



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Strassen ASTRA

RICHTLINIE
**STRASSENABWASSER-
BEHANDLUNG AN
NATIONALSTRASSEN**

*Ausgabe 2023 V1.31
ASTRA 18005*

Impressum

Autoren

Trocmé Maillard Marguerite	ASTRA N-SSI, Vorsitz
Brodmann René	Holinger AG, Liestal
Gutmann Martin	SWR, Zürich
Boivin Pascal	Hepia, Genf
Kaufmann Peter	Illustrationen: Aquawet, Bern

Arbeitsgruppe (2013/2023)

Havlicek Elena	BAFU Sektion Boden
Fischer Patrick	BAFU Sektion Oberflächengewässer Qualität
Meylan Benjamin	BAFU Sektion Grundwasserschutz
Ochsenbein Ueli	Kanton Bern Gewässerschutz und Abfallwirtschaft
Scheiwiler Elmar	Kanton Bern Nationalstrassen Betrieb
Mennel Eric	Kanton Freiburg Gewässerschutz
Eugster Michael	Kanton St. Gallen Abwasser und Gewässerqualität
Gschwend Walter	Kanton St. Gallen Abwasser und Gewässerqualität
Krismer Christian	Kanton Zürich Nationalstrassenunterhalt
Paul Burch	ASTRA Zofingen, Fachspez. Erhaltungsplanung

Begleitgruppe

Clément Elisabeth	ARE Sachplan Fruchtfolgeflächen
Gogniat Bernard	ASTRA N-SSI
Gloor Adrian	ASTRA I-ES
Würmli Sabine	ASTRA N-SSI
Vogt Benoît	ASTRA I-B
Hasler Stefan	AWA, Bern
Sieber Ueli	BAFU Gewässerschutz
Frei Felix	Kanton Aargau Abwasserreinigung
Rudin Max	Kanton Bern Umweltschutz
Lang Thomas	Kanton Basel-Landschaft Siedlungsentwässerung
Chardonens Marc	Kanton Freiburg Umwelt
Göbbels Dirk	Kanton Zürich Tiefbauamt
Häusermann Hans	Kanton Zürich Gewässerschutz
Zuber Claudia	UVEK Rechtsdienst
Michele Steiner	VSS NFK 2.7, Zürich
Battaglia Reto	VSA, Zürich

Originalsprache

Deutsch

Herausgeber

Bundesamt für Strassen ASTRA
Abteilung Strassennetze N
Standards und Sicherheit der Infrastruktur SSI
3003 Bern

Bezugsquelle

Das Dokument kann kostenlos von www.astra.admin.ch heruntergeladen werden.

© ASTRA 2023

Abdruck – ausser für kommerzielle Nutzung – unter Angabe der Quelle gestattet.

Vorwort

Das Strassenabwasser an stark befahrenen Strassen ist durch Schadstoffe aus Brems-, Fahrbahn- und vor allem Reifenabrieb belastet. Zum Schutz der Gewässer vor den im Strassenabwasser enthaltenen Schwermetalle, Mikroplastik, etc. ist eine sorgfältige Beseitigung des Strassenabwassers notwendig. Wo das Trassees dies erlauben, ist aus Sicht Umwelt, Raumplanung und Wirtschaftlichkeit eine Entwässerung mit Versickerung über die Böschung die beste Lösung. Ist dies nicht möglich, so sind für die gesammelten und abgeleiteten belasteten Strassenabwässer, geeignete Strassenabwasserbehandlungsanlagen (SABA) vorzusehen. Diese Anlagen werden oft auch ausserhalb des Trassees gebaut und stehen immer stärker im Konflikt mit anderen Interessen wie dem Schutz des Kulturlandes (insbesondere der Fruchtfolgeflächen), des Waldes sowie der Natur und der Landschaft. Es wird dabei immer schwieriger, optimale Standorte zu finden. Die vorliegende Richtlinie hat das Ziel, den optimalen Planungsprozess aufzuzeigen.

Auf der Basis der VSA Richtlinie "Abwasserbewirtschaftung bei Regenwetter", Modul B [39] konkretisiert diese Richtlinie die Anforderungen an die Versickerung und Behandlung von Strassenabwasser. Zu beachten ist:

- Die Anforderungen an die Behandlung werden nach Gewässertyp differenziert;
- Die Bodeneigenschaften sind anhand des Stands des Wissens neu definiert;
- Bei der Planung der Strassenabwasserbehandlung müssen nachhaltige Lösungen gesucht werden, welche einen unterhaltsarmen und einfach zu bewerkstellenden Betrieb ermöglichen und die Leistung langfristig sicherstellen;
- Es sollen platzsparende Lösungen bevorzugt werden;
- Um der Forderung der Energieeffizienz nachzukommen, müssen Behandlungsanlagen auch möglichst energiesparsam bleiben.

In dieser Überarbeitung der Richtlinie aus dem Jahre 2013 werden die heute bekannten Behandlungsverfahren dargestellt, die auf der im Jahr 2021 aktualisierten Dokumentation ASTRA 88002 „Strassenabwasserbehandlung: Stand der Technik“ [18] beruhen.

Bundesamt für Strassen

Dr. Jürg Röthlisberger
Direktor

Inhaltsverzeichnis

	Impressum	2
	Vorwort.....	3
1	Einleitung	7
1.1	Zweck der Richtlinie	7
1.2	Geltungsbereich	7
1.3	Adressaten und Adressatinnen	7
1.4	Inkrafttreten und Änderungen	7
2	Grundsätze.....	8
2.1	Strassenentwässerung.....	8
2.2	Retention des Strassenabwassers.....	10
2.3	Belastung des Strassenabwassers.....	10
3	Anforderungen an Retention, Behandlung und Versickerung des Strassenabwassers.....	13
3.1	Ermittlung des Wirkungsgrades	13
3.2	Anforderungen an die Retention	14
3.3	Anforderungen an die Versickerung und Behandlung von Strassenabwasser	15
3.4	Kontrolle der Anforderungen	18
4	Festlegung der Entwässerungs- und Behandlungsart	20
4.1	Entscheidungsablauf	20
4.2	Grundlagenbeschaffung.....	20
4.3	Analyse der projektspezifischen Randbedingungen.....	21
4.4	Funktion der Anlagen	29
4.5	Vergleich der Verfahren zur Versickerung und Behandlung.....	30
4.6	Kombinationen der Beseitigungsarten	34
4.7	Verfahrensentscheid	35
5	Prüfung der Verhältnismässigkeit.....	36
5.1	Aufwand-/Nutzen-Betrachtung	36
5.2	Nutzenindikatoren	36
5.3	Kosten	37
5.4	Negative Umweltauswirkungen.....	38
5.5	Punktbewertung	38
5.6	Beurteilung der Verhältnismässigkeit.....	38
6	Phasengerechte Projektierung	40
6.1	Zuständigkeiten im Genehmigungsverfahren	40
6.2	Bau und Ausbau.....	41
6.3	Unterhalt (UPIaNS)	42
7	Betrieblicher Unterhalt	45
7.1	Zuständigkeiten	45
7.2	Inhalt Betriebs- und Unterhaltshandbuch, Einsatzpläne	45
7.3	Entsorgung	46
	Anhänge	49
	Glossar	79
	Literaturverzeichnis	87
	Auflistung der Änderungen.....	91

1 Einleitung

1.1 Zweck der Richtlinie

Die vorliegende Richtlinie legt die Anforderungen an die Beseitigung des Strassenabwassers in Abhängigkeit der gesetzlichen Vorgaben und der lokalen Gegebenheiten fest. Sie konkretisiert im Einvernehmen mit dem BAFU, die VSA-Richtlinie "Abwasserbewirtschaftung bei Regenwetter" [39]. Sie präzisiert die Anforderungen an die Retention, die Behandlung und die Versickerung des Strassenabwassers sowie das Vorgehen zur Verhältnismässigkeitsbeurteilung. Sie soll eine einheitliche Praxis fördern.

Die Richtlinie zeigt die massgeblichen Entscheidungsprozesse. Sie legt Abläufe zur Wahl der optimalen Entwässerung in Zusammenhang mit der Behandlungsart fest, zeigt die wichtigsten Projektierungsschritte und gibt Angaben zum Betrieb und Unterhalt der erforderlichen Anlagen.

1.2 Geltungsbereich

Die Richtlinie gilt sowohl für die Planung und Realisierung neuer Entwässerungseinrichtungen und Behandlungsanlagen für belastetes Strassenabwasser als auch für die Erneuerung von bestehenden Strassenabwasserbehandlungsanlagen auf dem schweizerischen Nationalstrassennetz.

Zur Vereinfachung werden in dieser Richtlinie unter dem Begriff „Strassenabwasserbehandlung“ die Massnahmen zur Reinigung des Strassenabwassers zwecks gesetzeskonformer Versickerung oder Einleitung in ein Gewässer verstanden.

Die Richtlinie ist Bestandteil der geltenden Standards im Bau und Unterhalt der Nationalstrassen.

Für die Einordnung der Richtlinie in die Gesetzgebung und geltenden Publikationen gilt das gleiche wie in Abbildung B1 der VSA-Richtlinie "Abwasserbewirtschaftung bei Regenwetter" [39]. Siehe auch Anhang "Einordnung der Richtlinie"

1.3 Adressaten und Adressatinnen

Die Richtlinie richtet sich an den Inhaber und an die Vollzugsbehörde der Nationalstrassen (ASTRA und Kantone im Rahmen der Fertigstellung des beschlossenen Nationalstrassennetzes) sowie die projektierenden Ingenieure und weitere Stellen, die sich mit dem Bau, dem Unterhalt und dem Betrieb der Nationalstrassen befassen.

1.4 Inkrafttreten und Änderungen

Die vorliegende Richtlinie ist am 20.06.2013 in Kraft getreten. Die „Auflistung der Änderungen“ ist auf Seite 91 zu finden.

2 Grundsätze

2.1 Strassenentwässerung

Die Verkehrssicherheit verlangt, dass das Regenwasser möglichst rasch vom Fahrstreifen abgeleitet wird. Dafür brauchen Strassen gut funktionierende Entwässerungssysteme.

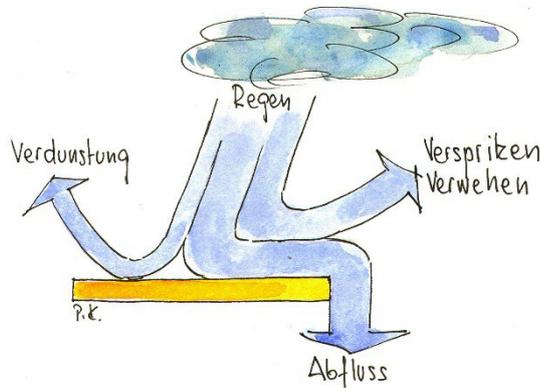


Abb. 2.1 Verdunstung, Verspritzen und Verwehen des Regens bei einer Strasse.

Bei Strassen kommt nur ein Teil des Regens als Strassenabwasser im Entwässerungssystem zum Abfluss. Ein Teil des Regens verdunstet, ein weiterer Teil wird verspritzt oder verweht.

In dieser Richtlinie wird nur der Teil des Regenwassers berücksichtigt, der entweder über das Bankett abfließt oder gesammelt und abgeleitet wird.

Für das Strassenabwasser gilt folgende Priorität für die Strassenabwasserbeseitigung:

1. Versickern;
2. Einleiten in ein Gewässer;
3. Einleiten in die öffentliche Kanalisation zur ARA.

Es werden dabei 2 grundsätzliche Arten der Entwässerung unterschieden:

2.1.1 Entwässerung über das Bankett.

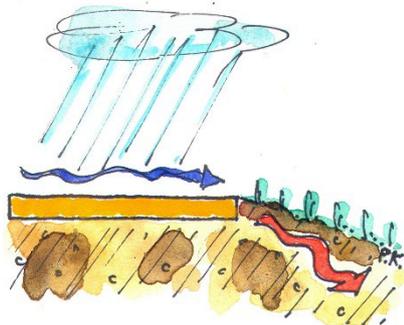


Abb. 2.2 Dezentrale, flächenhafte Versickerung über die Böschung mit bewachsenem Boden.

Das Strassenabwasser fließt an den Strassenrand. Von dort fließt es über das Bankett und versickert durch die bewachsene und filtrierende Bodenschicht in den Untergrund (Abb. 2.2). Die Versickerung über die Böschung bietet die beste Lösung für den Gewässerschutz, da die Bodenschicht eine ausreichende Rückhaltung der Schadstoffe gewährleistet (siehe Kapitel 3.3.1).

2.1.2 Sammeln und Ableiten zur Versickerung oder Einleitung in ein oberirdisches Gewässer

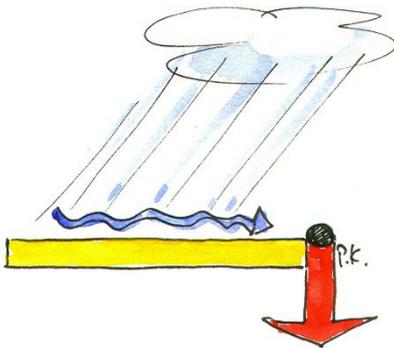


Abb. 2.3 Ableitung zur zentralen Behandlung oder Versickerung.

Das Strassenabwasser fliesst an den Strassenrand und wird von dort in einer Kanalisation (siehe Abb. 2.3) oder Rinne zu einem geeigneten Standort für die Abwasserbehandlung mit anschliessender Versickerung oder Einleitung in ein oberirdisches Gewässer abgeleitet.

Entwässerungen von Verkehrswegen sollen grundsätzlich nur dann an die öffentliche Kanalisation im Mischsystem angeschlossen werden, wenn andere Arten zur Beseitigung des Strassenabwassers nicht machbar, nicht zulässig oder nicht verhältnismässig sind. An gewissen Abschnitten der Nationalstrassen können Anschlüsse an die öffentliche Kanalisation und Behandlung via ARA über eigene Retentions-, Havarie- und Stapel- Becken aus wirtschaftlichen Überlegungen sinnvoll sein.

Die beiden Entwässerungssysteme Versickerung über die Böschung und Ableitung können auch kombiniert werden. Die Kombination bringt insbesondere Vorteile, wenn kein ausreichender Platz für die vollständige Versickerung des Abflusses vorhanden ist.

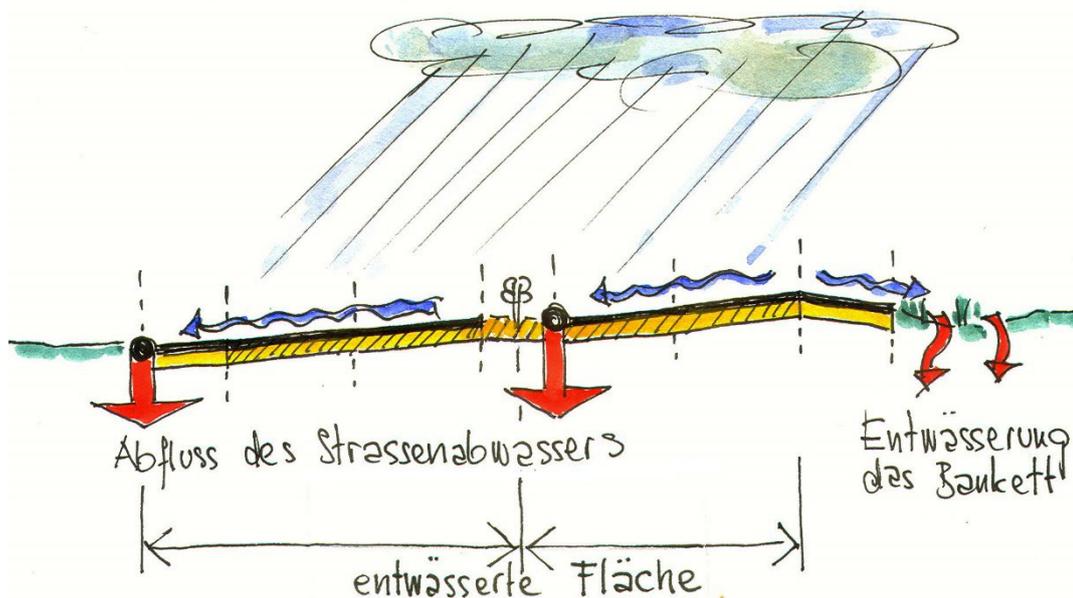


Abb. 2.4 Ein Teil des Niederschlagswassers der Strassenfläche einer 4-streifigen Autobahn wird gesammelt und abgeleitet. Der andere Teil wird über das Bankett mit Versickerung entwässert.

2.2 Retention des Strassenabwassers

Die Retention des Strassenabwassers dient grundsätzlich folgenden Zwecken:

- Das Strassenabwasser fliesst quer zur Fahrbahn an den **Strassenrand**, wo es gesammelt und abgeleitet wird. Durch die Begrenzung der Abflusskapazität des ableitenden Kanals staut sich bei sehr starkem Niederschlag das Strassenabwasser bis auf den Pannestreifen (siehe VSS-Norm 40 356 [24]). Diese Retention dient der wirtschaftlichen Dimensionierung der Strassenentwässerung.
- Die Retention des Strassenabwassers vor der Einleitung in ein **kleines oberirdisches Gewässer** dient bei grossen Zuflussmengen dazu, Schäden an den Ufern zu vermeiden. Bei tiefem Wasserstand mit plötzlich anfallendem starkem Zufluss von der Strasse wird mit der Retention die Belastung von Fauna und Flora im Gewässer minimiert. Diese Retention dient dem Schutz des oberirdischen Gewässers.
- Der Rückhalt von **wassergefährdenden Flüssigkeiten** in speziell zu diesem Zweck vorgesehenen Becken dient sowohl dem Schutz des oberirdischen Gewässers als auch dem Schutz des Grundwassers.
- Die Retention von Strassenabwasser vor der **Behandlung** oder dem **Versickern** ist nötig, weil die Sicker- oder Durchsatzleistung von Filtermaterialien oder -schichten eine definierte Obergrenze aufweisen. Übersteigt der Zufluss zur Behandlung diesen Wert, so wird das Strassenabwasser in der vorgeschalteten Retention zwischengespeichert.

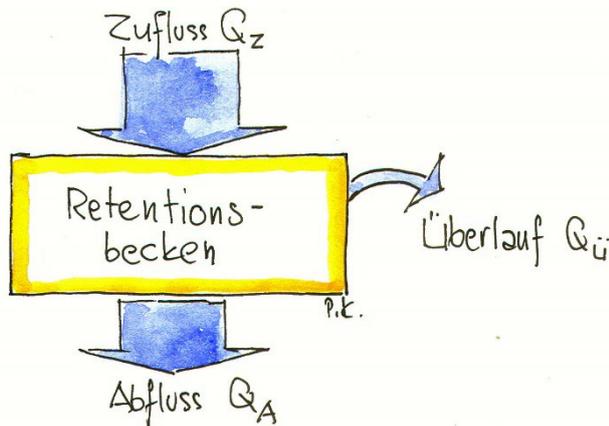


Abb. 2.5 Zu- und Abflüsse eines Retentionsbeckens.

Für die Dimensionierung des Entwässerungssystems, der Retentions- und Behandlungsanlagen ist die Strassenfläche massgebend, welche an das Entwässerungssystem angeschlossen ist.

2.3 Belastung des Strassenabwassers

Bei stark befahrenen Strassen ist das Strassenabwasser mit Schwermetallen und organischen Schadstoffen wie polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) und Mikroverunreinigungen belastet. Die Schadstoffe kommen aus dem Bremsabrieb (Kupfer, Antimon und weitere Schwermetalle), dem Reifenabrieb (Zink, Cadmium, PAK, Anilin etc.), den Abgasen (PAK, Russ) dem Fahrabrieb und von Ladungsverlusten. Der grösste Teil der Belastung im Strassenabwasser liegt in partikulärer Form vor (gesamte ungelöste Stoffe - GUS). Die obgenannten Schadstoffe sind hauptsächlich in bzw. an diesen Partikeln enthalten (siehe auch VSS-Norm 40 347, Strassenentwässerung; Belastung von Strassenabwasser, [25]).

In Abhängigkeit von der Verkehrsmenge, der Geschwindigkeit, dem Längsgefälle der Strasse und den seitlichen Bauwerken wird eine entsprechende Belastung festgestellt. Anhand von Belastungspunkten VSA Richtlinie "Abwasserbewirtschaftung bei Regenwetter" (siehe Kapitel. 3.2, Tabelle B8, [39]) wird die Belastung des Strassenabwassers klassiert. Daraus kann abgeleitet werden, dass ab einem durchschnittlichen Tagesverkehr (DTV) von mehr als 5'000 Fahrzeugen das Strassenabwasser belastet und bei mehr als 14'000 Fahrzeugen hoch belastet ist.

Klassierung	Summe der Punkte	Belastungsklasse
Die Anzahl der Belastungspunkte bei Strassen wird wie folgt in Belastungsklassen umgesetzt:	< 5 Punkte	gering
	5–14 Punkte	mittel
	> 14 Punkte	hoch
Belastung von Niederschlagsabwasser von Strassenflächen		
Setzt sich wie folgt zusammen	Grundbelastung + \sum (BP-Kriterien)	Belastungspunkte [BP]
1. Grundbelastung	Belastungspunkte [BP]	Bemerkungen
Verkehrsfrequenz	Grundbelastung = DTV/1000	für Planungshorizont DTV (= durchschnittlicher täglicher Verkehr)
2. Kriterien	Belastungspunkte [BP]	Bemerkungen
Anteil Schwerverkehr	1 für Anteil 4–8% 2 für Anteil > 8%	für Planungshorizont
Steigung	1, falls Steigung > 8%	für Planungshorizont
Strassenabschnitt innerorts	1	
Strassenreinigung	Abzug der Anzahl maschineller Reinigungen pro Monat	

Abb. 2.6 Beurteilung der Belastung des Niederschlagsabwassers von Strassenflächen.
Quelle: VSA-Richtlinie "Abwasserbewirtschaftung bei Regenwetter" [39]

Längsverbauungen wie Lärmschutzwände oder Einschnitte beeinflussen die Wirkung von Verwirbelungen nach aussen, so dass sich die Schadstoffe vermehrt im Strassenraum anreichern.

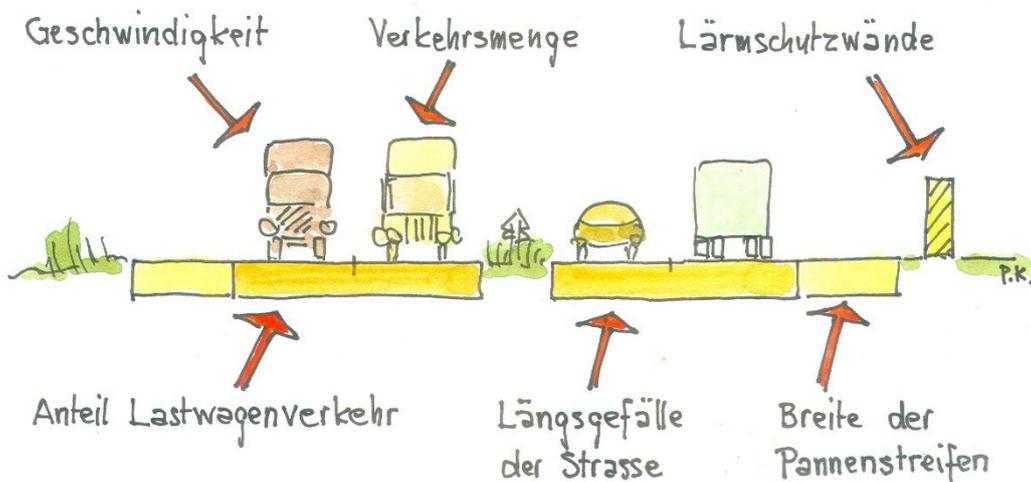


Abb. 2.7 Beeinflussende Parameter für die Schadstoffbelastung im Strassenabwasser.

Nach dem Bericht „Stand der Technik Strassenabwasserbehandlung“ [18] ist der Parameter GUS für die heute zur Anwendung kommenden Behandlungsverfahren als repräsentativer Parameter für die Gesamtbelastung des Strassenabwassers anzusehen. Für die nachfolgende Definition der stofflichen Wirkung der Strassenabwasserbehandlung wird darum nur noch der Parameter GUS verwendet (siehe Kapitel 3).

Vertiefende Informationen sind im Bericht „Stand der Technik“ [18] zu finden.

2.3.1 Schadstofffrachten

Wird eine Strasse nicht durch Lärmschutzwände, Stützmauern, Brüstungen oder dergleichen seitlich begrenzt, dann wird ein grosser Teil der Schadstofffracht - bis zu 50% - durch

Verwehung und durch das Spritzwasser in der Umgebung abgelagert, meist in die Böden der seitlichen Böschungen und Grünstreifen.

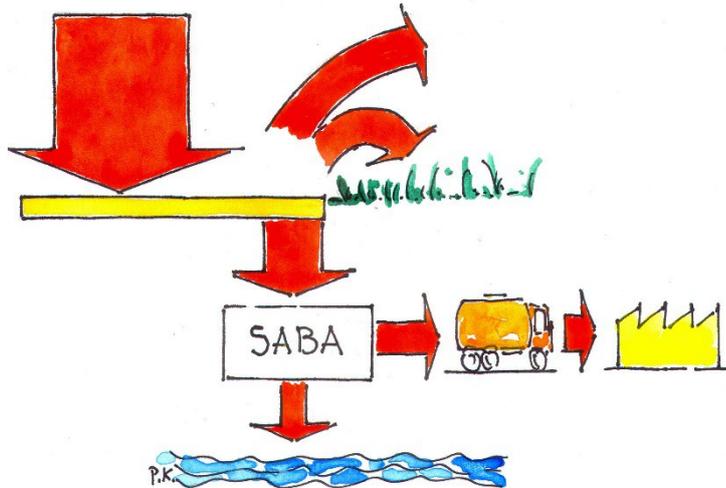


Abb. 2.8 Beispiel von der Verteilung der Schadstofffrachten.

2.3.2 Auswirkungen auf die Gewässer

Mittlere Dauerbelastung:

Für die oberirdischen Gewässer sind insbesondere die Frachten an ungelösten Stoffen (GUS, Kupfer und Zink) relevant. Diese führen zu einer Trübung des Gewässers, zu einer Akkumulation von Schadstoffen in den Sedimenten des oberirdischen Gewässers und zu einer Kolmatierung der Gewässersohle.

Hingegen ist für das Grundwasser der Eintrag von gelösten Stoffen von grösster Bedeutung.

Dynamik der Belastung:

Für die Ökologie eines oberirdischen Gewässers ist neben der mittleren Dauerbelastung auch der akute Stress durch Hydraulik- und Fracht-Spitzen relevant. Bei der Versickerung ins Grundwasser muss jederzeit gewährleistet sein, dass auch bei hohen hydraulischen oder Fracht-Spitzen ein ausreichender Schadstoffrückhalt im Boden oder eine ausreichende Behandlung des Strassenabwassers stattfindet.

2.3.3 Auswirkungen auf die Böden

Bei den Böden sind die GUS und die daran gebundenen Schadstoffe relevant. Sie sammeln sich an der Oberfläche an und gelangen in den Oberboden, wo sie sich anreichern. Neben der Anreicherung der Schadstoffe ist auch eine Kolmatierung der Böden durch die feinen Partikel zu beobachten, was sich ungünstig auf die Bodenporosität und die Sicker-eigenschaften der Böden auswirkt.

Der grösste Teil der durch diese Schadstoffe belasteten Böden befindet sich seitlich der Fahrbahn. Es handelt sich dabei um Böschungen und Grünstreifen, welche als Anlageteil zur Strasse gehören. Somit sind dies keine Böden im Sinne der Verordnung über Belastungen des Bodens (siehe Abb. V.1 und VBBo [9]). Die Böschungen und Grünstreifen seitlich der Strassen sind grundsätzlich bereits durch das Verspritzen und Verwehen der Schadstoffe stark belastet. Das Versickern von Strassenabwasser über die Böschung belastet daher keine zusätzlichen Bodenflächen, sondern reichert die Schadstoffe in den vorbelasteten Bereichen der Strassenanlage an.

3 Anforderungen an Retention, Behandlung und Versickerung des Strassenabwassers

Die Wegleitung VSA Richtlinie "Abwasserbewirtschaftung bei Regenwetter" Modul B" [39] gibt klare Hinweise, ab wann eine Behandlung und eine Retention des Strassenabwassers aufgrund der gesetzlichen Vorgaben nötig sind. Die in diesem Kapitel beschriebenen Anforderungen decken sich weitgehend mit der VSA Richtlinie.

Die Anforderungen werden anschliessend über Wirkungsgrade definiert. Diese beziehen sich jeweils auf **Jahresfrachten**.

3.1 Ermittlung des Wirkungsgrades

Durch den Vergleich des von der Strasse erfassten Abwassers mit dem behandelten Abwasser werden die Anforderungen an die Retention und an die Behandlung definiert. Jener Teil des Regens, welcher verdunstet oder durch Verwehungen und Verspritzen durch Fahrzeuge nicht ins Entwässerungssystem abfließt, wird nicht berücksichtigt.

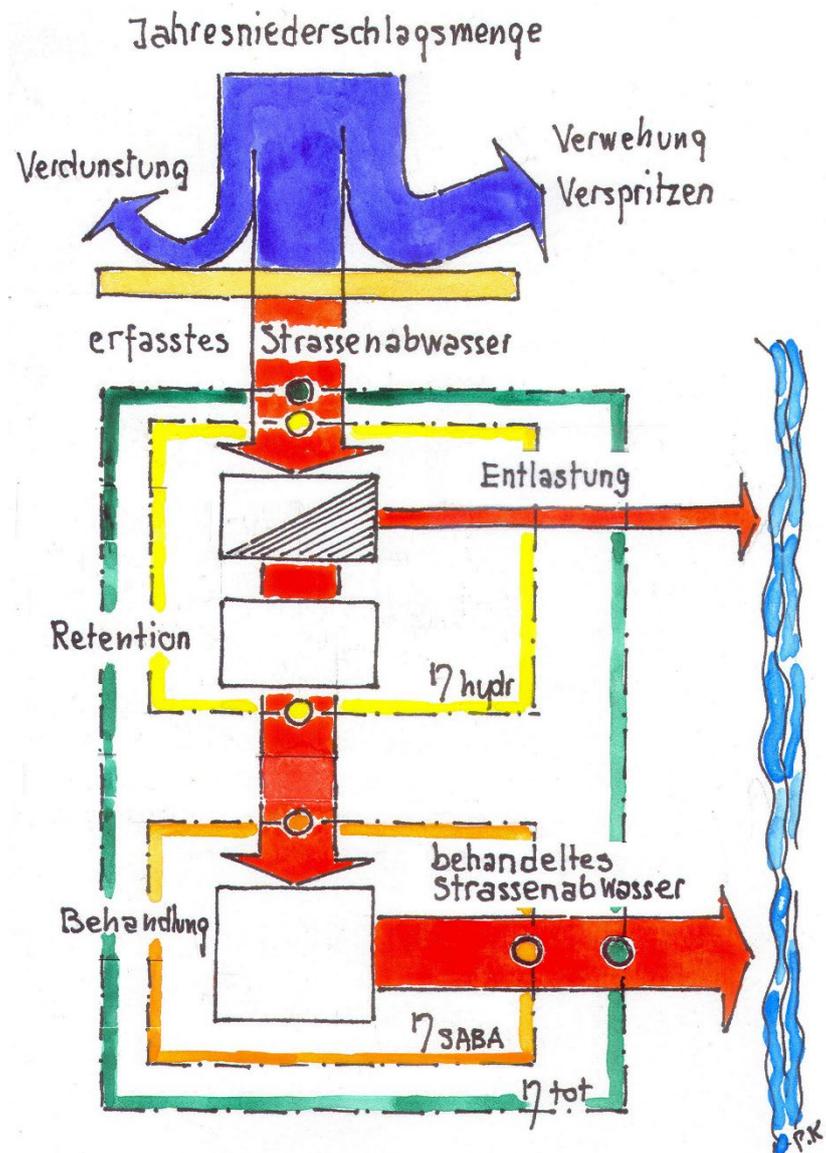


Abb. 3.1 Abgrenzung des Entwässerungssystems mit Definition der Wirkungsgrade.

Das von der Strasse abfliessende Abwasser – gefasste Strassenabwasser - wird vor der eigentlichen Behandlung in der SABA gespeichert (Retention) und kann bei hydraulischen Spitzen bei vollem Retentionsbecken in das oberirdische Gewässer entlasten. Für die klare Definition der Begriffe wurden hier die Entlastung, die Retention und die SABA getrennt dargestellt. Baulich sind diese Elemente oft miteinander kombiniert.

Die Anforderungen umfassen folgende Wirkungsgrade:

- Retention des Strassenabwassers mit dem hydraulischen Wirkungsgrad η_{hydr} ,
- Rückhalt der GUS in der SABA mit dem Wirkungsgrad der SABA η_{SABA} ,
- Rückhalt der GUS im Entwässerungssystem mit dem gesamten Wirkungsgrad η_{tot} .

Der Gesamtwirkungsgrad des Entwässerungssystems ist das Produkt des hydraulischen Wirkungsgrads mit dem Wirkungsgrad der SABA.:

$$\eta_{tot} = \eta_{hydr} * \eta_{SABA}$$

Hydraulischer Wirkungsgrad (siehe Kapitel 3.2)

$$\eta_{hydr} = \frac{\text{behandeltes Strassenabwasser (m3/Jahr)}}{\text{erfasstes Strassenabwasser (m3/Jahr)}}$$

Wirkungsgrad der SABA (siehe Kapitel 3.2)

$$\eta_{SABA} = \frac{\text{zurückgehaltene GUS-Fracht (kg/Jahr)}}{\text{GUS-Fracht des zu behandelnden Strassenabwassers (kg/Jahr)}}$$

Gesamtwirkungsgrad des Entwässerungssystems

$$\eta_{tot} = \frac{\text{zurückgehaltene GUS-Fracht (kg/Jahr)}}{\text{GUS-Fracht des erfassten Strassenabwassers (kg/Jahr)}}$$

3.2 Anforderungen an die Retention

Für die Auslegung der erforderlichen Retentionsvolumen kommt der emissionsorientierte Ansatz zur Anwendung.

Bei der Auslegung der erforderlichen Retentionsvolumen sind die Anforderungen für die im Störfall benötigten Volumen für die Rückhaltung zusätzlich zu berücksichtigen.

3.2.1 Emissionsorientierter Ansatz zur Dimensionierung

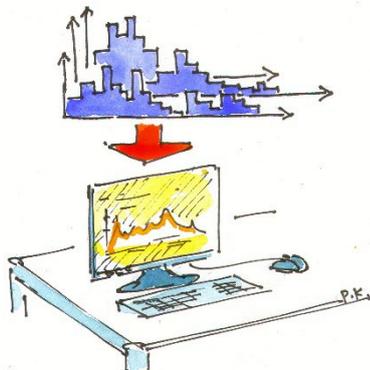


Abb. 3.2 Berechnungen mit historischen Regendaten.

Für die Ermittlung des hydraulischen Wirkungsgrades ist der emissionsorientierte Ansatz zu verwenden. Die Dimensionierung zentraler Behandlungsanlagen soll aufgrund einer Langzeitregenserie einer lokalen Regenmessstation (zum Beispiel: A-Netz) und nicht auf einem einzelnen Regenereignis erfolgen. Die Bestimmung der erforderlichen Volumen der

Retentionsanlagen für Nationalstrassen muss mit einem hydraulischen Berechnungs-Modell unter Anwendung einer Langzeitsimulation mit historischen Regenserien erfolgen [38]. Für diese Berechnungen ist **maximal** der **Abflusskoeffizient $\psi = 0.9$** für die Strassenflächen zu verwenden (VSS 40 353 [23]). Dabei geht man für die Berechnungen grundsätzlich davon aus, dass der maximale Abfluss bei wenig Verkehr stattfindet → wenig Verwehung des Strassenabwassers. **Wo zweckmässig, darf ein abweichender Abflusskoeffizient verwendet werden, welcher zu begründen ist.**

Für die Wahl der Regenserie für die Langzeitsimulation müssen neben der geographischen Nähe zum Projektort auch die Gesamtniederschlagshöhe der Messstation und des Projektorts übereinstimmen (hydrogeologischer Atlas der Schweiz). Die Dauer der Langzeitregenserie ist mindestens 5 Jahre. 10 - 20 Jahre gelten als ideale Dauer für Langzeitsimulationen. Die Daten sind so aktuell wie möglich zu beziehen.

Die dezentrale Entwässerung über das Bankett wird weiterhin mit dem Blockregen der SN Norm 40 350 [26] dimensioniert.

3.3 Anforderungen an die Versickerung und Behandlung von Strassenabwasser

Zur Vereinfachung werden unter dem Begriff „Strassenabwasser-Behandlung“ die Massnahmen zur Reinigung des Strassenabwassers zwecks gesetzskonformer Versickerung oder Einleitung in ein Gewässer verstanden.

3.3.1 Einordnung der Verfahren in Behandlungsstufen

Bei oberirdischen Gewässern gelten die drei Anforderungsstufen für die Strassenabwasserbehandlung: „Erhöht, Standard, Erleichtert“

Für das Versickern in das Grundwasser ist die Passage durch eine geeignete biologisch aktive Schicht, welche eine mit Boden vergleichbare Reinigungswirkung hat erforderlich.

Beim Versickern ins Grundwasser gilt ausschliesslich die Anforderungsstufe „Erhöht“

Tab. 3.1 Tabelle der Anforderungen bei der Einleitung in ein Gewässer

Bezugsgrösse	GUS	m ³	GUS	
Anforderungsstufe	Gesamtwirkungsgrad ³ η_{tot}	Hydraulischer Wirkungsgrad η_{hydr} (Richtwert ²)	Wirkungsgrad der SABA η_{SABA}	Einsetzbare Verfahren
Erhöht	Mindestens 80%	90%	90%	Bankett, Mulde-Rigole, be-pflanzte Sandfilter ¹
Standard	Mindestens 70%	90%	80%	Bankett, Mulde-Rigole, be-pflanzte Sandfilter ¹ , Splitt/Kiesfilter ¹
Erleichtert	Mindestens 60%	90%	70%	Absetzbecken im Dauerstau, Technische Filter

¹Mit einer biologisch aktiven Schicht, die eine mit Boden vergleichbare Reinigungswirkung hat. Dies wird unter anderem mit einer Bepflanzung mit Schilf erreicht.

²Richtwert: Bei mittleren und grossen Vorflutern kann der hydraulische Wirkungsgrad tiefer sein, wenn der GUS-Gesamtwirkungsgrad eingehalten wird.

³Verfahren mit hohem Schadstoffrückhalt (Wirkungsgrad SABA) können auch bei tieferen Anforderungen eingesetzt werden. Damit entsteht mehr Flexibilität beim hydraulischen Wirkungsgrad. Beispiel: Die Anforderung Standard mit be-pflanztem Sandfilter erfordert einen tieferen hydraulischen Wirkungsgrad von 80%.

Diese Tabelle 3.4 stellt für jede Anforderungsstufe die geeigneten Verfahren dar. Der Unterschied zwischen den Anforderungsstufen basiert auf dem erreichbaren Wirkungsgrad der SABA-Typen und der entsprechenden Dimensionierung der Anlagen bezüglich des hydraulischen Wirkungsgrades.

Bei der **dezentralen Beseitigungsart unterscheiden sich die Anforderungen nicht**. Die Versickerung über das Bankett oder die Behandlung über Mulden-Rigolen genügen, soweit die Anforderungen der Typenblätter erfüllt sind, bei allen Stufen.

Für die Anforderungsstufe „**Erhöht**“ eignet sich von den zentralen Behandlungsverfahren der bepflanzte Sandfilter mit einem Absetzbecken als Vorbehandlung. Der Spielraum, um die Anlage bezüglich des hydraulischen Wirkungsgrades zu optimieren, ist bei der Anforderungsstufe „Erhöht“ eher gering, da die Reinigungsverfahren mit einem hohen Wirkungsgrad eine geringe hydraulische Leistung aufweisen und damit eine grosse Retention zur Einhaltung des hydraulischen Wirkungsgrades nötig wird.

Für die Anforderungsstufe „**Standard**“ ist der **Splitt-Kiesfilter geeignet. Ebenso kann ein bepflanzter Sandfilter mit einem geringeren hydraulischen Wirkungsgrad, also kleinerer Fläche, eingesetzt werden, was für den Gesamtwirkungsgrad einen etwas grösseren Spielraum gibt.**

Für die Anforderungsstufe „**Erleichtert**“ stehen das Absetzbecken im Dauerstau, das multifunktionale bewirtschaftete Absetzbecken / Retentionsbecken, sowie bedingt auch die technischen Filter (Polstofffilter oder rückspülbare Schnellfilter) zur Verfügung. Diese sind aber aufwändiger im Unterhalt.

3.3.2 Anforderungen bei der Versickerung ins Grundwasser

Gemäss Gewässerschutzverordnung [13] ist eine Behandlung des Strassenabwassers vor dem Versickern erforderlich, wenn die Bodeneigenschaften keinen genügenden Schutz des Grundwassers gewährleisten können.

Die nachfolgende Tabelle erklärt, welche Verfahren in welcher Situation gestattet ist. In den Grundwasserschutz zonen **S1** und **S2** sowie in Grundwasserschutzarealen ist das Versickern unzulässig. Zusätzlich ist zu beachten, dass in der Zone S1 bauliche Eingriffe, welche der Trinkwasserversorgung nicht dienen, verboten sind.

Wenn das Strassenabwasser gering belastet ist (gemäss Belastungsklasse BAFU Wegleitung [39], oder VSS Norm 40 347 [25]), darf es in der Grundwasserschutzzone **S3** versickert werden. Dabei muss jedoch gewährleistet sein, dass die gelösten Stoffe durch eine biologisch aktive Bodenschicht ausreichend zurückgehalten oder abgebaut werden.

Wenn das Grundwasser für die Trinkwassergewinnung geeignet ist (**Gewässerschutzbereich A_u**), ist ausschliesslich die Anforderungsstufe "Erhöht" anwendbar. Auch wenn das Grundwasser für die Wassergewinnung nicht geeignet ist, sind die gelösten Stoffe mindestens so weit zurückzuhalten, dass nachteilige Einwirkungen auf das Grundwasser vermieden werden, was entsprechende Verfahren der Stufe "erhöht" erfordert.

Tab. 3.2 Einsetzbare Verfahren bei der Versickerung ins Grundwasser

Gewässerschutzbereiche / Grundwasserschutz zonen	Einsetzbare Verfahren
übrige Bereiche und A _u	Bankette, Mulden-Rigolen, Sandfilter bewachsen ¹
Grundwasserschutzzone S3	Bankette ² , Mulden-Rigolen ²
Grundwasserschutzzone S2 und S1 und Grundwasserschutzareale	Versickerung unzulässig; Ableitung des Strassenabwassers ausserhalb der Grundwasserschutzzone S3

¹ Mit einer biologisch aktiven Schicht, die eine mit Boden vergleichbare Reinigungswirkung hat. Dies wird unter anderem mit einer Bepflanzung mit Schilf erreicht.

² Wenn das Strassenabwasser in die Belastungsklasse „gering“ gemäss Wegleitung „Gewässerschutz bei der Entwässerung von Verkehrswegen“, fällt [39]. Abwasser der Belastungsklassen „mittel bis hoch“ muss aus dem Bereich S3 abgeleitet werden.

Grundsätzlich muss beim Versickern darauf geachtet werden, dass ein genügend grosser Flurabstand eingehalten wird, um anaerobe Verhältnisse zu vermeiden.

3.3.3 Anforderungen an die Behandlung bei der Einleitung in ein oberirdisches Gewässer

Gemäss der Wegleitung „Gewässerschutz bei der Entwässerung von Verkehrswegen“ [39] gilt das Strassenabwasser grundsätzlich ab einem DTV von über 14'000 als hoch belastet. Vor der Einleitung in ein oberirdisches Gewässer muss das Strassenabwasser behandelt werden.

Ist für die Einleitung in ein oberirdisches Gewässer eine Behandlung erforderlich, so sind die Anforderungsstufen gemäss der folgenden Tabelle einzuhalten. Bei der Differenzierung mit einem DTV von 50'000 handelt es sich um eine zusätzliche Unterscheidung bei den hohen Belastungen. Die Behandlungsanforderungen werden bei einem DTV zwischen 14'000-50'000 wegen der tieferen Schadstoffkonzentrationen im Strassenabwasser auf „Standard“ herabgestuft.

Tab. 3.3 Tabelle der Anforderungen bei der Einleitung in ein oberirdisches Gewässer

Anforderungsstufe	Gewässerschutzbereich
Standard	übrige Bereiche (üB) Einleitverhältnis: $0.1 < V_G, V_{G_{max}^*} < 1$ oder $V_G, V_{G_{max}^*} < 0.1$ und DTV < 50'000 oder bei Seen
Erhöht	übrige Bereiche (üB) Einleitverhältnis: $V_G, V_{G_{max}^*} < 0.1$ und DTV > 50'000
Erleichtert	übrige Bereiche (üB) Einleitverhältnisse: $V_G, V_{G_{max}^*} > 1$

Bestimmung der Einleitverhältnisse nach der BAFU-Wegleitung „Gewässerschutz bei der Entwässerung von Verkehrswegen“ [39]. V_G : Einleitverhältnis Gewässerabfluss zu Einleitmenge, $V_{G_{max}^}$: Einleitverhältnis Gewässerabfluss zu Einleitmenge über Gewässerabschnitt.

Die erhöhten Anforderungen kommen zur Anwendung bei Gewässern mit geringer Wasserführung und bei Gewässern, welche gemäss kantonalen Angaben besonders schutzwürdig sind, wie z. B. bei Gewässern in Naturschutzgebieten, Flachuferzonen oder wenn das Wasser für die Wasserversorgung gebraucht wird.

Erleichterte Anforderungen gelten bei den grossen Fliessgewässern, wo das Verdünnungsverhältnis sehr gross ist und kein spezieller Schutz besteht.

Die Anforderungsstufe „Standard“ gilt als Normalfall. Sie gilt für die meisten Fliessgewässer und für die Seen.

Für Einleitungen innerhalb des Gewässerschutzbereichs A_0 ist die Anforderungsstufe auf entsprechende kantonale Planung abzustimmen.

3.3.4 Anforderungen an die Einleitstelle in ein oberirdisches Gewässer

Bei der Wahl und Gestaltung der Einleitstelle in ein oberirdisches Gewässer sind die örtlichen Gegebenheiten zu berücksichtigen. Es ist sicherzustellen, dass die Fliessgeschwindigkeit im Fliessgewässer genügend gross ist, um eine lokale Verschlämzung zu verhindern. Im Weiteren darf die Einleitstelle lokal keine Erosion oder Schaumbildung verursachen.

Die Gestaltung der Einleitstelle geschieht in Absprache mit der zuständigen kantonalen Wasserbaubehörde.

3.4 Kontrolle der Anforderungen

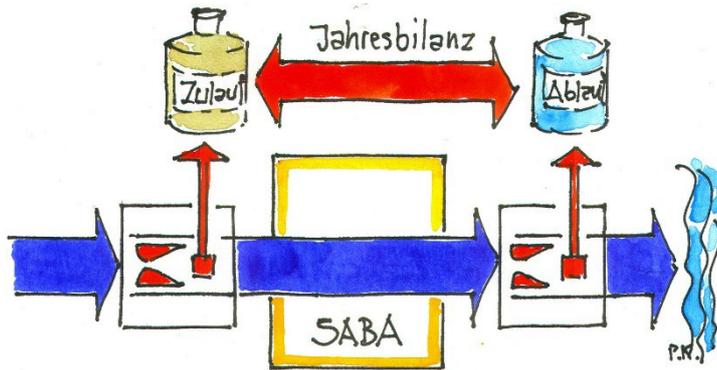


Abb. 3.3 SABA mit Messstellen.

Die Anforderungen an die SABA basieren auf einer Jahresbilanz der Wassermenge und der Schadstoffmenge. Gemäss Art. 13 GSchV müssen **die Inhaber** von Abwasseranlagen die Anlagen in funktionstüchtigem Zustand erhalten. Dazu dienen die regelmässigen Kontrollen. Die Kontrollen der gestellten Anforderungen sind je nach Zielsetzung differenziert zu organisieren:

- Abnahme;
- Funktionsüberwachung;
- Funktionsprüfung;
- Leistungsprüfung neuer Verfahren.

3.4.1 Abnahme

Bei der Inbetriebnahme ist eine Funktionsprüfung als Bestandteil der Abnahme durchzuführen. Auch wenn die SABA wesentlich geändert oder das Einzugsgebiet der SABA vergrössert wird, ist eine Kontrolle zu machen. Dabei reicht es die gesamten ungelösten Stoffe **GUS, Kupfer, Zink** sowie die **Zu- und Ablaufmengen** zu prüfen. Die Jahresbilanz ist mit einer repräsentativen Messkampagne über **mehrere Monate** zu eruieren.

3.4.2 Funktionsüberwachung / Funktionskontrolle

Bei bestehenden bereits abgenommenen Anlagen erfolgt eine periodische und optische Überwachung (Kontrolle) anlässlich des betrieblichen Unterhalts mittels Checklisten → 2-3-mal pro Jahr (siehe auch Kapitel 7.1 „Zuständigkeiten im Betrieb“).

3.4.3 Funktionsprüfung

Einfache Analysen wie die Analyse der gesamten ungelösten Stoffe **GUS** und der **Ablaufmenge** (hydraulische Leistungsfähigkeit) werden mittels **repräsentativen Probenahmen** alle 5 Jahre durchgeführt. Bei stabilen Verhältnissen und bestehenden positiven Funktionskontrolle Ergebnissen, kann das Kontrolle Intervall vergrössert werden.

Bei Retentionsfilterbecken und Anlagen mit Versickerung wird lediglich der zeitliche Verlauf des Wasserstands gemessen, um eine allfällige Kolmation erkennen zu können.

3.4.4 Leistungsprüfung neuer Verfahren

Bei neuen, sogenannten Pilotprojekten, sowie bei geänderten bestehenden Verfahren (z. B. andere Korngrösse oder Mächtigkeit der Filterschichten) ist eine Leistungsprüfung durchzuführen, um ihre Wirksamkeit und ihre hydraulische Leistungsfähigkeit zu bestätigen. Dabei werden mindestens die Jahresmittelwerte von den gesamten ungelösten Stoffen GUS, Kupfer (Cu_{tot}), und Zink (Zn_{tot}) ermittelt. Zudem sind die Zu- und Ablaufmengen zu messen, um den hydraulischen Wirkungsgrad zu prüfen. Bei den bereits auf dem Markt vorhandenen Verfahren ist die Leistungsprüfung nicht mehr nötig.

Im Rahmen der Leistungsprüfung muss der Wirkungsgrad bestimmt werden. Ergibt sich dabei eine gute Leistung bezüglich der GUS, sowie eine ausreichende Leistung bezüglich der anderen Parameter, so reicht es bei den Abnahmen von SABA des gleichen Verfahrens aus, die GUS- und Abflusswerte zu prüfen. Details sind im Fachhandbuch T/U beschrieben. Siehe: Trassee/Umwelt (FHB T/U) [38] Merkblatt 21 001-10468.

4 Festlegung der Entwässerungs- und Behandlungsart

4.1 Entscheidungsablauf

4.1.1 Genereller Ablauf

Im Rahmen der Planungs- und Projektierungsarbeiten zur Festlegung der Entwässerungs- und Behandlungsart sind 2 unterschiedliche Abläufe zu berücksichtigen:

- Fachtechnische Abläufe der Strassenentwässerung → Kapitel 4 und 5;
- Administrative Abläufe des ASTRA → Kapitel 6.

Im Kapitel 4 sind die fachlichen Aspekte zur Planung der Strassenentwässerung beschrieben. Diese Planung ist aufwändig und fachlich breit abzustützen. Welche Entscheidungen zu welchem Zeitpunkt dem ASTRA vorliegen müssen und welche Bewilligungen erforderlich sind, ist in Kapitel 6 beschrieben. Es ist die Aufgabe des Projektverfassers, diese Abläufe miteinander geeignet zu koordinieren.

4.1.2 Fachtechnischer Ablauf

Der Ablauf der Planung der Strassenentwässerung und der Behandlung des Strassenabwassers unterscheidet sich im Grundsatz nicht von den üblichen Projektierungsabläufen. Im Rahmen der Bearbeitung der ersten Stufen von den Grundlagen über die Ermittlung des Handlungsbedarfes, dem Variantenstudium bis zum Entwässerungskonzept, werden aber bereits wichtige Entscheide gefällt.

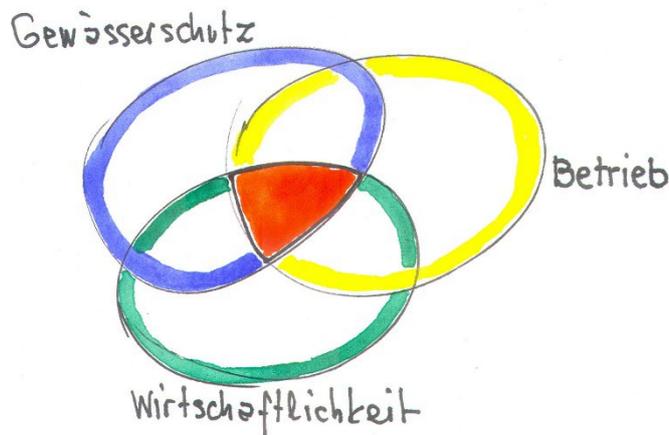


Abb. 4.1 Ziel der Planung: Nachhaltige und optimierte Strassenentwässerung.

Ziel der fachtechnischen Planung ist eine **nachhaltige** und **optimierte** Strassenentwässerung hinsichtlich:

- Gewässer- und weitere Umwelt- Schutzbereiche;
- Wirtschaftlichkeit für Bau und Unterhalt;
- Betriebssicherheit und Effizienz.

4.2 Grundlagenbeschaffung

Die **Checkliste** im Anhang III weist 14 Bereiche auf, für welche entwässerungsrelevante Grundlagen zusammen zu tragen sind. Die Menge und Vielfalt dieser Informationen zeigt auf, dass deren Auswertung und Analyse entsprechende Sorgfalt erfordern.

Allenfalls hilft auch ein informatives Gespräch mit den zuständigen kantonalen Behörden.

4.3 Analyse der projektspezifischen Randbedingungen

Jedes Projekt hat seine eigenen Randbedingungen. Diese gehen aus der Analyse der Grundlagen hervor. Nachfolgend sind die wichtigsten Randbedingungen beschrieben.

4.3.1 Zustandserfassung

Die vorhandene Strassenentwässerung wird neben dem baulich-betrieblichen Zustand auf den Ist-Zustand hinsichtlich des Gewässerschutzes beurteilt. Die Belastung von Strassenabwasser im Ist-Zustand wird anhand der VSS-Norm 40 347 [25] festgestellt.

Bei der Erfassung der gewässerschutzrelevanten Daten wird die Belastung des Strassenabwassers mit den Anforderungen der jeweiligen Einleit- beziehungsweise Versickerungsstelle in die Umwelt (Fließgewässer oder Grundwasser) verglichen.

4.3.2 Oberirdische Gewässer/Grundwasser

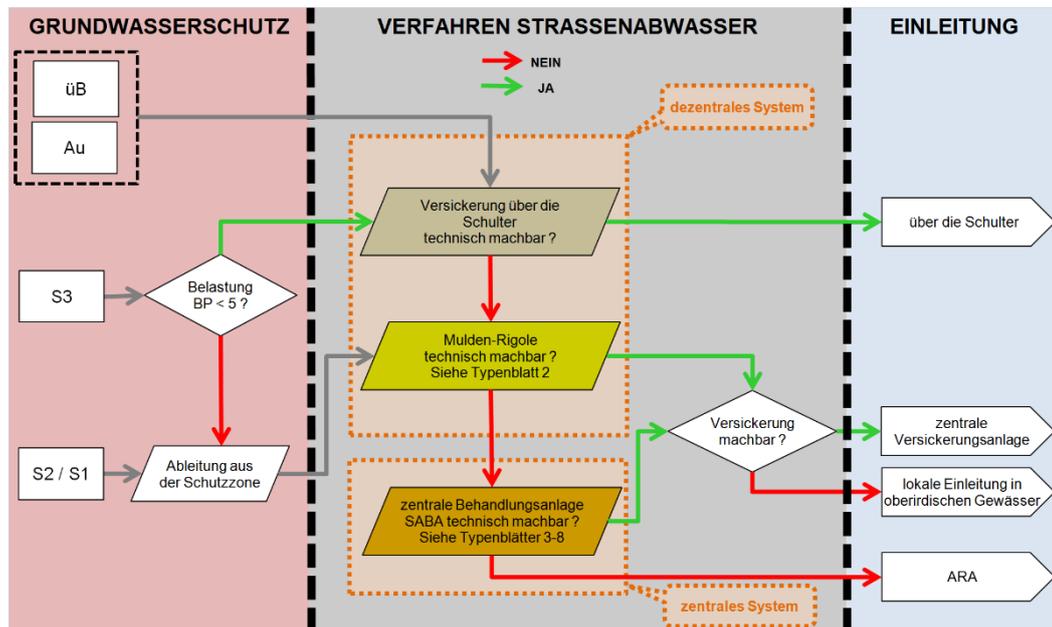


Abb. 4.2 Entscheidungshilfe für die Wahl der Strassenabwasserbeseitigung.

Abb. 4.2 zeigt eine Übersicht der Beseitigungsarten und unter welchen Umständen diese einsetzbar sind. Dabei sind die bodenkundlichen und hydrogeologischen Randbedingungen zu analysieren und mit den zu behandelnden Strassenflächen respektive deren Abflussmengen zu vergleichen.

Die Beseitigungsarten sind dabei mit folgender Priorität zu wählen:

1. Dezentrales Versickern über die Böschung oder Behandlung über Mulde-Rigole.
2. Zentrales Versickern bei geeigneten Verhältnissen des Untergrundes (Vulnerabilität und Flurabstand des Grundwassers).
3. Zentrales Einleiten in ein mittleres oder grösseres Fließgewässer.
4. Zentrales Einleiten in ein kleines Fließgewässer oder einem See.

Meist zeigt sich in der Planungsphase schon früh (globales Erhaltungskonzept siehe Kapitel 6), ob entsprechende Möglichkeiten für das dezentrale Versickern vorhanden sind, oder ob zentrale Lösungen erforderlich sind. Bei zentralen Lösungen sind Standorte innerhalb des Projektperimeters anzustreben. Die Distanzen von der Strasse bis zur Anlage sind kurz zu halten.

Kommen bei der weiteren Planung Erschwernisse oder ungünstige wirtschaftliche Argumente (siehe Kapitel 5) dazu, so kann auf die entsprechend tiefere Priorität ausgewichen werden.

4.3.3 Zentral/Dezentral

Der Entscheid über eine zentrale oder dezentrale Abwasserbeseitigung hängt von den lokalen Gegebenheiten ab. Entweder wird in den Untergrund versickert oder in ein oberirdisches Gewässer eingeleitet. Es können dabei auch Kombinationen sinnvoll sein (siehe Abb. 2.1).

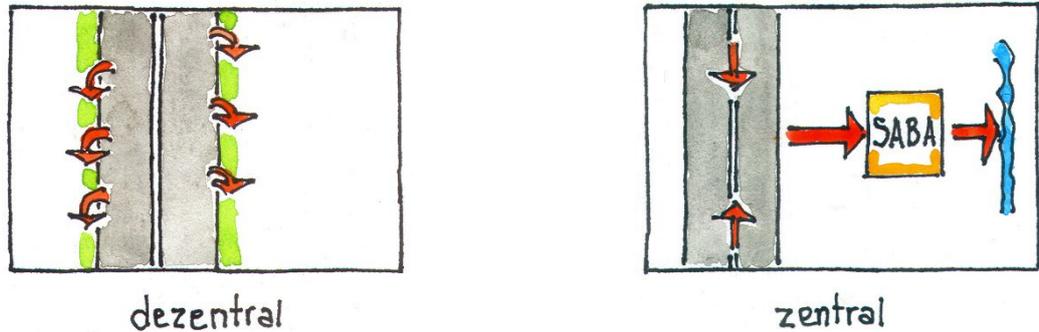


Abb. 4.3 Dezentrale Beseitigung (Bankett, Mulde-Rigole) / zentrale Beseitigung über SABA.

Die Versickerung hat absolute Priorität gemäss der VSA-Richtlinie "Abwasserbewirtschaftung bei Regenwetter" Modul B [39]. Es ist in jedem Fall zu prüfen, ob das Strassenabwasser dezentral über die Böschung versickert oder über Mulden-Rigolen behandelt werden kann, bevor man sich für den Bau einer zentralen SABA entscheidet.

Die zentrale Strassenabwasserbehandlung – mit ihr die SABA – steht wegen der vielen Randbedingungen oft im Vordergrund. Es gilt aber darauf zu achten, dass bei einer geplanten SABA nicht pauschal alle Flächen angeschlossen werden müssen. Ein Abtrennen von Teilflächen, deren Strassenabwasser dezentral über die Böschung versickert oder über Mulden-Rigolen behandelt werden kann, ist zu berücksichtigen.

4.3.4 Landbedarf – Bodenschutz

Die Behandlung des Strassenabwassers braucht entsprechende Flächen. Dies gilt sowohl für die dezentralen wie für die zentralen Verfahren.

Bei der Entwässerung über die Bankette (dezentrale Versickerung über die Böschung oder Behandlung via Mulden-Rigolen-Systeme) muss der seitliche Belastungs-Streifen neben dem Trassee genügend breit sein, um das Wasser zu speichern und versickern zu lassen. **Bei Neubaustrecken ist - wo machbar und rechtlich zulässig – prioritär eine Entwässerung über die Bankette vorzusehen.** Damit muss auch früh genügend Land als Anlagebestandteil entlang des Trassees erworben werden. Für die Dimensionierung sind die entsprechenden Bodenkennwerte und Sickerleistungen zu verwenden. Die zentralen Behandlungsverfahren brauchen lokal ausreichend Platz und können nicht immer seitlich neben dem Trassee erstellt werden.

Der Landverbrauch ist so gering wie möglich zu halten.

Übergeordnet gelten zudem folgende Grundsätze:

- Naturschutzgebiete und schutzwürdige Flächen gemäss NHG Art. 18 [1] dürfen grundsätzlich nicht beeinträchtigt werden. Sind Beeinträchtigungen nicht zu vermeiden, müssen Massnahmen zur Wiederherstellung oder zum Ersatz getroffen werden.
- Landschaftschutzgebiete, geschichtliche Stätten und Kulturdenkmäler sind zu schonen (siehe ASTRA-Weisung 7A020 [19]). In Landschaftschutzgebieten von nationaler Bedeutung müssen SABA's eine klare Standortgebundenheit ausweisen und dürfen den Schutzziele nicht widersprechen. Dabei wird der Landschaftseingliederung ein grosses Gewicht beigemessen → siehe auch Kapitel 4.3.12 „Landschaftseingliederung“.
- Natürlich gewachsene und weitgehend unbelastete Böden sollen, wenn möglich nicht für die Versickerung von Strassenabwasser verwendet werden. Es sind bereits durch

die Strasse vorbelastete Böden oder unmittelbar an die Strasse angrenzende Flächen zu wählen.

- Liegt ein geplanter Standort im Wald ist eine Rodungsbewilligung erforderlich. Dabei sind die Rodungsvoraussetzungen gemäss Art. 5 WaG [2] inklusive der Standortgebundenheit zu erfüllen.
- Der Verbrauch von Fruchtfolgeflächen (FFF) ist einer Interessenabwägung unterstellt, wobei der Schutz der FFF ein nationales Interesse darstellt. FFF können für SABA in Anspruch genommen werden, wenn dies durch entgegenstehende, höher zu gewichtende Interessen gerechtfertigt erscheint. Hierzu ist eine umfassende Abwägung aller privaten und öffentlichen Interessen erforderlich. Im Rahmen der Interessensabwägung sind auch Alternativen ohne und mit weniger Beanspruchung von FFF (einschliesslich Kompensationsmöglichkeiten, wie z. B. die Wiederverwendung von geeignetem Bodenaushub) zu prüfen.

Für die Suche der nötigen Landfläche gelten folgende Prioritäten:

- a. Parzellen im Besitz des ASTRA: Bei Autobahnanschlüssen etc.
- b. Parzellen im Besitz der öffentlichen Hand: Bund, Kanton, Gemeinde etc.
- c. Parzellen in Privatbesitz: Ungenutztes Gewerbeland, Rand der Industriezone etc.

In jedem Fall ist die Zonenzugehörigkeit der beanspruchten Grundstücksflächen mit den daraus resultierenden Nutzungsmöglichkeiten in die Standortwahl einzubeziehen und entsprechend zu berücksichtigen.

Ist ein Landerwerb erforderlich, können Einsprachen und Beschwerdeverfahren die Umsetzung des Projektes verzögern oder gar verunmöglichen.

4.3.5 Grösse des Einzugsgebiets

Bei zentraler Behandlung ist es unter Umständen sinnvoll, das Einzugsgebiet so gross wie möglich zu wählen. Wenn schon eine aufwändige SABA erforderlich wird, ist zu prüfen, ob auch benachbarte Autobahnabschnitte mit verhältnismässigem Aufwand mit angeschlossen werden können.

Folgender **Massstab** kann für die minimal erforderliche Einzugsgebietsgrösse angewendet werden:

- SABA für Anforderung „Standard“: $F_{red} > ca. 2 \text{ ha}$.
- SABA für Anforderung „Erhöht“: $F_{red} > ca. 4 \text{ ha}$.
- SABA für Anforderung „Erleichtert“: $F_{red} > ca. 0.5 \text{ ha}$.

$F_{red} = \text{Zu entwässernde Strassenfläche} * \text{Abflusskoeffizient } 0.9.$

Diese Flächenzusammenlegungen sind teilweise nur mit grösseren baulichen Massnahmen möglich. Es muss geprüft werden, ob eine kleine lokale SABA oder anstelle davon ein Retentionsbecken mit Pumpwerk und Druckleitung geeigneter ist.

4.3.6 Höhenverhältnisse

Die Strassen werden im Freispiegelabfluss entwässert. In flachen Regionen wurde früher die Strassenentwässerung mit minimalem Gefälle zum nächsten oberirdischen Gewässer erstellt. Wird neu eine zentrale Behandlung des Strassenabwassers erforderlich, so braucht diese zusätzliche hydraulische Höhe. Für eine SABA werden je nach Verfahren rasch 2m oder mehr zusätzliche Höhe erforderlich.

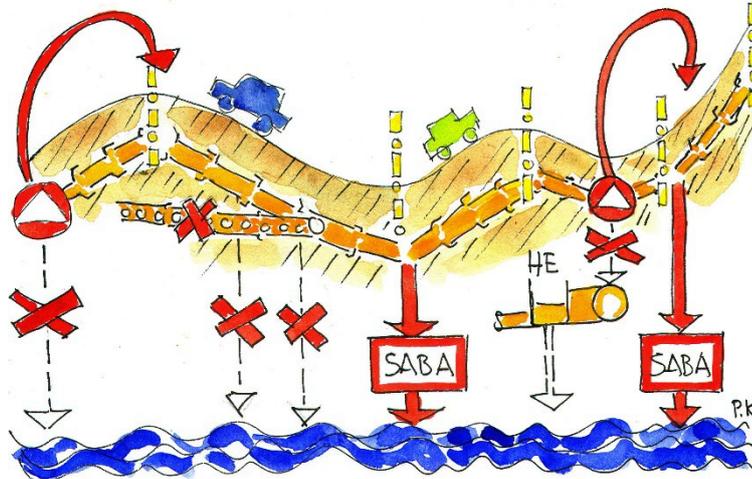


Abb. 4.4 Zusammenfassen von Teileinzugsgebieten.

In erster Priorität soll die Strassenentwässerung und die Strassenabwasserbehandlung im **Freispiegelabfluss** betrieben werden.

Um das Einzugsgebiet einer zentralen SABA weiter zu vergrössern, kann in zweiter Priorität das Strassenabwasser **gepumpt** werden. Damit wird es möglich den Landbedarf zu minimieren, da durch die Pumpwerke jeweils lokal erforderliche SABA wegfallen. So werden die Einzugsgebiete zu einer grösseren, wirtschaftlich attraktiver betreibbaren SABA zusammengefasst. Bei solchen zusammengeführten Einzugsgebieten mit zentraler SABA bekommen die Überlegungen hinsichtlich der geeigneten Wahl des Behandlungsverfahren mehr Bedeutung, um die Anforderungen zu erfüllen. Mit hohem Wirkungsgrad SABA kann gegebenenfalls der hydraulische Wirkungsgrad reduziert werden – damit muss dann weniger Strassenabwasser gespeichert und gepumpt werden.

Beim Einleiten in ein Fließgewässer sind die **Hochwasserkoten** zu ermitteln. Ein Rückstau in die SABA kann nicht nur die Reinigungsleistung beeinflussen, sondern kann diese auch beschädigen. Je nach gewähltem Verfahren muss die Hochwassersicherheit angepasst werden. Als Richtwert dient dabei das 1-jährliche Hochwasser (HQ_1), wenn keine Schäden an der SABA durch den Rückstau entstehen. Könnte die SABA durch den Rückstau beschädigt werden, sind aus wirtschaftlichen Überlegungen höhere Sicherheiten zu berücksichtigen ($> HQ_5$).

4.3.7 Fremdwasser

Fremdwasser ist der Strassenentwässerung stetig oder nicht stetig zufließendes unverschmutztes Abwasser wie zum Beispiel:

- Landwirtschaftliche Drainagen, Hangdrainagen;
- Strassenkofferdrainage;
- Bauwerksdrainage (hangseitig);
- Kleine Bäche.

Fremdwasser stört oder verunmöglicht den Betrieb der SABA. Für Neubauten von Autobahnen sind die Strassenentwässerung und die Drainagen getrennt zu bauen (Fremdwasseranteil: 0%).

4.3.10 Störfall

Der Störfall unterscheidet sich vom Havariefall durch das höhere Ausmass der Wirkung. Die StFV [10] hat zum Ziel, die Umwelt vor schweren Schädigungen zu schützen. Dabei ist die Strassenabwasserbehandlung für die Beherrschung des Störfalls wichtig.

Im Zusammenhang mit der Strassenentwässerung sind 3 Haupt-Störfall-Szenarien mit den nachstehend aufgeführten Leitstoffen relevant:

- Benzin (leichtflüchtig, brennbar);
- Generisch wasserlöslicher Leitstoff (toxischer Stoff in Wasser gelöst);
- Tetrachlorethen – PER (gelöster Stoff, schwerer als Wasser, absetzbar).

Daraus ergeben sich verschiedene Randbedingungen, welche bei der Planung von Strassenentwässerungsanlagen zu berücksichtigen sind. Unter anderem ist zum Schutz der Gewässer oder der öffentlichen Kanalisation der Rückhalt von Störfallgut aus einem Störfall auf der Nationalstrasse zu berücksichtigen. Als minimales Rückhaltevolumen V_{\min} gelten 30m^3 . Das erforderliche Volumen ist für jeden Einzelfall zu prüfen und individuell zu bestimmen.

Eine enge Koordination zwischen dem Entwässerungskonzept und der Störfallvorsorge ist notwendig. In allen Projekten (Erhaltungs-, Ausbau-, und Neubauprojekte) ist die Störfallverordnung gemäss den Anforderungen der ASTRA Richtlinien-19001 und -19002 ([20] bzw. [21]) zu berücksichtigen.

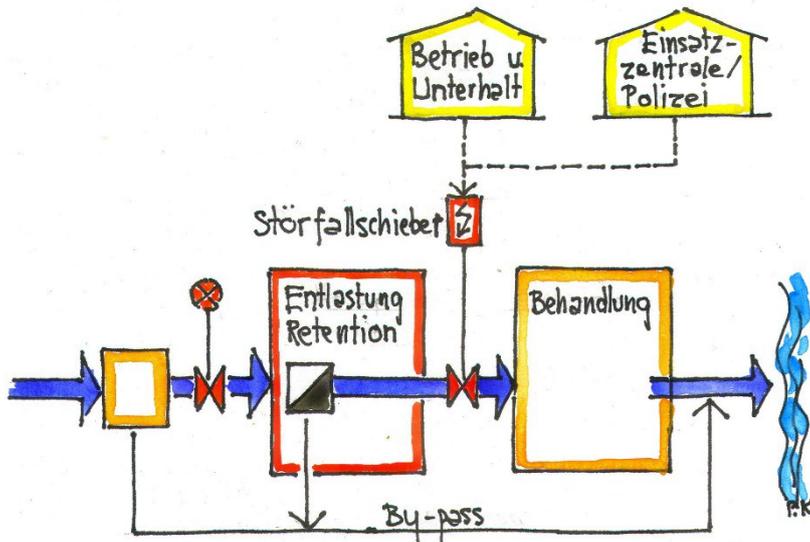


Abb. 4.6 Übersicht Störfallschema.

Bei der dezentralen Versickerung über das Bankett oder bei der Behandlung via Mulden-Rigole kann davon ausgegangen werden, dass ein grosser Teil des Störfallgutes in der Bodenschicht bzw. im Bodenfilter zurückgehalten wird. In der Regel braucht es hier keine speziellen Vorkehrungen für den Rückhalt. Im Ereignisfall muss die verschmutzte Bodenschicht bzw. der Bodenfilter umgehend ausgehoben und ersetzt werden. Bei der Versickerung nach einer Behandlung mit Mulden-Rigole muss vor der Versickerungsanlage mindestens ein Störfallschieber eingebaut werden.

Wichtige Themen für die Havarie- und Störfallkonzepte sind:

- Ermitteln der Fliesszeiten bis zum Retentionsbecken.
- Dimensionieren des erforderlichen Retentionsvolumens in Abhängigkeit der relevanten Szenarien und der Fliesszeit ($V_{\min} = 30\text{m}^3$).
- Wahl und Platzierung der geeigneten Schliessorgane (Schieber, Klappen, Schütz etc.) – Überprüfen der Fliesszeit bis zum Schliessorgan: Reicht diese Zeit ab der Alarmierung bis zum Schliessen?
- Darstellen und Beschreiben der verschiedenen Betriebszustände – Wann sind die Schliessorgane geschlossen? Wann ist welches Becken gefüllt? etc.
- Aufzeigen des vorgesehenen Alarmierungsplans. Dieser soll rasches Handeln und klare Abläufe zeigen. Deshalb ist insbesondere den Anweisungen an die Ereignisdienste zur richtigen Bedienung der Sicherheitselemente im Störfall Beachtung zu schenken.
- Verweis auf die festgelegten Explosions-Zonen (ExZone).

In den Kapiteln 2 und 3 wird aufgezeigt, wie das für die Behandlung von Strassenabwasser erforderliche Retentionsvolumen bestimmt wird. Die Retentionsbecken sind dabei auch geeignet, um allfälliges Störfallgut zu speichern. Spezielle Rückhaltebecken für den Störfall sind in der Regel nicht erforderlich. Becken mit Kombination mehrerer Funktionen sind zu bevorzugen. Zum Beispiel können die Funktionen Retention, Havarie, Störfall und Vorbehandlung mit einem einzigen Becken abgedeckt werden. Dabei ist das Retentionsvolumen in der Regel deutlich grösser als das erforderliche Störfallvolumen.

4.3.11 Betriebsstörung

Nicht nur die Ereignisse, welche ihren Ursprung auf der Strasse haben (Havarie und Störfall), sondern auch jene Ereignisse auf der Behandlungsanlage selber (Betriebsstörung) müssen bekannt und beherrschbar sein. Solche Betriebsstörungen können ganz unterschiedliche Gründe haben, wie zum Beispiel:

- Stromausfall, fehlerhafte Signalübertragung, defekte Sonde, Softwareausfall, etc;
- Mechanischer Defekt an Pumpe, Schieber, etc;
- Ausserordentliches Wetter- oder Niederschlagsereignis, Hochwasser im Gewässer mit Rückstau, etc;
- Kolmatisierte Bodenfilter, verstopfte Filter, etc.

Bei der Planung sind mögliche Störszenarien zu berücksichtigen und entsprechende Vorkehrungen zu treffen. Diese sind z. B. bauliche Anlagen zu Notentlastung, die Festlegung der Alarmsignale von defekten Anlageteilen und das Verfassen eines Betriebs- und Unterhaltshandbuches und der Einsatzpläne.

4.3.12 Landschaftseingliederung

Strassenabwasserbehandlungsanlagen sind unabhängig vom Verfahren gemäss Art. 2 und 3 NHG [1] optimal in die Landschaft zu integrieren. Die Eingliederung in die Landschaft berücksichtigt folgende Punkte:

- Bei der Wahl des Standortes der SABA ist auf das vorhandene Landschaftsbild Rücksicht nehmen;
- Geländeadaptierungen, damit die Anlage nicht unnötig auffällt und kein Wanderhinderung für Tiere entstehen kann;
- Anlegen von ökologisch wertvollen Flächen um die SABA herum wie: Ruderalflächen, Magerwiesen, Hecken, etc;
- Schutzmassnahmen für Kleintiere (besonders Amphibien, die in die Anlage gelangen können (siehe SN-640 699, [27])).

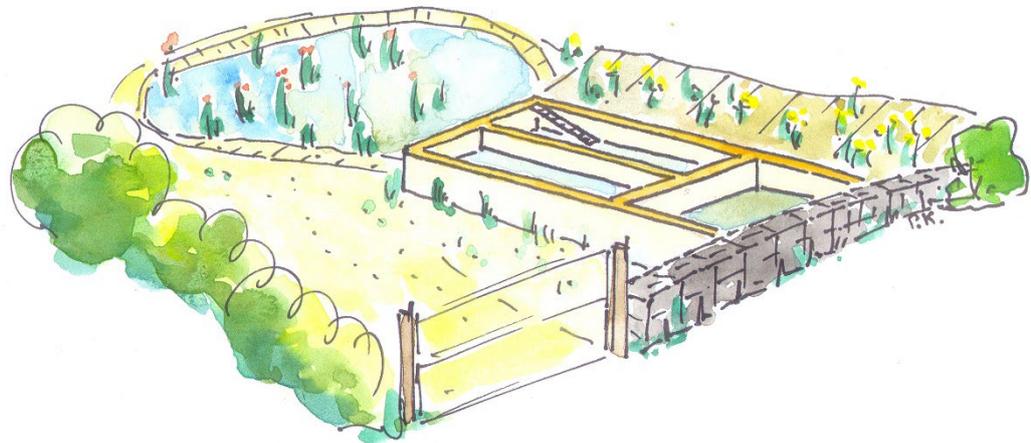


Abb. 4.7 Möglichst ideale Eingliederung in das Landschaftsbild.

Bei SABAs innerhalb des Areales der Autobahnanschlüsse ist darauf zu achten, dass diese nicht zusätzlich Vögel anlocken → Kollisionsrisiko.

4.3.13 Betrieblicher Unterhalt

Im Rahmen der Projektierung der Anlagen muss der spätere betriebliche Unterhalt der Anlagen frühzeitig berücksichtigt werden. Hierzu ist eine Koordination mit den Fachleuten des Betriebs und auch mit dem Betriebs- und Sicherheitsanlagen (BSA) Planer erforderlich.

Im Wesentlichen sind folgende Randbedingungen zu berücksichtigen:

- Die gefahrlose **Zu- und Wegfahrt** ist für die Unterhaltsfahrzeuge zu gewährleisten (Gewicht, Schleppkurven etc.). Die Zugänglichkeit der einzelnen Komponenten innerhalb der SABA ist ebenfalls sicherzustellen. Dabei sind die Anforderungen individuell für die jeweils geplante Anlage zu definieren.
- Die **Sicherheit** des Unterhaltungspersonals ist besonders zu beachten.
- Je nach Verfahren ist die Anlage mit **Strom** und allenfalls **Wasser** zu erschliessen. Allfällig erforderliche Steuerungselemente sind unter Berücksichtigung der betrieblichen Aspekte zu platzieren.

Sinnvollerweise ist die geplante Anlage vor der Genehmigungsphase für jeden erforderlichen Arbeitsschritt aus der Sicht des betrieblichen Unterhalts zu prüfen. Eine Liste mit den durchzuführenden Unterhaltsarbeiten ist zu erstellen, damit die Betriebskosten abgeschätzt werden können. Diese Angaben sind später für das Betriebs- und Unterhaltshandbuch zu verwenden.

Das Anlagenkonzept einschliesslich des Konzeptes für den betrieblichen Unterhalt sollte vor der Genehmigungsphase den zuständigen Stellen vorgestellt und erläutert werden.

4.4 Funktion der Anlagen

Bei der Strassenabwasserbeseitigung sind folgende 3 Grundfunktionen zu unterscheiden:

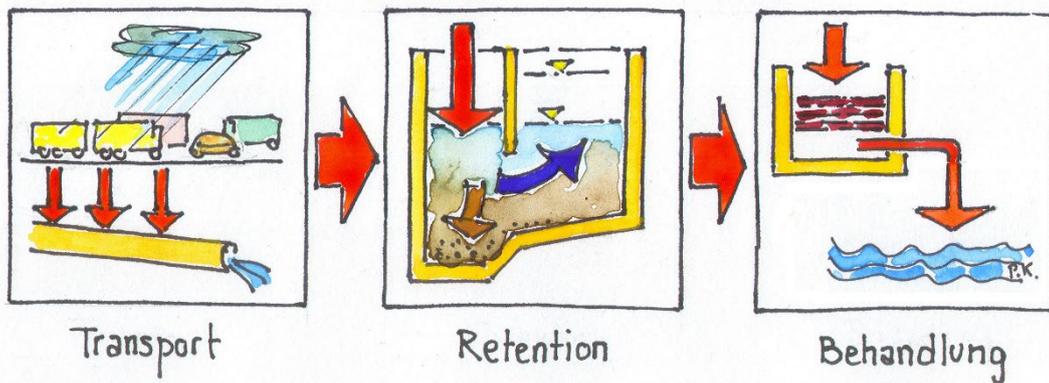


Abb. 4.8 Die drei Grundfunktionen.

Während bei der dezentralen Beseitigung der Transport kurz ist und die Retention am Bankett sowie Böschung oder Mulden-Rigole erfolgt, kommen bei den zentralen Behandlungen einige Unterfunktionen dazu:

Funktion	Komponenten
Transport	Kanal (Rohr), Abfluss im Freispiegel → Normalfall Druckleitung Offene Rinne Bypass/Umgehungskanal Entlastung Absperrorgan
Retention	Pumpbecken Speicherbecken, Retentionsbecken Absetzbecken Störfallrückhaltebecken Speicherkanal Schlammstapelbecken
Behandlung	Absetzbecken (VB/HB) Bewachsener Sandfilter (HB) Splitt/Kiesfilter (VB/HB) Technische Filter (VB/HB)

*VB, HB: Vorbehandlung, Hauptbehandlung. Siehe Kapitel 4.5 und Anhang IV und V.

Die Komponenten der Funktion „Transport“ werden nach den im Kapitel 4.3 beschriebenen Randbedingungen geplant. Dabei ist das anschliessende Behandlungsverfahren ebenfalls mitbestimmend. Ganz anders ist es bei den beiden Funktionen Retention und Behandlung. Diese sind unmittelbar voneinander abhängig. So braucht eine Behandlung mit geringem Durchfluss eine eher grosse Retention, während eine Behandlung mit hohem Durchfluss eine eher kleine Retention benötigt. Diese Abhängigkeit gilt es bei der Auslegung zwingend zu optimieren.

Die beiden Funktionen Retention und Behandlung stehen direkt mit dem in Kapitel 3.1 beschriebenen hydraulischen Wirkungsgrad (siehe Seite 13) und dem SABA-Wirkungsgrad in Verbindung.

Die meisten Verfahren kombinieren Retention und Behandlung in einem Bauwerk. Ein typisches Beispiel dafür ist – wie der Name schon sagt - das Retentionsfilterbecken. Für eine Optimierung der SABA gilt folgender Grundsatz:

- Kombination verschiedener Funktionen in einem Bauwerk.
- Auf der Stufe der einzelnen Anlage-Komponenten ist eine Vereinheitlichung anzustreben. Dies erleichtert deren Unterhalt und Betrieb.

4.5 Vergleich der Verfahren zur Versickerung und Behandlung

Das Kapitel 4.5 basiert im Wesentlichen auf den Erkenntnissen aus dem Bericht „SABA: Stand der Technik“ [18]. Die bekannten Verfahren wurden zusammengefasst und tabellarisch beschrieben. Mit dieser Übersicht sind die Hauptmerkmale aufgezeigt und die Vor- und Nachteile der einzelnen Verfahren können miteinander verglichen werden. Andere gleichwertige Verfahren sind nach entsprechender Leistungsprüfung (siehe Kapitel 3.4.4) auch möglich.

Im Anhang V befinden sich die dazugehörenden Typenblätter. Sie sollen eine Übersicht über die einzelnen Komponenten und deren Funktionen geben.

4.5.1 Entwässerung über das Bankett (Versickern über die Böschung)

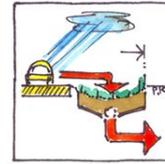
Siehe auch Typenblatt V.1 im Anhang V.



Kurzbeschreibung	Das Strassenabwasser wird durch das Quergefälle der Trassees über das Bankett in die Strassenböschung oder den Grünstreifen geleitet. Dort versickert es über eine bewachsene, filtrierende Bodenschicht. Strassenböschungen und – Grünstreifen müssen mit geeignetem Bodenmaterial aufgebaut und bepflanzt werden
Funktion	<ul style="list-style-type: none"> • Transport nur über die Fahrbahn und das Bankett • Retention am Bankett und Rückhalt sowie teilweisen Abbau der Schadstoffe in der Bodenschicht
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • Dezentrales Versickern am Ort des Abwasseranfalls • Geringes Risiko einer Überlastung der Bodenschicht • Die Böschungen und Grünstreifen sind durch die Luftverfrachtung vorbelastet → keine zusätzliche Belastung unbelasteter Flächen • Geringer betrieblicher Unterhaltsaufwand • Kostengünstig bei Neubaustrecken
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> • Nur bei geeignetem sickerfähigem Untergrund anwendbar • Schwierig bei Gelände-Einschnitten und bei Längsgefälle des Trassees > 3%

4.5.2 Mulden-Rigole

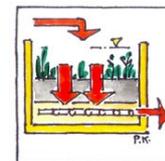
Siehe auch Typenblatt V.2 im Anhang V.



Kurzbeschreibung	Die Behandlung des Strassenabwassers über die Mulden-Rigole basiert auf dem gleichen Prinzip, wie die Versickerung über die Böschung. Der einzige Unterschied besteht darin, dass nach der Passage des Bodenfilters das behandelte Abwasser wieder in einer Rigole (Drainagerohr) gesammelt und abgeleitet wird. Damit kann das Strassenabwasser auch dezentral behandelt werden, wenn die Verhältnisse im Untergrund ungünstig sind (schlechte Sickerfähigkeit, Altlasten, Grundwasserschutzzone)
Funktion	<ul style="list-style-type: none"> • Transport nur über die Fahrbahn und das Bankett zur Mulde • Retention in der Mulde und Behandlung durch Bodenfilter • Transport in Rigole zur Versickerung oder Einleitung in ein oberirdisches Gewässer
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • Dezentrale Behandlung am Ort des Anfalles • Der Bodenfilter in der Mulde ist ein idealer Filter, der durch die Luftverfrachtung ohnehin belastet ist → Doppelfunktion • Wenig zusätzlicher betrieblicher Unterhaltsaufwand • Auch bei schlecht durchlässigem Untergrund, im Gewässerschutzbereich A_u und zur Behandlung und Ableitung aus einer Grundwasserschutzzone einsetzbar
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> • Nahes Gewässer oder nahe Möglichkeit zum Versickern erforderlich, da das Gefälle der Rigole mehrheitlich dem Längsgefälle des Trassees folgen muss → kleine Einzugsgebiete • Schwierig bei Längsgefälle > 3%

4.5.3 Sandfilter, bewachsen

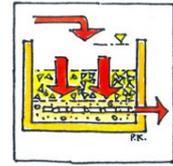
Siehe auch Typenblatt V.3 im Anhang V.



Kurzbeschreibung	<ul style="list-style-type: none"> • Bewachsene Sandfilter sind aus gewaschenem Filtersand mit geeigneter Korngrößenverteilung, Kornform und genügend hohem Kalkgehalt aufgebaut. Die Oberfläche ist mit Schilf bepflanzt, welches das ganze Volumen durchwurzelt. Die Bepflanzung verhindert die Gefahr der Kolmatierung. Die Reinigungsleistung beruht wesentlich auf dem Filterkuchen aus feinkörnigem Sediment und organischer Substanz, die an der Oberfläche der Sandschicht zurückgehalten und teilweise auch eingeschwemmt wird (Sedimentfiltration). Biologischer Abbau findet bei genügend entwickelter biologischer Aktivität statt • Nach unten offene Sandfilter versickern das Strassenabwasser → Versickerungsmulden (nur in üB). Bei der Inbetriebnahme ist kein Einstau zum Einwachsen des Schilfs möglich. • Abgedichtete Sandfilter behandeln das Strassenabwasser → Retentionsfilterbecken • Bepflanzte Sandfilter brauchen einen Grobstoffabscheider oder Absetzbecken als Vorbehandlung • Massnahmen zum Schutz gegen den Störfall und Havarie sind ebenfalls den Sandfilter vorzuschalten
Funktion	Retention und Behandlung
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • Der Sandfilter kann höher und länger eingestaut werden als ein Bodenfilter • Einfacher Unterhalt und geringer Unterhaltsaufwand • Sehr hoher Schadstoffrückhalt
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> • Relativ grosser Landbedarf

4.5.4 Splitt/Kiesfilter

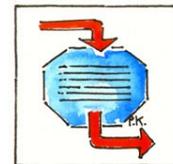
Siehe auch Typenblatt V.4 im Anhang V.



Kurzbeschreibung	Der Splitt/Kiesfilter wird wie der Boden- und Sandfilter vertikal durchflossen. Er ist nach unten abgedichtet. Die oberste Schicht (Splitt) dient als Trägerschicht für den Filterkuchen. Damit sich dieser bildet ist der Durchfluss entsprechend zu drosseln oder die Anlage wird gezielt rückgestaut. Die Behandlung erfolgt vorwiegend im Filterkuchen, welcher regelmässig austrocknen muss. Das Abschälen und fachgerechte Entsorgen des trockenen Filterkuchens ist nach mehreren Jahren erforderlich. Splitt/Kiesfilter brauchen im Auslauf einen Schieber, welcher im Havarie- und Störfall geschlossen werden kann. Neben der Kolmation durch den Filterkuchen entsteht nach Jahren eine innere Kolmation, welche nur durch das Auswechseln der Schichten behoben werden kann.
Funktion	Retention und (Vor-) Behandlung
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> Hydraulisch etwas höher belastbar als Sandfilter → weniger Landbedarf Hauptfilter für Anforderung „Standard“ Trockene Schlamm Entsorgung
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> Ohne Filterkuchen eingeschränkte Wirkung Bis der Filterkuchen aufgebaut ist, was mehrere Monate dauert, ist der Schadstoffrückhalt eingeschränkt. Das Abschälen des Filterkuchens sowie der Ersatz der Filterschichten ist aufwändig. Die Durchlässigkeit des Filterkuchens ist Herbst - Winter reduziert, ebenso nimmt er langfristig ab.

4.5.5 Technische Filter

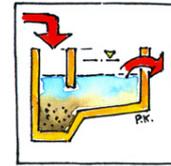
Siehe auch Typenblatt V.5 im Anhang V.



Kurzbeschreibung	Als technische Filter werden alle Verfahren bezeichnet, welche mit Energie oder im Freispiegelbetrieb das Strassenabwasser durch ein kompaktes, künstliches Filtermedium oder Sieb leiten. Sie dienen hauptsächlich dem GUS-Rückhalt, da feinpartikuläre und gelöste Stoffe nicht oder nur begrenzt zurückgehalten werden können. Technische Filter sind zwar kompakt, allerdings benötigen die Elemente wie Retentionsvolumen, Schlammstapel, Spüleinrichtungen Fläche, was insgesamt nicht zu einer wesentlichen Flächensparnis führt.
Funktion	Behandlung
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> Hohe und konstante Durchflussleistung Die Elemente einer SABA mit technischem Filter sind flexibel in der Anordnung
Nachteile	<p>Energieverbrauch beim Betrieb – das zu behandelnde Strassenabwasser muss gepumpt werden</p> <ul style="list-style-type: none"> Hauptsächlich werden die GUS zurückbehalten – wenig Wirkung für gelöste Stoffe Aufwändiger Unterhalt

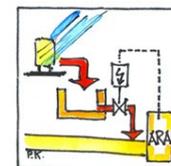
4.5.6 Absetzbecken

Siehe auch Typenblatt V.6 im Anhang V.



Kurzbeschreibung	<p>Absetzbecken betrieben im Dauerstau haben sich als geeignetes Verfahren vor allem zum Rückhalt der partikulären Schadstoffe erwiesen. Zu diesem Zweck müssen sie gemäss heutigen Vorgaben dimensioniert und gestaltet werden.</p> <p>Absetzbecken im Dauerstau müssen eine Vorentlastung haben, da ansonsten die Gefahr des Ausspülens von Schadstoffen besteht.</p> <p>Für den zusätzlichen Nutzen als Havariebecken sind die Absetzbecken ergänzend auszurüsten (z.B. Havarie -Schütz, -Schieber).</p>
Funktion	Vorbehandlung, Hauptbehandlung, Retention (falls bewirtschaftet)
Vorteile	Kompakte Bauweise mit den Funktionen Retention, Behandlung und Havariebecken → geringer Landbedarf
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> Nur absetzbare (und schwimmende) Stoffe werden zurückgehalten

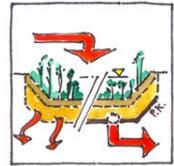
4.5.7 Behandlung über ARA



Kurzbeschreibung	<p>Das Strassenabwasser wird in einem Retentionsbecken gespeichert und bei freier Kapazität via Mischwassernetz der ARA zugeführt. Idealerweise werden solche Becken von der ARA aus bewirtschaftet und werden multifunktional betrieben (als Retentionsbecken oder Absetzbecken für Strassenabwasser, in Kombination mit Mischabwasser oder für den Störfallbetrieb)</p>
Funktion	Retention und Behandlung
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> Nur Neubau des Retentionsbeckens erforderlich – keine eigentliche SABA erforderlich → geringer Landbedarf Nutzt bestehende Infrastruktur aus
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> Geeignetes Mischabwassernetz und ARA in unmittelbarer Nähe erforderlich Das gesammelte und gespeicherte Strassenabwasser darf bei Ableiten zu ARA nicht entlastet werden (zeitlich zum Niederschlag versetztes Ableiten oder Abpumpen – nur mit zentraler Steuerung auf ARA) Die Reinigungskosten für die Behandlung durch die ARA sind im Vergleich zur SABA hoch (Abwasserbehandlungsgebühren)

4.5.8 Bodenfilteranlage

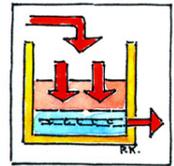
Zentrale SABA's mit Bodenfilteranlagen gehören zu den Anlagen der ersten Generation. Es gibt sie noch, er werden aber **keine** neuen zentralen SABA's mit Bodenfilter gebaut.



Funktion	Retention und Behandlung
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • Hoher Schadstoffrückhalt für die meisten Schadstoffe im Strassenabwasser • Stabile Bindung der Schadstoffe • Die Versickerung ins Grundwasser und das Einleiten in ein oberirdisches Gewässer sind möglich
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> • Die langsame Versickerung führt zu grossen Anlagen mit entsprechendem Landbedarf • Gefahr der Kolmatierung → Vorbehandlung erforderlich bei stark belastetem Strassenabwasser • Geeignetes Bodenfiltermaterial steht nicht überall zur Verfügung • Ist nach dem Bau nicht immer gleich einsatzbereit – Anwachszeit der Bepflanzung • Erhöhtes Risiko der präferenziellen Ströme • Schwieriger Bau – erfordert grosse Erfahrung

4.5.9 Adsorber

Zentrale SABA's mit Adsorber gehören zu den Anlagen der ersten Generation. Es gibt sie noch, er werden aber **keine** neuen zentralen SABA's mit Adsorbermaterialien mehr gebaut.



Kurzbeschreibung Adsorber können bei der Anforderung „Erhöht“ den technischen Filtern, sowie Sand und Splittfiltern nachgeschaltet oder auch darin eingebaut werden. Sie dienen prioritär dem Rückhalt der gelösten Schwermetalle

Funktion	Behandlung
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • Die Adsorber könnte platzsparend sein • rezyklierbar
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> • Teures Adsorber- Material • Adsorber-Material darf nicht dauernd wassergesättigt sein

4.6 Kombinationen der Beseitigungsarten

Die im Kapitel 4.5 beschriebenen Behandlungsverfahren (siehe Seite 30) werden vorteilhafterweise meistens kombiniert. Mögliche Beispiele:

- Absetzbecken als Vorbehandlung mit bewachsenem Sandfilter als Hauptbehandlung;
- Absetzbecken als Vorbehandlung, mit Technischem Filter als Hauptbehandlung;
- Bewachsener Sandfilter oder Splitt/Kiesfilter als Hauptbehandlung;
- Retentionsbecken mit Behandlung über die ARA;
- usw.

4.7 Verfahrenentscheid

Nach der Analyse (Kapitel 4.3) zeigen sich die voraussichtlich geeigneten Standorte mit dem Ort des Einleitens oder der Versickerung und den daraus resultierenden Anforderungen (Kapitel 3.3). Für jeden der Standorte werden die entsprechend wirtschaftlichsten Beseitigungsvarianten und Anlagenkombinationen aufgezeigt und mittels **Variantendiskussion** miteinander verglichen. Die Bewertungskriterien für die Variantenbeurteilung und deren Gewichtung sind je nach Projekt in Absprache mit dem zuständigen Projektleiter ASTRA zu definieren. Die daraus resultierenden **Bestvarianten** müssen im Anschluss auf ihre **Verhältnismässigkeit** geprüft werden.

5 Prüfung der Verhältnismässigkeit

5.1 Aufwand-/Nutzen-Betrachtung

Im Sinne von Artikel 5 Absatz 2 der Bundesverfassung [3] und des Umweltschutzgesetzes [5] fordert die Wegleitung „Gewässerschutz bei der Entwässerung von Verkehrswegen“ [39] bei der Wahl der Beseitigungsart eine Prüfung der Verhältnismässigkeit. Das Prinzip der Verhältnismässigkeit verlangt, dass zwischen dem angestrebten Ziel und der Massnahme ein vernünftiges Verhältnis bestehen muss. Es ist zu prüfen, welches Verfahren unter den gegebenen Umständen am besten die Zwecktauglichkeit und Zielkonformität erreicht. Dafür wird das Instrument der Kosten/Nutzen-Analyse vorgeschlagen. Unter Aufwand sind insbesondere die Kosten zu verstehen, aber auch alle Umweltbelastungen, die der Bau und Betrieb der Anlagen verursacht. Ist die Verhältnismässigkeit nicht gegeben, sind weitere Varianten zu untersuchen.

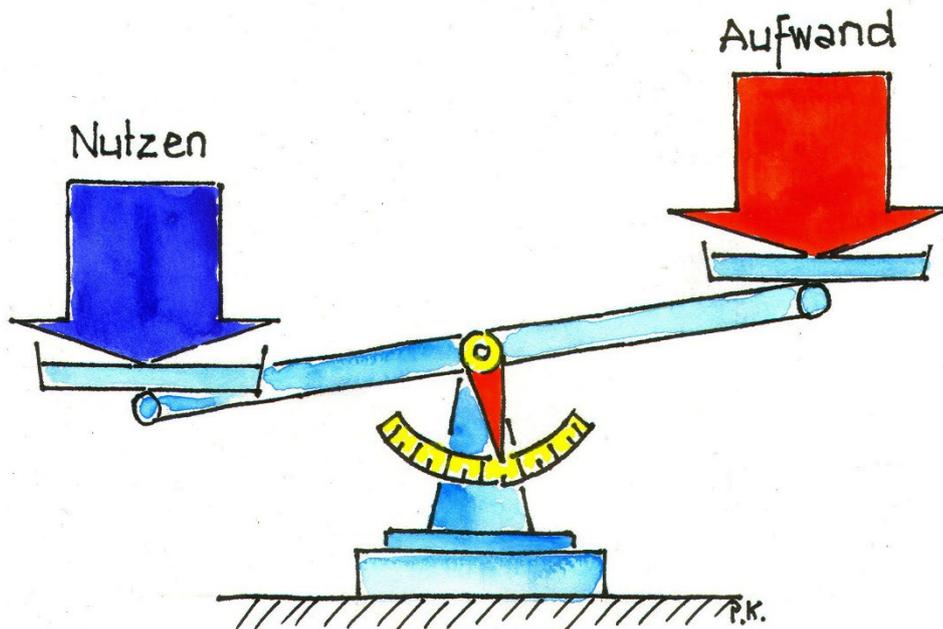


Abb. 5.1 Ist die gewählte Beseitigungsart verhältnismässig?

Um das Verhältnis zwischen Nutzen und Aufwand beurteilen zu können, wird in diesem Kapitel, auf Basis des Ansatzes der Ökobilanzierung [41], ein Punktesystem vorgeschlagen [45]. Dazu werden in den Abschnitten 5.2 bis 5.4 Indikatoren vorgestellt, die Nutzen und Aufwand der Strassenabwasserbehandlung beschreiben. Der Abschnitt 5.5 geht auf die Möglichkeiten zu einer Quantifizierung und somit zum Vergleich von Aufwand und Nutzen ein. In Abschnitt 5.6 werden schliesslich die möglichen Folgerungen dargelegt, wenn die Verhältnismässigkeit bezweifelt wird oder nicht gegeben ist.

5.2 Nutzenindikatoren

5.2.1 Emissionsbezogene Indikatoren

Folgende Indikatoren weisen auf grosse Schadstofffrachten im Strassenabwasser hin, und somit auch auf einen hohen erzielbaren Nutzen für die Umwelt, wenn das Strassenabwasser behandelt wird:

- A. Hohes Verkehrsaufkommen: wirkt sich auf die Emission der Schadstoffe und auf die Belastung des Strassenabwassers aus.
- B. Emissionsintensive Verkehrssituationen: Abbremsen/Beschleunigungen bei Kreuzungen, Einmündungen; häufiger Stau; Steigungen; hoher Anteil Schwerverkehr.

- C. Reduktion der Verwehung durch Lärmschutzwände und auf Strecken in Einschnitten: Daraus resultieren höhere Mengen an Staub (GUS) und Schadstoffen im Strassenabwasser.
- D. Gesamtwirkungsgrad η_{tot} der Anlage (Bei der Ermittlung des Wirkungsgrads muss der Einfluss von Fremdwasser berücksichtigt werden).

5.2.2 Immissionsbezogene Indikatoren

Der Nutzen, der durch die Behandlung erzielt werden kann, steigt mit dem Wert des Gewässers als Lebens- und Erholungsraum und zur Wasserversorgung, sowie mit dessen Empfindlichkeit auf die Einleitung. Zur Beurteilung sind folgende Kriterien anwendbar:

- E. Einleitung im Gewässerschutzbereich A_U , A_O , bei welchem der „Schutz der Wasserqualität zur Gewährleistung einer besonderen Nutzung eines Gewässers“ erforderlich ist.
- F. Unverbauter, natürlicher Gewässerabschnitt; Lebensraum für gefährdete Tierarten.
- G. Einleitverhältnis (siehe Kapitel 3.3.1): Indikator für Erosion, hydraulischen Stress sowie auch für die Verdünnung und resultierende Konzentration der Schadstoffe im Gewässer.
- H. Erkennbare Schädigung durch die Einleitung: Ablagerung von Feinsedimenten, Kolmatierung (VSA 2007, [40]).

5.2.3 Versickerung ins Grundwasser

- I. Bei der Versickerung wird das Grundwasser gespiesen. Die Versickerung ins Grundwasser wirkt sich auch stark ausgleichend auf die Wasserführung in oberirdischen Gewässern aus. Der qualitative Grundwasserschutz muss gewährleistet sein.

5.3 Kosten

5.3.1 Kosten aus Projekt

- J. Jahreskosten, die durch die Behandlung verursacht werden.

Bauliche Anlagen sind über 50 Jahre, Installationen, Elektrik und Steuerung über 15 Jahre abzuschreiben. Zudem sind Betriebs- und Unterhaltskosten abzuschätzen und mit einzurechnen, insbesondere auch die Kosten für die Schlamm- und Filter-Entsorgung.

Die Investitionskosten realisierter SABA liegen im Mittel in der Grössenordnung von 1 Mio. CHF/km bzw. CHF 500'000.- pro ha. Strassenfläche. Je nach Anteil der Baumeisterarbeiten entspricht das einer jährlichen Abschreibung von CHF 10'000.- bis 25'000.-. Für die Jahreskosten müssen auch Betrieb und Unterhalt berücksichtigt werden; wir gehen von rund CHF 5'000.- pro ha. Strassenfläche aus.

5.3.2 Schätzung und Konzeptstufe

Bei der Erarbeitung regionaler Konzepte oder Sanierungsstrategien zur Strassenentwässerung sind in der Regel die Kosten der erforderlichen Anlagen noch nicht bekannt. Für eine erste Beurteilung der Verhältnismässigkeit in dieser Phase müssen die Indikatoren so ergänzt werden, dass sie die voraussichtlichen Kosten mitberücksichtigen. Dafür sind insbesondere die folgenden zusätzlichen Indikatoren aussagekräftig:

- Länge der erforderlichen Anschlussleitungen;
- Höhenverhältnisse: Lage des Grundwasserspiegels, Notwendigkeit das Abwasser zu pumpen;
- Fremdwasseranteil im Strassenentwässerungssystem.

5.4 Negative Umweltauswirkungen

Bau und Betrieb von Strassenabwasserbehandlungsanlagen können einen erheblichen Verbrauch natürlicher Ressourcen erfordern und relevante Umweltbelastungen verursachen:

- K. Energiebedarf für den Bau und Betrieb der SABA: Wenn es notwendig ist, das Strassenabwasser zu pumpen, dann fallen die Herstellung, der Betrieb und der periodische Ersatz der erforderlichen technischen Anlagen stark ins Gewicht.
- L. Landbedarf: Inanspruchnahme besonders schützenswerter Flächen wie Wald, Fruchtfolgeflächen oder Flächen mit Naturwerten, sowie Standorte in Landschaftsschutzgebieten.
- M. Besondere Auswirkungen, wenn das Strassenabwasser in ein kommunales Mischsystem eingeleitet wird (siehe Abs. 0):
 - o **M1** Ressourcenverbrauch und Restkonzentrationen aus der Abwasserreinigung (insbesondere bei kleinen Anlagen).
 - o **M2** Erhöhte Entlastung von Mischabwasser: Die Auswirkung hängt vom Ausbaustand der Regenwasserbehandlung ab und kann durch Speicherung des Strassenabwassers gemindert werden.

5.5 Punktbewertung

Liegen die Kosten für die Behandlung des Strassenabwassers wesentlich über den Erfahrungswerten (siehe Kapitel 5.3.1), so muss die Lösung als unverhältnismässig eingestuft werden, wenn damit kein aussergewöhnlicher Nutzen erzielt wird. Um zu einer vergleichbaren Bewertung und nachvollziehbaren Beurteilung der Verhältnismässigkeit zu gelangen, ist es hilfreich, die verschiedenen Aufwand- und Nutzenindikatoren zu quantifizieren. Da sie ganz unterschiedliche Aspekte und Grössen erfassen, werden die Indikatoren über ein Punktesystem auf einen Nenner gebracht.

Im Anhang IV wird ein Punktesystem für eine Grobbeurteilung dargestellt, für den Fall, dass bereits ein Projekt und Kostenangaben vorliegen. Dieses System bewertet - stark vereinfacht - die Indikatoren, die in den vorangehenden Absätzen dieses Kapitels nach Grossbuchstaben aufgezählt sind.

5.6 Beurteilung der Verhältnismässigkeit

Die Beurteilung der Verhältnismässigkeit ist auf der Stufe globales Erhaltungskonzept und/oder der Stufe Massnahmenkonzept durchzuführen. Wenn keine Hinweise vorliegen, dass der Aufwand für das Vorhaben zur Behandlung unverhältnismässig ist, sind keine weiteren Abklärungen notwendig.

Bestehen Zweifel an der Verhältnismässigkeit, so soll eine Prüfung anhand des Punktesystems gemäss Anhang 3 erfolgen. Liegt der Quotient Nutzen/Kosten über 1, so kann das Projekt als verhältnismässig betrachtet und weiterverfolgt werden. Bei Quotienten zwischen 0.7 und 1 ist die Bewertung zu analysieren und sind die Abklärungen so weit zu vertiefen, bis ein fundierter Entscheid möglich ist. Bei Projekten mit einem Quotienten von weniger als 0.7 muss man auch unter Berücksichtigung der Unsicherheiten und Ungenauigkeiten davon ausgehen, dass sie nicht verhältnismässig sind. Dann sind folgende Optionen zu prüfen:

- Kostensenkung: Kostenstufen/-sprünge bei der Dimensionierung der Anlagen sind zu orten und zu nutzen;
- Projekt Variante mit erleichterten Anforderungen (z. B. Retention mit Sedimentationsverfahren);
- weitere alternative Massnahmen (z. B. Gewässeraufwertung).

Dabei muss das geltende Recht **zwingend** berücksichtigt werden, **insbesondere auch die Störfallvorsorge und der Schutz des Grundwassers**.

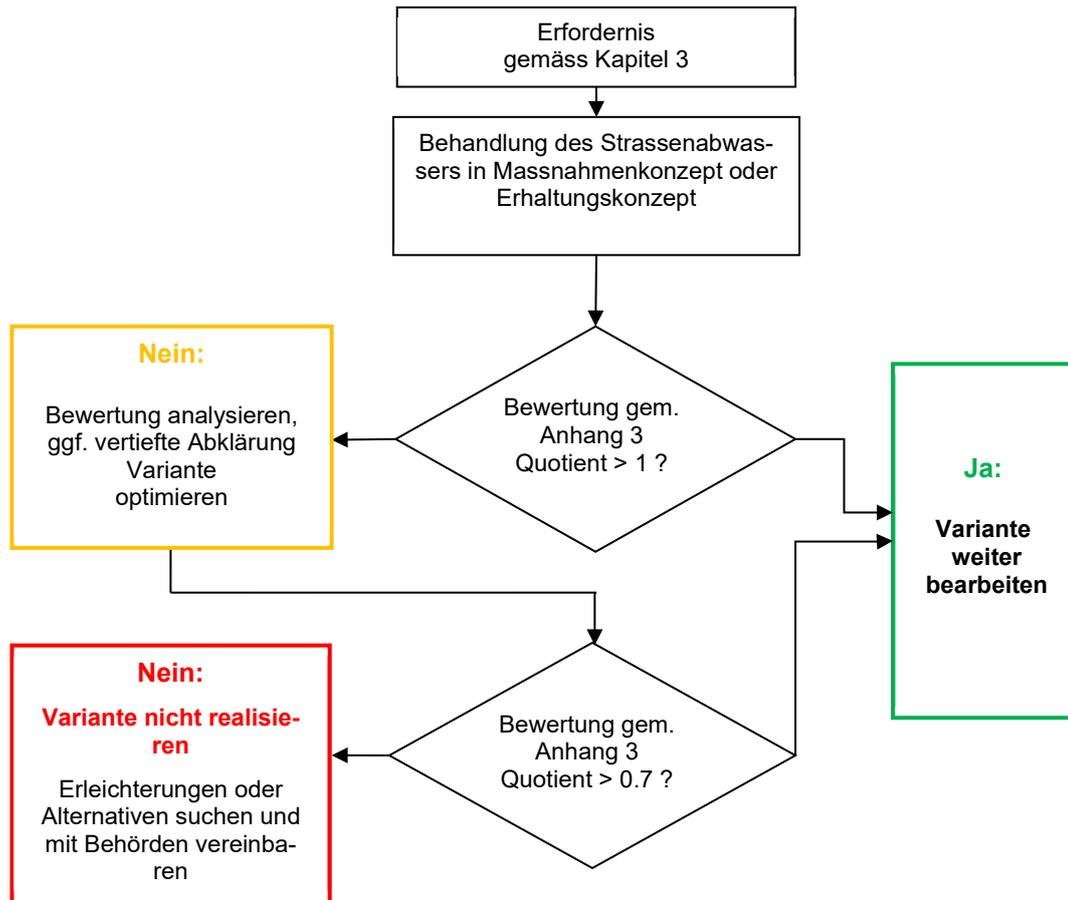


Abb. 5.2 Schema zur Beurteilung der Verhältnismässigkeit.

6 Phasengerechte Projektierung

6.1 Zuständigkeiten im Genehmigungsverfahren

Bei Genehmigungsverfahren ist gemäss Nationalstrassengesetz zwischen Bau/Ausbau und Unterhalt zu unterscheiden [4].

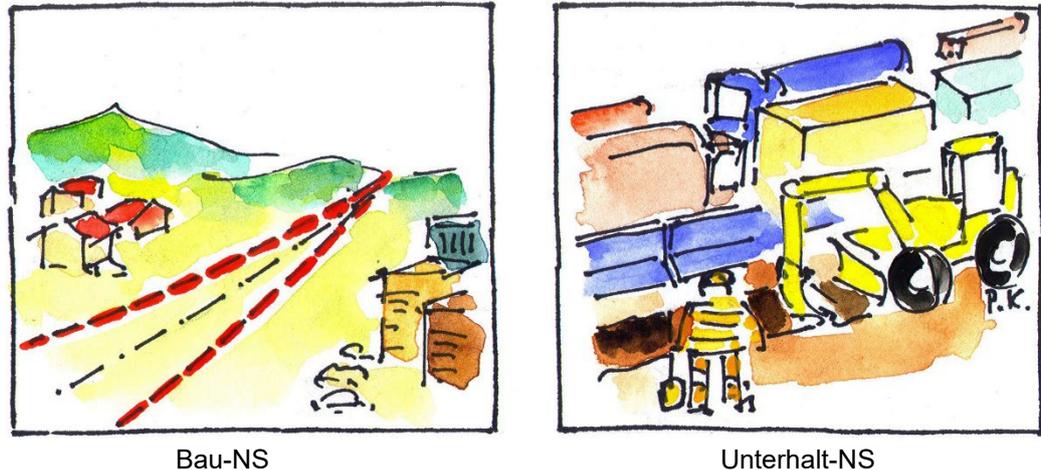


Abb. 6.1 Unterschiedliche Abläufe bei NS-Bau und -Unterhalt.

Der Bau umfasst die Neuerstellung einer Nationalstrasse. **Der Ausbau** umfasst die ebenfalls auflagerelevante bauliche Änderung einer bestehenden Nationalstrasse.

Zuständigkeiten bei Bau und Ausbau:

- Generelle Projekte der Nationalstrasse werden gemäss Art. 20 NSG vom Bundesrat genehmigt [4].
- Die Projektunterlagen des generellen Projekts richten sich nach Art. 11 NSV [8].
- Ausführungsprojekte der Nationalstrasse werden gemäss Art. 26 NSG vom UVEK genehmigt [4]. Als Leitbehörde erteilt das UVEK mit der Plangenehmigungsverfügung sämtliche nach Bundesrecht erforderlichen Bewilligungen. Die für die Erteilung dieser Bewilligungen nötigen Unterlagen sind mit dem Projektdossier zu liefern. Die kantonalen Umweltschutz- und Gewässerschutzfachstellen beraten die Entscheidungsbehörden. Das BAFU beurteilt die Umweltverträglichkeit der Nationalstrassenprojekte. Im Rahmen der jeweiligen Projektorganisation werden die Kantone frühzeitig begrüsst. Das ASTRA bereitet das Dossier mit Inhalt gemäss Art. 12 NSV vor [8]. In diesem Rahmen kontaktiert es die nötigen kantonalen Stellen (z. B. betreffend Bewilligungen i. S. von Art. 12 Bst. m NSV [8]).
- Das UVEK delegiert den Vollzug der Auflagen und deren Kontrolle in der Regel ans ASTRA.
- Detailprojekte der Nationalstrasse werden vom ASTRA genehmigt.

Als Unterhalt gelten die Erneuerung und der projektgestützte bauliche Unterhalt einer bestehenden Strasse. Diese Massnahmen werden gemäss Art. 49a NSG vom ASTRA genehmigt [4]. Bei der Erfüllung dieser Aufgabe ist das ASTRA auch für den Vollzug des Umweltschutzgesetzes und des Gewässerschutzgesetzes zuständig (Art. 41 USG [5], Art. 48 GSchG, [6]).

Der Unterhalt der Nationalstrasse erfolgt gemäss der sogenannten Unterhaltsplanung Nationalstrasse (UPlaNS) über ganze Streckenabschnitte von ca. 5 bis 15 km Länge. Diese Planung dient der langfristigen Erhaltung der Bausubstanz der Nationalstrassen. Erhaltungsprojekte beinhalten in der Regel Ausbau und Unterhalt. Die Genehmigungsverfahren richten sich nach den obengenannten Punkten.

6.2 Bau und Ausbau

Nachfolgend werden die allgemeinen Projektanforderungen an die Strassenabwasserbeseitigung unter Berücksichtigung der jeweiligen Projektierungsstufen summarisch beschrieben. Die spezifischen Projektanforderungen richten sich nach dem ASTRA-Fachhandbuch Trasse/Umwelt (T/U) [38] und den projektspezifischen Anforderungen, welche in der Zusammenarbeit Projektleitung und Fachunterstützung festgelegt werden.

6.2.1 Generelles Projekt

Im generellen Projekt wird die Strassenabwasserbeseitigung beim Umweltverträglichkeitsbericht (UVB) 2. Stufe behandelt. In dieser Stufe ist das generelle Entwässerungskonzept zu erstellen und die Notwendigkeit einer Behandlung des Strassenabwassers zu prüfen. In diesem Rahmen sind das hydraulische Einzugsgebiet zu definieren sowie das Beseitigungsverfahren und die allfälligen Behandlungsanlagen aufzuzeigen.

6.2.2 Ausführungsprojekt

Beim Ausführungsprojekt werden alle fachtechnischen Aspekte des Kapitels 4 behandelt. Spätestens im Rahmen des Ausführungsprojekts sind folgende Punkte detailliert auszuarbeiten:

- Alle notwendigen Massnahmen für die Entwässerung der Nationalstrasse und allfällige angrenzende Strassenabschnitte;
- Definition des hydraulischen Einzugsgebiets;
- Die ganzheitliche Betrachtung der Strassenentwässerung ist durchgeführt (inkl. Fremdwasser, Störfall, Entsorgung etc.);
- Die relevanten Entscheide und Begründungen sind beschrieben (Anforderung, Variantenstudium, Bestvariante), damit eine reibungslose Genehmigung des Projektes durch das UVEK erfolgen kann;
- Unterlagen für die Planaufgabe;
- Die Standorte und der Landbedarf stehen fest.
- Wesentliche Arbeitsschritte dazu sind:
- Definieren der Anforderung → Kapitel 3;
- Durchführen des Variantenstudiums und Berücksichtigung der Randbedingungen → Kapitel 4;
- Prüfen der Verhältnismässigkeit → Kapitel 6;
- Festlegen des Entwässerungskonzeptes mit Versickerung oder Behandlung (Bestvariante);
- Bestimmen des Standortes der Anlage, Landbedarf regeln;
- Einbezug der kantonalen Umweltschutzfachstelle und einholen einer Stellungnahme zum gewählten Verfahren. Diese ist dem Gesuchsdossier beizulegen.

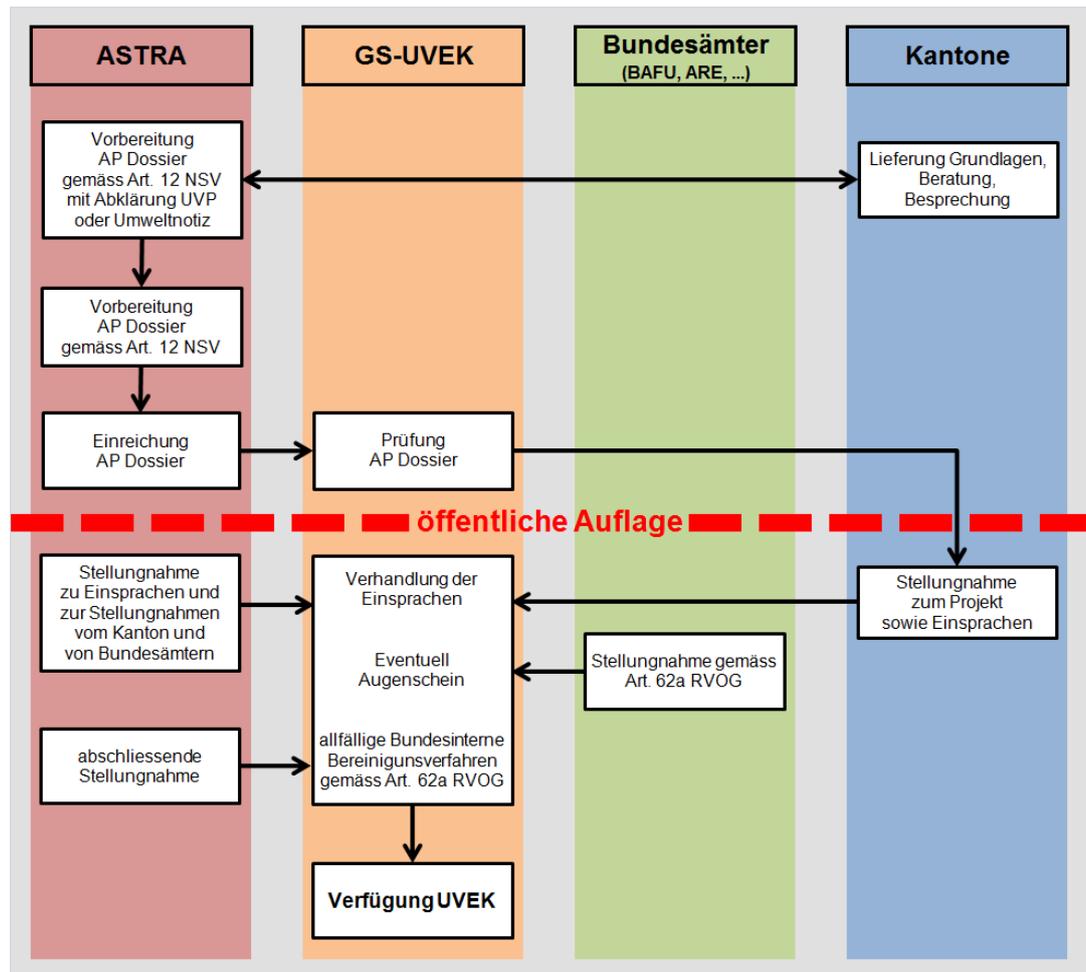


Abb. 6.2 Vereinfachtes Schema AP Verfahren mit Zuständigkeiten.

6.2.3 Detailprojekt

Das Detailprojekt für die Strassenabwasserbehandlung:

- Zeigt die geplanten Entwässerungsanlagen im Detail;
- Beschreibt die einzelnen Betriebsphasen der allenfalls erforderlichen Strassenabwasserbehandlungsanlagen (SABA);
- Dient als Grundlage für die Ausarbeitung der Einsatzpläne der Interventionskräfte und Betriebs- und Unterhandbuch;
- Enthält alle für die Ausschreibung der Arbeiten erforderlichen Informationen (Submissionsunterlagen).

Der Inhalt und die Leistungen der Projektierung sind in den einschlägigen Dokumenten des Fachhandbuchs Trasse/Umwelt [38] beschrieben.

Bei der Bearbeitung der Dokumentation des Projektdossiers hat die Projektleitung auf die Koordination mit den anderen Fachgebieten, wie der Betriebs- und Sicherheitsausrüstung, zu achten.

6.3 Unterhalt (UPlANS)

Nachfolgend werden die allgemeinen Projektanforderungen an die Strassenabwasserbeseitigung unter Berücksichtigung der jeweiligen Projektierungsstufe summarisch beschrieben. Die effektiven Projektanforderungen richten sich nach dem ASTRA-Fachhandbuch Trasse/Umwelt [38] und den projektspezifischen Anforderungen, welche in der Zusammenarbeit Projektleitung und Fachunterstützung festgelegt werden.

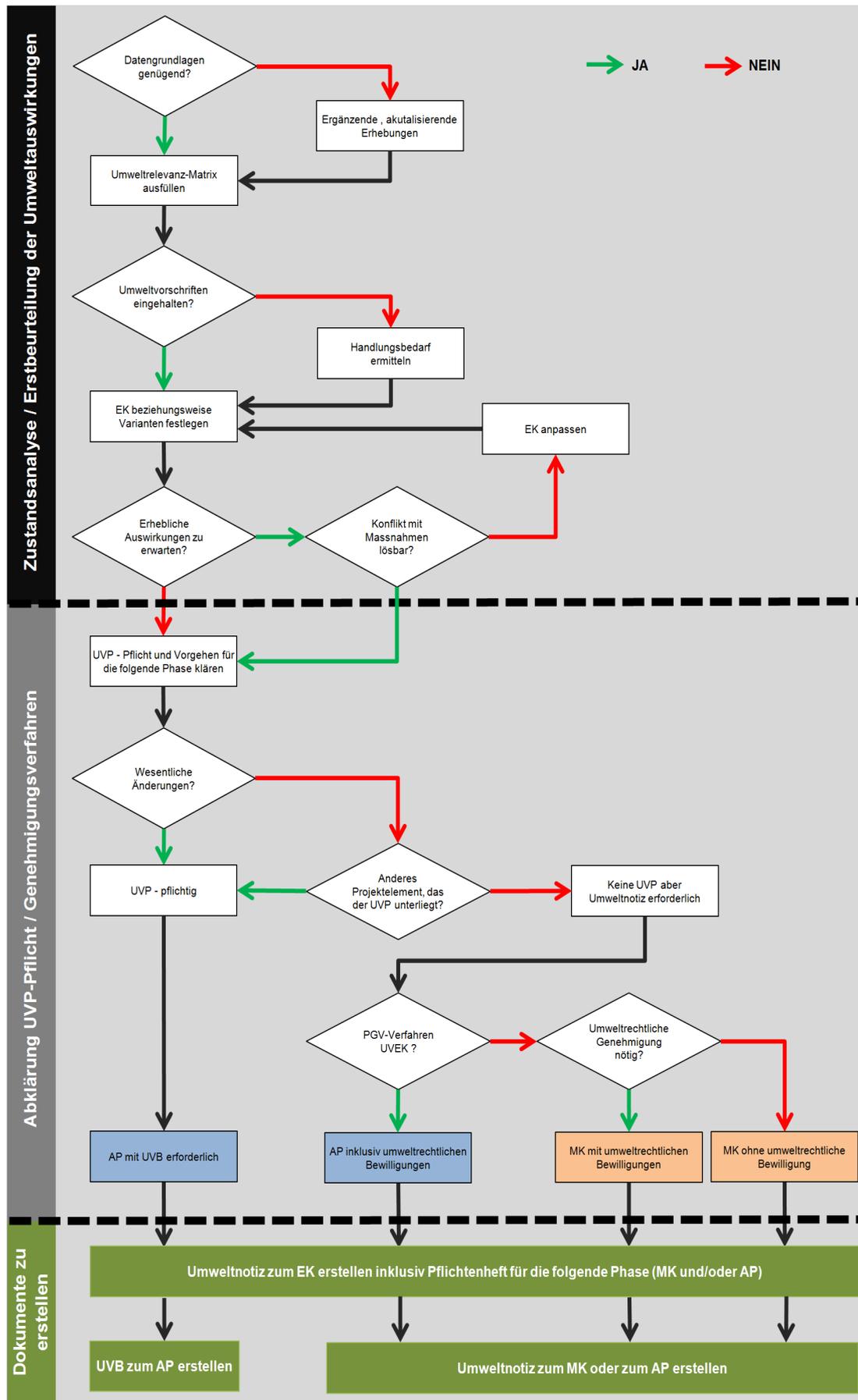


Abb. 6.3 Ablaufdiagramm bei Unterhaltsplanung.

6.3.1 Globales Erhaltungskonzept (EK)

Beim globalen Erhaltungskonzept werden alle Grundlagen zur Zustandsbeurteilung erhoben. Es ist ein umfassender Soll-Ist-Vergleich anzustellen. Grundlagen können nach Rücksprache mit der Projektleitung bei der entsprechenden kantonalen Fachstelle beschafft werden. Ein generelles übergeordnetes Entwässerungskonzept ist zu erstellen.

Falls eine wesentliche Änderung des Entwässerungssystems vorgesehen ist, muss in der nächsten Projektierungsphase ein dazugehöriges Ausführungsprojekt inklusive Entwässerungskonzept erstellt werden. Ansonsten wird ein Massnahmenkonzept erarbeitet.

6.3.2 Massnahmenkonzept (MK)

Ist gemäss globalem Erhaltungskonzept kein Ausführungsprojekt SABA erforderlich, so überprüft der Planer beim Massnahmenkonzept nochmals die in Kapitel 4 aufgeführten Randbedingungen und die Dimensionen der bestehenden Anlageteile entsprechend den Typenblättern im Anhang dieser Richtlinie respektive den Unterlagen des ASTRA-Fachhandbuchs Trasse/Umwelt.

6.3.3 Massnahmenprojekt (MP)

Das Massnahmenprojekt ist in seiner Struktur mit dem gleichen Detaillierungsgrad und dem Informationsinhalt wie das Detailprojekt zu erarbeiten.

7 Betrieblicher Unterhalt

7.1 Zuständigkeiten

Die Gebietseinheiten sind für den betrieblichen Unterhalt der SABA zuständig. Anhand der Leistungsvereinbarungen mit dem ASTRA werden die Aufwendungen entsprechend abgegolten. Bezüglich der Funktionsüberwachung gemäss Kapitel 3.4.2 wird die jährliche Reportierung dem ASTRA zugestellt.

Die Filialen sind gemäss Kapitel 3.4.3 für die Inspektionen verantwortlich. Die Funktionsprüfung ist Bestandteil der Inspektion und fliesst in die Zustandsbewertung der Anlage ein.

7.2 Inhalt Betriebs- und Unterhaltshandbuch, Einsatzpläne

7.2.1 Dezentrale Versickerung/oder Behandlung

Die dezentrale Versickerung über die Böschung und die Behandlung über die Mulden-Rigolen-Systeme benötigen kein Betriebs- und Unterhaltshandbuch, jedoch sind die Pflegepläne von Bedeutung. Folgende Unterlagen sind mit Verweis auf das Fachhandbuch für den Betrieb und Unterhalt [37] zu erstellen:

- Pflegepläne entsprechend den Anforderungen bei Entwässerung über die Bankette;
- Übersichtspläne der Strassenentwässerung (inklusive der Teileinzugsgebiete und bei den Rigolen deren Einleitstellen);
- Normquerschnitt der Böschung oder Mulde mit Materialbezeichnungen der filtrierenden Bodenschichten bzw. des Bodenfilters.

Einsatzpläne:

Die oben beschriebenen Pläne sind für die Interventionskräfte auf den geeigneten Massstab zu reduzieren und bei Mulden-Rigolen mit den eingebauten Absperrorganen und Fliesszeiten zu ergänzen.

7.2.2 Zentrale Behandlung

Für die SABA gibt es die unterschiedlichen Behandlungsverfahren und diverse Kombinationen. Daraus resultiert eine Vielzahl von verschiedenen Betriebsweisen. Diese gilt es für den Betrieb in einem Betriebs- und Unterhaltshandbuch festzuhalten.

Grundsatz:

Das Betriebs- und Unterhaltshandbuch muss klar, verständlich und knapp verfasst werden (siehe Fachhandbuch Betrieb [37] und die Richtlinie 16050 Operative Sicherheit Betrieb [22]).

Der **Inhalt des Betriebs- und Unterhaltshandbuches** ist bei einer SABA mit bewachse- nem Sandfilter deutlich einfacher als bei einer Anlage mit elektrischer Steuerung. Die nachfolgende Aufzählung dient darum als Checkliste, um die Vollständigkeit zu garantieren:

- Übersicht der Anlage mit Kurzbeschreibung;
- Technische Angaben zur Dimensionierung / Kennwerte;
- Verfahrensbeschreibung;
- Graphische Darstellung in einem Anlage- und Bauwerksschema der 7 Betriebszustände: Normalbetrieb (Regen), Starkregen, Trockenwetter, Fremdwasser, Störfall, Unterhalt, technische Störung;
- Liste mit den erforderlichen Unterhaltsarbeiten und Kontrollen mit Intervallen;
- Liste mit Plan für den Unterhalt der Grünflächen;
- Liste mit den Lieferanten, Unterhaltsfirmen etc.;
- Liste der beteiligten Amtsstellen (Gemeinde, Kanton, Bund).

Anhang:

- Formular für das Betriebsprotokoll sowie die Datenerhebung für den SABA Kataster (MISTRA SABA);
- Ausführungspläne und Technischer Bericht des Projektleiters („MISTRA SABA – Datenerfassungshandbuch“ [49]).

Einsatzpläne:

Im separaten Interventionshandbuch sind folgende Punkte zusammenzufassen:

- Übersichtsplan der Anlage mit Angabe der Störfall-relevanten Bauteile, Steuer-/Ab-sperrorgane, Rückhaltevolumen, etc.;
- Graphiken der 4 Betriebszustände: Normalbetrieb, Entlastung, Störfall, Unterhalt;
- Übersichtsplan des Einzugsgebietes mit den entsprechenden Fliesszeiten;
- Alarmierungsplan;
- Havarie- und Störfallkonzept mit Anweisungen an die Ereignisdienste für den richtigen Ablauf bei der Bedienung der Sicherheitselemente.

7.3 Entsorgung

Die Entsorgung beschreibt die Verwertung oder die Ablagerung des belasteten Materials. Dabei wird unterschieden zwischen Anlagen mit Schlammanfall oder Anlagen mit Boden respektive Bodenfilter.

7.3.1 Anlage mit Schlammanfall

Der in der Strassenabwasserbehandlung anfallende Schlamm ist nur ein Teil der gesamten Schlammmenge, welche auf den Strassen anfällt. So weist der Schlamm aus den abge-saugten Schlammsammlern, Störfallrückhaltebecken, Grobabscheidern, Stapelbecken etc. eine ähnliche Zusammensetzung bezüglich Schadstoffe auf. Entsprechend ist die Ent-sorgung des Schlamms der SABA damit zu koordinieren.

Es gilt dabei folgender Grundsatz:

Gesamelter Schlamm muss gespeichert werden und darf dabei nicht weg- oder ausgespült werden.

Der gesammelte Schlamm ist hoch belastet und gilt als Sonderabfall (gemäss Verordnung über den Verkehr mit Abfall (VeVA) [11]). Der Schlamm darf nur an Entsorgungsunterneh-men übergeben werden, welche über eine kantonale Bewilligung zur Entgegennahme ver-fügen. Die Ablagerung des Schlamms ohne Vorbehandlung auf einer Inertstoffdeponie grundsätzlich verboten. Um die hohen Kosten der Entsorgung des Schlamms zu reduzie-ren, sind in den verschiedenen Regionen entsprechende Aufbereitungsanlagen am Ent- stehen. Diese trennen Kies und Sand vom Schlamm ab und entwässern anschliessend den Schlamm zur Volumenreduktion. Kies und Sand dürfen wiederverwendet werden, wenn sie die Richtwerte T der „Aushubrichtlinie“ [42] einhalten → Nachweis erforderlich. Schliesslich ist der vorbehandelte und entwässerte Schlamm gemäss den „Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung“ (VVEA) [12] zu entsorgen.

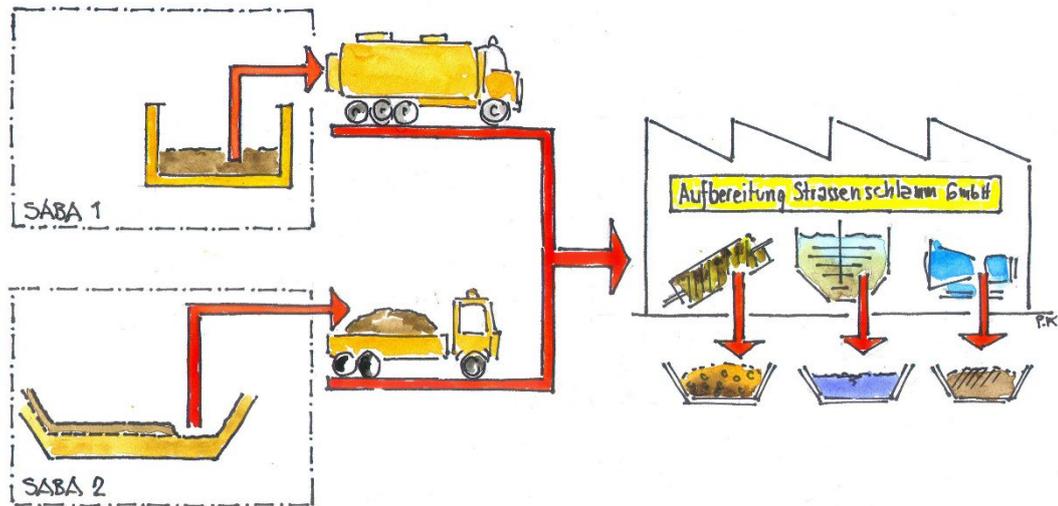


Abb 7.1 Grundsätzlicher Weg der Schlammverwertung bei Anlagen mit Schlammanfall oder Bodenfiltern.

7.3.2 Anlagen mit bewachsenem Sandfilter und Bodenfilter

Bei der Behandlung des Strassenabwassers über Bodenfilter werden die Schadstoffe über einen möglichst grossen Zeitraum im Bodenmaterial angereichert. Dabei lagern sich die Schadstoffe hauptsächlich in den obersten Schichten ab.

Alle für die Versickerung oder die Behandlung des Strassenabwassers verwendeten Bodenschichten bzw. Bodenfilter sind Teil einer Anlage: entweder Teil der Strassenanlage (filtrierende Bodenschicht bei der Versickerung über die Böschung) oder Teil einer Behandlungsanlage (Bodenschicht in Mulde/Rigole oder in Bodenfilteranlagen). Das heisst, diese Bodenschichten und -filter sind kein Boden im Sinne der VBBo [9]. Für den Umgang mit belastetem Bodenmaterial gilt, wie bei Anlagen mit Schlammanfall, Art. 30 des Umweltschutzgesetzes [5] respektive die VVEA [12].

Auch wenn keine dezentrale Versickerung über die Böschung stattfindet, werden Böschungen und Grünstreifen entlang der Strasse wegen Verwehung und Verspritzen eines Teils des Strassenabwassers belastet. Das entsprechende Bodenmaterial bleibt im Strassenraum und darf nicht anderweitig verwendet werden.

Bewachsene Sandfilter und Bodenfilter sind auch bei idealem Betrieb der Anlagen voraussichtlich nach 30-50 Jahren zu sanieren. Dabei sind die Schadstoffkonzentrationen in den verschiedenen Schichten der Anlage zu messen. Daraus lassen sich die geeigneten Entsorgungsverfahren ableiten. Bleiben die Schadstoffe auch nach so vielen Jahren relativ konzentriert in den oberen Schichten, beziehungsweise in der Deckschicht, so sind unter anderem Verfahren zum Waschen des belasteten Materials zu prüfen. Die Finanzierung der Entsorgung ist dabei sicher zu stellen. Ein vollständiges Entsorgen der belasteten Filtermaterialien als Sonderabfall ist aus heutiger Sicht nicht zu erwarten.

Bepflanzte Sandfilter werden selten gemäht. Die absterbende Vegetation bildet dabei eine neue Streuschicht, welche aktiv zum Rückhalt der Schadstoffe dient und dabei die oberste Filterschicht auflockert. Für das trotzdem anfallende Schnittgut bei der bewachsenen SABA (unter anderem von den Böschungen der SABA) gelten bei der Verwertung die gleichen Grundsätze wie bei der Verwertung des Schnittgutes vom Strassenrand.

Anhänge

I	Erläuterung zu den gesetzlichen Grundlagen.....	51
II	Einordnung der Richtlinie	54
III	Checkliste Grundlagenbeschaffung	55
IV	Punktesystem zur Bewertung von Nutzen und Aufwand	57
V	Typenblätter	60
V.1	Entwässerung über das Bankett (Versickern über die Böschung)	61
V.2	Mulden-Rigole	65
V.3	Sandfilter, bewachsen	69
V.4	Splitt/Kiesfilter.....	72
V.5	Technische Filter	74
V.6	Absetzbecken Sedimentation Hauptbehandlung	76

I Erläuterung zu den gesetzlichen Grundlagen

Nationalstrassen

Gemäss Artikel 8 Absatz 1 des Bundesgesetzes vom 8. März 1960 über die Nationalstrassen (NSG; SR 725.11 [4]) stehen die Nationalstrassen unter der Strassenhoheit und im Eigentum des Bundes. Der Bund ist gemäss Artikel 49a Absatz 1 NSG [4] zuständig für Unterhalt und Betrieb der Nationalstrassen. Zu den Nationalstrassen gehören neben dem Strassenkörper alle Anlagen, die zur technisch richtigen Ausgestaltung der Strassen erforderlich sind, insbesondere auch Einrichtungen für den Betrieb und Unterhalt der Strassen (Artikel 6 Absatz 1 NSG [4]). Das UVEK erteilt gemäss Art. 26 die Plangenehmigung für die Ausführungsprojekte sowie sämtliche nach Bundesrecht erforderlichen Bewilligungen. Kantonale Bewilligungen und Pläne sind nicht erforderlich. Das kantonale Recht ist zu berücksichtigen, soweit es Bau und Betrieb der Nationalstrassen nicht unverhältnismässig einschränkt. Gemäss Art. 46 der Nationalstrassenverordnung vom 7. November 2007 (SR 725.111 [8]) sorgt das ASTRA für einen technisch ausreichenden und kostengünstigen Unterhalt der Strassenanlage. Es plant Unterhaltmassnahmen langfristig.

Gewässerschutz

Das Bundesgesetz vom 24. Januar 1991 über den Schutz der Gewässer (GSchG, SR 814.20 [6]) hat zum Zweck ober- und unterirdische Gewässer vor nachteiligen Einwirkungen zu schützen. Gemäss Artikel 7 GSchG [6] muss verschmutztes Abwasser behandelt werden und es darf nur mit Bewilligung der zuständigen Behörde in ein Gewässer eingeleitet oder versickert werden. Artikel 6 und Anhang 3 der Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (GSchV, SR 814.201 [13]) regeln die dabei zu beachtenden Einleitbedingungen von verschmutztem Abwasser in ein Gewässer. Die Versickerung von verschmutztem Abwasser ist gemäss Artikel 8 Absatz 1 GSchV [13] grundsätzlich verboten. Die Behörde kann jedoch die Versickerung von kommunalem Abwasser oder von anderem verschmutztem Abwasser vergleichbarer Zusammensetzung unter den in Artikel 8 Absatz 2 GSchV [13] genannten Bedingungen erlauben. Insbesondere muss das Abwasser vor der Versickerung behandelt werden (durch eine biologisch aktive Bodenschicht) und die Anforderungen an die Einleitung in ein Gewässer erfüllen. Nicht verschmutztes Abwasser ist nach Anordnung der zuständigen Behörde in erster Linie versickern zu lassen. Nur wenn die örtlichen Verhältnisse dies nicht erlauben, kann es mit Bewilligung der zuständigen Behörde in ein oberirdisches Gewässer eingeleitet werden. Dabei müssen nach Möglichkeit Rückhaltmassnahmen getroffen werden (Art. 7 Abs. 2 GSchG [6]).

Abwasser gilt als verschmutzt, wenn es ein Gewässer, in das es gelangt, verunreinigen kann (Art. 4 Bst. f GSchG [6]). Ob ein Abwasser als verschmutzt oder als unverschmutzt gilt, beurteilt die Behörde aufgrund der Kriterien von Artikel 3 GSchV [13]. Demnach ist sowohl Art, Menge, Eigenschaften und zeitlicher Anfall der allenfalls wasserverunreinigenden Stoffe zu beachten als auch der Zustand des Gewässers, in welches das Abwasser gelangt (Art. 3 Abs. 1 GSchV [13]). Von Strassen, Wegen und Plätzen abfliessendes Niederschlagswasser gilt in der Regel als nicht verschmutztes Abwasser, wenn auf den Strassen, Wegen und Plätzen, von denen es stammt, keine erheblichen Mengen von Stoffen, die Gewässer verunreinigen können, umgeschlagen, verarbeitet und gelagert werden und wenn es bei der Versickerung im Boden ausreichend gereinigt wird (Art. 3 Abs. 3 Bst. b GSchV [13]). Bei der Beurteilung, ob die Stoffmengen erheblich sind, ist auch das Risiko von Unfällen zu berücksichtigen.

Die Wegleitung „Gewässerschutz bei der Entwässerung von Verkehrswegen“ [39] stellt klare Kriterien, ab wann das Strassenabwasser als verschmutzt zu erachten ist.

Gemäss Artikel 15 GSchG [6] müssen die Inhaber von Abwasseranlagen für deren sachgemässe Erstellung, Bedienung, Wartung und Unterhaltung sorgen und die Funktionstüchtigkeit regelmässig überprüfen.

Artikel 15 Absatz 2 des GSchG [6] besagt, dass die kantonale Behörde dafür sorgt, dass die Abwasseranlagen periodisch kontrolliert werden. Gemäss Artikel 48 GSchG [6] ist die

Bundesbehörde, die ein anderes Bundesgesetz oder einen Staatsvertrag vollzieht, bei der Erfüllung dieser Aufgabe auch für den Vollzug des Gewässerschutzgesetzes zuständig ist. Sie hört vor ihrem Entscheid die betroffenen Kantone an. Für die periodische Kontrolle der Entwässerungssysteme bei Nationalstrassen sind somit die Bundesbehörden zuständig.

Störfall

Die Nationalstrassen fallen in den Geltungsbereich der Störfallverordnung vom 27. Februar 1991 über den Schutz vor Störfällen (StfV) [10], welche die Bevölkerung und die Umwelt vor schweren Schädigungen infolge von Störfällen schützen soll. Bei der Entwässerung von Nationalstrassen muss deshalb auch diese Verordnung berücksichtigt werden. Gemäss der Verordnung sind alle zur Verminderung des Risikos geeigneten Massnahmen zu treffen, die nach dem Stand der Sicherheitstechnik verfügbar, aufgrund der Erfahrung des Inhabers ergänzt und wirtschaftlich tragbar sind. Was dies im Konkreten bei Nationalstrassen bedeutet wird in der Richtlinie ASTRA 19001 erläutert [20].

Entsorgung

Abfälle sind gemäss Artikel 30 Absatz 3 des Umweltschutzgesetzes vom 7. Oktober 1983 (USG, SR 814.01 [5]) umweltverträglich zu entsorgen. Die Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen vom 4. Dezember 2015 (VVEA, SR 814.600 [12]) legt in Anhang 5 fest, welche Abfälle unter Einhaltung der dort genannten Anforderungen auf welchen Deponietypen abgelagert werden dürfen. Sonderabfälle sind Abfälle, deren umweltverträgliche Entsorgung besondere technische und organisatorische Massnahmen erfordert und in der Verordnung vom 18. Oktober 2005 über Listen zum Verkehr mit Abfällen als Sonderabfälle gekennzeichnet wurden [14]. Entsorgungsunternehmen, die Sonderabfälle entgegennehmen, benötigen gemäss Artikel 8 der Verordnung vom 22. Juni 2005 über den Verkehr mit Abfällen (VeVA, SR 814.610 [11]) eine Bewilligung der kantonalen Behörde. Die VeVA regelt das Verfahren zur Erteilung der Bewilligung sowie die weiteren organisatorischen Massnahmen bei der Entsorgung von Sonderabfällen [11].

Kulturlandschutz; Schutz der Fruchtfolgeflächen (FFF)

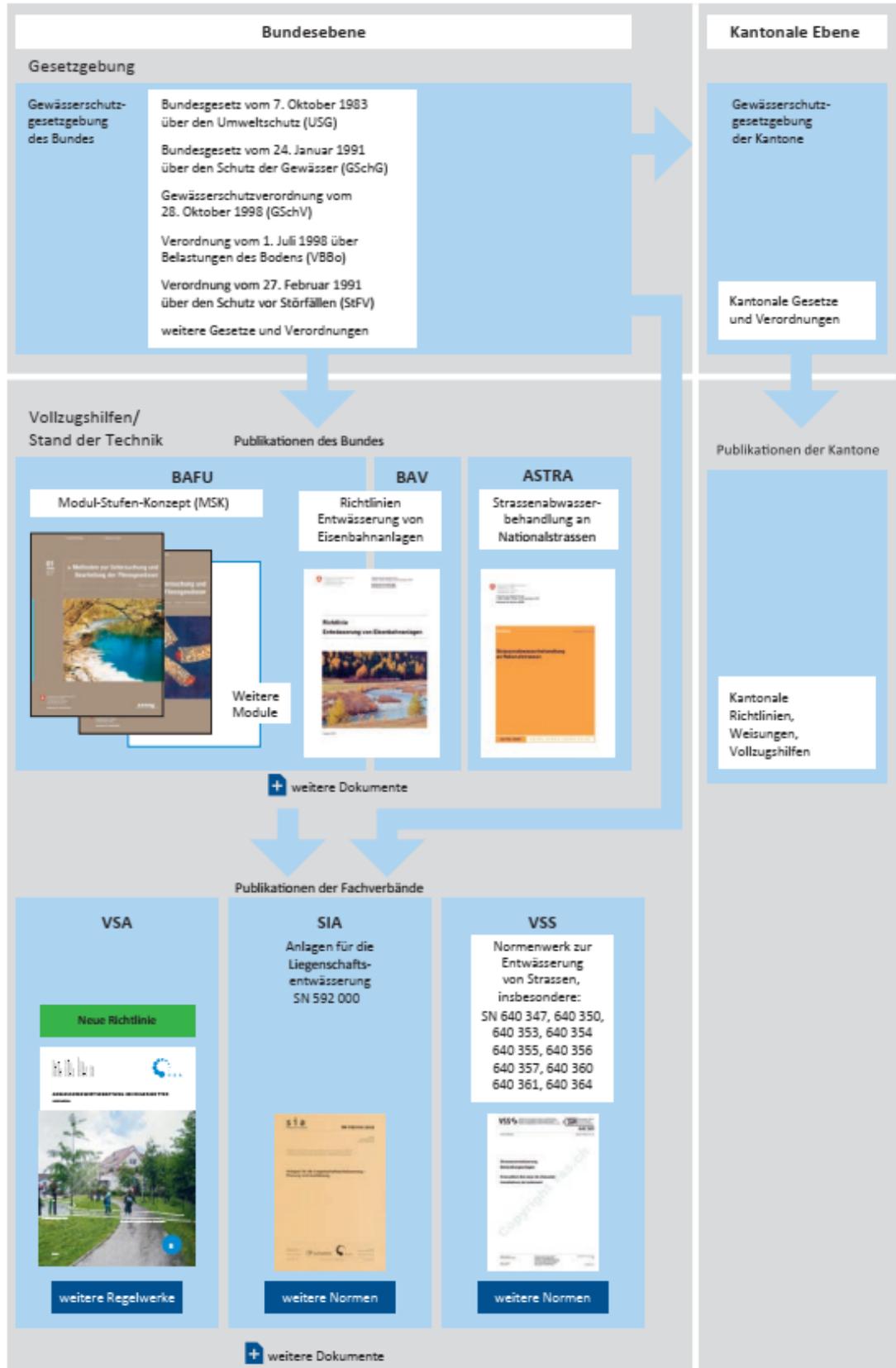
Gemäss Artikel 75 der Bundesverfassung [3] und Artikel 1 Absatz 1 des Bundesgesetzes vom 22. Juni 1979 über die Raumplanung (RPG; SR 700 [7]) sorgen Bund, Kantone und Gemeinden dafür, dass der Boden haushälterisch genutzt wird. Sie unterstützen Massnahmen der Raumplanung insbesondere die Bestrebungen, die natürlichen Lebensgrundlagen wie Boden, Luft, Wasser, Wald und die Landschaft zu schützen (Art. 1 Abs. 2 lit. a RPG [7]) und die ausreichende Versorgungsbasis des Landes zu sichern (Art. 1 Abs. 2 lit. d RPG [7]). Die mit Planungsaufgaben betrauten Behörden müssen darauf achten, die Landschaft zu schonen; insbesondere sollen der Landwirtschaft genügend Flächen geeigneten Kulturlandes erhalten bleiben (Art. 3 Abs. 2 lit. a RPG [7]).

Fruchtfolgeflächen (FFF) sind Teil des Kulturlandes. Gemäss Artikel 26 ff. der Raumplanungsverordnung vom 28. Juni 2000 (RPV, SR 700.1 [15]) und des Bundesratsbeschlusses vom 8. April 1992 betreffend den Sachplan Fruchtfolgeflächen (SP FFF; BBI 1992 II 1649 [17]) verdienen die FFF besonderen Schutz (was die Bundesstellen betrifft, siehe insbesondere Art. 3 Abs. 1 [17]). Der SP FFF verfolgt verschiedene Ziele (Ernährungssicherung – generell und in Krisenzeiten quantitativer und qualitativer Bodenschutz, langfristige Erhaltung von geeignetem Landwirtschaftsboden, Erhaltung von Grünflächen zwischen den Siedlungen, Regenerationspotential der Landwirtschaft usw.) und gründet auf diversen Verfassungs- und Gesetzesbestimmungen (in den Bereichen Landwirtschaft, Landesversorgung, Raumplanung, Nachhaltigkeit; siehe Bericht SP FFF 1992 [17] und Vollzugshilfe SP FFF 2006 [43]).

Nach der bundesgerichtlichen Rechtsprechung ist dem Kulturlandschutz und der Fruchtfolgeflächensicherung grosses Gewicht beizumessen, denn der Boden ist eine knappe, nicht erneuerbare Ressource. Kulturland respektive FFF können nur verbraucht werden, wenn dies durch höher zu gewichtende Interessen gerechtfertigt erscheint. Hierfür ist eine umfassende raumplanerische Interessenabwägung erforderlich (Art. 3 RPV [15]). Dies setzt grundsätzlich den Nachweis der Prüfung von Alternativen ohne oder mit weniger Beanspruchung von Kulturland respektive FFF voraus. Weiter muss sichergestellt sein, dass der Anteil des Kantons am Mindestumfang der FFF dauernd erhalten bleibt (Art. 30 Abs. 2

RPV [15] und SP FFF [17]). Sollen durch Bundesstellen bei der Ausübung ihrer raumwirk-samen Tätigkeit FFF verbraucht werden, holen diese rechtzeitig die Stellungnahme des ARE ein (Art. 3 Abs. 2 BRB zu SP FFF [17]). Dies gilt aufgrund des RPG auch für den Verbrauch von Kulturland generell.

II Einordnung der Richtlinie



III Checkliste Grundlagenbeschaffung

1. Landnutzung

- Zonenplan;
- Kulturland insbesondere Fruchtfolgeflächen (FFF);
- Grundstückbesitzer;
- Natur- und Landschaftsschutzgebiete;
- Wald;
- Katasterplan.

2. Topographie

- Einschnitt, Damm, Hanglage.
- Längsgefälle, „Steigung“;
- Benachbartes Terrain (Höhenmodell).

3. Verkehr

- DTV;
- LKW-Anteil;
- Geschwindigkeit.

4. Trasse

- Querneigung;
- Böschungen;
- Lärmschutz;
- Belagsart;
- Breite Pannestreifen, Belagsstreifen (Bankett);
- Belagsfläche;
- Böschungsfächen, etc.

5. Störfallverordnung

- Vorhandene Berichte, Kurzberichte gem. StfV [10];
- genügt die Aktualität?

6. Vorhandene Strassenentwässerung

- Pläne, vollständig, aktuell;
- Einlaufschächte, Schlammsammler;
- Entwässerung über das Bankett;
- Kanal in Lage und Höhe, Durchmesser;
- Hydraulische Dimensionierung;
- Sonderbauwerke, Ölscheider etc;
- Übernahme und Übergabepunkte
- Zustand der Strassenentwässerung, Dichtheit etc.

7. Schnittstellen

- Zuflüsse von „ausser“;
- Austrittsstellen des Strassenabwassers in die Umwelt;
- Interne Verknüpfungen von Strassenabwasser mit anderen Medien (häusliches Abwasser, Bachwasser, Drainagen etc.).

8. Betriebs- und Sicherheits-Anlagen (BSA)

- Zusammenstellung der Entwässerungsrelevanten Unterlagen.

9. Werkleitungen

- Pläne aller erdverlegten Werke im und um das Trassee.

10. Verdachtsflächen belasteter Standorte

- Auszug aus GIS.

11. Geologie, Boden

- Zusammenstellen der geologischen Verhältnisse durch Geologen;
- Bestimmung der geologischen Formation;
- Zusammenstellen der Bodeneigenschaften durch Bodenfachperson;
- Auszug aus FFF-Kataster.

12. Grundwasser

- Versickerungskarten (GEP);
- Gewässerschutzbereiche, Grundwasserschutzzonen und -areale → Gewässerschutzkarten (GIS);
- Grundwasserstände und minimaler Flurabstand;
- Vulnerabilität → evtl. Hydrogeologe.

13. Gewässer

- Beschrieb des möglichen Vorfluters;
- VG, Q₃₄₇;
- Hochwasser, Höhenkoten;
- Gewässerzustand, vorhandene Berichte;
- Revitalisierungsmöglichkeiten mit Priorisierung.

14. Geplante Entwässerungsstrukturen

- Genereller Entwässerungsplan (GEP);
- Regionaler Entwässerungsplan (REP);
- Verbands GEP.

15. Archäologie / Paläontologie

- Karte der Fundstellen und Funderwartungsgebiete (Verdachtsflächen), Bezeichnung fossilreicher Schichten, (siehe Paläontologie [19]).

IV Punktesystem zur Bewertung von Nutzen und Aufwand

(siehe Kapitel 5)

Dieses Punktesystem dient als Grundlage für die Beurteilung der Verhältnismässigkeit.

Das Total der Nutzenpunkte wird durch das Total der Aufwandpunkte dividiert. Ist der Quotient kleiner als 0.7, so zeigt das, dass die Anlage unverhältnismässig aufwändig ist.

Abb. IV.1 Bewertung von Nutzen und Aufwand

Nutzenindikatoren	Bewertung Punkte
Reduktion der Emissionen	
A Verkehrsaufkommen	log DTV
B Emissionsintensive Verkehrssituationen:	
B1 Kreuzung, Einmündung, Stau / Engpass	1
B2 Steigung	max. 1, für 8 %
B3 hoher Anteil Güterverkehr	max. 1, für 8 %
C Verminderte Verwehung durch Lärmschutzwände, Einschnitt o. ä.	einseitig 0.5 beidseitig 1
<i>Total Emissionsbezogene Indikatoren</i>	Σ A bis C
D Gesamt-Wirkungsgrad	Wirkungsgrad η_{tot}
<i>Verbesserung Schadstoffbilanz:</i>	= Total Emissionsbezogen * Wirkungsgrad
Immissionsbezogene Betrachtung*	
E Nutzung des Wassers im Gewässer	Gewässerschutzbereich $A_u, A_o = 1$
F Wertvoller, empfindlicher Lebensraum	max. 2
G Grösse - Fließgewässer: Einleitverhältnis V - stehendes Gewässer: Oberfläche f, ha	Kehrwert des Einleitverhältnisses V; max. 2 (bei Einleitung ohne die Behandlungsanlage)
H Durch die Behandlung vermiedene Belastung aus Kolmatierung, Verschlämmung	max. 2
I Versickerung des Abwassers	Anlage führt zur Versickerung = 2
Total Nutzenpunkte:	Verbesserung Schadstoffbilanz + Summe E bis I
Zu Bemerkungen	
A	Der Zusammenhang zwischen dem DTV und den Emissionen ist klar. Hingegen besteht bei starkem Verkehrsaufkommen keine klare Korrelation zur Belastung des Strassenabwassers.
B	In Anlehnung an die BAFU-Wegleitung
C	Grössere Wirkung der Anlage, weil mehr Schadstoffe zurückgehalten werden können.
D	Der Einfluss allfälligen Fremdwassers muss berücksichtigt werden.
Immissionsbezogene Betrachtung	
*	Die Bewertung bezieht sich auf den Gewässerabschnitt, der von der Behandlung profitiert, also die Einleitstelle im Zustand ohne die bewertete Massnahme. Die Punkte werden auch dann zugesprochen, wenn das Abwasser versickert oder ins Mischsystem eingeleitet und die Einleitung somit beseitigt wird.
F	Kriterien: Besonders schützenswertes Gewässer, natürliches Gewässer; Lebensraum für gefährdete Tierarten
G	<ul style="list-style-type: none"> • Massgebend für Hydraulische Belastung, Erosion und Konzentrationen der Schadstoffe • $1/V = HQ_1 (Strasse)/Q_{347}(Gewässer)$, Dimensionierungszufluss zur Anlage/Niederwasserabfluss im Gewässer • Für die erhöhte Empfindlichkeit stehender Gewässer wird zwingend ein Punkt vergeben
H	Nach Methodik STORM: durch Gewässer-Spezialisten visuell festgestellt, für zukünftige Einleitungen erwartet oder berechnet.
I	Natürlicher Wasserkreislauf, quantitativer Grundwasserschutz. Der ausreichende qualitative Grundwasserschutz wird vorausgesetzt

Aufwandindikatoren	Bewertung Punkte
<i>Kosten</i>	
J Jahreskosten pro ha _{Strassenfläche}	4'000.- CHF/a/ha = 1
Negative Umweltauswirkungen	
K Die Behandlung erfordert, dass gepumpt werden muss.	Ja = 2 Nein = 0
L1 Landflächenverbrauch	500 m ² /ha = 1
L2 Bedeutung der beanspruchten Landfläche	Grundeigentum ASTRA = 0 Baugebiet = 1 Landwirtschaft (ohne FFF) = 2 Wald, Fruchtfolgefläche (FFF) = 3 Landschaftsschutz-Gebiet, Naturwerte = 4
L Landbedarf	=L1 * L2
Auswirkungen bei Einleitung in Mischsystem	
M1 Aus Mischsystem entlasteter Anteil Regenwasser	entlasteter Anteil, 50% = 1
M2 Grösse der ARA	$\log(100'000/EW_{\text{ARA-Einzugsgebiet}})$, max. 2
Total Aufwandpunkte	Summe J bis M

Zu	Bemerkungen
J	Nach Abzug der Kosten für andere Massnahmen, deren Funktion die Strassenabwasserbehandlung übernimmt oder überflüssig macht, und die sonst nötig wären (z. B. Havariebecken), inkl. geschätzte Betriebs- und Entsorgungskosten.
K	Betrieblich/organisatorische und ökologische Auswirkungen des Einsatzes von Elektromechanik. Die direkten Kostenfolgen sind in A enthalten.
M1	Entlastung von Mischabwasser anstelle des behandelten Strassenabwassers. Durch Retention des Strassenabwassers kann diese Gewässerbelastung (in der Regel mit zusätzlichem Aufwand) gemindert oder vermieden werden.
M2	Bei kleineren ARA: geringere Reinigungsleistung und grössere Umweltbelastung

Die Punktwerte wurden anhand von grundsätzlichen Überlegungen hergeleitet und an Praxisbeispielen überprüft (ASTRA/SWR, 2011, [45]). Als Referenz diente dabei ein Ableitungssystem mit einer einfachen Behandlungsanlage (z. B. Anlage mit Anforderung Standard ohne Pumpe), welche ein grosses Gewässer vor hoch belastetem Strassenabwasser schützt. Der Aufwand für ein solches System wird heute als verhältnismässig erachtet. Es ist deutlich aufwändiger als die Entwässerung über das Bankett. Die Mehrkosten fallen dabei hauptsächlich für das Kanalisationssystem und nicht für die Behandlungsanlage an.

Die Punkte sind nicht als mathematische Grössen zu betrachten, sondern sind sinngemäss einzusetzen und zu beurteilen. Die Funktionen sind auf eine Nachkommastelle zu errechnen. Das soll nicht Genauigkeit vortäuschen, sondern Sprünge in der Bewertung vermeiden, die bei der Festlegung von Schwellenwerten für ganze Punktzahlen entstehen würden.

Tab. IV.1 Berechnung von zwei realen Beispielen nach dem Punktsystem mittels Tabellenkalkulation

Projekt, Variante:		Anlage 1 (RFB, mit Pumpen)		Anlage 2 (Versickerungs-becken)	
Einzugsgebiet: Behandelte Strassenfläche	ha(EZG)	4.8		11.0	
Eingeleitete Abwassermenge Q _e	l/s (Annahme 60 mm/h = 167 l/s/ha)	723		1386	
Kapazität der Anlage	l/s	21.6		2000	
Vorfiler (ohne die Behandlungsanlage)		Linthkanal		Birs	
- Fließgewässer: Q ₃₄₇	l/s	10'000		3'100	
- stehendes Gewässer: Oberfläche F	ha				
Indikatoren und ggf. Masseinheit		Kenndaten		Pkt.	
Nutzenindikatoren					
Reduktion der Emissionen					
A	Verkehrsaufkommen (logDTV)	(DTV = durchschnittlicher Tagesverkehr)	41'000	4.6	
B1	Kreuzung, Einmündung, Engpass	(ja = 1pkt., nein = 0pkt.)	nein	0	12'000
B2	Steigung (in %)	(1/8 pro 1%, max 1pkt.)	0%	0.0	nein
B3	Anteil Güterverkehr (in %)	(1pkt. pro 8%)	5%	0.6	0
C	Lärmschutzwände an Strassenseiten	(0.5pkt. pro Seite)	keine	0.0	0%
Total Punkte A bis C			5.2		10%
D	Gesamt-Wirkungsgrad		83%		keine
Total A bis C mal Gesamt-Wirkungsgrad			4.3		0.0
Immissionsbezogene Betrachtung					
E	Nutzung des Wassers im Gewässer, Gewässerschutzbereich	Gewässerschutzbereich A ₀ / A ₁ ? (ja = 1pkt., nein = 0pkt.)	nein	0.0	nein
F	Wertvoller, empfindlicher Lebensraum	(Ökomorphologie - Stufe F) ¹	Klasse III & IV (gering)	0.0	Klasse II (mässig)
G	Grösse des Gewässers	(1/√ wo V = Q ₃₄₇ /Q _e , max 2pkt.)	13.8	0.1	2.2
	- Fließgewässer: Einleitverhältnis V				0.4
	- stehendes Gewässer: Oberfläche F, ha	(1 + 1/F, max. 2pkt.)	0.0	0.0	0.0
H	Durch Behandlung vermiedene Gewässerbelastung: Kolmatierung, Verschlämzung	(nein = 0pkt., mittel = 1pkt., viel = 2pkt.)	nein	0.0	nein
I	Versickerung des Abwassers	(ja = 2pkt., nein = 0pkt.)	nein	0.0	ja
Total Nutzenpunkte			4.4		2.0
Aufwandindikatoren					
	Baukosten (Mehrkosten wegen Behandlung)	CHF	7'386'996		1'280'000
	Anteil Installationen, EMSR	Hilfsgrösse für die Abschreibung	10%		6%
J	Abschreibung	CHF/a	182'213		29'184
	Betriebs, Unterhalts- und Entsorgungskosten	CHF/a	23'966		55'000
	Jahreskosten	CHF/a	206'179		84'184
	Jahreskosten pro ha	1pkt. pro 4000 CHF pro ha/EZG	43'000	10.8	7'700
K	Die Behandlung erfordert, dass gepumpt werden muss	(ja = 2pkt., nein = 0pkt.)	ja	2.0	nein
L1	Landflächenverbrauch für die Anlage m ²	1pkt. pro 500 m ² /ha(EZG)	2'600	1.1	2'500
L2	Bedeutung des beanspruchten Lands	(ASTRA = 0pkt., Baugebiet = 1pkt., Landwirtschaft (ohne FFF) = 2pkt., Fruchtfolgeflächen (FFF) / Wald = 3pkt., Schutzgebiet = 4pkt.)	ASTRA	0	Baugebiet
L	Landbedarf	(= L1 * L2)		0.0	0.5
M1	Aus dem Mischsystem entlasteter Anteil Regenwasser (aus Einleitungskonzept GEP/VGEP)	(entlasteter Anteil, 100 % = 1pkt.)		0.0	0.0
M2	Grösse der ARA	(LOG (1'000'000/ EW _{ARA}), max 2pkt.)		0.0	0.0
Total Aufwandpunkte			12.8		2.4
Quotient Nutzen/Aufwand			0.3		3.6

Legende: Felder ausfüllen

Für Anschluss ans kommunale Mischsystem ausfüllen

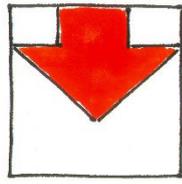
¹Vollzug Umwelt BAFU, Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer. in der Schweiz, Ökomorphologie Stufe F. Von einigen Kantonen und Gemeinden über Internet publiziert

²GUS-Gesamtwirkungsgrad: Angabe aus Projekt oder Stand der Technik

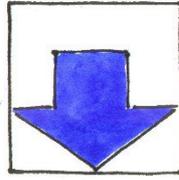
Bodenfilter 90% (Default)
Sandfilter 80% - 85%
Splittfilter 70%

Eine Realisierung von Anlage 1 ist nicht sinnvoll, der Aufwand wird (unter anderem wegen der hohen Kosten) doppelt so hoch bewertet wie der Nutzen. Anlage 2 schneidet dagegen gut ab.

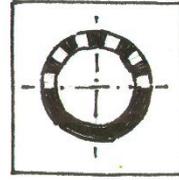
V Typenblätter



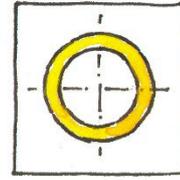
Zulaufbauwerk



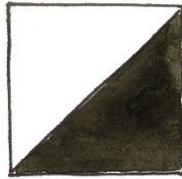
Ablaufbauwerk



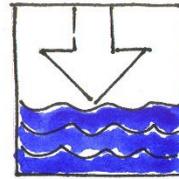
Drainage



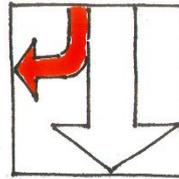
Transportleitung



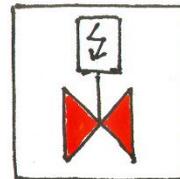
Entlastung



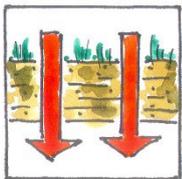
Einleitung
in Gewässer



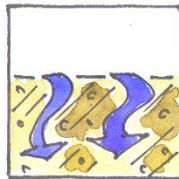
Fremdwasser-
abtrennung



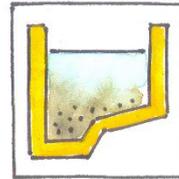
Störfallschieber



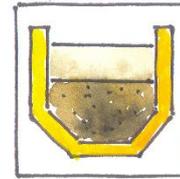
Bodenfilter



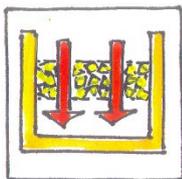
Versickerung



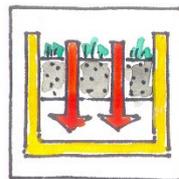
Absetzbecken



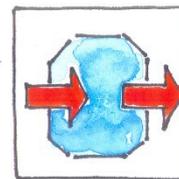
Schlammbecken



Splitt-/
Kiesfilter



Sandfilter



Technischer
Filter

Abb. V.1 Verwendete Symbole.

V.1 Entwässerung über das Bankett (Versickern über die Böschung)

V.1.1 Funktions- und Wirkungsweise

- Durch das Quergefälle wird das Strassenabwasser an die Seite geleitet. Von dort fliesst es im angrenzenden Grünstreifen oder Böschung oberflächlich weiter und wird durch den Bewuchs und die Spreuschicht gebremst. Dabei lagert sich ein erster Teil der Schadstoffe oberflächlich ab. Die anschliessende Versickerung durch die Bodenschicht dient dem Rückhalt der verbleibenden Schadstoffe.
- Die Sickerfähigkeit der Bodenschicht wird durch Bewuchs gewährleistet.
- Störfallrückhalt: Reduktion des Risikos einer Umweltverschmutzung durch das langsame Versickern in der Bodenschicht. Im Vergleich zum Ableiten im Kanal entsteht dadurch mehr Zeit zum Eingreifen. Ersatz der kontaminierten Bodenschicht erforderlich.
- Der Unterhalt beim Versickern über die Böschung ist der gleiche wie bei bepflanzten Böschungen.
- Betriebsdauer: Ein 1 Meter breiter Streifen mit Bodenfilter vermag die Schadstoffe einer stark befahrenen Strasse über die Dauer von 50 Jahren oder länger, bedingt durch die Sedimentfiltration, zurückzuhalten beziehungsweise abzubauen.



Abb. V.2 Systemskizze.

V.1.2 Dimensionierung

Filterierende Bodenschicht an Böschungen:

- Die filterierende Bodenschicht besteht aus einem Oberboden (A-Horizont) oder aus einem Ober- und Unterboden (A- und B-Horizont). Die minimale Gesamtmächtigkeit der Bodenschicht beträgt in jedem Fall 40 cm (senkrecht zur Oberfläche gemessen).
- Eigenschaften der Bodenschicht: gute Sickerfähigkeit, ausreichendes Porenvolumen, wenig Grobporen, geeigneter Tongehalt, nicht verdichtet, genügend organisches Material.
- Bodenschichten mit mehr als 25% Ton sind zu vermeiden. Ein hoher Anteil an Sand und Grobschluff wird empfohlen. Kalkhaltige Böden haben den Vorteil des stabilen pH-Wertes über 7, was die Mobilisierung der Schwermetalle hindert. Boden pH-Werte unter 5 sind zu vermeiden. Der Humus im Oberboden bindet durch Komplexbildung die organischen Schadstoffe und adsorbiert die gelösten Schwermetalle.
- Oberboden (A-Horizont):
 - Die Schichtdicke beträgt 15 - 25 cm bei einem Tongehalt > 10%;
 - Die Schichtdicke beträgt 50 cm bei einem Tongehalt < 10%;
 - Hoher Anteil an organischer Substanz;
 - Gesättigte Sickerfähigkeit unterhalb der Graswurzeln $\geq 10^{-5} \text{ ms}^{-1}$;
 - Schüttdichte der Feinerde $\leq 1.3 \text{ g/cm}^3$ (Gesamtporosität $\geq 50\%$).
- Unterboden (B-Horizont):
 - Grundsätzlich die gleichen Anforderungen wie der Oberboden;
 - Tieferer Anteil an organischer Substanz (maximal 1% organische Substanz);
 - Leicht schlechtere Sickerfähigkeit als der Oberboden;
 - Der Unterboden ist optional falls der Oberboden > 40cm.

V.1.3 Hydraulik

- Breite des Versickerungs-Streifens = Böschungsbreite + eventuell Muldenbreite.
- Ermitteln der Sickerleistung des Versickerungs-Streifens (Wert von Bodenfachperson, in der Regel 0.4-1.0 l/min pro m²).
- Dimensionierungsregen: Regenintensität z=1 (SN-640 350 [26]), ab Regenintensität grösser z=1 → Rückstau auf Pannestreifen möglich oder geeignete Entlastung.
- Die Kapazität der Anlage setzt sich aus 1 oder 2 Teilen zusammen: 1. Versickerung im Versickerungsstreifen, 2. Eventuelle Retention in der Mulde.
- Falls die Böschung breit genug ist und keine Mulde erforderlich ist: Sickerleistung des Sickerstreifens = Abfluss der Strasse bei z=1.
- Berechnen von Böschung mit Mulde über die Variation der Zeit mit z=1. Optimieren von Sickerfläche und Retention durch anpassen der Versickerungsstreifen-Breite und Retentionsvolumen in der Mulde → Iteration.

V.1.4 Hinweise zur Projektierung

- Als Bodenmaterial soll bereits vorhandenes Material aus der Strassenböschung oder dem Grünstreifen verwendet werden.
- Für Projektierung und Bau ist eine Bodenfachperson beizuziehen.
- Das Anlegen einer Trassee-parallelen Mulde mit einem Oberboden oder Ober- und Unterboden wird empfohlen. Dies ermöglicht das Sammeln des Strassenabwassers, das Speichern (Retention) und das grossflächige Versickern.
- Vegetation:
 - Dichte Wiesenvegetation auf dem Oberboden erforderlich;
 - Strauchvegetation erlaubt, muss aber kontrolliert werden, damit die dichte Wiesenvegetation nicht verdrängt wird.
 - Ansähen mit standortgerechten lokalen Samenmischungen.
- Längsgefälle grösser 3% → Erosionsschutz erforderlich.
- Befahrbarkeit lediglich mit Mähfahrzeugen.
- Möglichkeiten zum Überfahren mit schweren Maschinen vorsehen.
- Die zusätzliche Menge an Schadstoffen während Betriebsdauer ist zu berücksichtigen (erwartete Ablagerungen Schadstoffmenge über 30 Jahre). Es ist mit einer leichten Erhöhung der Oberfläche durch die Ablagerungen zu rechnen.
- Den Spitzenabfluss als Überlastfall beim Projektieren berücksichtigen. Wohin fliesst das Strassenabwasser im Entlastungsfall?

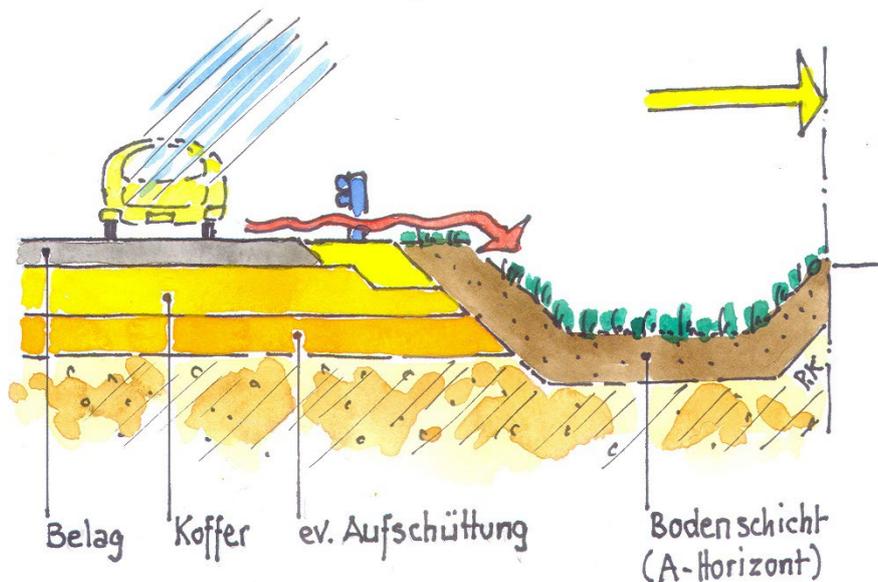


Abb. V.3 Variante mit Oberboden und Mulde.

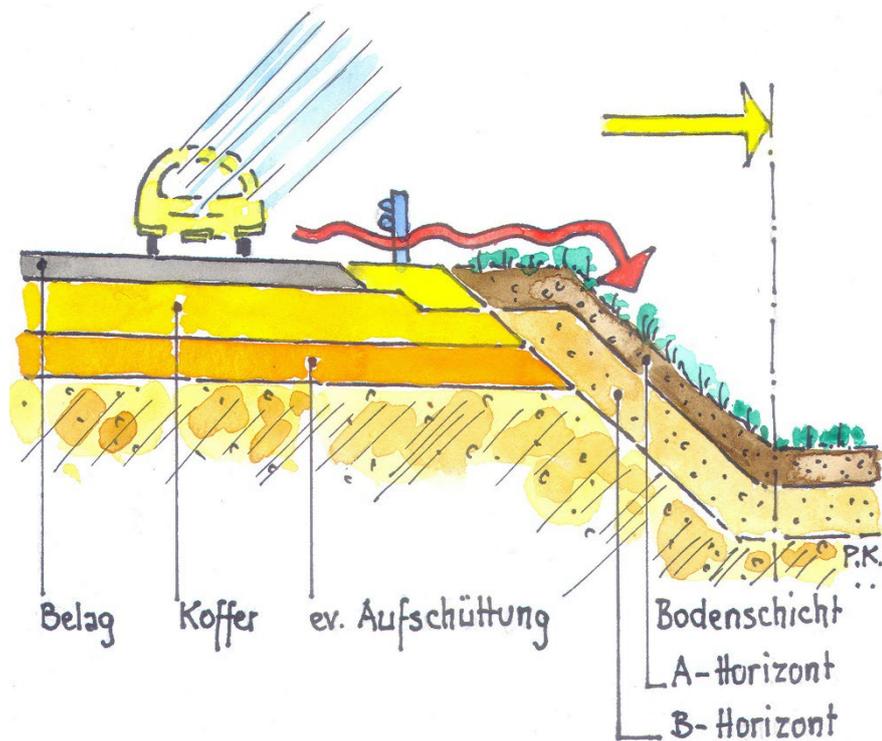


Abb. V.4 Variante mit Ober- und Unterboden - nur Böschung ohne Mulde.

V.1.5 Normen, Merkblätter, etc.

- SN 640 340a „Strassenentwässerung – Grundlagen“ [28];
- ASTRA-Fachhandbuch [38].
- VSS 40 354 [30]
- ASTRA 88006 Versickerung des Strassenabwassers der Nationalstrassen [50]
- ASTRA 88011 Versickerungspotenzial für das Strassenabwasser entlang der Böschungen der Nationalstrassen[51]

V.2 Mulden-Rigole

V.2.1 Funktions- und Wirkungsweise

- Linienförmige, strassenparallele Behandlung über bewachsenen Bodenfilter.
- Sammlung des behandelten Strassenabwassers in Drainageleitung in der nach unten abgedichteten Mulde.
- Die Sickerfähigkeit des Bodenfilters wird durch Bewuchs gewährleistet.
- Fremdwasser kann in Drainage- und Sammelleitung mit abgeleitet werden.
- Störfallrückhalt im Bodenfilter und gegebenenfalls zentral an Sammelleitung.
- Einleitung in oberirdisches Gewässer oder Versickerung.

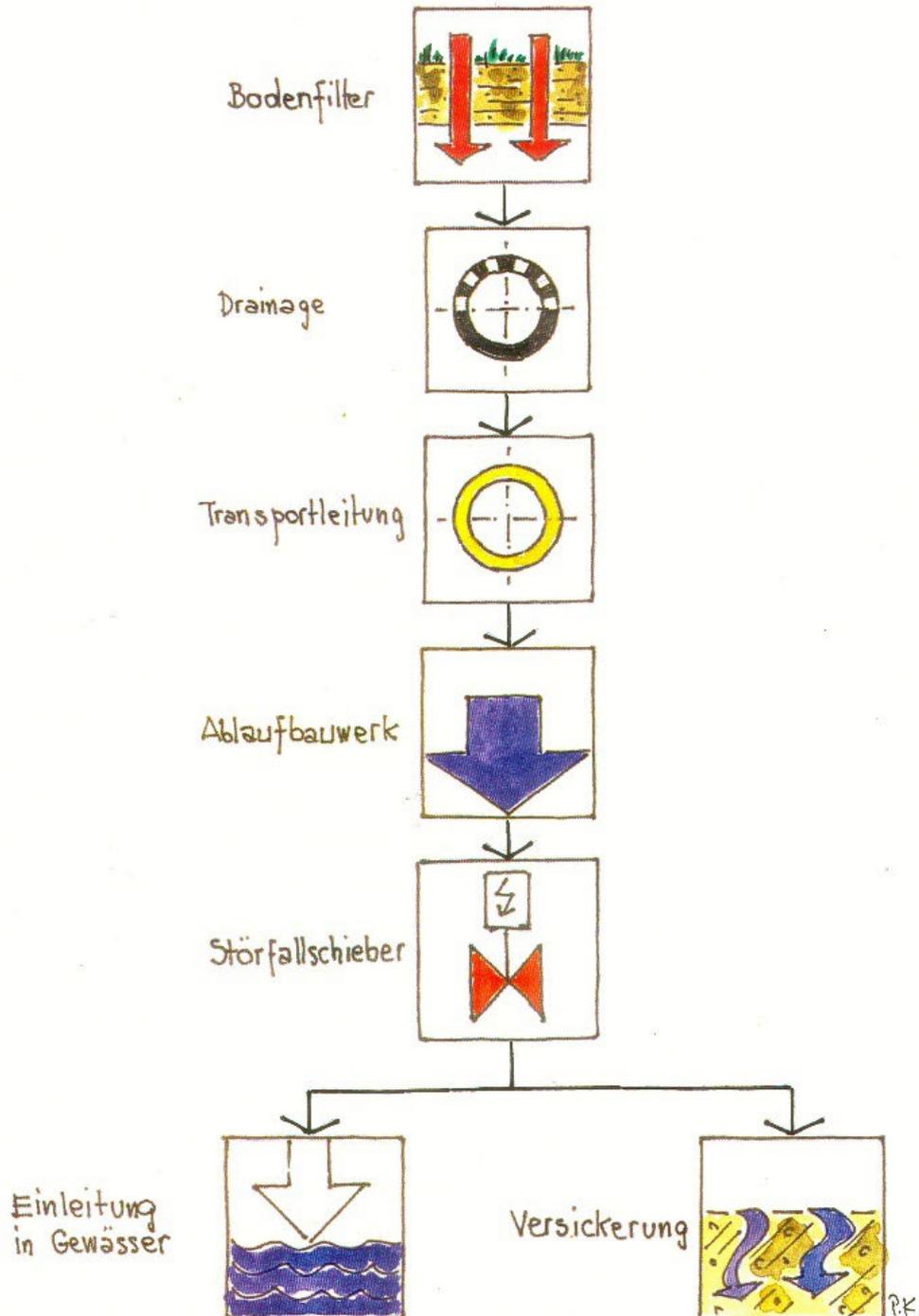


Abb. V.5 Systemskizze.

V.2.2 Dimensionierung

- Breite des Bodenfilter-Streifens = Böschungsbreite + Muldenbreite.
- Ermitteln der Sickerleistung des Bodenfilter-Streifens (Wert von Bodenfachperson, in der Regel 0.4-1.0 l/min pro m²).
- Dimensionierungsregen: Regenintensität $z=1$, ab Regenintensität grösser $z=1$ → Rückstau auf Pannestreifen möglich oder geeignete Entlastung.
- Die Kapazität der Anlage setzt sich aus 3 Teilen zusammen:
 1. Bodenfilterpassage in der Mulde;
 2. Retention in der Mulde;
 3. Überlauf in die Einlaufschächte.
- Berechnen von 1 und 2 über die Variation der Zeit mit $z=1$. Optimieren von Sickerfläche und Retention durch Anpassen der Muldenbreite und Retentionsvolumen in der Mulde → Iteration. Der Überlauf in die Einlaufschächte (3.) kann so angelegt werden, dass sich dabei ein Aufstau bis in den Pannestreifen einstellt.

V.2.3 Hinweise zur Projektierung

- Als Bodenfiltermaterial wird bereits vorhandenes Material aus der Strassenböschung oder dem Grünstreifen verwendet.
- Für den Bodenaufbau gelten die gleichen Grundsätze wie beim Versickern über das Bankett → Typenblatt Nr. 1.
- Für Projektierung und Bau ist eine Bodenfachperson beizuziehen.
- Ansähen mit standortgerechten lokalen Samenmischungen.
- Graben gegen den anstehenden Untergrund hin abdichten (geosynthetische Tonabdichtung).
- Einlaufschächte bis über Terrain → kleintiersicher ausbilden (Reptilienschutz).
- Verstopfungssichere Einlaufdeckel für Entlastung.
- Längsgefälle grösser 3% → Erosionsschutz erforderlich.
- Befahrbarkeit der Mulde lediglich mit Mähfahrzeugen.
- Möglichkeiten zum Überfahren mit schweren Maschinen vorsehen.
- Die zusätzliche Menge an Schadstoffen während Betriebsdauer ist zu berücksichtigen (erwartete Ablagerungen Schadstoffmenge über 30 Jahre). Es ist mit einer leichten Erhöhung der Oberfläche durch die Ablagerungen zu rechnen.
- Den Spitzenabfluss als Überlastfall beim Projektieren berücksichtigen. Wohin fliesst das Strassenabwasser im Entlastungsfall? Keine Entlastung in Grundwasserschutz-zonen.

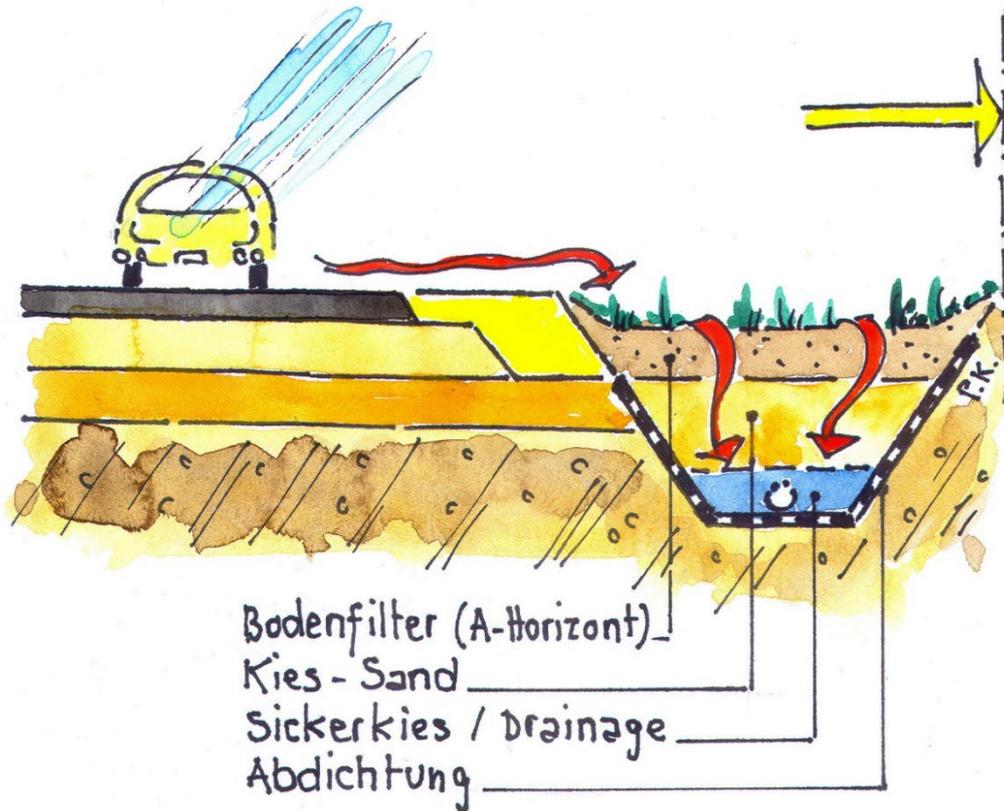


Abb. V.6 Skizze Querschnitt.

V.2.4 Normen, Merkblätter etc.

- SN-640 340a „Strassenentwässerung – Grundlagen“ [28];
- Norm SN-670 125a „Filtermaterialien“ [29];
- ASTRA-Fachhandbuch [38].
- VSS 40 354 [30]
- ASTRA 88006 Versickerung des Strassenabwassers der Nationalstrassen [50]
- ASTRA 88011 Versickerungspotenzial für das Strassenabwasser entlang der Böschungen der Nationalstrassen [51]

V.3 Sandfilter, bewachsen

V.3.1 Funktions- und Wirkungsweise

- Fremdwasser muss vor dem Sandfilter abgetrennt werden. Die Fremdwasserabtrennung ist so einzurichten, dass der Havarierückhalt gewährleistet ist, unabhängig davon, ob sie vor oder nach dem Absetzbecken angeordnet ist;
- Zentrale Filtrierung über bewachsene Sandfilterschicht (Filtrierung auf und im Sandfilter → vertikal durchflossen);
- Die Sickerfähigkeit des Sandfilterschicht wird durch Bewuchs gewährleistet;
- Retention im Filterbecken;
- Ablauf aus dem Sandfilter gedrosselt auf erwünschte Filtergeschwindigkeit;
- Die Vorbehandlung erfolgt in der Regel mit einem entsprechend dimensionierten Absetzbecken;

Einleitung in oberirdisches Gewässer oder Versickerung.

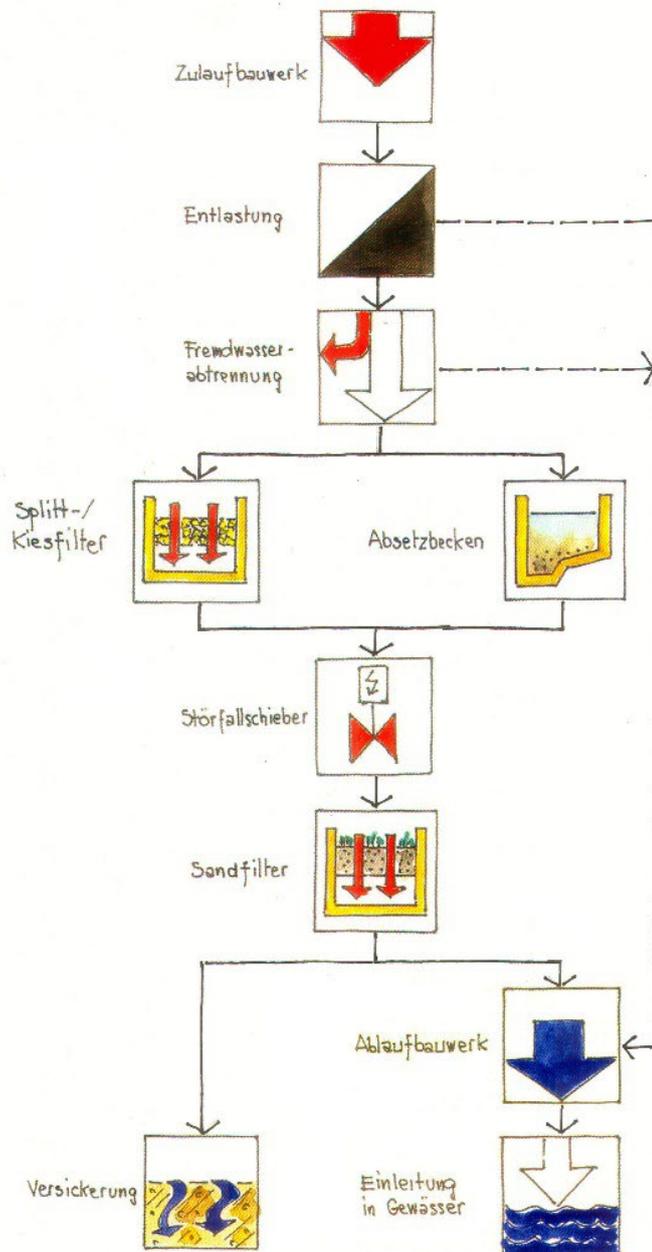


Abb. V.7 Systemskizze.

V.3.2 Dimensionierung

- Festlegen der gewünschten Sickerleistung der Sandfilterfläche (in der Regel um ca.2 - 4 l/min pro m²).
- Dimensionierung mittels Langzeitsimulation, um den erforderlichen hydraulischen Wirkungsgrad der Gesamtanlage nachzuweisen.
- Iterative Ermittlung des Optimums zwischen Sandfilterfläche, Retentionsvolumen und Vorbehandlung.
- Nachweis hydraulischer Überlastfall: Ab einer Regenintensität grösser $z=1$ → Rückstau bis auf Pannestreifen möglich oder geeignete Entlastung vorsehen.

V.3.3 Hinweise zur Projektierung

- Als Filtersand ist ein gut abgestufter, feiner, gewaschener Sand zu verwenden. Bei der Materialwahl sind bereits vorhandene Erfahrungswerte zu berücksichtigen. Die Schichtdicke ist > 50 cm zu wählen.
- Die Bepflanzung der Sandfilter erfolgt mit Schilf.
- Vor der Inbetriebnahme Wartezeit für das Anwachsen des Schilfes berücksichtigen (in der Regel wenige Monate bis zu einem Jahr),
- Abdichtung gegen den anstehenden Untergrund hin → Geosynthetische Tonabdichtung oder dichte Betonwanne.
- Einstellbare Drossel im Ablauf zur Regulierung der Filtergeschwindigkeit, oder Damm-balken zur Niveau- und Durchfluss- Regulierung.
- Für Unterhalt oder Sanierung die Möglichkeit eines temporären 2-strassigen Betriebs vorsehen.
- Unterhaltsweg zum und in das Sandfilter-Becken vorsehen.
- Die Sandfilterschicht ist zu Unterhaltszwecken nur mit leichten Fahrzeugen befahr-bar → Verdichten der Sandschicht und damit schlechte Durchlässigkeit. Falls Mäh-arbeiten erforderlich sind Balkenmäher zu verwenden.
- Bei Betonbecken: Amphibien-Ausstieg und Absturzsicherung vorsehen.
- Feinverteilung des Zuflusses auf der ganzen Fläche des Sandfilter vorsehen
- Ohne Abdichtung ist das Anwachsen des Schilfs schwierig, da das RFB nicht einge-staut werden kann.

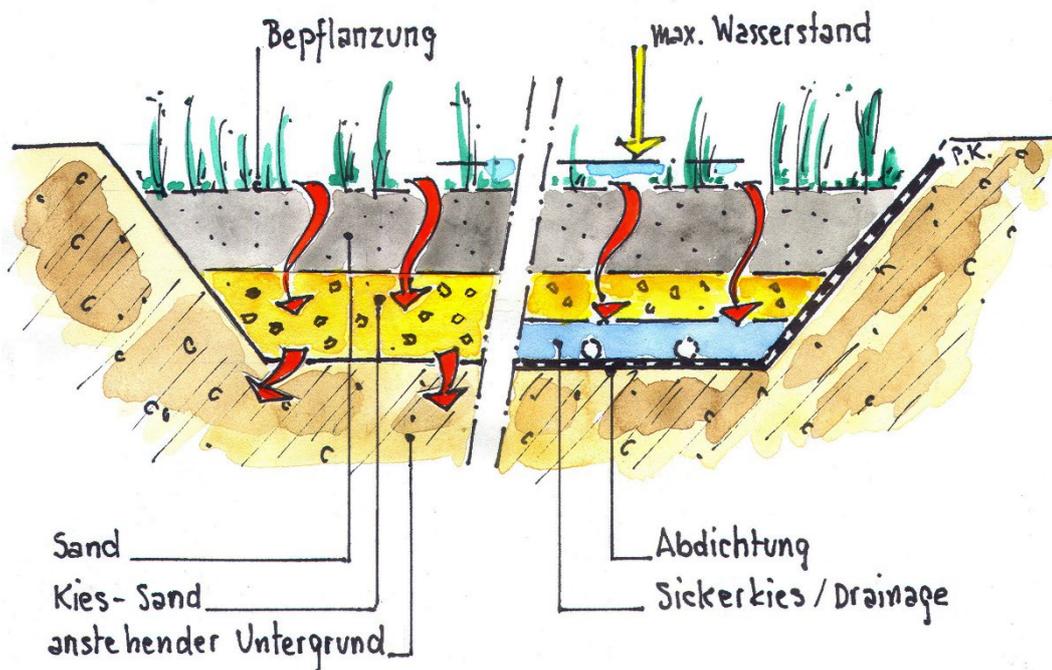


Abb. V.8 Skizze Querschnitt.

V.3.4 Normen, Merkblätter etc.

- VSS 40 340a „Strassenentwässerung – Grundlagen“ [28];
- Norm SN-670125a „Filtermaterialien“ [29];
- SN-640 699 Strassen und Entwässerungssysteme, Schutzmassnahmen für Amphi-bien [27];
- ASTRA-Fachhandbuch Trasse/Umwelt [38].

V.4 Splitt/Kiesfilter

V.4.1 Funktions- und Wirkungsweise

- Fremdwasser muss vor dem Splittfilter abgetrennt werden.
- Keine Vorbehandlung erforderlich.
- Zentrale Behandlung durch flächiges Filtrieren über Splittfilterschicht.
- Filtrierung auf Splittfilter (vertikal durchflossen) → Bildung eines Filterkuchens.
- Retention im Filterbecken.
- Ablauf aus dem Splittfilter gedrosselt auf erwünschte Filtergeschwindigkeit.
- Die Sickerfähigkeit des Splittfilters ist durch das regelmässige Abtrocknen des Filterkuchens gewährleistet. Dies ist in den Wintermonaten nur eingeschränkt möglich.
- Periodische Entfernung des Filterkuchens bei ungenügender Filtergeschwindigkeit.
- Störfallrückhalt zentral im Splittfilter.
- Versickerung nach Behandlung in Bodenfilteranlage oder Einleitung in oberirdisches Gewässer.

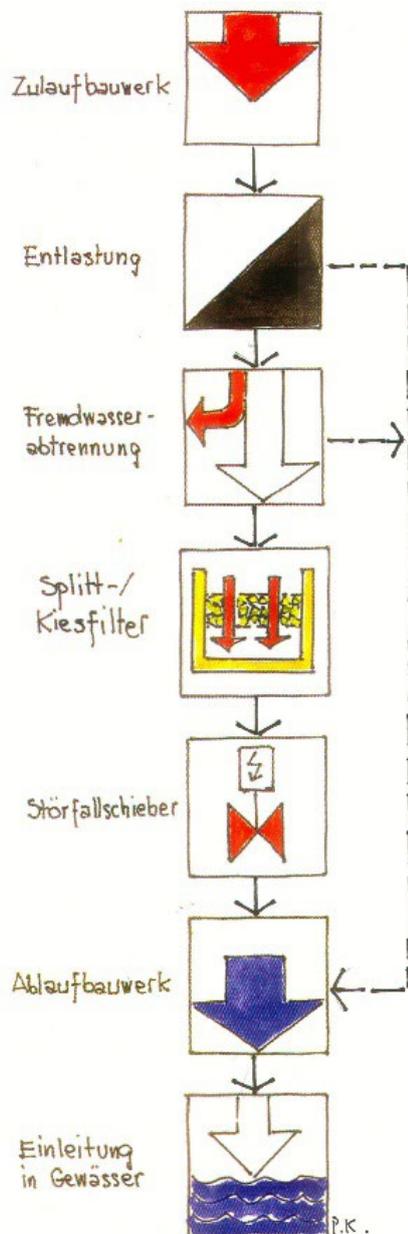


Abb. V.9 Systemskizze.

V.4.2 Dimensionierung

- Festlegen der gewünschten Sickerleistung der Splittfilterfläche. Der Anfangswert kann bei 6 l/min/m^2 liegen, dieser kann bei eintretender Kolmation auf 0.5 l/min/m^2 abnehmen. Ohne Kolmation sind Werte zwischen 3.5 und 5.0 l/min/m^2 zweckmässig. Für die Auslegung der Anlage werden $2 - 4 \text{ l/min/m}^2$ empfohlen.
- Dimensionierung mittels Langzeitsimulation, um den erforderlichen hydraulischen Wirkungsgrad des Splittfilters nachzuweisen. Bei Kombinationen mit anderen Behandlungsstufen wird zudem der hydraulische Wirkungsgrad der Gesamtanlage berechnet.
- Iterative Ermittlung des Optimums zwischen Splittschichtfläche, Retentionsvolumen und allenfalls weiteren Behandlungsstufen.
- Nachweis hydraulischer Überlastfall: Ab einer Regenintensität grösser $z=1 \rightarrow$ Rückstau bis auf Pannenstreifen möglich oder geeignete Entlastung vorsehen.

V.4.3 Hinweise zur Projektierung

- Dicke der Splittfilterschicht ca. 30 cm , Korngrössen $2-6 \text{ mm}$ bis $4-8 \text{ mm}$.
- Einstellbare Drossel im Ablauf zur Regulierung der Filtergeschwindigkeit, oder Damm balken zur Niveau- und Durchfluss- Regulierung.
- Abdichtung gegen den anstehenden Untergrund hin mit geosynthetischer Tonabdichtung, HDPE-Folien, Schwarzbelag oder dichtem Betonbecken.
- Unterhaltungsweg zum und in das Splittfilter-Becken vorsehen.
- Der Splittfilter ist zu Unterhaltszwecken mit Fahrzeugen befahrbar \rightarrow Abschälen des Filterkuchens.
- Bei Betonbecken Amphibien-Ausstieg und Absturzsicherung vorsehen.

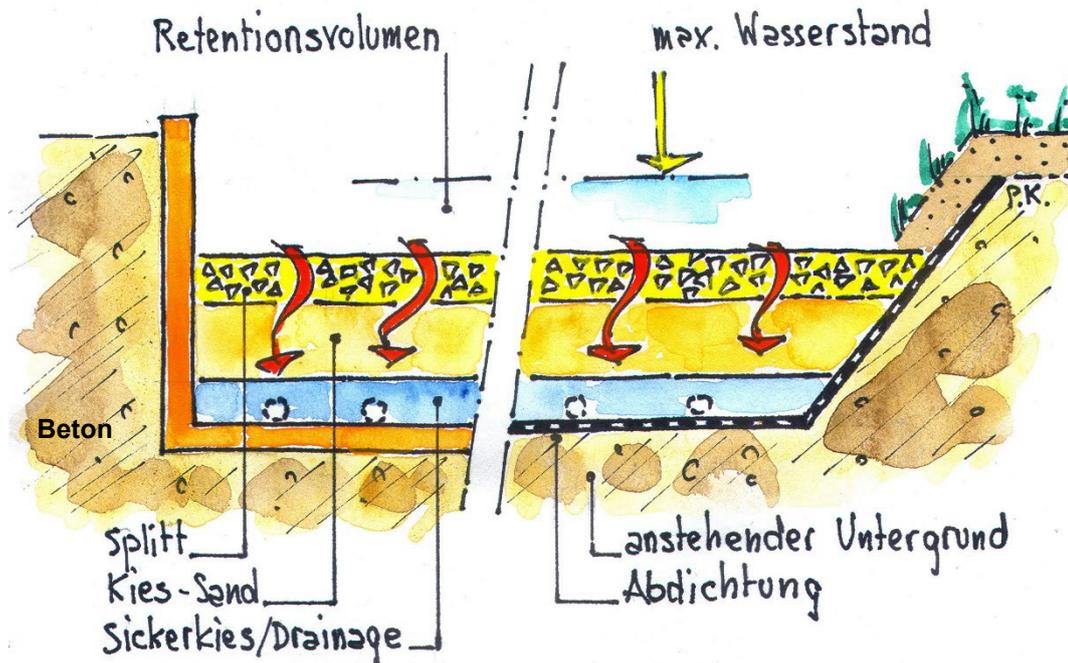


Abb. V.10 Skizze Querschnitt.

V.4.4 Normen, Merkblätter etc.

- SN-640 340a „Strassenentwässerung – Grundlagen“ [28]
- Norm SN-670125a „Filtermaterialien“ [29]
- SN-640 699 „Strassen und Entwässerungssysteme, Schutzmassnahmen für Amphibien“ [27];
- ASTRA-Fachhandbuch [38].

V.5 Technische Filter

V.5.1 Funktions- und Wirkungsweise

- Fremdwasser vor dem Technischen Filter abtrennen. Die Fremdwasserabtrennung ist so einzurichten, dass der Havarierückhalt gewährleistet ist, unabhängig davon, wo sie angeordnet ist.
- Vorbehandlung / Grobabscheider erforderlich.
- Zentrale Behandlung durch technische Filterschichten.
- Filtrierung über Oberflächen- oder Raumfilter.
- Retention vor dem technischen Filter.
- Hydraulische Leistung des technischen Filters via Pumpe oder Drosselschieber auf die gewünschte Filtergeschwindigkeit eingestellt.
- Störfallrückhalt in Vorbehandlung integrieren.
- Separates Schlammstapelbecken.
- Versickerung nach Behandlung in Bodenfilteranlage oder Einleitung in oberirdisches Gewässer.

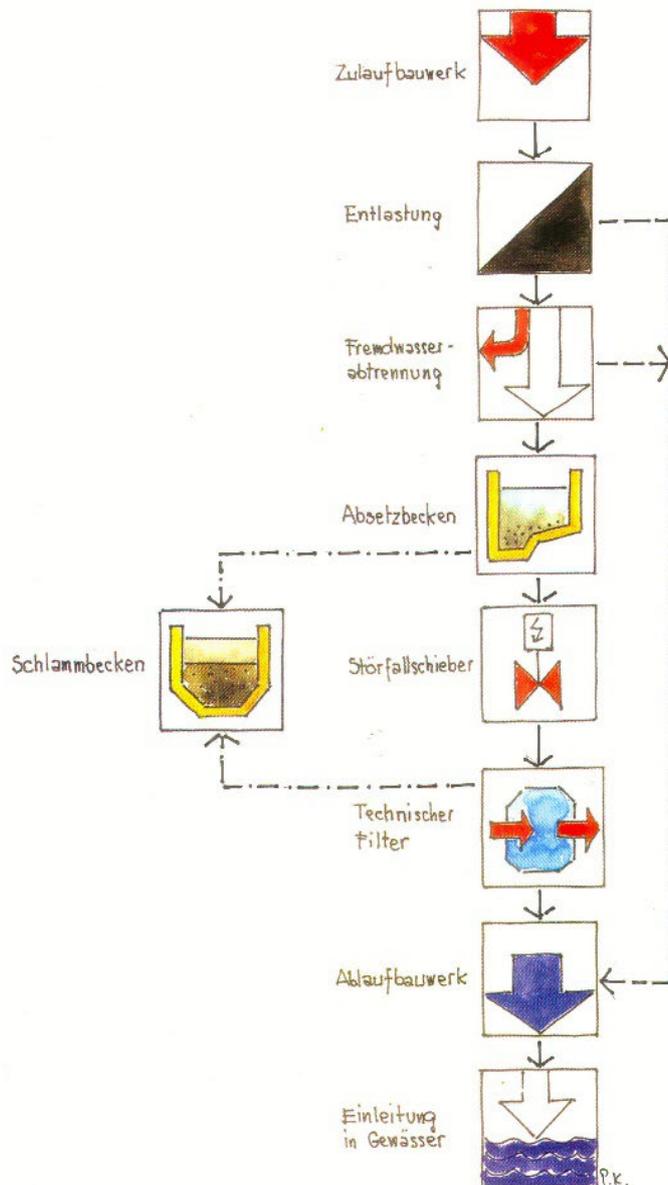


Abb. V.11 Systemskizze.

V.5.2 Dimensionierung

- Festlegen der gewünschten Filterleistung des Technischen Filters.
- Dimensionierung mittels Langzeitsimulation, um den erforderlichen hydraulischen Wirkungsgrad des Technischen Filters und dessen Retentionsbecken nachzuweisen. Bei Kombinationen mit anderen Behandlungsstufen wird zudem der hydraulische Wirkungsgrad der Gesamtanlage berechnet.
- Iterative Ermittlung des Optimums zwischen Filterleistung, Retentionsvolumen und allenfalls weiteren Behandlungsstufen.
- Nachweis hydraulischer Überlastfall: Ab einer Regenintensität grösser $z=1$ → Rückstau bis auf Pannenstreifen möglich oder geeignete Entlastung vorsehen.

V.5.3 Hinweise zur Projektierung

- Auslegung des Technischen Filters so konzipieren, dass mehrere Herstellerfirmen anbieten können.
- Unterhaltsweg zum Technischen Filter, Vorbehandlung und Schlammstapel vorsehen.
- Filter- und Pumpeneinheit modular installieren für einfachen Austausch (externe Wartung).
- Infrastruktur (Elektrizität, Mess- und Regelungstechnik, Fernsteuerung, Überwachung).
- Frostproblematik (bei Becken und Elektromechanik beachten).
- Amphibien-Ausstieg vorsehen.

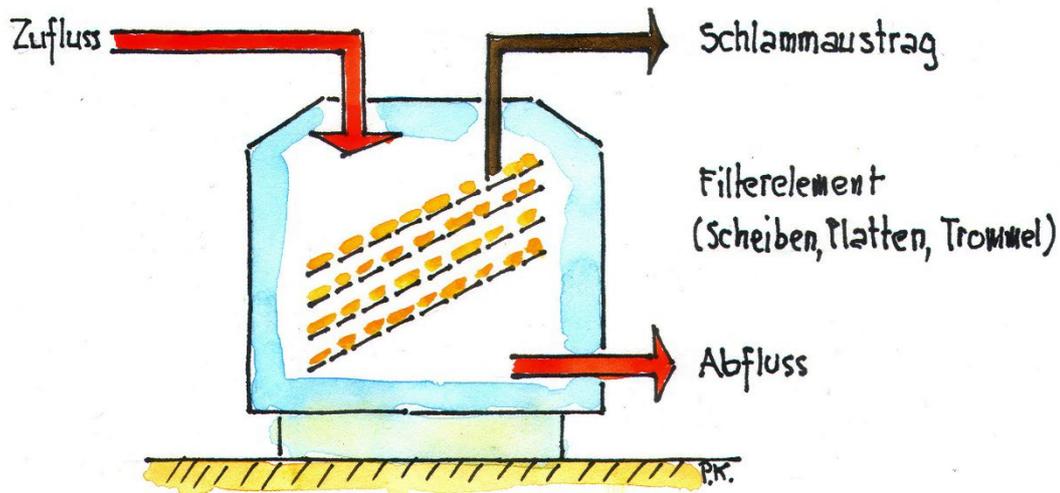


Abb. V.12 Skizze Querschnitt.

V.5.4 Normen, Merkblätter, etc.

- SN-640 340a „Strassenentwässerung – Grundlagen“ [28];
- Abwassertechnische Normen;
- SN-640 699 Strassen und Entwässerungssysteme, Schutzmassnahmen für Amphibien [27];
- SUVA-Richtlinien (Geländer, Absturzsicherung, ...).

V.6.2 Dimensionierung

- Die Oberflächenbelastung bei maximalem Durchfluss durch das Absetzbecken beträgt 10 - 20 m/h (Stand der Technik [18]). Bei einer ungünstigen Geometrie des Beckens reduziert sich die Oberflächenbelastung auf 5-10 m/h.
- Für Absetzbecken im Dauerstau als Hauptbehandlung ist eine separate Retention erforderlich.
- Absetzbecken sind so zu gestalten, dass sie hydraulisch optimal durchströmt werden. Hinweise dazu im Stand der Technik [18].
- Das Absetzbecken wird mittels Langzeitsimulation dimensioniert, um den erforderlichen hydraulischen Wirkungsgrad des Absetzbeckens (Entlastungsvolumen) und dessen zusätzliches Retentionsvolumen nachzuweisen. Bei Kombinationen mit andern Behandlungsstufen wird zudem der hydraulische Wirkungsgrad der Gesamtanlage berechnet.
- Nachweis hydraulischer Überlastfall: Ab einer Regenintensität grösser $z=1$ → Rückstau bis auf Pannenstreifen möglich oder geeignete Entlastung vorsehen.
- Alternative: Bewirtschaftete Absetzbecken mit Retention sind hydraulisch betrachtet schwieriger zu gestalten, da sich der Wasserstand ändert.

V.6.3 Hinweise zur Projektierung

- Unterhaltungsweg zum Absetzbecken.
- Durchfluss auf Dimensionierungsmenge drosseln. Bei zu grossem Abfluss muss entlastet werden, sonst wird das abgesetzte Material ausgespült.
- Bei bewirtschafteten Becken ist der Zeitpunkt des Leerpumpens der Retention so zu berechnen, dass eine maximale Absetzzeit resultiert. Becken nach Abflussereignis zeitverzögert (+ ca. 12 h) entleeren durch gesteuerten Drosselabfluss oder mit Pumpe.
- Bewirtschaftete Becken benötigen Infrastruktur (Elektrizität, Mess- und Regelungstechnik, Fernsteuerung, Überwachung).
- Frostproblematik (bei Becken und Elektromechanik beachten).
- Amphibien-Ausstieg und Absturzsicherung vorsehen.

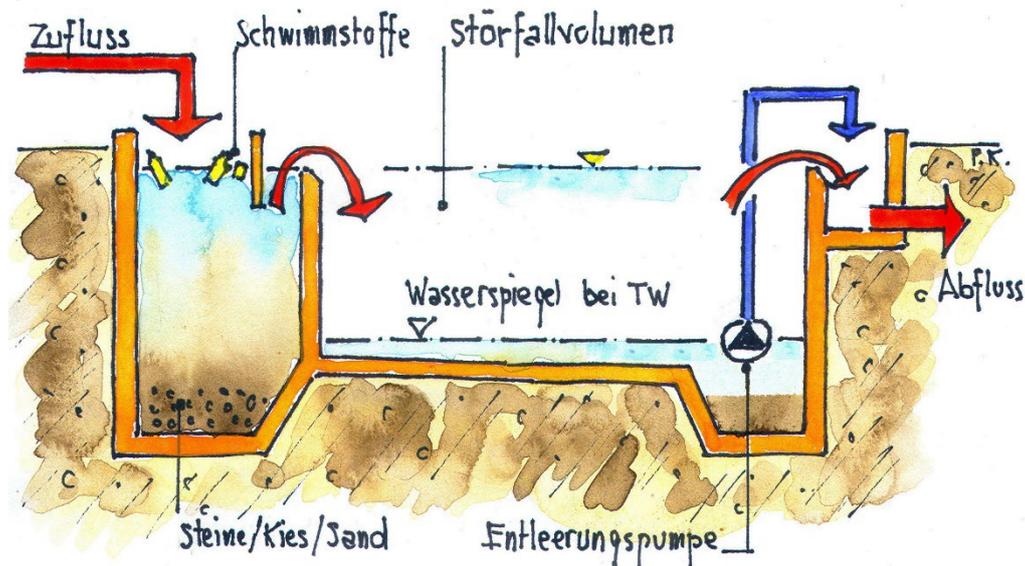


Abb. V.14 Skizze Querschnitt.

V.6.4 Normen, Merkblätter etc.

- SN-640 340a „Strassenentwässerung – Grundlagen“ [28];
- Abwassertechnische Normen;

- SN-640 699 Strassen und Entwässerungssysteme, Schutzmassnahmen für Amphibien [27];
- SUVA-Richtlinien (Geländer, Absturzsicherung, ...).

Glossar

Begriff	Bedeutung
Ablaufbauwerk	Komponente der Strassenabwasserbehandlungsanlage zur Ableitung des behandelten Strassenabwassers zur Versickerung oder Einleitung in ein oberirdisches Gewässer.
<i>Ouvrage de sortie</i>	<i>Élément d'une installation de traitement des eaux de chaussée assurant le déversement des eaux de chaussée traitées en vue de leur infiltration ou de leur déversement dans une eau superficielle.</i>
<i>Opera di scarico</i>	<i>Componente di un impianto di trattamento delle acque di scarico per lo smaltimento delle acque di scarico trattate e successiva immissione in acque superficiali.</i>
Abnahme	Die Abnahme erfolgt bei Bauende. Dabei werden Dimensionen und Aufbau kontrolliert. Im Werkvertrag ist abweichend von SIA 118 zu vereinbaren, dass die Garantie- und Verjährungsfristen erst dann zu laufen beginnen, wenn die Leistungsnachweise im Rahmen der Schlussprüfung erbracht sind und eine entsprechende „betriebliche Abnahme“ erfolgt ist inklusiv Funktionskontrolle.
<i>Réception</i>	<i>La réception à lieu à la fin d'un chantier de construction. A cette occasion les dimensions et la réalisation sont contrôlées. On conviendra dans le contrat contrairement à la norme SIA 118, que les garanties et les délais de prescription débutent seulement lorsque les preuves d'efficacité sont apportées dans le cadre des examens finaux et qu'une reprise d'exploitation correspondante a été réalisée y compris un contrôle de fonctionnement.</i>
<i>Collaudo</i>	<i>Il collaudo avviene al termine dei lavori di costruzione. Si controllano le dimensioni e le strutture. Nel contratto d'opera, in deroga alla norma SIA 118, è necessario stabilire che i termini di garanzia e di prescrizione decorrano solo dal momento di rilascio dei certificati di prestazione nell'ambito della verifica finale e a partire dal corrispondente "collaudo operativo", comprensivo di controllo funzionale.</i>
Absetzbecken	Komponente der Anlage zur Abtrennung von Partikeln durch Sedimentation/ Absetzung.
<i>Bassin de décantation/sédimentation</i>	<i>Composant d'une installation pour une séparation des particules par décantation.</i>
<i>Bacino di sedimentazione</i>	<i>Componente dell'impianto per la separazione del particolato tramite sedimentazione/decantazione.</i>
Adsorbermaterial	Material mit grosser spezifischer Oberfläche, an welches sich im Abwasser vorhandene Partikel sowie gelöste Schwermetalle anlagern.
<i>Matériau absorbant</i>	<i>Matériau possédant une grande surface spécifique à laquelle se fixent des particules présentes dans les eaux usées ainsi que des métaux lourds solubles.</i>
<i>Materiale assorbente</i>	<i>Materiale con grande superficie specifica, in cui si accumulano le particelle esistenti e i metalli pesanti disciolti nelle acque di scarico.</i>
ANetz	Automatisches Messnetz des Bundesamtes für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz für die Erhebung meteorologischer Daten inklusive Regendaten. <i>Réseau de mesures automatiques de l'Office fédéral de météorologie et climatologie MeteoSuisse pour le relevé des données météorologiques y compris les données pluviales.</i> <i>Rete automatica di monitoraggio dell'Ufficio Federale di Meteorologia e Climatologia MeteoSchweiz per la raccolta dei dati meteorologici, inclusi i dati relativi alla pioggia.</i>
Anforderungsstufe	Abstufung der Anforderungen an die Reinigungsleistung von SABA.
<i>Niveau d'exigence</i>	<i>Niveau fixé pour le rendement/efficacité d'épuration des SETEC.</i>
<i>Livello di prestazione</i>	<i>Livello per le prestazioni di depurazione del SABA.</i>
AP	Ausführungsprojekt
PD	Projet définitif
AP	Progetto esecutivo
Bankett	Streifen neben der Fahrbahn (bzw. Übergang zwischen Fahrbahn und Tunnelwand), der als Übergang zum Gelände dient (i. d. R. min. 50 cm breit).
<i>Accotement</i>	<i>Bande située à côté de la chaussée (respectivement banquette entre la chaussée et la paroi d'un tunnel), qui sert de transition vers le terrain (dans la règle min. 50 cm de largeur).</i>
<i>Banchina</i>	<i>Strisce lungo la carreggiata (oppure passaggio tra la carreggiata e la parete della galleria), che dividono la carreggiata dal terreno circostante (in genere, larghezza minima 50 cm.).</i>
Behandlung, Abwasserbehandlung	Die Behandlung dient der Reduktion von unerwünschten Abwasserinhaltsstoffen. Die Behandlung kann sich aus mehreren Komponenten zusammensetzen.
<i>Traitement, traitement des eaux usées</i>	<i>Le traitement sert réduire la charge polluante indésirable. Le traitement peut comprendre plusieurs étapes.</i>
<i>Trattamento, Trattamento delle acque di scarico</i>	<i>Il trattamento serve a ridurre le sostanze indesiderate presenti nelle acque di scarico. Può essere costituito da diverse fasi.</i>

Belastung von Strassenabwasser	Die chemische und physikalische Veränderung des von einem Verkehrsweg abfliessenden Wassers wird gemäss BAFU-Wegleitung in Belastungspunkten (BP) gemessen.
<i>Charge polluante des eaux de chaussée</i>	<i>La transformation chimique et physique de l'eau ruisselant d'une voie de communication est mesurée par des points de pollution selon l'instruction de l'OFEV (PE).</i>
<i>Carico delle acque di scarico</i>	<i>Le modifiche chimiche e fisiche subite dalle acque scaricate da una via di comunicazione sono quantificate secondo le linee guida UFAM in punti di carico (BP).</i>
Betriebs- und Unterhaltskosten	Jährliche Ausgaben während der Betrachtungsperiode, welche dem Betreiber durch den bestimmungsgemässen Gebrauch eines Projekts entstehen. Dazu gehören die Ausgaben für die Ver- und Entsorgung, die Reinigung und Pflege, die Bedienung der technischen Anlagen, den laufenden Unterhalt (Wartung, Instandhaltung), die Kontroll- und Sicherheitsdienste und die Abgaben und Beiträge (inkl. Versicherungsbeiträge, inklusive der Rückstellungen für die Entsorgung am Ende der Nutzung).
<i>Coûts d'exploitation et d'entretien</i>	<i>Coûts annuels qui résultent, pour l'exploitant, de l'utilisation d'une installation conforme aux prescriptions. En font partie les dépenses pour l'alimentation (par exemple électricité), l'évacuation, l'épuration et l'entretien, le service d'exploitation, l'entretien courant (surveillance, maintien en état), les services de contrôle et de sécurité ainsi que les taxes et les contributions (y compris les assurances et les frais pour la remise en état à la fin de l'utilisation).</i>
<i>Costi di gestione e di manutenzione</i>	<i>Spese annue sostenute dall'operatore durante il periodo di presa visione secondo la destinazione d'uso di un determinato progetto. Comprendono i costi di smaltimento e approvvigionamento, di depurazione, di cura dell'impianto, le fasi di lavorazione delle strutture tecniche, la manutenzione periodica (ottimizzazione, mantenimento), i servizi di controllo e sicurezza e tutte le imposte e i contributi (compresi i premi assicurativi e le disposizioni per lo smaltimento al termine dell'utilizzo).</i>
Boden	Boden ist die oberste Verwitterungsschicht der Erdkruste. Er besteht aus mineralischen Bestandteilen, Humus, Wasser, Luft und Lebewesen. Der gesunde Boden ist klar strukturiert. Die Bodenteilchen sind so angeordnet, dass sich zwischen ihnen ausreichend grosse Zwischenräume – sogenannte Poren – bilden, die Wasser speichern und in denen Luft zirkuliert. Die Poren können bis zu 50 Prozent des Gesamtvolumens ausmachen.
<i>Sol</i>	<i>Couche supérieure meuble de l'écorce terrestre où peuvent pousser les plantes. Elle est composée d'éléments minéraux, d'humus, d'eau, d'air et d'êtres vivants. Le sol sain est structuré clairement. La structure des particules de sol conditionne la répartition de pores qui contiennent de l'eau et dans lesquels de l'air circule. Les pores peuvent représenter jusqu'à 50 pourcent du volume total.</i>
<i>Suolo</i>	<i>Il suolo è lo strato superficiale di erosione della crosta terrestre. È costituito da componenti minerali, humus, acqua, aria e organismi viventi. Un suolo sano è strutturato in modo salubre. Le particelle che lo costituiscono sono disposte in modo tale da lasciare tra loro spazio sufficiente (i cosiddetti pori) in cui si immagazzina l'acqua e nei quali circola l'aria. I pori possono rappresentare fino al 50 per cento del totale. SI veda Fig. IV.1.</i>
Bodenfilter	Filter aus geeignetem Bodenmaterial zur Strassenabwasserreinigung durch Abtrennung partikulärer und gelöster Stoffe.
<i>Filtre en terre</i>	<i>Filtre constitué de matériaux terreux appropriés pour l'épuration des eaux de chaussée par adsorption des substances particulaires et dissoutes.</i>
<i>Filtro con terreno</i>	<i>Filtro realizzato con materiali presi dal terreno, idoneo alla depurazione delle acque di scarico tramite separazione del particolato e delle sostanze disciolte.</i>
Bodenschicht (filtrierende)	Bodenmaterial auf Strassenböschungen oder Grünstreifen, welches die Reinigung des Strassenabwassers bei der Versickerung sicherstellt. Sie ist Teil der Strassenanlage (Versickerung über die Böschung).
<i>Couche de terre (filtrante)</i>	<i>Matériau terreux mis en place sur les talus routiers ou les bas-côtés qui assurent l'épuration des eaux de chaussée lors de l'infiltration. Elle constitue une partie de l'installation (infiltration par les bas-côtés).</i>
<i>Strato di terreno (filtrante)</i>	<i>Materiale presente sulle scarpate delle banchine o delle strisce verdi lungo la carreggiata che garantisce la depurazione delle acque di scarico tramite infiltrazione. Fa parte del sistema stradale (infiltrazione attraverso le scarpate).</i>
Böschung/ Grünstreifen	Gelände entlang einer Strasse. Gehört zur Strassenanlage und kann bei geeigneten Verhältnissen (u. ya. geeigneter Aufbau der filtrierenden Bodenschicht) zur Versickerung des Strassenabwassers verwendet werden.
<i>Talus/bas-côtés</i>	<i>Terrain le long de la route. Appartient à l'installation routière et peut être utilisé, dans des conditions appropriées, (entre autres si une mise en place conforme de la couche de terre filtrante a été effectuée) pour l'infiltration de l'eau de chaussée par les bas-côtés.</i>
<i>Scarpate/strisce verdi</i>	<i>Terrano presente lungo la carreggiata. Appartiene al sistema stradale e, a determinate condizioni (tra cui l'installazione di un terreno filtrante adeguato), può essere utilizzato per l'infiltrazione delle acque di scarico.</i>
DP	Detailprojekt
PD	Projet de détail
DP	Progetto di dettaglio

Einleitung in ein oberirdisches Gewässer	Ort der Übergabe in ein oberirdisches Gewässer von behandeltem Strassenabwasser respektive Entlastungswasser im Überlastfall.
<i>Déversement</i>	<i>Lieu de déversement de l'eau de chaussée traitée, respectivement de l'eau déversée en cas de surcharge de l'installation (surverse) dans une eau superficielle.</i>
<i>Immissione in acque superficiali</i>	<i>Luogo di passaggio in un ricettore superficiale delle acque di scarico trattate o, rispettivamente, delle acque di scarico in caso di sovraccarico.</i>
Einleitverhältnis V	Das Verhältnis vom Abfluss Q_{347} des Gewässers zur maximalen Abflussmenge des Verkehrswegabwassers an einer Einleitstelle.
<i>Condition de déversement V (hydraulique)</i>	<i>Rapport du débit Q_{347} du cours d'eau par rapport au débit maximal d'eau provenant de la voie de communication au lieu de déversement.</i>
<i>Rapporto d'immissione V</i>	<i>Il rapporto di portata Q_{347} delle acque fino alla massima quantità di flusso delle acque di scarico delle vie di comunicazione in un punto d'immissione.</i>
Einzugsgebiet (EZG)	Entwässerte Strassenfläche in m ² oder ha. Zur entwässerten Fläche zugehörig sind Flächen neben der Fahrbahn, welche in dieselbe Entwässerungsleitung gelangen (z. B. steile Böschungen).
<i>Bassin versant</i>	<i>Surface de route dont l'eau pluviale est récoltée en m² ou en ha. Font partie du bassin versant: les surfaces à côté de la voie de circulation dont les eaux arrivent dans le même collecteur (par ex. talus en pente raide).</i>
<i>Bacino imbrifero (EZG)</i>	<i>Superficie stradale in m² o in ha che raccoglie le acque di scarico. Le superfici sono anche quelle aree accanto alla carreggiata che rientrano nella stessa linea di scarico (ad es. pendii ripidi).</i>
EK	Globales Erhaltungskonzept <i>Concept global de maintenance</i> <i>Concetto globale di conservazione</i>
Entwässerungsart	Umfassender Begriff für die gesetzeskonforme Art und Weise der Entwässerung inklusive allfälliger Behandlungsstufen mit Versickerung und/oder Einleitung in oberirdische Gewässer.
<i>Mode de traitement</i>	<i>Terme général désignant un système d'évacuation des eaux conforme à la législation avec une infiltration ou traitement des eaux avant déversement dans une eau superficielle.</i>
<i>Tipo di smaltimento</i>	<i>Termine generale per indicare un tipo o un modo di smaltimento conforme alla legge, comprese tutte le fasi di trattamento con infiltrazione o immissione in acque superficiali.</i>
Entwässerungssystem	Ein Entwässerungssystem besteht aus Versickerung von Strassenabwasser im Untergrund oder der Ableitung von Strassenabwasser in ein oberirdisches Gewässer oder in die öffentliche Kanalisation.
<i>Système d'évacuation</i>	<i>Un système d'évacuation est constitué d'une infiltration des eaux de chaussée dans le sous-sol, et/ou d'un déversement des eaux de chaussée dans une eau superficielle ou dans une canalisation publique.</i>
<i>Sistema di smaltimento</i>	<i>Un sistema di smaltimento consiste nell'infiltrazione delle acque di scarico nel sottosuolo o nell'immissione delle stesse in un bacino superficiale o nella fognatura pubblica.</i>
Erfasstes Strassenabwasser	Strassenabwasser, welches der SABA (Behandlung oder Versickerung) zugeführt wird.
<i>Eaux de chaussée cap-tée</i>	<i>Eaux de chaussée qui sont dirigées vers le SETEC (traitement ou infiltration).</i>
<i>Acque di scarico raccolte</i>	<i>Acque di scarico raccolte in un SABA (trattamento o infiltrazione).</i>
Explosions-Zonen (ExZone)	Die Explosions-Zonen werden gemäss SUVA-Merkblatt 2153 festgelegt.
<i>Zones d'explosions (ExZone)</i>	<i>Les zones d'explosions sont définies selon le cahier de la SUVA 2153.</i>
<i>ExZone</i>	<i>Le zone di esplosione sono determinate ai sensi della scheda tecnica SUVA 2153.</i>
Filter	Komponente (meist Bauwerk) zum Rückhalt von Schmutzstoffen (Partikeln und/oder gelösten Stoffen).
<i>Filtre</i>	<i>Composant (souvent ouvrage) pour la retenue de substances polluées (particules et/ou matières dissoutes).</i>
<i>Filtro</i>	<i>Componente (per lo più opera) idonea a trattenere le sostanze inquinanti (particolati ed elementi disciolti).</i>
Filtermaterial	Material mit geeigneter Zusammensetzung zur Filtration (Adsorption etc.) von Strassenabwasser.
<i>Matériel/matériau filtrant</i>	<i>Matériel/matériau possédant une composition appropriée pour la filtration (absorption, etc.) des eaux de chaussée.</i>
<i>Materiale filtrante</i>	<i>Materiale con composizione idonea alla filtrazione (assorbimento, ecc.) delle acque di scarico.</i>
(Jahres-) Fracht	Menge eines Stoffes, welche pro Zeiteinheit im Strassenabwasser abgeschwemmt wird, z. B. die Jahresfracht in [kg/Jahr].
<i>Quantité (annuelle)</i>	

Carico (annuo)	<i>Quantité de matière qui, par unité de temps, est entraînée dans les eaux de chaussée (par ex. la quantité annuelle en [kg/an]).</i> <i>Quantità di una sostanza lavata via dalle acque di scarico per unità di tempo, ad es. carico annuo in [kg/anni].</i>
Gesamte Ungelöste Stoffe (GUS)	Gesamte Ungelöste Stoffe aus einer filtrierten Probe. Dies entspricht der Gesamtheit an festen Stoffen (Partikel) in einer Wasserprobe, welche einen Durchmesser von 0.45 Mikrometer übersteigen.
<i>Matières en suspension (MES)</i>	<i>Matières en suspension issues d'un échantillon filtré. Correspond à la totalité des matières solides (particules) dans un échantillon d'eau qui dépassent un diamètre de 0,45 micron.</i>
<i>Sostanze totali non disciolte (SS) (GUS)</i>	<i>Totale delle sostanze non disciolte in un campione d'acqua filtrata. Corrisponde al totale delle sostanze solide (particolato) presenti in un campione d'acqua con un diametro di 0.45 micrometri. (GUS)</i>
Gewässerschutzbereich A_u und A_o	Gebiet, mit nutzbaren unterirdischen Gewässern sowie zu deren Schutz notwendigen Randgebieten (A_u). Oberirdische Gewässer mit deren Uferbereichen, soweit dies zur Gewährleistung einer besonderen Nutzung (i. d. R. Trinkwassergewinnung) erforderlich ist (A_o).
<i>Secteur de protection des eaux A_u et A_o</i>	<i>Le secteur A_u de protection des eaux comprend les eaux souterraines exploitables ainsi que les zones attenantes nécessaires à leur protection. Le secteur A_o comprend les eaux de surface particulièrement menacées et leurs zones riveraines et dont l'usage peut être réservé à l'alimentation en eau potable.</i>
<i>Area di protezione delle acque A_u e A_o</i>	<i>Zone dotata di acque sotterranee utilizzabili, le cui aree circostanti devono essere sottoposte a tutela (A_u). Bacini superficiali e relative sponde (A_o), nella misura in cui è necessario garantire un uso specifico (di solito per approvvigionamento acqua potabile).</i>
Grobabscheider	Sonderbauwerk im Entwässerungssystem, welches zur Absetzung oder Abscheidung von im Abwasser mitgeführten Grobstoffen dient.
<i>Séparateur grossier</i>	<i>Ouvrage spécial dans le système d'évacuation des eaux qui sert à la décantation ou à la séparation des matières grossières amenées par l'eau.</i>
<i>Separazione grossolana</i>	<i>Struttura speciale nel sistema di smaltimento utilizzata per la rimozione o la deposizione dei materiali grossolani trascinati nelle acque di scarico.</i>
GUS-Gesamtwirkungsgrad	Verhältnis der durch die SABA zurückgehaltenen Menge GUS zur im Entwässerungssystem gesamthaft erfassten Menge GUS.
<i>Degré d'efficacité global MES</i>	<i>Rapport entre la quantité retenue de MES dans l'ensemble du système et la quantité totale de MES dans le système d'évacuation des eaux.</i>
<i>SS - Rendimento complessivo</i>	<i>Rapporto tra la quantità di SS trattenute dal SABA e la quantità complessiva di SS rilevate in un impianto di smaltimento.</i>
GUS-Wirkungsgrad der SABA	Wirkungsgrad der SABA bezüglich GUS-Rückhalt, d. h. Menge GUS, welche in der SABA effektiv zurückgehalten wird im Vergleich zur in die SABA eingeleiteten Menge GUS.
<i>Degré d'efficacité MES du SETEC</i>	<i>Rapport entre la quantité retenue de MES dans le SETEC et la quantité totale de MES qui y parvient.</i>
<i>SS - Rendimento SABA</i>	<i>Grado di efficacia del SABA in merito al trattenimento delle SS, ad es. Quantità di SS effettivamente trattenute in rapporto alla quantità complessiva di SS introdotte nel SABA.</i>
Havariebecken Stapelbecken	Anlageteil zum Rückhalt von Wasser gefährdenden Flüssigkeiten und Stoffen im Normalbetrieb.
<i>Bassin d'avarie</i>	<i>Élément d'installation à retenir des fluides et des substances pouvant polluer les eaux dans le cas de l'exploitation normale.</i>
<i>Bacino di avaria</i>	<i>Parte dell'impianto che, in regime di funzionamento normale, è destinata al trattenimento dei liquidi e delle sostanze che possono inquinare l'acqua.</i>
Horizont A	Obenliegende Bodenschicht, welche sich durch einen hohen Anteil an organischem Material auszeichnet, das gut mit den mineralischen Komponenten vermischt ist. Die Schicht ist durch die biologische Aktivität gut durchmischt und ist stark durchwurzelt.
<i>Horizon A</i>	<i>Couche de terre située en surface caractérisée par une part élevée de matériel organique bien mélangée avec les composants minéraux. La couche est bien mélangée et fortement aérée par l'activité biologique.</i>
<i>Orizzonte A</i>	<i>Strato di suolo superficiale caratterizzato da un'alta percentuale di materiale organico ben miscelato con i componenti minerali. Grazie all'attività biologica, lo strato è ben miscelato e molto radicato.</i>
Horizont B	Unter Horizont A liegende Bodenschicht, welche durch die Verwitterung der mineralischen Bestandteile des Muttergesteines entsteht (Lehm, Oxide etc.). Seine Struktur wird durch diese mineralischen Komponenten bestimmt.
<i>Horizon B</i>	<i>Couche de terre située sous l'horizon A qui se forme par l'altération des composants (limon, oxyde, etc.). Sa structure est déterminée par ses composants minéraux.</i>
<i>Orizzonte B</i>	<i>Strato di suolo sottostante all'orizzonte A composto dagli elementi minerali provenienti dalla degradazione meteorica della roccia madre (limo, ossidi, ecc.). La sua struttura è determinata da questi componenti minerali.</i>
Hydraulischer Wirkungsgrad	Verhältnis der behandelten Menge Strassenabwasser (nach Entlastungen) zur gesamthaft erfassten Strassenabwassermenge.

<i>Degré d'efficacité hydraulique</i>	<i>Rapport entre la quantité d'eau de chaussée traitée (après déversement) et la quantité totale de l'eau de chaussée récoltée.</i>
<i>Rendimento idraulico</i>	<i>Rapporto tra la quantità di acque di scarico trattate (dopo lo scarico) e il volume complessivo delle acque reflue raccolte.</i>
<i>Inbetriebnahme</i>	Zeitpunkt, ab dem alle Anlagenteile und Becken der SAB-Anlage vollwertig genutzt werden können.
<i>Mise en service</i>	<i>Moment à partir duquel tous les éléments de l'installation et tous les bassins de l'installation de traitement des eaux peuvent être complètement utilisés.</i>
<i>Messa in funzione</i>	<i>Data a partire dalla quale tutte le parti e i bacini di un impianto SABA possono essere utilizzati in modo pienamente autosufficiente.</i>
<i>Kolmatierung</i>	Ablagerung von Feinstoffen auf einer Oberfläche (z. B. der Gewässersohle oder des Bodenfilters), welche durch zugeführte Feinstoffe erfolgt und zu einer Verstopfung der Porenräume führt. Dies verursacht eine Verminderung der Sickerfähigkeit bis hin zum vollständigen Verstopfen.
<i>Colmatage</i>	<i>Dépôt sur une surface (par ex. sur le lit d'un cours d'eau ou sur un filtre en terre) suite à une amenée de matières fines et qui remplissent les pores. Provoque une réduction de la capacité d'infiltration jusqu'à une obstruction complète.</i>
<i>Saturazione</i>	<i>Deposito di sostanze fini su una superficie (ad es. Il letto di un fiume o il fondo di un filtro) che, se alimentata in continuo dalle sostanze stesse, porta all'intasamento dei pori filtranti. Ciò causa una riduzione della capacità di filtrazione fino a una completa interruzione del processo.</i>
<i>Mechanischer Filter</i>	Filteranlage zur mechanischen Wasserreinigung durch Abtrennung partikulärer Stoffe.
<i>Filtre mécanique</i>	<i>Installation de filtration pour l'épuration mécanique des eaux par séparation des matières particulaires.</i>
<i>Filtro meccanico</i>	<i>Dispositivo filtrante per la depurazione meccanica dell'acqua tramite separazione dei particolati.</i>
<i>MK, MP</i>	Massnahmenkonzept, Massnahmenprojekt <i>Concept d'intervention, projet d'intervention</i> <i>Concetto d'intervento, progetto d'intervento</i>
<i>Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)</i>	Chemische Stoffgruppe welche aus Kohlenwasserstoffen besteht und insbesondere bei Verbrennungsprozessen entsteht, in Erdölprodukten enthalten ist oder gezielt zur Beeinflussung von Stoffeigenschaften zugemischt wird. PAK sind mehr oder weniger krebserregend.
<i>Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)</i>	<i>Groupe de substances chimiques composées d'hydrocarbures et qui apparaissent notamment lors des processus de combustion. Ils sont contenus dans les produits pétroliers ou ajoutées dans le but d'influencer les caractéristiques des produits. Les HAP sont plus ou moins cancérigènes.</i>
<i>Idrocarburi aromatici policiclici (PAK)</i>	<i>Gruppo di elementi chimici costituito da idrocarburi aventi origine in particolare dai processi di combustione; sono contenuti nei prodotti derivati dal petrolio oppure vengono aggiunti in modo mirato per influenzare le proprietà dei tessuti. I PAK sono cancerogeni in misura maggiore o minore.</i>
<i>Reinigungsleistung</i>	Die Reinigungsleistung entspricht dem Gesamtwirkungsgrad einer Behandlung.
<i>Efficacité d'épuration</i>	<i>L'efficacité d'épuration correspond au degré d'efficacité global d'un traitement.</i>
<i>Rendimento della depurazione</i>	<i>Il grado di efficacia di depurazione corrisponde al grado di efficienza complessivo di un trattamento.</i>
<i>Retentionsbecken</i>	Becken, in dem das Strassenabwasser gespeichert, verzögert und gedrosselt abgeleitet wird. Es ist in der Regel mit einer Absperrmöglichkeit ausgerüstet.
<i>Bassins de rétention</i>	<i>Bassins, dans lesquels l'eau de chaussée est accumulée et dont l'écoulement est ralenti et dosé. Il est, dans la règle, équipé d'une possibilité de fermeture.</i>
<i>Bacino di ritenzione</i>	<i>Bacino in cui le acque di scarico vengono raccolte, rallentate e grossolanamente. È generalmente dotato di un dispositivo di blocco.</i>
<i>Robustheit</i>	Fähigkeit eines Entwässerungselements, Schädigungen oder die Auswirkungen eines Versagens auf Ausmasse zu begrenzen, die in einem vertretbaren Verhältnis zur Ursache stehen.
<i>Robustesse</i>	<i>Capacité d'un système d'évacuation des eaux de maintenir une stabilité malgré des conditions externes changeants.</i>
<i>Robustezza</i>	<i>Capacità di un elemento di drenaggio di limitare i danni o gli effetti negativi di un blocco in proporzione ragionevole rispetto alle cause dello stesso.</i>
<i>SABA</i>	Strassenabwasserbehandlungsanlage ist eine Einzelbehandlungsanlage, die meistens aus mehreren technischen Komponenten besteht.
<i>SETEC</i>	<i>Système d'évacuation et de traitement des eaux de chaussées, soit une installation de traitement unique constituée en général de plusieurs composants techniques.</i>
<i>SABA</i>	<i>Impianto di trattamento delle acque reflue stradali, inteso come struttura singola composta per lo più di vari elementi tecnici.</i>
<i>Sandfilter bewachsen</i>	Filteranlage zur mechanisch-biologischen Strassenabwasserreinigung durch Abtrennung von partikulärem und biologischem Abbau gelöster Stoffe.

<i>Filtre en sable végétalisé</i>	<i>Filtre destiné à l'épuration mécano biologique des eaux de chaussée par séparation particulaire et dégradation biologique des matières dissoutes.</i>
<i>Filtro a sabbia coperto di vegetazione</i>	<i>Filtro per la depurazione meccanico-biologica delle acque di scarico tramite separazione dei particolati ed eliminazione biologica delle sostanze disciolte.</i>
Schlammbehandlung	Komponente des Bauwerks zur Behandlung des anfallenden Schlamms.
<i>Traitement des boues</i>	<i>Élément de l'ouvrage destiné au traitement des boues accumulées.</i>
<i>Separatore fanghi</i>	<i>Componente della struttura destinata al trattamento dei fanghi accumulati.</i>
Schmutzfracht	Im Abwasser enthaltene Schadstoffmenge pro Zeiteinheit, z. B. in g/s oder kg/a.
<i>Charge polluante</i>	<i>Quantité de substances polluantes contenues dans l'eau usée par unité de temps, par ex. en gr/sec ou kg/an.</i>
<i>Carico di inquinanti</i>	<i>Sostanze inquinanti contenute nelle acque di scarico per unità di tempo, ad es. in g/s o kg/a.</i>
Sickerleistung	Abwassermenge, die pro Zeiteinheit und m ² Filterfläche versickert werden kann; in l/min m ² oder m ³ /s m ² .
<i>Capacité d'infiltration</i>	<i>Quantité d'eau qui peut être infiltrée par unité de temps et m² de surface ; en l/min m² ou m³/s m².</i>
<i>Capacità drenante</i>	<i>Quantità d'acqua che, per unità di tempo e m² di superficie filtrante, può essere filtrata; in l/min m² oppure m³/s m².</i>
Splitt/Kiesfilter	Anlageteil zur Abfiltrierung von Feinstoffen über einen Filterkuchen gebettet auf einer Splittschicht.
<i>Filtre en splitt (gravillon)/gravier</i>	<i>Partie d'installation pour la filtration des matières fines sur une couche de limons située sur une couche de splitt.</i>
<i>Filtro a ghiaia / pietrisco</i>	<i>Parte dell'impianto per la filtrazione degli elementi fini tramite un rivestimento del filtro circondato da uno strato di ghiaia.</i>
Stand der Technik	Definition der allgemeingebrauchlichen technischen Standards zu einem gegebenen Zeitpunkt.
<i>État de la technique</i>	<i>Définit le standard technique généralement utilisé à un moment donné.</i>
<i>Stato della tecnica</i>	<i>Definizione delle norme tecniche comunemente utilizzate in un determinato momento.</i>
Stapelvolumen	Wassermenge, welche innerhalb eines definierten Anlagenteils gespeichert werden kann, in m ³ oder l.
<i>Volume de rétention</i>	<i>Quantité d'eau qui peut être accumulée dans une partie définie de l'installation, en m³ ou l.</i>
<i>Volume di raccolta</i>	<i>Quantità d'acqua che può essere raccolta all'interno di uno specifico impianto, in m³ o in l.</i>
Störfallvolumen	Bezeichnung für das massgebende Rückhaltevolumen für Wasser gefährdende Flüssigkeiten in störfallrelevanter Menge gemäss StFV bei Verkehrsunfällen. Für den Rückhalt solcher Stoffe ist ein minimales Volumen von 30m ³ bereit zu stellen.
<i>Volume en cas d'accident majeur</i>	<i>Désignation du volume de rétention déterminant pour les liquides pouvant polluer les eaux en quantité importante en cas d'accident majeur selon OPAM. Un volume minimal de 30 m³ sera prévu pour retenir ces liquides.</i>
<i>Volume in caso d'incidente</i>	<i>Designazione del volume di raccolta dei liquidi pregiudicanti per le acque fuoriusciti dopo incidenti di portata rilevante, ai sensi della OPIR. Per la raccolta di tali liquidi è necessario disporre di un volume minimo di 30m³.</i>
Strassenabwasser	Niederschlagswasser, das auf einem Strassenabschnitt anfällt und abfliesst.
<i>Eau de chaussée</i>	<i>Eau de pluie qui tombe et s'écoule sur un tronçon de route.</i>
<i>Acqua di scarico della strada</i>	<i>Acqua piovana che si accumula e defluisce da un tratto stradale.</i>
Strassenabwasserbehandlung (SAB)	Massnahmen zur Reinigung des Strassenabwassers zwecks gesetzekonformer Versickerung oder Einleitung in ein Gewässer.
<i>Traitement des eaux de chaussée (TEC)</i>	<i>Mesures d'épuration de l'eau de chaussée avant une infiltration ou un déversement dans une eau superficielle conformes à la législation.</i>
<i>Trattamento acque di scarico (SAB)</i>	<i>Insieme delle misure per la depurazione delle acque di scarico, allo scopo di filtrarle o immetterle in un bacino superficiale secondo le disposizioni di legge.</i>
Überlauf (Entlastung)	Erfasstes Strassenabwasser bei einem stärkeren Regenereignis, welches nicht in der SABA behandelt wird, sondern direkt und ohne Behandlung in ein oberirdisches Gewässer eingeleitet (entlastet) wird.
<i>Déversoir</i>	<i>Eaux de chaussée récoltées lors d'un épisode de fortes pluies qui ne sont pas traitées dans le SETEC mais déversées directement et sans traitement dans une eau superficielle.</i>
<i>Troppo pieno (scarico)</i>	<i>Acque di scarico raccolte in caso di forte evento piovoso che non vengono trattate in un SABA ma che sono direttamente immesse (scaricate) in acque superficiali senza subire alcun trattamento.</i>
UPLaNS	Organisatorische Massnahme zur systematischen Unterhalts- und Erneuerungsplanung des Nationalstrassennetzes.

	<p>Mesure organisationnelle pour un entretien et une rénovation systématique du réseau des routes nationales.</p> <p>Pianificazione della manutenzione delle Strade Nazionali.</p>
<p>Versickerung Infiltration</p> <p>Infiltrazione</p>	<p>Passage von Wasser über eine bewachsene Bodenschicht ins Grundwasser.</p> <p>Passage vertical de l'eau dans les eaux souterraines à travers une couche de terre végétalisée ou un filtre.</p> <p>Passaggio dell'acqua nelle falde attraverso uno strato di suolo coperto di vegetazione.</p>
<p>Versickerungsfläche Surface d'infiltration</p> <p>Superficie d'infiltrazione</p>	<p>Fläche, über die das Strassenabwasser in den Untergrund versickert in m².</p> <p>Surface au travers de laquelle l'eau de chaussée s'infiltré dans le sous-sol.</p> <p>Superficie attraverso la quale le acque di scarico s'infiltrano, in m².</p>
<p>Versickerungsleistung Capacité d'infiltration</p> <p>Capacità d'infiltrazione</p>	<p>Wassermenge, die in einer definierten Zeiteinheit in den Untergrund versickert; in l/min oder m³/s pro m².</p> <p>Quantité d'eau qui s'infiltré dans le sous-sol dans une unité de temps définie; en l/min ou m³/s.</p> <p>Quantità d'acqua che, in un lasso di tempo ben definito, s'infiltra nel sottosuolo; in l/min oppure m³/s per m².</p>
V _G , V _{Gmax}	<p>Das Verhältnis zwischen Abfluss der Einleitung und Abfluss des Gewässers (gemäss BUWAL-Wegleitung).</p> <p>Rapport entre le débit d'arrivée et le débit du cours d'eau (selon l'Instruction de l'OFEV).</p> <p>Rapporto tra il flusso di entrata e il flusso di uscita delle acque di scarico (ai sensi delle linee guida UFAPP).</p>
<p>Vor-Entlastung Déversement préalable, surverse</p> <p>Pre-scarico</p>	<p>Abtrennung eines Abwasserteilstroms vor Erreichen einer SABA.</p> <p>Séparation d'une partie des eaux de chaussée avant le SETEC.</p> <p>Separazione di un flusso delle acque di scarico prima di raggiungere un SABA.</p>
<p>Wirtschaftlichkeit Rentabilité</p> <p>Economicità</p>	<p>Massvoller Einsatz finanzieller Mittel und natürlicher Ressourcen, bezogen auf die gesamte Dauer der Projektierung, Ausführung und Nutzung.</p> <p>Engagement mesuré de moyens financiers et de ressources naturelles en rapport avec la durée totale de la planification, réalisation et utilisation.</p> <p>Utilizzo ponderato di mezzi finanziari e di risorse naturali secondo la durata complessiva della progettazione, dell'esecuzione e dell'utilizzo.</p>

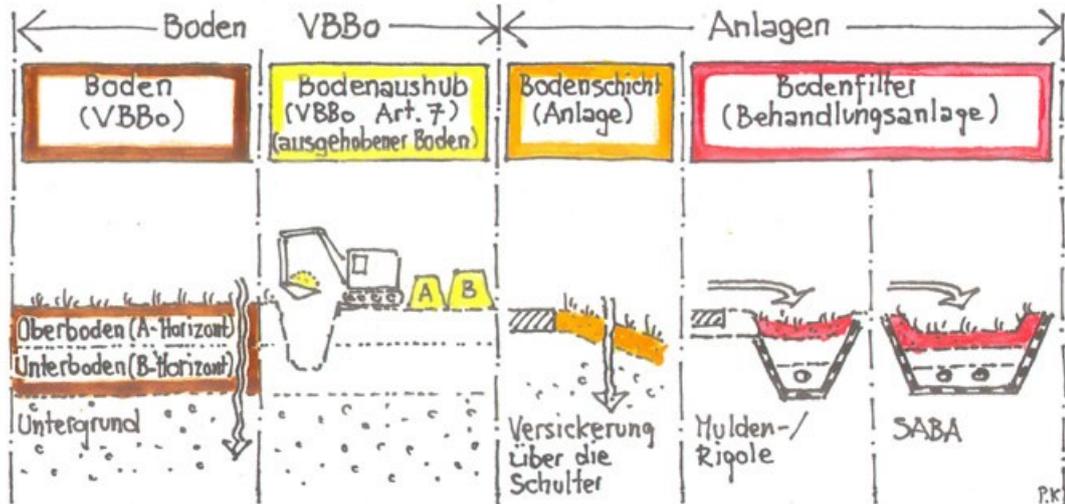


Abb. 7.15 Definition von Boden, Bodenfilter und Anlagen.

Literaturverzeichnis

Bundesgesetze

-
- [1] Schweizerische Eidgenossenschaft (1966), „**Bundesgesetz vom 1. Juli 1966 über den Natur- und Heimatschutz (NHG)**“, SR 451, www.admin.ch.
-
- [2] Schweizerische Eidgenossenschaft (1991), „**Bundesgesetz vom 4. Oktober 1991 über den Wald (Waldgesetz, WaG)**“, SR 921.0, www.admin.ch.
-
- [3] Schweizerische Eidgenossenschaft (1999), „**Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft vom 18. April 1999**“, SR 101, www.admin.ch.
-
- [4] Schweizerische Eidgenossenschaft (1960), „**Bundesgesetz vom 8. März 1960 über die Nationalstrassen (NSG)**“, SR 725.11, www.admin.ch.
-
- [5] Schweizerische Eidgenossenschaft (1983), „**Bundesgesetz vom 7. Oktober 1983 über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz, USG)**“, SR 814.01, www.admin.ch.
-
- [6] Schweizerische Eidgenossenschaft (1991), „**Bundesgesetz vom 24. Januar 1991 über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GSchG)**“, SR 814.20, www.admin.ch.
-
- [7] Schweizerische Eidgenossenschaft (1979), „**Bundesgesetz vom 22. Juni 1979 über die Raumplanung (Raumplanungsgesetz, RPG)**“, SR 700, www.admin.ch.
-

Verordnungen

-
- [8] Schweizerische Eidgenossenschaft (2007), „**Nationalstrassenverordnung vom 7. November 2007 (NSV)**“, SR 725.111, www.admin.ch.
-
- [9] Schweizerische Eidgenossenschaft (1998), „**Verordnung vom 1. Juli 1998 über Belastungen des Bodens (VBBo)**“, SR 814.12, www.admin.ch.
-
- [10] Schweizerische Eidgenossenschaft (1991), „**Verordnung vom 27. Februar 1991 über den Schutz vor Störfällen (Störfallverordnung, StfV)**“, SR 814.012, www.admin.ch.
-
- [11] Schweizerische Eidgenossenschaft (2005), „**Verordnung vom 22. Juni 2005 über den Verkehr mit Abfällen (VeVA)**“, SR 814.610, www.admin.ch.
-
- [12] Schweizerische Eidgenossenschaft (2015), „**Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen vom 4. Dezember 2015 (VVEA)**“, SR 814.600, www.admin.ch.
-
- [13] Schweizerische Eidgenossenschaft (1998), „**Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (GSchV)**“, SR 814.201, www.admin.ch.
-
- [14] Schweizerische Eidgenossenschaft (2005), „**Verordnung des UVEK vom 18. Oktober 2005 über Listen zum Verkehr mit Abfällen**“, SR 814.610.1, www.admin.ch.
-
- [15] Schweizerische Eidgenossenschaft (2000), „**Raumplanungsverordnung vom 28. Juni 2000 (RPV)**“, SR 700.1, www.admin.ch.
-
- [16] Schweizerische Eidgenossenschaft (1998), „**Verordnung vom 26. August 1998 über die Sanierung von belasteten Standorten (Altlasten-Verordnung, AltIV)**“, SR 814.680, www.admin.ch.
-

Bundesbeschlüsse

-
- [17] Schweizerische Eidgenossenschaft (1992), „**Bundesratsbeschluss Sachplan Fruchtfolgeflächen: Festsetzung des Mindestumfanges der Fruchtfolgeflächen und deren Aufteilung auf die Kantone**“, www.bafu.admin.ch.
-

Weisungen und Richtlinien des ASTRA

-
- [18] Bundesamt für Strassen ASTRA (2021), „**Strassenabwasserbehandlung: Stand der Technik**“, Dokumentation ASTRA 88002, V2.00, www.astra.admin.ch.
-
- [19] Bundesamt für Strassen ASTRA (2012), „**Verfahren bei archäologischen und paläontologischen Bodenfunden im Nationalstrassenbau**“, Weisung ASTRA 7A020, V1.01, www.astra.admin.ch.
-
- [20] Bundesamt für Strassen ASTRA (2008), „**Sicherheitsmassnahmen gemäss Störfallverordnung bei Nationalstrassen**“, Richtlinie ASTRA 19001, V2.00, www.astra.admin.ch.
-
- [21] Bundesamt für Strassen ASTRA (2012), „**Umsetzung der Störfallverordnung auf den Nationalstrassen**“, Richtlinie 19002, V1.00, www.astra.admin.ch.
-
- [22] Bundesamt für Strassen ASTRA (2011), „**Operative Sicherheit Betrieb**“, Richtlinie 16050, V1.02, www.astra.admin.ch.
-

Normen

- [23] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2003), „**Strassenentwässerung; Abfluss**“, 40 353, www.vss.ch.
- [24] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2003), „**Strassenentwässerung; Ablauf, Strassenablauf**“, 40 356, www.vss.ch.
- [25] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2009), „**Strassenentwässerung; Belastung des Strassenabwassers**“, 40 347, www.vss.ch.
- [26] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2001), „**Oberflächenentwässerung; Regenintensitäten**“, 40 350, www.vss.ch.
- [27] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2010), „**Strassen und Entwässerungssysteme; Schutzmassnahmen für Amphibien**“, 40699.
- [28] Schweizerische Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2003), „**Strassenentwässerung; Grundlagen**“, 40 340A, www.vss.ch.
- [29] Schweizerische Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (1983), „**Filtermaterialien; Qualitätsvorschriften**“, 70 125A, www.vss.ch.
- [30] Schweizerische Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2010), „**Strassenentwässerung; Entwässerung über das Bankett**“, 40 354, www.vss.ch.
- [31] Schweizerische Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (1983), „**Drainage; Projektierung**“, 40 355, www.vss.ch.
- [32] Schweizerische Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2003), „**Strassenentwässerung; Bemessung der Leitung**“, 40 357, www.vss.ch.
- [33] Schweizerische Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (1985), „**Strassenentwässerung; Rohrleitungen und Drainagen, Ausführungsvorschriften**“, 40360, www.vss.ch.
- [34] Schweizerische Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2012), „**Strassenentwässerung; Aufsätze und Abdeckungen**“, 40 366, www.vss.ch.
- [35] Schweizerische Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (vorgesehen 2014), „**Strassenentwässerung; Retention und Behandlung**“, 40 361.
- [36] Schweizerische Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (vorgesehen 2013), „**Strassenentwässerung; Unfälle und Havarien**“, 40 364.

Fachhandbuch des ASTRA

- [37] Bundesamt für Strassen ASTRA (2018), „**Betrieb**“, *Fachhandbuch ASTRA, Technische Merkblätter 26010, V1.01*, www.astra.admin.ch.
- [38] Bundesamt für Strassen ASTRA (2013), „**Trassee/Umwelt (FHB T/U)**“, *Fachhandbuch ASTRA 21001*, www.astra.admin.ch.

Dokumentation

- [39] Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute VSA (2019), "Abwasserbewirtschaftung bei Regenwetter", Richtlinie, www.vsa.ch.
- [40] Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute VSA (2007), „**Abwassereinleitungen in Gewässer bei Regenwetter (STORM). Richtlinie für die konzeptuelle Planung von Massnahmen**“, *Richtlinie*, www.vsa.ch.
- [41] M. Gutmann (2010), „**Kosten-/Nutzenbetrachtung von Strassenentwässerungssystemen, Ökobilanzierung**“, *ASTRA & Sennhauser, Werner & Rauch AG*.
- [42] Bundesamt für Umwelt BUWAL (1999), „**Richtlinie für die Verwertung, Behandlung und Ablagerung von Aushub-, Abraum- und Ausbruchmaterial (Aushubrichtlinie)**“, www.bafu.admin.ch.
- [43] Bundesamt für Raumentwicklung ARE (2006), „**Sachplan Fruchtfolgeflächen (FFF) – Vollzugshilfe**“, www.aren.admin.ch.
- [44] Peter Kaufmann aquawet (2009), „**Erhaltungsprojekt Stadt tangente Bern, Hydraulische Berechnung Teil 2**“.
- [45] Bundesamt für Strassen ASTRA (2013), „**Methodik zur Prüfung der Verhältnismässigkeit von Strassenabwasserbehandlungsanlagen**“, *Dokumentation ASTRA 88003, V1.00*, www.astra.admin.ch.
- [46] Bundesamt für Strassen ASTRA & Sennhauser Werner & Rauch AG SWR (in Bearbeitung), „**Verhältnismässigkeit des Aufwands für Strassenabwasserbehandlung, Kriterien und Methode zur Beurteilung**“, *Bericht*.

-
- [47] Bundesamt für Umwelt BAFU (2011), „**Erläuternder Bericht zur Änderung der Gewässerschutzverordnung vom 4. Mai 2011**“, www.bafu.admin.ch.
-
- [48] Bundesamt für Umwelt BUWAL (1998), „**Erläuterungen zur Verordnung vom 1. Juli 1998 über Belastungen des Bodens (VBBo)**“, www.bafu.admin.ch.
-
- [49] Bundesamt für Strassen ASTRA (2013), „**MISTRA SABA Datenerfassungshandbuch**“, *Dokumentation-IT ASTRA 68024, V1.20*, www.astra.admin.ch.
-
- [50] Bundesamt für Strassen ASTRA (2014), „**Versickerung des Strassenabwassers der Nationalstrassen über den Strassenrand**“, *Dokumentation ASTRA 88006, V1.00*, www.astra.admin.ch.
-
- [51] Bundesamt für Strassen ASTRA (2015), „**Versickerungspotential für das Strassenabwasser entlang der Böschungen der Nationalstrassen**“, *Dokumentation ASTRA 88011, V1.20*, www.astra.admin.ch.
-

Auflistung der Änderungen

Ausgabe	Version	Datum	Änderungen
2023	1.31	15.12.2023	Anpassungen an Stand der Technik 2021 Hauptänderungen: Wegfall von Bodenfilter und Adsorber, Absetzbecken neu als Hauptbehandlung bei Anforderung "erleichtert"
2013	1.30	18.12.2015	Sprachliche Anpassungen. Abb. 4.2 Korrigiert. Glossar d/f/i.
2013	1.20	12.01.2014	Sprachliche Anpassungen.
2013	1.10	03.12.2013	Formelle und sprachliche Änderungen, Kap. IV.1.2 angepasst.
2013	1.00	20.06.2013	Inkrafttreten Ausgabe 2013.

