



Gewässerschutz an Strassen, Strassen- entwässerung

Teil 2

Richtlinie Projektierung und Ausführung von
Gewässerschutzmassnahmen



Kanton Zürich
Baudirektion

Diese Richtlinie basiert auf der Ausgabe vom 03.03.2014, welche von der Arbeitsgruppe Strategie Strassenentwässerung TBA und AWEL erarbeitet worden ist (in alphabetischer Reihenfolge):

- Dirk Göbbels, TBA
- Hans Häusermann, AWEL
- Erich Suter, TBA
- Kurt Venzin, AWEL

Externe Unterstützung (bbs Ingenieure):

- Peter Bürkel

2017/2018 erfolgte eine Überarbeitung im Rahmen verschiedener Arbeitsgruppen unter Beteiligung von folgenden Personen (in alphabetischer Reihenfolge):

- Christoph Abegg, TBA, Projektieren und Realisieren
- Franziska Heinrich, ALN, Strategie, Koordination und Recht
- Philippe Kindler, AWEL, Abfallwirtschaft und Betriebe, Betrieblicher Umweltschutz/Störfallvorsorge
- Daniel Meister, AWEL, Gewässerschutz, Grundwasser und Wasserversorgung
- Hartmut Stuess, TBA, Ingenieurstab, Fachstelle Strassenentwässerung
- Beatrice Vögeli, ALN, FNS
- Peter Wolfensberger, AWEL, Gewässerschutz, Siedlungsentwässerung

Externe Unterstützung (ilu AG):

- Felix Rutz
- Walter Osterwalder

Datum: 15.08.2018

Datei: 20180815_RL_Gewässerschutz_Teil_2.docx

Inhalt

1. Allgemeines	6
1.1. Einleitung	6
1.2. Ziele	6
1.3. Gültigkeit	7
1.4. Zusätzliche Anforderungen für Strassen, die unter die Störfallverordnung fallen	7
1.4.1. Versickerung von Strassenabwasser	7
1.4.2. Einleitung von Strassenabwasser	8
1.5. Begriffe	9
2. Entwässerung über das Bankett sowie in Belastungs- und Trennstreifen	10
2.1. Beschrieb	10
2.2. Varianten von Entwässerungen über das Bankett	10
2.2.1. Entwässerung in Belastungs- und Trennstreifen	10
2.2.2. Trennstreifen	10
2.2.3. Mulden-Rigolen-Systeme	10
2.3. Technische Grundlagen	11
2.3.1. Wegleitungen und Normen	11
2.3.2. Anforderungen gemäss Richtlinie Gewässerschutz an Strassen / Strassenentwässerung – Teil 1b: Strategiebericht	11
2.3.3. Entwässerung über das Bankett mit einem einschichtigen Bodenfilter	14
2.3.4. Entwässerung mit einem zweischichtigen Bodenfilter	16
2.3.5. Entwässerung über das Bankett mit einem zweischichtigen Bodenfilter am Böschungsfuss	18
2.3.6. Aufbau von Banketten mit toniger Deckschicht	19
2.3.7. Beschaffung und Einbau des Bodenmaterials	19
2.3.8. Verwendung von leicht belastetem Boden	20
2.3.9. Breite des Bodenfilters	20
2.3.10. Erneuerung von Strassen und Bodenschutz	20
2.3.11. Funktion und Einsatz von Abdichtungen	20
3. Retentionsfilterbecken (RFB)	22
3.1. Konzept der Anlage	22
3.2. Beschrieb der Anlage	22
3.3. Hydraulische Bemessung	24
3.3.1. Grundlagen	24
3.3.2. Abflusskoeffizienten Strassen	24
3.3.3. Abflusskoeffizienten Böschungen	24
3.3.4. Bemessung der Filterfläche	25
3.3.5. Drosselung und Ableitungspende	25
3.3.6. Bemessung des Retentionsvolumens	25
3.4. Auslegung der Leitungen	26
3.4.1. Zuleitung	26
3.4.2. Überlauf	26
3.5. Sicherheitsmassnahmen zum Schutz des RFB vor wassergefährdenden Flüssigkeiten	26
3.6. Reduktion der hydraulischen Belastung bei Gewässern mit geringem Abfluss	27
3.7. Ein- und Auslaufschacht	27
3.8. Zufahrt und Unterhaltswege	28
3.9. Ausführung der Becken	29
3.9.1. Lichtverhältnisse	29
3.9.2. Bodenschutz	29
3.9.3. Landschafts- und Naturschutz	30

3.9.4.	Topografie	30
3.9.5.	Verteilung des Zuflusses	30
3.9.6.	Gestaltung der Becken	30
3.10.	Schutz des Filters	32
3.11.	Übersicht Elemente des Retentionsfilters	34
3.12.	Ausführung von Tondichtungsbahnen	36
3.13.	Aufbau des Filters	37
3.13.1.	Anforderungen an den Filtersand	37
3.13.2.	Einbau des Sandes	38
3.13.3.	Kontrollplan	38
3.13.4.	Prüfungen	39
3.14.	Bepflanzungen des Filters	39
3.14.1.	Aufziehen des Schilfs	39
3.14.2.	Vorgehen bis zur Inbetriebnahme des Filters	39
3.14.3.	Bepflanzung	39
3.14.4.	Bewässerung	40
3.14.5.	Düngung	40
3.14.6.	Weitere Massnahmen	40
3.15.	Böschungsneigungen und Umgebungsgestaltung	40
3.16.	Betriebsbeginn der Anlage	41
3.17.	Objektspezifischer Qualitätsmanagement-Plan bei der Realisierung	41
3.18.	Inbetriebnahme, Abnahme	41
3.18.1.	Kontrollen	41
3.18.2.	Übergabe von Dokumenten	42
3.19.	Funktionsprüfungen	42
3.20.	Unterhaltsprogramm	42
4.	Retentionsbecken	44
4.1.	Beschrieb	44
4.2.	Technische Grundlagen	44
4.3.	Berechnung des Retentionsvolumens	44
4.3.1.	Zufluss von Strassen	44
4.3.2.	Abschätzung der Einleitverhältnisse bei der Einleitung in oberirdische Gewässer	44
4.3.3.	Bemessung des Retentionsvolumens im Hinblick auf die Einleitverhältnisse	44
4.4.	Einlauf in das Becken	44
4.5.	Becken	45
4.5.1.	Gestaltung des Beckens	45
4.5.2.	Querschnitt des Beckens	45
4.5.3.	Schema der Anlage	45
4.5.4.	Übersicht Elemente des Beckens	45
4.6.	Speicherkanal	47
4.7.	Objektspezifischer QM-Plan, Inbetriebnahme, Abnahme	47
5.	Speicherkanäle für Einleitung in ARA	48
5.1.	Einsatz	48
5.2.	Funktionsweise	48
5.3.	Bemessung des Volumens	48
5.4.	Fremdwasser	48
5.5.	Kanaldurchmesser	48
5.6.	Ausführung der Sohle	48
6.	Dezentrale Filtersysteme	49
6.1.	Veranlassung	49
6.2.	Wahl der zulässigen Filterschachtsysteme	49

6.3.	Angaben zu Dimensionierung und Unterhalt	50
6.4.	Auflagen für den Ersteinsatz von CBB Textil, Innolet G, STOPPOL 10 CKF	50
6.5.	Wahl neuer Filterschachtsysteme	50
6.6.	Vom TBA genehmigte und eingesetzte dezentrale Filtersysteme	51
6.7.	Geotextil-Filtersäcke	51
6.7.1.	Bezeichnungen	51
6.7.2.	Skizze	52
6.7.3.	Konzept	52
6.7.4.	Beschrieb	52
6.7.5.	Dimensionierung und Projektierung	55
6.7.6.	Betrieb und Unterhalt	56
7.	Literaturverzeichnis	57

1. Allgemeines

1.1. Einleitung

Die Entwässerung der Zürcher Kantonsstrassen soll auch in Zukunft den Umweltanforderungen sowie den aktuell gültigen Gesetzen und Richtlinien genügen.

TBA und AWEL haben deshalb die Strategie für die Strassenentwässerung mit entsprechenden Dokumenten (vgl. auch Tabelle 1) für die Projektleiter und das Management des TBA und des AWEL erarbeitet. In diesen Dokumenten wird erläutert, wie zukünftig bei neuen Strassenprojekten bzw. der Sanierung bestehender Strassen verfahren werden soll.

Tabelle 1: Dokumentenset Strassenabwasserbehandlung

Dokument	Bezeichnung	Inhalt	Hauptadressat
Teil 1a	Strategie Strassenentwässerung sowie Anleitung zur Wahl des Strassenentwässerungssystems	Zusammenfassung Strategie Abläufe und Behandlungsarten.	Kader, Projektleiter
Teil 1b	Strategiebericht	Erläuterungen zur Strategie Erläuterungen der Abläufe und Möglichkeiten	Kader, Projektleiter
Teil 1c	Grundlagen für die Zulässigkeitsprüfung der Einleitung in Oberflächengewässer	Wissenschaftliche Grundlagen	Projektleiter
Teil 2	Projektierung und Ausführung von Gewässerschutzmassnahmen	Technische Lösungen Normalien	Projektleiter
Teil 3	Handlungsbedarf aufgrund des Gewässerschutzes	GIS-Auswertungen Prioritätenlisten Sanierungen seitens AWEL	Kader, Projektleiter

Der vorliegende Bericht ist der Teil 2 der Strategie und richtet sich somit nach der Strategie. Er liefert die technischen Grundlagen für die Projektierung und Realisierung von Gewässerschutzmassnahmen an Strassen. Ein Überblick aller Massnahmen befindet sich im Anhang des Teils 1 (Entscheidungsdiagramm).

Gewisse Informationen sind in mehreren Dokumenten des Dokumentensets aufgeführt.

Diese Redundanz ist bewusst gewählt, damit die einzelnen Dokumente soweit möglich selbsterklärend sind.

1.2. Ziele

Mit dem vorliegenden Bericht werden die folgenden Ziele angestrebt:

- Eine Vereinfachung und Effizienzerhöhung der Projektierung
- Die Standardisierung der Systeme im Hinblick auf die optimierten Lebenszykluskosten
- Eine Vereinfachung des Unterhalts
- Die Gewährleistung des Betriebes möglichst kurz nach Bauende
- Optimierung Platzbedarf für Anlagen der Strassenentwässerung (Minimieren Bedarf Fruchtfelgeflächen)

1.3. Gültigkeit

Die Strategie und somit auch der zugehörige Teil 2 gilt für alle Kantonsstrassen im Kanton Zürich ausserhalb der Städte Zürich und Winterthur.

Für überkommunale Strassen in den Städten Zürich und Winterthur gilt die Strategie sinngemäss an die städtischen Gegebenheiten angepasst.

Im Fall von Hochleistungsstrassen können von den Standardsystemen abweichende Systeme von Reinigungsanlagen geprüft werden. Dies betrifft insbesondere die Vorbehandlung von Strassenabwasser.

Die aktualisierte Richtlinie tritt per 01.06.2018 in Kraft.

1.4. Zusätzliche Anforderungen für Strassen, die unter die Störfallverordnung fallen

Störfälle auf Verkehrswegen sind ausserordentliche Ereignisse beim Transport gefährlicher Güter, bei denen diese Güter auf oder neben dem Verkehrsweg freigesetzt werden und dadurch erhebliche Einwirkungen auf die Bevölkerung oder die Umwelt haben können. Die Störfallverordnung (StfV) hat zum Ziel, Bevölkerung und Umwelt vor schädlichen Einwirkungen zu schützen. Sie gilt neben Betrieben und Bahnanlagen auch für Durchgangsstrassen gemäss Durchgangsstrassenverordnung, welche Nationalstrassen und Teile der Kantons- und Hauptstrassen umfassen. Da nicht alle Durchgangsstrassen risikorelevant sind, werden auf der Karte «Chemie-Risikokataster» im GIS-Browser diejenigen Strassen des Kantons Zürich aufgeführt, welche in den Geltungsbereich der StfV fallen. Diese Strassen werden im Folgenden als «Störfallstrassen» bezeichnet.

Der Inhaber von Störfallstrassen muss diese mit den erforderlichen sicherheitstechnischen Einrichtungen ausrüsten sowie die erforderlichen baulichen, technischen und organisatorischen Schutzvorkehrungen treffen. Der Umfang dieser Einrichtungen und Schutzvorkehrungen wird in der ASTRA-Richtlinie 19001 [28] beschrieben, die neben Nationalstrassen auch für kantonale Durchgangsstrassen gilt.

Bezüglich der Strassenentwässerung sind für Störfallstrassen zusätzlich zum Gewässerschutz nachfolgende Punkte zu beachten.

1.4.1. Versickerung von Strassenabwasser

Die Versickerung von Strassenabwasser kann aus Sicht der Störfallvorsorge nicht nur in Grundwasserschutz-zonen und -arealen problematisch sein, sondern auch im Gewässerschutzbereich Au, da bei einem Störfall grosse Mengen wassergefährdende Flüssigkeiten in die Umwelt gelangen können. Deshalb wird um Grundwasserfassungen zur Trinkwasserversorgung in Abhängigkeit der Fliessrichtung des Grundwassers ein «Untersuchungsbereich Störfallrisiken» festgelegt (vgl. Abbildung 1):

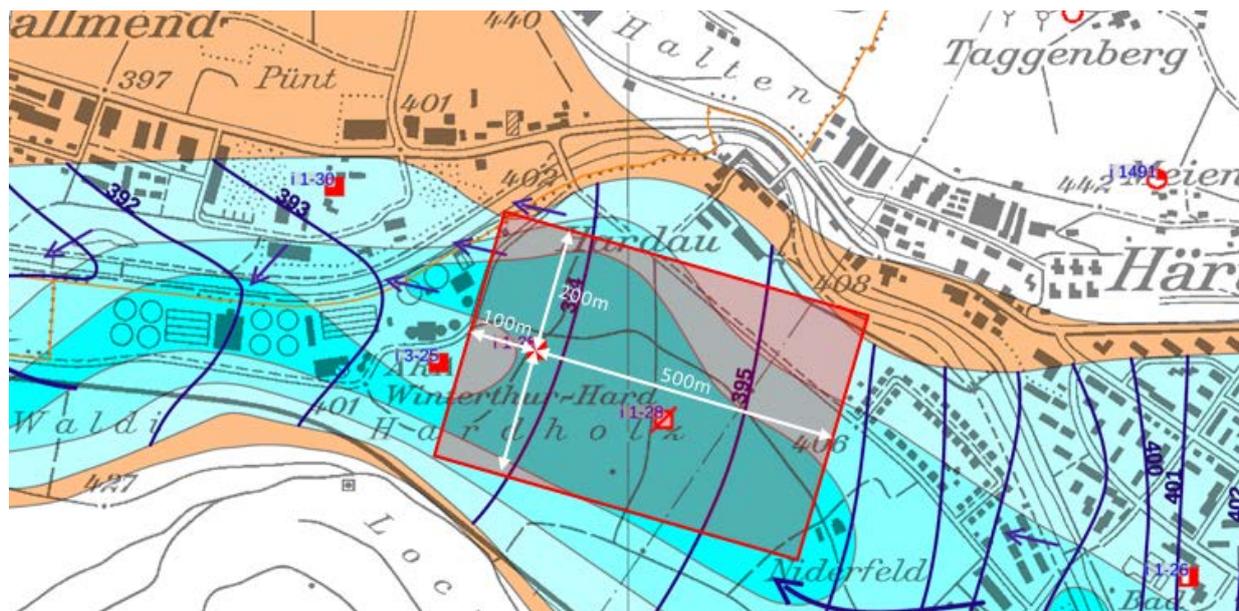


Abbildung 1: «Untersuchungsbereich Störfallrisiken» im Umfeld einer Grundwasserfassung

Bei bekannter Fliessrichtung des Grundwassers gilt für das Ausmass des «Untersuchungsbereichs Störfallrisiken»:

- Fliessrichtung von der Strasse zur Fassung: 500 m
- Fliessrichtung parallel zur Strasse: 200 m
- Fliessrichtung von der Fassung zur Strasse: 100 m

Bei unbekannter Fliessrichtung des Grundwassers gilt für alle Richtungen ein Abstand von 500 m zur Fassung.

Für Störfallstrassen innerhalb des «Untersuchungsbereichs Störfallrisiken» ist eine Versickerung von Strassenabwasser (mit und ohne Behandlung) nur dann zulässig, wenn in einer Risikobeurteilung aufgezeigt wird, dass die Störfallrisiken für das Grundwasser tragbar sind. Dabei sind neben der Art der Versickerungsanlage auch die Bodenbeschaffung, die Art des Terrains und die Interventionsmöglichkeiten im Störfall zu berücksichtigen.

Sind die Störfallrisiken für das Grundwasser nicht tragbar, ist eine Versickerung des Strassenabwassers nicht zulässig. Da eine Freisetzung von Gefahrgut bei einem Unfall sowohl auf wie auch neben der Strasse erfolgen kann, ist in diesem Fall auch die Zulässigkeit der Versickerung des Abwassers von anschliessenden Rad- und Gehwegen zu prüfen. Zudem sind allenfalls Trennstreifen und Böschungen so abzudichten, dass den Ereignisdiensten genügend Zeit für das Ausbaggern kontaminierter Erde zur Verfügung steht. Es wird empfohlen, frühzeitig mit der Fachstelle Störfallvorsorge des AWEL Kontakt aufzunehmen.

1.4.2. Einleitung von Strassenabwasser

Bei der Einleitung von Strassenabwasser in den Vorfluter oder die öffentliche Kanalisation sind in den Entwässerungsleitungen Absperr- und Rückhaltemöglichkeiten zu schaffen. Das erforderliche Auffangvolumen der gesamten Anlage inkl. Leitungssystem muss mindestens 30 m³ betragen.

Zu bevorzugen sind langsam durchflossene Rückhaltevolumina (z.B. Retentionsfilterbecken, Retentionsbecken), für welche mehr Zeit zum Schliessen der Absperrvorrichtung besteht. Bei schnell durchflossenen Rückhaltevolumina (z.B. Rückhaltebecken oder Stapelkanäle) ist die Wahrscheinlichkeit der rechtzeitigen Schliessung der Absperrvorrichtung kleiner, da keine verzögernde Wirkung vorhanden ist. Dies trifft insbesondere dann zu, wenn die Einsatzdienste lange Anfahrtswege haben.

Regenüberläufe von Rückhaltevolumina sind so zu gestalten, dass sie mit einem Schieber verschlossen werden können.

Geschlossene Becken sind im Siedlungsgebiet aufgrund der Explosionsgefahr bei einer Freisetzung von leichtbrennbaren Flüssigkeiten möglichst zu vermeiden und Schieber sind explosionsgeschützt auszuführen.

1.5. Begriffe

- Abfluss: Wassermenge pro Zeiteinheit
- Abflusskoeffizient: Verhältnis zwischen dem Abfluss und dem für die Bemessung massgebenden Regen
- Belastungsstreifen: Zu einer Strasse gehörender Grünstreifen längs der Strasse, der durch Schadstoffemissionen des Verkehrs belastet wird
- Boden: Oberste unversiegelte Erdschicht aus verwitterten mineralischen Stoffen und organischen Bestandteilen, in der Pflanzen wachsen (A- und B-Horizont)
- Entlastung: Direkte Verbindung aus einer hydraulischen Anlage in einen nahegelegenen Vorfluter, um überschüssiges Wasser dorthin abzuleiten
- Fremdwasser: In Abwasseranlagen ständig fliessendes, nicht verschmutztes Wasser
- Fruchtfolgefläche: Für die intensive landwirtschaftliche Nutzung geeignete Flächen
- Havarie: Verkehrsunfall mit einer Freisetzung von wassergefährdenden Flüssigkeiten
- Hydraulische Belastung: Störende Einwirkung von zufließendem Wasser auf die Sohle und Ufer von Gewässern
- Hydraulisches Einleitverhältnis: Verhältnis des Abflusses einer Einleitung zum Abfluss im Gewässer
- Kieswaschschlamm: Material zum Abdichten von Becken (Durchlässigkeitsbeiwert $k: 5 \cdot 10^{-7}$ m/s)
- Oberboden (A-Horizont): Oberste Bodenschicht mit bis zu 30% organischer Substanz
- Unterboden (B-Horizont): hat ein entwickeltes Bodengefüge und ist biologisch aktiv; geringerer Humusgehalt und weniger Pflanzenwurzeln als im A-Horizont
- Präferenzialer Fliessweg: Örtlicher Sickerweg mit grossem Durchfluss, der die Reinigungswirkung des Filters vermindert
- Proctor-Versuch: Versuch zur Bestimmung des optimalen Wassergehalts beim Verdichten von Bodenmaterial
- Randstreifen: Streifen zwischen dem Lichtraumprofil der Strasse und der äusseren Abgrenzung des Strassenraumes
- Regenintensität: Regenmenge pro Zeiteinheit gemessen in mm/h
- Retention: Zwischenspeicherung von Strassenabwasser, um einen nachfolgenden Vorfluter oder eine Reinigungsanlage hydraulisch nicht zu überlasten
- RFB: Retentionsfilterbecken
- Störfallstrasse: Strasse, die aufgrund des Gefahrguttransports der Störfallverordnung (StFV) unterstellt ist. Bei der Entwässerung solcher Strassen sind zusätzliche Massnahmen zu prüfen.
- Trennstreifen: Streifen zwischen Fahrstreifen
- Überlauf: Ausflusseinrichtung aus einem Becken, welche bei maximaler Füllung aktiv wird
- Untersuchungsbereich Störfallrisiken: Bereich um Grundwasserfassungen, in welchem bei der Versickerung von Strassenabwasser eine Risikobeurteilung notwendig ist.
- Ungebundener Oberbau: Strassen mit einem Oberbau ohne bituminöse Belagsschicht oder Betonbelag
- Unterbau: Unterlage der Strasse, die aus dem vorbereiteten Untergrund oder einer Dammschüttung besteht
- Untergrund: Locker oder Festgestein unterhalb des Unterbodens, ohne aktuelle Bodenbildung und biologische Aktivität; auch C-Horizont oder Muttergestein genannt
- Vulnerabilität des Grundwassers: Mass für die Empfindlichkeit eines Grundwasservorkommens bezüglich natürlicher und anthropogener Verschmutzungen

2. Entwässerung über das Bankett sowie in Belastungs- und Trennstreifen

2.1. Beschrieb

Bei der Entwässerung über das Bankett fliesst das Strassenabwasser der Fahrbahn oder des Gehwegs in einen anstossenden bewachsenen Bodenfilter. Das System weist einen hohen Wirkungsgrad auf, da auch die Spritzwasserverfrachtung gereinigt wird.

Das Bankett gewährleistet den Übergang des Strassenabwassers von der Fahrbahn zum angrenzenden unbefestigten Raum. Es hat verschiedenen Anforderungen (Tragfähigkeit, Setzungen, Frost) zu genügen. Der angrenzende Bodenfilter hat einen hohen Wirkungsgrad hinsichtlich der Reinigung von Strassenabwasser und eine anhaltende Sickerleistung zu gewährleisten.

2.2. Varianten von Entwässerungen über das Bankett

Die folgenden Reinigungsanlagen sind hinsichtlich der konstruktiven Einzelheiten mit der Entwässerung über das Bankett im Wesentlichen identisch.

2.2.1. Entwässerung in Belastungs- und Trennstreifen

Diese Variante umfasst im Wesentlichen ebene bewachsene Streifen allgemein ausserhalb des Siedlungsgebietes mit einem Übergang zu Wiesland oder Äckern.

2.2.2. Trennstreifen

Trennstreifen sind im Wesentlichen ebene bewachsene Streifen zwischen Fahrbahnen. Dabei handelt es sich bei Hauptverkehrsstrassen ausserhalb des Siedlungsgebietes häufig um Streifen zwischen Fahrbahnen des motorisierten Verkehrs und Radwegen.

Die Trennstreifen sind mit einem Bodenfilter wie bei Entwässerungen über das Bankett auszuführen und in Grundwasserschutz-zonen und -arealen mit einem Belag abzudichten. Eine Abdichtung erübrigt sich in der Zone S3 bei gering belastetem Strassenabwasser. Im Falle einer Störfallstrasse innerhalb des «Untersuchungsbereichs Störfallrisiken» (vgl. Kapitel 1.4) ist die Notwendigkeit einer Abdichtung anhand einer Risikobeurteilung zu prüfen.

2.2.3. Mulden-Rigolen-Systeme

Ein Mulden-Rigolen-System wird bei einer Entwässerung über das Bankett eingesetzt, wo eine ungenügende Versickerungsleistung besteht oder eine Versickerung nicht zulässig ist (örtlich oder ungenügende Behandlung) und deshalb das Strassenabwasser in einer Sickerleitung gefasst wird. Das System ermöglicht die Ableitung des Wassers an einen Versickerungsstandort, in einen Vorfluter. Das Mulden-Rigolen-System bewirkt eine weitgehende Retention im Hinblick auf die hydraulischen Einleitverhältnisse bei einem oberirdischen Gewässer. Mulden-Rigolen-Systeme sind in Grundwasserschutz-zonen und -arealen nicht zulässig¹. Im Falle einer Störfallstrasse innerhalb des «Untersuchungsbereichs Störfallrisiken» ist die Zulässigkeit von Mulden-Rigolen-Systemen anhand einer Risikobeurteilung zu prüfen. Falls eine Versickerung nicht zulässig ist, müssen Mulden-Rigolen-Systeme gegen unten abgedichtet werden. Wird das System gegen unten nicht abgedichtet, ist der Bodenaufbau gemäss Kapitel 2.3.2ff zu erstellen.

¹ Ausnahme: Bei gering belastetem Abwasser in Zone S3 mit Bodenaufbau gemäss Tab. 2

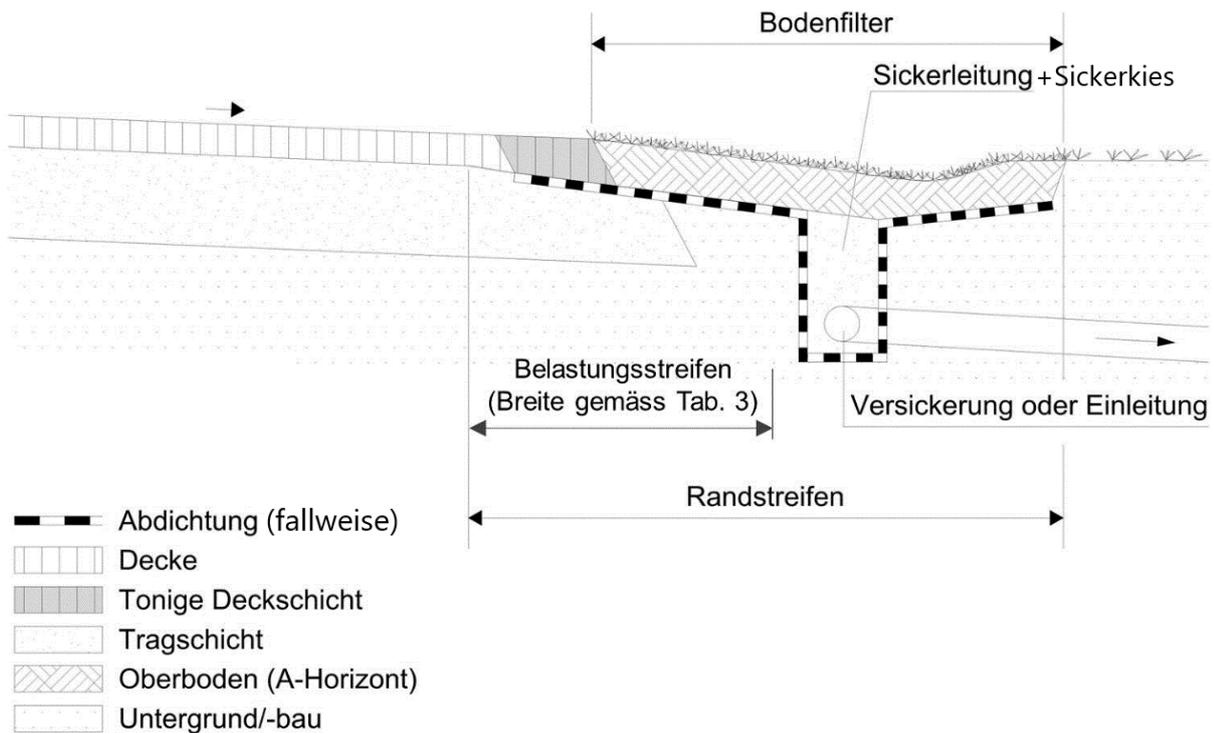


Abbildung 2: Mulden-Rigolen-System

2.3. Technische Grundlagen

2.3.1. Wegleitungen und Normen

Die für die Projektierung und Ausführung massgebende Norm ist die SN 640 354, Strassenentwässerung, Entwässerung über das Bankett [3]. Zu beachten sind jedoch auch die Normen VSS mit Bezug zur Behandlung von Boden (Erdbau, Boden) [6], [7], [8] sowie zur Ausführung von tonigen Deckschichten und Abdichtungen [14].

2.3.2. Anforderungen gemäss Richtlinie Gewässerschutz an Strassen / Strassenentwässerung – Teil 1b: Strategiebericht

Anforderungen an einen künstlichen Bodenaufbau, der im Rand- und Belastungstreifen sicherzustellen ist (siehe auch 2.3.10):

Tabelle 2: Zulässigkeit einer Versickerung über einen künstlichen aufgebauten Boden

Schadstoffbelastung	Gewässerschutzbereich «Übrige Bereiche»	Gewässerschutzbereich A _u ^{1,2}				Grundwasser-schutz-zone	Grundwasser-schutz-areal
		Untergrund feinkörnig		Untergrund grobkörnig			
		Böschungsneigung < 2:5	Böschungsneigung > 2:5	Böschungsneigung < 2:5	Böschungsneigung > 2:5		
hoch (DTV ≥ 14 000)	Fall 1: Zulässig mit 20 cm A (Kap. 2.3.3)	Fall 2: Zulässig mit Bodenaufbau (20/30) (Kap. 2.3.4)	Fall 5: Böschungslänge < 5 m: 30 cm A und am Böschungsfuss 2-schichtiger Bodenaufbau (20/30) (Kap. 2.3.5)	Fall 9: Zulässig mit Bodenaufbau (30/70) (Kap. 2.3.4)	Fall 11: Böschungslänge < 5 m: 30 cm A und am Böschungsfuss 2-schichtiger Bodenaufbau (30/70) (Kap. 2.3.5)	Nicht zulässig (Bestehende Strassen sind mit dem AWEL abzuklären)	Grundsätzlich nicht zulässig Sanierungsfall mit dem AWEL abzuklären
		Fall 6: Böschungslänge > 5 m: 1-schichtig 30 cm A (Kap. 2.3.3)		Fall 12: Böschungslänge > 5 m: 1-schichtig 30 cm A (Kap. 2.3.3)			
mittel (5 000 ≤ DTV < 14 000)	Keine Anforderungen	Fall 3: Zulässig mit Bodenaufbau (10/20) (Kap. 2.3.4)	Fall 7: Böschungslänge < 5 m: 30 cm A und am Böschungsfuss 2-schichtiger Bodenaufbau (10/20) (Kap. 2.3.5)	Fall 10: Zulässig mit Bodenaufbau (20/30) (Kap. 2.3.4)	Fall 13: Böschungslänge < 5 m: 30 cm A und am Böschungsfuss 2-schichtiger Bodenaufbau (20/30) (Kap. 2.3.5)		
			Fall 8: Böschungslänge > 5 m: 1-schichtig 30 cm A (Kap. 2.3.3)		Fall 14: Böschungslänge > 5 m: 1-schichtig 30 cm A (Kap. 2.3.3)		

Schadstoffbelastung	Gewässerschutzbereich «Übrige Bereiche»	Gewässerschutzbereich A _u ^{1,2}				Grundwasser-schutzzone	Grundwasser-schutzareal
		Untergrund feinkörnig		Untergrund grobkörnig			
		Böschungsneigung < 2:5	Böschungsneigung > 2:5	Böschungsneigung < 2:5	Böschungsneigung > 2:5		
gering (DTV < 5 000)	Keine Anforderungen	Fall 4: Zulässig mit 30 cm A (Kap. 2.3.3)				In Zone S3 zulässig mit Bodenaufbau (20/30)	In künftiger Zone S3 zulässig mit Bodenaufbau (20/30)

¹ Im Falle einer Störfallstrasse innerhalb des «Untersuchungsbereichs Störfallrisiken» ist die Zulässigkeit der Versickerung anhand einer Risikobeurteilung zu prüfen.

² In Karstgebieten ist die Situation projektspezifisch mit dem AWEL zu erörtern.

Legende:

- (10/20) 10 cm Oberboden (A), 20 cm Unterboden (B)
- (20/30) 20 cm Oberboden (A), 30 cm Unterboden (B)
- (20/70) 30 cm Oberboden (A), 70 cm Unterboden (B)

Unterboden kann bis zu einer Mächtigkeit von 50 cm auch durch Oberboden ersetzt werden

Die Breite des Belastungsstreifens ist in Abhängigkeit von der Anzahl Fahrzeuge auf dem Strassenabschnitt unterschiedlich. Die folgende Tabelle zeigt die Anforderungen an die Breite des Belastungsstreifens.

Tabelle 3: Breite des Belastungsstreifens in Abhängigkeit von der Anzahl Fahrzeuge

Strasstyp	Breite ab Fahrbahnrand ² (beidseitig=
Autobahn	6 m
Strassen > 20'000 Fz	3 m
Strassen > 10'000 Fz	1.5 m
Strassen > 2'000 Fz	1 m

Nicht zum Belastungsstreifen zählen Flächen, welche sich hinter einem Hindernis befinden, welche das Spritzwasser wirksam zurückhält. Dazu zählen Lärmschutzwände, Mauern oder Böschungen mit einer Höhe von mehr als 2 m.

Die Elemente der Entwässerung über das Bankett für die verschiedenen Fälle finden sich in den folgenden Abbildungen.

2.3.3. Entwässerung über das Bankett mit einem einschichtigen Bodenfilter

Die drei folgenden Abbildungen gelten für die Fälle, die in der folgenden Tabelle beschrieben sind:

Tabelle 4: Fälle einer Entwässerung über das Bankett mit einem schichtigen Bodenfilter

Fall	Mächtigkeit Bodenfilter	Betroffene Abbildungen
0	Übrige Bereiche, DTV < 14'000	Keine Anforderungen
1	Übrige Bereiche, DTV > 14'000	a = 20 cm Abbildung 3, 4, 5
4	Gewässerschutzbereich Au, DTV < 5'000	a = 30 cm Abbildung 3, 4, 5
6	Gewässerschutzbereich Au, Untergrund feinkörnig, Böschungsneigung > 2:5, Böschungslänge > 5 m, DTV ≥ 14'000	a = 30 cm Abbildung 3
8	Gewässerschutzbereich Au, Untergrund feinkörnig, Böschungsneigung > 2:5, Böschungslänge > 5 m, 5'000 ≤ DTV < 14'000	a = 30 cm Abbildung 3
12	Gewässerschutzbereich Au, Untergrund grobkörnig, Böschungsneigung > 2:5, Böschungslänge > 5 m, DTV ≥ 14'000	a = 30 cm Abbildung 3
14	Gewässerschutzbereich Au, Untergrund grobkörnig, Böschungsneigung > 2:5, Böschungslänge > 5 m, 5'000 ≤ DTV < 14'000	a = 30 cm Abbildung 3

² Randmarkierung, Randstein oder Belagsrand der Hauptfahrbahne(en) (ohne Bussupuren, Standstreifen o.ä.)

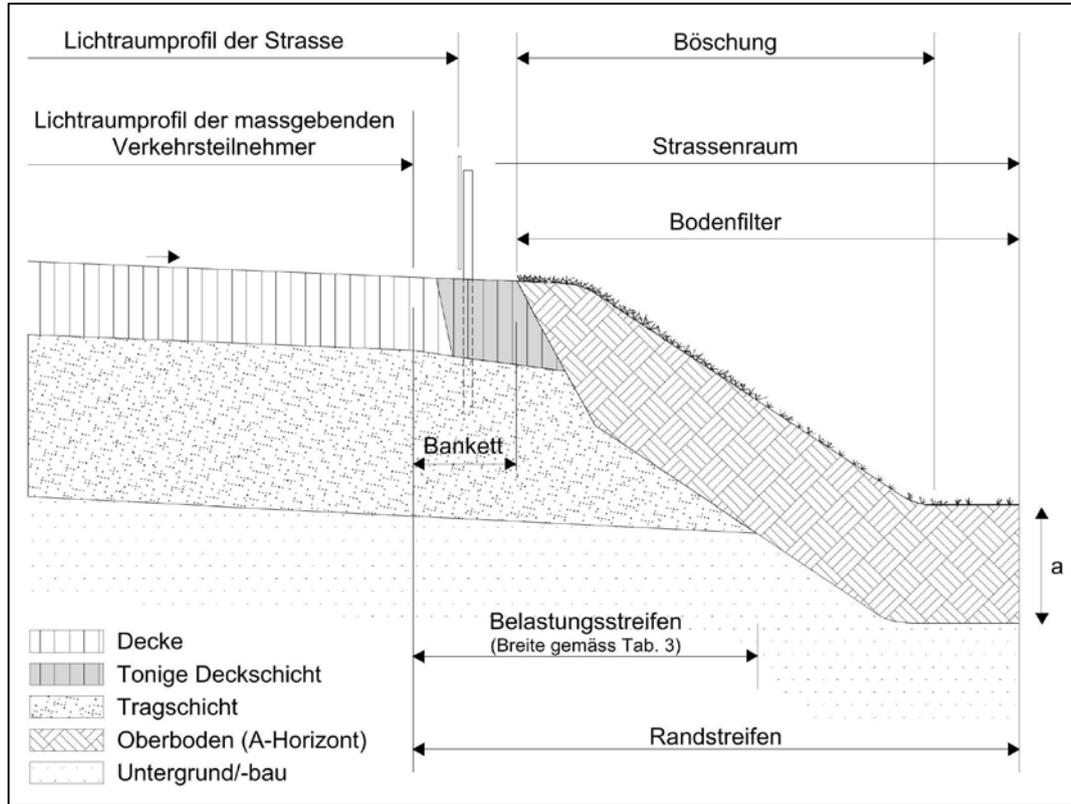


Abbildung 3: Entwässerung über das Bankett auf Dammlage mit einem einschichtigen Bodenfilter

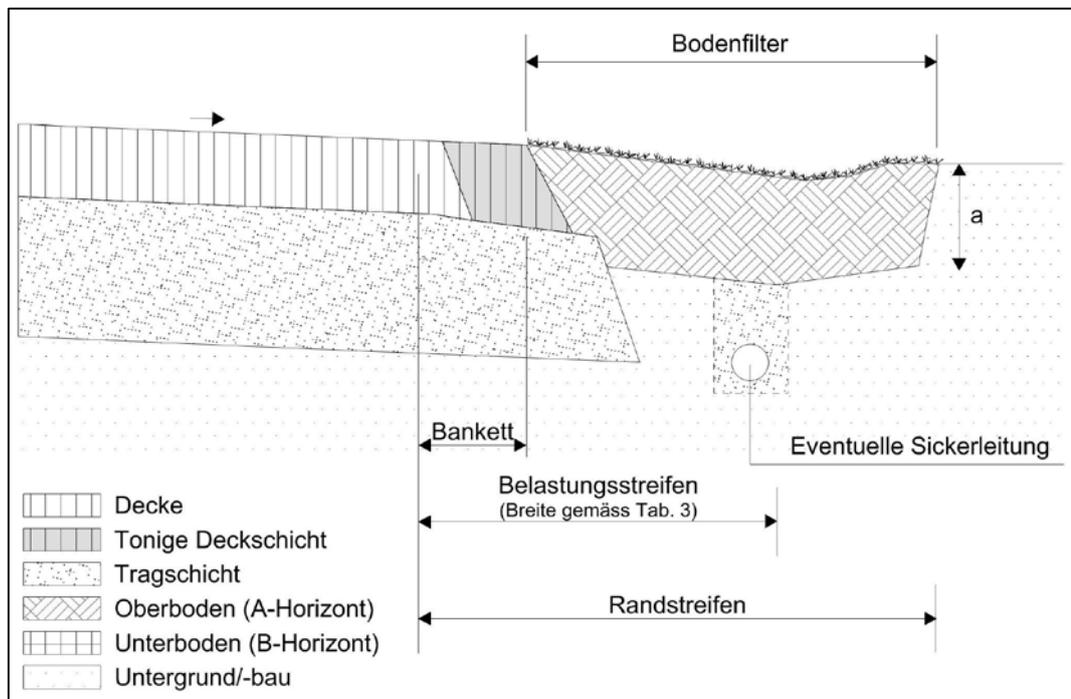


Abbildung 4: Entwässerung über das Bankett im ebenen Gelände mit einem einschichtigen Bodenfilter

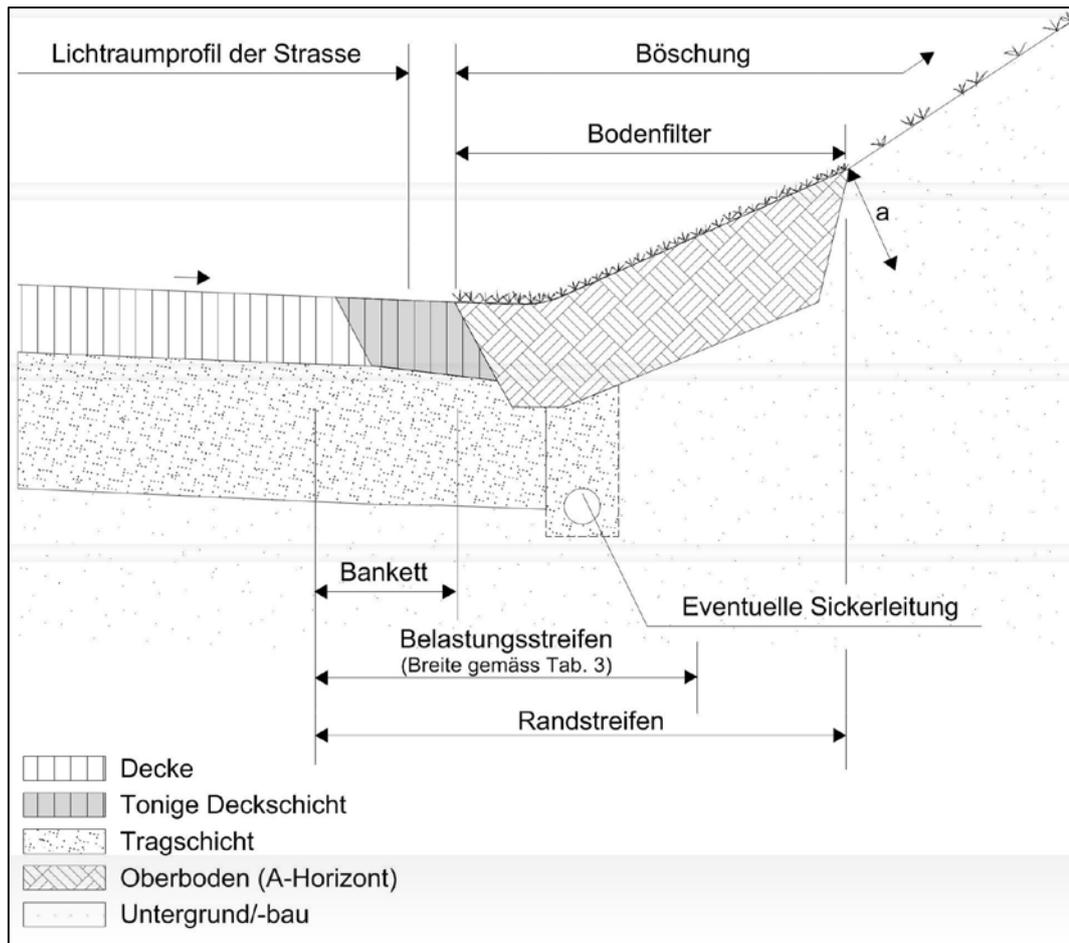


Abbildung 5: Entwässerung über das Bankett im Einschnitt mit einem einschichtigen Bodenfilter

2.3.4. Entwässerung mit einem zweischichtigen Bodenfilter

Die drei folgenden Abbildungen gelten für die Fälle, die in der folgenden Tabelle beschrieben sind:

Tabelle 5: Fälle einer Entwässerung über das Bankett mit einem zweischichtigen Bodenfilter

Fall		Mächtigkeit Bodenfilter	Betroffene Abbildungen
2	Gewässerschutzbereich A_U , Untergrund feinkörnig, Böschungsneigung $< 2:5$, $DTV \geq 14'000$	$a = 20 \text{ cm}$ $b = 30 \text{ cm}$	Abbildung 6, 7, 8
3	Gewässerschutzbereich A_U , Untergrund feinkörnig, Böschungsneigung $< 2:5$, $5'000 \leq DTV < 14'000$	$a = 10 \text{ cm}$ $b = 20 \text{ cm}$	Abbildung 6, 7, 8
9	Gewässerschutzbereich A_U , Untergrund grobkörnig, Böschungsneigung $< 2:5$, $DTV \geq 14'000$	$a = 30 \text{ cm}$ $b = 70 \text{ cm}$	Abbildung 6, 7, 8
10	Gewässerschutzbereich A_U , Untergrund grobkörnig, Böschungsneigung $< 2:5$, $5'000 \leq DTV < 14'000$	$a = 20 \text{ cm}$ $b = 30 \text{ cm}$	Abbildung 6, 7, 8

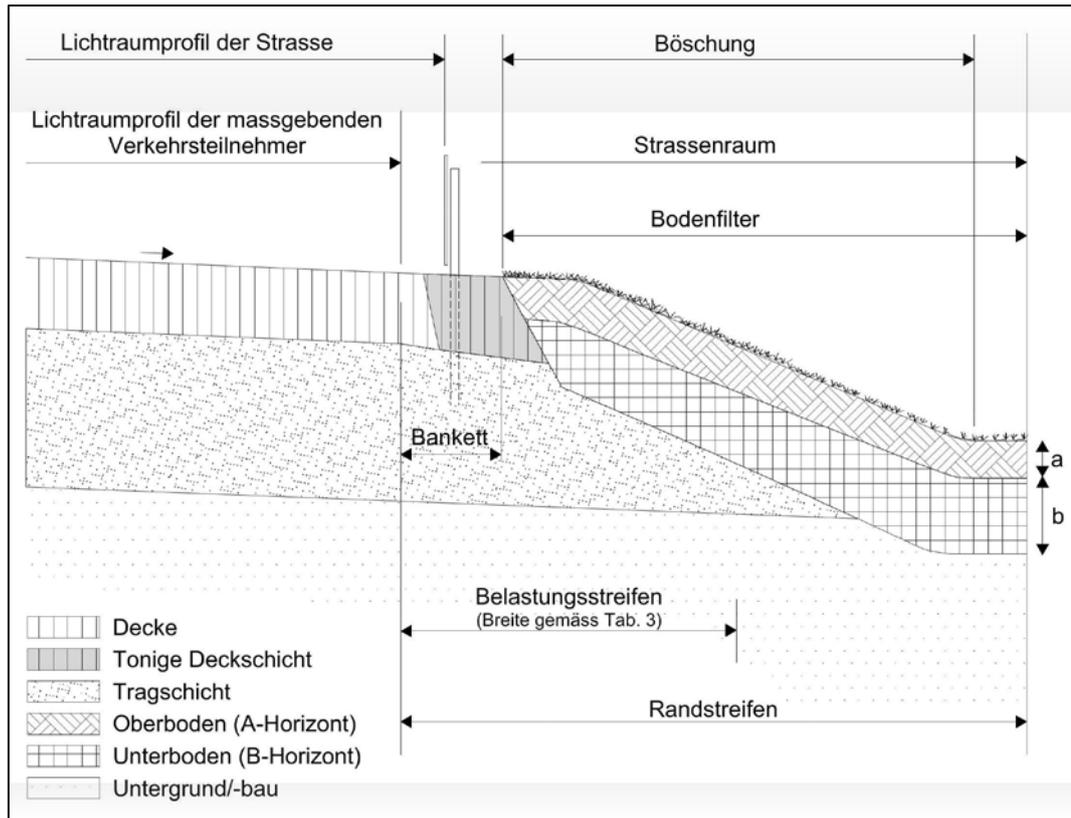


Abbildung 6: Entwässerung über das Bankett auf Dammlage mit einem zweischichtigen Bodenfilter

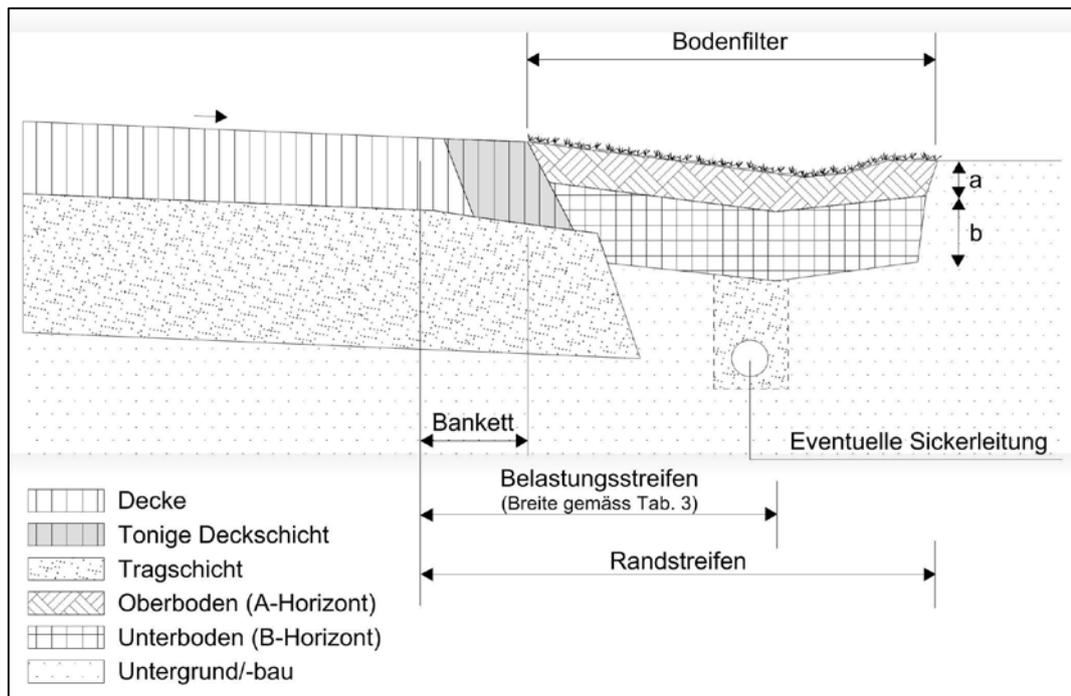


Abbildung 7: Entwässerung über das Bankett in der Ebene mit einem zweischichtigen Bodenfilter

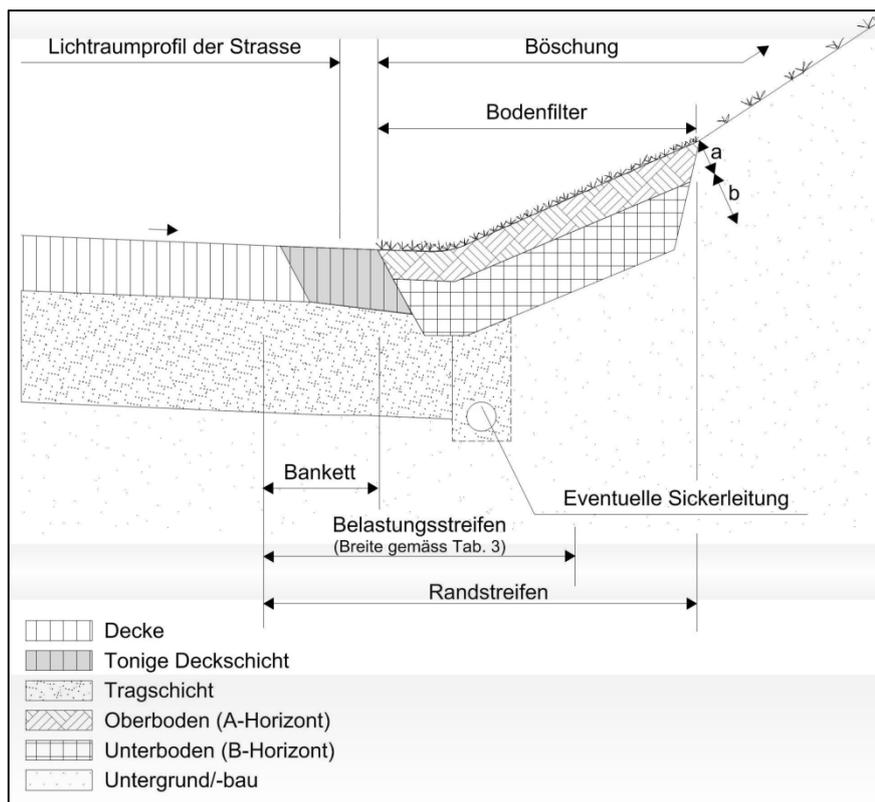


Abbildung 8: Entwässerung über das Bankett im Einschnitt mit einem zweischichtigen Bodenfilter

2.3.5. Entwässerung über das Bankett mit einem zweischichtigen Bodenfilter am Böschungsfuss

Die folgende Abbildung gilt für die Fälle, die in der folgenden Tabelle beschrieben sind:

Tabelle 6: Fälle einer Entwässerung über das Bankett mit einem zweischichtigen Bodenfilter am Böschungsfuss

Fall	Mächtigkeit Bodenfilter	Betroffene Abbildung
5	Gewässerschutzbereich Au, Untergrund feinkörnig, Böschungsneigung > 2:5, Böschungslänge < 5 m, DTV ≥ 14'000 a1 = 30 cm a2 = 20 cm b = 30 cm	Abbildung 9
7	Gewässerschutzbereich Au, Untergrund feinkörnig, Böschungsneigung > 2:5, Böschungslänge < 5 m, 5'000 ≤ DTV < 14'000 a1 = 30 cm a2 = 10 cm b = 20 cm	Abbildung 9
11	Gewässerschutzbereich Au, Untergrund grobkörnig, Böschungsneigung > 2:5, Böschungslänge < 5 m, DTV ≥ 14'000 a1 = 30 cm a2 = 30 cm b = 70 cm	Abbildung 9
13	Gewässerschutzbereich Au, Untergrund grobkörnig, Böschungsneigung > 2:5, Böschungslänge < 5 m, 5'000 ≤ DTV < 14'000 a1 = 30 cm a2 = 20 cm b = 30 cm	Abbildung 9

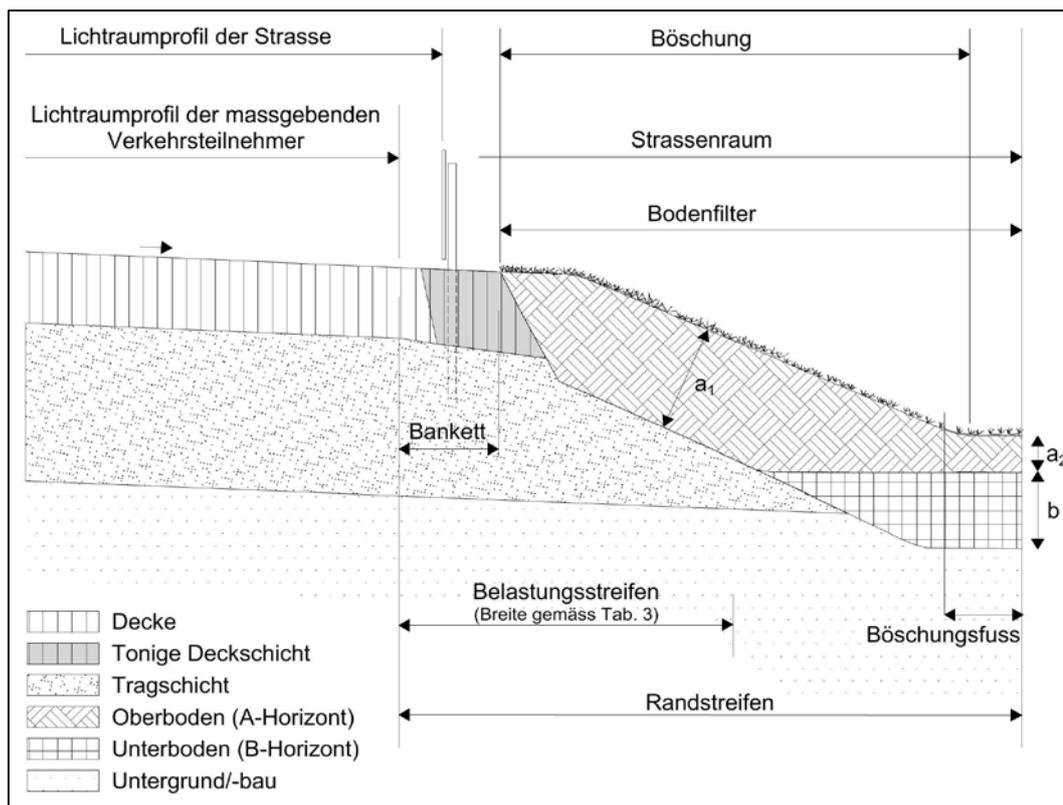


Abbildung 9: Entwässerung über das Bankett mit Böschung und einem zweischichtigen Bodenfilter am Böschungsfuss

2.3.6. Aufbau von Banketten mit toniger Deckschicht

Die Deckschicht des Banketts hat aus einem dauerhaft dichten Material zu bestehen. Es ist ein Material zu verwenden, das basierend auf verfestigenden Reaktionen nach dem Einbau eine erhebliche Festigkeit erreicht. Die Ausführung ist in der Norm SN 640 744, Verkehrsflächen mit ungebundenem Oberbau [11], festgelegt.

Aufbau des Bodenfilters

Der Bodenfilter muss eine ausreichende Reinigungswirkung und Durchlässigkeit aufweisen. Der Tongehalt soll wenn möglich zwischen 10 und 20% liegen, ausnahmsweise zwischen 5 und 25%. Saurer Boden ist zu vermeiden, da sonst Schwermetalle mobilisiert werden können.

Der Einsatz von Bodenfiltern bei der Entwässerung über das Bankett ist mit einem grossen Ausführungsrisiko verbunden, entsprechend ist die Ausführung sehr sorgfältig zu planen und zu überwachen. Insbesondere muss nachgewiesen werden, dass das anfallende Strassenabwasser so zur Versickerung gebracht werden kann, dass die Verkehrssicherheit gewährleistet ist.

2.3.7. Beschaffung und Einbau des Bodenmaterials

Das Bodenmaterial ist hinsichtlich der Beschaffung, des Transports und des Einbaus sorgfältig zu behandeln. Es sind die folgenden Grundlagen zu beachten:

- Die Normen zum Erdbau: SN 640 581a [6], SN 640 582 [7] und SN 640 583 [8]
- Leitfaden Bodenschutz beim Bauen des BUWAL [16]
- Richtlinie für Bodenrekultivierungen, FaBo Kanton Zürich [25] im Fall von Landwirtschaftsböden

2.3.8. Verwendung von leicht belastetem Boden

Gemäss einer Abmachung zwischen dem Tiefbauamt und der Fachstelle Bodenschutz ist soweit vorhanden schwach belastetes Bodenmaterial zu verwenden. Die Filterwirkung ist auch bei belastetem Boden gewährleistet.

2.3.9. Breite des Bodenfilters

Die Breite des Filters steht in einer Beziehung zur Strassenbreite, zur hydraulischen Belastung, sowie zur Neigung des Terrains. Im Bereich des Belastungsstreifens sind bei neuen Strassen die gleichen Anforderungen wie für die Versickerung zu erfüllen. Für die Sickerleistung von sorgfältig aufgebauten Bodenfiltern kann ein Wert von $0.5 - 2 \text{ l/min}\cdot\text{m}^2$ angenommen werden.

2.3.10. Erneuerung von Strassen und Bodenschutz

Die erforderliche Filter-, Retentions- und Versickerungsfunktion kann nur intakter Boden übernehmen. Boden soll deshalb soweit wie möglich in seiner natürlichen Lage belassen werden. Im Hinblick auf die weiterhin erfolgende Aufnahme von Spritzwasser sind bewachsene Streifen neben der Strasse bei Erneuerungsarbeiten nachhaltig zu schützen. Dies bedeutet, dass in diesem Bereich möglichst keine Grabarbeiten ausgeführt und diese nur mit Geräten mit einer geringen Flächenpressung (nur Raupenfahrzeuge) befahren werden. Ebenfalls ist das Befahren nur bei genügend trockenem Boden zulässig. Der Schutz der Seitenstreifen ist bereits bei der Projektierung zu berücksichtigen. Details dazu regelt die Wegleitung Bodenschutz beim Bauen des BAFU. Bodenabtrag und Rekultivierungen richten sich nach Kapitel 2 der Richtlinien für Bodenrekultivierungen des Kantons Zürich [25]. Falls potentiell schadstoffbelasteter Boden (vergleiche Prüfperimeter Bodenverschiebung auf GIS-ZH) abgeführt oder von strassennahen in strassenferne Bereiche verlegt wird, ist die Schadstoffbelastung des Bodens zu berücksichtigen. Massgeblich ist die Wegleitung Bodenaushub des BAFU.

2.3.11. Funktion und Einsatz von Abdichtungen

Die Funktion einer Abdichtung besteht darin, dass das zum Fahrbahnrand abfliessende Strassenabwasser in den Bodenfilter geleitet wird. Dabei bestehen die folgenden Möglichkeiten:

- Nutzung des aus tonigem Deckschichtmaterial bestehenden Banketts
- Einbau einer Abdichtung unter der Fundationsschicht, die aus verdichtetem bindigem Aushubmaterial besteht. Die Dicke hat 0.40 m zu betragen.
- Einbau eines flexiblen Abdichtungssystems gemäss der Norm SIA 272, Abdichtungen und Entwässerungen von Bauten unter Terrain und im Unterbau [14]. Im Vordergrund stehen geosynthetische Tondichtungsbahnen.

Der Durchlässigkeitsbeiwert der Abdichtung hat einen K-Wert von $\leq 10^{-7} \text{ m/s}$ zu erreichen. Folgende Tabelle zeigt die Zulässigkeit verschiedener Anlagen unter Berücksichtigung der Abdichtung.

Tabelle 7: Erfordernis von Abdichtungen und Zulässigkeit bei verschiedenen Strassenabwasser-Anlagentypen

Anlage	Übrige Gebiete	Gewässer-schutzbereich Au	Grund-wasser-schutzzone	Grund-wasser-schutzareal
Mulde-Rigole ¹	Abdichtung nicht zwingend	Abdichtung nicht zwingend ⁵	nicht zulässig ^{3, 5}	nicht zulässig ^{3, 5}
Retentions-filterbecken ²	Abdichtung zwingend	Abdichtung zwin-gend	nicht zulässig ⁴	nicht zulässig ⁴
Retentions-becken (ohne Behandlung)	Abdichtung zwingend	Abdichtung zwin-gend	nicht zulässig ⁴	nicht zulässig ⁴

¹ genügender Bodenaufbau vorausgesetzt

² Sandfilteranlagen

³ Ausnahme: in der Zone S3 bei gering belastetem Abwasser zulässig

⁴ Ausnahme: in der Zone S3 bzw. künftiger Zone S3 zulässig

⁵ Im Falle einer Störfallstrasse innerhalb des «Untersuchungsbereichs Störfallrisiken» ist die Notwendigkeit einer Abdichtung anhand einer Risikobeurteilung zu prüfen.

3. Retentionsfilterbecken (RFB)

Dieses Kapitel beschreibt die Behandlung des Strassenabwassers bei anschliessender Einleitung in ein Oberflächengewässer oder Versickerung. Wenn die Möglichkeit besteht, wird nach Behandlung die Einleitung in ein Oberflächengewässer bevorzugt. Vorbehalten bleibt die Risikobeurteilung bei Störfallstrassen. Aufgrund des meist grossen Retentionsvolumens und der langsamen Durchströmung kann das Risiko mit geeigneten Massnahmen (Störfallschieber o.ä.) i.d.R. auf ein tragbares Mass reduziert werden.

3.1. Konzept der Anlage

Retentionsfilterbecken (RFB) erfüllen verschiedene Funktionen. Sie reduzieren die hydraulische Belastung des Einleitgewässers, filtern Schadstoffe aus dem Abwasser und können bei einem Havarie-Fall als Rückhaltebecken für wassergefährdende Stoffe dienen. Gleichzeitig erfüllen sie eine Funktion als Lebensraum für Pflanzen und Tiere, insbesondere bei entsprechender Gestaltung der Böschungen und der Umgebung. Es existieren verschiedene Typen von RFB. In der BAFU Wegleitung Gewässerschutz bei der Entwässerung von Verkehrswegen (2002) werden einzig RFB mit Bodenfilter vorgeschlagen. Bodenfilter mit ausreichend mächtigem Aufbau verfügen über eine gute Reinigungsleistung, haben aber auch Nachteile. Zuerst muss geeignetes Bodenmaterial zur Verfügung stehen. Dessen Einbau erfordert grosse Sorgfalt, da sonst die Bodenstruktur geschädigt und die Sickerfähigkeit reduziert werden kann. Trotz sorgfältigem Einbau erreichen Bodenfilter deutlich kleinere Sickerraten als andere Anlagen. Dadurch wird der Flächenbedarf gross. Bodenfilter müssen im Betrieb gemäht werden. Die Kolmationsgefahr ist relativ hoch und es besteht die Gefahr präferenzialer Fließwege. Aus diesem Grund werden heute vermehrt alternative Filtermaterialien gewählt.

Verschiedene Untersuchungen zeigen, dass die Schadstoffe im Strassenwasser hauptsächlich an Partikel gebunden sind. Solche können mit einem Sandfilter wirksam zurückgehalten werden. RFB mit einem Sandfilter und Schilfbewuchs weisen deshalb einen hohen Wirkungsgrad bezüglich des Rückhalts von Schadstoffen, wie Schwermetalle und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), auf. Sie bedingen nach dem Aufwuchs des Schilfs einen im Vergleich zu anderen RFB-Systemen geringen Unterhalt. Ist die Fracht an ungelösten Stoffen (GUS) nicht übermässig (keine Zufahrten zu Kiesgruben, kein Wasser erosionsgefährdeter Flächen), funktionieren RFB mit Sandfilter auch ohne grosse Vorbehandlung. Dies zeigen auch Unterlagen der Vereinigung DWA [19] sowie des ASTRA [27]. Demnach sind Sandfilter mit Schilfbewuchs weitgehend resistent gegenüber Schlammablagerungen. Eine Bedingung sind jedoch häufige Leerungen von Schlamm-sammlern. Des Weiteren sind Sammler einzusetzen, die hinsichtlich einer Aufwirbelung des deponierten Schlammes optimiert sind.

Kies-Split-Filter weisen deutlich höhere Sickerraten und eine geringe Kolmationsgefahr auf. Dafür ist die Reinigungsleistung deutlich niedriger. Abhilfe kann der Einbau künstlicher Absorber-Materialien schaffen. Diese sind allerdings teuer und erfüllen in der Praxis nicht immer die Erwartungen.

3.2. Beschrieb der Anlage

Ein Schema der Anlage ist in der Abbildung 9 dargestellt. Im Folgenden finden sich Angaben zur Ausführung der RFB.

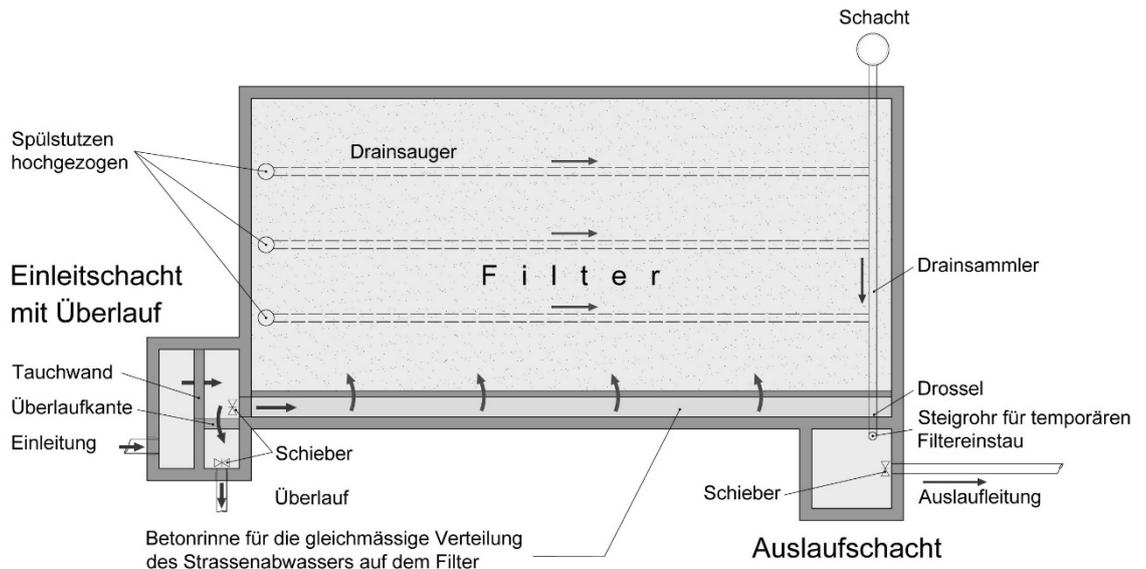


Abbildung 10: Schema eines Retentionsfilterbeckens

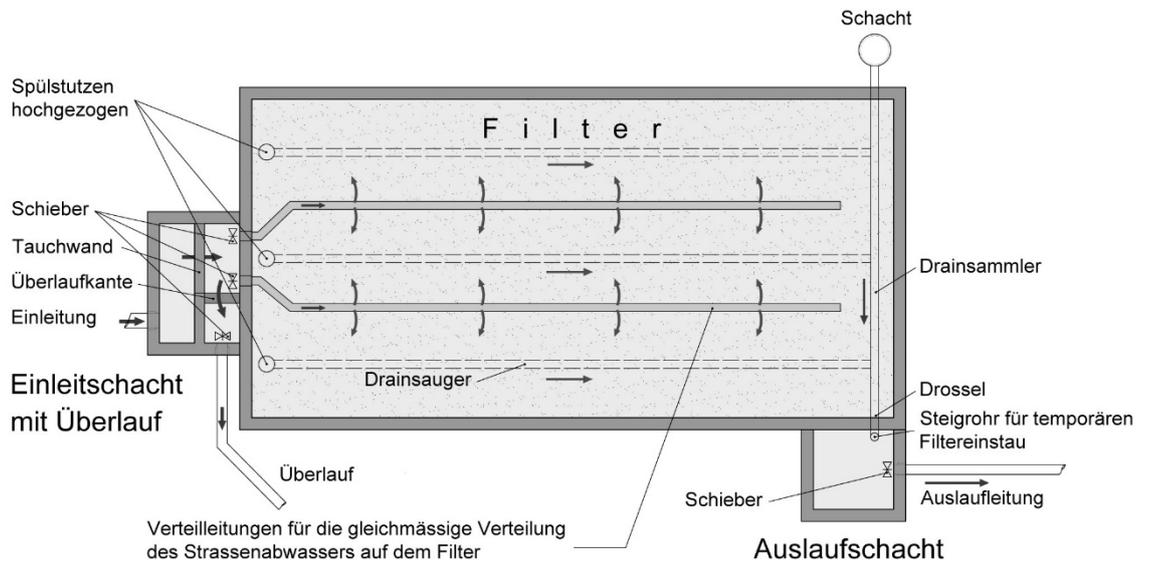


Abbildung 11: Schematische Darstellung eines RFB mit alternativem Verteilsystem

- Für einen ausgeglichenen Bewuchs des Schilfs ist eine möglichst gleichmässige Beschickung des Filters mit Wasser notwendig. Dies bedingt u.a. eine Optimierung des Längen-Breiten-Verhältnisses. Zur Förderung einer gleichmässigen Beschickung ist eine "Rinne" oder ähnliche Einrichtung am Beckenrand vorzusehen.
- Der Filter besteht aus einer Sand- und einer Kiesschicht als Drainage sowie einer Sickerleitung und dem Schilfbewuchs.
- Für die gute Funktion des Filters und für einen ausgeglichenen Bewuchs des Schilfs ist eine möglichst gleichmässige Beschickung des Filters notwendig. Dies bedingt u.a. eine Optimierung des Längen-Breiten-Verhältnisses. Zur Förderung einer gleichmässigen Beschickung ist ein geeignetes Verteilsystem vorzusehen.
- Grössere Filter sollen in zwei separat beschickte Hälften getrennt werden, um Unterhaltmassnahmen zu erleichtern.
- Dem Becken ist ein Einlaufschacht vorgeschaltet, welcher den Zufluss zum Verteilsys-

tem oder bei Regen mit einem grossen Volumen via Überlauf zur Entlastungsleitung leitet.

- Im Einlaufschacht sollen sowohl aufschwimmende Stoffe wie Oel oder Geschwemmsel als auch das grösste Geschiebe (Kies, Sand) zurückgehalten werden. Feinere Partikel werden mit dem Wasser auf das RFB geleitet und akkumulieren dort als Sedimentauflage (Filterkuchen). Alles zufließende Wasser strömt unter der Tauchwand hindurch.
- Für Unterhaltsarbeiten oder im Ereignisfall sollen die Zuleitung zum RFB und die Entlastungsleitung mit einem Schieber geschlossen werden können. Der Auslaufschacht nimmt das von der Drainage zufließende gereinigte Wasser zur Weiterleitung zum Vorfluter auf. Allenfalls übernimmt er auch das Abwasser aus dem Überlauf. Der Schacht ist mit Ablaufschieber, Drossel und Steigrohr sowie einer Vertiefung von ca. 50 cm zur Entnahme von Wasserproben auszurüsten.
- Die Überlaufleitung kann auch direkt in den Vorfluter geführt werden. Für Störfallstrassen muss eine solche Überlaufleitung mit einem Schieber verschliessbar sein.
- Der Einlaufschacht soll mit einem Gitterrost abgedeckt werden. Die anderen Schächte und Spülstutzen sind mit Schachtabdeckungen und Aufsätzen gemäss den Normalien für Staatsstrassen, Blatt Nr. 320, auszuführen. Es sind Schachtdeckel mit Ventilationslöchern einzusetzen.
- Zur Reduktion der Anzahl von Durchdringungen der Abdichtung mit Leitungen kann ein Drainagesystem mit Saugern und einer Sammelleitung eingesetzt werden (vgl. Abbildungen 9 und 10). Alle Leitungen inkl. Sauger sind für das Spülen zugänglich zu gestalten, d.h. mindestens einseitig mit einem Schacht oder Spülstutzen zu versehen.

3.3. Hydraulische Bemessung

3.3.1. Grundlagen

Die hydraulische Bemessung basiert auf den folgenden Grundlagen:

- Norm SN 640 350, Regenintensitäten [1]
- Norm SN 640 353, Abfluss [2]
- Norm SN 640 357, Bemessung der Leitungen [4]
- Abflusskoeffizienten gemäss Ziffer 3.3.2 und 3.3.3

3.3.2. Abflusskoeffizienten Strassen

Für die Berechnung des Retentionsvolumens sind die folgenden Abflusskoeffizienten zu beachten:

- Strassen ausserhalb des Siedlungsgebietes:
 - Normalfall 0.6...0.7
 - Borde mit einer Höhe > 0.07 m und nahe beim Fahrstreifen des motorisierten Verkehrs 0.7
 - Strassen mit Leitschranken auf einem dichten Bankett beidseits der Strasse mit einer Entwässerung zur Fahrbahn 0.7
 - Strassen mit Lärmschutzwänden oder -wällen 0.8
- Strassen innerhalb des Siedlungsgebietes
 - Beidseitige Überbauung 0.8
 - Einseitige Überbauung 0.7

3.3.3. Abflusskoeffizienten Böschungen

Für die Abflussberechnung ist die Breite des Einzugsgebietes neben der Strasse zur Berechnung der massgebenden Fläche mit max. 15 m anzunehmen. Im Weiteren sind die fol-

genden Abflusskoeffizienten zu berücksichtigen:

- Ungestörter Oberboden 0.2
- Gestörter Oberboden 0.4
- Bewachsener Untergrund 0.2...0.7 (je nach Sickerfähigkeit)

3.3.4. Bemessung der Filterfläche

Die unten angegebene Dimensionierungsvorgabe für die Bestimmung der Filterfläche ergibt sich als Richtwert aus den bisher durchgeführten Funktions- und Leistungsprüfungen von SABAs im Kanton Zürich, sowie aus Literaturangaben. Die Filterfläche soll mindestens 100 m² und höchstens 150 m² pro Hektare Strassenfläche betragen, ohne Berücksichtigung von Abflusskoeffizienten und ohne Einbezug der Böschungflächen. Der obere Wert soll bei höherem zu erwartenden Sedimenteintrag, z.B. bei Strecken mit Lärmschutzwänden, sehr steilen Abschnitten oder inhomogenem Verkehr wie Ein- und Ausfahrten eingesetzt werden. Die zur Sicherstellung des erforderlichen Retentionsvolumens resultierende Einstauhöhe soll höchstens 80 cm betragen. Allenfalls ist die Filterfläche deshalb zu vergrössern.

3.3.5. Drosselung und Ableitungsspende

- In den ersten ca. 2 Jahren soll der Ablauf des RFB auf ca. 3 bis 5 Liter pro Minute und pro m² gedrosselt werden. Unmittelbar nach Inbetriebnahme ist der Sand sehr durchlässig. Mit der Zeit bildet sich durch den Sedimenteintrag auf der Filteroberfläche ein Filterkuchen, der die Sickerleistung begrenzt, so dass dann auf die Drosselung verzichtet werden kann.
- Bei kleinen Vorflutern muss die Drosselung zur Einhaltung der Einleitungsbedingungen bezüglich Retention allenfalls auch später beibehalten werden (vgl. Kap. 3.6).

3.3.6. Bemessung des Retentionsvolumens

- Das Retentionsvolumen berechnet sich auf der Basis des massgebenden Regens und des gedrosselten Ausflusses aus dem Becken von 3 bis 5 l/min*m². Der kleinere Wert soll bei höherem zu erwartenden Feinmaterialeintrag, z.B. bei Staubentwicklung in der Umgebung von Kieswerken etc. oder bei Strecken mit unmittelbar an die Strasse anliegenden Hindernissen, wie Lärmschutzwänden, etc. eingesetzt werden. Bei kleinen Gewässern ergibt sich die einzuhaltende Ableitungsspende aus den Einleitbedingungen bezüglich Retention.
- Im Durchschnittsjahr müssen mindestens 90% des anfallenden Strassenabwassers in der Anlage behandelt werden. Bis zu 10% des Abflusses können ohne Behandlung in der Anlage in das Gewässer entlastet werden. Bei einer Einleitung ins Grundwasser (Versickerung) darf dies jedoch nicht unterirdisch erfolgen.
- Die Berechnung des erforderlichen Retentionsvolumens kann mittels Langzeitsimulation, oder gemäss Tabelle 8 erfolgen.
- Beispiel: Strasse im Unterland, ausserorts mit Abflusskoeffizient 0.6. Die angeschlossene Strassenfläche beträgt 1.0 ha. Es entwässern keine Böschungflächen auf die Fahrbahn. Berechnung: 1.0 ha x 0.6 = 0.6 ha_{red}. Für diese Anlage ist gemäss Tabelle 8 ein Retentionsvolumen von 50 m³ x 0.6 = 30 m³ erforderlich.
- Um die sich mit der Zeit bildende Sedimentauflage zu berücksichtigen, ist ein Zuschlag von 10 cm Höhe zu berücksichtigen (Sedimentstapelraum).
- Bei sehr kleinen oder empfindlichen Vorflutern muss mit einem geeigneten Simulationsprogramm überprüft werden, ob das Gewässer die Zusatzbelastung durch die Anlage verkraften kann.

Tabelle 8: Bemessungstabelle für RFB für ein Einzugsgebiet von einer Hektare reduziert

Zone	Regen pro Jahr [mm]	Retentionsvolumen* [m ³ /ha _{red}]
Unterland Weinland	1'000	50
Limmattal Winterthur Glattal bis Greifensee	1'100	60
Zürichsee Oberes Glattal	1'200	70
Oberland Sihl-Bergland	1'400	80

Legende: * Die Werte sind mit dem Abflusskoeffizienten gemäss Ziffer 3.3.2 für die Strasse sowie mit den Koeffizienten des Abflusses des Einzugsgebietes neben der Strasse gemäss Ziffer 3.3.3 zu korrigieren.

3.4. Auslegung der Leitungen

3.4.1. Zuleitung

Die Zuleitung ist basierend auf den folgenden Grundlagen zu bemessen:

- Regenintensität gemäss der Norm SN 640 350, Regenintensitäten [1], mit einem einjährigen Regen und einer Dauer von 15 Minuten.
- Norm SN 640 353, Abfluss [2]
- Norm SN 640 357, Bemessung der Leitungen [4]
- Abflusskoeffizient gemäss Ziffer 3.3.2
- Fremdwasser muss unbedingt abgetrennt werden.

3.4.2. Überlauf

Der Überlauf bzw. die Überlaufleitung ist wie die Zuleitung zu bemessen. Er ist OK der maximalen Stauhöhe anzuordnen.

3.5. Sicherheitsmassnahmen zum Schutz des RFB vor wassergefährdenden Flüssigkeiten

Durch Schliessung der beiden Schieber im Einlaufschacht können wassergefährdende Flüssigkeiten auch im Kanalsystem zurückgehalten werden. Damit können insbesondere bei kleineren Störfällen das RFB funktionsfähig erhalten bleiben und aufwendige Sanierungsarbeiten vermieden werden.

3.6. Reduktion der hydraulischen Belastung bei Gewässern mit geringem Abfluss

Mit dem Einsatz von mit Schilf bewachsenen RFB werden die Anforderungen hinsichtlich der Einleitung des Strassenabwassers in oberirdische Gewässer im Zusammenhang mit der hydraulischen Belastung allgemein erfüllt. In besonderen Fällen mit einer sehr geringen Wasserführung des Vorfluters ist die Notwendigkeit einer ergänzenden Retention zu prüfen. Grundlagen dazu finden sich unter Ziffer 4.3.3. Dabei ist die Herabsetzung der Drosselung im Hinblick auf die Einleitverhältnisse festzulegen.

3.7. Ein- und Auslaufschacht

Eine mögliche Auslegung des Einlaufschachtes ist schematisch in Abbildung 11 dargestellt. Im Einlaufbauwerk ist eine Tauchwand zum Rückhalt von Öl und Grobstoffen wie PET-Flaschen und anderem Abfall einzubauen. Das Volumen des Abscheideraums unter Dauerstau soll mindestens 3 m³ betragen. Die Zuleitung zum RFB sowie die Entlastungsleitung sind mit einem Schieber zu versehen. Die Abdeckung soll mit einem Gitterrost ausgeführt werden (kein Schachtdeckel). Es sind entsprechende Vorkehrungen für die Sicherungsmassnahmen gemäss SUVA sowie für den Ausstieg von Amphibien zu treffen. Bei Störfallstrassen dürfen keine wirksamen Zündquellen vorhanden sein. Die Schieber sind explosionsgeschützt auszuführen.

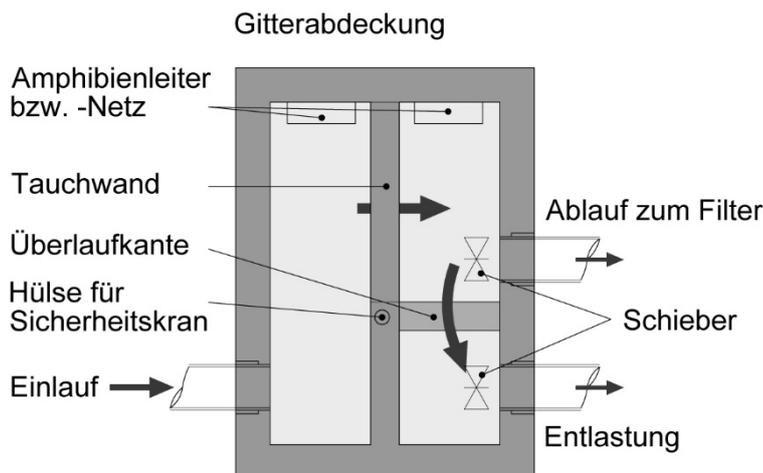


Abbildung 12: Schematische Darstellung Einlaufbauwerk

Im Auslaufschacht werden die Drainagen des RFB zusammengeführt. Am Ende der Drainageleitungen ist ein demontierbares Steigrohr vorzusehen. Dieses hat die temporäre Bewässerung des Filters zur Förderung des Schilfbewuchses zu ermöglichen und den Wasserstand zu regeln. Zur Kontrolle der Sickerleistung des Sandfilters ist im Ablaufschacht eine Drosseleinrichtung vorzusehen. Die Drossel ist so zu planen, dass die Sickerleitung einfach mit dem Druckwasserreinigungsgerät gespült werden kann und dass zur temporären Schilfbewässerung die Drossel ganz geschlossen werden kann (z.B. mit Deckel). Der Schacht ist zudem mit einer Vertiefung von 0.5 m zur Entnahme von Wasserproben auszurüsten. Beim Auslauf des Auslaufschachtes ist ein Schieber anzubringen. Dieser gewährleistet im Ereignisfall ein einfaches Verschliessen des Auslaufs.

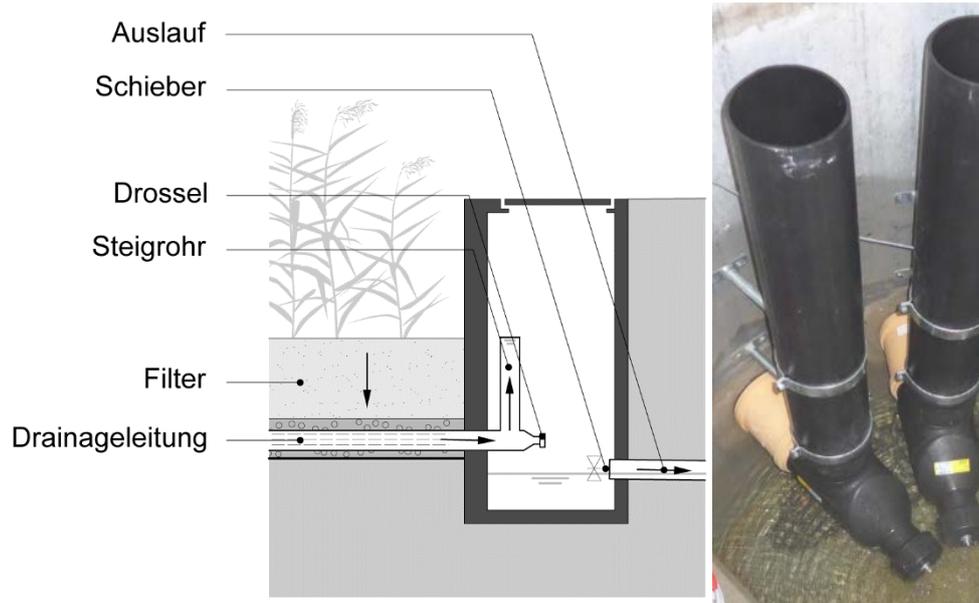


Abbildung 13: Steigrohr im Ablauf des RFB zur Bewässerung des Schilfbestandes

3.8. Zufahrt und Unterhaltswege

Die Erschliessung der SABA soll möglichst platzsparend, aber trotzdem so erfolgen, dass der Unterhalt einfach möglich ist. Situationsbezogen ist die geeignete Erschliessung mit dem Unterhaltsdienst und im Falle von Störfallstrassen mit den Einsatzdiensten zu besprechen. Der Schieber im Auslaufschacht muss jederzeit einfach zugänglich sein.

Der Einlaufschacht muss für ein 40 Tonnen Fahrzeug zugänglich sein. Dazu ist normalerweise eine 4 Meter breite Zufahrt notwendig (inkl. Bankett). Für das Spülen der Leitungen muss das Spülfahrzeug genügend nahe an die Schächte bzw. Spülstützen fahren können, wobei der Spülschlauch auch von Hand ausgezogen werden kann. Als Faustregel soll die maximale Länge des Spülschlauchs vom Fahrzeug bis Leitungsende nicht mehr als 85 m betragen.

Das RFB selber mit Schilfbewuchs muss nicht gemäht werden und muss somit nicht maschinell zugänglich sein. Der Unterhalt an den Böschungen des RFB kann in der Regel von Hand erfolgen. Dazu ist ein begehbare Unterhaltsweg rund um das RFB vorzusehen, welcher ebenfalls als Zugang für die visuelle Kontrolle dient. Bei grösseren RFB's ist darauf zu achten, dass die Transportwege für Schnittgut nicht zu lang werden und ein Auflad direkt auf ein Fahrzeug oder mit Kranwagen möglich ist. Die Auslegung der Zufahrten und Unterhaltswege ist in Abbildung 14 schematisch dargestellt und soll mit dem verantwortlichen Unterhaltsdienst abgeklärt werden.

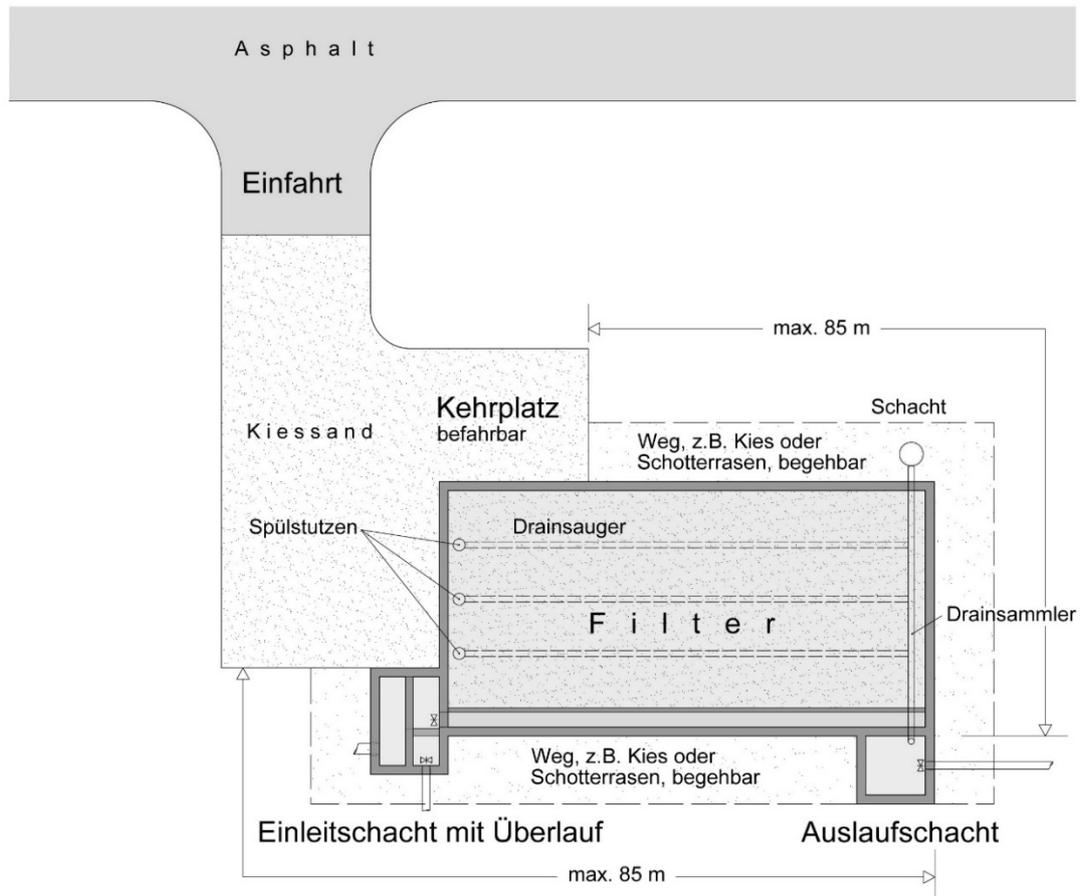


Abbildung 14: Schematische Darstellung der Zufahrt und Unterhaltswege des RFB

Die Schichtstärke der Zufahrt soll auf ein Fahrzeug 40 t ausgelegt werden und mindestens 50 cm Kiessand 0/45 gebrochen betragen.

3.9. Ausführung der Becken

3.9.1. Lichtverhältnisse

Bei der Standortwahl müssen die Lichtverhältnisse berücksichtigt werden, um das Gedeihen der Vegetation zu gewährleisten. An schattigen Standorten können statt Schilf in Absprache mit einer Fachperson geeignete alternative Pflanzen (z.B. Rohrkolben) gesetzt werden.

3.9.2. Bodenschutz

Bei der Standortwahl und der Ausführung der RFB ist der Bodenschutz zu berücksichtigen. Die folgenden Regeln sind zu beachten:

- Die Standortwahl ist so zu wählen, dass möglichst wenig Kulturland verloren geht. Vor allem ist eine Platzierung in Fruchtfolgeflächen nach Möglichkeit zu vermeiden.
- Der Einsatz von Betonbecken ist zu prüfen. Die Becken müssen nicht mit einer Sohle aus Beton ausgeführt werden. Allgemein wird die Sohle mit bindigem Boden oder einer Abdichtung ausgeführt.
- Eine Alternative sind Becken mit Steinkörben. Diese benötigen jedoch etwas mehr Fläche als Betonbecken.
- Eine weitere Ausführung sind Becken mit bewachsenen Böschungen. Diese benötigen insbesondere bei kleinen Becken einen grösseren Flächenanteil.

3.9.3. Landschafts- und Naturschutz

- Der Standort ist so zu wählen, dass sich die Anlage gut in die Umgebung integriert.
- In der Landschaft sind grundsätzlich Becken mit bepflanzten Erdböschungen erwünscht. Im urbanen Umfeld eignen sich auch Betonbecken.
- In steilerem Gelände können Stützmauern mit Steinkörben eine Alternative sein.
- Naturschützerisch wertvolle Standorte sind zu vermeiden
- Umgebungsbereiche sind nach Möglichkeit naturnah und extensiv zu gestalten

3.9.4. Topografie

RFB an Böschungen sind als Betonbecken oder Becken mit Steinkörben mit einem grossen Wert für das Längen-Breiten-Verhältnis auszuführen.

3.9.5. Verteilung des Zuflusses

Für die gute Funktion des Filters und für einen ausgeglichenen Bewuchs des Schilfs ist eine möglichst gleichmässige Beschickung des Filters notwendig. Dies kann durch eine günstige Geometrie und ein geeignetes Verteilsystem erreicht werden (vgl. Abbildung 10 und Abbildung 11).

Die Verteilung des zufließenden Strassenabwassers kann seitlich über eine Rinne oder „mittig“ mit einem System von Rinnen, gelochte Leitungen, Halbschalen oder gedückten Rohren mit vertikalen Rohrabzweigern erfolgen (vgl. Abbildung 10 und Abbildung 11). Aufgrund der bisherigen Erfahrungen hat sich noch kein System als Standard etabliert, das optimal allen Einwirkungen (Laubeintrag, differentielle Setzungen, Eisbildung) widersteht. Für eine möglichst flächige Beschickung soll der maximale Abstand von Verteilsystem bis Filterrand auf ca. 10 m beschränkt werden.

Das Verteilsystem muss so ausgelegt werden, dass ein Rückstau im Einlaufbauwerk erst bei gefülltem RFB erfolgt. Je nach System sind somit Entlastungsöffnungen vorzusehen (z.B. bei Verteilleitungen).



Abbildung 15: Verschiedene Systeme zur Verteilung des Zuflusses (Aufnahmen bei Einstau für Anwuchsphase des Schilfs)

3.9.6. Gestaltung der Becken

Funktion der Bauteile

In Abbildung 16 findet sich ein Querschnitt mit den funktionsbezogenen Elementen eines RFB.

Beispiel Schnitt durch Ein- Auslaufbauwerke

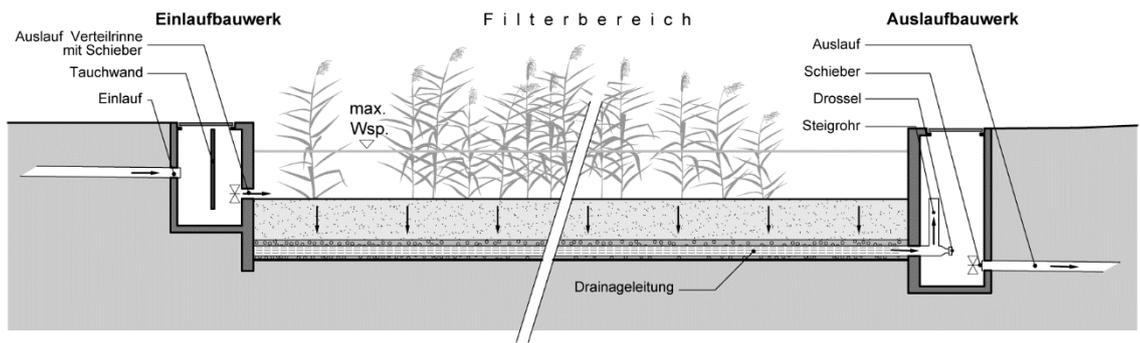


Abbildung 16: Querschnitt RFB mit Einlauf- und Auslaufbauwerk

Becken mit bepflanzten Böschungen

Eine Darstellung findet sich in Abbildung 19 rechts. Die Becken können mit eher steilen (2:3) Böschungen hinsichtlich des Flächenbedarfs optimiert werden. Flache Böschungen erleichtern den Unterhalt. Die situationsbezogenen Verhältnisse sind jedoch zu prüfen. Die optimale Eingliederung in der Landschaft soll im Vordergrund stehen.

Becken mit Winkelplatten oder aus Betonelementen

Eine schematische Darstellung des Beckens findet sich in Abbildung 17 resp. Abbildung 18. Das RFB ist hinsichtlich der Ausführung einfach. Das Einleitungs- und das Auslaufbauwerk können an das Becken angebaut werden. Es können jedoch auch Schächte gemäss den Normalien für Staatsstrassen eingesetzt werden. Der Einbau einer Abdichtung ist einfach. Zur Verhütung eines präferenziellen Fließweges an Beckenwänden im Filterbereich sind diese mit einer Schalung mit einer strukturierten Verkleidung auszuführen. Die Erhebungen haben mindestens 3 mm zu betragen.

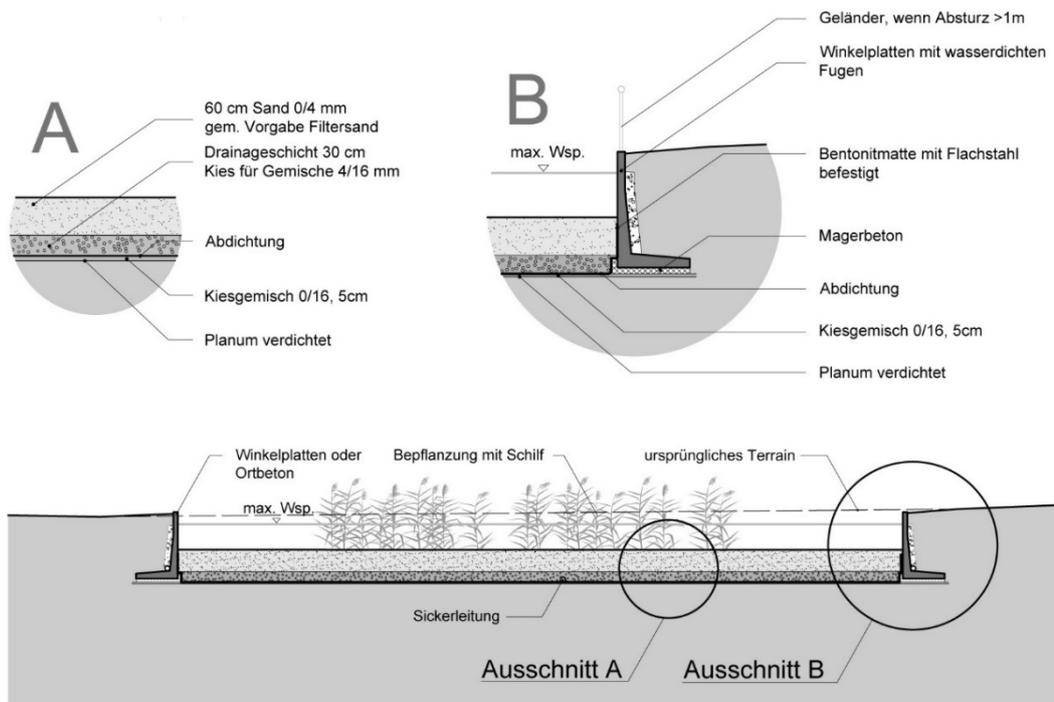


Abbildung 17: Becken mit Winkelplatten

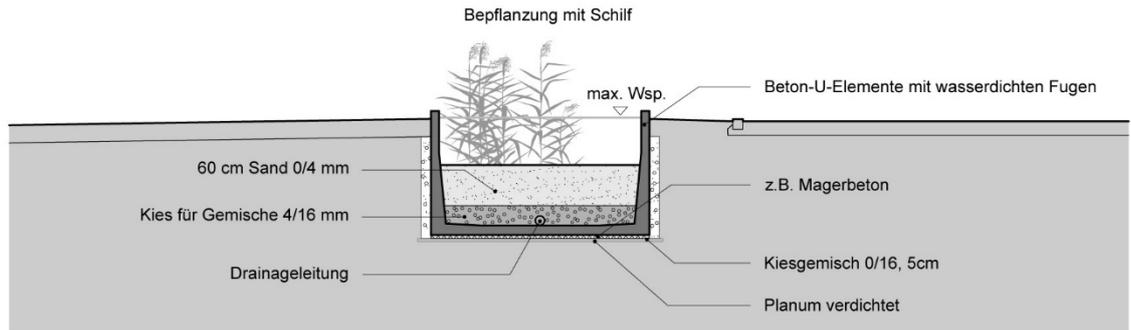


Abbildung 18: RFB aus Betonelementen

Becken mit Steinkörben

Eine Darstellung findet sich in Abbildung 19 links. Der Platzbedarf ist grösser als bei einem Betonbecken. Im Weiteren ist der Einbezug des Zufluss- und des Ausflussbauwerks in das Beckenbauwerk nicht möglich. Für die Steinkörbe für Reptilien geeignetes Füllmaterial wählen (nicht zu fein). Oberhalb des maximalen Wasserspiegels Körbe direkt ins anstehende Material einbinden, ohne Geotextil oder verdichtete Hinterfüllung.

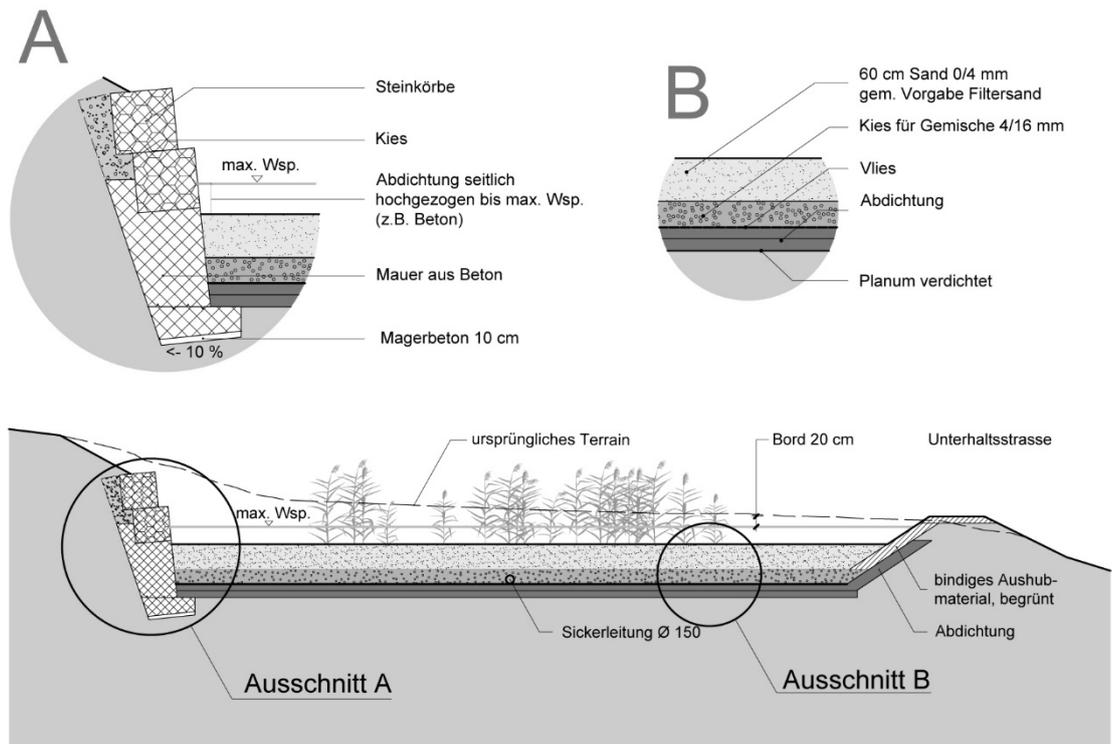


Abbildung 19: Becken mit Steinkörben und bepflanzten Böschungen

3.10. Schutz des Filters

- Baustellenabwasser schädigt den Filter nachhaltig. Es darf deshalb zu keinem Zeitpunkt den Filter belasten.
- Der Zufluss von Fremdwasser in Filter mit einer Schilfvegetation fördert das Kolmatieren des Filters. Filter müssen zeitweise austrocknen. Fremdwasser darf deshalb nicht zugeleitet werden. Wo dies nicht möglich ist, ist eine Abtrennung vor dem Filterbecken zu

installieren. Bei Neubauten ist der Fremdwasserzufluss in einer frühen Phase abzuklären. Wenn die notwendigen Informationen fehlen, sind bauseits Vorkehrungen für den allfälligen Einbau einer Trennvorrichtung vorzusehen.

- Die Zuleitung ist vor dem Einbau des Sandes zu spülen und dies zu dokumentieren.
- Bei einer Schädigung des Filters durch Baustellen oder anderes Abwasser mit viel Feinmaterial muss der Filter allenfalls saniert werden. Bewährt hat sich das Absaugen des abgelagerten Baustellenschlammes mit einem kleinen Saugbagger. Sofern das Schilf gut entwickelt ist, kann es vor der Sanierung geschnitten werden. Das Schilf treibt in der nächsten Vegetationsperiode aus den Rhizomen wieder aus und muss nicht neu gepflanzt werden.

3.11. Übersicht Elemente des Retentionsfilters

Tabelle 9: Wesentliche Elemente des RFB

Bauwerksteil	Funktion	Beschrieb und Anforderungen
Abdichtung	Grundwasserschutz	Geosynthetische Tondichtungsbahnen: - Angaben zur Projektierung und Ausführung finden sich unter Ziffer 3.12. Mineralische Abdichtung: - min. 40 cm Lehm oder Kieswaschschlamm (kein Recyclingmaterial) - Durchlässigkeitsbeiwert $k\text{-Wert} \leq 10^{-7} \text{ m/s}$
Drainsystem	Fassung und Ableitung des Filtrats, Belüftung des Filters	- Kies 4/16 (die Einhaltung der Filterkriterien zwischen Sand und Drainagekies ist zu prüfen) - Drainageleitung, Rohre PE DN ≥ 150 bis 200, Schlitz 2 mm (ggf. anfertigen lassen) - Krümmer $\leq 15^\circ$ für wenig Spülwiderstand - Drainkiesschüttung Dicke 0.30 m bei Rohren DN 150 - Schlitz nach unten zur Vermeidung von Wurzeleinwuchs - Rohre auf die Abdichtung gelegt - Gefälle der Drainageleitung möglichst 2%, bei schwierigen Verhältnissen Verminderung bis 0.3% oder 0% - Länge der Drainageleitungen $< 80 \text{ m}$ - Möglichst wenig Durchdringungen von Leitungen durch die Abdichtung, Spülstutzen innerhalb der Abdichtung hochziehen - Ev. Sauger und Sammler anordnen - Kontrollschacht ausserhalb des Beckens - Demontierbares Steigrohr im Auslaufbauwerk gemäss Ziffer 3.2 - Höhenabweichung der Drainrohre max. $\pm 0.02 \text{ m}$ - Wasser muss vollständig aus Drainagesystem ablaufen können (kein Rückstau) - Zugänglichkeit für Reinigungsgerät - Kontrollschächte Schachttyp gemäss den Normen Staatsstrassen, Blatt Nr. 320 und 325, Abdeckung 800 mm - Evtl. Schutz vor Wurzelbewuchs mit Streifen von Kunststoffbahnen über den Drainrohren
Filter	Behandlung des Strassenabwassers	- Sand 0/4, Kornverteilung gemäss Tabelle 10 - Höhe der Filterschicht mindestens 0.60 m - Aufbau nicht verdichtet

Bauwerksteil	Funktion	Beschrieb und Anforderungen
Filtervegetation	Aufrechterhaltung der Durchlässigkeit und Filterwirkung	<ul style="list-style-type: none"> - Standortgerechte Schilfpflanzen (<i>Phragmites communis</i>, syn. <i>Phragmites australis</i>) über eine Vegetationsperiode vorkultiviert - Ballengrösse mindestens 5 x 5 cm, konische Form, Topf vollständig durchwurzelt, mit mindestens einem ausgebildeten Rhizom oder über eine Vegetationsperiode vorkultivierte Matten - Pflanze mit 4 - 5 Halmen - Im Einlaufbereich (ca. 10 m²) Matten oder 8 Pflanzen/m², sonst 5 - 6 Pflanzen/m² - Pflanzarbeiten idealerweise im April – Mai - Ergänzende Angaben zur Bepflanzung finden sich unter Ziffer 3.14
Verteil-system	Gleichmässige Verteilung von Wasser und Schlamm	<ul style="list-style-type: none"> - Seitliche Rinne - Mittiges Verteilsystem mit Rinnen, gelochten Rohren o.ä., siehe Ziffer 3.9.5
Böschungs-neigungen	Optimierung der Böschungs-neigung	<ul style="list-style-type: none"> - Die Neigung der Böschung im Filter- und Retentionsraum beträgt 2 : 3
Vegetation der Böschung des Retentions-raumes	Optimierung der Vegetation	<ul style="list-style-type: none"> - Abdeckung der Abdichtung mit bindigem Aushubmaterial - in der Regel kein Bodenauftrag - Ansaat mit ökologisch hochwertiger Saatmischung (ausschliesslich einheimische Genotypen, z.B. Direktbegrünung, Heudruschsaat, UFA Ruderalflora CH, UFA CH-Wildblumenwiese Hauenstein OH-chg-Naturflora oder ähnlich) - Dicke über den Dichtungsbahnen mind. 0.40 m - Büsche und Bäume im direkten Nahbereich vermeiden
Zufahrten und Unter-haltswege	Gewährleisten technischer Unterhalt und Grünpflege sowie Interventions-möglichkeit im Störfall	<ul style="list-style-type: none"> - Einfache und allzeitige Zugänglichkeit der Schieber - Zufahrt zum Einlaufschacht und für Spülen Leitungen - Fahrbahnbreite 4.00 m inkl. Bankett - Fahrbahn ausgelegt auf Fahrzeug 40 t, min. 50 cm Kiessand 0/45 gebrochen - Unterhaltsweg / Gehweg um gesamtes RFB für visuelle Kontrolle und Unterhalt Böschungen

Bauwerksteil	Funktion	Beschrieb und Anforderungen
Einzäunung	Sicherheit für Passanten, Schutz des Filters bis zur Etablierung des Schilfes	<ul style="list-style-type: none"> - Einzäunung nur falls notwendig (behindert ökologische Vernetzung). Oft reicht ein Doppellattenzaun. Absturzsicherung prüfen bei Absturzhöhen > 1 m (vergl. SN 640 586 Passive Sicherheit im Strassenraum, Geländer). - In der Nähe von Siedlungen (Kinder) gelten erhöhte Anforderungen (vergleiche Informationen des bfu zu Kleingewässern). In der Güterabwägung ist zu berücksichtigen, dass die Eintretenswahrscheinlichkeit aufgrund der nur selten vorkommenden hohen Wasserstände im Vergleich zu normalen Kleingewässern deutlich kleiner ist.
Massnahmen zum Schutz von Kleintieren bei Betonbecken	Optimierung der Schutzmassnahmen	<ul style="list-style-type: none"> - Massnahmen gemäss der Norm SN 640 699, Schutz der Amphibien [10], im Fall geschützter Amphibienpopulationen - Örtliche "Rampe" senkrecht zum Böschungsrand in speziellen Fällen - Ggf. Ausstiegshilfen bei Schächten
Überlaufleitung	Ableitung von teilweise sauberem Abwasser bei Regen mit einem grossen Volumen	<ul style="list-style-type: none"> - Beginn im Einlaufbauwerk - Wo sinnvoll, direkte Ableitung in Gewässer. Bei Störfallstrassen muss die Überlaufleitung mit einem Schieber verschliessbar sein. - Bemessung gemäss Ziffer 3.3.1, Zuleitung
Auslauf, Drosselung	Ableitung von behandeltem Abwasser	<ul style="list-style-type: none"> - Anordnung je nach Situation - Zusammenlegung mit der Überlaufleitung - Direkte Ableitung in Gewässer - Drosselung in den ersten ca. 2 Betriebsjahren auf ca. 3 bis 5 l/min*m² - Danach ohne Drosselung, oder gemäss Einleitungsbedingungen - Absperrschieber. Der Schieber muss für die Einsatzdienste jederzeit einfach zugänglich sein.

3.12. Ausführung von Tondichtungsbahnen

Für die Ausführung von Abdichtungen mit Tondichtungsbahnen ist die Norm SIA 272, Abdichtungen und Entwässerungen von Bauten unter Terrain und im Untertagbau [14], massgebend. Es sind geosynthetische Tondichtungsbahnen einzusetzen.

Die Untergrundeigenschaften sind in der Ausschreibung gemäss der Ziffer 3.6.3.1 der Norm SIA 272 [14] und dem Anhang B vorzugeben. Vor dem Einbau der Tondichtungsbahnen ist der Untergrund mit dem Unternehmer zu prüfen und der Zustand zu protokollieren.

Die Abdichtung ist nach der Fertigstellung visuell zu prüfen. Dies betrifft insbesondere die Durchdringungen. Die Dichtheit wird nach dem Einbau des Filters geprüft. Das Wasser ist durch den Unternehmer zu beschaffen.

3.13. Aufbau des Filters

3.13.1. Anforderungen an den Filtersand

Korngrössenverteilung

Die Korngrössenverteilung des Filtersandes ist in Tabelle 10 und Abbildung 20 zusammengestellt.

Tabelle 10: Korngrössenverteilung des Filtersandes

Kornfraktionen	[mm]	Empfehlung [Massen-%]	Minimum [Massen-%]	Maximum [Massen-%]
Ton und Silt	< 0.06	0	0	2
Feinsande	0.06 – 0.20	10	5	25
Mittelsande	0.20 – 0.60	50	25	60
Grobsande	0.60 – 2.00	35	10	45
Feinkies	2.00 – 4.00	5	0	25

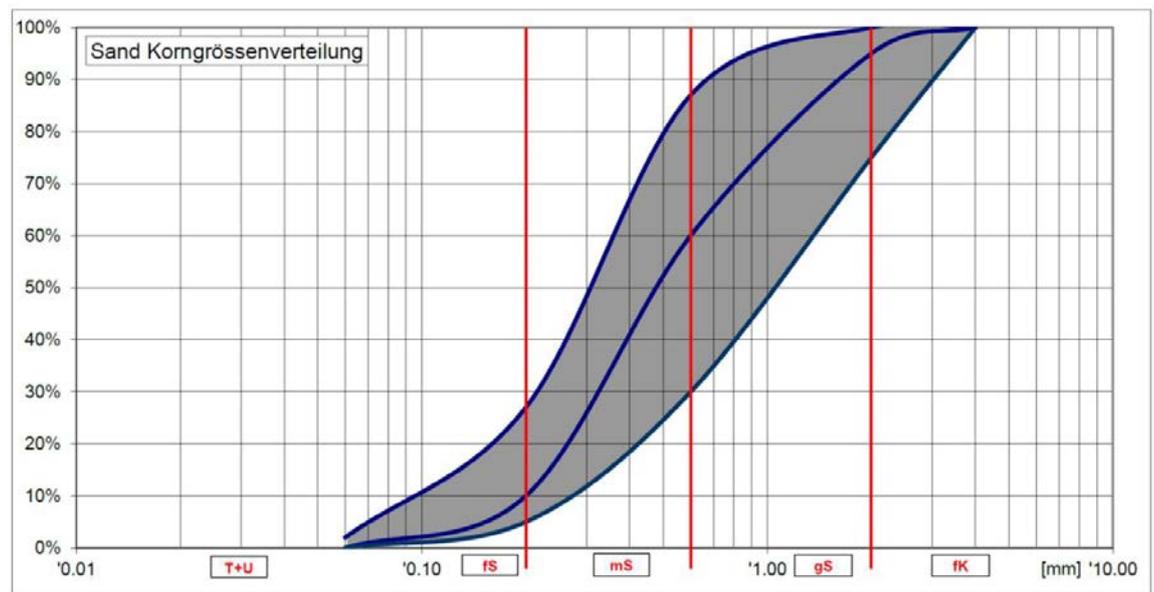


Abbildung 20: Diagramm der geforderten Bandbreite der Kornverteilung

Die Kornverteilung des zu liefernden Sandes muss zwingend innerhalb der obigen Bandbreite liegen. Feinsand kann durch Ton und Silt ersetzt werden. Der Ton und Siltgehalt darf jedoch 3% nicht übersteigen. Mit dem Angebot ist die Sieblinie des Sandes des gewählten Lieferanten abzugeben.

Weitere Anforderungen

Die folgenden Anforderungen sind zu beachten:

Tabelle 11: Weitere Anforderungen an den Filtersand

Eigenschaft	Forderung	Empfehlung	Bemerkung
Ausgangs-Durchlässigkeit	$k > 1 \times 10^{-4} \text{ m/s}$		Kontrollierte Drosselung des Filterablaufes durch Drosseleinrichtung sicherstellen
Strömungsmechanische Belastbarkeit	Feinanteil < 2%	Steile Körnungslinie mit $d_{60}/d_{10} \leq 4$	Substratbürtigen Partikelaustrag vermeiden
Hohe Reinigungsleistung		Steile Körnungslinie mit $d_{60}/d_{10} \leq 4$	gleichmässige Durchströmung des Filtermaterials
Organische Substanz		Feinpartikuläres OS < 0.5%	Vermeiden anaerober Bedingungen und Lösung von Schwermetallen
Kornform		Kantengerundetes Korn, fluviatiler Sand keine Aggregation	Totvolumen vermeiden, gleichmässige Durchströmung, Besiedlung durch Pflanzen und Würmer nicht erschweren
Karbonatgehalt	> 10%		Mögliche pH-Senkung abpuffern, Verlagerung von Schwermetallen vermeiden
Schadstoffgehalt	unverschmutzt gemäss VVEA		Substratbürtigen Schadstoffeintrag vermeiden
Herkunft	kein Recyclingmaterial		

3.13.2. Einbau des Sandes

Der Filter ist ohne Verdichtung mit grosser Sorgfalt einzubauen. Das Material ist mit einer Ausrüstung wie Geräten mit Teleskopauslegern oder steuerbaren Förderbändern auszuführen. Arbeiten auf der Filteroberfläche sind nicht zulässig. Setzungen sind beim Aufbau zu berücksichtigen. Diese können 10% betragen.

3.13.3. Kontrollplan

Sand

Mit der Submission ist eine typische Siebkurve und eine k-Wertbestimmung (Durchlässigkeit) des vorgesehenen Sandes einzureichen. Nach der Lieferung / vor dem Einbau werden Stichproben des gelieferten Materials im Labor untersucht (Siebkurven, Durchlässigkeitsbestimmung). Weitere Ergänzungen werden durch die Bauleitung definiert.

Filterkriterien

Der Übergang zwischen Sand und Drainageschicht muss filterstabil sein. Der Nachweis dazu ist aufgrund der Kornverteilungen der zwei gewählten Materialien mit der Einhaltung der Filterkriterien zu erbringen:

- $d_{15} \text{ Kies} / d_{15} \text{ Sand} > 4$
- $d_{15} \text{ Kies} / d_{85} \text{ Sand} < 4$
- $d_{15} \text{ Kies} / d_{15} \text{ Sand} < 20$

3.13.4. Prüfungen

Die folgenden Prüfungen sind durch ein Labor vorzunehmen:

- Kornverteilung
- Carbonatgehalt
- Durchlässigkeit
- Die Proben sind auf der Baustelle zu entnehmen.

3.14. Bepflanzungen des Filters

3.14.1. Aufziehen des Schilfs

Das Aufziehen des Schilfes dauert bis zu drei Jahre und bedingt einen erheblichen Aufwand bis zur Abnahme. Dies betrifft insbesondere die folgenden Leistungen:

- Lieferung und Bepflanzung
- Periodische Kontrollen mit Beizug eines Experten
- Bewässerung
- Düngung

3.14.2. Vorgehen bis zur Inbetriebnahme des Filters

- Für das Vorhalten von Baustelleneinrichtungen für die Wasserbeschaffung und die Pflege des Bewuchses sind die folgenden Zeitangaben im Werkvertrag festzulegen:
 - Bis zur Abnahme des Bauwerks
 - Nach der Abnahme des Bauwerks bis zur Abnahme der Bepflanzung
- Während der für den Aufwuchs massgebenden Vegetationsperioden bis zur Abnahme der Bepflanzung sind der Stand des Bewuchses regelmässig mit einem Experten zu prüfen und die notwendigen Massnahmen festzulegen. Der Schilfzustand bzw. die Etablierung der Pflanzen sollen in einem Bericht dokumentiert und beschrieben werden.
- Ein Jahr nach dem Einpflanzen ist durch den Experten eine Bestandsaufnahme des Schilfbewuchses vorzunehmen. Dies soll in einem Bericht dokumentiert und beschrieben werden.
- Die Abnahme der Bepflanzung und die Übergabe an den Bauherrn erfolgt am Ende der dritten Vegetationsperiode.

3.14.3. Bepflanzung

- Die folgenden Dichten der Schilfsetzlinge sind vorzusehen:
 - Einlaufbereich: 8 Pflanzen/m² oder/und Schilfmatten, gesamt 10 m² bei einem einzelnen Einlauf, respektive 1 m breit entlang der Einlaufrinne / Sickerleitung
 - Übrige Bereiche: 5 - 6 Pflanzen/m²
- Das Pflanzen ist möglichst so festzulegen, dass die Pflanzen zu Beginn der Vegetationszeit April bis Mai anwachsen können.
- Die Anlieferung der Pflanzen muss zeitlich so koordiniert werden, dass keine Zwischenlagerungen auf der Baustelle notwendig sind.
- Die Pflanzen sind vor dem Einbau feucht zu halten und innerhalb einer Frist

von 24 Stunden nach dem Pflanzen zu bewässern.

3.14.4. Bewässerung

- Die Wasserversorgung für die Etablierung des Schilfs muss nach Abschluss der Pflanzarbeiten gewährleistet sein.
- Der Unternehmer ist für die Bewässerung zuständig.
- Für die Bewässerung kann Strassenabwasser oder Wasser aus oberirdischen Gewässern verwendet werden.
- Die Einstellung des Wasserstandes erfolgt mit einem demontierbaren Steigrohr am Ende der Drainageleitungen (vergleiche 3.7).
- Nach Abschluss der Pflanzarbeiten ist ein temporärer Einstau von 1 – 3 cm unter OK Sand einzurichten.
- Ab Oktober des ersten Jahres ist der Wasserstand abzusenken.
- Ab April des zweiten Jahres kann der Filter je nach Vegetationsentwicklung wiederum temporär eingestaut werden.
- Je nach der Entwicklung des Schilfes sind diese Vorgaben sinngemäss anzupassen.

3.14.5. Düngung

- Eine Startdüngung der gesamten Schilffläche mit einem umhüllten Langzeitdünger Stickstoff, Phosphor, Kali, Magnesium im Verhältnis 10 : 10 : 8 : 2 (z.B. Hydrogel) soll nach Abschluss der Pflanzarbeiten vor dem Einstau ausgeführt werden.
- Im Rahmen der Prüfung des Standes des Bewuchses ist ggf. ein weiteres Düngen mit dem vom Bauherrn bestimmten Experten festzulegen.

3.14.6. Weitere Massnahmen

Ist am Standort des Filterbeckens starker Laubfall unvermeidbar, müssen bei noch nicht erfolgter Schilfetaablierung im Herbst Schutzvorkehrungen (z.B. Netze, Laubfangzäune) getroffen werden.

3.15. Böschungsneigungen und Umgebungsgestaltung

Bei der Wahl der Böschungsneigungen und der Umgebungsgestaltung sind die folgenden Kriterien zu beurteilen:

- Eingliederung in die Landschaft
- Ökologische Funktion
- Verlust von Fruchtfolgeflächen
- Kosten für Landerwerb
- In speziellen Fällen besteht ein Risiko eines Abgleitens des aufgebracht Bodenmaterials auf den Böschungen, das mit Erosionsschutzgeweben herabgesetzt werden kann
- Erschwernis des Mähens bei Böschungen mit einer Breite > 5.00 m
- Für einfachen Unterhalt: möglichst eben, ohne grössere Steine
- Sträucher und Kleinstrukturen: in Gruppen und nur ausserhalb Überflutungsbereich, nach Bepflanzung Sträucher gut sichtbar markieren (wegen des Mähens der Böschungen)

Die Böschungen sind möglichst vor dem Einbau des Sandes anzusäen. Damit gelangt kein Bodenmaterial in den Filter. Falls dies nicht möglich ist, müssen die Böschungen mit Erosionsschutzmatten abgedeckt werden.

3.16. Betriebsbeginn der Anlage

Ein mit Schilf bepflanzter Sandfilter kann sofort nach der Bepflanzung in „Teilbetrieb“ genommen werden. Bis der Schilfbestand gut entwickelt ist, muss die Anlage regelmässig kontrolliert und allenfalls nur ein Teilstrom des Strassenabwassers auf den Filter geleitet werden. Der Zeitpunkt der vollen Inbetriebnahme der Anlage ist von der Entwicklung des Schilfs abhängig. Der Aufwuchs benötigt mindestens eine Vegetationsperiode zur Etablierung. Bei der Realisierung von neuen Strassen hat das Filterbecken hinsichtlich des Bauablaufes eine hohe Priorität.

3.17. Objektspezifischer Qualitätsmanagement-Plan bei der Realisierung

Der Qualitätsmanagement-Plan (QM-Plan) umfasst die notwendigen Materialprüfungen und Überwachungsaufgaben sowie deren Dokumentierung durch die Bauleitung mit bezeichneten Experten. Verantwortlich ist die Bauleitung. Sie hat die Projektleitung über die Resultate zu informieren. Die Elemente des QM-Plans sind nachfolgend aufgeführt:

- Erdarbeiten, Tragfähigkeit unter der Abdichtung
- Überwachung der Verlegung von Dichtungsbahnen basierend auf den Verlegevorschriften, insbesondere im Bereich von Anschlüssen an andere Bauelemente
- Prüfung von Kiesschlamm hinsichtlich Schadstoffen - Nachweis durch den Unternehmer
- Prüfung der Dichtheit nach der Fertigstellung der Abdichtung
- Prüfung von Abdichtungen aus bindigem Untergrundmaterial - Kornverteilung mit Schwergewicht Tongehalt - Proctor-Versuche Überwachung des Verdichtens - Prüfung des Durchlässigkeitsbeiwertes
- Dichtheitsprüfungen, insbesondere für RFB
- Prüfung des Filtersandes gemäss Ziffer 3.13.4
- Prüfung der Kornverteilung des Kiesgemisches für das Drainsystem
- Laufende Überwachung des Einbringens des Sandes
- Absperrung des Filters bis zur Abnahme des Bauwerks
- Prüfung des Schilfs und dessen Behandlung gemäss Ziffer 3.14.
- Materialprüfung, Bewehrung und Schalung bei Betonarbeiten

3.18. Inbetriebnahme, Abnahme

3.18.1. Kontrollen

Die folgenden Anlageteile sind im Hinblick auf Mängel zu kontrollieren und diese zu protokollieren:

- Leitungssystem
- Mechanische Einrichtungen wie Schieber, Drosseln usw.
- Elektromechanische Einrichtungen
- Ausfluss, Drosselung
- Erschliessungsstrassen oder -wege
- Bewachsene Flächen, insbesondere Böschungen
- Massnahmen zum Schutz von Kleintieren bei Betonbecken
- Stand der Filtervegetation
- Sicherheitsvorrichtungen und Zäune

Die Kontrollen sind auch unter Betrieb der Anlage durchzuführen, um zu überprüfen, ob die gesamte Anlage wie geplant funktioniert.

3.18.2. Übergabe von Dokumenten

Für die Übergabe der Dokumente ist eine Frist von 30 Tagen nach der Übergabe der Anlage an die Bauherrschaft festzulegen. Die Dokumente sind nachfolgend aufgeführt:

- Die Pläne des ausgeführten Bauwerks
- Betriebsanleitung, kurz und einfach beschrieben, mit Angabe der wichtigsten Kennzahlen wie Filterfläche, Volumen etc.
- Protokoll der Kontrollen bei der Abnahme
- Protokolle von Kontrollen während der Bauzeit (Prüfberichte zum Sand, Abdichtungsbahnen, Schilfpflanzen u.a.)
- Regelungen hinsichtlich der Schilfvegetation gemäss Ziffer 3.14 bis zur Abnahme der Vegetation
- Liste der beteiligten Projektleitung, Planer, Bauleitung, Unternehmer und Lieferanten
- Wartungsangaben der Lieferanten für elektromechanische Einrichtungen
- Notfallmassnahmen bei Freisetzung von wassergefährdenden Flüssigkeiten. Diese sind ebenfalls den zuständigen Ereignisdiensten zuzustellen.

3.19. Funktionsprüfungen

Es wird empfohlen, die Funktionsfähigkeit der Anlage nach Inbetriebnahme sowie periodisch (ca. alle 3-10 Jahre) durch Messungen zu überprüfen. Eine mögliche Vorgehensweise ist im Fachhandbuch Trasse / Umwelt (ASTRA 21 001) [29], Kapitel 10469 «Funktionsprüfung bei der Abnahme und bei der periodischen Kontrolle» beschrieben.

3.20. Unterhaltsprogramm

Der bepflanzte Filter bedingt keinen Schnitt. In einzelnen Standorten ist die Beseitigung von Abfällen periodisch notwendig. Die üblichen Unterhaltsleistungen sind in der Tabelle 12 aufgeführt. Das Unterhaltsprogramm wird von der Unterhaltsorganisation erstellt, beruht auf Aktivitäten der Vorjahre und wird mit den gebietsweisen Reinigungs- und Grünpflegeintervallen koordiniert. Schlamm- und Schnittgutentsorgung werden dokumentiert.

Tabelle 12: Programm für den Unterhalt von RFB (Beispiel)

Kontrollen	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Visuell Zäune, Schilder												
Drainage und Überlaufleitung												
Drossel im Auslaufschacht												
Schlammablagerung im Einleit- und												
Funktionskontrolle Schieber												
Funktionsfähigkeit bei erheblichem Regen	Nach ausserordentlichen Ereignissen											
Abflusskontrolle	Jährlich nach starkem Regen											
Unterhaltleistungen												
Spülen der Leitungen	1 x jährlich											
Absaugen des Schlammes	1 x jährlich											
Entfernen von Schwimmstoffen im Einlaufbauwerk	2 x jährlich											
Unterhalt Drossel	1 x jährlich											
Eventuelle Sträucher im Becken entfernen	1 x jährlich											
Mähen von Böschungen und weiterem Wiesland inkl. Zusammennehmen des Mähguts	1 x jährlich											
Rückschneiden von Bäumen und Sträuchern		Alle fünf bis sieben Jahre										
Weitere anlagespezifische Leistungen												
Bemerkungen												
Protokoll	Ja	Nein	Bemerkungen									
Sind Schäden vorhanden												
Funktion i.O.												
Spülen der Leitungen notwendig												

4. Retentionsbecken

4.1. Beschrieb

Retentionsbecken haben die Aufgabe, die hydraulische Belastung von oberirdischen Gewässern zu verhindern. Es sind Becken mit einer Drosselung. Sie weisen keine permanente Wasserfläche auf. In einem beschränkten Ausmass funktionieren sie auch als Absetzbecken. Sie können als Beton- oder Erdbecken ausgeführt werden. Massgebend sind die örtlichen Verhältnisse gemäss Ziffer 3.9.2 und 3.9.3.

4.2. Technische Grundlagen

Die Grundlagen für die Projektierung und die Ausführung sind nachfolgend zusammengestellt. Sie sind weitgehend identisch mit denjenigen bei den RFB.

4.3. Berechnung des Retentionsvolumens

4.3.1. Zufluss von Strassen

Der Zufluss basiert auf den folgenden Grundlagen:

- Jährlichkeit $z = 1$
- Es sind die Abflussbeiwerte gemäss den Ziffern 3.3.2 und 3.3.3 zu berücksichtigen.

4.3.2. Abschätzung der Einleitverhältnisse bei der Einleitung in oberirdische Gewässer

Der zulässige gedrosselte Ausfluss basiert auf den hydraulischen Einleitverhältnissen. Er ergibt sich aus der Fläche des Einzugsgebietes des oberirdischen Gewässers. Die Grundlagen sind nachfolgend zusammengestellt:

- 150 l/s · pro km² Bacheinzugsgebiet bei einer kiesigen Bachsohle
- 90 l/s · pro km² Bacheinzugsgebiet bei einer sandigen Bachsohle
- Bei Riedausflüssen sowie bei oberirdischen Gewässern, die an Kleinseen anstossen, sind die Einleitverhältnisse situationsbezogen abzuklären.

4.3.3. Bemessung des Retentionsvolumens im Hinblick auf die Einleitverhältnisse

- Das AWEL, Abt. Gewässerschutz, stellt eine Website zur Verfügung, mit der das Retentionsvolumen berechnet werden kann: <http://www.gs.awel.bd.zh.ch/retention/>
- Bei einer Drosselmenge von 180 l/s (Bach mit einem Einzugsgebiet von 2.0 km² und sandiger Sohle) ist beispielsweise eine Retention ab einer reduzierten Strassenfläche von 1.0 ha (Regengebiet "Voralpen") bzw. 1.2 ha (Regengebiet "Mittelland") erforderlich.

4.4. Einlauf in das Becken

An den Einlauf werden hinsichtlich der Verteilung des Zuflusses keine besonderen Anforderungen gestellt. Für die Verhütung von Erosion des bewachsenen Beckenbodens sind situationsbezogen die notwendigen Massnahmen vorzusehen. Siehe dazu auch Kapitel 3.9.5 zur Verteilung des Zuflusses in RFB.

4.5. Becken

4.5.1. Gestaltung des Beckens

Retentionsbecken sind als offene Becken vorzusehen. Ausnahmen bei ungünstigen örtlichen Verhältnissen im Siedlungsgebiet sind möglich. Geschlossene Becken sind hinsichtlich einer allenfalls notwendigen Schlammabeseitigung ungünstig. Bei Störfallstrassen sind geschlossene Becken im Siedlungsgebiet möglichst zu vermeiden. Die Ausführung ist grundsätzlich identisch wie bei den RFB. Im Hinblick auf die Wirkung als Absetzbecken ist eine Sohlenneigung von 1% sowie am Rand eine Rinne mit einer Tiefe von 0.10 m vorzusehen.

4.5.2. Querschnitt des Beckens

Ein Beispiel findet sich in Abbildung 21. Die Abdichtung ist gemäss Tabelle 9 «Abdichtung» auszuführen.

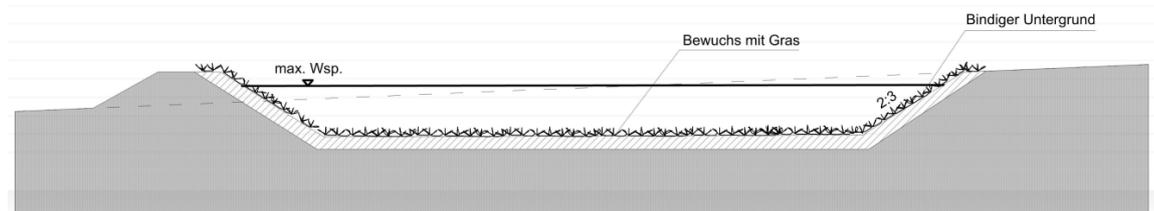


Abbildung 21: Schema eines Retentionsbeckens

4.5.3. Schema der Anlage

Das Schema der Anlage ist im Wesentlichen identisch mit dem eines RFB gemäss Ziffer 3.2. Die folgenden Unterschiede sind zu beachten:

- Keine für den Filter massgebenden Elemente
- Keine Überlaufleitung - der Überlauf erfolgt direkt vom Becken in den Auslaufschacht
- Bei Störfallstrassen Schieber im Auslauf. Das Rückhaltevolumen der Anlage muss mind. 30 m³ betragen.

4.5.4. Übersicht Elemente des Beckens

Die wesentlichen Bauteile sind in der Tabelle 13 zusammengefasst:

Tabelle 13: Elemente des Beckens

Bauwerksteil	Funktion	Beschrieb und Anforderungen
Becken im Normalfall	Retention und Grundlage für Vegetation	Aushub ohne spezielle Verdichtung des Untergrundes
Abdichtung	Grundwasserschutz	Angaben finden sich unter den Ziffern 2.3.11, 3.11 und 3.12

Bauwerksteil	Funktion	Beschrieb und Anforderungen
Vegetation des Beckens	Erosionsschutz, Optimierung der Vegetation	<ul style="list-style-type: none"> - Abdeckung der Abdichtung mit bindigem Aushubmaterial - in der Regel kein Bodenauftrag - Ansaat mit ökologisch hochwertiger Saatmischung (ausschliesslich einheimische Genotypen, z.B. UFA-Sickermulde CH-G, allenfalls UFA-Wildblumenwiese feucht CH-G oder Hauenstein OH-ch-Feuchtwiesenkräuter und OH-chg-Feuchtgräser
Böschungsneigungen	Optimierung der Böschungsneigung	Die Neigung der Böschung beträgt 2 : 3
Vegetation der Böschung des Retentionsraumes	Optimierung der Vegetation	<ul style="list-style-type: none"> - Abdeckung der Abdichtung mit bindigem Aushubmaterial - in der Regel kein Bodenauftrag - Ansaat mit ökologisch hochwertiger Saatmischung (ausschliesslich einheimische Genotypen, z.B. UFA Ruderalflora CH-G, UFA Wildblumenwiese CH-G, Hauenstein OH-chg-Naturflora oder ähnlich) - Dicke über den Dichtungsbahnen mind. 0.40 m - Büsche und Bäume im direkten Nahbereich vermeiden
Unterhaltswege	Gewährleisten der Grünpflege	<ul style="list-style-type: none"> - Führung nahe am Beckenrand - Fahrbahnbreite 3.00 m - Oberbau mit toniger Deckschicht gemäss der Norm SN 640 744, Verkehrsflächen mit ungebundenem Oberbau [11]
Einzäunung	Sicherheit für Passanten	<ul style="list-style-type: none"> - Einzäunung nur falls notwendig (behindert ökologische Vernetzung). Oft reicht ein Doppellattenzaun. Absturzsicherung prüfen bei Absturzhöhen > 1 m (vergl. SN 640 586 Passive Sicherheit im Strassenraum, Geländer. - In der Nähe von Siedlungen (Kinder) gelten erhöhte Anforderungen (vergleiche Informationen des bfu zu Kleingewässern). In der Güterabwägung ist zu berücksichtigen, dass die Eintretenswahrscheinlichkeit aufgrund der nur selten vorkommenden hohen Wasserstände im Vergleich zu normalen Kleingewässern deutlich kleiner ist.
Massnahmen zum Schutz von Kleintieren bei Betonbecken	Optimierung der Schutzmassnahmen	<ul style="list-style-type: none"> - Massnahmen gemäss der Norm SN 640 699, Schutz der Amphibien [10], im Fall geschützter Amphibienpopulationen - Örtliche "Rampe" senkrecht zum Böschungsrand in speziellen Fällen

Bauwerksteil	Funktion	Beschrieb und Anforderungen
Bypass	Nicht notwendig	
Auslauf, Drosselung	Ableitung Wasser	<ul style="list-style-type: none"> - Anordnung je nach Situation - Zusammenlegung mit der Überlaufleitung - Direkte Ableitung in Gewässer - Drossel-Ausführung mit verzinkter Stahlplatte und Öffnung - Drosselung gemäss Ziffer 5.3 - Havarieklappe mit Aufhängung
Überlaufleitung	Ableitung von Abwasser bei Starkregen mit grossem Volumen	<ul style="list-style-type: none"> - Bemessung wie die Zuleitung gemäss Ziffer 3.4.1 - Ableitung in den Auslauf - Anordnung am Auslauf
Abflussleitung		Direkte Ableitung in Gewässer Bei Störfallstrassen ist ein Schieber vor der Abflussleitung notwendig. Der Schieber muss für die Einsatzdienste jederzeit einfach zugänglich sein.

4.6. Speicherkanal

Fehlt der Platz für ein offenes Becken, kann das Volumen auch in einem Speicherkanal generiert werden.

4.7. Objektspezifischer QM-Plan, Inbetriebnahme, Abnahme

Der objektspezifische Qualitätsmanagementplan bei der Realisierung, die Inbetriebnahme und die Abnahme erfolgt analog wie bei den Retentionsfilterbecken (vergleiche Kapitel 3.17 und 3.18). Aufgrund der anderen Bauweise sind einige Punkte jedoch anzupassen. Andere entfallen ganz.

5. Speicherkanäle für Einleitung in ARA

5.1. Einsatz

Speicherkanäle für Einleitungen in ARA sind in speziellen Fällen vorzusehen, wo Strassenabwasserreinigungsanlagen nicht erstellt werden können. Der gedrosselte Ablauf zur ARA ist auf 1-2 l/s einzustellen. Der Speicherkanal hat zulaufseitig eine Entlastung in einen Vorfluter.

Bei Störfallstrassen müssen Ablauf und Entlastung in den Vorfluter mit einem Schieber verschliessbar sein.

5.2. Funktionsweise

Durch die Drosselung wird das Entwässerungssystem von Strassenabwasser entlastet. Der am stärksten belastete first flush wird trotzdem aufgefangen und zur ARA abgeleitet.

5.3. Bemessung des Volumens

Das Volumen ist für die folgenden Regen zu bemessen:

- Längsgefälle der Strasse < 1.0% 10 mm
- Längsgefälle der Strasse > 1.0% 8 mm

Das erforderliche Volumen ergibt sich aus der Multiplikation der Regenspende (8 mm oder 10 mm) mit der Strassenfläche, ohne Reduktion der Strassenfläche mit Abflusskoeffizienten.

Im Falle von Störfallstrassen muss das Volumen mind. 30 m³ umfassen.

5.4. Fremdwasser

Fremdwasser darf nicht zur ARA geleitet, sondern muss vor dem Speicherkanal abgetrennt werden.

5.5. Kanaldurchmesser

Kanäle mit $D \geq 1'000$ können nicht mit einem Hochdruckwasserreinigungsgerät für Kanäle gereinigt werden. Andererseits muss ein begehbare Kanal eine Höhe ≥ 1.40 m aufweisen. In diesem Fall ist eine Reinigung mit einem konventionellen Reinigungsgerät möglich.

5.6. Ausführung der Sohle

Es ist keine Halbschale in der Sohle vorzusehen.

6. Dezentrale Filtersysteme

6.1. Veranlassung

Der Bau von Retentionsfilterbecken mit Bodenfilter ist aus Platzgründen und die Einleitung in die Mischwasserkanalisation oft aus Kapazitätsgründen nicht möglich oder nicht erwünscht. Eine weitere Option ist der Bau von Speicherkanälen. Durch die dafür erforderliche Verlegung der Werkleitungen, vor allem im städtischen Bereich, fällt sie jedoch aus Kostengründen oft ausser Betracht. Kommen all diese Systeme nicht in Frage, sind Filterschachtsysteme eine mögliche Alternative. Es sind verschiedene Systeme aus dem In- und Ausland auf dem Markt erhältlich.

Die Angaben der Hersteller dieser Systeme zu deren Leistung und Unterhalt erfüllen sich in der Praxis oft nicht. Aus diesem Grund hat das Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) zusammen mit dem Tiefbauamt des Kantons Zürich (TBA) und dem Tiefbauamt der Stadt Zürich (TAZ) einige der Systeme in der Praxis auf deren Leistung und Unterhaltsbedarf überprüft (vergleiche Tabelle 14).

Tabelle 14: Überprüfte Systeme

Handelsname	Hersteller	Vertretung Schweiz
Monitoring Meilen, Seestrasse		
3P Hydrosystem Heavy Traffic	3P Technik, D-Donzdorf	Creabeton AG, Schweiz
Monitoring Stadt Zürich, Mythenquai		
CBB Textil	Creabeton AG, 6221 Rickenbach	Creabeton AG, 6221 Rickenbach
CBB Metsorb	Creabeton AG, 6221 Rickenbach	Creabeton AG, 6221 Rickenbach
Innolet G	Funke Kunststoffe GmbH, D-59071 Hamm	WATERSYS AG, 3250 Lyss
STOPPOL 10 CKF	St. Dizier, F-92100 Boulogne Billancourt	Canplast SA, 8802 Kilchberg
Monitoring Männedorf, Seestrasse		
Geotextil Filtersack	Schöllkopf, 8153 Rümlang	Schöllkopf, 8153 Rümlang
Schlammsammler NW 1000 mm	-	-

6.2. Wahl der zulässigen Filterschachtsysteme

Die Ablaufwerte für den Leitparameter GUS unterscheiden sich bei den untersuchten Systemen nicht wesentlich. Bei den Schwermetallen Cu und Zn schneiden die Systeme mit Adsorber besser ab (ausser CBB Metsorb).

Falls die Entwässerung nicht anders möglich oder der Aufwand unverhältnismässig ist, werden im Kanton Zürich vom AWEL die technischen Systeme gemäss Tabelle 15 für die Behandlung von Strassenabwasser vor der Einleitung in ein Oberflächengewässer zugelassen. Eine anschliessende direkte Versickerung ist nicht zulässig.

6.3. Angaben zu Dimensionierung und Unterhalt

Die Belastung hat einen wesentlichen Einfluss auf die Standzeiten der Filtersysteme. Diese dürfte bei einer sanierten Strasse geringer ausfallen. Falls die Standzeiten ein Jahr erreichen soll, muss dies vor der Wahl eines dieser Systeme noch nachgewiesen werden.

Tabelle 15: Zulässige Systeme

Handelsname	Strassenfläche inkl. Trottoir	Unterhalt	Bemerkungen
3P Hydro-system Heavy Traffic	700 m ²	- Schlamm absaugen und Spülung jährlich - Filteraustausch 3-jährlich	- Unterhalt durch Spezialgeräte
CBB Textil	500 m ²	- Schlamm absaugen jährlich - Filteraustausch oder Reinigung 1 oder 2-mal jährlich	- Standzeit des Textilfilters bei hoher Belastung muss noch nachgewiesen werden - Filter kann möglicherweise vor Ort abgespritzt werden
Geotextil- Filtersack	200-250 m ²	- 2-mal jährlich - einmal nur abspritzen und einmal entleeren und abspritzen	- siehe Kapitel 6.7.
Innolet G	500 m ²	- Schlamm absaugen jährlich - Filteraustausch 1 oder 2-mal jährlich	- Kran ist erforderlich - Standzeit des Textilfilters bei hoher Belastung muss noch nachgewiesen werden
STOPPOL 10 CKF	500 m ²	- jährlich Schlamm absaugen, Lamellen abspritzen - Filteraustausch 1 oder 2-mal jährlich	- Standzeit des Textilfilters bei hoher Belastung muss noch nachgewiesen werden

Bei Störfallstrassen ist vor jeder Einleitung in einen Vorfluter eine Absperr- und Rückhaltemöglichkeit für mind. 30 m³ zu erstellen.

6.4. Auflagen für den Ersteinsatz von CBB Textil, Innolet G, STOPPOL 10 CKF

Die Belastung hat einen wesentlichen Einfluss auf die Standzeiten der Filtersysteme. Die CBB Textil-, Innolet G und die STOPPOL 10 CKF Filter wurden auf einer Strasse mit Rissen geprüft. Dadurch versickerte ein erheblicher Teil des Strassenabwassers. Bei einer intakten Strasse ist die Belastung der Filter höher. Deshalb muss vor der Wahl eines dieser beiden Systeme noch nachgewiesen werden, dass die Standzeiten ein Jahr erreicht. Das Monitoring ist mit dem AWEL und dem TBA festzulegen.

6.5. Wahl neuer Filterschachtsysteme

Die steigende Nachfrage im In- und Ausland bringt jährlich neue Filterschachtsysteme auf den Markt. Die Angaben der Hersteller zur Leistungsfähigkeit der Systeme decken sich nicht mit den Messungen an den Staatsstrassen im Kanton Zürich. Darum sind alle neuen

Systeme vor der Zulassung im Kanton Zürich in einem Monitoring zu überprüfen. TAZ und TBA haben an zwei geeigneten Standorten in der Stadt Zürich (Europabrücke, 2015) und im Kantonsgebiet (Seestrasse Richterswil, 2016) jeweils eine Testanlage für dezentrale Filtersysteme erstellt, welche die bauliche Infrastruktur für ein Monitoring enthalten.

6.6. Vom TBA genehmigte und eingesetzte dezentrale Filtersysteme

Vom TBA wurden bisher nur das Filterschachtsystem '3P Hydrosystem' der 3P Technik Filtersysteme GmbH und das 'SK-Filterelement' (Schoellkopf-Filterelement) der Schoellkopf AG (Einbau direkt im Schlammsammler) genehmigt und eingesetzt. Die bisher bekannten dezentralen Filtersysteme weisen allerdings gegenüber anderen Systemen deutliche Nachteile auf. Sie erreichen nicht dieselbe Reinigungsleistung, sind aufwändiger im Unterhalt und bieten keine Interventionsmöglichkeit im Störfall. Dezentrale Filtersysteme kommen deshalb nur dort in Frage, wo keine andere Lösung möglich ist.

6.7. Geotextil-Filtersäcke

6.7.1. Bezeichnungen

Bei der nachfolgend verwendeten Bezeichnung 'Geotextil-Filtersäcke', welche im gesamten Kapitel mit GTS abgekürzt werden, handelt es sich um eines von 4 Bestandteilen des Filterelements der Schoellkopf AG (SK-Filterelement), welche wie folgt lauten:

- Geotextil-Filtersack (GTS)
- Tragkonstruktion
- Leiteinrichtung
- Ansaugschutz

6.7.2. Skizze

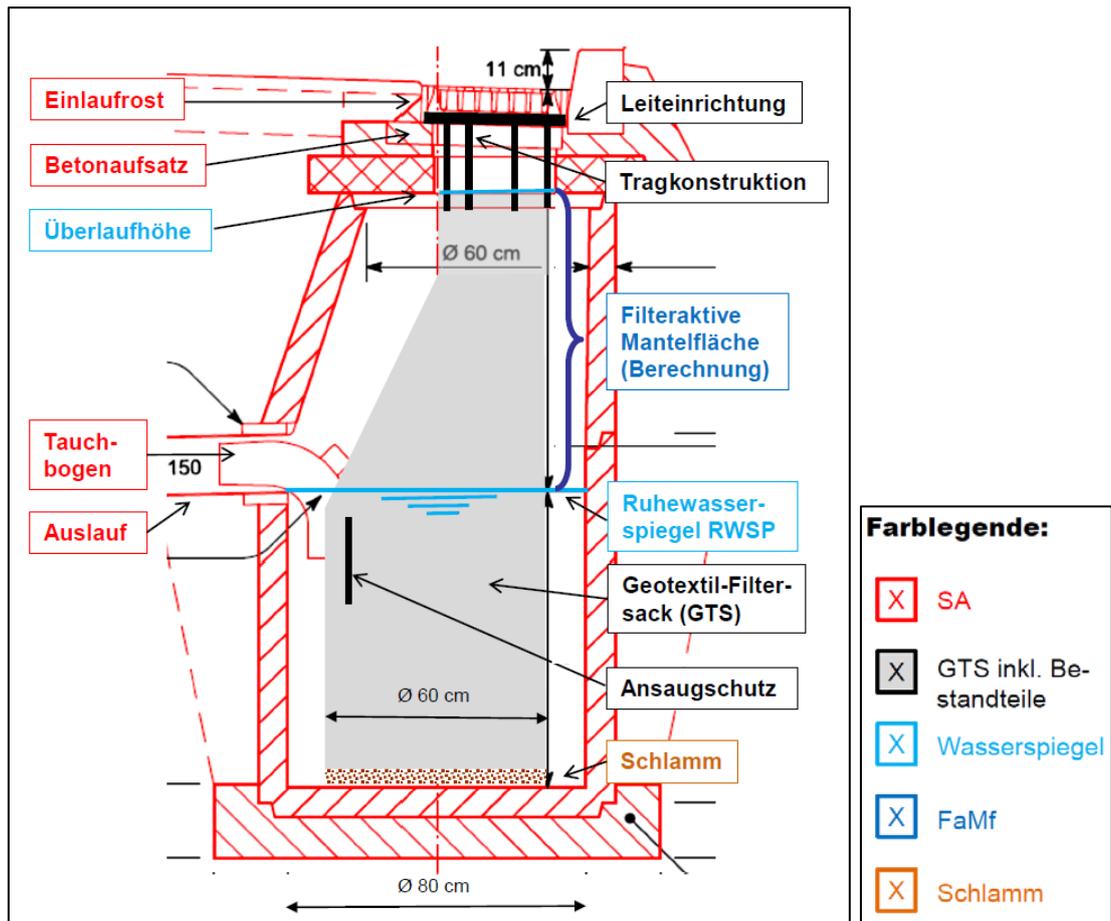


Abbildung 22: SA (Ø 800/600 MM) mit eingesetztem GTS inkl. Bestandteilen

6.7.3. Konzept

GTS weisen einen hohen Wirkungsgrad bezüglich des Rückhaltens von Schadstoffen, wie Schwermetalle (Cu, Zn) und der Gesamtheit der ungelösten Stoffe (GUS), auf. Sie bedingen jedoch nach dem raschen und kostengünstigen Einbau einen im Vergleich zu anderen Systemen intensiveren Unterhalt. So sind häufigere Leerungen von Schlamm Sammlern (zweimal jährlich anstatt alle 2 Jahre) erforderlich, um eine frühzeitige Kolmation (verursacht Verringerung der Durchlässigkeit) zu verhindern.

6.7.4. Beschrieb

6.7.4.1. Geotextil-Filter sack (GTS)

- Funktion: Das Strassenabwasser gelangt in den GTS, durchfliesst diesen von innen nach aussen und wird dadurch gereinigt. Der Schlamm setzt sich am Boden des GTS ab.
- Produktgruppe: Geoverbundstoff, zweilagig
- Rohstoff: Grobfilter (PP-Fasern), Feinfilter (PES-Fasern)
- Verfestigungsart: mechanisch verfestigt, ohne chem. Bindemittel
- Gesamtflächengewicht: 800 g/m²
- Schichtdicke: 6.3 mm (leichte Auflast), 8 mm (Ruhezustand)

- Wasserdurchlässigkeitswert im sauberen Zustand: 0.005 m/s



Abbildung 23: Oberer, verstärkter Teil des GTS mit 4 Kauschen zum Einhängen an die Tragkonstruktion (nicht dargestellt)

6.7.4.2. Tragkonstruktion

- Funktion: Der GTS ist an der Tragkonstruktion mit rechteckigem Einlaufrost-Rahmen aufgehängt. Diese sorgt dafür, dass der GTS nicht an der Schachtwand anliegt, auch nicht beim Überlaufen des GTS.
- Abmessungen des rechteckigen Einlaufrost-Rahmens: ca. 44.5 x 36.5 cm
- Material: rostfreier Stahl 1.4404 oder 1.4571
- Behandlung: Entgraten, Beizen



Abbildung 24: Tragkonstruktion im Schlammsammler mit rechteckigem Einlaufrost-Rahmen und eingehängtem GTS

6.7.4.3. Leiteinrichtung

- Funktion: Die Leiteinrichtung ist zwischen Einlaufrost und rechteckigem Einlaufrost-Rahmen eingelegt und sorgt dafür, dass das Strassenabwasser in den GTS fliesst und nicht daran vorbei.
- Material: Gummi



Abbildung 25: Leiteinrichtung auf rechteckigem Einlaufrost-Rahmen (Einlaufrost daneben) in einem Schlammsammler SA

6.7.4.4. Ansaugschutz

- Funktion: Um ein Verschliessen des Tauchbogens durch den GTS zu verhindern, ist ein Ansaugschutz auf den Tauchbogen (verstärkter Bauart) zu klemmen.
- Material: rostfreier Stahldraht



Abbildung 26: Auf Tauchbogen aufgeklemmter Ansaugschutz

6.7.5. Dimensionierung und Projektierung

Tabelle 16: Dimensionierung und Projektierung

Schlamm-sammler	Durchmesser SA	NW 80 cm *	NW 100 cm	Bemerkung
	Einzugsgebiet	200 m ²	200 m ²	-
	Durchmesser GTS auf Höhe RWSP	60 cm	80 cm	-
	Min. Höhe von Sohle Ablauf (Tauchbogen) bis OK Einlaufrost	80 cm (95 cm ideal)	65 cm (80 cm ideal)	Annahme: Höhe Oberkante Einlaufrost bis Überlaufhöhe 15 cm
	Min. Höhe der Filtrationszone, damit 1.2 m ² / 200 m ² möglich ist	65 cm (80 cm ideal)	50 cm (65 cm ideal)	Ruhewasserspiegel bis Konus Oberkante
*: SA mit NW 80 cm sind anzustreben (Standardisierung)				

Weitere Angaben können der TBA-Homepage (Fachunterstützung/Veröffentlichungen/Strassenentwässerung) entnommen werden.

6.7.6. Betrieb und Unterhalt

Tabelle 17: Betrieb und Unterhalt

Arbeit	Intervall: Bemerkungen
<ol style="list-style-type: none"> 1. Entfernen von Einlaufrost und Leiteinrichtung 2. Aussaugen des Schlammes 3. Abspritzen der Oberfläche im Innern des GTS von oben nach unten (mindestens 1.5 min) 4. Erneutes Aussaugen des Schlammes (nur 1-mal pro Jahr im April/Mai) 5. Installation von Leiteinrichtung und Einlaufrost 	<p>2-mal pro Jahr (April/Mai und Oktober/November):</p> <p>Für das Abspritzen ist ein normaler Schlauch ausreichend. Damit der GTS beim Aussaugen nicht angesaugt wird, ist ein Seier wichtig.</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Entfernen von Einlaufrost und Leiteinrichtung 2. Aussaugen des Schlammes 3. Herausnehmen des GTS 4. Gründliche Reinigung des GTS von innen und aussen 5. Reinigung des SA (Spritzen und Aussaugen des Schlammes) 6. Einbau des GTS 7. Installation von Leiteinrichtung und Einlaufrost 	<p>Voraussichtlich alle 5 bis 10 Jahre:</p> <p>Zur Feststellung von Kolmation und / oder Defekten am GTS; Auswechseln des GTS, falls irreversibel kolmatiert bzw. defekt; bei Bedarf auch Auswechseln der übrigen Bestandteile; Reinigung des SA, falls notwendig.</p>



Abbildung 27: Unterhaltsarbeiten



Abbildung 28: Aussaugen nur mit Seier

7. Literaturverzeichnis

- [1] SN 640 350 Oberflächenentwässerung von Strasse; Regenintensitäten
 - [2] SN 640 353 Strassenentwässerung; Abfluss
 - [3] SN 640 354 Strassenentwässerung; Entwässerung über das Bankett
 - [4] SN 640 357 Strassenentwässerung; Bemessung der Leitung
 - [5] SN 640 361 Strassenentwässerung Behandlungsanlagen
 - [6] SN 640 581a Erdbau, Boden; Grundlagen
 - [7] SN 640 582 Erdbau, Boden; Erfassung des Ausgangszustandes, Triage des Bodenaushubes

 - [8] SN 640 583 Erdbau, Boden; Eingriff in den Boden, Zwischenlagerung, Schutzmassnahmen, Wiederherstellung und Abnahme
 - [9] SN 640 671 Grünräume; Begrünung, Mindestanforderungen und Ausführungsmethoden
 - [10] SN 640 699 Schutz der Amphibien; Massnahmen
 - [11] SN 640 744 Verkehrsflächen mit ungebundenem Oberbau; Ausführung und Erhaltung
 - [12] SN 670 090 Geokunststoffe; Grundnorm³
 - [13] SN 670 243 Geokunststoffe; Anforderungen für die Funktion Schützen
 - [14] SIA 272 Abdichtungen und Entwässerung von Bauten unter Terrain und im Untertagbau

 - [15] Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL, Wegleitung Gewässerschutz bei der Entwässerung von Verkehrswegen, Vollzug Umwelt, Bern, 2002
 - [16] Bundesamt für Umwelt Wald und Landschaft BUWAL, Leitfaden Umwelt, Bodenschutz beim Bauen, Bern
 - [17] Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute VSA, Regenwasserentsorgung, Richtlinie zur Versickerung, Retention und Ableitung von Niederschlagswasser in Siedlungsgebieten, Zürich, 2002, Updates 2004 und 2008
 - [18] Bundesamt für Strassen ASTRA, Strassenabwasserbehandlung an Nationalstrassen, Bern, 2013
 - [19] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. DWA, Merkblatt DWA-M 178, Empfehlungen für Planung, Bau und Betrieb von Retentionsbodenfiltern zur weitergehenden Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem, 2005
 - [20] Wasserwirtschaft-Abwasser-Abfall ATV-DVWK, Merkblatt ATV-DVWK-M 153, Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser, 2007
 - [21] Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau, Richtlinien für die Anlage von Strassen, Teil: Entwässerung RAS-Ew, 2005
 - [22] DWA-Landesverband Bayern, Informationsveranstaltung in Monheim/Alb D, Bilanz eines Verfahrens zur Regenwasserbehandlung, München, 2009
 - [23] Web-Dokumentation HIS-REET Schilfrohrhandel AG, [www.hiss-](http://www.hiss-reet.ch)
-

reet.de/wissen/schilfaufbau.html

- [24] Bahlo, K., Wach, G., Naturnahe Abwasserreinigung, Ökobuch, Staufen, 1995
- [25] Richtlinie für Bodenrekultivierungen, FaBo Kanton Zürich Mai 2003
- [26] Steiner M., Strassenabwasserbehandlungsverfahren: Stand der Technik, Dokumentation ASTRA 88002, Bern 130 S., 2010
- [27] Pazeller A et. al.: Vergleich der Eignung von bewachsenen Boden- und Sandfiltern zur Reinigung von Strassenabwasser, ASTRA 2017
- [28] Bundesamt für Strassen ASTRA, Sicherheitsmassnahmen gemäss Störfallverordnung bei Nationalstrassen (ASTRA 19001), Bern, 2008
- [29] Bundesamt für Strassen ASTRA, Fachhandbuch Trasse / Umwelt (ASTRA 21 001), Ausgabe Januar 2018