ist zu vermeiden.
Für die gärtnerische Pflege ist qualifiziertes und eingewiesenes Personal erforderlich. Der personelle und materielle Aufwand für den Betrieb eines Bodenfilters ist relativ gering und jährlich mit etwa 2 bis 5 Tagen anzusetzen; für die Wartungs- und Unterhaltungsarbeiten sind Kleingeräte wie Motorsense, Besen u.ä. ausreichend [MUNLV, 2003]. Aus Gründen des Verdichtungsrisikos dürfen schwere Arbeitsgeräte oder Maschinen nicht auf versickerungswirksame Flächen eingesetzt werden, um deren Durchlässigkeit zur erhalten.
Für eine kostengünstige Betreuung anlagenbegleitender Grünflächen besteht die Möglichkeit, „Pflegepatenschaften“ mit (Naturschutz-)Verbänden, Schulen oder Anliegern zu vereinbaren, die hierdurch ein Nutzungsrecht für Grünflächen außerhalb des Gefährdungsbereiches der Anlage erhalten.

4. Filtervegetation: Pflanzung und Pflege

4.1 Vorplanungen

Alle ingenieurbiologischen Planungen sollten eine Anbindungen an das öffentliche und private Freiflächensystem sowie die Vernetzung mit den Grün- und Freizeitanlagen der angrenzender Siedlungsbereiche anstreben sowie Grundsätze einer naturnahen Gestaltung mit landschafts- und standortgerechter Vegetation und abwechslungsreicher Anlagengestaltung berücksichtigen. Hierdurch können sich Bodenfilteranlagen zu wertvollen Sekundärbiotopen für wildlebende Tiere und Pflanzen entwickeln.

4.2 Bepflanzung

4.2.1 Ausschreibung

Die einschlägigen DIN-Normen, FLL-Empfehlungen (Forschungsgesellschaft für Landschaftsentwicklung und Landschaftsbau e.V) sowie die „allgemein anerkannten Regeln der Technik“

sind in Bezug auf Pflanzungen, Pflanzqualitäten, Rasen- und Saatarbeiten, Pflege etc. zugrunde zu legen.
In der Ausschreibung ist die Pflanzware (Arten, Stückzahlen) sowie Qualitätsanforderungen (Containerware, Vegetationsmatten, Rollrasen, Saatgut …) deutlich zu definieren.
Die Anforderungen an die Pflanzen umfassen

- ausgeprägte Toleranz gegenüber längeren Trocken-/Nässephasen und bei kurzfristigem Wechsel
- kräftig-vitale und wurzelaktive Jungware (schnelle, durchgreifende Durchwurzelung und Offenhaltung des Substrates)
- niedrige und langsame Wuchsform (Reduktion des Pflegeaufwandes)
- hohe Narben- und Wurzeldichte (Erosions- und Kolmationsschutz)
- konkurrenzstarke Arten mit hohem Ausbreitungspotenzial gewährleisten selbsttätigen Verschluß von Fehlstellen in der Pflanzendecke [FACH, S., 2000].

Weiterhin sollten Helophyten mit hohem Anteil von Durchlüftungsgewebe in den Wurzeln verwendet werden, um den Lufteintrag in den Filterkörper zu erhöhen.
Um qualitativ einheitliche und hochwertige Anzuchtchargen zu beziehen und Lieferengpässe zu vermeiden, empfiehlt sich eine frühzeitige Pflanzendisposition.
Der Lieferant hat im Rahmen einer Erstbemusterung repräsentativer Liefer-Muster die Qualität der Produkte (Lieferzustand) nachzuweisen, so dass ggf. frühzeitig reklamiert werden kann. Auch vor und während der Bauausführung ist bei Anlieferung durch die Bauleitung oder qualifiziertes Personal stichprobenartig eine kontinuierliche Güteüberwachung des Waren-eingangs notwendig [SCHÄFER, H., DAHMEN, H., 2009]. Die Ergebnisse aller Prüfungen sind zu dokumentieren und entsprechend gesetzlicher Fristen aufzubewahren um im Reklamationsfall die unmittelbare Rückverfolgbarkeit von Mängeln zu ermöglichen.

4.2.2 Bepflanzung

Die intakte Pflanzendecke ist unbedingt erforderlich zur Vermeidung von Kolmationen, was über ein Monitoring zu überwachen ist. Zur Vorbereitung der Pflanzung ist der Filtereinstau rechtzeitig auf ein Niveau von ca. 50 cm unterhalb der Filteroberkante abzusenken, um ein gefahrloses Betreten der Filteroberfläche zu ermöglichen. Die vorhergehende Einstauphase sollte gleichzeitig als Test der Dichtigkeit jedes Beckens genutzt werden
Die Auslage von Trittrosten auf der Filteroberfläche erleichtert die Transportlogistik und minimiert die Gefahr der Bodenverdichtung durch die hohe Begehungsfrequenz durch die Arbeitskräfte.
Generell sollte die Bepflanzung in einem kurzen Zeitraum und Unterbrechungsfrei erfolgen. Aus mehreren Gründen ist ein Pflanztermin im feucht-kühlen Spätwinter oder Frühjahr günstiger:

- Pflanzen befinden sich in Vegetationsruhe (Vermeidung von Transpirationsverlusten)
- klimatischer Wasserüberschuss (Winterniederschläge, d.h. keine / geringe künstliche Zusatzbewässerung erforderlich)
- Naturschutzauflagen entfallen (keine Laich- oder Brut-/Nistzeit)
- Risiko von Schädlingsbefall minimal
- Vegetationsphase kann vollständig zur Etablierung genutzt werden

Bei Pflanzung in den Sommermonaten kann sich dagegen eine längere Trockenheit nachteilig auf die Wasserversorgung der Vegetation auswirken, die noch kein voll leistungsfähiges Wurzelwerk besitzt. Daher ist nach Abschluss der Bepflanzung die Möglichkeit einzuplanen, ohne Zufluss aus dem Kanalnetz, z.B. durch Pumpen aus einem unbelasteten Gewässer oder durch einen Hydrantenanschluss, zügig einzustauen oder die Bepflanzung im ersten Jahr temporär beregnen zu können. Der Anlagenzulauf muss sicherstellen, dass auch bei hohen Temperaturen und entsprechend hohen Verdunstungsraten die Wasserversorgung der Pflanzen sichergestellt ist. Ein späteres Absenken des Wasserstands fördert ein intensives Tiefenwachstum der Wurzeln [MUNLV, 2003].

Bei einer Bepflanzung mit Schilf (gute Erfolge: 6 Ind. x m^{-2} [SCHÄFER, H., DAHMEN, H., 2009]) ist in der Bestandsentwicklung ein Einstau der Filterbepflanzung bis zu 10 cm über Filteroberfläche (Bewässerung der Schilfpflanzen und Unterdrückung möglichen Fremdbewuchses) vorzunehmen. Bei später Bepflanzung im Herbst ist im Winter ein Einstau bis an die Filteroberfläche vorzusehen. Bewährt haben sich Schilfmatten, die im Vergleich zu Setzlingen in kürzerer Zeit einen bodendeckenden Zustand erreichen, wodurch die Filteranlage früher in Betrieb genommen werden kann [LFU, 2002].
Wegen akuter Einsinkgefahr sind eingestaute Anlagen vor unbefugten Zutritt zu sichern. Es ist zu prüfen, ob die Installation entsprechender Schutzvorrichtungen mit der Durchführung von Maßnahmen gegen Wildfraß durch Schalenwild (z.B. Aufstellung eines Wildschutzzaunes) kombiniert werden kann.
Die Wirkung austrocknender Winde kann durch eine Abdeckung der Bepflanzung durch Strohhäcksel und Jutegewebe reduziert werden, wodurch sich der Anwuchserfolg erhöht. Ähnlich wirken niedrigwüchsige Windschutzpflanzungen im Nahbereich des Bodenfilters, die zusätzlich baubedingte Sedimenteinwehung vermindern.

4.2.3 Entwicklungs- und Fertigstellungspflege

Nach Pflanzung bzw. Einbau der Vegetationssysteme benötigt der Bodenfilter etwa ein Jahr bis zur vollen, flächendeckenden Leistungsfähigkeit des Gesamtwirkungsgefüges Substrat - Pflanze (Etablierung Pflanzendecke, Konsolidierung Substratchemie, Aufbau Mikrobiozönose) [DWA-M 178]. Nach Ende der Bepflanzung ist eine Fertigstellungs- und Entwicklungspflege über einen Zeitraum von zwei Jahren vorzusehen [MUNLV, 2003]. Sie umfasst in der ersten Vegetationsperiode (April – Oktober) allgemeine Maßnahmen nach DIN 18916 „Vegetationstechnik im Landschaftsbau - Pflanzen und Pflanzarbeiten“. Frühzeitig sind spontan aufkommende Alnus- und Salixkeimlinge auf der Filterfläche und im Böschungsbereich zu entfernen. Zur Vorbeugung einer Verschlämmung ist übermäßige herbstliche Laubstreu oberflächlich zu entfernen [AUTORENKOLLEKTIV, 1995]. Die Beeinträchtigung des Wachstums der Filtervegetation durch Beschattung der Filteranlage ist durch regelmäßigen Rückschnitt angrenzender Gehölze zu vermeiden [DWA-M 178].
Zusätzlich ist ein regelmäßiges Monitoring der Pflanzenentwicklung erforderlich. Hierzu gehören die regelmäßige Bonitierung der Pflanzenentwicklung, die Einstellung des optimalen, vom Entwicklungszustand abhängigen Dauerwasserstandes, eventuelle Nachpflanzungen sowie vereinzelt Schädlingsbekämpfungen [SCHÄFER, H., DAHMEN, H., 2009].
Zur Gewährleistung eines hohen Anwuchserfolgs ist im Anschluss an die Initialbepflanzung ein enges Überwachungs- und Inspektionsraster anzuwenden. Das Kontrollintervall sollte dabei etwa drei Wochen umfassen, um bei Abweichungen ggf. schnelle Gegenmaßnahmen (z.B. Bewässerung, Schadensmeldungen, …) ergreifen zu können. Aus gleichem Grund sind diese Inspektionen durch ortsansässige Fachfirmen durchzuführen, dessen Kontrollpersonal mit der Bedienung verschiedener Anlagenteile vertraut ist.
In der Praxis gibt das Wuchsbild zum Beginn der Vegetationsperiode oder die Durchwurzelung einen Aufschluss über die Etablierung der Pflanzen.
Die aktuelle Entwicklung der Pflanzung ist fotografisch und schriftlich in einem standardisierten Bericht zu dokumentieren und den Auftraggebern bzw. den Bauüberwachenden mitzuteilen. Die Dokumentation dient auch dem Nachweis aller Aktivitäten nach dem Pflanzen.
Offene, unbefestigte Böschungsbereiche müssen entsprechend DIN 18918 nach Ende der Bautätigkeit durch Raseneinsaat ingenieurbiologisch vor Erosion gesichert werden. Für die Sicherung der Böschungen, die dem Wasserwechsel ausgesetzt sind, hat sich eine Aussaatmenge von 20 g x m^{-2} Rohrglanzgras bewährt [LFU, 2002; MUNLV, 2003; DWA-M 178]. Empfehlenswert ist auch der Besatz mit pflegeextensivem Strauchwerk.
Zuflüsse von Oberflächenwasser über unbefestigte Böschungsschultern sind zur Vermeidung von Erosionsschäden zu verhindern. Eingesäte Pflanzen müssen in geeigneter Weise gegen Abschwemmungen oder Erosion geschützt werden. Bei langsamer Durchwurzelung oder in steilen Böschungsbereichen kann Jutegewebe das Abgleiten der mineralischen Andeckung oder

der Ansaaten verhindern. Um häufige Mahd im Böschungsbereich zu vermeiden, sollte hier humusarmer Oberboden eingebaut werden. Aufgrund hoher Biomassenentwicklung ist rasenartige Vegetation jährlich manuell zu mähen und das Mähgut zu räumen. Für eine Maschinenmahd sind Neigungen von 1:3 zu realisieren.
Auf der Filterfläche sind zur Vermeidung von Bewuchsschäden durch hohe Einlaufenergie hohe Anforderungen an die geeignete Konstruktion des Zulaufbaubereiches zu stellen. Bei punktueller Einleitung ist eine Energieaufnahme durch Störsteine oder Gabione zwingend erforderlich.
Allgemein ist vorab zu klären, wer die Pflegeleistungen erbringt. Der Erfolg der Pflanzenetablierung sollte bis zur Bauabnahme nach der ersten Vollbeschickung Aufgabe des Ingenieurbüros bleiben [SCHÄFER, H., DAHMEN, H., 2009, MUNLV, 2003; LFU, 2002].

4.3 Garantieleistungen

Garantieklauseln mit entsprechenden Leistungsnachweisen betreffen überwiegend den Landschaftsbau und die Verfahrenstechnik, da Bodenfilter wenig Betonbauten und Maschinen- und Elektrotechnik besitzen. Da zudem Bodenfilter durch die Pflanzenetablierung lange Einfahrphasen aufweisen, sind langfristige Haftungsleistungen mit folgenden Punkten zu vereinbaren:

- die Garantiefrist auf Funktionssicherheit und Kolmationsfreiheit beträgt 4 Jahre
- bis zur Etablierung der Pflanzendecke ist die Anlage in alternierendem Teillastbetrieb mit steigenden Lasten einzufahren, erst nach erfolgreicher Anwuchsphase soll mit Volllast beschickt werden.
- Die Einfahrphase beträgt mindestens zwei Vegetationszyklen
- In der Einfahrphase ist das Filtrat mit vorgegebenen Intervallen zu untersuchen
- Fremd- und Wildwuchs sind vom Systemanbieter auf 4 Jahre zu entfernen [BLEIF, A., 2003].

Mängelansprüche sind vor Ablauf der Verjährungsfristen der Gewährleistung mitzuteilen.

5. Praktisches Baumanagement

5.1 Bauanforderungen Rückbau

Im Folgenden werden die Erfahrungen beim Rückbau und Austausch einer erschöpften Bodenfilteranlage am Beispiel der Pilotanlage Halenreie (vgl. Berichtsteil, Kap. 1.1) im März / April 2008 vorgestellt.

Tabelle 1: Beteiligte Parteien der Umbaumaßnahmen mit Aufgabenbereichen.

Projektbeteiligte	Planungsmaßnahmen
Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt Amt für Umweltschutz / Abt. Gewässerschutz Amt für Umweltschutz / Abt. Umweltuntersuchungen	Antragsteller fachtechnische Beratungen; Behördenkoordination, Geräteüberlassungen; personelle Mitwirkung Analytik
Bezirksamt Wandsbek Abtlg. Wasserwirtschaft Naturschutzreferat	Eigentümer fachtechnische Beratungen und Genehmigung naturschutzrechtliche Vorplanungen und Ausnahmegenehmigungen
Polizei Polizeiwache 35 Poppenbüttel	verkehrsbehördliches Einvernehmen
Betreuende Naturschutzverbände BUND Bot. Verein zu Hamburg	Naturschutz-Beratung und Einvernehmen; ökologische Ausgleichsmaßnahmen
	Baumaßnahmen
Fa. Oswald Iden zugelassener Elektro-Fachinstallateur Wandsbek	Installation Baustromversorgung
Hamburg Wasser	Wasserversorgung
RBS Kiesgewinnung GmbH & Co KG	Sandlieferant
Kompost und Erden GmbH	Hersteller und Lieferant Kompost
Baumschulen Kaup **Stauden Junge**	Pflanzenlieferant Pflanzenlieferant
Fa. Edler & Söhne GmbH zugelassener Strassenmeister Wandsbek	Baustelleneinrichtung, Erdarbeiten; Geräte- und Personalgestellung
Projektbeteiligte KMU	
Abwassertechnik Dittrich (Siedenburg)	fachtechnische Beratung; Personalgestellung; Bauaufsicht; Material- und Gerätegestellung; Folien- und Rohrarbeiten; Pflanzenlieferung
Nordbeton (Friesoythe)	Hersteller und Lieferant Betonwinkelsteine
INOQ (Schnega)	Hersteller und Lieferant Mykorrhiza-Inokulat
ukon Umweltkonzepte (Hannover)	ingenieurtechnische Beratung
	Forschungsstellen
1. Universität Bremen Zentrum für Umweltforschung u. Nachhaltige Technologien	Versuchskonzeption, Eigenarbeiten; Projektmanagement, Begleituntersuchungen; Marketing, Öffentlichkeitsarbeit, Berichtsführung
2. Hochschule Bremen Institut für Umwelt und Biotechnologie	
	Projektfinanzierung
DECHEMA e.V.	Forschungsvorhaben AiF 15508 N/1 und N/2

Die nachfolgend genannten Arbeitsschritte sind der speziellen Anlageninfrastruktur, den besonderen Planungserfordernissen für den Umbau im Bestand sowie den Fragestellungen des Forschungsprojektes angepasst, daher ist eine eventuelle Übertragung der Erkenntnisse zu Planung, technischen Anforderungen und Verfahrensauswahl stets der örtlichen Situation anzupassen. Weiterführende allgemeine Informationen sind dem Regelwerk ATV-A 101 zu entnehmen.
Vor Beginn der Planungsgespräche wurden vorhandene Forschungsberichte, Diplomarbeiten und Gutachten früherer Bearbeitungsphasen [FITSCHEN, T., 2000; 2002; BROCK, V., 2000] gesichtet und ausgewertet, um die Möglichkeiten und Anforderungen des Umbaus zu ermitteln.
Im Rahmen des Projekt- und Genehmigungsmanagements wurden wesentliche Arbeitsschritte der Baustellenorganisation und -logistik in Vorverhandlungen mit den fachlich beteiligten Parteien (Tab. 1) detailliert und geplant. Die Planungen beinhalteten insbesondere auch die Berücksichtigung alternativer, kostengünstiger Lösungsvarianten, wobei die behördliche Vorgabe der obligatorischen Vergabe von Baugewerken an bezirklich zugelassene Baufirmen zu beachten war. Die Vergabe an lokale Firmen ist durch die Fach- und Ortskenntnisse sowie eine schnelle Verfügbarkeit positiv einzuschätzen.
Unmittelbar vor Beginn der Arbeiten sollte der aktuelle Zustand der technischen Anlagen, des Geländes, von Wegeoberflächen und Gewässern für Haftungsausschlüsse ausreichend dokumentiert werden.

5.2 Verlauf der Umbaumaßnahmen „Bodenfilter Halenreie“

5.2.1 Baustelleneinrichtung

Durch frühzeitige Objektbegehungen wurden wesentliche Details des Baustelleneinrichtungs- und -erschließungsplans ermittelt. Neben der Prüfung geeigneter Maschinen (Großmaschinen sind ungeeignet) und Transportfahrzeuge sowie erforderlicher Werkzeuge und Kleingeräte war die Zugänglichkeit und Tragfähigkeit bzw. Befestigungsbedarf des anstehenden Bodens für temporäre Gerätstellplätze und eine Baustrasse festzustellen. Auf dem Gelände waren die Erhaltungsgebiete festzulegen sowie die Verfügbarkeit und Einrichtung provisorischer Lager- und Arbeitsflächen zu ermitteln. Die für die Baufeldfreimachung erforderlichen Vegetationsarbeiten (Entfernung mehrerer Weidensträucher; Abfuhr bzw. Häckseln der Vegetationsreste) waren nach Vorgaben der Naturschutzbehörde bei größtmöglicher Schonung von Natur und Landschaft (z.B. Baumschutz, Überfahrhilfen, …) in den Wintermonaten bis Ende März durchzuführen. Ebenfalls ist im Einfahrtsbereich des Bodenfilters während des Baubetriebes ein Stammschutz des Baumbestandes nach DIN 18916 vorzusehen.
Auf eine Baustelleneinzäunung konnte verzichtet werden, da der Baubereich durch umgebende Vegetation, Wasserflächen und verschließbare Schlagbäume vor unbefugtem Zutritt geschützt war.

5.2.2 Wegekonzept: Einbau- und Logistikplanung

Die Zugänglichkeit und Befahrbarkeit der Anlage stellt einen wichtigen Kostenfaktor dar, weil hier aufwändige Vorarbeiten wie Bau und Demontage von Erschließungswegen erforderlich sein können. So erwies sich bei Ortsterminen die Befahrbarkeit von Arbeitsdamm und Freiflächen mit schwerem Gerät als fragwürdig. Für die Anfahrt bis an den direkten Filterrand war demnach zusätzliche eine tragfähige Baustrasse anzulegen. Nach Vorgaben der Naturschutzbehörde hätte hierfür nur teures Naturschottermaterial eingesetzt werden, so dass als alternative Lösung für die Baustrasse Stahlplatten temporär ausgelegt wurden. Nach Ende der Maschinenarbeiten und Rückbau der Stahlplatten wurde das Gelände wieder hergerichtet sowie Schäden an den Wanderwegen ausgebessert. Die Feststellung der Schadensfreiheit erfolgte im Rahmen der Bauabnahme (s.u.)
Die Straßenbauverwaltung wurde frühzeitig informiert, dass durch den Baubetrieb Belange des öffentlichen Straßenverkehrs betroffen wären und die Sperrung mehrerer Parkbuchten an der Halenreie als Zufahrt bzw. Einrichtungs- und Gerätestellplatz erforderlich war. Ebenfalls war die

Klärung eines Überfahrtschutzes des Rad- und Fußweges sowie exponierter Wurzelbereiche erforderlich. Entsprechend waren mit der Verkehrspolizei die Verkehrs- und Geländesicherungsmaßnahmen zu klären (Warnschilder und kurzfristige Absperrung der Wanderwege) und mit dem lokalen Grünflächenamt die Überwegungs- / Befahrungsgenehmigung des Unterhaltungsweges zum Filter.

5.2.3 Provisorische Wasserhaltung

Da in der Umbauphase mit einer niederschlagsreichen Witterung zu rechnen ist, war die Organisation und sorgfältige Durchführung der provisorischen Wasserhaltung von zentraler Bedeutung für einen geordneten Baustellenablauf. Solange in der Bauphase die Auflast des Bodenfilters verringert und die neue Filterschicht nicht eingebaut ist, besteht bei hohem Grundwasserstand die Gefahr des Auftreibens. Auf die Absenkung des Grundwasserstandes vor Beginn des Bodenaushubs durch Ringdrainagen oder Pumpeneinsatz wurde verzichtet, da nur die obere Hälfte des Filtermaterial ausgebaut wurde und somit die verbleibende Bodenmasse ein mögliches Auftreiben des Beetes verhinderte.
Für den Umbaubau erwies sich die modulare Bauweise des Filters mit vier hydraulisch getrennten Filterbecken als günstig, da in der Bauphase durch eine provisorische Verschließung des Trenndamms zwischen den vertikal und horizontal betriebenen Filterbeeten zuströmendes Wasser problemlos auf Reservebeete umgeleitet werden konnte und somit gefahrlos eine temporäre Außerbetriebnahme der Filterfläche möglich war. Eine weitere Alternative wäre eine unmittelbare Notentlastung der kompletten Vorstufe (Rückhaltebecken) in die Vorflut. Hierfür wurde die Anlage einer temporären, vliesausgelegten Notüberlaufrinne im Zulaufbereich des RHB überlegt, jedoch nicht ausgeführt. Da diese Maßnahme ggf. eine Einleitung von Brauchwasser in einen Vorfluter dargestellt hätte, wäre in diesem Fall auch eine wasserrechtliche Erlaubnis einzuholen gewesen.

5.2.4 Filterstatik

Feuchte Filtersubstrate sind fließfähig und instabil. Daher war während der Bauphase die Baugrube aus Sicherheitsgründen und zur Erleichterung des Maschineneinsatzes trocken zu legen, um ein Bodenfließen der benachbarten Segmente zu verhindern.
Zur Sicherung der Filterstatik wurden optional Verschalungen und Abstützungen der Folienwände oder alternativ das Stehenlassen stabilisierender Randbereiche (ca. 50 cm Breite) diskutiert.
Letzteres wurde in Verbindung mit dem Abtrocknen der Filtersubstrate durch Absperren der zuleitenden Schieber und vollständiger Entleerung der Heberentwässerung durchgeführt. Allgemein erwies sich die Statik aber schon aufgrund der starken und tiefen Durchwurzelung des Altsubstrates als belastbar, so dass auch die verbliebenen Randbereiche vollständig ausgehoben werden konnten.

5.2.5 Stromversorgung

Da der Bodenfilter ursprünglich mit Pumpen beschickt wurde, war eine festinstallierte, unterirdische Energieversorgung vom Pumpenschacht bis zum Zulaufgraben (ehem. Containerstandort) vorhanden. Diese Stromversorgung wurde bei einem früheren Rückbau im Verteilerschrank Volksdorfer Marktplatz stillgelegt. Eine Wiederinbetriebnahme erwies sich nach Informationen des lokalen Stromversorgers durch Neuverlegung von etwa 200 m Kabel als zu teuer.
Eine kostengünstige Lösung der provisorischen Baustromversorgung war der Einsatz mobiler Notstromaggregate für elektrische Kleingeräte. Die erforderliche permanente Starkstromversorgung für den Experimentalbetrieb konnte durch Installation eines Starkstromanschlusses am benachbarten Gebäude und „fliegenden Leitungen“ bei den Messkampagnen erreicht werden.

5.2.6 Bodenmanagement, Substratanforderungen

Vor den Erdarbeiten sind die Massen des Ausbaumaterials und der zu entfernenden Vegetation zu ermitteln. Für Beides sind zeitnah Voruntersuchungen zum Belastungsgrad durchzuführen und der Bodenaushub entsprechend LAGA, das Pflanzenmaterial nach den Richtwerten der BGK und RAL-GZ 251 (Kompostierbar oder Deponierbar) zu deklarieren. Aus den zugeordneten Teilmassen ergeben sich die Kosten für Entsorgung oder Recycling. Entsprechend der Deklaration sind Transportgenehmigungen (§ 49 KrW-/AbfG) einzuholen und Entsorgungsnachweise (NachwV) zu führen.

Da die einzubauenden Substrate hohen Qualitätsstandards entsprechen müssen, sind bei der Ausschreibung exakte Vorgaben bezüglich der geforderten Sieblinie, Herkunft sowie der Einbaubedingungen zu machen und / oder geeignete, regional ansässige Substratlieferanten zu recherchieren.

Die hydraulischen Qualitätsanforderungen sind vor und während des Einbaus durch aktuelle Eigensiebungen (DIN 18123) zu dokumentieren. Bei der Baudurchführung durch den Generalunternehmer war die Vorlage des Herkunftsnachweises der Substrate hilfreich, da ohne weitere Informationen aus Kostengründen statt des gewählten Substratlieferanten ein qualitativ abweichendes Substrat standortnäherer Herkunft verbaut worden wäre.

Wird der Filtersand durch reaktive Materialien melioriert, so sind die Zuschlagstoffe und die Mischtoleranzen vorzugeben. Die Einbaumaterialien sollten durch Analysen vor Einbau eine chemische Qualität zur „uneingeschränkten Verwendung in bodenähnlicher Verwendung“ bestätigen (LAGA-Z0). Synthetische Additiva wie das eingebaute Silikatkolloid Agrosil LR weisen eine gleich bleibende und definierte Qualität auf, so dass deren Qualitätsüberwachung gering ist. Speziell bei Kompost ist auf die RAL-Gütesicherung zu achten und zusätzlich sollte auf organische Spurenschadstoffe wie PAK, MKW, BTXE und M*t*BE untersucht werden (d.h. < LAGA Z0), da diese im Rahmen der routinemäßigen Qualitätssicherung nicht erfasst sind. Zu Bevorzugen sind Kompostchargen der Sommermonate, da zu diesen Zeiten kein verunreinigtes Straßenlaub verarbeitet wird. Ferner darf in dieser organischen Fraktion kein selbstentzündetes oder aschehaltiges Material enthalten werden. Ebenfalls sind schadstofffreie Transportbehälter und unkontaminierte Arbeitsgeräte zu verwenden. Während und nach den Baumaßnahmen sind repräsentative Rückstellproben zu ziehen und definiert zu lagern.

Weitere Angaben zum Substrateinbau und der Filterkonstruktion sind dem Berichtsteil, Kap. 2.3.1 zu entnehmen.

5.2.7 Pflanzung

Für eine erfolgreiche Etablierung der Bepflanzung war es erforderlich, ein Austreiben der ursprünglichen Schilfbepflanzung aus verbliebenen Rhizomen zu unterbinden. Dies konnte nach Entfernen des stark durchwurzelten Oberbodens weitestgehend durch einen vierwöchigen Volleinstau des neueingebauten Filters erzielt werden, wodurch Rhizomreste an der Filtersohle durch Sauerstoffmangel abgestorben sind.

Der Volleinstau des neueingebauten, noch nicht bepflanzten Substrates verursachte aber ein akutes Einsinkrisiko.

Der eigentliche Pflanztermin und begleitende Vegetationsarbeiten musste die Fristen für Ruhe-, Brut oder Laichzeiten ansässiger Amphibien berücksichtigen. Unter anderem aus diesem Grund erfolgte die Bepflanzung bereits einen Monat nach Substrateinbau (Ende März), so dass sich das Substrat bereits etwas setzen konnte und nach Aufhebung des Einstaus unmittelbar vor Beginn der Pflanzung ein trittfestes, gut durchfeuchtetes Pflanzbett bereitstand.

Nach Anlieferung des georderten Pflanzgutes ergab die Wareneingangsprüfung, dass die in Topfballen (9 x 9 cm Containertöpfe) gelieferte Ware den Vorgaben entsprach und eine gut durchwurzelte und vitale Qualität aufwies. Eine Ausnahme waren ungetopfte Epilobium-Wurzelstöcke, deren Vitalität nicht eindeutig erkennbar war und die anschließend größere Ausfälle zeigten. Eine Reklamation erfolgte, die betroffenen Flächen wurden teilweise mit Lythrum nachgepflanzt.

Die feucht-kühle Witterung sowie der Sohleinstau nach Ende der Pflanzung begünstigten eine gute Entwicklung der gesetzten Pflanzen.
Eine temporäre Zusatzbewässerung durch Wasser aus dem RHB war einmalig in den trockenen Frühsommermonaten notwendig.
Weitere Angaben zur Bepflanzung sind im Berichtsteil dem Kap. 2.5.6.2 zu entnehmen.

5.2.8 Bauabnahme

Nach Ende des Rückbaus, Beseitigung von Schäden im Wanderweg und Wiederherrichtung der Grünanlagen erfolgte die ingenieurtechnische Abnahme der Bauleistungen der betriebsbereiten Anlage durch die zuständigen Behörden (Bezirksamt Wandsbek; BSU) im Juni 2008 vor Beginn der Bewässerung. Bei dem Ortstermin wurde festgestellt, dass die Baufirmen die Leistungen mängelfrei erbracht haben.
Nach Versuchsende erfolgte am 09.11.2010 bei einer Ortsbegehung die ordnungsgemäße Rückgabe an den Anlagenbetreiber. Seitens der Hamburger Umweltbehörde (in Vertretung des Bezirksamtes Wandsbek) wurde kein Rückbaubedarf festgestellt, weitergehende Handlungsempfehlungen und Reparaturbedarf sind dem Anlagenbetreiber im Übergabeprotokoll schriftlich mitgeteilt worden.