



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la  
communication DETEC  
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle  
comunicazioni DATEC

**Bundesamt für Strassen**  
**Office fédéral des routes**  
**Ufficio federale delle Strade**

# **Strassenabwasser Filterschacht**

**Traitement des eaux de routes dans des chambres  
avec sac en géotextile**

**Filtration Chamber for road runoff water**

**Berner Fachhochschule  
Architektur, Holz und Bau, Burgdorf  
Peter Kaufmann, Dozent für Siedlungswasserbau**

**Forschungsauftrag VSS 2005/202 auf Antrag des Schweizerischen  
Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)**

**September 2007**

**1250**



Schlussbericht des Forschungsprojektes

# Strassenabwasser - Filterschacht

Forschungsauftrag ASTRA 2005/202 auf Antrag des Bundesamtes für Strassen (ASTRA)

Projektleitung	Peter Kaufmann, Dozent für Siedlungswasserbau
Industriepartner	Creabeton Materiaux AG, Lyss (Lieferant Betonelemente) Schoellkopf AG, Rümlang (Lieferant Geotextilfiltersäcke)
Projektpartner	Stadt Bern, Tiefbauamt, Betrieb und Unterhalt Kanton Bern, Tiefbauamt Kanton Zürich, Tiefbauamt Gemeinde Muri bei Bern, Gemeindebetriebe, Tiefbau Gemeinde Köniz, Dienstzweig Abwasser Stadt Pully, Direction des Travaux et des Services Industriels
Bezugsadresse	Berner Fachhochschule Architektur, Holz und Bau Abteilung F+E Biel und Burgdorf Solothurnstrasse 102 2504 Biel Tel. +41 32 344 03 41 E-mail: fe@bfh.ch

© Projektleitung

Juli 2008



## Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>7</b>
<b>Summary</b> .....	<b>9</b>
<b>Résumé</b> .....	<b>11</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>13</b>
1.1 Ausgangslage	13
1.2 Ziel der Forschungsarbeit: Rückhalt von feinem Strassenstaub	13
<b>2 Grundlagen</b>	<b>15</b>
2.1 Verfahren für die Wahl der Abwasserbeseitigung	15
2.2 Einordnung im Rahmen der Zulässigkeitsprüfung	15
2.3 Strassenabwasser: Menge und Verschmutzung	17
2.4 Auswirkungen von Einleitungen von Strassenabwasser in die Gewässer	20
2.5 Belastungsklasse des Strassenabwassers	21
2.6 Gute Resultate beim Einsatz von Geotextilen in einem Forschungsprojekt an der Berner Fachhochschule	22
<b>3 Strassenabwasser - Filterschacht</b>	<b>24</b>
3.1 Schlammsammler mit Geotextilfiltersack	25
3.2 Schacht mit Geotextilfiltersack	26
3.3 Funktionsweise eines Strassenabwasser - Filterschachtes	29
3.4 Konstruktion von Strassenabwasser - Filterschächten	30
3.5 Dimensionierung	35
3.6 Geotextil der Firma Paul Schreck	38
3.7 Rückhalt von Strassenschlamm	39
3.8 Betrieb und Unterhalt	40
<b>4 Folgerung / Ausblick</b> .....	<b>42</b>
<b>5 Dank</b> .....	<b>44</b>
<b>6 Literaturverzeichnis</b> .....	<b>45</b>

## Anhang A: Versuche zur Machbarkeit

A1	Strassenabwasser – Filterschacht auf der Autobahn A6
A2	Strassenabwasser – Versickerungsschächte auf der Bremgartenstrasse in Bern
A3	Strassenabwasser – Einlaufschacht mit Geotextilsack auf der Kreuzung Neufeld in der Stadt Bern
A4	Geotextilsäcke in der Strassenentwässerungsleitung der Moosstrasse und des Dennigkofenwegs in der Gemeinde Muri bei Bern
A5	Geotextilsäcke in der Strassenentwässerungsleitung der Schwarzenburgstrasse und der Muhlernstrasse in der Gemeinde Köniz
A6	Pilotversuche auf der Avenue de Lavaux in der Stadt Pully (VD)
A7	Pilotversuch auf der Lufingerstrasse zwischen Kloten und Lufingen

## Anhang B: Normenentwurf SN



## Zusammenfassung

Der Rückhalt von Strassenabwasser-Inhaltstoffen an der Quelle, d.h. beim Einlauf des Strassenabwassers von der Strasse in die Strassenentwässerung wurde im Rahmen des Forschungsvorhabens intensiv untersucht. Filter aus Geotextilien wurden dazu in geeigneter Weise direkt in Strassensammler, in bestehende Schächte oder in spezielle Filterschächte eingelegt. Untersucht wurden verschiedene Pilotanlagen in Städten, Gemeinden und bei Kantonen. Die Funktionsweise wurde visuell und mit einfachen Messungen überprüft.

Für die Praxis können Lösungen vorgeschlagen werden, mit denen viele Abwasserinhaltsstoffe zurückgehalten werden können.

Aus den verschiedenen Pilotprojekten konnten wertvolle Erfahrungen und viele Ideen gesammelt werden, insbesondere zur Konstruktion und zum Betrieb und Unterhalt der Strassenabwasser-Filterschächte.

Die Zusammenarbeit mit Mitarbeitern von Unterhaltsdiensten, Tiefbauämtern und Werkhöfen zeigte, dass dem Projekt Strassenabwasser-Filterschacht sehr viel Skepsis und Vorurteile entgegengebracht wird. Insbesondere wird argumentiert mit Mehraufwand und Mehrkosten unter dem allgemeinen Druck von immer kleineren Budgets und weniger Personal für den Strassenunterhalt.

Die wichtigsten Erkenntnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Reinigungseffekt und Einsatz:

- Mit Strassenabwasser-Filterschächten können von stark befahrenen Strassen namhafte Mengen Strassenschlamm zurückgehalten werden. Erforderlich sind eine ausreichende Dimensionierung und eine zweckmässige Bauart.
- Strassenabwasser-Filterschächte können als Grobfilter vor einer Versickerungsanlage oder vor einer direkten Einleitung in ein oberirdisches Gewässer eingesetzt werden.

Zur Konstruktion:

- Der Geotextilsack kann entweder direkt in die Schlammsammler oder in spezielle Filterschächte eingebaut werden.
- Der Geotextilsack kann in einen Schacht eingebaut werden, indem der Sack direkt mit einem Spannring im Schachthals befestigt wird, oder indem er in den Schacht eingehängt wird.
- Grundsätzlich ist der Sack besser lang und schmal als kurz und breit.
- Bei Schächten mit Absetzraum kann der Sack in den Absetzraum hinein reichen.
- In Schächten ohne Absetzraum ist der Sack möglichst so einzuhängen, dass der Boden des Sackes den Schachtboden nicht berührt.

Zur Hydraulik:

- Im neuen Zustand hat der Geotextilsack eine grosse Durchflussrate. Diese sinkt als Folge der Belegung mit feinen Abwasserinhaltsstoffen relativ schnell auf einen Wert von ca.  $0.06 \text{ l/m}^2 \text{ min. ab}$ .
- Bei grossem Abwasserzufluss zum Filtersack besteht die Gefahr, dass der Sackinhalt ausgespült wird. Das Aufwirbeln und Abschwemmen von abgelagertem Strassenschlamm ist deshalb mit geeigneten Schikanen zu vermeiden. Die Säcke erfordern eine minimale Grösse.
- Für die Dimensionierung der Filtersäcke wird empfohlen pro  $200 \text{ m}^2$  entwässerte Strassenfläche eine filteraktive Mantelfläche von  $1 \text{ m}^2$  zu wählen.



## Summary

The retention of road runoff pollutants at source, i.e. at the point where road runoff flows from the road into the drainage system, was the subject of intensive investigation within the framework of the research activities. This involved the placement of filters made from geotextiles directly into the inlet chambers in existing chambers, or into specially constructed filtration chambers. Various pilot installations have been studied in different cities, municipalities and cantons. The operation of these was investigated both visually and using simple measurements.

It was possible to suggest solutions for use in practice that allow the maximum possible level of runoff pollutants to be retained.

The different pilot projects were able to provide valuable experience and allowed many ideas to be collected with regard to the design, operation and maintenance of road runoff filtration chambers.

The collaboration with employees of the maintenance services, the Department of Civil Engineering, and maintenance depots showed that the Filtration Chamber for Road Runoff project will be met with a great deal of scepticism and many preconceived ideas.

The most significant results obtained can be summarised as follows:

Cleaning effect and deployment:

- On heavily used roads, road runoff filtration chambers can retain a lot of total suspended solids and heavy metals. It is necessary to ensure that the geotextile bag is sufficiently large and that the design of chamber is suitable for the purpose.
- Road runoff filtration chambers can be used as coarse filters upstream of an infiltration system or before draining runoff directly into an above-ground body of water.

Design:

- The geotextile filter bag can be installed either directly in the inlet chamber or in a specially constructed filter chamber.
- Geotextile bags can be installed by hanging them in the chamber or using a tensioning ring to hold the bag in place directly across the chamber entry.
- Where possible, the bag should always be long and narrow rather than short and wide.
- In chambers with a sedimentation space, the bag can extend as far as the lower edge of the sedimentation space.
- In chambers that do not have a sedimentation space, the bag should be hung in such a way that the base of the sack can never touch the base of the chamber; this means that during dry periods the bag can drain and dry out as fully as possible.

Hydraulics:

- When it is new, the geotextile bag has a high flow rate. This falls relatively quickly to a value of  $0.06 \text{ l/m}^2 \text{ min}$ . due to deposition of fine suspended particles from the runoff water.
- If the rate of flow of runoff water into the filter bag is too high, then there is a risk that its contents may be washed out. It is therefore necessary to use suitable baffles to prevent accumulated road dirt from being stirred up and washed away. The bags must be of at least a minimum size.
- The recommended active filter area of the filter sack is  $1 \text{ m}^2$  for every  $200 \text{ m}^2$  of road surface drained.



## Résumé

La collecte à la source des matières en suspension dans les eaux de chaussée, c'est-à-dire depuis l'écoulement de l'eau sur la chaussée jusqu'au traitement de ces eaux a été examinée de manière intensive dans le cadre du mandat de recherche. Des filtres en géotextile ont été mis en place de manière adéquate dans les dépotoirs, dans les chambres existantes ou dans des chambres avec filtres en géotextile. Des recherches ont été effectuées sur plusieurs installations pilotes dans des villes, communes et auprès de cantons. Le fonctionnement a été contrôlé visuellement et à l'aide de mesures simples.

Pour la pratique, des solutions qui retiennent le plus possible de matières solides ont pu être proposées.

De nombreuses idées pour la construction, l'exploitation et l'entretien des sacs en géotextile ont pu être tirées des expériences réalisées dans le cadre des projets pilotes.

La collaboration avec les employés des services d'entretien, les fonctionnaires du service du génie civil et des centres d'entretien a montré que le projet de traitement des eaux de route dans des chambres avec sac en géotextile a suscité beaucoup de scepticisme et de préjugés. Les arguments portaient notamment sur le travail et les coûts supplémentaires.

Les principaux résultats peuvent être résumés ainsi :

Effet d'épuration et enjeu :

- Sur les routes à fort trafic, des débits importants de matières solides et des métaux lourds peuvent être retenus. Pour cela il est nécessaire de dimensionner largement le sac en géotextile et de construire une chambre (dépotoir) convenable.
- Le traitement des eaux de route dans des chambres avec sacs en géotextile peut être mis en place comme filtre grossier avant une installation de filtration ou avant un déversement direct dans un cours d'eau superficiel.

Pour la construction :

- Le sac en géotextile peut être mis en place aussi bien directement dans le dépotoir ou dans des chambres à filtre spéciales.
- Un sac en géotextile peut être mis en place dans une chambre dans laquelle le sac est directement fixé à l'aide d'un anneau dans le haut de la chambre ou bien suspendu dans la chambre.
- En principe le sac devrait être long et étroit plutôt que court et large.
- Pour des chambres avec dépotoir, le sac peut atteindre la surface inférieure de la partie décantation.
- Dans les chambres sans décanteur, le sac est à suspendre de manière à ce que le fond du sac ne touche pas le fond de la chambre.

Pour l'hydraulique :

- Lorsque le sac est neuf, l'écoulement à travers le sac en géotextile est important. L'écoulement diminue rapidement en fonction de l'accumulation des matières solides fines à une valeur d'environ  $0,06 \text{ l/m}^2 \text{ min}$ .
- Lors de grands débits vers le sac filtrant, il y a un danger que le contenu du sac soit « lavé ». Les turbulences et les transports de boues de route contenues dans le sac sont par conséquent à empêcher par la mise en place de chicanes appropriées.
- Il est conseillé d'effectuer le dimensionnement d'un sac filtrant sur la base suivante : pour  $200 \text{ m}^2$  de route,  $1 \text{ m}^2$  de surface active de sac filtrant.



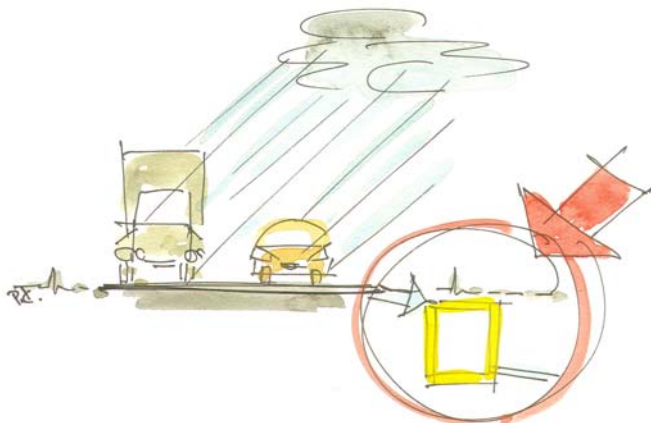
# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangslage

In dem an der Berner Fachhochschule, Burgdorf, durchgeführten Forschungsprojekt „Schadstoffe im Strassenabwasser einer stark befahrenen Strasse und deren Retention mit neuartigen Filterpaketen aus Geotextil und Adsorbiermaterial“ [1] untersuchten wir erstmals in der Schweiz die Partikelabtrennung mit Geotextilsäcken aus dem Strassenabwasser. Mit dem neuen Projekt „Strassenabwasser-Filterschacht“ sollen die Erkenntnisse aus dem abgeschlossenen Forschungsprojekt umgesetzt werden. Es zeigte sich, dass Geotextilien in der Lage sind, bedeutende Anteile der Strassenabwasserinhaltsstoffe zurückzuhalten. Geotextil-Filtersäcke werden auch in Deutschland seit vielen Jahren für die Abtrennung von feinen Abwasserinhaltsstoffen angewandt, ebenfalls mit Erfolg in einem umfangreichen Forschungsprojekt des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft [2].

## 1.2 Ziel der Forschungsarbeit: Rückhalt von feinem Strassenstaub

Das Forschungsprojekt „Strassenabwasser-Filterschacht“ untersuchte die Möglichkeit des Rückhalts der von stark befahrenen Strassen abfliessenden Regenwasserinhaltsstoffe an der Quelle, das heisst, beim Ablauf des Abwassers von der Strasse. Für die Filtrierung des Abwassers wurden verschiedene Schächte mit Geotextilien ausgerüstet. Aus einer Serie möglicher Lösungen konnten für die Praxis geeignete Konzeptionen gefunden werden, mit denen grosse Mengen Strassenabwasserinhaltsstoffe, insbesondere an Feinstoffe adsorbierte Schwermetalle, zurückgehalten werden können. Ziel der Forschungsarbeit war es, im Bereich zukünftiger Gewässerschutzmassnahmen bei der Entwässerung von Strassen Kompetenzen aufzubauen.



Das Bundesamt für Strassen ASTRA hat im März 2006 die Berner Fachhochschule, Architektur, Holz und Bau, Burgdorf und Biel, mit der Durchführung des Forschungsprojektes beauftragt.

Geforscht wurde nach einer Konzeption, mit der möglichst viel Strassenschlamm in den Geotextilsäcken zurückgehalten werden kann, ohne dass die Strassenunterhaltsdienste mit dem Betrieb der Säcke zu stark belastet werden, und ohne dass die Betriebssicherheit der Strasse durch Rückstau von Abwasser auf die Strasse als Folge verstopfter Geotextilfilter gefährdet wird.

Die Forschungsarbeit soll die Grundlage liefern für die Ausarbeitung einer SN Norm über Strassenabwasser – Filterschächte.

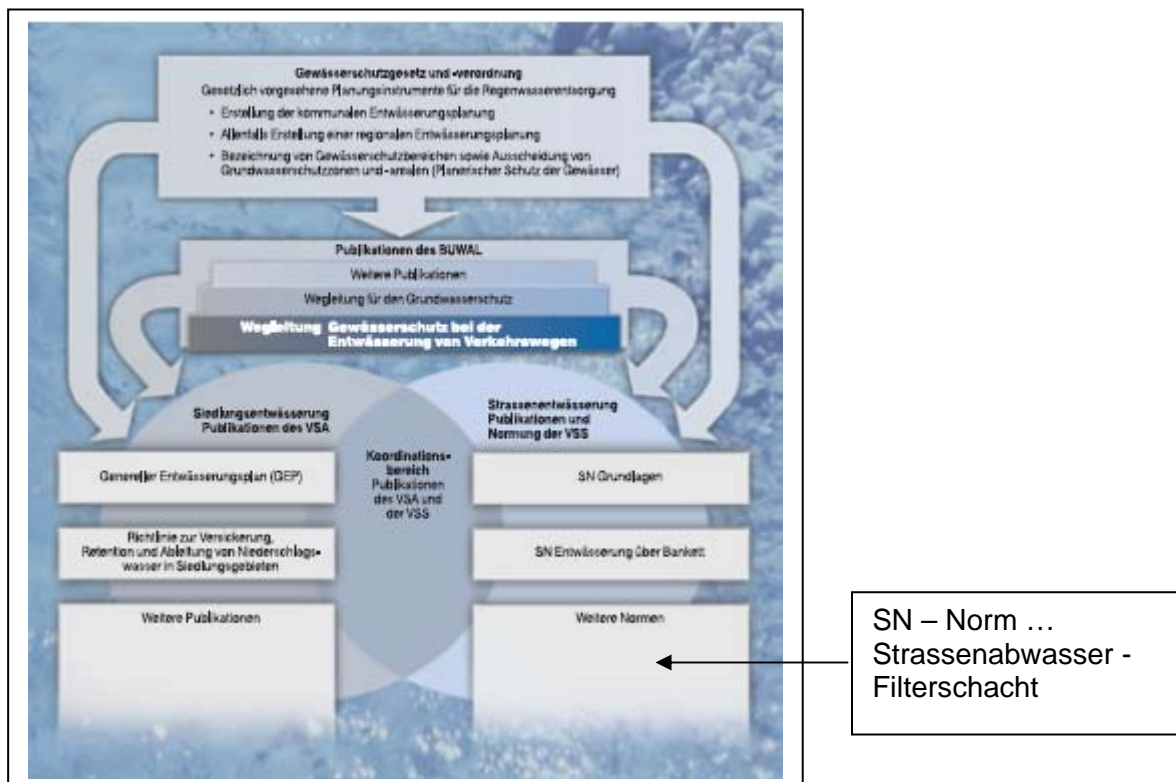


Abbildung 1: Einordnung der zukünftigen SN-Norm „Strassenabwasser – Filterschacht“ in die im Bereich der Regenwasserentsorgung existierenden Vorschriften und Planungsgrundlagen [aus 3].

## 2 Grundlagen

### 2.1 Verfahren für die Wahl der Abwasserbeseitigung

Die Wahl der geeigneten Art, Verkehrswegeabwasser zu beseitigen, basiert auf Prüfungen der lokalen Machbarkeit, der gesetzlichen Zulässigkeit sowie der Verhältnismässigkeit [3]. Um bei dieser Wahl die gesetzlichen Anforderungen sicherzustellen, sind die folgenden allgemeinen Grundsätze massgebend:

- Verkehrswegeabwasser ist in erster Linie zu versickern. Gewässer und Boden sind dabei vor Verunreinigung zu schützen.
- Sofern die Versickerung nicht möglich ist, ist Verkehrswegeabwasser in Oberflächengewässer einzuleiten. Dabei müssen – insbesondere bei stehenden Gewässern und kleineren Fließgewässern – mit zusätzlichen Massnahmen die Konzentrationsspitzen gedämpft und die Gesamtrachten vermindert werden.

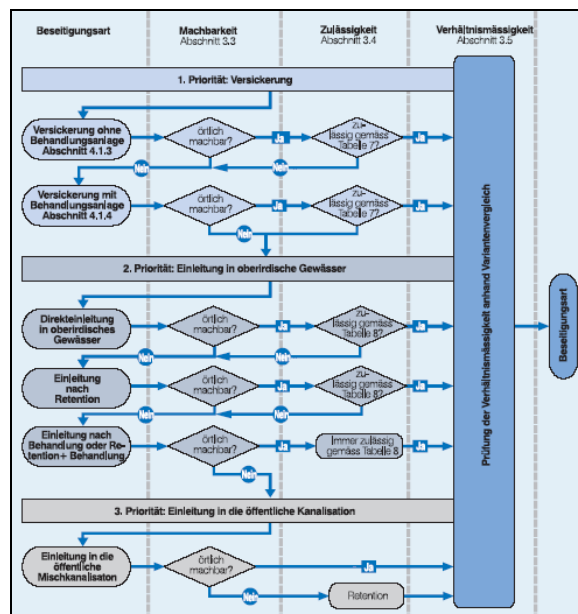


Abbildung 2: Vorgehen bei der Wahl der Beseitigungsart für Strassenabwasser gemäss [3].

### 2.2 Einordnung im Rahmen der Zulässigkeitsprüfung

Die neue Vollzugswegleitung „Gewässerschutz bei der Entwässerung von Verkehrswegen“ des Bundesamtes für Umwelt BAFU von 2002 [3], wie auch die neue Richtlinie „Regenwasserentsorgung, Richtlinie zur Versickerung, Retention und Ableitung von Niederschlagswasser in Siedlungsgebieten“ des Verbandes Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute von 2002 [4] unterscheiden zwei Bereiche:

- Bereiche in denen eine Versickerung resp. die Einleitung in ein Gewässer zulässig ist ohne Behandlung des Strassenabwassers. Diese Bereiche sind in den folgenden beiden Abbildungen dick umrandet, und
- Bereiche, in denen eine Versickerung resp. eine Einleitung in ein Gewässer nur mit einer Behandlung des Strassenabwassers zugelassen ist.

Versickerung				
Gewässerschutzbereich/ Schutzzone	Vulnerabilität des Grundwassers (gemäss Tabelle 5)	Belastungskategorie des Verkehrswegabwassers (gemäss Tabelle 3)		
		gering	mittel	hoch
Übrige Bereiche (ÜB)	gering	zulässig	zulässig	zulässig
	mittel	zulässig	zulässig	zulässig
	hoch	zulässig	mit Behandlung	mit Behandlung
	sehr hoch	mit Behandlung	mit Behandlung	mit Behandlung
Gewässerschutzbereich A <sub>1</sub>	gering	zulässig	zulässig	zulässig
	mittel	zulässig	zulässig	mit Behandlung
	hoch	mit Behandlung	mit Behandlung	mit Behandlung
	sehr hoch	mit Behandlung	mit Behandlung	mit Behandlung
Schutzzone und -areale		nicht zulässig	nicht zulässig	nicht zulässig

Abbildung 3: Zulässigkeitsprüfung für Versickerung gemäss [3].

Einleitung in ein oberirdisches Gewässer					
Verhältnis V im Vorfluter ohne Retention (gemäss Tabelle 6)	Gewässerschutzbereich des Vorfluters	Belastungskategorie des Verkehrswegabwassers (gemäss Tabelle 3)			
		gering	mittel	hoch	
$V_{gr} \cdot V_{q_{max}} > 1$	Übrige Bereiche (ÜB)	zulässig	zulässig	mit Behandlung	
	Gewässerschutzbereich A <sub>1</sub>	zulässig	zulässig	mit Behandlung	
	$0.1 \leq V_{gr} \cdot V_{q_{max}} \leq 1$	Übrige Bereiche (ÜB)	zulässig	zulässig	mit Behandlung
		Gewässerschutzbereich A <sub>1</sub>	zulässig	mit Behandlung	mit Behandlung
	$V_{gr} \cdot V_{q_{max}} < 0.1$	Übrige Bereiche (ÜB)	mit Retention	mit Retention	mit Retention + Behandlung
		Gewässerschutzbereich A <sub>1</sub>	mit Retention	mit Retention + Behandlung	mit Retention + Behandlung
Stehende Gewässer	Übrige Bereiche (ÜB)	zulässig	zulässig	mit Behandlung	
	Gewässerschutzbereich A <sub>1</sub>	zulässig	mit Behandlung	mit Behandlung	

Abbildung 4: Zulässigkeitsprüfung für Einleitung in ein oberirdisches Gewässer gemäss [3].

Unter einer Behandlung wird eine Filtration durch eine naturnahe und mikrobiell aktive Bodenschicht in so genannten Retentionsfilterbecken verstanden. Bei künstlichen Filtermaterialien ist eine mindestens ebenbürtige Wirkung nachzuweisen. Bezüglich der

Eliminationsleistung von gesamten ungelösten Stoffen GUS sprechen wir dabei von einer Reinigungsleistung im Bereich von 90 oder mehr %.

Mit Strassenabwasser – Filterschächten können solche Reinigungsleistungen nicht erbracht werden, da insbesondere das Retentionsvolumen im Geotextilsack nicht zur Verfügung steht.

Der Einsatz von Strassenabwasser – Filterschächten mit Geotextilfiltersäcken ist aber in den folgenden Fällen zweckmässig:

1. als Vorfilter bei Versickerungsanlagen, um den Boden vor Verunreinigungen möglichst optimal zu schützen, auch wenn gemäss Zulässigkeitsprüfung keine Behandlung erforderlich ist;
2. als Vorfilter bei Einleitungen in Gewässer, um den gesamten Frachteintrag ins Gewässer zu vermindern, auch wenn gemäss Zulässigkeitsprüfung keine Behandlung erforderlich ist;
3. als alternative Behandlungsanlage vor der Versickerung, um den Boden vor Verunreinigungen möglichst optimal zu schützen, auch wenn gemäss Zulässigkeitsprüfung eine Behandlung mit einer Filtration durch eine naturnahe und mikrobiell aktive Bodenschicht verlangt wird;
4. als alternative Behandlungsanlage vor der Einleitung in ein Gewässer, um den gesamten Frachteintrag ins Gewässer zu vermindern, auch wenn gemäss Zulässigkeitsprüfung eine Behandlung mit einer Filtration durch eine naturnahe und mikrobiell aktive Bodenschicht verlangt wird.

## 2.3 Strassenabwasser: Menge und Verschmutzung

### 2.3.1 Strassenabwasser - Abflussmengen

Bei der Bemessung von Behandlungsanlagen für Strassenabwasser ist zu berücksichtigen, dass ein wesentlicher Teil der Schadstoffemission und der Regenwassermenge durch Spritzwasser (Sprühverlust) und Verwehung in die angrenzende Umgebung verfrachtet wird und daher nicht gefasst werden kann. Je breiter die versiegelte Fläche im Anschluss an die Fahrspuren ausgebildet ist, desto höher ist der Anteil an belastetem Regenwasser und damit an Schadstoffen, der abgeleitet und behandelt werden kann. Während die Standspuren bei Autobahnen zu einer erhöhten Erfassung des Spritzwassers und der lokalen Depositionsfracht führt, bewirken die sehr hohen Fahrgeschwindigkeiten dagegen eine wesentlich stärkere seitliche Verfrachtung der Schadstoffe als dies bei Normalstrassen der Fall ist. Die Messung der Abflüsse auf einer zweispurigen Kantonsstrasse bei Burgdorf ohne seitliche befestigte und entwässerte Trottoirs, Parkfelder oder Standspuren hat ergeben, dass lediglich etwa 30% des Niederschlags und damit etwa 20% der Schwermetalle in die Kanalisation abfliessen [5]. Die Messungen der Regenwasserabflüsse auf der A1 bei Mattstetten des Tiefbauamtes und des Gewässerschutzamtes des Kantons Bern deuten darauf hin, dass bei Autobahnen mit der Strassenentwässerung etwa 50% der Niederschlagsmenge, jedoch z.B. nur etwa 10 % der Zinkfracht erfasst werden können. Die restlichen Schadstoffmengen werden durch Sprüheffekt und Verwehungen in die Umgebung verfrachtet [6].



Abbildung 5: Wasserbilanz einer 2-spurigen Kantonsstrasse

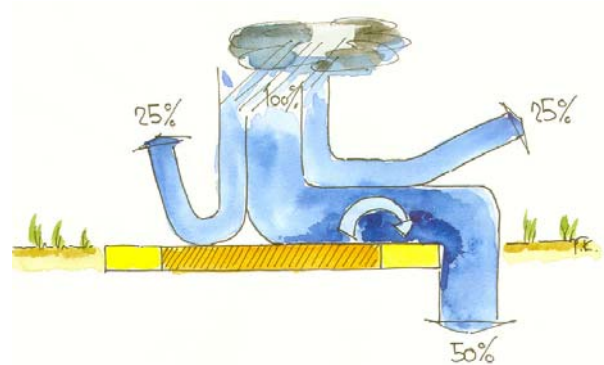
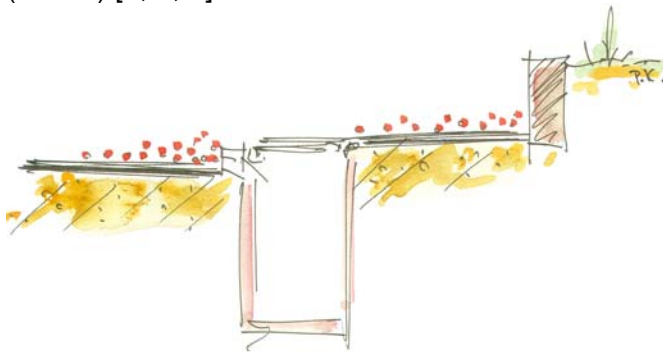


Abbildung 6: Wasserbilanz einer 4-spurigen Autobahn mit seitlichen Pannenstreifen

### 2.3.2 Die Verschmutzung des Strassenabwassers

Durch den Verkehr auf stark befahrenen Strassen wird eine Vielzahl von Schadstoffen emittiert, welche sich teilweise auf der Strassenoberfläche und insbesondere an den Strassenrändern und auf Trottoirs ablagern. Bei stärkeren Regenereignissen werden sie abgeschwemmt. Unter den problematischen Schadstoffen sind insbesondere Korrosionsprodukte von metallischen Werkstoffen an Fahrzeugen zu erwähnen. Im Abwasser finden wir auch Pneu- und Bremsabrieb, organische Stoffe aus dem Verbrennungsprozess in Motoren, Treibstoffzusatzstoffe, Öle und Schmiermittel. Stoffspezifisch enthält das Autobahnabwasser insbesondere die Metalle Kupfer, Blei, Zink, Cadmium und Nickel, sowie polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe und den Benzinzusatzstoff Methyl-tertiärer Butylether (MTBE) [1, 3, 4].



Die Schadstoffe werden neben den Fahrspuren am Rand des Trottoirs abgelagert und bei starken Regenfällen abgeschwemmt.

Untersuchungen des Strassenabwassers zeigen, dass ein erheblicher Anteil der Schmutzstoffe aus kolloidalem und partikulärem Material besteht, an dem Kohlenwasserstoffe und Schwermetalle gebunden sind. Der Anteil der partikulären Fraktion an der Gesamtfracht liegt bei Strassenabwasser für die meisten Schwermetalle bei über 80% [1].



Über 80% der Schadstoffe sind an den feinen suspendierten Schwebestoffen im Strassenabwasser adsorbiert. Daneben hat es Schwimm- und Sinkstoffe

### 2.3.3 Schadstoffkonzentrationen im Strassenabwasser

Die Kenntnis über die Verschmutzung des Strassenabwassers basiert insbesondere auf den in den letzten Jahren vermehrt durchgeführten Untersuchungen der Abwasserzusammensetzung von stark befahrenen Hauptverkehrsstrassen und Autobahnen in Deutschland und der Schweiz. Von dem heute vorliegenden umfangreichen Datenmaterial soll hier speziell auf die diesbezüglichen Forschungsprojekte der EAWAG (Wasserforschungs-Institut des ETH-Bereichs) und die Untersuchungen im Rahmen der beiden Forschungsprojekte an der Berner Fachhochschule Burgdorf zum Thema des Strassenabwassers hingewiesen werden [1, 5]. Während mehr als zwei Jahren, von Mitte 2002 bis Ende 2004, wurde die Zusammensetzung und das Abflussverhalten des Abwassers der mit 17'000 Fahrzeugen pro Tag befahrenen Zufahrtsstrasse vom Autobahnanschluss Kirchberg nach Burgdorf untersucht. Im Zentrum der Abklärungen standen ein Strassenabschnitt im Ausserortsbereich und einer Innerorts. Die Resultate zeigen für die genannte stark befahrene Strasse die in Tabelle 1 aufgelisteten mittleren Abwasserkonzentrationen. Mit Ausnahme des Bleis sind diese Konzentrationen den Verhältnissen entsprechend hoch. Der Bleigehalt hat mit heute 24 mg Pb/m<sup>3</sup> Abwasser im Vergleich zu früher dank der Einführung von bleifreiem Benzin stark abgenommen. Die Bleiemission stammt heute mehrheitlich aus dem Abrieb von Pneus und von der Fahrbahn. Das Abflussverhalten des Strassenabwassers ist je nach Verlauf der Regenintensität durch eine ausgeprägte Dynamik gekennzeichnet. Die Konzentrationspitzen können dabei 2-3mal höher sein als die frachtgewogenen Mittelwerte.

	Kantonsstrasse bei Burgdorf in mg/l	VSA-Richtlinie in mg/l
GUS	100	240
Kupfer	0.065	0.150
Zink	0.440	0.500
Chrom	0.016	0.015
Blei	0.024	0.300
PAK	0.0014	0.003

Tabelle 1: Vergleich Abflusskonzentrationen einer Kantonsstrasse mit den Werten der VSA-Richtlinie Regenwasserentsorgung

### 2.3.4 Schadstofffrachten des Strassenabwassers

Im Rahmen der Forschungsarbeit der Berner Fachhochschule, der EAWAG und des Gewässer- und Bodenschutzlabors des Kantons Bern sind die anfallenden Schadstofffrachten der untersuchten Strassenabschnitte in abwasserspezifische Emissionsfaktoren (Gesamtfracht im Strassenabwasser) umgerechnet worden. Sie betragen pro Hektar Strasse und Jahr 700 - 1000 kg GUS, 2100 - 3300 g Zink, 400 - 500 g Kupfer,

170 - 180 g Blei und 3 - 4 g Cadmium. Je nach Breite des seitlichen befestigten Fahrbahnstreifens (Standspur, Trottoir, Radstreifen, etc.) und der dadurch zusätzlich abgeleiteten Spritzwassermenge können mit dem abfliessenden Regenwasser 50 - 60% der Gesamtemission des Strassenverkehrs erfasst werden. Im Ausserortsbereich mit den meist nur schmalen Seitenrandstreifen reduziert sich dieser Anteil auf 20 - 30% der gesamten Verkehrsemission und bei Autobahnen kann sich der Anteil sogar auf nur 10% reduzieren. Der grösste Teil wird hier durch Luftaufwirbelung der Fahrzeuge bei hoher Geschwindigkeit, Wind und Gischt in die strassennahe Umgebung verfrachtet und führt dort zu einer entsprechend hohen und zunehmenden Belastung der Kulturböden. Bei stark befahrenen Strassen müssen die bewachsenen Seitenrandstreifen als Teil der Strassenanlage betrachtet werden und es sollte darauf keine landwirtschaftliche Nutzung mehr erfolgen. Aufgrund der Resultate von Schadstoffmessungen im Boden entlang von Autobahn, Kantonsstrassen und Gemeindestrassen werden folgende Breiten für den Seitenrandstreifen vorgeschlagen [4]:

Strasstyp	Breite des Seitenrandstreifens
Autobahnen	6 m
Strassen > 20'000 Fz/d	3 m
Strassen > 10'000 Fz/d	1.5 m
Strassen > 2'000 Fz/d	1 m
Strassen < 2'000 Fz/d	Keine Ausscheidung eines Streifens

Tabelle 2: Breite des empfohlenen Seitenrandstreifens in Funktion des Strasstyps

Für die Projektierung der technischen Filter ist die Fracht an Feinstoffen im Abwasser ausschlaggebend. Ein wesentlicher Anteil dieser Stoffe stammt vom Pneumabrieb, der sich zusammen mit anderen Emissionen auf der Strasse ablagert und bei stärkeren Regen mit dem abfliessenden Strassenabwasser abgeschwemmt wird. Die Frachten der gesamten ungelösten Stoffe sind deshalb eine wichtige Dimensionierungsgrösse.

Die Schadstoffmessungen des Kantons Bern auf der Autobahn A1 (Bern - Zürich) in Mattstetten mit 74'000 Fahrzeugen pro Tag ergeben diesbezüglich ein erstaunliches Bild. Die Abflussfrachten pro Hektar Strassenfläche und Jahr sind nämlich kaum höher als diejenigen bei der Kantonsstrasse zwischen dem Autobahnanschluss Kirchberg und der Stadt Burgdorf (Ausserortsbereich) mit einem Verkehrsaufkommen von 17'000 Fahrzeugen pro Tag. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Abflussfrachten der gesamten ungelösten Stoffe (GUS) und verschiedener Schwermetalle.

	Autobahn A1 Bern – Zürich bei Mattstetten		Hauptverkehrsstrasse in Burgdorf
	2006	2007	
GUS	340 kg/ha a	360 kg/ha a	360 kg/ha a
Zink	1220 g/ha a	1370 g/ha a	1075 g/ha a
Blei	63 g/ha a	51 g/ha a	63 g/ha a
Chrom	56 g/ha a	42 g/ha a	43 g/ha a

Tabelle 3: Spezifische Abflussfrachten der Autobahn A1 und einer Hauptverkehrsstrasse bei Burgdorf [1, 6].

## 2.4 Auswirkungen von Einleitungen von Strassenabwasser in die Gewässer

Die Einleitung des stark verunreinigten Strassenabwassers kann in Gewässern zu ökologischen Problemen führen. Dabei ist auch die Schockbelastung durch grosse Abwassereinleitungen bei Regenwetter zu erwähnen. Die Beurteilung der Gewässerbelastung durch Strassenabwasser ist sehr komplex und mangels genügender Studien

unsicher. Über die langfristigen und grossräumigen Auswirkungen der durch Strassenabwassereinleitungen in die Gewässer eingebrachten Schadstoffe sind auf Grund des heutigen Kenntnisstands keine gesicherten Aussagen möglich. Die Behandlung des Strassenabwassers kann aber mit Bestimmtheit als sinnvolle Massnahme bezeichnet werden.

Die heutige Gewässerschutzphilosophie in der Schweiz stellt die immissionsorientierten Anforderungen der Gewässer ins Zentrum. Um eine Schutzmassnahme zu beurteilen sind deshalb verschiedene Faktoren zu beurteilen. Es kann ganz generell davon ausgegangen werden, dass in vielen Fällen eine teilweise Reinigung als zweckmässig und verhältnismässig beurteilt werden kann. Strassenabwasser darf in diesen Fällen als gereinigt bezeichnet werden, wenn es gelingt, im Entwässerungssystem Barrieren einzubauen, die einen Grossteil der partikulären Fracht, und damit auch der Schadstoffe, zurückhalten. Die Einleitung eines so gereinigten Strassenabwassers in ein Gewässer wäre somit zulässig.

## 2.5 Belastungsklasse des Strassenabwassers

Sowohl in der BAFU-Wegleitung „Gewässerschutz bei der Entwässerung von Verkehrswegen“ als auch in der VSA-Richtlinie „Regenwasserentsorgung“ werden die Begriffe „verschmutztes Abwasser“ und „nicht verschmutztes Abwasser“ gemäss Art. 7 des Gewässerschutzgesetzes zur Vereinfachung einer praxisbezogenen Wahl technischer Massnahmen klassiert. Neu wird das Strassenabwasser in drei Belastungsklassen „gering“ - „mittel“ - „hoch“ eingeteilt. Als wichtigster Parameter zur Beurteilung der Abwasserbelastung dient die Verkehrsfrequenz (Anzahl Fahrzeuge pro Tag). Von Bedeutung sind zudem der Anteil an Güter- und Ortsverkehr (d.h. Verkehrszusammensetzung und Verkehrsverhalten), die Steigung der Strasse und die Häufigkeit der Strassenreinigung. Das Abwasser von Strassen mit einem Verkehrsaufkommen von 15'000 Fahrzeugen pro Tag und mehr gilt generell als „hochbelastet“. Es ist daher dem verschmutzten Abwasser zuzuordnen und ist gemäss Art. 7 des Gewässerschutzgesetzes vor der Einleitung in ein Gewässer zu behandeln.

Beurteilungsfaktor	Kriterium	Punkte
Verkehrsaufkommen	Motorfahrzeuge pro Tag / 1000	
Anteil Güterverkehr	BP = 1 für Anteil > 4% BP = 2 für Anteil > 8%	
Anteil Ortsverkehr	BP = 1 für Anteil > 20%	
Steigung der Strecke	BP = 1 für Steigung > 8%	
Reinigungen pro Monat	- 1 BP pro Reinigung/Monat	
Summe		
Klassierung gering = <5 mittel = 5 - 14 hoch = >14		

Tabelle 4: Klassierung der Belastung des Verkehrswegeabwassers an Hand von Bewertungspunkten für standortabhängige Faktoren [3].

Bei kleineren Vorflutern sind zudem Retentionsmassnahmen vorzusehen, um die Konzentrationsspitzen zu dämpfen und zur Reduktion der hydraulisch-mechanischen Belastung, damit übermässig häufiger Geschiebetrieb vermieden wird. Massgebend sind das Verhältnis von Einleitungswassermenge zu Niederwassermenge des Vorfluters sowie der Gewässertyp und die Beschaffenheit der Sohle des Gewässers.

## 2.6 Gute Resultate beim Einsatz von Geotextilen in einem Forschungsprojekt an der Berner Fachhochschule

Im Forschungsprojekt „Schadstoffe im Strassenabwasser einer stark befahrenen Strasse und deren Retention mit neuartigen Filterpaketen aus Geotextil und Adsorbermaterial“ untersuchten wir die Partikelabtrennung aus dem Strassenabwasser mit einem Filtersack. Dabei zeigte sich, dass der Wirkungsgrad des Geotextilfilters sehr hoch ist und Abscheideeffekte von 91% für gesamte ungelöste Stoffe GUS, und für Chrom, Kupfer, Blei und Zink von 82 bis 88%, sowie für Nickel von 100% erreicht wurden [1].

Eine parallel laufende Studie „Versickerung des Niederschlagswassers von befestigten Verkehrsflächen“ des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft kam zu ähnlichen Schlüssen [2].



Abbildung 7: Die drei Filterkolonne ist mit je 1m Durchmesser. Jede Filterkolonne ist mit einem Geotextilsack ausgerüstet. Zur Ermittlung der Reinigungsleistung wurden mengenproportionale Abwasserproben als Sammelproben entnommen.



Abbildung 8: Ein neuer Geotextilsack in der Filterkolonne von 1.00 m Durchmesser. Der Filter wurde eingestaut betrieben. Für zukünftige Anwendungen wird der Einsatz der Filter nicht eingestaut empfohlen, damit der Geotextilsack in Trockenzeiten austrocknen kann.



Abbildung 9: Auf der Innenseite des Geotextilsacks baut sich eine Schicht aus feinsten Partikeln auf.



Abbildung 10: Geotextilsäcke können mit Hochdruck gereinigt und wieder eingesetzt werden.

Die Geotextil-Filtersäcke wurden mit einer Filtergeschwindigkeit von 2 m/h betrieben. Mit dem Strassenabwasser der mit 17'000 Fahrzeugen pro Tag frequentierten Strasse wurden folgende frachtgemittelten Konzentrationen im Zu- und Ablauf des Filters erreicht:

Rohabwasser Strassenabwasserablauf	93	mg/l GUS
Nach dem Geotextilsack	18	mg/l GUS

Mit dieser Abtrennwirkung von ca. 80% GUS zeigte der Geotextilsack in Burgdorf eine unerwartet hohe Rückhalteleistung. Da die Schwermetalle zu einem grossen Teil an die feinen Partikel gebunden sind, werden diese gleichzeitig zu einem hohen Grad ebenfalls im Filtersack zurückgehalten. Die EAWAG hat die Eliminationsleistung wie folgt bestimmt:

	Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn	Ca
Strassenabwasser in µg/l	7.6	38	2339	5	22	250	21.7
Nach Geotextilsack in µg/l	3.0	16	790	<2	6	74	17.7
Elimination in %	61	58	66	60	73	70	18

Tabelle 5: Gemessene Schwermetallkonzentrationen im Zu- und Ablauf des Geotextilsacks und die resultierende Eliminationsleistung.

Im Filtersack akkumulieren die Feststoffe und bewirken einerseits eine zunehmend bessere Rückhalteleistung, aber auch einen zunehmenden Druckverlust. Dies führte in Burgdorf zum Überlaufen des Filtersacks, was auch im praktischen Betrieb nicht zu vermeiden ist. Die bei vollständiger Verstopfung auf dem Filtersack zurückgehaltene Feststoffmenge berechnete sich zu ca. 22 kg TSS/m<sup>2</sup> Querschnittsfläche (ohne Seitenwände). Eine kritische Grösse ist der Zeitpunkt der Verstopfung. Um das Überlaufen des Filtersacks zu vermeiden, wurde der Filtersack regelmässig kontrolliert und der geeignete Zeitpunkt für die Reinigung des Sacks oder dessen Ersatz festgelegt. In der ersten Versuchsphase in Burgdorf war der Filtersack nach einer Belastung von 310 m<sup>3</sup> Abwasser pro m<sup>2</sup> Filterquerschnitt (Bodenfläche) verstopft.

### 3 Strassenabwasser - Filterschacht

Mit dem Strassenabwasser – Filterschacht wird erreicht, dass ein Teil der absetzbaren und abfiltrierbaren Inhaltstoffe des Strassenabwassers vor deren Einleitung in eine Versickerungsanlage oder in ein Gewässer zurückgehalten werden. Es werden zwei Ausführungen unterschieden: Schlamm-sammler mit Geotextilfiltersack und Schacht mit Geotextilfiltersack.

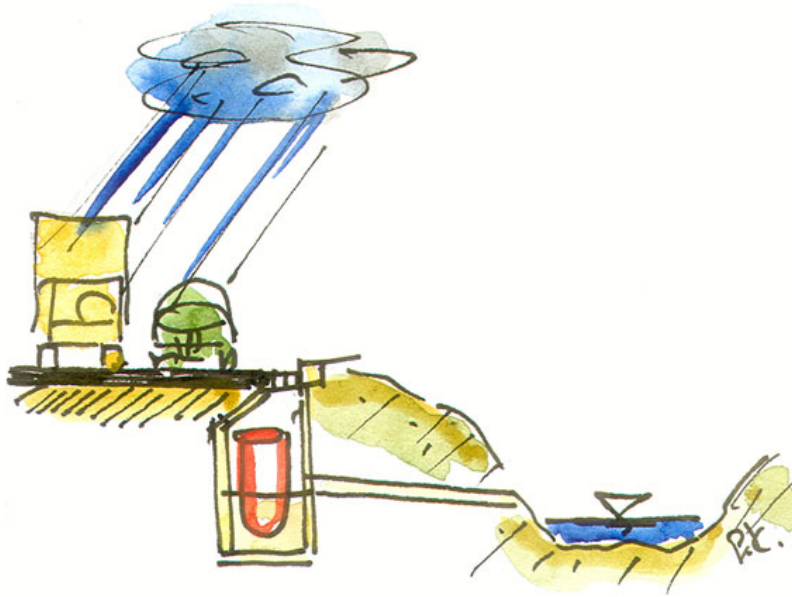


Abb. 11: Schlamm-sammler mit Geotextilsack

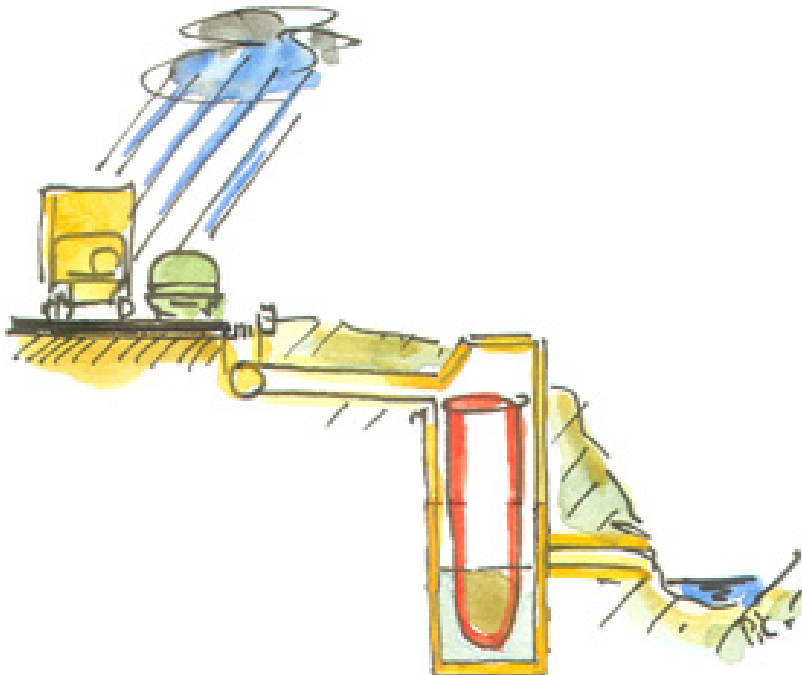


Abb. 12: Schacht mit Geotextilfiltersack

### 3.1 Schlammensammler mit Geotextilfiltersack

Bei einem Schlammensammler mit Geotextilfiltersack wird der Geotextilsack direkt in das Schachtbauwerk eingehängt resp. unterhalb des Einlaufrostes mit einem Spannring im Schacht befestigt. Der Sack reicht bis auf den Boden des Schachtes, ein Teil des Sackes ist damit ständig im stehenden Wasser des Absetzraums eingetaucht. Die absetzbaren Stoffe des Strassenabwassers setzen sich direkt im Sack ab. Die fein dispersen Abwasserinhaltsstoffe werden auf dem Geotextil abfiltriert und bilden auf der Innenseite des Sackes eine zusätzliche Filterschicht.

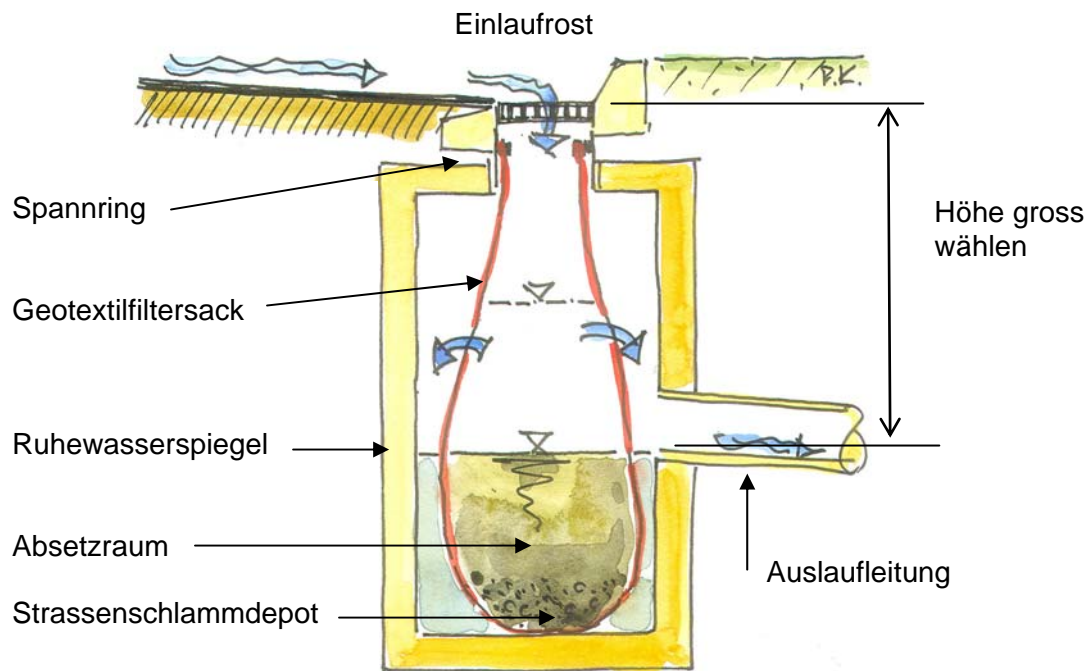


Abbildung 13: Schema Schlammensammler mit Geotextilfiltersack



Abbildung 14: Schlammensammler mit neuem Geotextilfiltersack auf der Lufingerstrasse bei Kloten.

Die Anwendung dieses Typs von Filterschacht ist vielseitig. So können mehrere Schlammsammler mit Geotextilfiltersäcken ausgerüstet werden, deren Abflüsse an eine Leitung angeschlossen sind, die in ein Gewässer oder in eine Versickerung führt. Diese Ausführung ist insbesondere dann zu empfehlen, wenn an der bestehenden Strassenentwässerung keine baulichen Umbauten gemacht werden.

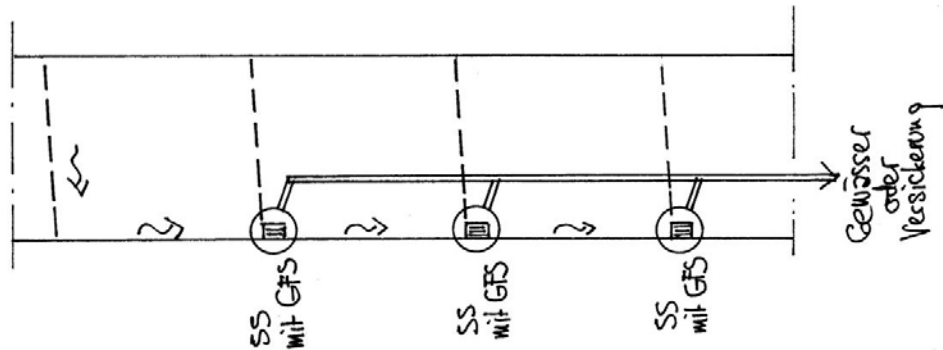


Abbildung 15: Alle Schlammsammler werden mit Geotextilfiltersäcken ausgerüstet.



Abbildung 16: Die Strassensammler der Lufingerstrasse entwässern über eine Sammelleitung direkt in den Buehalmbach. In einem Versuch zusammen mit dem Tiefbauamt des Kantons Zürich wurden die Strassensammler mit Geotextilfiltersäcken ausgerüstet.

### 3.2 Schacht mit Geotextilfiltersack

Beim Schacht mit Geotextil handelt es sich um ein separates Bauwerk zur Reinigung des Strassenabwassers. Der Geotextilfiltersack ist in den Schacht eingehängt. An die Zulaufleitung zum Schacht können ein oder mehrere Schlammsammler oder Entwässerungsrinnen angeschlossen sein.

Die Auslaufleitung ist möglichst tief anzuordnen, damit sich das Abwasser im Sack möglichst hoch aufstauen kann und die Filtration durch das Geotextil mit grösserem Druck ablaufen kann. Die grösste Niveaudifferenz zwischen Zu- und Auslauf ergibt sich, wenn die Auslaufleitung auf der Höhe des Schachtbodens angeordnet wird. In diesem Fall kann der Geotextilsack bei Trockenwetter ganz abtropfen. Steht weniger Höhendifferenz zwischen Zu- und Auslauf zur Verfügung, dann ist der Schachtboden tiefer als die Auslaufleitung. Der Schacht hat einen Absetzraum, in den der Sack permanent eintaucht.

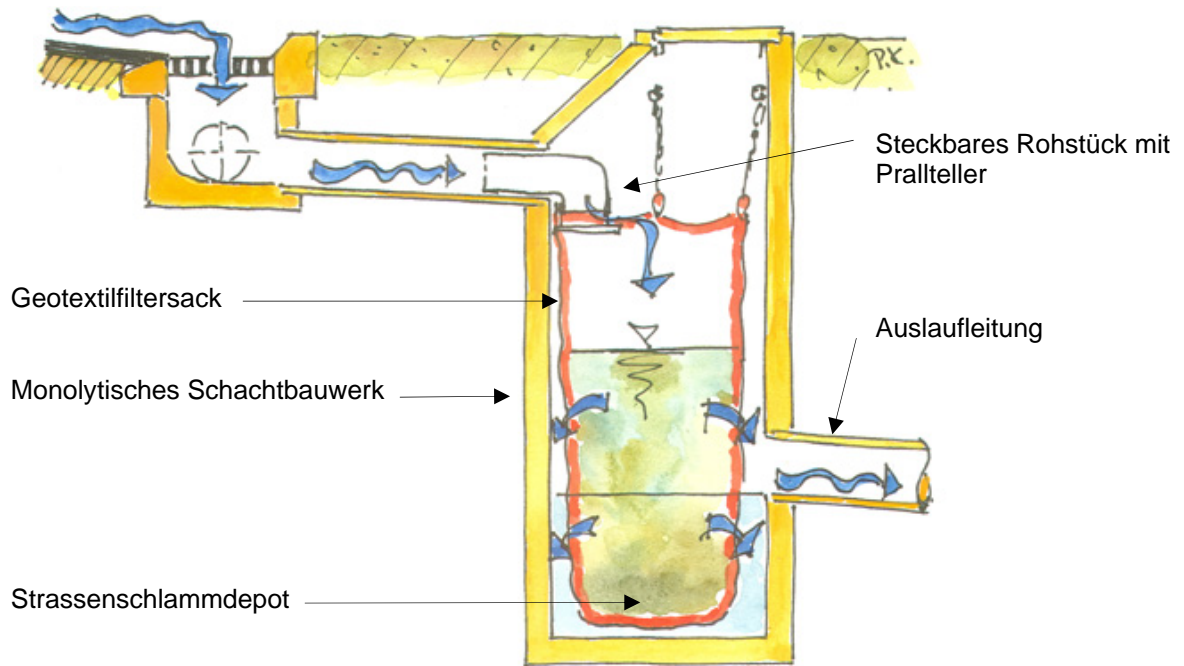


Abbildung 17: Schacht mit Geotextilfiltersack

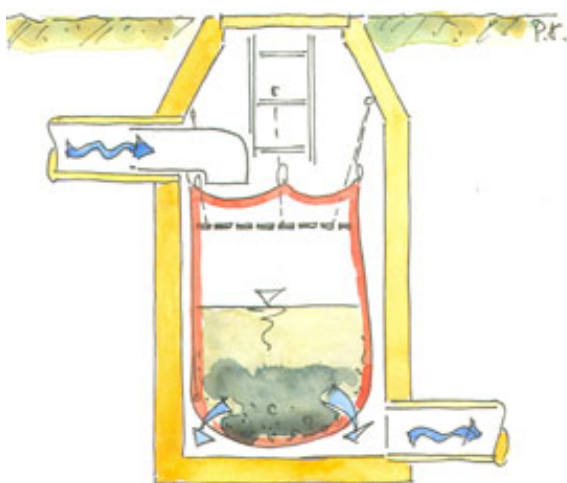


Abbildung 18: Schacht mit tiefem Auslauf

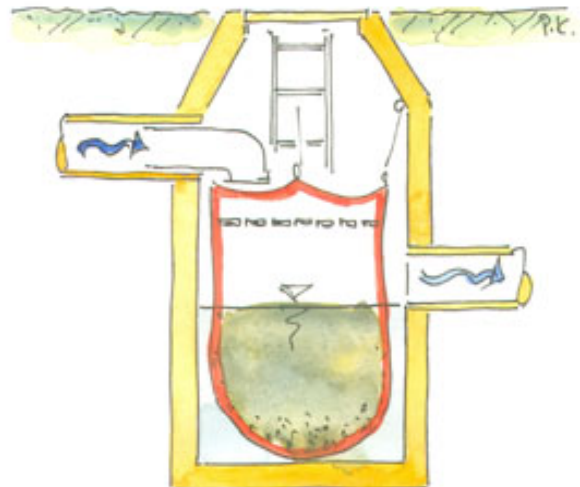


Abbildung 19: Schacht mit höher liegendem Auslauf und mit Abwasser gefülltem Absetzraum

Die folgenden beiden Beispiele zeigen Schächte mit Geotextilfiltersack. Das erste Beispiel zeigt die Abwasserentsorgung der Bremgartenstrasse in Bern. Das Strassenabwasser wird über Versickerungsschächte in den Untergrund eingeleitet, die sich ca. 5 m von der Strasse entfernt im Bremgartenwald befinden. Zum Rückhalt von Strassenschlamm wurden in zwei Schächten im Rahmen der Pilotversuche dieses Forschungsprojektes Geotextilfiltersäcke eingehängt. Damit konnte eine grosse Schlammmenge zurückgehalten werden.



Abbildung 20: Das Strassenabwasser der Bremgartenstrasse in Bern wird mit Versickerungsschächten in den Boden eingeleitet.



Abbildung 21: Versickerungsschacht mit eingehängtem Geotextilsack. Nach dem Gewitterregen ist der Sack mit Strassenabwasser gefüllt.



Abbildung 22: Entnahme des Sacks. Mit einem Lastwagenkran wurde der Sack mit dem gesamten Inhalt aus dem Versickerungsschacht herausgezogen.

Das zweite Beispiel zeigt die neu erstellten Schächte mit Geotextilfiltersack in der Avenue de Lavaux in der Stadt Pully. Das Strassenabwasser wird am Strassenrand in konventionellen Strassenabwasser-Einlaufschächten gesammelt und den Filterschächten zugeleitet. Diese befinden sich im Trottoir und sind so für den Unterhalt jederzeit gut zugänglich.



Abbildung 23: Avenue de Lavaux in Pully. Das Strassenabwasser wird vom Strassen-Einlaufschacht in den Filterschacht geleitet.



Abbildung 24 : Blick in den Strassenabwasser-Filter schacht mit Geotextilsack.

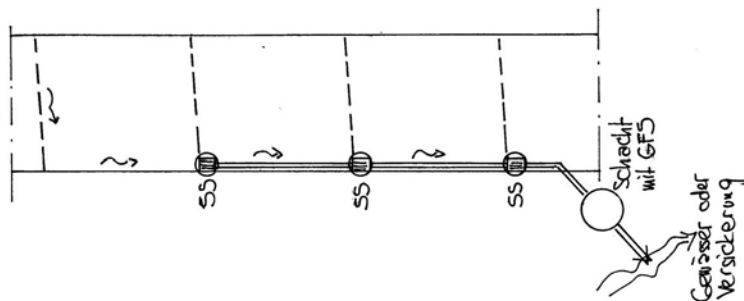


Abbildung 25: Disposition eines Schachtes mit Geotextilfiltersack. Die Strasse ist nach heutigem Stand der Technik entwässert mit Schlammsammlern, die an eine Entwässerungsleitung angeschlossen sind. Vor der Einleitung in ein Gewässer oder vor einer Versickerung befindet sich der Schacht mit dem Geotextilsack.

### 3.3 Funktionsweise eines Strassenabwasser - Filterschachtes

Das Regenwasser fliesst von der Strasse in den Strassenabwasser-Filterschacht entweder direkt durch den sich oben im Schacht befindenden Einlaufrost, oder durch eine sich im Randstein befindende seitliche Einlauföffnung oder über eine Zulaufleitung. Nach Regenbeginn fliesst das Strassenabwasser in den Geotextilsack und füllt diesen bei den meisten Regen relativ rasch bis zum oberen Sackrand (Nr.1). Gleichzeitig beginnt die Filtration des Abwassers durch das Geotextil (Nr. 2), welches einen grossen Teil der Feststoffpartikel zurückhält. Das nach dem Auffüllen des Geotextilsackes zufließende Strassenabwasser fliesst entweder seitlich über den Sackrand in den Schacht (Nr. 3) und in den Ablauf oder staut zurück in den Schachteinlauf, sofern der Sack dicht in den Schacht eingespannt ist (Nr. 6). Nach dem Regen filtriert das Abwasser im Schacht langsam durch die Sackwand bis sich der Sack wieder im Ursprungszustand befindet (Nr. 5). Je grösser die Belegung des Sackes mit Feststoffpartikeln ist, umso langsamer verläuft der Entleerungsprozess des Sackes.

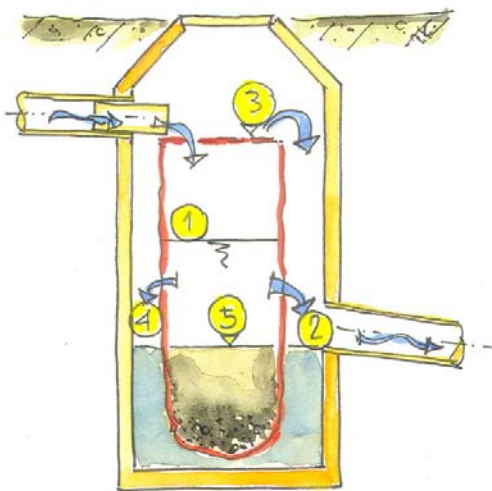


Abbildung 26: Strassenabwasser-Filterschacht mit Überlauf über den oberen Sackrand.

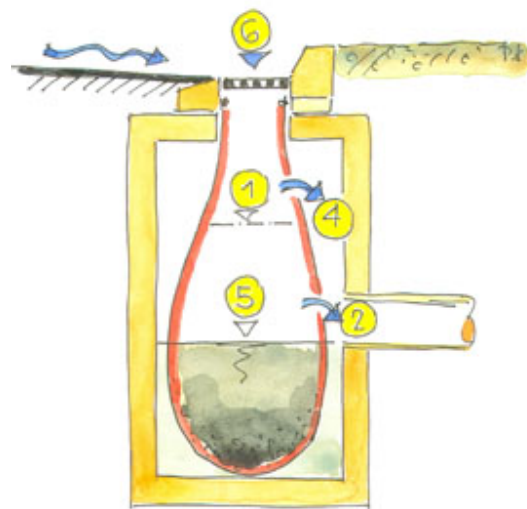


Abbildung 27: Strassenabwasser-Filterschacht ohne Überlauf des Geotextilsackes.

Die Funktionsweise:

1. Füllen des Geotextilfiltersacks
2. Filtration durch die Sackwand
3. Aufstau bis zum Überlauf (bei freihängenden Säcken)
4. Filtration während Stunden oder Tagen
5. Wasserstand während der Trockenzeit (solange das Geotextil voll durchlässig ist)
6. Rückstau bis auf Strassenniveau (bei eingespannten Säcken)

Bei Schächten, in denen der Geotextilsack frei eingehängt ist und das Abwasser durch eine Leitung in den Schacht geführt wird, ist darauf zu achten, dass die Geschwindigkeit des Abwassers beim Eintritt in den Geotextilsack möglichst klein ist, damit im Sack keine Feststoffpartikel aufgewirbelt werden. Der Einbau eines Pralltellers oder Verteilblechs zur Energieumwandlung ist generell zu empfehlen. Bei Zufluss des Strassenabwassers über den Schachtrost ist die Gefahr der Aufwirbelung wesentlich kleiner.

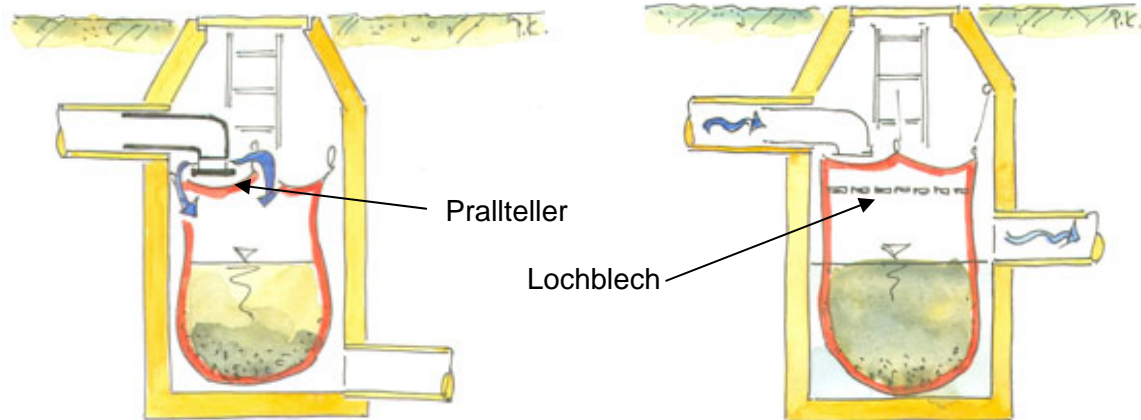


Abbildung 28: Strassenabwasser-Filterschacht mit einem Prallteller nach dem Einlaufbogen zur Dämpfung der zuströmenden Wassermenge. Das Abwasser tropft vom Prallteller in den Sack.

Abbildung 29: Strassenabwasser-Filterschacht mit einem Lochblech oben im Geotextilsack zur Dämpfung der zufließenden Abwassermenge und zur Vermeidung von Aufwirbelungen von abgesetztem Schlamm. Die Öffnungen des Lochblechs dürfen nicht zu klein sein, damit es nicht verstopft.

### 3.4 Konstruktion von Strassenabwasser - Filterschächten

#### 3.4.1 Schachtbauwerk

Das Schachtbauwerk kann entweder aus monolithischen Betonfertigteilen oder aus elastisch gedichteten Betoneinzelteilen oder aus Ortsbeton erstellt werden. Es empfiehlt sich das Schachtbauwerk für Unterhalts- und Kontrollarbeiten mit einer Leiter auszurüsten. Der Einstieg sollte einen Durchmesser von mindestens 600 mm aufweisen.

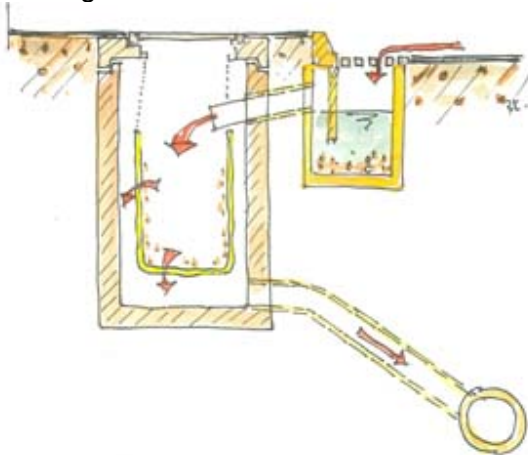


Abbildung 30: Schachtbauwerk aus einem monolithisches Betonfertigteile.

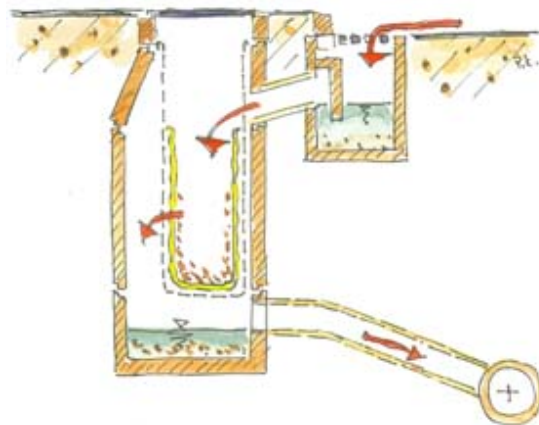


Abbildung 31: Schachtbauwerk aus elastisch gedichteten Einzelteilen.

#### 3.4.2 Absetzraum

Ein Schlammfänger hat immer einen Absetzraum mit stehendem Abwasser. Ein Schacht mit Geotextilsack kann mit oder ohne Absetzraum ausgebildet werden. Bei Schächten mit Absetzraum ragt der Geotextilsack immer in den Absetzraum hinein. Ein vollständiges Abtropfen und Entwässern des Sackes ist in diesen Fällen nicht möglich.

### 3.4.3 Zufluss zum Geotextilsack

Bei Schächten mit Geotextilfiltersack erfolgt der Zufluss zum Geotextilfiltersack über ein steckbares Rohrstück, das in die Zuflussleitung eingeschoben wird. Damit wird erreicht, dass das Abwasser in den Geotextilsack gelangt und nicht am Schacht vorbei fliesst. Um das Aufwirbeln und Abschwemmen von abgesetztem Schlamm zu vermeiden empfiehlt sich der Einbau von geeigneten Schikanen wie Prallteller oder Lochbleche.

Der Pilotversuch an der Moosstrasse in Gümligen zeigte deutlich, dass bei stärkeren Regenfällen ein grosser Teil des im Geotextilsack abgelagerten Strassenschlammes wieder ausgeschwemmt wurde. Das Strassenabwasser floss ohne jegliche Dämpfung mit grosser Geschwindigkeit in den Geotextilsack und erzeugte damit sehr viel Turbulenz.

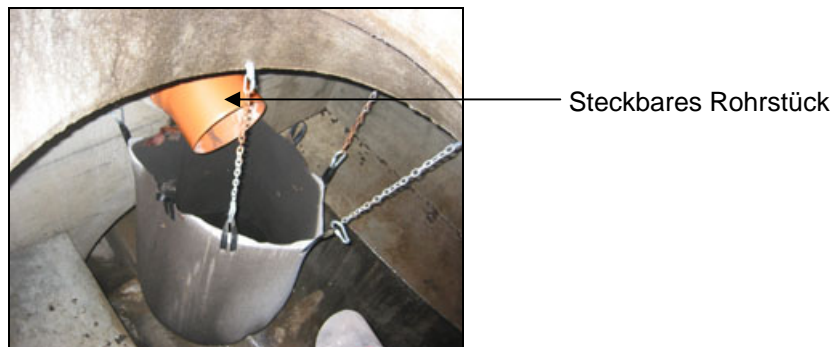


Abbildung 32: Geotextilfiltersack in der Moostrasse in Gümligen: der Zufluss fällt ungebremst in den Filtersack und erzeugte eine grosse Turbulenz, die zur Aufwirbelung des abgelagerten Schlammes führte.

Im Filterschacht auf der Autobahn A6 bei Allmendingen wurde ebenfalls ein grosser Teil des Schlammes bei grösseren Regen ausgespült. Für eine weitere Versuchsphase wurde deshalb ein Prallteller montiert. Über die Auswirkungen auf den Schlammrückhalt können zurzeit noch keine Angaben gemacht werden, da der Versuch noch läuft.



Abbildung 32a: Beispiel eines Pralltellers.

### 3.4.4 Auslaufleitung

Die Auslaufleitung ist möglichst tief anzuordnen. Damit wird die Differenz zwischen Wasserspiegel im Sack und der Sohlenkote der Auslaufleitung gross, was sich positiv auf die Geschwindigkeit der Filtration durch den Sack auswirkt. Ein Tauchbogen beim Auslauf ist nicht erforderlich, ausser in Fällen in denen ein Geruchverschluss erforderlich ist.

### 3.4.5 Abmessungen des Geotextilsackes

Die Abmessungen des Geotextilsackes sind optimal, wenn der Durchmesser klein und die Sackhöhe gross sind. Es empfiehlt sich den Durchmesser des Geotextilsackes 20 cm kleiner als der Schachtdurchmesser zu wählen. Es werden ein minimaler Durchmesser von 50 cm und eine minimale Höhe von 1.0 m empfohlen.

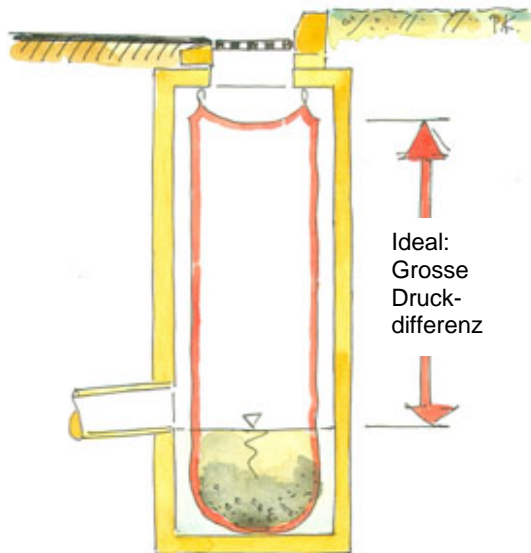


Abbildung 33: Ideale Abmessungen des Geotextilfiltersacks. Die grosse Druckdifferenz vergrössert die Filtrationsgeschwindigkeit.

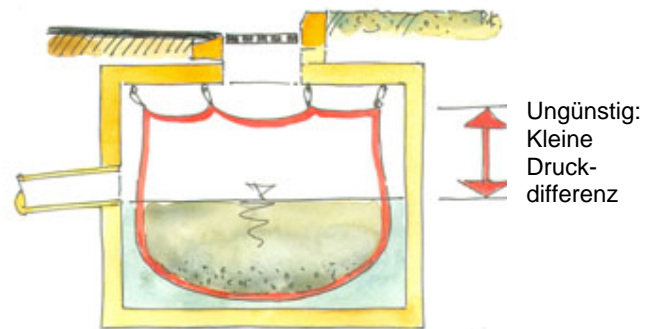


Abbildung 34: Ungünstige Abmessungen des Geotextilsacks. Die kleine Druckdifferenz ergibt eine entsprechend kleine Durchflussrate.

Ein Beispiel eines zu kleinen Sackes wurde im Rahmen der Pilotversuche zusammen mit der Gemeinde Köniz getestet. Da im Schacht lediglich eine geringe Höhendifferenz zur Verfügung stand wurde der Sack horizontal eingebaut. Oben hatte der Sack eine Überlauföffnung, damit bei stärkeren Regen das Abwasser überlaufen kann. Mit einem Spannungsring wurde der Sack in die Zulaufleitung eingespannt. Der Betrieb zeigte, dass sich bei kleineren Regen Strassenschlamm im Geotextilsack ansammelt, dass dieser aber bei den stärkeren Regen aufgewirbelt und aus dem Sack ausgeschwemmt wird.



Abbildung 35: Horizontal eingebauter Sack in einen Kanalisationsschacht in der Muhlerstrasse in Köniz. Im Sack ist schwarzer Strassenschlamm gut sichtbar. Bei starken Regen wurde der Schlamm permanent ausgewaschen.

### 3.4.6 Befestigung des Geotextilsackes

Der Geotextilsack kann mittels Spannring in den Schacht oder Schachtrahmen eingespannt oder an Schlaufen aufgehängt werden. Bei seitlichem Zulaufrohr ist mit einem steckbaren Rohrstück oder mit einem Spannring dafür zu sorgen, dass das Strassenabwasser direkt in den Sack fließt und nicht am Sack vorbei abfließen kann. Bei Einspannung des Geotextilsacks in den Schacht ist ein Überströmen nicht möglich. Bei starken Regen staut sich das Abwasser auf und kann bis auf Strassenniveau ansteigen.

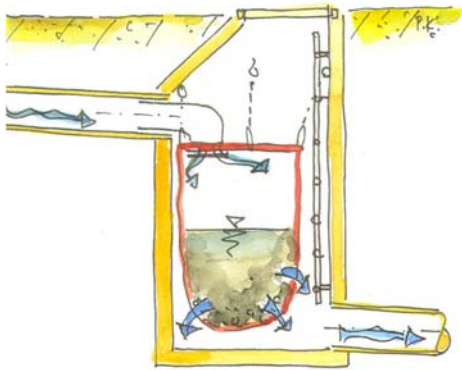


Abbildung 36: Der Geotextilsack ist mit Ketten in den Schacht eingehängt.

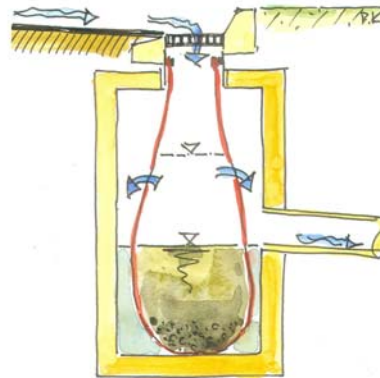


Abbildung 37: Der Geotextilsack ist mit einem Spannring oben im Schachthals befestigt.

Zum Aufhängen des Sacks empfiehlt es sich, den Sack mit Schlaufen auszurüsten. Ideal ist die Anordnung von 8 Schlaufen, die gleichmässig am oberen Rand angenäht sind. Vier Schlaufen werden verwendet um den Sack aufzuhängen, an den restlichen 4 Schlaufen kann der Sack aus dem Schacht herausgehoben werden.

Die Aufhängung ist auf verschiedenste Arten möglich. So ist eine Befestigung an Einzelhaken und mit Spannring möglich wie im folgenden Beispiel oder der Sack kann an Ketten aufgehängt werden wie beim Versuch in der Moostrasse in Gümligen.

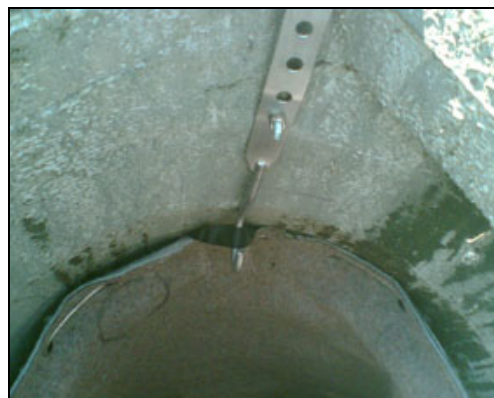


Abbildung 38: Pilotversuch an der Kantonsstrasse Kloten – Lufingen: Der Geotextilsack wird an 4 Einzelhaken aufgehängt und mit einem Spannring nach aussen an die Schachtwand gedrückt.

Eine weitere Möglichkeit für die Befestigung des Sacks ist der Einbau mit einem Rahmen, der direkt unterhalb des Einlaufrotes in den Schachthals eingespannt wird.



Abbildung 39: a) Pilotversuch an der Kantonsstrasse Kloten – Lufingen: der Einlauf des Schlammsammlers mit dem Rahmen und b) Geotextilsack mit eingepasstem Rahmen, fertig für den Einbau.



Abbildung 40: a) Pilotversuch an der Kantonsstrasse Kloten – Lufingen: der frisch eingesetzte Geotextilsack und b) der Sack lässt sich nach einigen Wochen Betrieb einfach aus dem Schlammsammler herausnehmen.

Für die Reinigung des Sacks empfiehlt es sich am Sackboden zusätzlich 4 Schlaufen anzubringen. An diesen kann der Sack für die Reinigung aufgehängt werden und der Sack von aussen nach innen mit Hochdruck abgespritzt werden.



Abbildung 41: Pilotversuche zur Eindickung des Spülwassers aus dem Mecana-Scheibenfilter im Anschluss Wangen a.A. der Autobahn A1. Der Geotextilsack ist oben mit 8 Schlaufen ausgerüstet.

### 3.4.7 Vermeidung von Rückstau auf die Strasse

Zur Vermeidung von Rückstau von Abwasser auf die Strasse kann auf der Schachtwand ein Überlaufrohr angebracht werden. Steigeisen im Schachtbauwerk verhindern ebenfalls, dass sich der Geotextilsack vollständig an die Sackwand anschliessen kann und das Überströmen des Sackes nicht mehr möglich ist. Bei Befestigung des Sackes mit einem Spannring können im oberen Bereich des Filtersackes Öffnungen herausgeschnitten werden, die ein Überlaufen ermöglichen.

## 3.5 Dimensionierung

### 3.5.1 Filteraktive Mantelfläche

Massgebend für die Dimensionierung eines Geotextilsackes ist die filteraktive Mantelfläche. Darunter wird die Fläche des Sackes verstanden, die vom Abwasser aktiv durchflossen wird.

Bei einem frei im Schacht hängenden Geotextilsack umfasst die filteraktive Mantelfläche die gesamte Geotextilmantelfläche ohne den Sackboden. Bei einem teilweise im Absetzteil des Schachtes eingetauchten Geotextilsack hingegen umfasst die filteraktive Fläche des Geotextilsackes nur die Fläche zwischen dem Ruhewasserspiegel im Schacht und der Oberkante des Sackes.

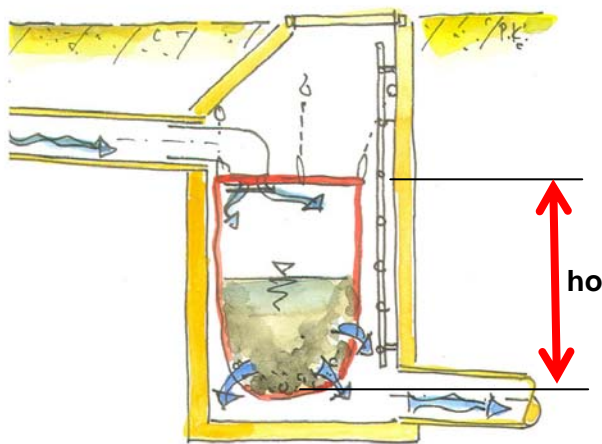


Abbildung 42: Die filteraktive Mantelfläche umfasst die Sackfläche ohne Bodenfläche

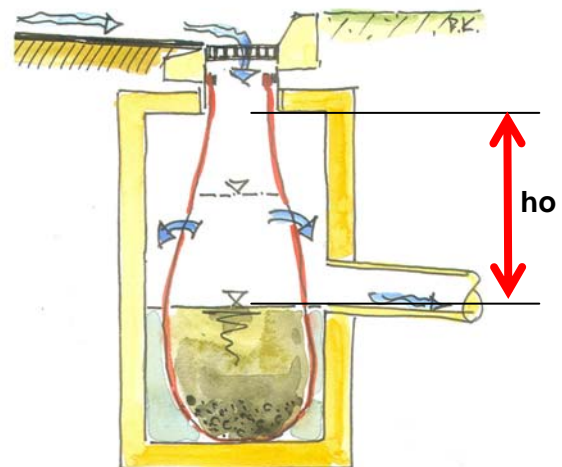


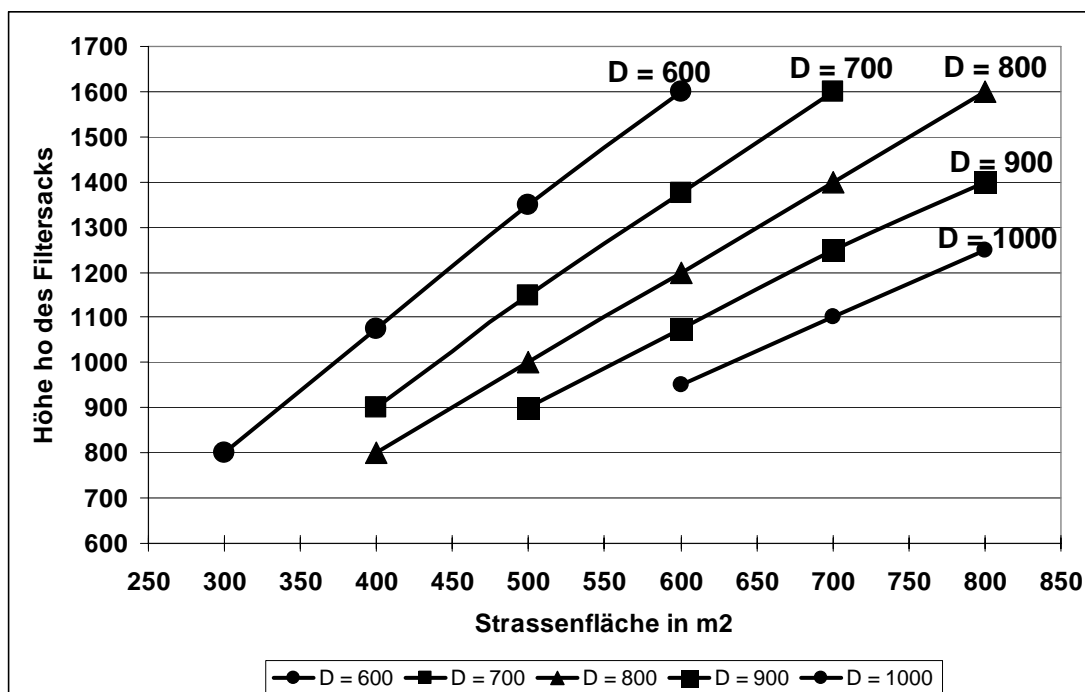
Abbildung 43: Die filteraktive Mantelfläche umfasst die Fläche zwischen Wasserspiegel und Oberkante des Sacks im Schacht.

### 3.5.2 Empfohlene Filterflächenbelastung

Als Dimensionierungswert wird eine Filterflächenbelastung von  $200 \text{ m}^2$  entwässerte Strassenfläche pro  $1 \text{ m}^2$  filteraktive Mantelfläche empfohlen. Für eine Vordimensionierung können die Abmessungen des Geotextilsackes der folgenden Tabelle resp. der Abbildung 44 entnommen werden:

Strassenfläche in m <sup>2</sup>	Filteraktive Mantelfläche in m <sup>2</sup>	Sackdurchmesser				
		600 mm	700 mm	800 mm	900 mm	1000 mm
		Sackhöhe ho in mm				
300	1.5	800				
400	2.0	1075	900	800		
500	2.5	1350	1150	1000	900	
600	3.0	1600	1350	1200	1075	950
700	3.5		1600	1400	1250	1100
800	4.0			1600	1400	1250

Tabelle 6: Dimensionierung von Geotextilfiltersäcken

Abbildung 44: Diagramm zur Bestimmung der Höhe  $h_o$  (zur filteraktiven Mantelfläche zugehörige Höhe des Filtersacks gemäss Abbildungen 42 und 43)

### 3.5.3 Durchflussrate

Die Durchflussrate (Liter Abwasser / m<sup>2</sup> Filterfläche und Sekunde) durch ein Geotextil ist sehr stark abhängig von der hydraulischen Druckhöhe. Deshalb empfiehlt es sich die Säcke möglichst hoch und schmal zu machen. Die Herstellerfirma Paul Schreck, Kreuzwerthheim, hat bei der LGA, Landesgewerbeanstalt Bayern, Laborzentrum Bau, ein Gutachten zur Untersuchung eines Filtersacks aus einer Versickerungsanlage nach 10-jähriger Betriebsdauer auf dem Betriebshof der Spedition Häring in Straubing in Auftrag gegeben. Die folgende Grafik zeigt den Vergleich der Durchflussraten durch die Wand des Filtersacks, durch den Boden des Filtersacks und durch ein neues Geotextil des Filtersacks. Man sieht einerseits wie die Durchflussrate, z.B. bei 400 mm Druckhöhe, von 200 l/m<sup>2</sup>s beim neuen Geotextil zurückgeht bei der schlamm-besetzten Wand auf wenige l/m<sup>2</sup>s, und nach dem Waschen des Sacks reduziert sich die Durchflussrate der Wand auf ca. 40% des Neuwertes.

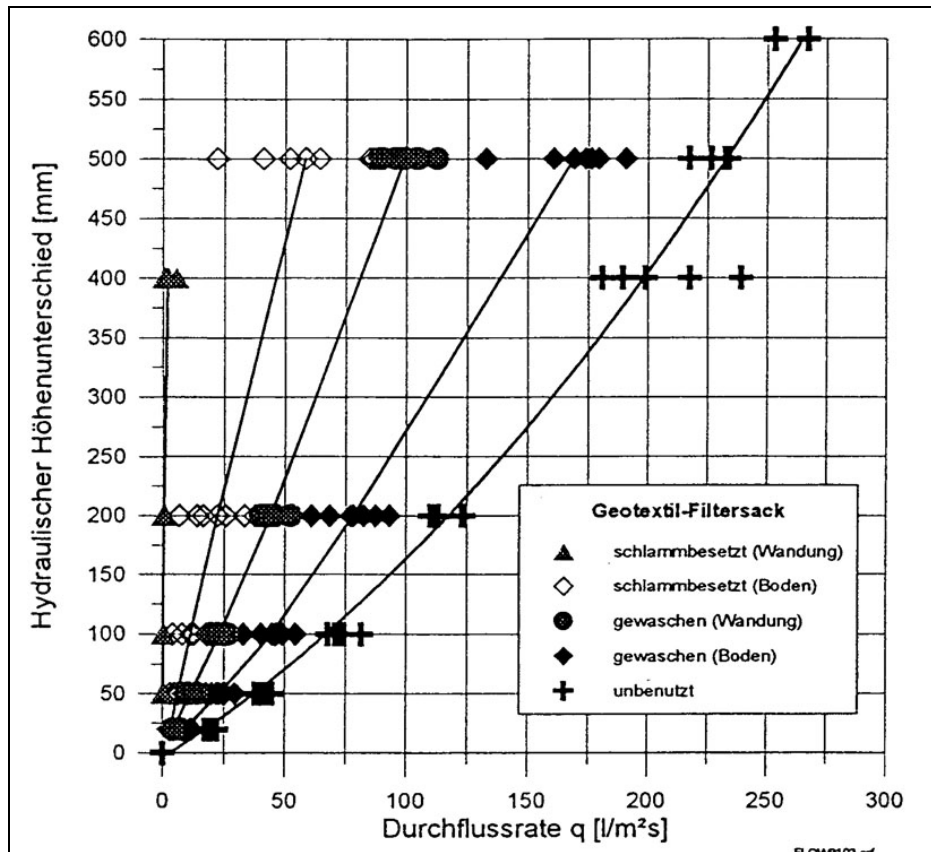


Abbildung 45: Durchflussraten von der Wand und vom Boden des Sackes nach 10-jährigem Einsatz in einem Versickerungsschacht im Vergleich zu einem neuen Geotextil [7].

Auf der Autobahn A6 zwischen Bern und Thun wurde das Strassenabwasser einer Einzugsfläche von 617 m<sup>2</sup> in einem Einlaufschacht gesammelt und einem Schacht mit einem Geotextilfiltersack von 1.00 m Durchmesser und 1.00 m Höhe zugeleitet. Die Auswertung der Wasserspiegelmessung im Sack zeigt, dass der Wasserspiegel in 3 Tagen auf den Boden des Geotextils absinkt, dies nachdem der Sack fast ein Jahr im Betrieb stand. Daraus errechnet sich eine mittlere Filtrationsmenge von 0.2 l/Min resp. eine spezifische Filtrationsgeschwindigkeit von 0.06 l/m<sup>2</sup> Min.

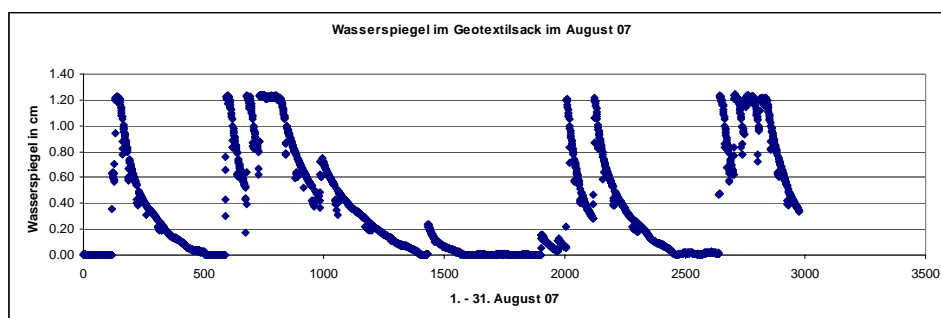


Abbildung 46: Pilotversuch Strassenabwasser-Filterschicht auf der Autobahn A6 Bern-Thun Wasserspiegelaufzeichnung für die Zeit vom 1. bis 31. August 07.

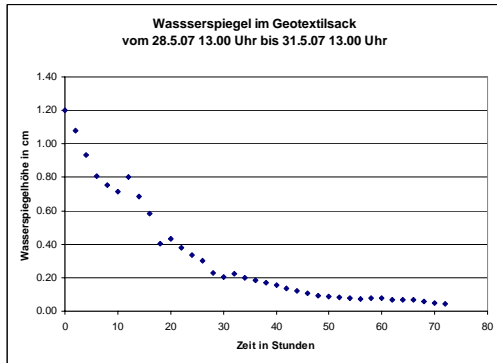


Abbildung 47: Pilotversuch Strassenabwasser-Filterschacht auf der Autobahn A6 Bern-Thun  
In 3 Tagen sinkt der Wasserspiegel auf den Boden des Geotextils.

Eine ähnliche Durchflussrate konnte beim Geotextilsack der im Versickerungsschacht Nr. 1 der Bremgartenstrasse in Bern eingesetzt war beobachtet werden. Nach 5-monatigem Einsatz sank der Wasserspiegel im Geotextilsack innerhalb von 68 Stunden auf den Boden ab. Bezogen auf den Inhalt des Sackes von 530 Litern ergibt dies eine mittlere Filtrationsmenge von 0.13 l/Min resp. eine spezifische Filtrationsgeschwindigkeit von 0.05 l/Min. und  $m^2$  Mantelfläche.

Im oberen Teil des Sacks bis auf eine Wasserspiegellänge von 30 cm lag die mittlere Filtrationsmenge ca. 3-mal höher bei 0.4 l/Min resp. die spezifische Filtrationsgeschwindigkeit von 0.16 l/ $m^2$  Mantelfläche und Min.

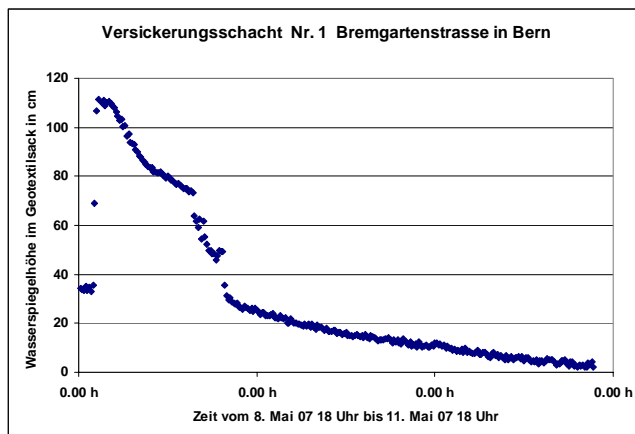


Abbildung 48: Pilotversuch im Versickerungsschacht Nr.1 der Bremgartenstrasse in Bern. Absinken des Wasserspiegels im Geotextilsack vom 8. bis 11. Mai 2007.

### 3.6 Geotextil der Firma Paul Schreck

Im abgeschlossenen Burgdorfer Forschungsprojekt „Schadstoffe im Strassenabwasser einer stark befahrenen Strasse und deren Retention mit neuartigen Filterpaketen aus Geotextil und Adsorbermaterial“ wurde erstmals in der Schweiz mit Erfolg ein Geotextilsack der Firma Paul Schreck, Kreuzwertheim, Deutschland, vertreten durch die Firma SCHOELLKOPF AG, Rümlang, eingesetzt. Im Schlussbericht schrieb die EAWAG „Geotextil ist in idealer Weise dazu eignet Strassenabwasserinhaltsstoffe zurückzuhalten“ [1]. Bei den Pilotversuchen im Rahmen dieses Forschungsprojektes wurde deshalb das gleiche Geotextil verwendet. Damit wurde versucht, die Erkenntnisse aus den früheren Versuchen umzusetzen.

Die Filtermatte aus Polypropylen- und Polyester-Fasern ist so aufgebaut, dass partikuläres Material bis ca. 2 µm Korndurchmesser zurückgehalten werden kann.

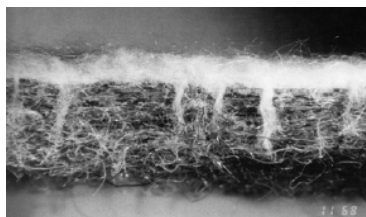


Abbildung 49: Das Bild zeigt den zweischichtigen Aufbau des Geotextils aus Polypropylen- und Polyester-Fasern.

### 3.7 Rückhalt von Strassenschlamm

Von den 11 Machbarkeitsversuchen ist in Abbildung 50 die an die Filtersäcke angeschlossene Strassenfläche pro 1 m<sup>2</sup> Filtersack-Mantelfläche dargestellt. Die Versuche 1 bis 4 und 9 bis 11 liegen im Bereich des empfohlenen Dimensionierungswertes von 200 m<sup>2</sup> / 1 m<sup>2</sup> Mantelfläche. Bei den Versuchen 5 bis 8 war die an den Sack angeschlossene Strassenfläche wesentlich grösser, so dass die Resultate dieser Messungen für die Abschätzung der Rückhaltewirkung nicht aussagekräftig sind.

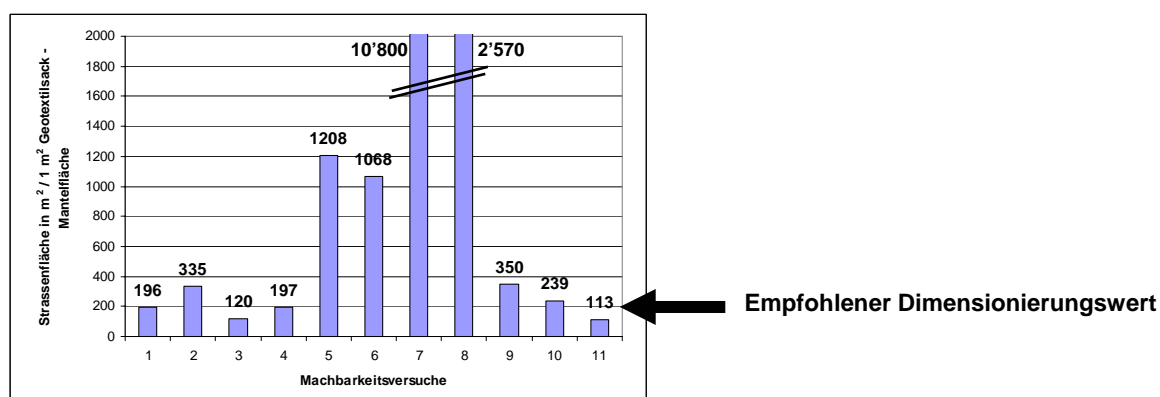


Abbildung 50: Strassenflächen in m<sup>2</sup> / 1 m<sup>2</sup> Geotextil-Mantelfläche der 11 Machbarkeitsversuche.

In den Grafiken sind die Machbarkeitsversuche wie folgt nummeriert:

1. Strassenabwasser-Filterschacht auf der Autobahn A6
2. Strassenabwasser-Versickerungsschacht Nr. 1 auf der Bremgartenstrasse in Bern
3. Strassenabwasser-Versickerungsschacht Nr. 2 auf der Bremgartenstrasse in Bern
4. Strassenabwasser-Einlaufschacht auf der Kreuzung Neufeld in Bern
5. Geotextilsack in der Strassenentwässerungsleitung Moosstrasse, Muri bei Bern
6. Geotextilsack in der Strassenentwässerungsleitung Dennigkofenweg, Muri bei Bern
7. Geotextilsack in der Strassenentwässerungsleitung Schwarzenburgstrasse, Köniz
8. Geotextilsack in der Strassenentwässerungsleitung Muhlernstrasse, Köniz
9. Pilotversuch in der Avenue de Lavaux im Schacht Lavaux 50 in der Stadt Pully
10. Pilotversuch in der Avenue de Lavaux im Schacht Lavaux 42 in der Stadt Pully
11. Pilotversuch auf der Lufingerstrasse zwischen Kloten und Lufingen

Pro Filtersack konnte eine Schlammmenge im Bereich von 20 bis 30 kg/Jahr zurückgehalten werden (Abbildung 51). Es kann erwartet werden, dass bei guter Dämpfung des Zuflusses und entsprechend geringer Auswaschung mit einer noch etwas grösseren jährlichen Schlammmenge gerechnet werden kann.

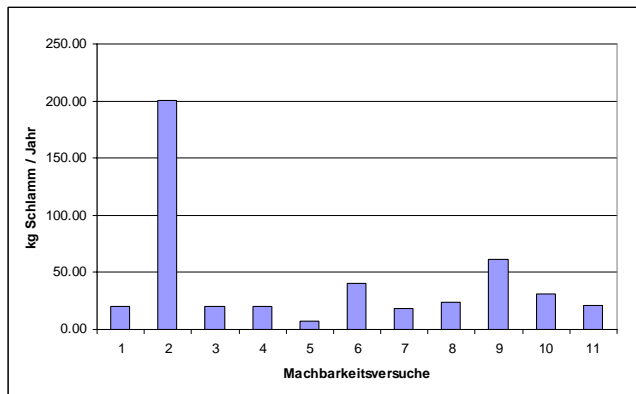


Abbildung 51: Schlammrückhalt in kg/a und pro Filtersack.

Im Rahmen der durchgeführten Machbarkeitsversuche (Detailbeschreibung im Anhang A) wurde geprüft, ob die Wirkungsweise der Geotextilfiltersäcke auf Grund der vorhandenen Messdaten abgeschätzt werden könne. Es zeigte sich, dass dies nicht möglich ist, resp. nur mit einer sehr grossen Ungenauigkeit. Für aussagekräftige Werte über den Rückhalt von GUS und Schadstoffen wären umfangreiche Untersuchungen mit Analysen der Zu- und Ablaufkonzentrationen und der zurückgehaltenen Schlamm-mengen erforderlich. Bei der Definition des Forschungsauftrags wurde jedoch festgelegt, dass es sich bei dieser Arbeit um eine Machbarkeitsstudie handelt ohne grossen Mess- und Laboraufwand. Es können deshalb keine gesicherten Aussagen über die Rückhalteleistung von Strassenabwasser – Filterschächten bezüglich der gesamten ungelösten Stoffe GUS und der Schwermetalle gemacht werden.

## 3.8 Betrieb und Unterhalt

### 3.8.1 Filterleistung

Auf der Innenfläche des Filtersackes akkumulieren die Feststoffe und bewirken einerseits eine zunehmend bessere Rückhalteleistung, aber auch einen zunehmenden Druckverlust. Dies führt dazu, dass die Filterleistung (Abwassermenge pro Filterfläche) gegenüber einem Geotextil im Neuzustand abnimmt. Die Funktionstüchtigkeit ist direkt von der Dimensionierung des Strassenabwasser – Filterschachtes (Schachtbauwerk und Filtersack) und von der Menge und dem Grad der Verschmutzung des Strassenabwassers abhängig.

### 3.8.2 Betriebskontrolle

Die Betriebskontrolle eines Strassenabwasser – Filterschachtes beschränkt sich auf eine periodische Kontrolle. Dabei ist zu überprüfen, ob sich der Wasserspiegel im Schacht bei Trockenwetter auf das Minimalniveau absenkt. Sobald sich der Wasserspiegel nicht mehr auf das Ursprungsniveau absenkt, ist der darunterliegende Teil des Sackes nicht mehr durchlässig.

### 3.8.3 Aussaugen des Schlammes

Wenn nur noch der obere Teil des Geotextilsackes durchlässig ist, kann der Schlamm mit dem Saugwagen aus dem Sack herausgesogen werden, ohne dass der Geotextilsack aus dem Schacht ausgebaut wird. Diese Reinigung kann mehrere Male stattfinden, bis der Sack definitiv ausgebaut und durch einen neuen Sack ersetzt wird.



Abbildungen 52 und 53: Pilotversuch an der Kantonsstrasse Kloten – Lufingen, vorne auf dem Saugschlauch des Saugwagens wurde ein kleiner Seiher montiert. Damit konnte der Sack ideal ausgesaugt werden, ohne dass der Sack vom Saugwagen angesogen wurde.

### 3.8.4 Reinigung der Geotextilsäcke

Geotextilsäcke können mit einem Wasserstrahl von aussen nach innen gereinigt und nach dem Trocknen wieder eingebaut werden. Um den Ausbau zu erleichtern, sollte das anstehende Wasser abgesaugt werden, bevor der Filtersack mit den abgelagerten Feststoffen ausgebaut wird. Im Normalfall sollte eine Reinigung ca. einmal pro Jahr vorgenommen werden. Nach ca. drei Reinigungen empfiehlt es sich, den Filtersack zu ersetzen.



Abbildung 54: Entnahme des Geotextilsacks mit dem Saugwagen.



Abbildung 55: Aussaugen des Geotextilsacks mit dem Saugwagen.

## 4 Folgerung / Ausblick

Sedimentuntersuchungen im kleinen Fließgewässer Urtenen haben ergeben, dass der Sedimentzustand bezüglich der Schwermetalle Kupfer und Zink nur gerade beim Auslauf aus dem Moossee als gut bezeichnet werden kann. Im anschließenden Gewässerabschnitt sind die Konzentrationen an Zink und Kupfer durchwegs sehr hoch. Diese Schwermetalle stammen von direkt eingeleitetem Strassenabwasser und aus Entlastungen der Mischkanalisation. Diese und ähnliche Untersuchungen zeigen deutlich, dass es richtig ist, wenn versucht wird, die von stark befahrenen Strassen abgeschwemmten Schadstoffe vor der Einleitung des Strassenabwassers ins Gewässer zurückzuhalten.

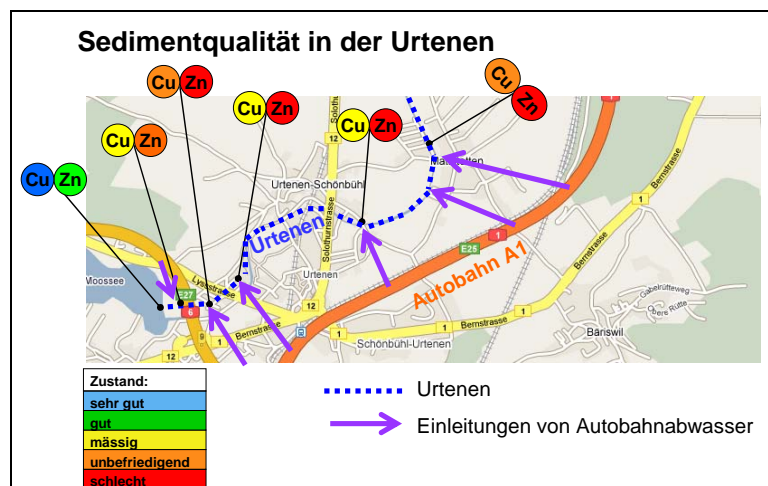


Abbildung 56: Sedimentqualität in der Urtenen, eine Untersuchung des Gewässer- und Bodenschutzlabors des Kantons Bern.

Ziel der Forschungsarbeit war es zu zeigen, ob mit geotextilen Filtersäcken stark mit Schwermetallen belasteter Strassenschlamm in Schlammsammlern und Schächten zurückgehalten werden kann. Dieses Ziel wurde erreicht. Die durchgeführten Pilotversuche haben gezeigt, dass mit Geotextilsäcken respektable Mengen des mit dem Regenwasser von Strassen abfliessenden Strassenstaubs und daran adsorbierte Schwermetalle zurückgehalten werden können. Nicht vorgesehen im Auftrag des ASTRA war die Messung und Analyse der Zu- und Abflüsse zu den Pilotanlagen. Deshalb kann zurzeit die Frage des Rückhalteeffekts von Geotextilsäcken in Strassenabwasser-Filtereschächten nicht abschliessend beantwortet werden.

Wichtig für den Erfolg sind eine zweckmässige Schachtkonstruktion und der richtige Einbau der Filtersäcke. Der vorliegende Forschungsbericht enthält eine Reihe von Konstruktionsvorschlägen. Wichtig scheint mir, dass auch in der Zukunft neue Ideen und Erfahrungen weitergegeben werden, damit mit dieser einfachen Massnahme möglichst eine grosse Wirkung erzielt werden kann.

Die Anwendung in der Praxis wird zeigen, ob der Filtersack nach ca. 1 Jahr im Einsatz durch einen neuen Sack ersetzt wird, und der gebrauchte Sack zusammen mit dem Schlamm in einer Deponie entsorgt wird, oder ob der Filtersack mehrere Male im Rahmen der Reinigung der Schlammsammler ausgesaugt wird, bevor er durch einen neuen Sack ausgetauscht wird. Ausgebaute Filtersäcke können auch mit Hochdruck gewaschen und wieder verwendet werden.

Wichtig für die Akzeptanz bei den Strassenunterhaltsbetrieben scheint mir, dass die Filterschächte so konzipiert werden, dass die Säcke einfach von der Strasse aus ein- und ausgebaut werden können.

Die Realisierung von Strassenabwasser-Filterschächten kann gefördert werden, indem von den Gewässerschutzfachstellen klare Empfehlungen gemacht werden, in welchen Situationen Schächte mit Geotextilfiltersäcken zugelassen und empfohlen sind.

Der Einbau von geotextilen Filtersäcken bei verschiedenen Pilotprojekten hat gezeigt, dass Strassenabwasser-Filterschächte eine zweckmässige Lösung darstellen um gesamte ungelöste Stoffe GUS und eine grosse Menge daran adsorbierter Schadstoffe vor dem Eintrag in kleine Fliessgewässer oder vor einer Versickerung zurückzuhalten. Sehr oft sind dabei keine baulichen Anpassungen an den bestehenden Entwässerungsanlagen nötig.

Ich hoffe, dass die Idee der Strassenabwasser-Filterschächte in der Praxis Fuss fasst, und dass weitere Untersuchungen und Messungen helfen, dass immer bessere Unterlagen zur Verfügung stehen. Ich bin gerne bereit hier weiter zu unterstützen.

Peter Kaufmann  
Projektleiter  
Dozent für Siedlungswasserbau

## 5 Dank

Das Forschungsprojekt konnte nur dank der Unterstützung verschiedenster Stellen und Institutionen, sowie der tatkräftigen Mithilfe von Kantonen, Städten und Gemeinden und privaten Firmen so erfolgreich durchgeführt werden. Ich möchte mich deshalb an dieser Stelle insbesondere bedanken bei:

VSS – Expertenkommission 2.07

Schoellkopf AG, Rümlang: Jürg Kaeser

Creabeton Materiaux SA, Lyss: Vincent Gorgé, Roland Stalder

Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern: Dr. Ueli Ochsenbein, Elmar Scheiwiller

Tiefbauamt des Kantons Bern: Max Rudin, Thomas Schmid, Andreas Schenk, Walter Brodbeck, René Wälchli

Tiefbauamt des Kantons Zürich: Wilfried Müller, Andrea Federli, Thomas Roth

Tiefbauamt der Stadt Bern: Kurt Mischler, Markus Schneider, Bruno Widmer

Gemeinde Köniz, Dienstzweig Abwasser: Urs Ammann, Adrian Gränicher, Peter Klingler

Gemeinde Muri bei Bern: Peter Aegerter, Roland Spälti, Matthias Roth, Peter Moser

Stadt Pully: Laurent Balsiger, Jean-Luc Meylan, Laurent Jayet, Jean Wasem

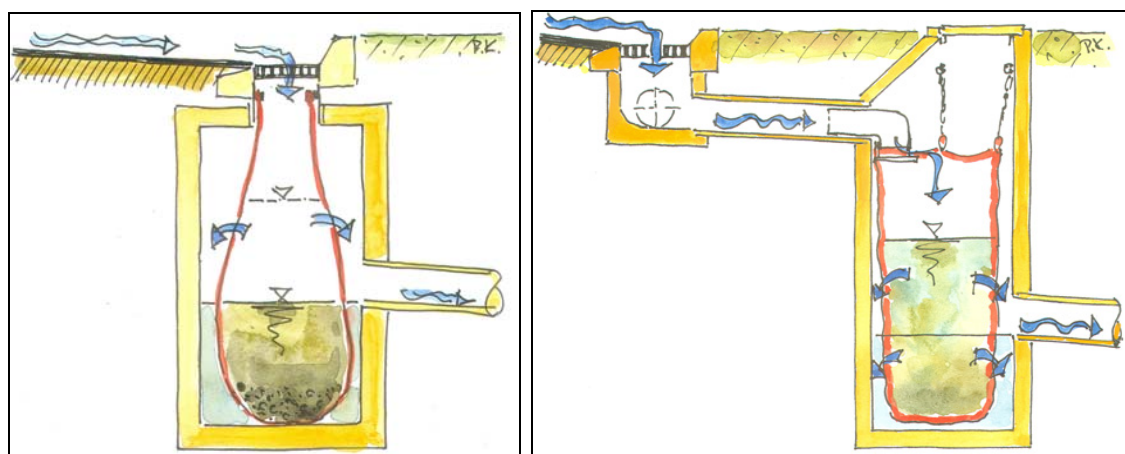
Berner Fachhochschule: Martin Stolz, Sebastian Dändliker, Peter Schmocker

## 6 Literaturverzeichnis

- [1] EAWAG/HSB/GBL/GSA: Schadstoffe im Strassenabwasser einer stark befahrenen Strasse und deren Retention mit neuartigen Filterpaketen aus Geotextil und Adsorbermaterial, Schlussbericht, 2005.
- [2] Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft: Versickerung des Niederschlagswassers von befestigten Verkehrsflächen, Entwicklungsvorhaben, 3. Zwischenbericht, 2004.
- [3] BAFU: Gewässerschutzmassnahmen bei der Entwässerung von Verkehrswegen, Wegleitung, BAFU, 2002.
- [4] VSA: Regenwasserentsorgung – Richtlinie zur Versickerung, Retention und Ableitung von Niederschlagswasser in Siedlungsgebieten, VSA, 2002.
- [5] EAWAG/HSB/GSA/GBL: Bankette bestehender Strassen – Untersuchung über die Versickerung von Strassenabwasser über Strassenrandstreifen an einer bestehenden Strasse, Schlussbericht, 2005.
- [6] E. Scheiwiller, P. Kaufmann, U. Ochsenbein, M. Rudin: Schadstoffabschwemmungen von Hochleistungsstrassen bei Regenwetter, GWA, Juli 2008.
- [7] LGA Landesgewerbeanstalt Bayern, Laborzentrum Bau: Gutachten zur Untersuchung eines Filtersacks aus einer Versickerungsanlage nach 10-jähriger Betriebsdauer, 2000.



## Anhang A: Versuche zur Machbarkeit



### Übersicht Anhang A

A1	Strassenabwasser-Filterschacht auf der Autobahn A6.....	48
A2	Strassenabwasser-Versickerungsschächte auf der Bremgartenstrasse in Bern.....	61
A3	Strassenabwasser-Einlaufschacht mit Geotextilsack auf der Kreuzung Neufeld In der Stadt Bern.....	72
A4	Geotextilsäcke in der Strassenentwässerungsleitung der Moosstrasse und Des Dennigkofenwegs in der Gemeinde Muri bei Bern.....	79
A5	Geotextilsäcke in der Strassenentwässerungsleitung der Schwarzenburg- strasse und der Muhlernstrasse in der Gemeinde Köniz.....	87
A6	Pilotversuch auf der Avenue de Lavaux in der Stadt Pully (VD).....	95
A7	Pilotversuch auf der Lufingenstrasse zwischen Kloten und Lufingen.....	102

## A1 Strassenabwasser-Filterschacht auf der Autobahn A6



Abbildung 1: Der Filterschacht mit der Zuleitung von der Autobahn A6 und der Ableitung in eine bestehende Entwässerungsleitung.

### Zusammenfassung

Dieser Machbarkeitsversuch wurde vom Tiefbauamt des Kantons Bern und dem Autobahnwerkhof Bern durchgeführt. Das Strassenabwasser eines  $617\text{m}^2$  grossen Einzugsgebietes eines Schlammsammlers auf der Autobahn A6 Bern – Thun bei Allmendingen wurde in einen speziell erstellten Betonschacht abgeleitet, der mit einem Geotextilfiltersack ausgerüstet wurde. Pro  $1\text{ m}^2$  Geotextilsack-Mantelfläche war eine Strassenfläche von  $196\text{ m}^2$  angeschlossen, was der empfohlenen Dimensionierungsempfehlung von  $200\text{ m}^2$  pro  $1\text{ m}^2$  Mantelfläche sehr genau entsprach. Der Versuch dauerte 16 Monate von 6.6.06 bis 16.10.07. In dieser Zeit wurden  $27\text{ kg}$  Schlamm resp.  $8.5\text{ kg}$  gesamte ungelöste Stoffe GUS im Filtersack zurückgehalten. Die Schlammmenge war nicht grösser, weil bei stärkeren Regen ein grosser Teil des abgelagerten Strassenschlammes aus dem Geotextilsack ausgeschwemmt wurde. Dies lag daran, dass das Strassenabwasser mit grosser Geschwindigkeit in den Geotextilsack floss und als Folge des ungebremsten Einlaufs eine grosse Turbulenz im Sack erzeugte. Es empfiehlt sich deshalb für solche Situationen, dass der Zufluss zum Geotextilsack mit einem Prallteller gebremst wird, so wie er für den weiteren Betrieb moniert wurde. Damit dürfte sich der Rückhalt von Strassenschlamm steigern lassen.

Ich danke dem Tiefbauamt des Kantons Bern und dem Autobahnwerkhof Bern für die gute Zusammenarbeit.

## Projektpartner

Tiefbauamt des Kantons Bern  
Reiterstrasse 11  
3011 Bern

Max Rudin

Autobahnwerkhof Bern  
Schermenweg 15  
3001 Bern

Andreas Schenk

## Einzugsgebiet und Versuchsinstallation

Das Versuchsgebiet umfasste das einem Einlaufschacht zufließende Strassenstück der Autobahn A6 bei Allmendingen, Fahrrichtung Bern – Thun. Die entwässerte Strassenfläche hatte eine Breite von 10.70 m und eine Länge von 57.7 m. Dies ergibt eine Strassenfläche von 617 m<sup>2</sup>.

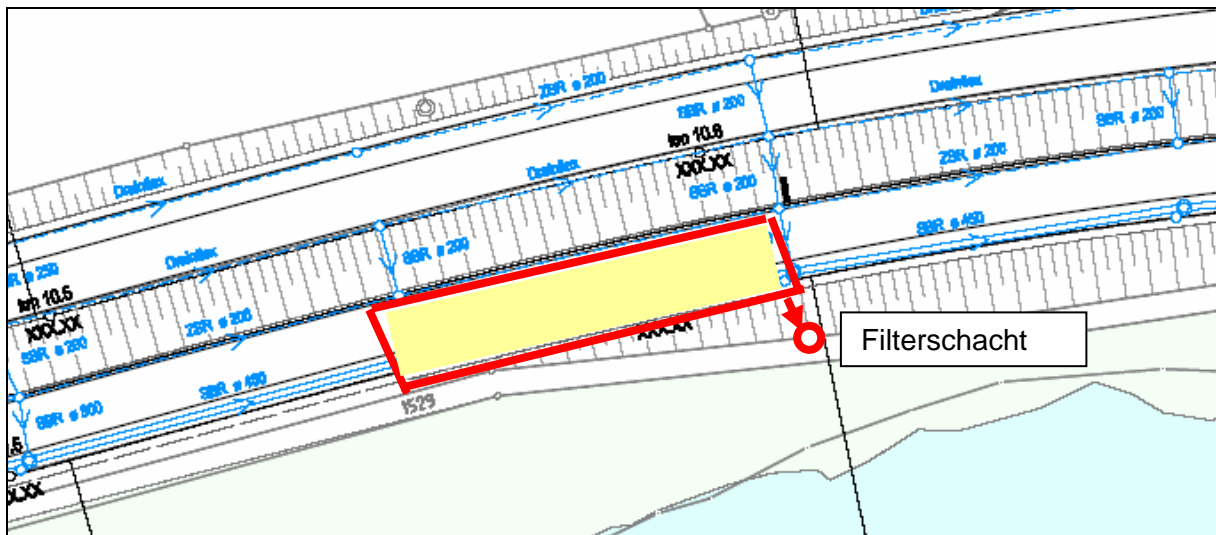


Abbildung 2: Das Einzugsgebiet auf der Autobahn A6 umfasste zwei Fahrspuren und den Standstreifen.

Der Filterschacht mit dem Geotextilsack lag ca. 10 m von der Strasse entfernt am Rand eines Waldweges etwas tiefer als die Autobahn. Somit konnte das Strassenabwasser im freien Gefälle in den Schacht fließen.

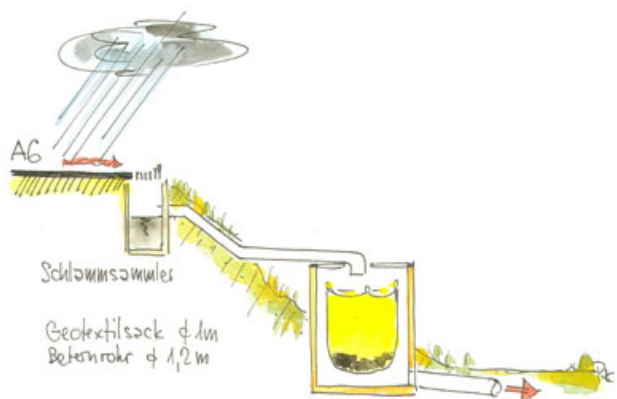


Abbildung 3: Schemaskizze der Versuchsanlage.

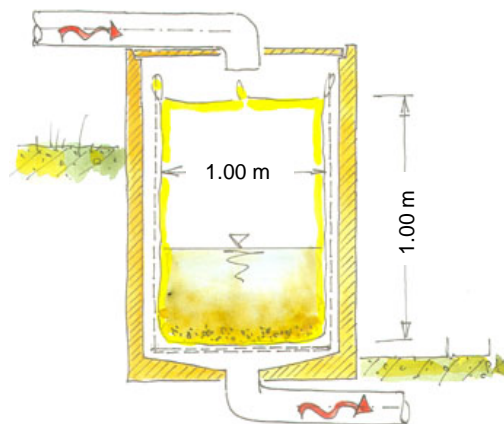


Abbildung 4: Schnitt durch den Schacht mit dem Geotextilsack

In den Betonschacht wurde ein Metallgestell mit Haken gestellt, in das der Geotextilsack eingehängt wurde. Der Schacht war überdeckt und von der Hangseite für Kontrollen gut zugänglich. Später wurde die Installation ergänzt mit einem Messgerät zur Erfassung der Wasserspiegelhöhe im Schacht.

Der Geotextilsack wurde von der Firma Paul Schreck in Deutschland produziert und von der Firma Schoellkopf, Rümlang, Generalvertreter für die Schweiz, zur Verfügung gestellt. Er hatte folgende technischen Daten:

- Durchmesser 1.00 m
- Höhe 1.00 m
- Volumen 0.78 m<sup>3</sup>
- Mantelfläche 3.14 m<sup>2</sup> (Seitenwände ohne Boden)
- Strassenfläche / 1 m<sup>2</sup> Mantelfläche 196 m<sup>2</sup>

Im Geotextilsack kann somit ein Abfluss von 1.5 mm Abflusshöhe aufgefangen werden. Grössere Regen überlaufen.

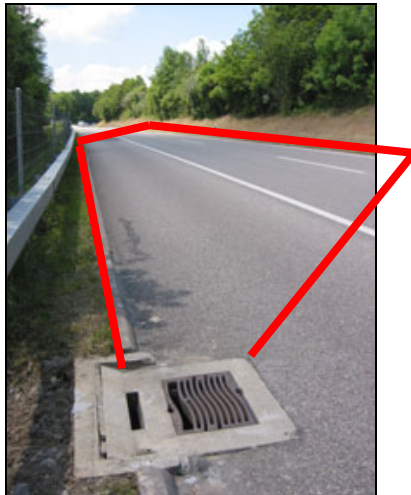












Abbildung 5: Einlaufschacht auf der A6 mit dem daran angeschlossenen Autobahnteilstück.

### Versuchsablauf

Datum	Ereignis	Foto
6.6.06	Abnahme des fertigen Schachtes und Inbetriebnahme des Versuchs.	 Abbildung 6
28.6.06	Auf der Sackinnenseite beginnt sich nach ersten grösseren Regenfällen eine Schlammschicht aufzubauen, im Sack ist alles Strassenabwasser abgeflossen.	 Abbildung 7

8.8.06	Der Sack ist überlaufen. Unten im Sack steht noch Abwasser, das langsam aus dem Sack sickert.	
10.9.06	Am Boden des Sackes ist eine dicke Schlammschicht. An den Wänden des Sackes haftet wenig Material.	
16.10.06	Der Sack ist überlaufen. Am Boden des Sackes ist noch ein Schlamm-Wassergemisch sichtbar.	
6.11.06	Die Sackwände sind trocken. Unten im Sack befindet sich eine dicke Schlammschicht.	
29.11.06	<p>Bei Regen ist der Sack gefüllt mit Abwasser. Es fließt immer noch Abwasser in den Sack. Dieser ist überlaufen.</p> <p>Der Zufluss des Regenwassers zum Einlaufschacht.</p> <p>Entlang des Strassenrandes fließt das Regenwasser zum Einlaufschacht.</p>	 <p>Abbildung 12</p>  <p>Abbildung 13</p>  <p>Abbildung 14</p>

4.2.07	Die Schlammschicht enthält viel Laub sowie Papierabfälle. Das Wasser ist vollständig abgeflossen.	 <p>Abbildung 15</p>
17.3.07	Der Sack ist noch teilweise gefüllt mit Abwasser. Der Wasserspiegel hat praktisch keine Schwimmstoffe mehr, da diese über den Sackrand in den Ablauf überlaufen sind.	 <p>Abbildung 16</p>
16.4.07	Einbau eines Messgerätes zur Erfassung des Wasser- resp. Schlammspiegels.	 <p>Abbildung 17</p>
27.5.07	Am Boden des Sackes wird die Schlammschicht immer dicker. Die Schlammschicht an den Wänden ist dünn.	 <p>Abbildung 18</p>
3.7.07	Ein grosser Teil des Laubs schwimmt oben auf und überfällt in den Ablauf, sobald der Wasserspiegel im Sack den oberen Rand erreicht hat.	 <p>Abbildung 19</p>
29.8.07	Der Sack ist vom vorangehenden Regen noch teilweise mit Abwasser gefüllt.	 <p>Abbildung 20</p>
16.10.07	Ausbau des Sackes. Der Sack wird mit dem Lastwagenkran aus dem Schacht gezogen. Der Versuch wurde damit abgeschlossen.	 <p>Abbildung 21</p>

## Regendaten

Für die Auswertungen betrachten wir die vier Monate Mai bis August 07. Der Geotextilsack ist zu Beginn der Auswerteperiode am 1.5.07 bereits 11 Monate im Betrieb. Die Regendaten stammen von dem in ca. 1 km Entfernung stehenden Regentmesser der Messstation Allmendingen.

Die folgenden Bilder zeigen die gemessenen Regenintensitäten und die Regenereignisse mit mehr als 2 mm Niederschlag.

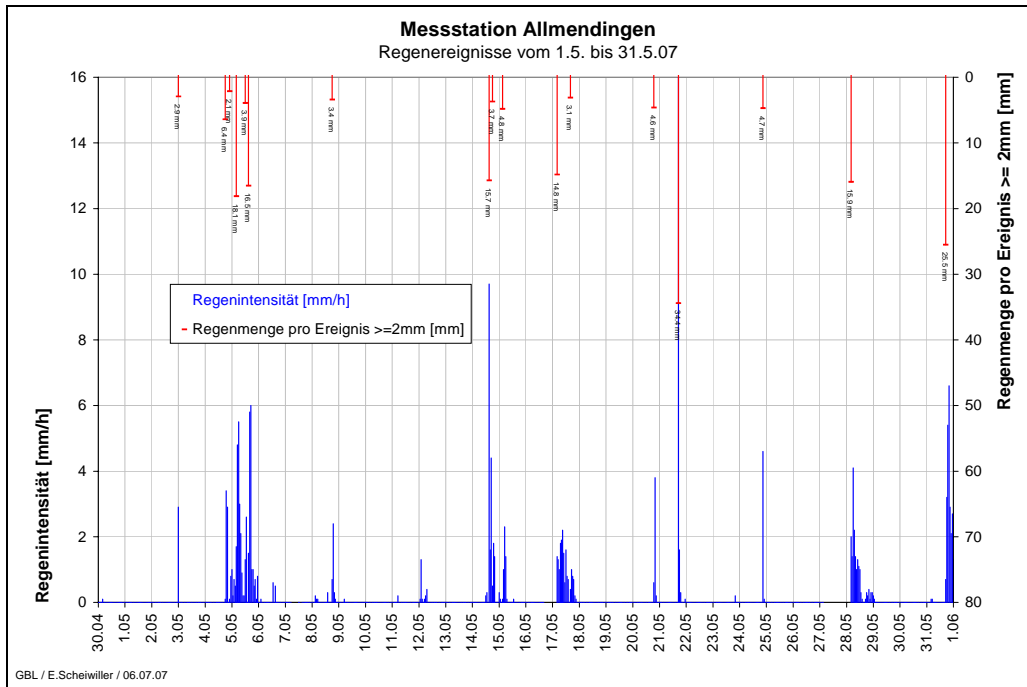


Abbildung 22: Regen im Monat Mai 07

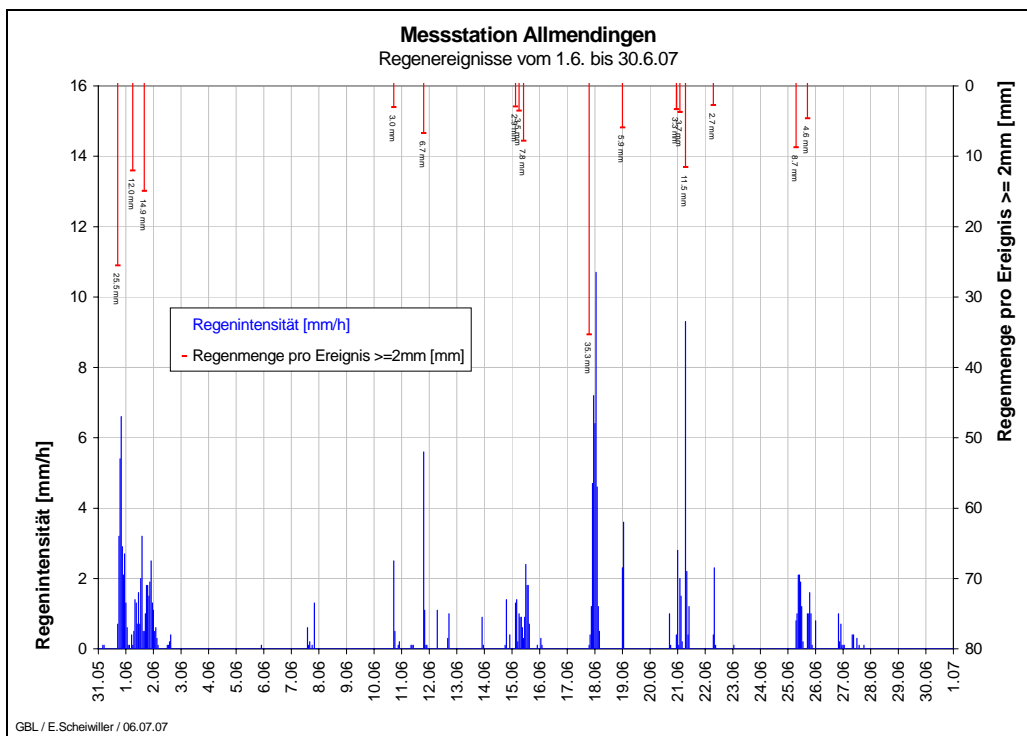


Abbildung 23: Regen im Monat Juni 07

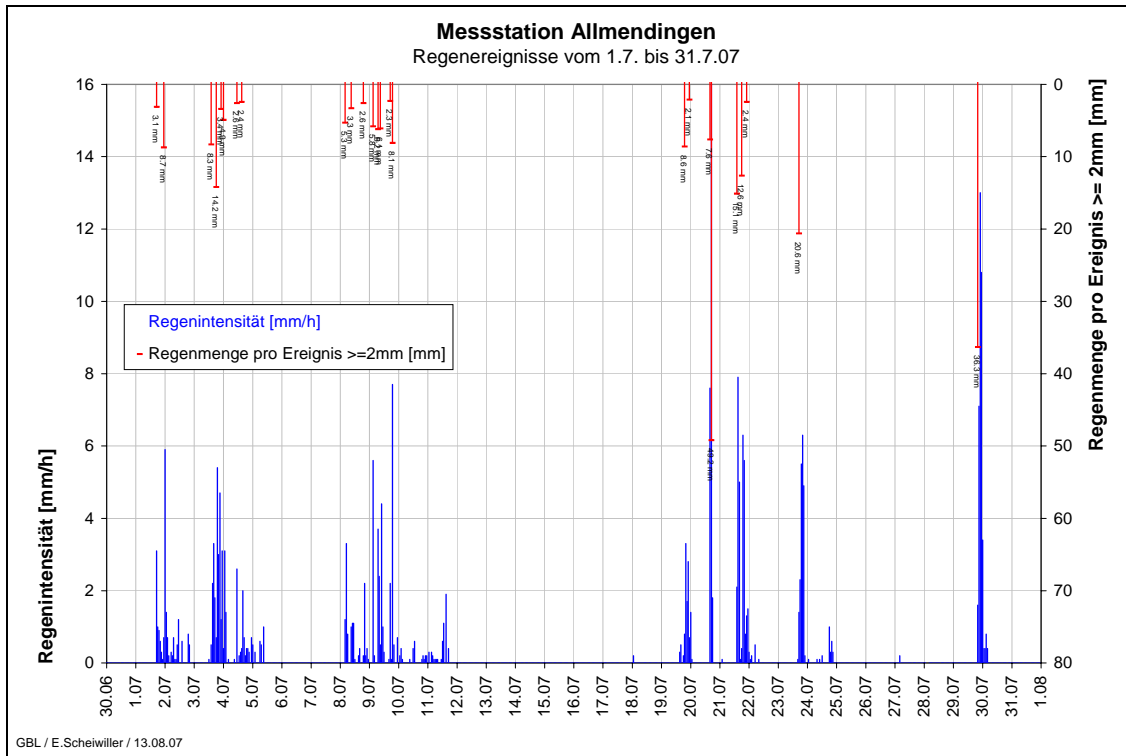


Abbildung 24: Regen im Monat Juli 07

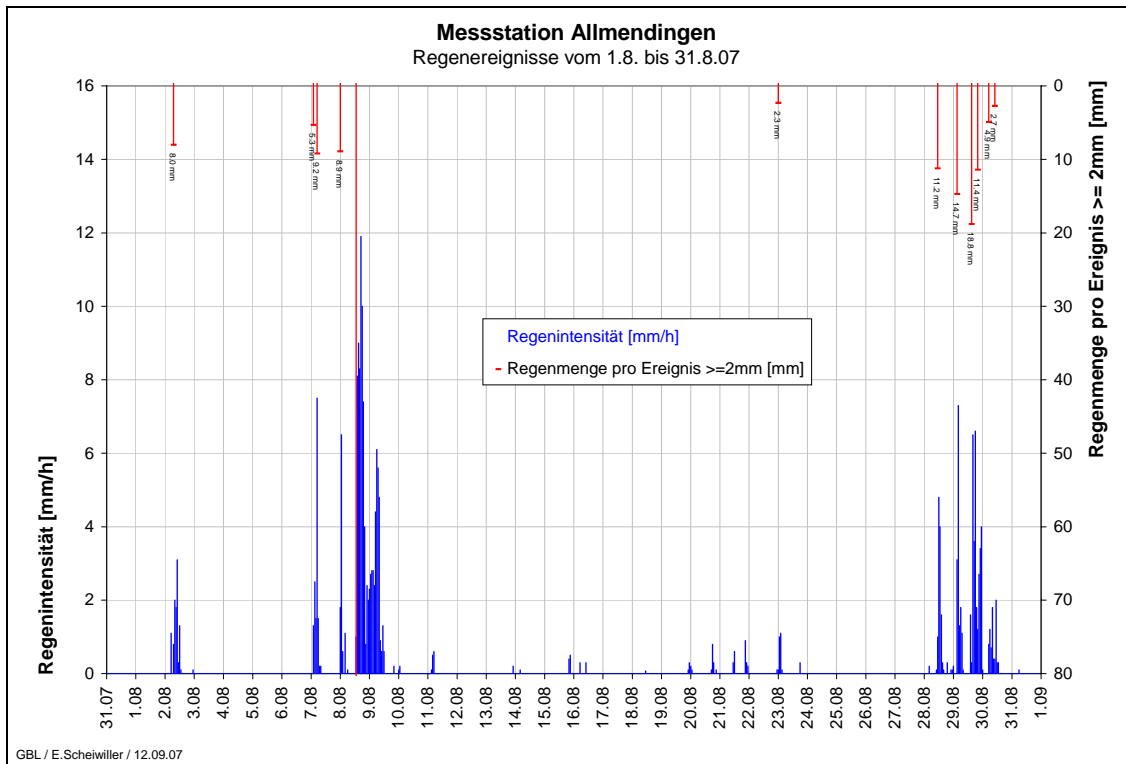


Abbildung 25: Regen im Monat August 07

Zusammengefasst ergeben sich die folgenden Regendaten:

Monat	Regenhöhe pro Monat in mm	Regenmenge pro Monat in m <sup>3</sup>	Anzahl Regen > 2mm	Regendauer pro Monat in Stunden
Mai 07	209.3	129.1	18	76.4
Juni 07	148.3	91.5	15	55.2
Juli 07	274.3	169.2	25	52.4
August 07	215.5	133.0	12	57.0
<b>Total</b>	<b>847.4</b>	<b>522.8</b>	<b>70</b>	<b>241.0</b>

Tabelle 1: Regenhöhen und Regenmengen der Monate Mai bis August 07

### Regenabflüsse

Für die vier Monate Mai bis August 07 können die Abflüsse zum Geotextil-Filterschicht unter Berücksichtigung eines Abflussbeiwertes von 70% wie folgt abgeschätzt werden:

Monat	Abflusshöhe pro Monat in mm	Abflussmenge pro Monat in m <sup>3</sup>	Anzahl Abfluss-Ereignisse	Abflussdauer pro Monat in Stunden
Mai 07	142.9	88.2	18	63.4
Juni 07	74.9	46.2	15	57.4
Juli 07	163.4	100.8	25	60.0
August 07	163.7	101.0	12	60.4
<b>Total</b>	<b>544.9</b>	<b>336.2</b>	<b>70</b>	<b>241.2</b>

Tabelle 2: Abflusshöhen und Abflussmengen in den Monaten Mai bis August 07

### Abschätzung der Überlaufmenge

Die Überlaufmenge kann abgeschätzt werden indem angenommen wird, dass sich der Sack an Tagen mit grösseren Regen maximal einmal füllen kann resp. bei kleineren Regenfällen entsprechend der Abflussmenge nur teilweise füllt. Über die 4 Monate ergibt das eine Wassermenge von 54.6 m<sup>3</sup>, die im Sack aufgefangen wird und langsam durch das Geotextil filtriert wird. Die Überlaufmenge ergibt sich als Differenz zwischen der Abflussmenge von 336.2 m<sup>3</sup> minus die 54.6 m<sup>3</sup> zu total 282 m<sup>3</sup> resp. zu 84% des Regenabflusses. Der Anteil des Abwassers, der durch den Sack filtriert wird beträgt somit 16%.

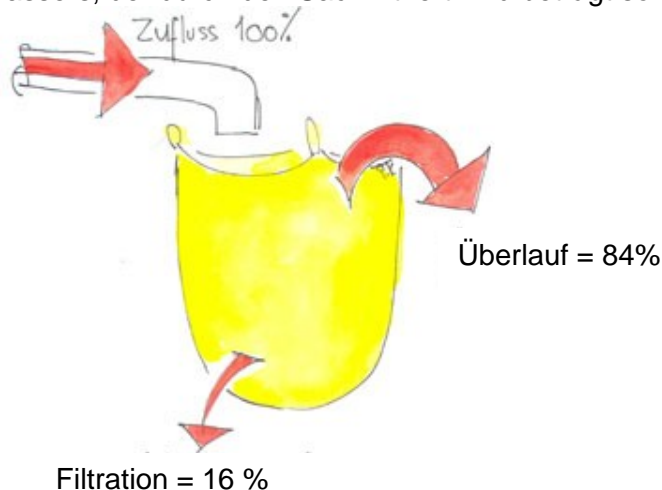


Abbildung 26: Aufteilung der Zuflussmenge in Filtration und Überlauf

## Wasserspiegelmessung im Geotextilsack

Die folgenden Grafiken zeigen die Aufzeichnungen des Wasserspiegels im Geotextilsack der Monate Mai bis August 07:

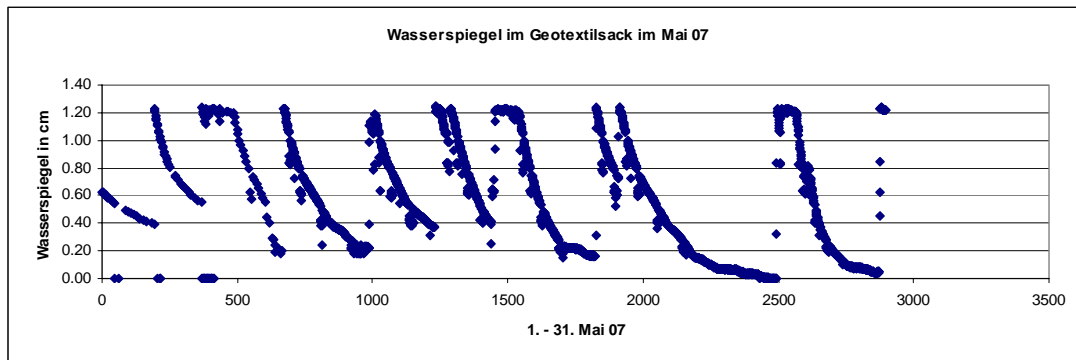


Abbildung 27: Wasserspiegel im Geotextilsack vom 1. bis 31. Mai 2007

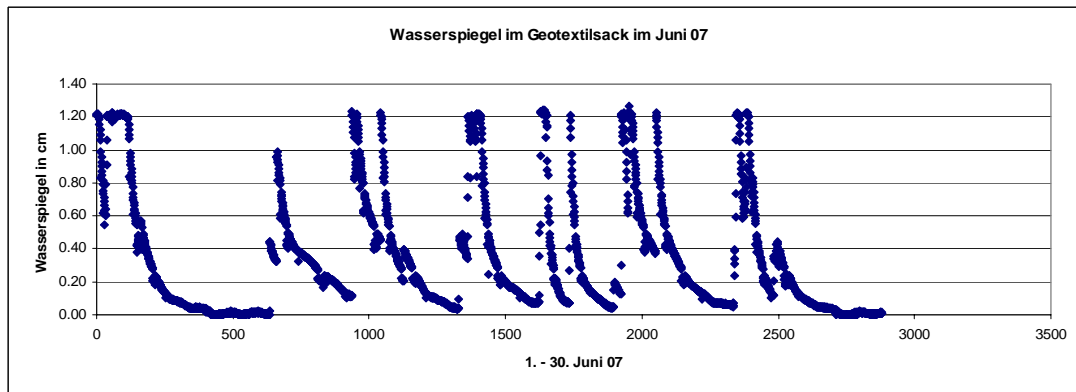


Abbildung 28: Wasserspiegel im Geotextilsack vom 1. bis 30. Juni 2007

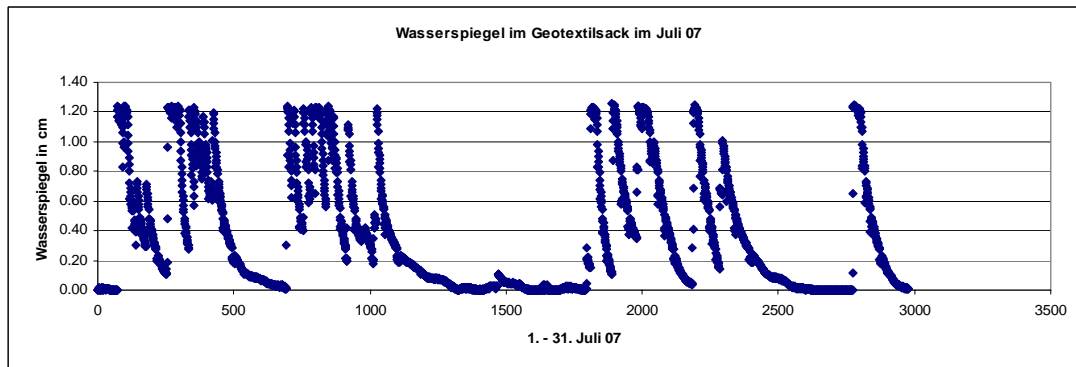


Abbildung 29: Wasserspiegel im Geotextilsack vom 1. bis 31. Juli 2007

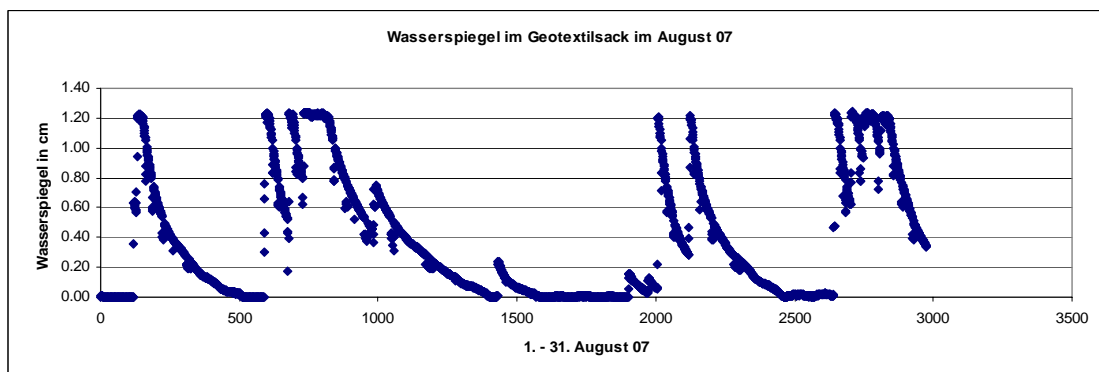


Abbildung 30: Wasserspiegel im Geotextilsack vom 1. bis 31. August 2007

Das Absinken des Wasserspiegels ist im Detail aus dem folgenden Ausschnitt ersichtlich. Dargestellt ist eine Zeitperiode von 3 Tagen vom 28.5.07 13.00 Uhr bis 31.5.07 13.00 Uhr.

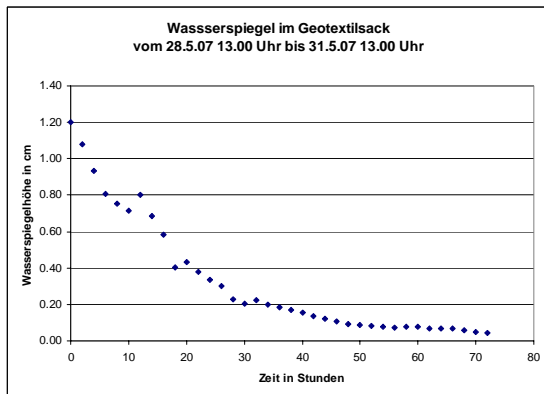


Abbildung 31: Absinken des Wasserspiegels im Geotextilsack in 3 Tagen

In 3 Tagen sinkt der Wasserspiegel auf den Boden des Geotextils ab. Bezogen auf den Inhalt des Sackes von 780 Litern ergibt sich eine mittlere Filtrationsmenge von 0.2 l/Min resp. eine spezifische Filtrationsgeschwindigkeit von 0.06 l/m<sup>2</sup> Min.

Aus den Aufzeichnungen der Wasserspiegelmessungen kann auch die Überlaufdauer bestimmt werden. Dabei haben wir angenommen, dass bei maximalem Wasserniveau im Sack ein Überlaufen stattfindet. Die Auswertung ergibt, dass der Sack während 79% der Abflussdauer überläuft.

Monat	Überlaufdauer pro Monat in Std.	Gesamte Abflussdauer in Stunden	Anteil des Überlaufs an der Abflussdauer in %
Mai 07	39.0	46.6	84
Juni 07	32.0	57.4	56
Juli 07	41.0	60.0	68
August 07	43.0	60.4	71
<b>Total</b>	<b>178.0</b>	<b>224.4</b>	<b>79</b>

Tabelle 3: Überlaufdauer des Sacks in den Monaten Mai bis August 07

Die Überlaufdauer ist bei einem Regenereignis umso länger, je grösser die Regenmenge des Ereignisses ist. Stellt man eine Beziehung her zwischen den gefallen Regenmengen und der aus den Protokollen der Wasserspiegelmessung herausgelesenen Überlaufdauer, dann ergibt sich der folgende Zusammenhang:

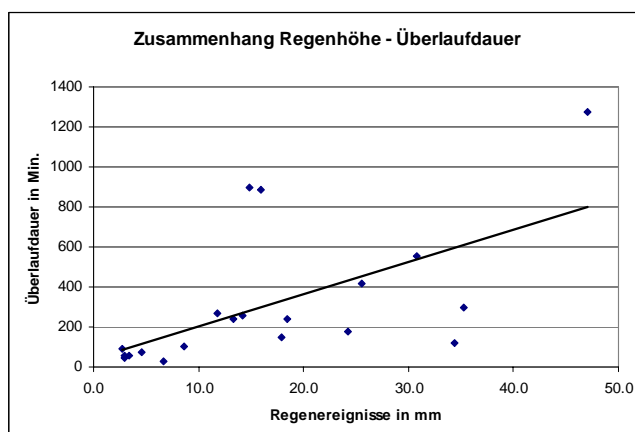


Abbildung 32: Zusammenhang zwischen der Regenhöhe in mm und der Überlaufdauer in Minuten für verschiedene Regenereignisse.

### Messung der Höhe des Schlammdepots im Filtersack

Während der gesamten Versuchsdauer wurde das Schlammdepot im Geotextilsack beobachtet. Ab dem 24.4.07 wurde zusätzlich ein Echolot installiert. Die Auswertung zeigt wie das Schlammdepot im Sack während des Versuchs angewachsen ist. Dass die Schlammschicht auf dem Boden des Filtersacks nie dicker wurde als 11 cm lässt sich damit erklären, dass der Schlamm bei grösseren Regen permanent aus dem Sack ausgewaschen wurde.

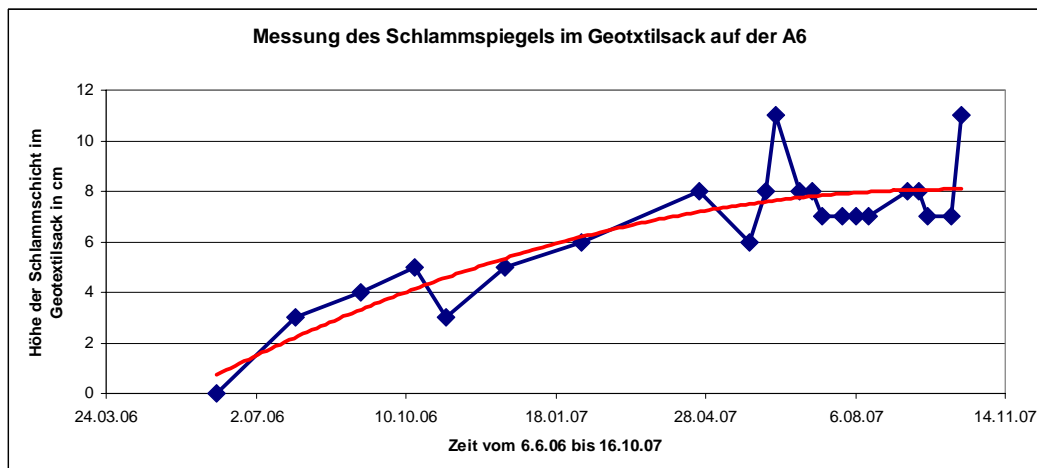


Abbildung 33: Messung des Schlammspiegels im Geotextilsack während der gesamten Versuchsdauer vom 6.6.06 bis 16.10.07

### Ausspülung des Schlamms aus dem Sack

Der Pilotversuch auf der A6 zeigte deutlich, dass bei jedem stärkeren Regen praktisch der gesamte abgelagerte Strassenschlamm aus dem Geotextilsack ausgeschwemmt wurde. Das Strassenabwasser floss ohne jegliche Dämpfung mit grosser Geschwindigkeit in den Geotextilsack und erzeugte als Folge des ungebremsten Einlaufs eine grosse Turbulenz im Sack. Um das Aufwirbeln und Abschwemmen von abgesetztem Schlamm zu vermeiden empfiehlt sich deshalb der Einbau von geeigneten Schikanen wie Prallteller oder Lochbleche.

### Analyse des Schlamms



Abbildung 34: Der Geotextilsack wird aus dem Betonschacht herausgezogen und in den Werkhof transportiert für die Entnahme von Schlammproben.

Aus dem im Sack zurückgehaltenen Strassenschlamm wurden durch das Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern zwei Probemengen von je ca. 1 Liter Inhalt entnommen und im Labor untersucht. In der Tabelle 3 sind die Resultate der Analysen aufgeführt.

	Einheit	Methode	07/0837-01	07/0837-02
<b>Probenvorbereitung</b>				
Trocknen bei 105°C		A104	erledigt	erledigt
Königswasseraufschluss		M301	erledigt	erledigt
<b>Summenparameter</b>				
Trockensubstanz	%	A104	32	31
Glührückstand	%	A104	52	54
<b>Metalle</b>				
Blei	mg/kg TS	M337	90	99
Cadmium	mg/kg TS	M337	0.83	0.89
Chrom	mg/kg TS	M337	62	69
Kupfer	mg/kg TS	M337	330	370
Nickel	mg/kg TS	M337	27	28
Zink	mg/kg TS	M337	1200	1200

Tabelle 4: Analysendaten des Sackinhalts. Bericht GBL vom 4.2.2008.

Der Inhalt des Sacks hatte ein Gewicht von 27.0 kg. Berücksicht man den ermittelten Trockensubstanzgehalt von 31.5% ergibt sich eine Menge von 8.5 kg GUS (Gesamte ungelöste Stoffe). Damit können die eliminierten Schadstoffe wie folgt ermittelt werden:

	mg/kg TS	mg
Blei	94.5	803.2
Cadmium	0.86	7.3
Chrom	65.5	556.8
Kupfer	350	2975.0
Nickel	27.5	233.8
Zink	1200	10200.0

Tabelle 5: Schadstoffmengen im Sackinhalt gemäss Analysen GBL vom 4.2.2008.

## Folgerungen / Ausblick

Die vorliegende Untersuchung hat gezeigt, dass mit geotextilen Filtersäcken eine namhafte Mengen des mit dem Regenwasser von Strassen abfliessenden Strassenschlamm und daran adsorbierte Schwermetalle zurückgehalten werden können. Dabei ist die Eliminationsleistung sehr stark von den konstruktiven Gegebenheiten beeinflusst. Insbesondere ist das Ausschwemmen von abgesetztem Schlamm infolge zu grosser Turbulenzen im Geotextilsack durch geeignete Einlaufbremsen wie z.B. Prallteller zu vermeiden. Für die folgende Betriebsphase wurde deshalb beim Zulaufrohr in den Filtersack ein Prallteller montiert.



Abbildung 35a: Einbau eines Pralltellers am 19.3.08.

## A2 Strassenabwasser – Versickerungsschächte auf der Bremgartenstrasse in Bern



Abbildung 36: Einer der beiden Versickerungsschächte mit dem Geotextilsack im Bremgartenwald neben der Bremgartenstrasse in Bern

### Zusammenfassung

Dieser Machbarkeitsversuch wurde vom Tiefbauamt der Stadt Bern durchgeführt. Das Strassenabwasser der Bremgartenstrasse in Bern wird heute über Versickerungsschächte versickert. Zwei dieser Schächte, mit angeschlossenen Strassenflächen von 842 m<sup>2</sup> resp. 393 m<sup>2</sup>, wurden mit einem Geotextilfiltersack ausgerüstet. Pro 1 m<sup>2</sup> Geotextilsack-Mantelfläche waren im Versickerungsschacht 1 eine Strassenfläche von 335 m<sup>2</sup> und im Versickerungsschacht 2 eine Strassenfläche von 120 m<sup>2</sup> angeschlossen. Diese Werte liegen gegenüber der empfohlenen Dimensionierungsempfehlung von 200 m<sup>2</sup> pro 1 m<sup>2</sup> Mantelfläche bei 170% resp. 60%. Der Versuch dauerte 10 Monate von 14.12.06 bis 16.10.07. In dieser Zeit wurden in den Geotextilsäcken im Schacht 1 total 167 kg Schlamm resp. 67 kg gesamte ungelöste Stoffe GUS und im Schacht 2 total 17 kg Schlamm resp. 7.7 kg GUS zurückgehalten. Die Schlammmenge im Schacht 1 von 23.8 kg/100 m<sup>2</sup> Strassenfläche ist 4.5-mal grösser als die Schlammmenge im Schacht 2 von 5.2 kg/100 m<sup>2</sup> Strassenfläche. Dies bestätigt die während der gesamten Versuchsdauer gemachte Beobachtung, dass im Schacht 1 wesentlich grössere Schlammengen angefallen sind als im Schacht 2.

Ich danke dem Tiefbauamt der Stadt Bern für die gute Zusammenarbeit.

## Projektpartner

Tiefbauamt des Stadt Bern  
Betrieb und Unterhalt  
Murtenstrasse 94 - 96  
3001 Bern

Markus Schneider  
Kurt Mischler  
Bruno Widmer  
Heinrich Kappeler

## Einzugsgebiet und Versuchsinstallation

Die beiden Versickerungsschächte liegen am Rand der Stadt Bern im Bremgartenwald. In den Schächten wird das Strassenwasser der Bremgartenstrasse in den Untergrund versickert. Der Planausschnitt zeigt die Lage der Versuchsschächte.



Abbildung 37: Die Lage der Versickerungsschächte Nr. 1 und Nr. 2.

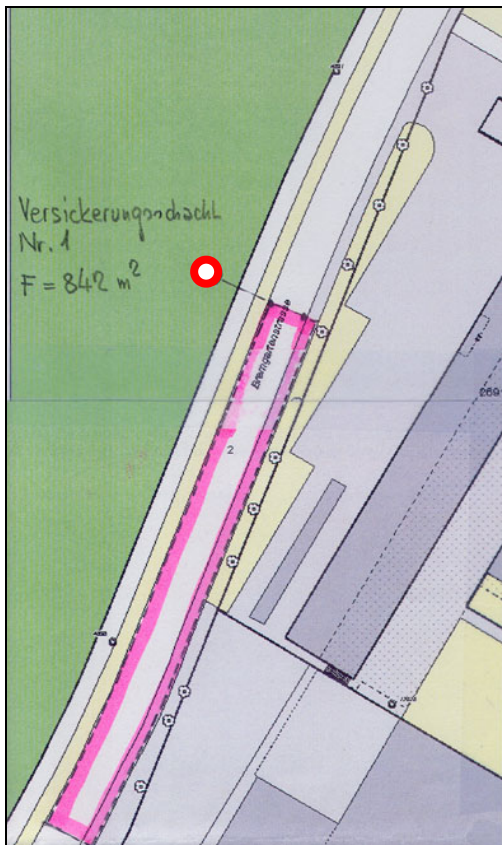


Abbildung 38: Einzugsgebiet des Versickerungsschachtes Nr. 1

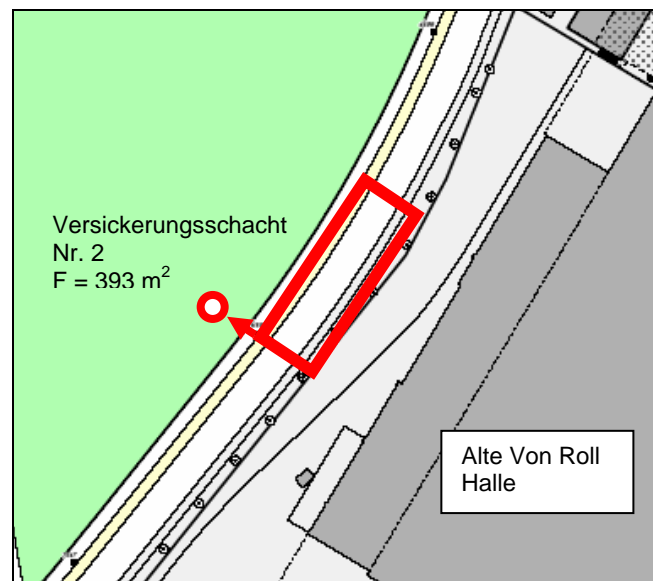


Abbildung 39: Einzugsgebiet des Versickerungsschachtes Nr. 2

An den Versickerungsschacht Nr. 1 ist eine Strassenfläche von 842 m<sup>2</sup> angeschlossen (Länge 93.60 m, Strassenbreite inkl. Trottoir 9.00 m). An den Versickerungsschacht Nr. 2 ist eine Strassenfläche von 393 m<sup>2</sup> angeschlossen (Länge 43.70 m, Strassenbreite inkl. Trottoir 9.00 m).

Die folgenden Bilder zeigen die Bremgartenstrasse. Die Strasse weist ein durchgehendes Dachgefälle auf. Der Abfluss des Strassenabwassers erfolgt über seitliche Einlaufschlitze.



Abbildung 40: Bremgartenstrasse in Bern



Abbildung 41: Einlauf in den Schlammsammler. In 8 m Entfernung befindet sich der Versickerungsschacht.

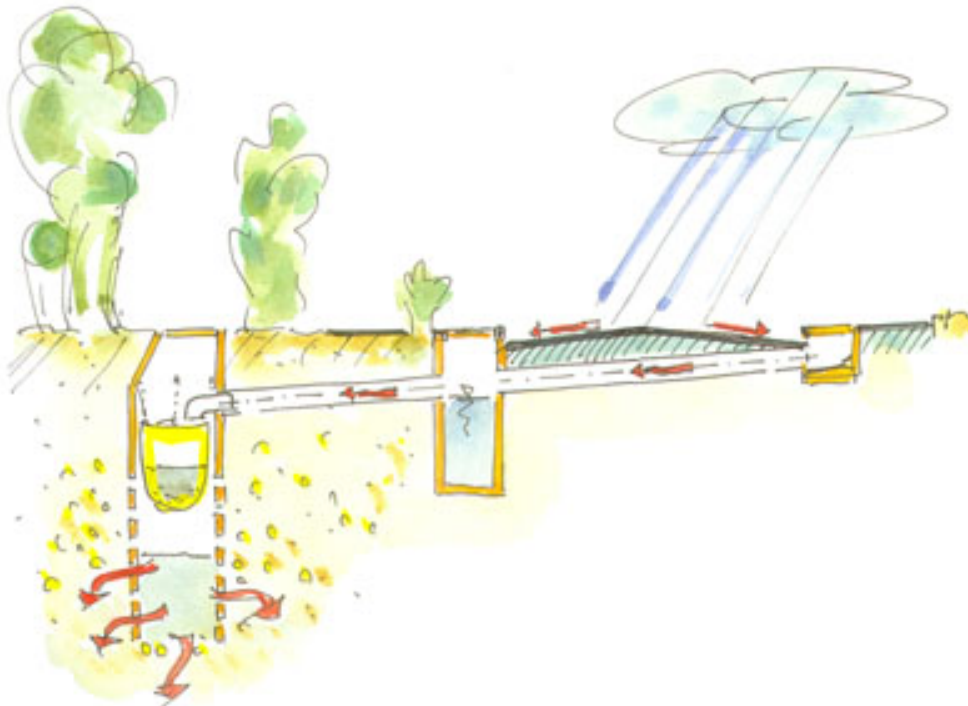
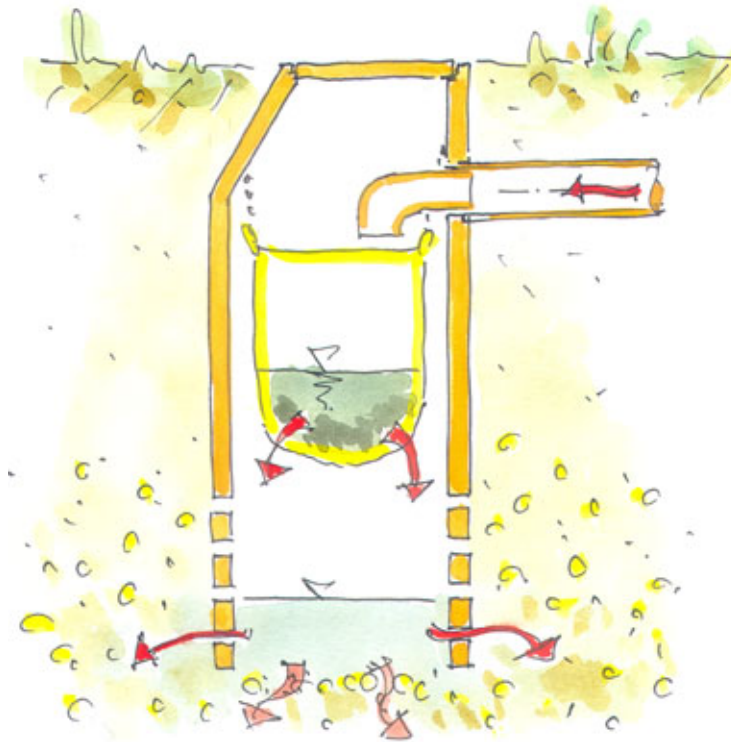


Abbildung 42: Querschnitt durch die Bremgartenstrasse mit den seitlichen Einläufen in den Strasseneinlaufschacht (rechts) und den Schlammsammler (links) und dem Versickerungsschacht.

Das Einzugsgebiet jedes Versickerungsschachtes hat 2 Strasseneinläufe. Auf der einen Strassenseite einen Einlaufschacht ohne Schlammsack und auf der anderen Seite einen Schlammsammler mit Schlammsack. Vom Strasseneinlaufschacht fliesst das Strassenabwasser durch eine Verbindungsleitung von 200 mm Durchmesser zum Schlammsammler und von dort weiter zum Versickerungsschacht.



Schachtdurchmesser: 100 cm  
Schachttiefe ca. 4.00 m

Geotextilsäcke:

Versickerungsschacht Nr. 1  
Durchmesser D = 80 cm  
Länge L = 100 cm

Versickerungsschacht Nr. 2  
Durchmesser D = 80 cm  
Länge L = 130 cm

Abbildung 43: Querschnitt der Versickerungsschächte 1 und 2.



Abbildung 44: Versickerungsschacht Nr. 1 vor dem Einsetzen des Geotextilsacks



Abbildung 45: Aufhängung des Geotextilsacks mit Schrauben und Ketten

Für die Befestigung des Sacks wurden in die Schachtwände Schrauben eingebohrt. So konnten die Säcke mit Ketten aufgehängt werden.

Die Geotextilsäcke wurden von der Firma Paul Schreck in Deutschland produziert und von der Firma Schoellkopf, Rümlang, als Generalvertreter für die Schweiz zur Verfügung gestellt. Sie hatten folgenden Abmessungen und technischen Daten:

	Schacht 1	Schacht 2
- Durchmesser	0.80 m	0.80 m
- Höhe	1.00 m	1.30 m
- Volumen	0.50 m <sup>3</sup>	0.65 m <sup>3</sup>
- Mantelfläche (Seitenwände ohne Boden)	2.51 m <sup>2</sup>	3.27 m <sup>2</sup>
- Angeschlossene Strassenfläche	842 m <sup>2</sup>	393 m <sup>2</sup>
- Strassenfläche / 1 m <sup>2</sup> Mantelfläche	335 m <sup>2</sup>	120 m <sup>2</sup>

Im Geotextilsack im Schacht 1 kann somit ein Abfluss von 0.6 mm Abflusshöhe aufgefangen werden und im Schacht 2 ein Abfluss von 1.7 mm. Grössere Regen überlaufen.

### Versuchsablauf








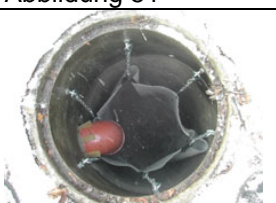






Datum	Sack 1	Sack 2	
14.12.06	 Abbildung 46	 Abbildung 47	Einbau der Säcke
10.1.07	 Abbildung 48	 Abbildung 49	Im Schacht 1 ist bereits eine gut sichtbare Schlammschicht, Sack 2 wurde im nächsten Versickerungsschacht neu installiert, da am alten Ort praktisch kein Zufluss war.
19.1.07	 Abbildung 50	 Abbildung 51	Keine weiteren Niederschläge, im Sack 2 noch keine Zuflüsse
25.1.07	 Abbildung 52	 Abbildung 53	Bei Schneefall keine Strassenabwasserabflüsse. Die Säcke blieben trocken.
9.2.07	 Abbildung 54	 Abbildung 55	Nach kleineren Regenfällen ist Sack 1 bis oben voll und überlaufen, im Sack 2 steht das Wasser auf halber Sackhöhe.
15.2.07	 Abbildung 56	 Abbildung 57	Nach heftigen Regenfällen wurde Sack 1 voll gefüllt, der Wasserspiegel ist bereits wieder abgesunken. Der Sack 2 war ebenfalls bis weit oben gefüllt. Das Wasser ist sehr schnell wieder abfiltriert.
22.2.07	 Abbildung 58	 Abbildung 59	Im Sack 1 ist bereits eine recht dicke Schlammschicht sichtbar, im Sack 2 dagegen ist nur wenig Schlamm vorhanden.

	Abbildung 58	Abbildung 59	
5.4.07	 Abbildung 60	 Abbildung 61	Nach einem Regen filtrierte das Wasser durch das Geotextil. Im Sack 1 geht die Filtration länger, der Wasserspiegel ist entsprechend noch hoch, während im Sack 2 das gesamte Wasser schnell abfiltriert ist. Der Sack 2 ist noch nie überlaufen.
10.5.07	 Abbildung 62	 Abbildung 63	Nach einer längeren Trockenperiode sind beide Säcke leer. Am Boden und auf den Wänden baut sich die Schlammschicht auf.
26.6.07	 Abbildung 64	 Abbildung 65	Nach Regenfällen sind beide Säcke überlaufen.
11.7.07	 Abbildung 66	 Abbildung 67	Nach extrem intensiven Niederschlägen haben sich beide Schächte bis zum Schachtdeckel gefüllt und sind überlaufen. Im Schacht 2 steht das Wasser praktisch immer noch bis zum Schachtdeckel.
16.10.07	 Abbildung 68	 Abbildung 69	Ausbau der Säcke: Nach 10-monatiger Betriebszeit werden die Säcke ausgebaut um das gespeicherte Schlammvolumen und die Inhaltstoffe analysieren zu können.

### Regendaten 14.12.06 - 16.10.07

Für die Auswertungen wurden die Tagesregensmengen der Messstation Mattstetten des Tiefbauamtes des Kantons Bern übernommen. Ein Vergleich mit den Regensmengen der ANETZ-Station Bern/Zollikofen der MeteoSchweiz hat gezeigt, dass die Mengen der beiden Messstationen gut übereinstimmen, und deshalb für diese Auswertung verwendet werden können.

Mattstetten	Regenmenge
	in mm
14.-31.Dez. 06	6.3
Jan 07	62.2
Feb 07	84.8
Mrz 07	96.9
Apr 07	14.7
Mai 07	131.4
Jun 07	123.9
Jul 07	145.8
Aug 07	176.4
Sep 07	78.4
1.-16.Okt. 07	11.9
<b>Total</b>	<b>932.8</b>

Tabelle 8: Regenmengen der Messstation Mattstetten vom 14.12.06 bis 16.10.07

### Regenabflüsse

Für die 10-monatige Versuchsdauer können die Abflüsse zu den beiden Versickerungsschächten unter Berücksichtigung eines Benetzungsverlustes von 1mm und einem Abflussbeiwert von 80% wie folgt abgeschätzt werden:

	Abflusshöhe in mm	Schacht 1 Abflussmenge in m <sup>3</sup>	Schacht 2 Abflussmenge in m <sup>3</sup>
14.-31.Dez. 06	2.7	2.3	1.1
Jan 07	39.8	33.5	15.6
Feb 07	58.6	49.4	23.0
Mrz 07	64.2	54.0	25.2
Apr 07	8.8	7.4	3.5
Mai 07	93.2	78.5	36.6
Jun 07	87.4	73.6	34.3
Jul 07	103.6	87.2	40.7
Aug 07	129.8	109.3	51.0
Sep 07	55.2	46.5	21.7
1.-16.Okt. 07	8.1	6.8	3.2
<b>Total</b>	<b>651.4</b>	<b>548.4</b>	<b>256.0</b>

Tabelle 9: Abflusshöhen und Abflussmengen zu den Versickerungsschächten 1 und 2.

Daraus resultiert ein Gesamtabflussbeiwert von 70%.

### Abschätzung der Überlaufmenge

Die Überlaufmenge kann abgeschätzt werden indem angenommen wird, dass sich der Sack an Tagen mit grösseren Regenmengen einmal füllen kann resp. bei kleineren Regenfällen entsprechend der Abflussmenge nur teilweise füllt. Über die 10 Monate ergibt das die folgenden Mengen:

	Schacht 1	Schacht 2
- im Sack aufgefangene Wassermenge	47 m <sup>3</sup>	55 m <sup>3</sup>
- Überlaufmenge	501 m <sup>3</sup>	201 m <sup>3</sup>
- Anteil Überlauf	91 %	79 %
- Anteil Filtration	9 %	21 %

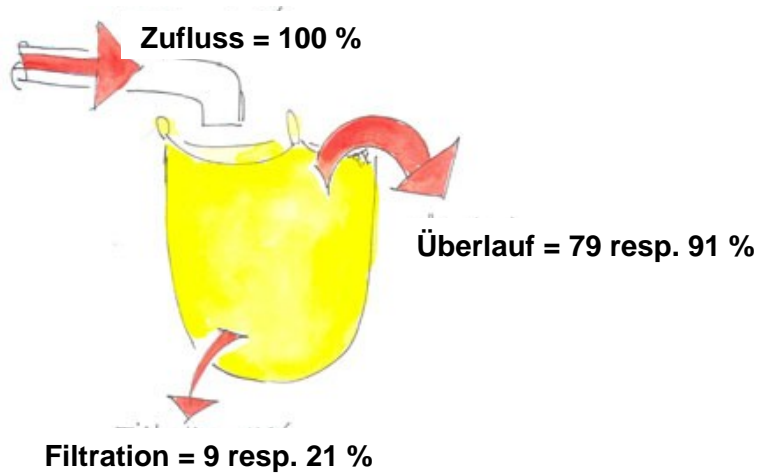


Abbildung 70: Aufteilung der Zuflussmenge in Filtration und Überlauf

### Wasserspiegelmessung im Geotextilsack

Die folgende Grafik zeigt die Aufzeichnungen des Wasserspiegels im Geotextilsack im Versickerungsschacht Nr. 1 in der Zeitperiode vom 27. April bis 14. Mai 2007:

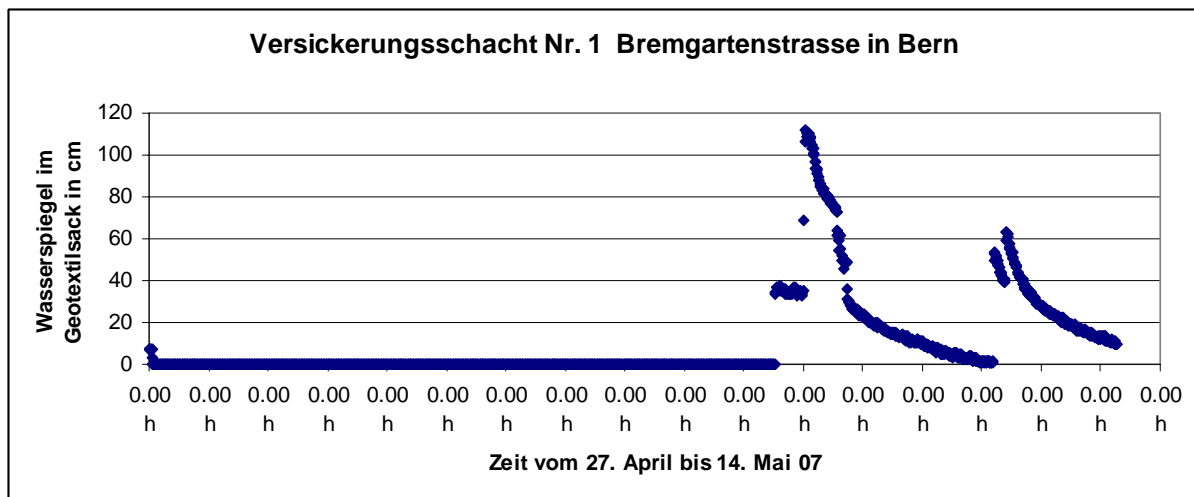


Abbildung 71: Wasserspiegel im Geotextilsack vom 27. April bis 14. Mai 2007

Das Absinken des Wasserspiegels ist im Detail aus dem folgenden Ausschnitt ersichtlich. Dargestellt ist eine Zeitperiode von 3 Tagen vom 8.5.07 18.00 Uhr bis 11.5.07 18.00 Uhr:

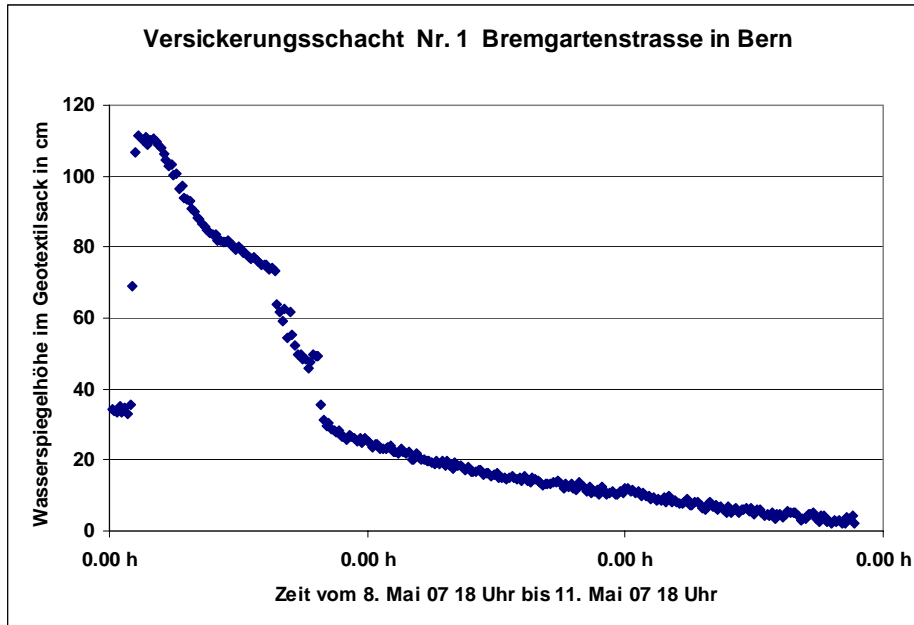


Abbildung 72: Absinken des Wasserspiegels im Geotextilsack vom 8. bis 11. Mai 2007

In 68 Stunden ist der Wasserspiegel auf den Boden des Geotextils abgesunken. Bezogen auf den Inhalt des Sackes von 530 Litern ergibt sich eine mittlere Filtrationsmenge von 0.13 l/Min resp. eine spezifische Filtrationsgeschwindigkeit von 0.05 l/Min. und m<sup>2</sup> Mantelfläche.

Im oberen Teil des Sacks (bis auf eine Wasserspiegelhöhe von 30 cm) betrug die mittlere Filtrationsmenge 0.4 l/Min resp. die spezifische Filtrationsgeschwindigkeit 0.16 l/Min. und m<sup>2</sup> Mantelfläche, und war damit 3-mal höher als in den untersten 30 cm.

### Analyse des Schlammes



Abbildung 73: Die Geotextilsäcke wurden aus den Versickerungsschächten herausgezogen und in den Werkhof transportiert für die Entnahme von Schlammproben und zum Wägen des Sackinhalts.

Aus dem im Sack zurückgehaltenen Strassenschlamm wurden durch das Gewässer- und Bodenschutzlabor GBL des Kantons Bern zwei Probenmengen von je ca. 1 Liter Inhalt entnommen und im Labor untersucht. In der Tabelle 10 sind die Resultate der Analysen aufgeführt.

Der Inhalt des Sacks aus dem Versickerungsschacht 1 hatte ein Gewicht von 167 kg. Berücksichtigt man den ermittelten Trockensubstanzgehalt von 45.5% ergibt sich eine Menge von 76.0 kg GUS (Gesamte ungelöste Stoffe).

Der Inhalt des Sacks aus dem Versickerungsschacht 2 wog 17.0 kg. Mit dem vom GBL ermittelten Trockensubstanzgehalt von 45.5% ergibt sich eine eliminierte Schlammmenge von 7.7 kg GUS.

Damit können die eliminierten Schadstoffe wie folgt ermittelt werden:

	Analyse GBL	Versickerungsschacht 1		Versickerungsschacht 2	
	mg/kg TS	kg TS	mg	kg TS	mg
Blei	64	76.0	4'864	7.7	493
Cadmium	< 0.80	76.0	0	7.7	0
Chrom	37	76.0	2'812	7.7	285
Kupfer	165	76.0	12'540	7.7	1'270
Nickel	24	76.0	1'824	7.7	185
Zink	690	76.0	52'440	7.7	5'313

Tabelle 10: Schadstoffmengen im Sack 1 gemäss Analysen GBL vom 4.2.2008.

### Unterschiedliche Schlammengen

Berechnet man die spezifischen Schlammengen dann ergibt sich für den Versickerungsschacht 1 eine Schlammmenge von 20 kg / 100 m<sup>2</sup> Strassenfläche und für den Versickerungsschacht 2 eine Schlammmenge von 2 kg / 100 m<sup>2</sup> Strassenfläche. Dieses Ergebnis stimmt mit der Beobachtung im Versuchsgebiet übereinstimmen, dass nämlich im Versickerungsschacht 1 während der gesamten Versuchsdauer sehr grosse Schlamm-mengen angefallen sind, wie dies auch die Bilder im Versuchsablauf bestätigen, während dem die Schlamm-mengen im Versickerungsschacht 2 immer markant kleiner waren. Die folgenden Bilder des Strassenrandes im Einzugsgebiet des Versickerungsschachtes 1 verdeutlichen diese Feststellung.



Abbildung 74: Längs des Strassenrandes des Einzugsgebietes des Versickerungsschachtes 1 sammeln sich grosse Mengen an Feststoffen an, die mit dem Regen in den Schacht abgeschwemmt werden.



Abbildung 75: Auf dem Bild sind die grossen Laub- und Schlamm-mengen sehr deutlich zu sehen.

Es bestätigt sich damit die in der Fachliteratur oft beschriebene Feststellung, dass die GUS- und Schadstoffkonzentrationen sich in einem sehr grossen Spektrum bewegen. Dies lässt sich auch mit der folgenden Tabelle mit Mittelwerten von Strassenabflüssen aus der Dissertation von Kathrin Gantner belegen („Nachhaltigkeit urbaner Regenwasserbewirt-

schaftungsmethoden“, Technische Universität Berlin, 2002). Interessant sind die extrem hohen GUS-Konzentrationen von 339 mg/l die Grottker 1987 publiziert hat und die Konzentration von 564 mg GUS/l die Xanthopoulos bei seinen Messungen von direkten Strassenabläufen an der Elbingerstrasse in Karlsruhe gemessen hat. Dagegen liegen die auf der Kantonsstrasse in Burgdorf gemessenen Konzentrationen bei 100 bis 150 mg GUS/l.

**Tabelle 5.6:** Zusammenstellung von Konzentrationsbereichen bzw. Mittelwerten von Straßenabflüssen (nach Kayser, 1999)

Parameter	Einheit	Straßenabfluss					
		Grottker (1987)	Dannecker et al. (1988)	Revitt et al. (1990)	Herrman et al. (1992)	Xanthopoulos (1992)	Herrman et al. (1998)
AFS	mg/l	339* <sup>1</sup>	-	-	-	564* <sup>1</sup>	-
Cd	µg/l	4,2* <sup>1</sup>	1,4 – 2,6	1,3* <sup>1</sup>	0,7 - 2	6,4* <sup>1</sup>	-
Cu	µg/l	136* <sup>1</sup>	76 – 144	8,8* <sup>1</sup>	17 - 109	108* <sup>1</sup>	12 – 280
Pb	µg/l	304* <sup>1</sup>	91 – 200	27* <sup>1</sup>	22 - 203	311* <sup>1</sup>	20 – 325
Zn	µg/l	436* <sup>1</sup>	166 - 255	56* <sup>1</sup>	204 - 242	603* <sup>1</sup>	-

\*<sup>1</sup>) abflussgewichtete Mittelwerte, z.T. gerundet

Tabelle 13: Mittelwerte von Strassenabflüssen (Dissertation Kathrin Gantner)

## Folgerungen / Ausblick

Mit den Geotextilfiltersäcken in zwei Versickerungsschächten konnte eine grosse Menge an Strassenschlamm zurückgehalten werden. Beide Schächte sind baulich gleich konstruiert und die Filtersäcke wurden auf dieselbe Art eingebaut. Und trotzdem hatten wir in den beiden Säcken sehr unterschiedliche Mengen an Schlamm. Das heisst, dass zum Schacht 1 eine wesentlich grössere Menge an Strassenschlamm zugeflossen ist als zum Schacht 2. Rein visuell konnten wir dies während der gesamten Versuchsdauer beobachten, denn am Strassenrand im Einzugsgebiet des Schachtes 1 lagen bedeutend grössere Ablagerungen von Strassenstaub und Laub als im Gebiet des Schachtes 2. Warum dies so ist konnten wir bei intensiven Beobachtungen der Einzugsgebiete nicht eruieren. Es kann vermutet werden, dass dies mit kleinräumigen lokalen Luftbewegungen zu tun haben muss. Wir werden in einer weiteren Versuchsphase prüfen, ob sich das Phänomen wiederholt und wieder stark unterschiedliche Schlammengen zurückgehalten werden. Die Säcke wurden deshalb gewaschen und wieder eingesetzt.

### A3 Strassenabwasser – Einlaufschacht mit Geotextilsack auf der Kreuzung Neufeld in der Stadt Bern



Abbildung 76: Das Einzugsgebiet des Einlaufschachtes mit dem Geotextilsack auf der Bremgartenstrasse auf der Kreuzung Neufeld in der Stadt Bern

#### Zusammenfassung

Dieser Machbarkeitsversuch wurde vom Tiefbauamt der Stadt Bern durchgeführt. Das Strassenabwasser der Bremgartenstrasse im Bereich der Kreuzung Neufeld wird heute in die Mischwasserkanalisation der Stadt Bern eingeleitet. Ein Einlaufschacht mit einer angeschlossenen Strassenfläche von 295 m<sup>2</sup> wurde mit einem Geotextilfiltersack ausgerüstet. Pro 1 m<sup>2</sup> Geotextilsack-Mantelfläche war eine Strassenfläche von 197 m<sup>2</sup> angeschlossen, was der empfohlenen Dimensionierungsempfehlung von 200 m<sup>2</sup> pro 1 m<sup>2</sup> Mantelfläche entsprach. Der Versuch dauerte 10 Monate von 14.12.06 bis 16.10.07. In dieser Zeit wurden im Geotextilsack total 16.9 kg Schlamm resp. 7.7 kg gesamte ungelöste Stoffe GUS zurückgehalten. Die zurückgehaltene Schlammmenge von 6.9 kg/100 m<sup>2</sup> Strassenfläche war ca. 30% höher als im Versickerungsschacht 2.

Ich danke dem Tiefbauamt der Stadt Bern für die gute Zusammenarbeit.

## Projektpartner

Tiefbauamt des Stadt Bern  
Betrieb und Unterhalt  
Murtenstrasse 94 - 96  
3001 Bern

Markus Schneider  
Kurt Mischler  
Bruno Widmer  
Heinrich Kappeler

## Einzugsgebiet und Versuchsinstallation

Der Einlaufschacht liegt in der Stadt Bern auf der Kreuzung Neufeld. Das Strassenabwasser eines Teils der Bremgartenstrasse fliesst in den Einlaufschacht und weiter in die Kanalisation der Stadt Bern. Der Planausschnitt zeigt die Lage des Versuchsgebietes.



Abbildung 77: Die Lage des Versickerungsschachtes in der Stadt Bern.

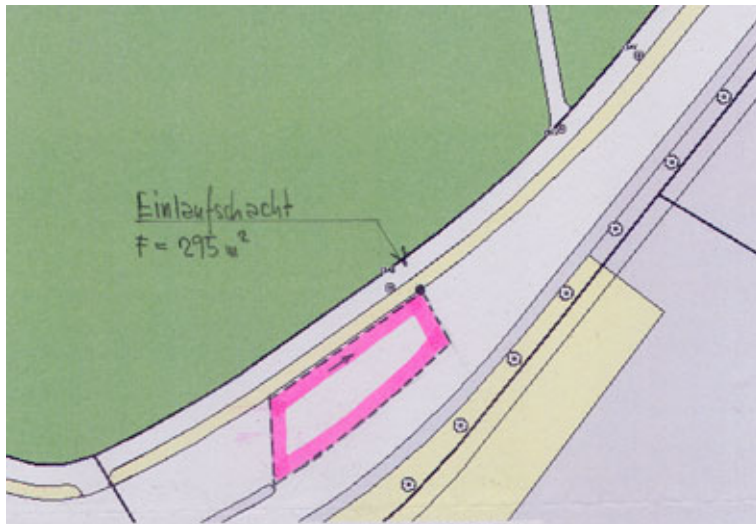


Abbildung 78: Das Einzugsgebiet Einlaufschacht

An den Einlaufschacht ist eine Strassenfläche von 295 m<sup>2</sup> angeschlossen (mittlere Länge 29.05 m, mittlere Strassenbreite 10.15 m).

Mit Hilfe von Wasser aus dem Saugwagen konnte das Einzugsgebiet des Einlaufschachtes genau bestimmt werden.



Abbildung 79: Das aus dem Saugwagen ausfließende Wasser fließt zum Einlaufschacht.



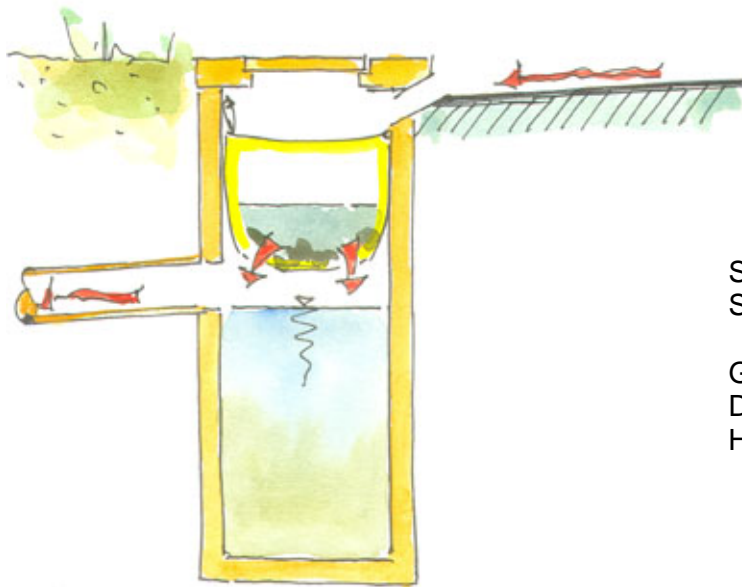
Abbildung 80: Auf der Seite des Saugwagens fließt das Wasser auf die Strasse.



Abbildung 81: Durch den seitlichen Einlaufschlitz fließt das Wasser in den Strassensammler, in dem sich der Geotextilsack befindet.



Abbildung 82: Einbau des Geotextilsackes in den Einlaufschacht.



Schachtdurchmesser: 80 cm  
Schachttiefe ca. 2.10 m

Geotextilsack:  
Durchmesser D = 80 cm  
Höhe H = 60 cm

Abbildung 83: Einlaufschacht mit Schlamm sack. Mit einem Spannring wurde der Sack gegen die Schachtwand so verspannt, dass das Strassenwasser von der Strasse direkt in den Sack geflossen ist.





Durch den seitlichen Schlitz fliesst das Strassenabwasser direkt in den Geotextilsack. Dieser reicht nicht in den Schlamm sack hinein und konnte so bei Trockenwetter vollständig austrocknen. Für die Befestigung des Sacks wurden in die Schachtwände Schrauben eingebohr, an denen der Sack aufgehängt wurde.









Der Geotextilsack wurde von der Firma Paul Schreck in Deutschland produziert und von der Firma Schoellkopf, Rümlang, Generalvertreter für die Schweiz, zur Verfügung gestellt. Er hatte die folgenden technischen Daten:

- Durchmesser	0.80 m
- Höhe	0.60 m
- Volumen	0.30 m <sup>3</sup>
- Mantelfläche (Seitenwände ohne Boden)	1.50 m <sup>2</sup>
- Angeschlossene Strassenfläche	295 m <sup>2</sup>
- Strassenfläche / 1 m <sup>2</sup> Mantelfläche	197 m <sup>2</sup>

Im Geotextilsack kann somit ein Abfluss von 1.0 mm Abflusshöhe aufgefangen werden. Grössere Regen überlaufen.

### Versuchsablauf

Datum		
14.12.06	 Abbildung 84	Einbau des Sacks. Ein Spannring drückt den Sack beim Einlauf gegen die Schachtwand, so dass kein Abwasser am Sack vorbeifliessen kann.
10.1.07	 Abbildung 85	Auf dem Boden des Sacks sind erste Schlammreste zu sehen. Der Sack wurde noch nicht gefüllt.
19.1.07	 Abbildung 86	Keine weiteren Niederschläge. Auf dem Sackboden hat sich Laub angesammelt.
25.1.07	 Abbildung 87	Bei Schneefall keine Strassenabwasserabflüsse. Der Sack bleibt trocken.

9.2.07	 <p>Abbildung 88</p>	Nach kleineren Regenfällen ist im Sack der Boden mit Schlamm bedeckt. Der obere Teil des Sacks wurde noch nie durchströmt.
15.2.07	 <p>Abbildung 89</p>	Nach heftigen Regenfällen ist der Wasserspiegel im Sack bis fast zum oberen Rand angestiegen und bereits wieder bis fast auf den Boden abgesunken.
22.2.07	 <p>Abbildung 90</p>	Der Sack ist wieder vollständig trocken. Im Sack ist noch wenig Schlamm.
5.4.07	 <p>Abbildung 91</p>	Nach einem Regen filtrierte das Wasser durch das Geotextil. Im Sack steht der Wasserspiegel ungefähr in der Hälfte der Sackhöhe. Während des Regens ist der Sack überlaufen, wie am oberen Sackrand deutlich zu sehen ist.
10.5.07	 <p>Abbildung 92</p>	Nach einer längeren Trockenperiode ist der Sack leer. Am Boden und auf den Wänden baut sich die Schlammschicht auf.
26.6.07	 <p>Abbildung 93</p>	Nach Regenfällen ist der Sack überlaufen.
11.7.07	 <p>Abbildung 94</p>	Nach intensiven Niederschlägen hat sich der Sack bis zum Sackrand gefüllt und ist überlaufen. Das Wasser steht immer noch bis zum oberen Sackrand.
16.10.07	 <p>Abbildung 95</p>	Ausbau des Sacks: Nach 10-monatiger Betriebszeit wird der Sack ausgebaut und das zurückgehaltene Schlammvolumen und die Inhaltstoffe analysiert.

## Regendaten 14.12.06 - 16.10.07

Für die Zeit vom 14.12.06 bis 16.10.07 wird die Regenmenge wie bei den beiden Versickerungsschächten in der Murtenstrasse mit 932.8 mm angenommen.

## Regenabflüsse

Für die 10-monatige Versuchsdauer berechnen sich die gesamten Regenabflüsse mit einem Gesamtabflussbeiwert von 0.70 auf total  $651.4 \text{ mm} \times 295 \text{ m}^2 = 192.0 \text{ m}^3$ .

## Abschätzung der Überlaufmenge

Die Überlaufmenge kann abgeschätzt werden indem angenommen wird, dass sich der Sack an Tagen mit grösseren Regenmengen maximal einmal füllen kann resp. bei kleineren Regenfällen entsprechend der Abflussmenge nur teilweise füllt. Über die 10 Monate ergibt das die folgenden Mengen:

	Einlaufschacht
- im Sack aufgefangene Wassermenge	27 m <sup>3</sup>
- Überlaufmenge	165 m <sup>3</sup>
- Anteil Überlauf	86 %
- Anteil Filtration	14 %

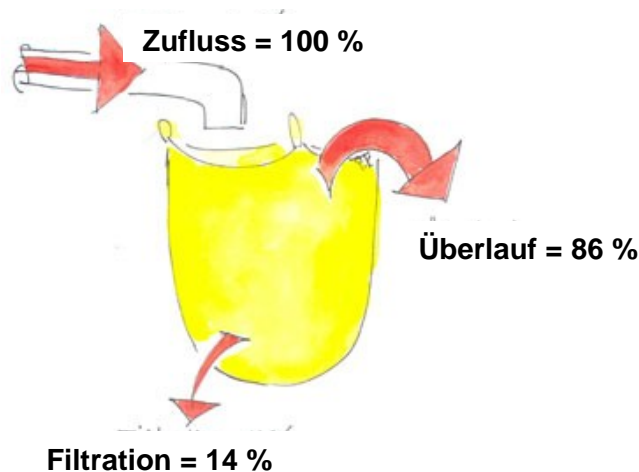


Abbildung 96: Aufteilung der Zuflussmenge in Filtration und Überlauf

## Analyse des Schlammes



Abbildung 97: Der Geotextilsack wird aus dem Einlaufschacht herausgezogen und in den Werkhof transportiert zum Wägen des Sackinhalts und zur Entnahme der Schlammproben.

Der Inhalt des Sacks hatte ein Gewicht von 16.9 kg. Berücksichtigt man den ermittelten Trockensubstanzgehalt von 45.5% so ergibt sich eine Menge von 7.69 kg GUS (Gesamte ungelöste Stoffe).

Mit den aus dem Sack des Versickerungsschachtes 1 in der Murtenstrasse vom Gewässer- und Bodenschutzlabor GBL des Kantons Bern ermittelten Schadstoffkonzentrationen im Strassenschlamm können die eliminierten Schadstoffe wie folgt ermittelt werden:

	Analyse GBL	Einlaufschacht	
	mg/kg TS	kg TS	mg
Blei	64	7.69	492
Cadmium	< 0.80	7.69	0
Chrom	37	7.69	284
Kupfer	165	7.69	1'269
Nickel	24	7.69	184
Zink	690	7.69	5'306

Tabelle 15: Schadstoffmengen im Sack 1 gemäss Analysen GBL vom 4.2.2008.

### Folgerungen / Ausblick

Der Versuch zeigte auf eindrückliche Weise, wie in einem bestehenden Schlammstammler durch den Einbau eines geotextilen Filtersacks eine namhafte Menge an Strassenschlamm zurückgehalten werden kann. Sehr oft haben Einlaufschächte Schachtdeckel mit kleinem Durchmesser. Dies erschwert den Einbau der Filtersäcke und insbesondere auch das Aussaugen oder das Auswechseln der Geotextilsäcke. In vielen Fällen könnte der Betrieb der Filtersäcke in Einlaufschächten durch den Einbau einer grösseren Schachtabdeckung wesentlich vereinfacht werden.

## A4 Geotextilsäcke in der Strassenentwässerungsleitung der Moosstrasse und des Dennigkofenwegs in der Gemeinde Muri bei Bern



Abbildung 98: Die Moosstrasse. Im Hintergrund der Kreisel Worbstrasse / Moosstrasse.



Abbildung 99: Der Dennigkofenweg, Verbindungsstrasse nach Ostermundigen

### Zusammenfassung

Dieser Machbarkeitsversuch wurde von der Gemeinde Muri bei Bern durchgeführt. Das Strassenabwasser eines Teils der Moosstrasse und eines Teils des Dennigkofenwegs wird via Einlaufschächte und Sammelleitung gesammelt und in die Mischwasserkanalisation eingeleitet. An den Übergabestellen befindet sich je ein Kontrollschacht, in den je ein Geotextilfiltersack eingebaut wurde. Die angeschlossenen Strassenflächen betragen bei der Moosstrasse 3'020 m<sup>2</sup> und beim Dennigkofenweg 1'880 m<sup>2</sup>. Pro 1 m<sup>2</sup> Geotextilsack-Mantelfläche waren am Filtersack in der Moosstrasse 1'208 m<sup>2</sup> Strassenfläche und im Dennigkofenweg 1'068 m<sup>2</sup> angeschossen. Diese Werte liegen 5 bis 6-mal höher als der empfohlene Dimensionierungswert von 200 m<sup>2</sup> pro 1 m<sup>2</sup> Mantelfläche. Die Versuchsauswertung zeigt, dass so grosse Einzugsflächen dazu führten, dass die Zuflüsse zum Geotextilsack grosse Turbulenzen erzeugen, und als Folge der früher abgelagerte Strassenschlamm bei grösseren Regen aus den Säcken ausgespült wurde. Der Versuch dauerte 11 Monate vom 23.10.06 bis 24.9.07. In dieser Zeit wurden im Geotextilsack in der Moosstrasse total 7 kg Schlamm und im Geotextilsack im Dennigkofenweg 37 kg Schlamm zurückgehalten. Dies entspricht einer spezifischen Schlammmenge von 0.23 kg Schlamm/100 m<sup>2</sup> Strassenfläche in der Moosstrasse und einer 8.5-mal grösseren Schlammmenge von 2.0 kg/100 m<sup>2</sup> Strassenfläche im Dennigkofenweg. Auch wenn diese Rückhalteleistung als Folge des ungedämpften Zuflusses des Strassenabwassers und der zu grossen Strassenfläche klein sind, war der Versuch im Rahmen der Machbarkeitsstudie sehr interessant und hat mitgeholfen, dass wertvolle Erfahrungen gemacht werden konnten. Es zeigt sich, dass die empfohlene Strassenfläche von 200 m<sup>2</sup> pro 1 m<sup>2</sup> Mantelfläche zweckmässig sein dürfte.

Ich danke der Gemeinde Muri für die gute Zusammenarbeit.

**Projektpartner**

Gemeindebetriebe  
Gemeinde Muri bei Bern  
Thunstrasse 74  
3074 Muri bei Bern

Peter Aegerter  
Roland Spälti  
Matthias Roth  
Peter Moser

**Einzugsgebiet Moosstrasse**

Die Worbstrasse und die Moosstrasse sind stark befahrene Strassen im Zentrum von Gümligen, Ortsteil der politischen Gemeinde Muri bei Bern. Die tägliche Verkehrsmenge liegt bei einigen Tausend Fahrzeugen pro Tag. Die Belastungsklasse ist „mittel“.



Abbildung 100: Perimeter des Einzugsgebietes des Schachtes in der Moosstrasse

Das entwässerte Strassenstück Moosstrasse / Kreisell Worbstrasse hat eine Fläche von  $3020 \text{ m}^2$  und ist im Trennsystem entwässert. Beim Kontrollschacht in der Worbstrasse vor dem Gebäude Moosstrasse 2 schliesst die Strassenentwässerung an die Mischkanalisation an.



Abbildung 101: Der Kontrollschacht mit der oben in den Schacht einmündenden Strassenent-



Abbildung 102: Der frisch montierte Geotextilsack.

wässerungsleitung

### Einzugsgebiet Dennigkofenweg

Der Dennigkofenweg ist eine stark befahrene Verbindungsstrasse von Gümligen nach Ostermundigen. Die tägliche Verkehrsmenge liegt bei einigen Tausend Fahrzeugen pro Tag. Die Strasse hat die Belastungsklasse „mittel“.

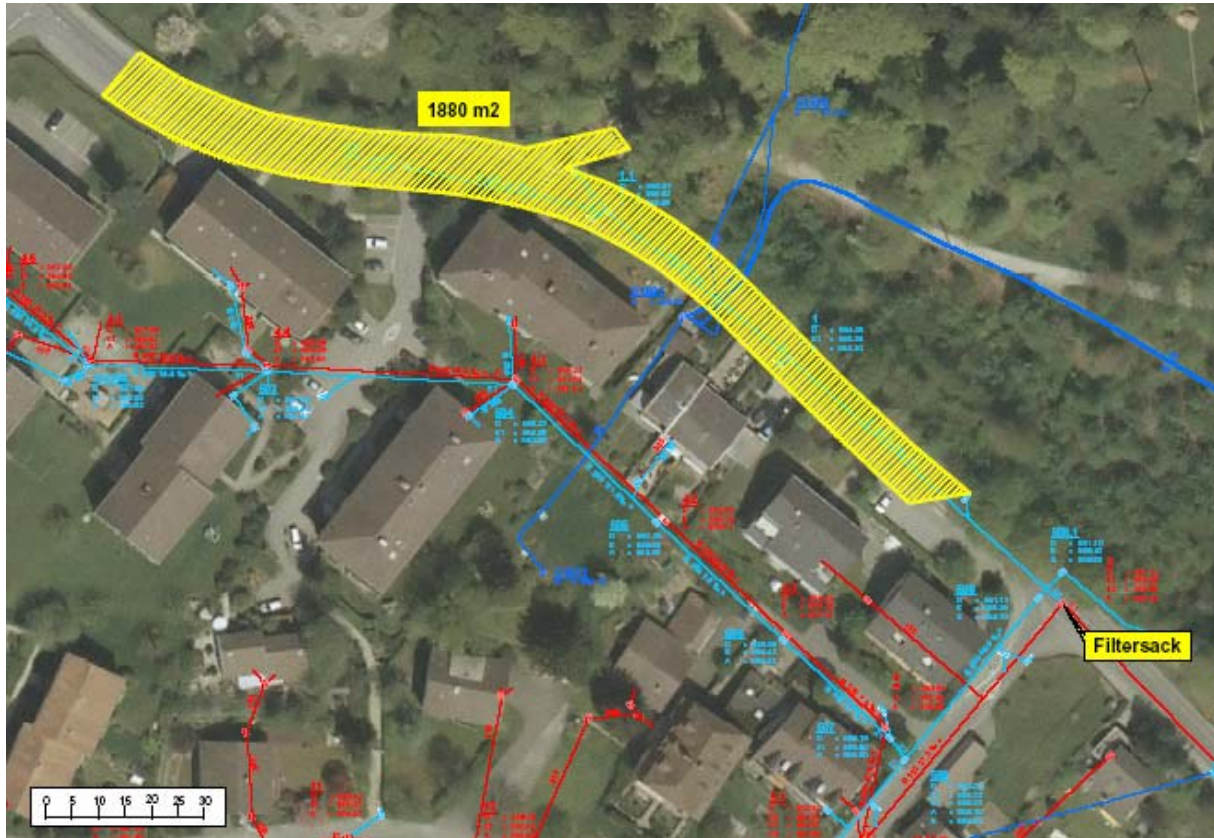


Abbildung 103: Einzugsgebiet des Geotextilsacks im Dennigkofenweg.

Das entwässerte Strassenstück hat eine Fläche von 1880 m<sup>2</sup> und ist im Trennsystem entwässert. Beim Kontrollschacht auf der Kreuzung Dennigkofenweg / Amselweg ist die Strassenentwässerungsleitung an die Mischkanalisation angeschlossen.



Abbildung 104: Der Kontrollschacht mit der oben in den Schacht einmündenden Strassenentwässerungsleitung. Unten der eingehängte Geotextilsack.



Abbildung 105: Funktionskontrolle durch Roland Spälti und Peter Moser. Schächte in der Strassenmitte sind aus der Sicht des Unterhalts nicht zu empfehlen.

In beiden Einzugsgebieten wird das Regenwasser in mehreren Einlaufschächten gesammelt und über eine Strassenentwässerungsleitung bis zu den Schächten abgeleitet, in denen das Strassenabwasser in die Mischkanalisation eingeleitet wird. In diesen Schächten wurden die Geotextilsäcke so über der Mischwasserleitung eingebaut, dass sie bei Trockenwetter vollständig austrocknen konnten. Für die Befestigung der Säcke wurden in die Schachtwände Schrauben eingebohr, an denen die Säcke aufgehängt wurden.







Die Geotextilsäcke wurden von der Firma Paul Schreck in Deutschland produziert und von der Firma Schoellkopf, Rümlang, Generalvertreter für die Schweiz, zur Verfügung gestellt. Sie hatten folgende Abmessungen und technische Daten:

	Moosstrasse	Dennigkofenweg
- Durchmesser	0.80 m	0.70 m
- Höhe	1.00 m	0.80 m
- Volumen	0.50 m <sup>3</sup>	0.30 m <sup>3</sup>
- Mantelfläche (Seitenwände ohne Boden)	2.50 m <sup>2</sup>	1.76 m <sup>2</sup>
- Angeschlossene Strassenfläche	3'020 m <sup>2</sup>	1'880 m <sup>2</sup>
- Strassenfläche / 1 m <sup>2</sup> Mantelfläche	1'208 m <sup>2</sup>	1'068 m <sup>2</sup>

Bei beiden Geotextilsäcken ist die angeschlossene Strassenfläche im Vergleich mit dem empfohlenen Dimensionierungswert etwa 6-mal zu gross. Die Säcke sind auch bei den kleinsten Regen überlaufen.

### Versuchsablauf

Datum	Wetter	Moosstrasse	Dennigkofenweg
23.10.06	trocken	Einbau des neuen Sacks	Einbau des neuen Sacks
17.11.06	trocken	 Abbildung 106: Wenig Schlamm im Sack, kein Zufluss.	 Abbildung 107: Wenig Schlamm im Sack, kein Zufluss.
15.1.07	trocken	 Abbildung 108: Kleiner Rest von stehendem Wasser und Schlamm. Der Sack ist überlaufen.	 Abbildung 109: Kleiner Rest von stehendem Wasser und Schlamm. Der Sack ist überlaufen.

27.3.07	Trocken, nach Regen- fällen	 <p>Abbildung 110: Wasser im Sack auf - 0.67m unter dem Zuflussrohr.</p>	 <p>Abbildung 111: Wasser im Sack auf - 0.80m unter dem Zuflussrohr.</p>
4.7.07	Nach Gewitter- regen	 <p>Abbildung 112: Das Wasser im Sack entwässert langsam durch das Geotextil.</p>	 <p>Abbildung 112: Das Wasser im Sack entwässert langsam durch das Geotextil.</p>
24.9.07	trocken	 <p>Abbildung 114: Ausbau des Sacks</p>	 <p>Abbildung 115: Ausbau des Sacks</p>

### Regendaten 23.10.06 - 24.09.07

Für die 11 Monate Betriebszeit vom 23.10.06 bis 24.09.07 wurde in der Messstation Allmendingen des Tiefbauamtes des Kantons Bern eine Regenmenge von 1'208 mm registriert. Wir übernehmen diesen Wert, da er für die beiden Messorte auch als repräsentativ gelten kann.

### Regenabflüsse

Für die 11-monatige Versuchsdauer berechnen sich die gesamten Regenabflüsse mit einem Gesamtabflussbeiwert von 0.70 auf total 845 mm. Damit ergeben sich die Zuflüsse zu den beiden Säcken wie folgt:

Moosstrasse:  $3'020 \text{ m}^2 \times 845 \text{ mm} = 2'552 \text{ m}^3$   
 Dennigkofenweg  $1'880 \text{ m}^2 \times 845 \text{ mm} = 1'589 \text{ m}^3$

### Abschätzung der Überlaufmenge

Die Überlaufmengen können abgeschätzt werden, indem angenommen wird, dass sich der Sack an Tagen mit grösseren Regenmengen maximal einmal füllen kann resp. bei kleineren

Regenfällen entsprechend der Abflussmenge nur teilweise füllt. Über die 11 Monate ergeben sich die folgenden Mengen:

	Moosstrasse	Dennigkofenweg
- im Sack aufgefangene Wassermenge	51 m <sup>3</sup>	32 m <sup>3</sup>
- Überlaufmenge	2501 m <sup>3</sup>	1557 m <sup>3</sup>
- Anteil Überlauf	98 %	98 %
- Anteil Filtration	2 %	2 %

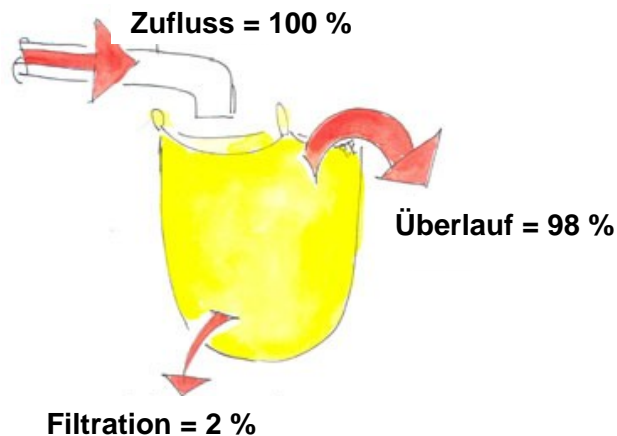


Abbildung 116: Aufteilung der Zuflussmenge in Filtration und Überlauf

### Entnahme der Säcke am 24.9.07 und Trocknung im Werkhof

Nach 11 Monaten Betriebsdauer wurden die Säcke am 24.9.07 mit dem Kran aus den Schächten entnommen und im Werkhof zum Trocknen aufgehängt.



Abbildung 117: Entnahme des Geotextilsacks im Dennigkofenweg.



Abbildung 118: Die Säcke werden im Werkhof der Gemeinde zum Trocknen aufgehängt.

### Abschätzung der eliminierten Schadstoffe

Am 29.10.07 nach ca. 1 Monat Trocknungszeit im Freien wurden die Säcke gewogen. Der Inhalt des Sacks aus der Moosstrasse hatte ein Gewicht von 7 kg und der Inhalt des Sacks aus dem Dennigkofenweg wog 37 kg.



Abbildung 119: Mit einer Federwaage werden die Geotextilsäcke gewogen.

Berücksichtigt man den für die Säcke der Bremgartenstrasse Bern ermittelten Trockensubstanzgehalt von 45% ergeben sich die Mengen der zurückgehaltenen gesamten ungelösten Stoffe GUS zu 3.15 resp. 16.65 kg. Damit können die eliminierten Schadstoffe wie folgt ermittelt werden:

	Analyse GBL	Sack Moosstrasse	Sack Dennigkofenweg
	mg/kg TS	mg	mg
Blei	64	202	1'066
Cadmium	< 0.80	0	0
Chrom	37	116	616
Kupfer	165	520	2'747
Nickel	24	76	400
Zink	690	2'174	11'488

Tabelle 17: Schadstoffmengen in den beiden Säcken gemäss Analysen GBL vom 4.2.2008.

### Ausspülung des Schlammes aus den Säcken

Es wurde in beiden Geotextilsäcken sehr wenig Schlamm zurückgehalten. Das bedeutet, dass bei jedem stärkeren Regenfall praktisch der gesamte abgelagerte Strassenschlamm aus den Geotextilsäcken wieder ausgeschwemmt wurde. Ein Grund dafür liegt darin, dass die angeschlossenen Strassenflächen zu gross waren und entsprechend zu grosse Wassermengen in die Säcke flossen. Ein weiterer Grund liegt bei der Montage der Säcke, denn das Strassenabwasser floss ohne jegliche Dämpfung mit grosser Geschwindigkeit in die Geotextilsäcke und erzeugte als Folge des ungebremsten Einlaufs eine grosse Turbulenz im Sack. Um das Aufwirbeln und Abschwemmen von abgesetztem Schlamm zu vermeiden empfiehlt sich deshalb der Einbau von geeigneten Schikanen wie z.B. eines Pralltellers.

### Folgerungen / Ausblick

Die Versuche haben eindrücklich gezeigt, dass es für die Austestung der neuen Idee der Geotextilfiltersäcke in den Einlaufschächten einer Strasse zwingend Feldversuche im technischen Massstab braucht. Die Versuche zeigten deutlich, wie wichtig es ist, dass die konstruktiven Details richtig gelöst werden, und dass von bestimmten hydraulischen Dimensionierungswerten nicht stark abgewichen werden sollte. So ist insbesondere der Dämpfung des Zuflusses grösste Aufmerksamkeit zu widmen. Der Versuch zeigt weiter, dass Geotextilfiltersäcke in vielen Fällen eingebaut werden können ohne bauliche Veränderungen an den bestehenden Schächten.

## A5 Geotextilsäcke in der Strassenentwässerungsleitung der Schwarzenburgstrasse und der Muhlernstrasse in der Gemeinde Köniz



Abbildung 120: Schwarzenburgstrasse



Abbildung 121: Muhlernstrasse

### Zusammenfassung

Dieser Machbarkeitsversuch wurde von der Gemeinde Köniz durchgeführt. Das Strassenabwasser eines Teils der Schwarzenburgstrasse und eines Teils der Muhlernstrasse wird mit Einlaufschächten und einer Sammelleitung gesammelt, und dann in die Mischwasserkanalisation eingeleitet. Bei beiden Strassen konnte in einem Kontrollschacht ein Geotextilfiltersack eingebaut werden. Da beide Schächte zwischen Ein- und Auslauf nur einen geringen Sohlenkotenunterschied aufweisen, haben wir beschlossen, in beiden Schächten liegende Geotextilsäcke einzubauen. Die angeschlossenen Strassenflächen betragen bei der Schwarzenburgstrasse 4'320 m<sup>2</sup> und bei der Muhlernstrasse 1'800 m<sup>2</sup>. Pro 1 m<sup>2</sup> Geotextilsack-Mantelfläche waren am Filtersack in der Schwarzenburgstrasse 10'800 m<sup>2</sup> Strassenfläche und in der Muhlernstrasse 2'570 m<sup>2</sup> angeschlossen. Diese Werte liegen 54- resp. 13-mal höher als der empfohlene Dimensionierungswert von 200 m<sup>2</sup> pro 1 m<sup>2</sup> Mantelfläche. Die Säcke waren somit viel zu klein für die entwässerten Strassenflächen. Die Versuche bestätigen die Erfahrungen in der Gemeinde Muri, dass der Schlamm von den grossen Zuflussmengen bei jedem grösseren Regen praktisch vollständig aus den Säcken ausgeschwemmt wurde. Zudem zeigte sich, dass Geotextilfiltersäcke eine bestimmte Mindestgrösse aufweisen müssen, die bei beiden Versuchen stark unterschritten wurde. Eine erste Versuchsperiode dauerte 5 Monate vom 15.2.07 bis 16.7.07. Dann wurde ein neuer Geotextilsack eingebaut und die 2. Versuchsperiode dauerte dann nochmals 2.5 Monate bis zum 30.9.07. In der 2. Versuchsphase wurden im Geotextilsack in der Schwarzenburgstrasse total 3.76 kg Schlamm und im Geotextilsack in der Muhlernstrasse 4.95 kg Schlamm zurückgehalten. Trotz der kleinen Effekte brachte der Versuch sehr wertvolle Erkenntnisse: der Einbau von liegenden Geotextilsäcken in Schächten mit kleiner Höhendifferenz zwischen Ein- und Auslauf ist nicht zu empfehlen. Diese Konstruktionsart wurde deshalb auch nicht in den Schlussbericht übernommen. Säcke sollten eine minimale Grösse mit mindestens 0.25 m<sup>3</sup> Volumen aufweisen und eine möglichst längliche Form aufweisen. So kann sich in der unteren Sackhälfte das Schlammdepot aufbauen und im oberen Sackteil kann die Filtration durch die Mantelfläche stattfinden.

Ich danke der Gemeinde Köniz und dem Tiefbauamt des Kantons Bern für die gute Zusammenarbeit.

## Projektpartner

Gemeinde Köniz  
Dienstzweig Abwasser  
Muhlernstrasse  
3098 Köniz

Urs Ammann  
Adrian Gränicher  
Peter Klingler

Tiefbauamt des Kantons Bern  
Oberingenieurkreis II  
Schermenweg 11  
3001 Bern

Thomas Schmid

## Übersicht

Der folgende Ausschnitt aus dem Ortsplan zeigt die Lage der beiden Versuchsgebiete.

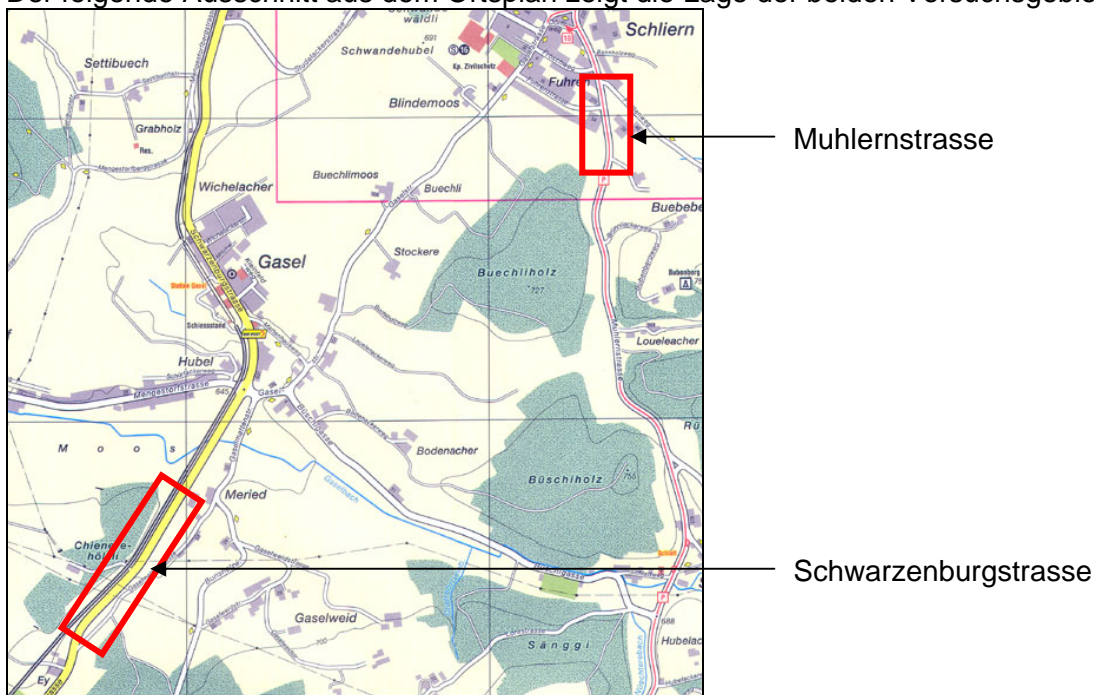


Abbildung 122: Übersichtsplan mit den beiden Versuchsgebieten

## Einzugsgebiet Schwarzenburgstrasse

Die Schwarzenburgstrasse ist die Verbindungsstrasse zwischen Gasel und Niederscherli. Strasseneigentümer ist das Tiefbauamt des Kantons Bern. Das Strassenwasser von 16 Einlaufschächten wird mit einer Hauptleitung gesammelt und fliesst dann in einen Kontrollschacht der Mischwasserkanalisation der Gemeinde Köniz. Im Kontrollschacht hat es einen kleinen Gefällsbruch, so dass dort ein Geotextilsack installiert werden konnte. Der Strassenabschnitt kann als mittelstark befahrene Strasse bezeichnet werden. Die Strassenfläche, die an den Schacht angeschlossen ist beträgt ca.  $8 \times 540 = 4'320 \text{ m}^2$ .

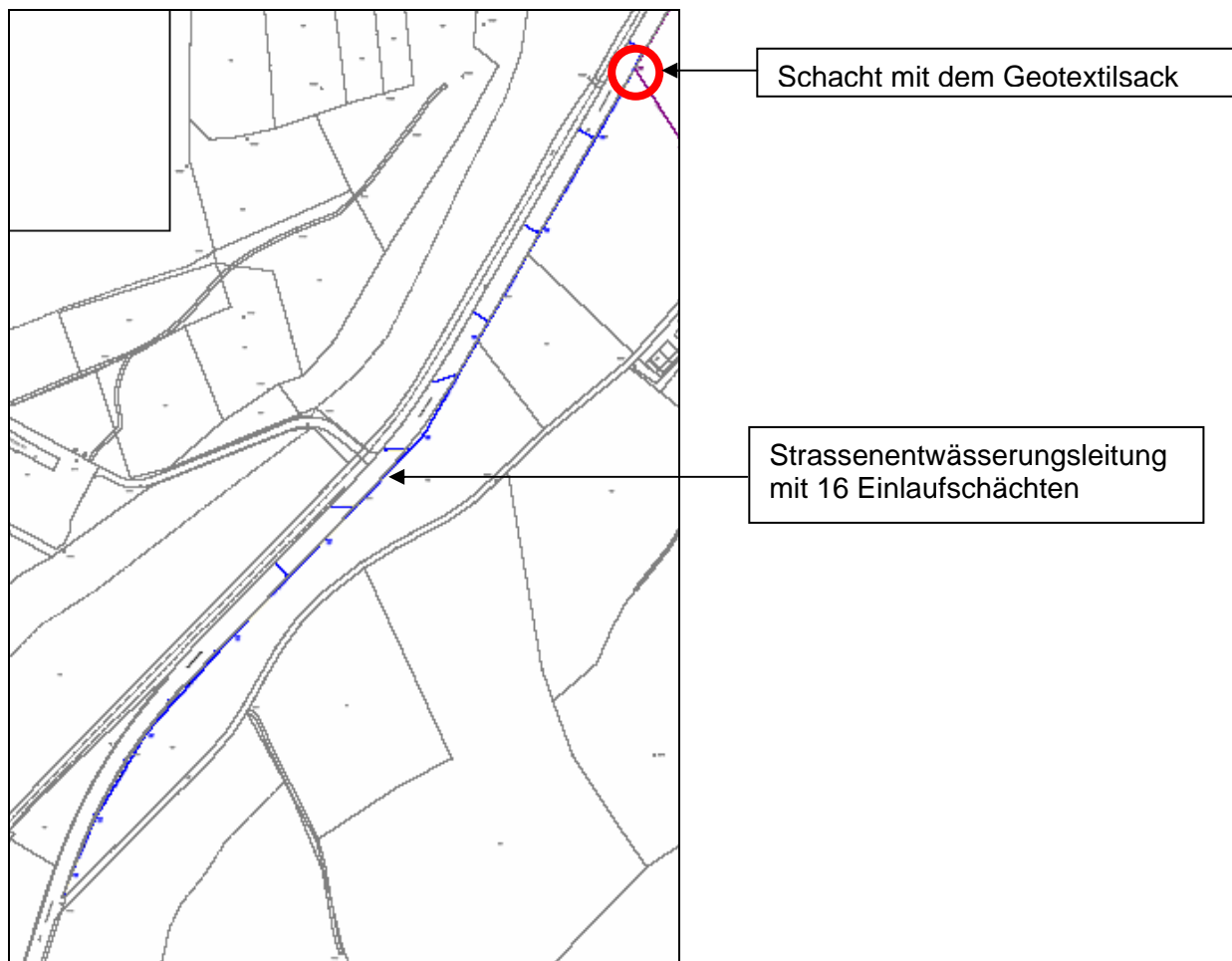


Abbildung 123: Perimeter des Einzugsgebietes des Schachtes in der Schwarzenburgstrasse (Ausschnitt aus dem Leitungskataster der Gemeinde Köniz)

### Versuchsinstallation

Der Filtersack wurde horizontal in den bestehenden Kontrollschacht in die Durchlaufrinne eingelegt. Der Sack hatte einen Durchmesser von ca. 25 cm und war etwa 60 cm lang. Für die Fabrikation des Sackes hat die Gemeinde ein Muster aus Bauvlies erstellt.

### Einzugsgebiet Muhlernstrasse

Die Muhlernstrasse befindet sich im Ortsteil Schliern in der Gemeinde Köniz. Die Fläche des Strassenstücks beträgt ca.  $10 \times 180 = 1'800 \text{ m}^2$ . Strasseneigentümer ist das Tiefbauamt des Kantons Bern. Das Strassenabwasser von 6 Einlaufschächten wird mit einer Hauptleitung gesammelt und fliesst dann in einen Kontrollschacht der Mischwasserkanalisation der Gemeinde Köniz. Im Kontrollschacht hat es einen kleinen Gefällsbruch, so dass dort ein liegender Geotextilsack installiert werden konnte.

### Versuchsinstallation

Der Filtersack wurde wie in der Schwarzenburgstrasse in den bestehenden Kontrollschacht in die Durchlaufrinne eingelegt. Der Sack hatte einen Durchmesser von ca. 30 cm und war etwa 80 cm lang. Die tägliche Verkehrsmenge liegt bei einigen Tausend Fahrzeugen pro Tag. Die Strasse gehört zur Belastungsklasse „mittel“.

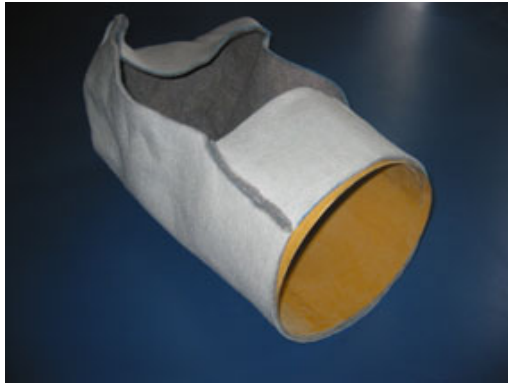
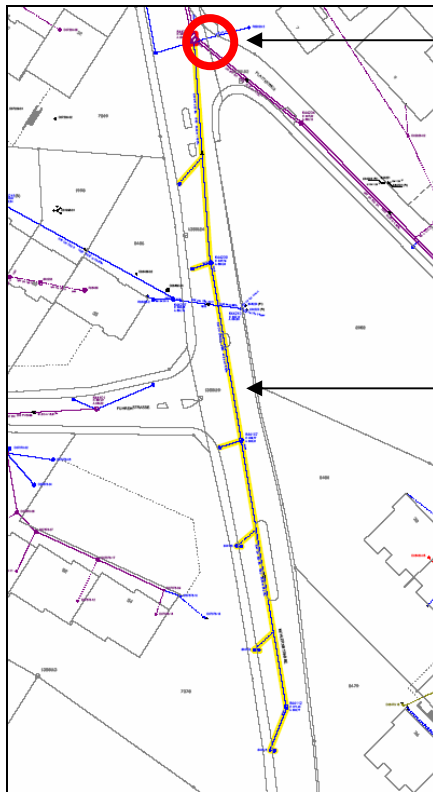


Abbildung 124: Geotextilsack.



Abbildung 125: Der Geotextilsack wurde horizontal in den Kontrollschacht eingebaut.



Schacht mit dem Geotextilsack

Strassenentwässerungsleitung mit  
6 Einlaufschächten

Abbildung 126: Einzugsgebiet Muhlernstrasse (Ausschnitt aus dem Leitungskataster Köniz).









Die Säcke wurden mit je einem Spannring in das Zuflussrohr eingespannt.


Die Geotextilsäcke wurden von der Firma Paul Schreck in Deutschland produziert und von der Firma Schoellkopf, Rümlang, Generalvertreter für die Schweiz, zur Verfügung gestellt. Sie hatten folgende Abmessungen und technische Daten:

	Schwarzenburgstrasse	Muhlernstrasse
- Durchmesser	0.25 m	0.30 m
- Länge	0.60 m	0.80 m
- Volumen	0.029 m <sup>3</sup>	0.057 m <sup>3</sup>
- Mantelfläche (Seitenwände ohne Boden)	0.40 m <sup>2</sup>	0.70 m <sup>2</sup>
- Angeschlossene Strassenfläche	4'320 m <sup>2</sup>	1'800 m <sup>2</sup>
- Strassenfläche / 1 m <sup>2</sup> Mantelfläche	10'800 m <sup>2</sup>	2'570 m <sup>2</sup>

Beide Geotextilsäcke sind in Vergleich mit dem empfohlenen Dimensionierungswert viel zu klein und überlaufen entsprechend bei den kleinsten Regenabflüssen. Es war aber aus konstruktiven Gründen nicht möglich die Säcke grösser zu erstellen.

### Versuchsablauf

Datum	Schwarzenburgstrasse	Muhlernstrasse
15.2.07	 <p>Abbildung 128 Einbau des neuen Sacks</p>	 <p>Abbildung 129 Einbau des neuen Sacks</p>
26.2.07	 <p>Abbildung 130: Kontrolle bei Regen. Der Sack ist mit Abwasser gefüllt und überläuft.</p>	 <p>Abbildung 131: Kontrolle bei Regen. Der Sack ist mit Abwasser gefüllt und überläuft.</p>
25.4.07	 <p>Abbildung 132: Sack ist nach einem Regenereignis noch ca. zur Hälfte mit Abwasser gefüllt.</p>	 <p>Abbildung 133: Der Sack hat sich entleert. Gut sichtbar ist die Schlammschicht auf dem Boden des Sacks.</p>
30.4.07	 <p>Abbildung 134: Nach einem Regen ist der Sack am Entleeren. Der Wasserspiegel liegt ca. 5 cm unter der Überlauföffnung.</p>	 <p>Abbildung 135: Der Sack hat sich bereits wieder entleert. Am Boden des Sacks ist die Schlammschicht gut sichtbar.</p>

16.7.07	 <p data-bbox="338 517 756 600">Abbildung 136: Der Sack wurde mit einem neuen Sack ausgetauscht.</p>	Der Geotextilsack wurde ausgebaut und es wurde ein neuer gleicher Sack eingebaut.
30.9.07	Ausbau des Sacks, Ende des Versuchs	Ausbau des Sacks, Ende des Versuchs

### Kontrolle des Versuchs

Die beiden Kontrollschächte mit den Geotextilsäcken wurden von den Gemeindebetrieben Köniz wöchentlich kontrolliert. In einem Protokollblatt wurden die Beobachtungen eingetragen. Insbesondere wurde das Schlammniveau in den beiden Säcken gemessen. Dabei wurde festgestellt, dass die Schlammmenge im Sack während der gesamten Versuchszeit praktisch konstant war, das heisst, dass der Schlamm bei jedem grösseren Regen wieder aus dem Sack ausgeschwemmt wurde. Dies war auf Grund der kleinen Säcke zu erwarten.

Nach 5 Monaten Betriebsdauer wurde beschlossen, die Säcke mit neuen Säcken auszuwechseln und nochmals eine Versuchsperiode von 2,5 Monaten anzuhängen. Im Folgenden wird nur die zweite Versuchsperiode vom 16.7.07 bis 3.10.07 ausgewertet.

### Regendaten 16.7.07 bis 3.10.07

Für die 2.5 Monate Betriebszeit vom 16.7.07 bis 3.10.07 wurde in der Messstation Allmendingen des Tiefbauamtes des Kantons Bern eine Regenmenge von 430.8 mm registriert. Wir übernehmen diesen Wert, da er für die beiden Messorte auch als repräsentativ gelten kann.

### Regenabflüsse

Für die 2.5-monatige Versuchsdauer berechnen sich die gesamten Regenabflüsse mit einem Gesamtabflussbeiwert von 0.70 auf total 300 mm. Damit ergeben sich die Abflussmengen wie folgt:

Schwarzenburgstrasse:  $4320 \text{ m}^2 \times 300 \text{ mm} = 1'296 \text{ m}^3$   
 Muhlernstrasse:  $1800 \text{ m}^2 \times 300 \text{ mm} = 540 \text{ m}^3$

### Abschätzung der Überlaufmenge

Die Überlaufmengen können abgeschätzt werden, indem angenommen wird, dass sich der Sack an Tagen mit grösseren Regenmengen maximal einmal füllen kann resp. bei kleineren Regenfällen entsprechend der Abflussmenge nur teilweise füllt. Über die 2.5 Monate ergibt das die folgenden Mengen:

	Schwarzenburgstrasse	Muhlernstrasse
- im Sack aufgefangene Wassermenge	1 m <sup>3</sup>	2 m <sup>3</sup>
- Überlaufmenge	1'295 m <sup>3</sup>	538 m <sup>3</sup>
- Anteil Überlauf	99.9 %	99.8 %
- Anteil Filtration	0.1 %	0.2 %

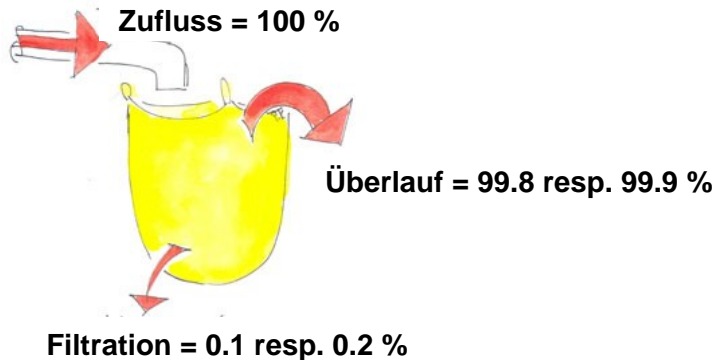


Abbildung 137: Aufteilung der Zuflussmenge in Filtration und Überlauf

### Entnahme der Säcke am 3.10.07 und Trocknung im Werkhof

Nach 2.5 Monaten Betriebsdauer wurden die Säcke am 3.10.07 ausgebaut und im Werkhof zum Trocknen ausgelegt.

### Abschätzung der eliminierten Schadstoffe

Am 31.10.07 nach einem Monat Trocknungszeit wurden die Säcke gewogen. Der Inhalt des Sacks aus der Muhlernstrasse hatte ein Gewicht von 4.95 kg und der Inhalt des Sacks aus der Schwarzenburgstrasse wog 3.76 kg.

Berücksichtigt man den für die Säcke der Bremgartenstrasse Bern ermittelten Trockensubstanzgehalt von 45% ergeben sich die Mengen der zurückgehaltenen gesamten ungelösten Stoffe GUS zu 2.228 resp. 1.692 kg. Damit können die eliminierten Schadstoffe wie folgt ermittelt werden:

	Analyse GBL mg/kg TS	Sack Schwarzenburgstrasse mg	Sack Muhlernstrasse mg
Blei	64	142	108
Cadmium	< 0.80	0	0
Chrom	37	82	63
Kupfer	165	368	279
Nickel	24	53	41
Zink	690	1'537	1'167

Tabelle 20: Schadstoffmengen in den beiden Säcken gemäss Analysen GBL vom 4.2.2008.

### Ausspülung des Schlamms aus den Säcken

In beiden Geotextilsäcken wurden nur kleine Schlammengen zurückgehalten, da praktisch bei jedem Regen der gesamte abgelagerte Strassenschlamm aus den Geotextilsäcken ausgeschwemmt wurde. Die Gründe liegen bei den zu grossen Einzugsgebieten, den zu kleinen Abmessungen der Säcke und der Anordnung der Säcke, bei der das

Strassenabwasser ohne jegliche Dämpfung mit grosser Geschwindigkeit in die Geotextilsäcke floss und als Folge des ungebremsten Einlaufs grosse Turbulenzen in den Säcken erzeugte.

### **Folgerungen / Ausblick**

Bei der Planung der Versuche sind wir von der Zielsetzung ausgegangen, zwei stark befahrene Strassenstücke mit separater Entwässerungsleitung und Einlaufschächten an Geotextilsäcke anschliessen zu können. Die Suche im GIS-System der Gemeinde zeigte, dass solche Strassen in Köniz selten sind, da die Gemeinde zum grössten Teil im Mischsystem entwässert ist. Lediglich bei zwei Strassenstücken war ein Versuch möglich. Bei beiden war aber das Sohlgefälle in den Kontrollschächten so klein, dass die Idee eines liegenden Geotextilsacks entstand. Der Praxistest dieser horizontal eingebauten Säcke hat nun aber gezeigt, dass die Idee nicht weiter zu verfolgen ist und horizontal eingebaute Filtersäcke nicht zu empfehlen sind. Trotzdem waren die Versuche im Rahmen dieser Forschungsarbeit sehr wertvoll. Der Einbau von horizontalen Säcken in Kontrollschächte ist zudem sehr aufwendig und nur unten im Schacht, meist in engsten Platzverhältnissen, möglich. Die Filtersäcke sollen möglichst einfach von der Strasse aus und ohne Besteigen der Schächte montiert werden können.

## A6 Pilotversuche auf der Avenue de Lavaux in der Stadt Pully (VD)



Abbildung 138: Entnahme des Geotextilsacks

### Zusammenfassung

Dieser Machbarkeitsversuch wurde von der Stadt Pully (VD) durchgeführt. Das Strassenabwasser der Avenue de Lavaux, einer Hauptverkehrsstrasse in der Stadt Pully mit ca. 20'000 Fahrzeugen pro Tag, entwässert heute über ein eigenes Entwässerungsnetz mit Schlammsammlern und Leitungen direkt in den Genfersee. Im Rahmen der Versuche wurden in 2 Schlammsammlern je ein Geotextilsack eingebaut. Im Schacht Lavaux 50 waren 550 m<sup>2</sup> und im Schacht Lavaux 42 total 450 m<sup>2</sup> Strassenfläche angeschlossen. Pro 1 m<sup>2</sup> Geotextilsack-Mantelfläche waren somit 350 m<sup>2</sup> resp. 239 m<sup>2</sup> Strassenfläche angeschlossen. Diese Werte liegen leicht höher als der empfohlenen Dimensionierungswert von 200 m<sup>2</sup> pro 1 m<sup>2</sup> Mantelfläche. Der Versuch dauerte 8 Monate von 4.8.2005 bis 6.4.2006. Nach den Beobachtungen der Stadt Pully funktionierten die Säcke während 5 bis 6 Monaten, danach blieb der Wasserspiegel in den Säcken konstant, d.h. es fand keine Filtration mehr statt, da die Sackwände verstopft waren. Die entnommenen Schlammengen betrugen 41 kg für den Sack im Schacht Lavaux 50 und 21 kg für den Sack im Schacht Lavaux 42. Dies entspricht einer Schlammmenge von 7.4 kg/100 m<sup>2</sup> Strassenfläche im Schacht Lavaux 50 resp. 4.7 kg/100 m<sup>2</sup> Strassenfläche im Schacht Lavaux 42.

Ich danke der Stadt Pully für die gute Zusammenarbeit.

## Projektpartner

Ville de Pully  
 Direction des travaux et des services industriels  
 Chemin de la Damataire 13  
 1009 Pully

Laurent Balsiger, Stadtgenieur  
 Jean-Luc Meylan, Projektleiter  
 Laurent Jayet, Voirie, Chef d'exploitation  
 Jean Wasem

## Einzugsgebiet und Versuchsinstallation

Die Avenue de Lavaux in der Stadt Pully ist eine der stark befahrenen Strassen von und nach Lausanne. Die tägliche Verkehrsmenge (private Fahrzeuge) liegt bei 19'200 Fahrzeugen. Der Anteil des Schwerverkehrs beträgt 6.5% resp. 1'250 Fahrzeuge pro Tag. Die Strasse wird 9 x pro Jahr mit der Wischmaschine gereinigt. Die Reinigung der Trottoirs erfolgt 3 x pro Woche. Gemäss den 20 Belastungspunkten (VSA-Richtlinie Tabelle 3.2) gehört die Avenue de Lavaux zu den Strassen mit der Belastungsklasse „hoch“. Eine Behandlung des Strassenabwassers ist deshalb gemäss der BAFU-Wegleitung erforderlich.

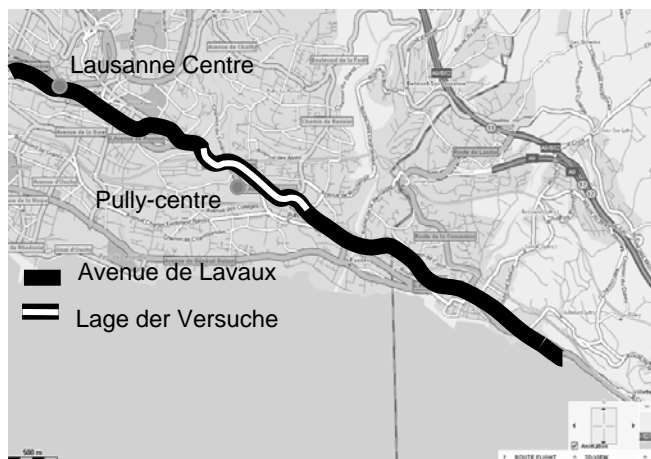


Abbildung 139: Die Avenue de Lavaux im Zentrum von Pully.

Im Rahmen eines Machbarkeitsversuchs wurden in 2 Schächten (Lavaux 50 und Lavaux 42) je ein Geotextilsack eingebaut.

Der Schacht Lavaux 50 hat einen Durchmesser von 0.60 m, eine Höhe von 1.40 m und befindet sich im Trottoir. Das Strassenwasser fliesst vom Strassenrand über einen seitlichen Einlaufschlitz über eine kurze Verbindungsleitung direkt in den Schacht. Die Aufstauhöhe im Schacht (Kote des Auslaufs bis zur Oberkante des Sacks) beträgt ca. 0.45 m. Die angeschlossene Strassenfläche beträgt 550 m<sup>2</sup>.



Abbildung 140: Die Installation Lavaux 50. Für die Registrierung des Wasserspiegels wurde ein Messgerät eingebaut.

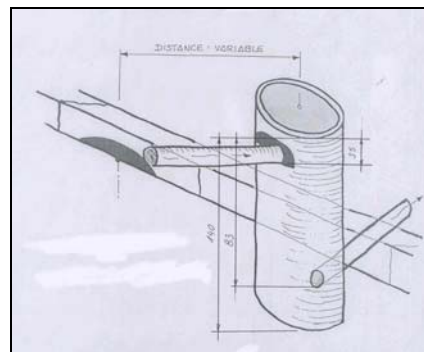


Abbildung 141: Schemazeichnung des Schachtes Lavaux 50

Der Einlaufschacht Lavaux 42 hat einen Durchmesser von 0.60 m und eine Höhe von 1.85 m. Das Strassenwasser fliesst direkt vom Strassenrand durch den Einlaufrost in den Schacht. Die Aufstauhöhe im Schacht (Kote des Auslaufs bis zur Oberkante des Sacks) beträgt ca. 1.25 m. Die angeschlossene Strassenfläche beträgt 450 m<sup>2</sup>.



Abbildung 142: Die Installation Lavaux 42. Der Geotextilsack wurde direkt in den Einlaufschacht eingehängt.

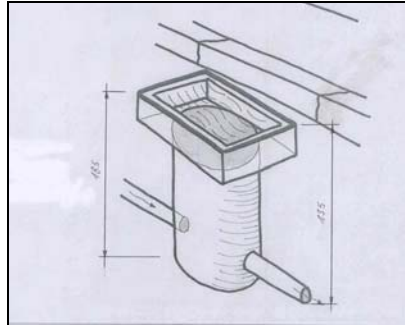


Abbildung 143: Schemazeichnung des Schachtes Lavaux 42

Die Geotextilsäcke wurden von der Firma Paul Schreck in Deutschland produziert und von der Firma Schoellkopf, Rümlang, Generalvertreter für die Schweiz, zur Verfügung gestellt. Sie hatten folgenden Abmessungen und technischen Daten:

	Lavaux 50	Lavaux 42
- Durchmesser	0.50 m	0.60 m
- Höhe	1.00 m	1.00 m
- Volumen	0.20 m <sup>3</sup>	0.28 m <sup>3</sup>
- Mantelfläche (ohne Boden)	1.57 m <sup>2</sup>	1.88 m <sup>2</sup>
- Angeschlossene Strassenfläche	550 m <sup>2</sup>	450 m <sup>2</sup>
- Strassenfläche / 1 m <sup>2</sup> Mantelfläche	350 m <sup>2</sup>	239 m <sup>2</sup>

### Betriebsdauer der Säcke

Die Säcke wurden am 4.8.2005 eingesetzt und am 6.4. 2006 herausgenommen. Gemäss den Beobachtungen der Stadt Pully haben die Säcke 5 bis 6 Monate funktioniert. Seit Mitte Februar 2006 waren die Säcke so verstopft, dass der Wasserspiegel in den Säcken konstant blieb. Es fand keine Filtration mehr statt. Gewünscht wäre grundsätzlich eine Betriebsdauer von 10 bis 12 Monaten.

### Die Entnahme der Säcke am 6.4.06

Die folgenden Bilder dokumentieren die Entnahme der Säcke am 6.4.06:

#### Sack Lavaux 50



Abbildung 144: Schacht mit eingehängtem Geotextilsack.



Abbildung 145: Die Avenue de Lavaux.



Abbildung 146: Mit dem Kran wird der Sack aus dem Schacht gehoben.



Abbildung 147: Der Sack hängt an 4 Schlaufen. Pro Minute fließen etwa 3 Liter Wasser aus dem Sack.

### Sack Lavaux 42



Abbildung 148: Der Sack ist im Einlaufschacht an einem Metallkreuz aufgehängt.



Abbildung 149: Das Einzugsgebiet des Schachtes, die Av. de Lavaux.



Abbildung 150: Der Sack wird mit dem Kran aus dem Schacht gehoben.



Abbildung 151: Der Sack hängt am Kran und entleert sich langsam.



Abbildung 152: Um den Entleerungsvorgang zu beschleunigen wird der Sack auf den Boden gestellt. Das über dem Schlamm stehende Wasser fließt aus.



Abbildung 153: Die leeren Säcke werden mit dem Lastwagen in den Werkhof transportiert, wo sie zum Trocknen ausgelegt werden.

### Analysen des Schlamms

Die Proben wurden beim Schacht Lavaux 50 am 6. April 06 anlässlich des Ausbaus der Säcke entnommen und vom Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern (GBL) analysiert. Die Proben sind wie folgt nummeriert:

Probe 1: Abwasser aus Filtersack (über Schlamm) Probe 3: Schlamm aus dem Filtersackboden

Probe 2: Ausfluss aus dem Filtersack

Probe 4: Schlamm von der Wand des Filtersackes

	Einheit	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
Gesamte ungelöste Stoffe	mg/l	250	110		
Trockensubstanz	%			75	58
Blei gesamt	mg/l	0.042	0.02		
Cadmium gesamt	mg/l	< 0.0005	< 0.0005		
Chrom gesamt	mg/l	0.014	0.0059		
Eisen gesamt	mg/l	3.0	1.90		
Kupfer gesamt	mg/l	0.18	0.12		
Nickel gesamt	mg/l	0.0069	<0.004		
Zink gesamt	mg/l	0.34	0.21		
Blei	mg/kg TS			69	160
Cadmium	mg/kg TS			< 0.80	0.91
Chrom	mg/kg TS			41	102
Kupfer	mg/kg TS			132	780
Nickel	mg/kg TS			19.1	33
Zink	mg/kg TS			310	1500

Tabelle 23: Analysenergebnisse gemäss Bericht GBL vom 8.5.2006

### Abschätzung der eliminierten Schadstoffmengen

Der Inhalt des Sacks aus dem Schacht Lavaux 50 hatte ein Gewicht von 41 kg und aus dem Schacht Lavaux 42 von 21 kg. Das Gewicht wurde bestimmt nach einer Trocknungszeit von 18 Tagen. Berücksichtigt man den ermittelten Trockensubstanzgehalt von 66% (Mittelwert der beiden Werte der Proben 3 und 4) dann ergibt sich eine Menge von 27.0 kg GUS resp. 13.9 kg GUS (Gesamte ungelöste Stoffe).

Damit können die eliminierten Schadstoffe wie folgt ermittelt werden:

	Analyse GBL Mittelwert	Schadstoffmengen Lavaux 50	Schadstoffmengen Lavaux 42
	mg/kg TS	mg	mg
Blei	114	3'078	1'585
Cadmium	< 0.80		
Chrom	71	1'917	987
Kupfer	456	12'312	6'338
Nickel	26	702	361
Zink	905	24'435	12'580

Tabelle 24: Schadstoffmengen im Sack gemäss Analysen GBL.

### Folgerungen / Ausblick

Die Gemeinde Pully liegt zum grössten Teil am Hang. Die Versickerungsmöglichkeiten sind deshalb generell sehr eingeschränkt. Infolge der sehr dichten Überbauung ist der Bau von grossen Retentionsfilterbecken praktisch nicht möglich. Die Einleitung des Strassenabwassers in das städtische Mischsystem ist ebenfalls nicht sinnvoll, da das Netz bereits stark ausgelastet ist und die ARA nicht in der Lage ist das Strassenabwasser zu behandeln. Das Strassenabwasser müsste in grossen Rückhaltebecken gestapelt werden, die sich aus Platzgründen nicht realisieren lassen.

Die Stadt Pully hat deshalb beschlossen für die Reinigung des Strassenabwassers der Avenue de Lavaux Strassenabwasser-Filterschächte zu realisieren. Damit soll erreicht werden, dass ein bedeutender Teil des Strassenschlammes und der Schadstoffe nicht in den See gelangt. Aufgrund der Pilotversuche wurden spezielle Filterschächte mit Geotextilsäcken

erstellt. Das Strassenabwasser wird am Strassenrand mit konventionellen Strassenabwasser-Einlaufschächten gesammelt und den Filterschächten zugeleitet. Diese befinden sich im Trottoir und sind so für den Unterhalt jederzeit gut zugänglich.



Abbildung 154: Einer der neu erstellten Strassenabwasser-Filterschächte auf der Avenue de Lavaux. Das Strassenabwasser wird vom Strasseneinlaufschacht zum Filterschacht geleitet.



Abbildung 155 : Blick in den Strassenabwasser-Filterschacht mit dem Geotextilsack und der Zuflussleitung.

Die folgenden Pläne zeigen die Strassenabwasser-Filterschächte in der Fahrbahn und im Trottoir.

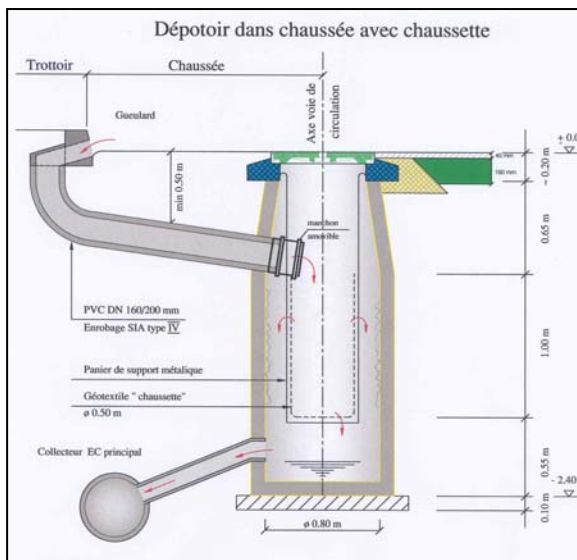


Abbildung 156: neu erstellte Strassenabwasser-Filterschächte in der Fahrbahn.

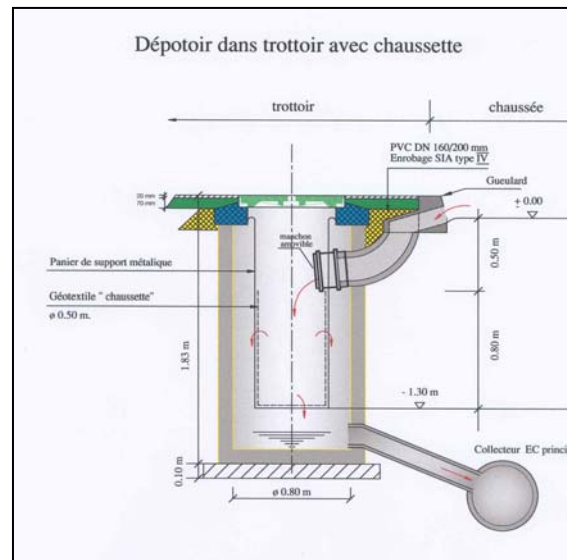


Abbildung 157: neu erstellte Strassenabwasser-Filterschächte im Trottoir.

## A7 Pilotversuch auf der Lufingerstrasse zwischen Kloten und Lufingen



Abbildung 158: Entnahme des Geotextilsacks am 20.12.06

### Zusammenfassung

Dieser Machbarkeitsversuch wurde vom Tiefbauamt des Kantons Zürich und der Firma Schoellkopf AG auf der Lufingerstrasse zwischen Kloten und Lufingen durchgeführt. Die Strasse entwässert über Schlammsammler, die an eine Entwässerungsleitung angeschlossen sind, direkt in den Buehalmbach. Bei 3 Schlammsammlern wurde je ein Geotextilsack eingebaut. Ein Sack mit einer entwässerten Strassenfläche von 260 m<sup>2</sup> wurde speziell untersucht. Pro 1 m<sup>2</sup> Geotextilsack-Mantelfläche war eine Strassenfläche von 113 m<sup>2</sup> angeschlossen, was ungefähr der Hälfte der empfohlenen Dimensionierungsempfehlung von 200 m<sup>2</sup> pro 1 m<sup>2</sup> Mantelfläche entspricht. Der Versuch dauerte 17 Monate von 17.7.06 bis zum 7.12.07. In dieser Zeit wurden 30 kg Schlamm resp. 13.5 kg gesamte ungelöste Stoffe GUS im Filtersack zurückgehalten.

Ich danke dem Tiefbauamt des Kantons Zürich und der Firma Schoellkopf für die gute Zusammenarbeit.

## Projektpartner

Tiefbauamt des Kantons Zürich  
Strasseninspektorat  
Unterhaltsregion I  
Flughofstrasse 32  
8152 Glattbrugg

Wilfried Müller, Unterhaltsingenieur  
Andrea Federli, Ingenieur  
Thomas Roth, Betriebsleiter

## Einzugsgebiet und Versuchsinstallation

Die Lufingerstrasse ist eine stark befahrene Strasse von Kloten nach Lufingen. Die tägliche Verkehrsmenge dürfte bei ca. 15'000 Fahrzeugen liegen (12'000 Fz/d gemäss Verkehrszählung 2003). Mit ca. 15 Belastungspunkten (BAFU-Wegleitung Tabelle 3) gehört die Lufingerstrasse zu den Strassen mit der Belastungsklasse „hoch“. Eine Behandlung des Strassenabwassers ist deshalb gemäss der BAFU-Wegleitung erforderlich.

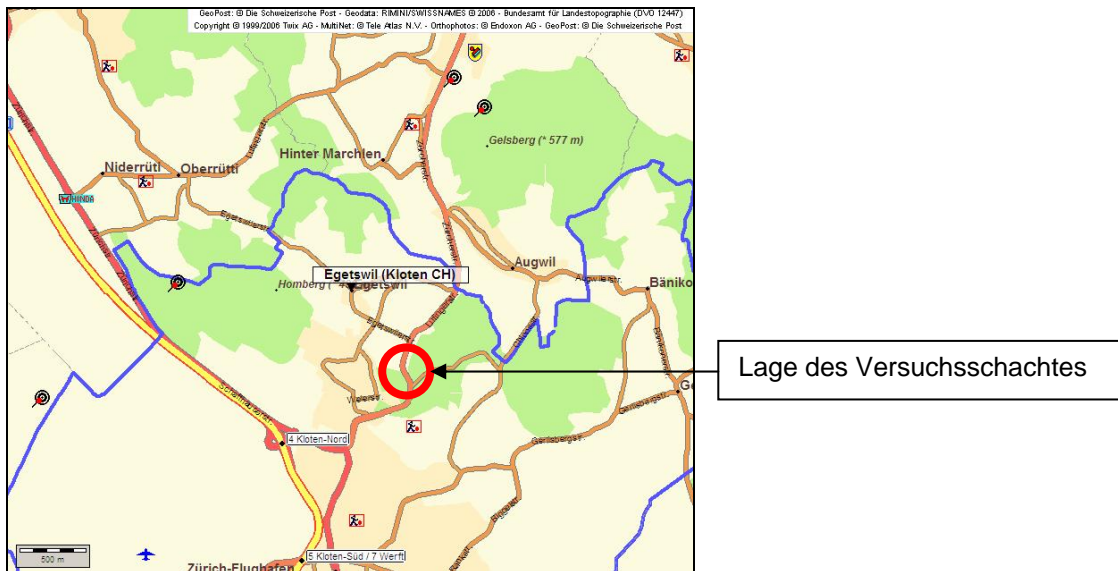


Abbildung 159: Die Lufingerstrasse ist eine sehr stark befahrene Zubringerstrasse zum Flughafen Zürich.

Im Rahmen eines Machbarkeitsversuchs wurden in 3 Schlammsammlern je ein Geotextilsack eingebaut.



Abbildung 160: Die Lufingerstrasse hat ein Quergefälle. Das Abwasser fliesst längs des Strassenrandes in die Einlaufschächte.



Abbildung 161: Die Einlaufschächte befinden sich ausserhalb der Fahrspuren.

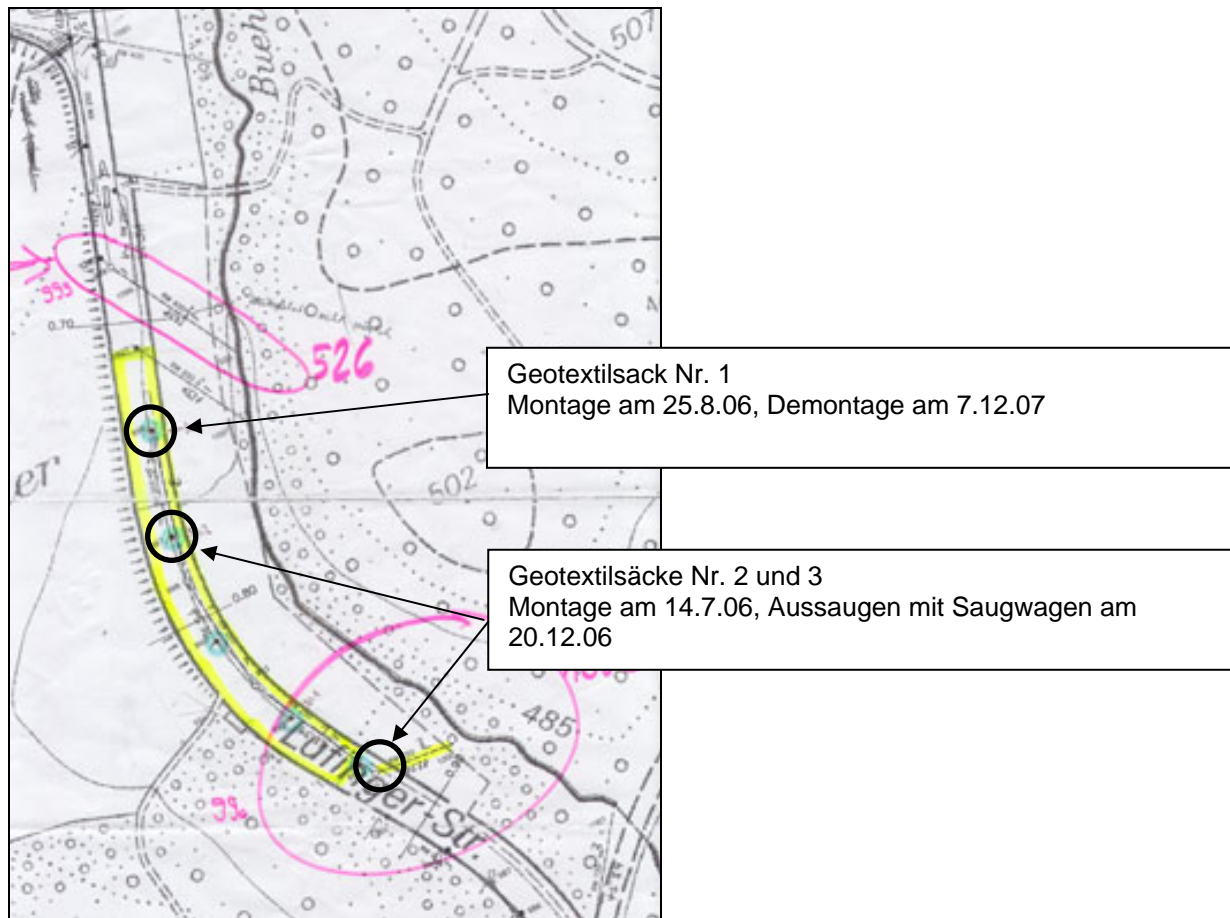


Abbildung 162: Die Lufingerstrasse mit der Lage des Einlaufschachtes, dessen Geotextilsack untersucht wurde.

Der Pilotschacht, dessen Schlamm untersucht wurde, hat einen Durchmesser von 0.80 m, eine Höhe von 1.75 m und befindet sich zwischen Fahrspur und Veloweg ausserhalb der Strasse. Das Strassenabwasser fliesst entlang des Strassenrandes bis zum Einlaufschacht. Die angeschlossene Strassenfläche beträgt 260 m<sup>2</sup>.

Die Geotextilsäcke wurden von der Firma Paul Schreck in Deutschland produziert und von der Firma Schoellkopf, Rümlang, Generalvertreter für die Schweiz, zur Verfügung gestellt. Der untersuchte Pilotschacht hat die folgenden Abmessungen und technischen Daten:

- Durchmesser	0.80 m
- Höhe	1.75 m
- Volumen	0.75 m <sup>3</sup>
- Mantelfläche (Seitenwände ohne Boden)	2.30 m <sup>2</sup> (bis Auslaufkote)
- Angeschlossene Strassenfläche	260 m <sup>2</sup>
- Strassenfläche / 1 m <sup>2</sup> Mantelfläche	113 m <sup>2</sup>

### Saugversuch am 20. Dezember 2006

Anlässlich der Begehung vom 20.12.06 hat die Firma Schoellkopf zusammen mit der Saugunternehmung Hänni AG die verschiedenen Arbeiten im Zusammenhang mit dem Unterhalt von Geotextilsäcken demonstriert.



Abbildung 163: Ein Sack wird mit dem Kran herausgezogen.



Abbildung 164: Einer der 3 Einlaufschächte mit einem Geotextilsack.



Abbildung 165: Aussaugen des Sackes, ohne dass der Geotextilsack aus dem Einlaufschacht entnommen wird.



Abbildung 166: Mit dem Saugrohr wird der Schlamm aus dem unteren Teil des Sacks herausgesogen.

### Betriebsdauer der Säcke

Die drei Säcke wurden am 14.7.06 und am 25.8.06 eingesetzt. Der Versuch dauerte bis zum 7.12.2007. Dies ergibt eine Betriebsdauer von 17 Monaten.

### Die Entnahme der Säcke am 7.12.2007

Die folgenden Bilder dokumentieren die Entnahme der Säcke am 7. Dezember 2007. Zwei Säcke wurden mit dem Saugwagen ausgesaugt und in den Einlaufschächten belassen, und ein Sack wurde mit dem Kran herausgezogen und im Werkhof während 8 Wochen getrocknet.



Abbildung 167: Schacht mit eingehängtem Geotextilsack. Nach Regenfällen ist der Sack mit Abwasser gefüllt.



Abbildung 168: Der Sack wird aus dem Einlaufschacht herausgezogen.



Abbildung 169: Der Sack ist bereit für den Abtransport in den Werkhof. Dort wird er getrocknet.

### Analysen des Schlamms

Die Proben wurden von der Firma Schoellkopf nach 8 Wochen Trocknungszeit im Werkhof am 12.03.08 entnommen und am 14.03.08 vom Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern (GBL) analysiert. Die Proben sind wie folgt nummeriert:

Probe 1: Schlamm aus Inhalt Filtersack, Mischprobe Beutel 1 + 2

Probe 2: Schlamm aus Inhalt Filtersack, Mischprobe Beutel 3 + 4

Probe 3: Schlamm aus Inhalt Filtersack, Mischprobe Beutel 4, gesiebt < 1mm (getrocknet bei 70°C)

	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Mittelwert
	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
Antimon	22	22	23	22
Blei	73	46	47	60
Cadmium	< 0.80	< 0.80	< 0.80	< 0.80
Chrom	48	48	52	48
Kupfer	260	250	250	255
Nickel	21	21	23	21
Zink	1'100	1'100	1'100	1'100
KW	1'900			1'900

Tabelle 26: Analysenergebnisse gemäss Bericht GBL vom 7.4.2008 (Mittelwert aus Proben 1 + 2)

### Abschätzung der eliminierten Schadstoffmengen

Der Inhalt des Sacks hatte ein Gewicht von 30 kg nach einer Trocknungszeit von 8 Wochen. Berücksichtigt man einen Trockensubstanzgehalt von 45% (gemessener Wert bei den Analysen des Schlamms aus den Filtersäcken der Bremgartenstrasse in Bern) dann ergibt sich eine Menge von 13.5 kg GUS (Gesamte ungelöste Stoffe).

Damit können die eliminierten Schadstoffe wie folgt ermittelt werden:

	Analyse GBL Mittelwert mg/kg TS	Gesamte ungelöste Stoffe kg GUS	Eliminierte Schadstoffmengen mg
Antimon	22	13.5	297
Blei	60	13.5	810
Cadmium	< 0.80	13.5	
Chrom	48	13.5	648
Kupfer	255	13.5	3'442
Nickel	21	13.5	284
Zink	1'100	13.5	14'850
KW	1'900	13.5	25'650

Tabelle 27: Schadstoffmengen im Sack gemäss Analysen GBL vom 7.4.2008.

### Folgerungen / Ausblick

Die Strassenentwässerung auf der Lufingerstrasse ist eine in der Schweiz häufig angewendete Entwässerungsart, bei der das Strassenabwasser über Schlammfänger von der Strasse abgeleitet und mit einer Entwässerungsleitung direkt ohne Reinigung in ein kleines Fließgewässer eingeleitet wird. Beim Bau der Entwässerungsanlagen galt das

Strassenabwasser als relativ gering belastet. Heute ist allgemein bekannt, dass von diesen Strassen bei Regen namhafte Schadstoffmengen wie Schwermetalle und organische Verbindungen wie PAK und MTBE abgeschwemmt werden. Das Abwasser von stark befahrenen Strassen ist deshalb nach den heute gültigen Vorschriften zu behandeln. Zur Behandlung wird in erster Priorität die Versickerung über die belebte Bodenschicht übers Bankett oder in Retentionsfilterbecken angestrebt. An vielen Orten ist dies nicht möglich und alternative Ideen sind deshalb gefragt. Der Einbau von geotextilen Filtersäcken auf der Lufingerstrasse hat gezeigt, dass dies eine zweckmässige Lösung darstellt, mit der ein namhafter Teil der gesamten ungelösten Stoffe GUS und daran adsorbiert Schadstoffe vor dem Eintrag in den Buehalmbach zurückgehalten werden können. Der Versuch zeigte auch, dass dies ohne bauliche Anpassungen an den Entwässerungsanlagen möglich ist. Es ist zu empfehlen, dass auch andere ähnliche Strassenabschnitte mit Geotextilfiltersäcken ausgerüstet werden.

**Anhang B: Normenentwurf SN.....**

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute  
 Association suisse des professionnels de la route et des transports  
 Associazione svizzera dei professionisti della strada e dei trasporti  
 Swiss Association of Road and Transportation Experts

Schweizer Norm  
 Norme Suisse  
 Norma Svizzera  
 Swiss Standard



**Strassenentwässerung  
 Strassenabwasser – Filterschächte  
 Entwurf vom 9.7.08 für die Weiterbearbeitung durch die EK 2.07**

<b>INHALTSVERZEICHNIS</b>		<b>Seite</b>
<b>A</b>	<b>Allgemeines</b>	
1.	Geltungsbereich	106
2.	Gegenstand	106
3.	Zweck	106
4.	Begriffe	106
4.1	Strassenabwasser - Filterschacht	106
4.2	Schlammsammler mit Geotextilfiltersack	106
4.3	Schacht mit Geotextilfiltersack	106
4.4	Geotextilfiltersack	106
<b>B</b>	<b>Grundsätze</b>	
5.	Anforderung an die Behandlung	107
6.	Funktionsweise eines Strassenabwasser-Filterschachtes	107
<b>C</b>	<b>Bauliche Ausführung</b>	
7.	Bau von Strassenabwasser - Filterschächten	107
7.1	Schachtbauwerk	107
7.2	Zulauf in den Strassenabwasser - Filterschacht	108
7.3	Auslauf aus dem Strassenabwasser - Filterschacht	108
7.4	Abmessungen des Geotextilsackes	109
7.5	Befestigung des Geotextilsackes	109
7.6	Vermeidung von Rückstau von Strassenabwasser	109
<b>D</b>	<b>Dimensionierung</b>	
8.	Bestimmung der Grösse des Geotextilsackes	109
8.1	Grundsatz	109
8.2	Filteraktive Mantelfläche	109
8.3	Empfohlene Filterflächenbelastung	110
<b>E</b>	<b>Betrieb und Unterhalt</b>	
9.	Filterleistung	110
10.	Betriebskontrolle	110
11.	Aussaugen des Schlammes	111
12.	Reinigung der Geotextilsäcke	111
<b>F</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	111

## **A Allgemeines**

### **1. Geltungsbereich**

Diese Norm gilt für Strassen und grössere Plätze.

### **2. Gegenstand**

Die Norm stellt die im Rahmen einer Machbarkeitsstudie gesammelten Erfahrungen zum Rückhalt von Schadstoffen von Strassenabflüssen mit geotextilen Filtersäcken zusammen. Sie stellt den Stand der Technik dar.

### **3. Zweck**

Die Norm ermöglicht die Projektierung von Strassenabwasser-Filterschächten mit Geotextilfilter zum Rückhalt von Schadstoffen an der Quelle.

### **4. Begriffe**

#### **4.1 Strassenabwasser - Filterschacht**

Der Strassenabwasser – Filterschacht ist eine technische Anlage zur Behandlung von Strassenabwasser, die einer Versickerung oder Einleitung in ein Gewässer vorgeschaltet wird und primär eine Reinigungsleistung erzielen soll. Es werden zwei Anwendungen unterschieden: Schlamm-sammler mit Geotextilfiltersack und Schacht mit Geotextilfiltersack.

#### **4.2 Schlamm-sammler mit Geotextilfiltersack**

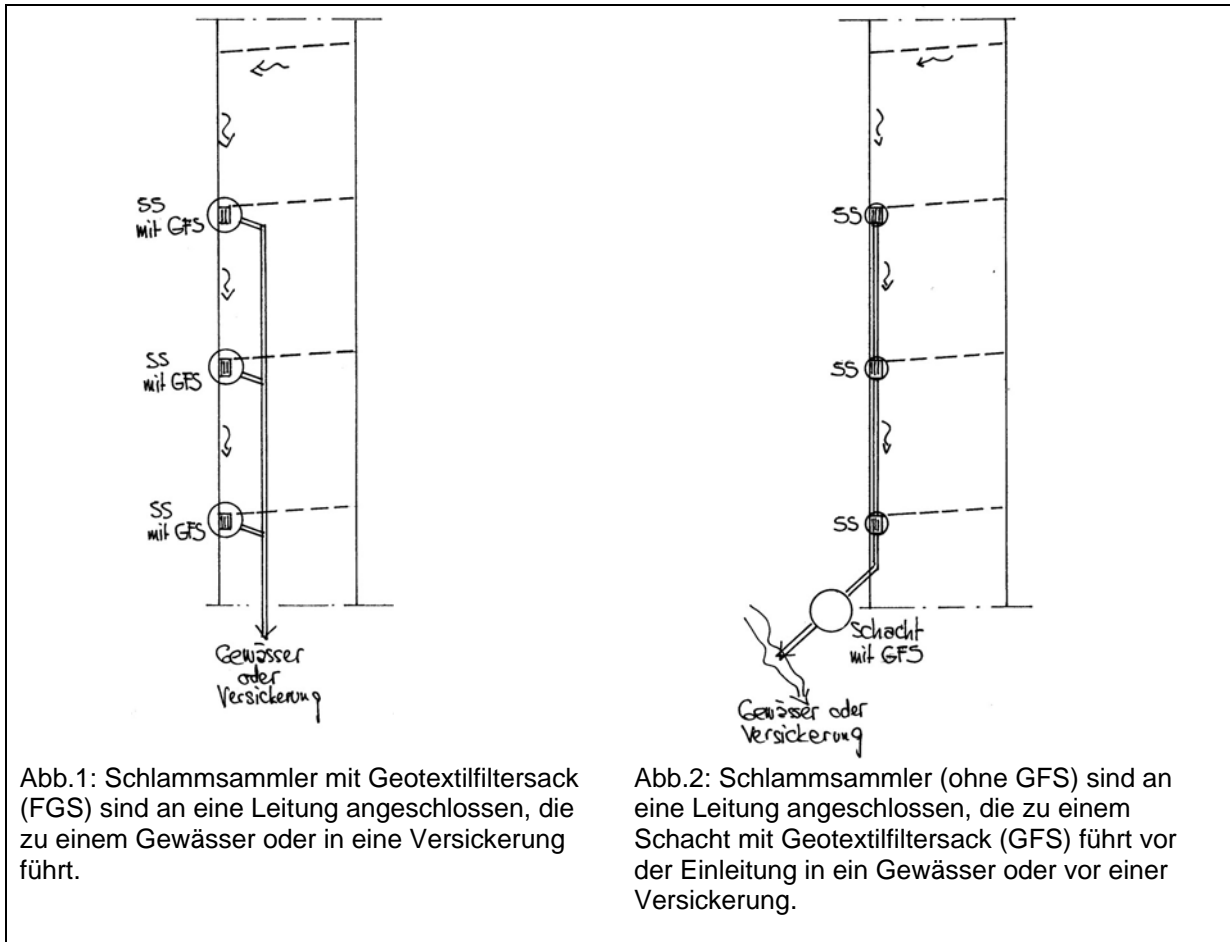
Ablauf zur Fassung und Reinigung des Strassenabwassers, bestehend aus einem Schacht mit einem Absetzraum und einem Aufsatz aus einem Rahmen und einem Rost. In das Schachtbauwerk ist ein Geotextilfiltersack eingehängt. In den Schlamm-sammler entwässert ein Strasseneinzugsgebiet.

#### **4.3 Schacht mit Geotextilfiltersack**

Schacht zur Reinigung des Strassenabwassers, bestehend aus einem Schachtbauwerk mit Konus und einer Abdeckplatte mit Rahmen und Deckel. In das Schachtbauwerk ist ein Geotextilfiltersack eingehängt. An die Zulaufleitung zum Schacht können ein oder mehrere Schlamm-sammler oder Entwässerungsrinnen angeschlossen sein.

#### **4.4 Geotextilfiltersack**

Aus mehrschichtigem Geotextil hergestellter Sack der nachweislich geeignet ist Feststoffpartikel des Strassenabwassers zurückzuhalten.



## B Grundsätze

### 5. Anforderung an die Behandlung

Ein Strassenabwasser-Filter­schacht mit Geotextil­sa­ck soll ein namhafter Teil der Feststoff­par­ti­kel des Strassenabwassers (gemessen als gesamte ungelöste Stoffe GUS) zurückhalten.

### 6. Funktionsweise eines Strassenabwasser-Filter­schachtes

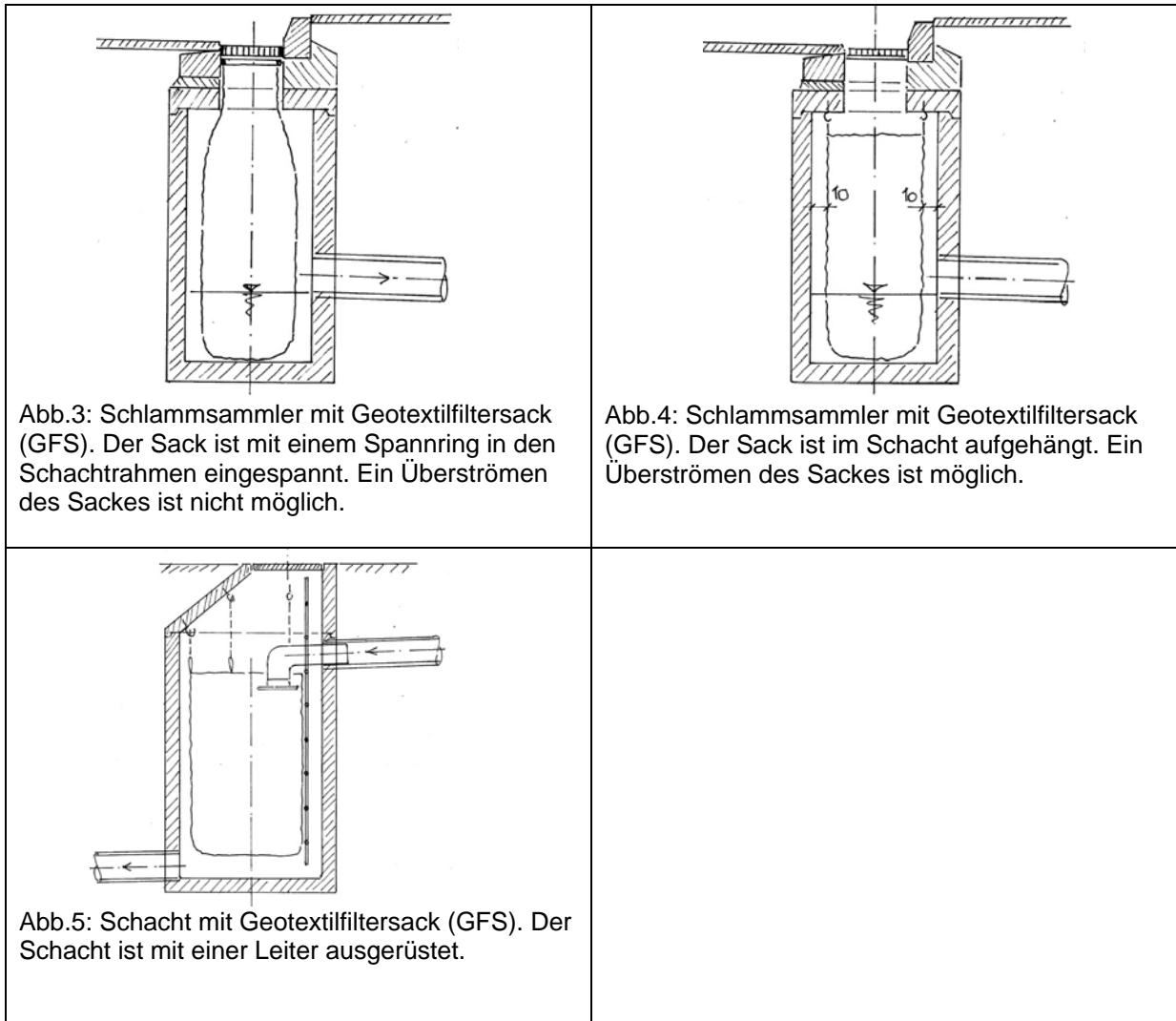
Bei einem Regenereignis fließt das Strassenabwasser in den Geotextil­sa­ck und füllt diesen bei den meisten Regen relativ rasch bis zum oberen Sa­ck­rand. Gleich­zei­tig be­ginnt die Filtra­tion des Abwassers durch das Geotextil, welches einen grossen Teil der Feststoff­par­ti­kel zurückhält. Das nach dem Auffüllen des Geotextil­sa­ckes zu­fließende Strassenabwasser fließt ent­we­der seitlich über den Sa­ck­rand in den Schacht und in den Ab­lauf oder staut zu­rück in den Schachtein­lauf, so­fern der Sa­ck dicht in den Schacht ein­ge­spannt ist. Nach dem Regen fil­triert das Abwasser im Schacht langsam durch die Sa­ck­wand weg bis sich der Sa­ck wieder im Ursprungs­zu­stand be­fin­det. Je grösser die Belegung des Sa­ckes mit Feststoff­par­ti­keln ist, umso langsamer verläuft der Entleerungsprozess des Sa­ckes.

## C Bauliche Ausführung

### 7. Bau von Strassenabwasser - Filter­schächten

#### 7.1 Schachtbauwerk

Das Schachtbauwerk wird aus monolithischen Betonfertigteilen oder aus elastisch gedichteten Einzelteilen oder in Ortsbeton erstellt.



## 7.2 Zulauf in den Strassenabwasser - Filterschacht

Das Strassenabwasser fliesst von der Strasse in den Strassenabwasser – Filterschacht entweder direkt über den sich über dem Schacht befindenden Strassenrost, oder durch eine sich im Randstein befindende seitliche Einlauföffnung oder über eine Zulaufleitung.

Die Zulaufleitung ist so zu projektieren, dass die Geschwindigkeit des Abwassers beim Eintritt in den Strassenabwasser – Filterschacht möglichst klein ist, um im Sack keine Feststoffpartikel aufzuwirbeln, ansonst empfiehlt sich der Einbau eines Pralltellers oder einer gleichwertigen Einrichtung.

## 7.3 Auslauf aus dem Strassenabwasser - Filterschacht

Durch die Auslaufleitung fliesst das Strassenabwasser aus dem Strassenabwasser – Filterschacht. Die Auslaufleitung ist möglichst tief anzuordnen. Damit wird die Differenz zwischen Wasserspiegel im Sack und der Sohlenkote der Auslaufleitung gross, was sich positiv auf die Geschwindigkeit der Filtration durch den Sack auswirkt. Ein Tauchbogen ist nicht erforderlich.

Bei einem Schlamm­sammler mit Geotextil­sack ist ein Teil des Sackes immer im Wasser eingetaucht. Ein Schacht mit Geotextil­sack kann mit oder ohne Absetzraum ausgebildet werden. Befindet sich der Auslauf auf der Schachtsohle, dann kann der Geotextil­sack bei Trockenwetter völlig austrocknen. Liegt die Auslaufleitung höher als die Schachtsohle, dann ist wie beim Schlamm­sammler ein Teil des Sackes ständig im Abwasser eingetaucht.

#### 7.4 Abmessungen des Geotextilsackes

Die Abmessungen des Geotextilsackes sind optimal, wenn der Durchmesser klein und die Sackhöhe gross sind. Der Durchmesser des Geotextilsackes ist in der Regel 10 bis 20 cm kleiner als der Schachtdurchmesser. Es wird ein minimaler Durchmesser von 50 cm empfohlen.

#### 7.5 Befestigung des Geotextilsackes

Der Geotextilsack kann mittels Spannring in den Schacht oder Schachtrahmen eingespannt oder an Schlaufen aufgehängt werden. Bei seitlichem Zulaufrohr ist mit einem steckbaren Rohrstück oder mit einem Spannring dafür zu sorgen, dass das Strassenabwasser direkt in den Sack fliesst und nicht am Sack vorbeifliessen kann.

#### 7.6 Vermeidung von Rückstau von Strassenabwasser

Zur Vermeidung von Rückstau von Strassenabwasser auf die Strasse kann auf der Schachtwand ein Überlaufrohr oder Noppen oder Schlitze auf resp. in der Schachtwand angebracht werden. Steigeisen im Schachtbauwerk verhindern ebenfalls, dass sich der Geotextilsack vollständig an die Schachtwand anschliessen kann und das Überströmen des Sackes nicht mehr möglich ist. Bei Befestigung des Sackes mit einem Spannring können im oberen Bereich des Filtersackes Öffnungen eingeschnitten werden, die ein Überlaufen ermöglichen.

### D Dimensionierung

#### 8. Bestimmung der Grösse des Geotextilsackes

##### 8.1 Grundsatz

Massgebend für die Dimensionierung eines Geotextilsackes ist die filteraktive Mantelfläche. Darunter wird die Fläche des Sackes verstanden, die vom Abwasser aktiv durchflossen wird.

##### 8.2 Filteraktive Mantelfläche

Bei einem frei im Schacht hängenden Geotextilsack umfasst die filteraktive Mantelfläche die gesamte Geotextilmantelfläche ohne den Sackboden. Bei einem Geotextilsack, der teilweise im Absetzteil des Schachtes eingetaucht ist, umfasst die filteraktive Mantelfläche nur die Fläche des Geotextilsackes zwischen dem Ruhewasserspiegel im Schacht und der Oberkante des Sackes.

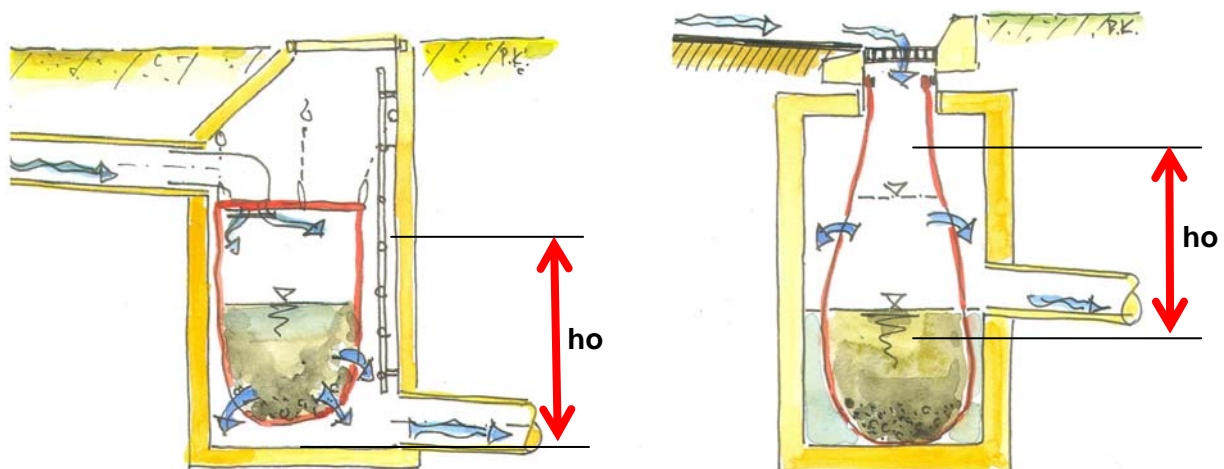


Abb. 6: Zur filteraktiven Mantelfläche zugehörige Höhe des Filtersackes  $h_o$ .

### 8.3 Empfohlene Filterflächenbelastung

Es wird eine Filterflächenbelastung von 200 m<sup>2</sup> effektive Strassenfläche pro 1 m<sup>2</sup> filteraktive Mantelfläche empfohlen. Für eine Vordimensionierung können die Abmessungen des Geotextilsackes der folgenden Tabelle und dem Diagramm entnommen werden:

Strassenfläche in m <sup>2</sup>	Filteraktive Mantelfläche in m <sup>2</sup>	Sackdurchmesser				
		600 mm	700 mm	800 mm	900 mm	1000 mm
		Sackhöhe ho in mm				
300	1.5	800				
400	2.0	1075	900	800		
500	2.5	1350	1150	1000	900	
600	3.0	1600	1350	1200	1075	950
700	3.5		1600	1400	1250	1100
800	4.0			1600	1400	1250

Tabelle 1: Dimensionierung von Geotextilfiltersäcken

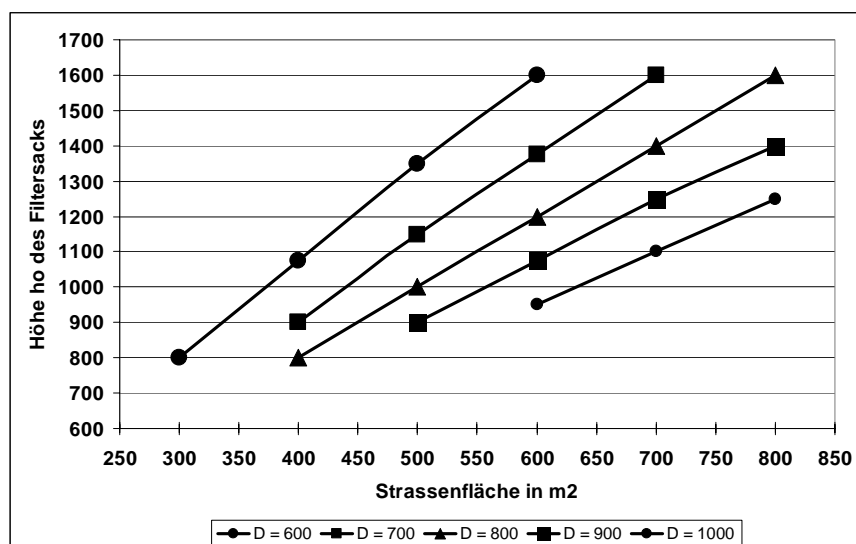


Abb. 7: Diagramm zur Bestimmung der Höhe ho (zur filteraktiven Mantelfläche zugehörige Höhe des Filtersacks gemäss Abb. 6)

## E Betrieb und Unterhalt

### 9. Filterleistung

Auf der Innenfläche des Filtersackes akkumulieren die Feststoffe und bewirken einerseits eine zunehmend bessere Rückhalteleistung, aber auch einen zunehmenden Druckverlust. Dies führt dazu, dass die Filterleistung (Abwassermenge/Filterfläche) gegenüber einem Geotextil im Neuzustand abnimmt. Die Funktionstüchtigkeit ist direkt von der Dimensionierung des Strassenabwasser – Filterschachtes (Schachtbauwerk und Filtersack) und von der Menge und dem Grad der Verschmutzung des Strassenabwassers abhängig.

### 10. Betriebskontrolle

Die Betriebskontrolle eines Strassenabwasser – Filterschachtes beschränkt sich auf eine periodische Kontrolle. Dabei ist zu überprüfen, ob sich der Wasserspiegel im Schacht bei Trockenwetter auf das Minimalniveau absenkt. Wenn sich der Wasserspiegel nicht mehr auf das Ursprungsniveau absenkt, ist der darunterliegende Teil des Sackes nicht mehr durchlässig. Der Sack muss ausgewechselt oder entleert und gereinigt werden.

## 11. Ausaugen des Schlammes

Im Rahmen des Reinigungszyklus der Strassensammler kann der Schlamm mit dem Saugwagen aus dem Sack herausgesogen werden, ohne dass der Geotextilsack aus dem Schacht ausgebaut wird. Eine vollständige Reinigung des Filtersacks ist nicht erforderlich. Diese Reinigung kann mehrere Male stattfinden, bis der Sack definitiv ausgebaut und durch einen neuen Sack ersetzt werden sollte.

## 12. Reinigung der Geotextilsäcke

Geotextilsäcke können mit einem Wasserstrahl von Aussen nach Innen gereinigt und nach dem Trocknen wieder eingebaut werden. Um den Ausbau zu erleichtern, sollte das anstehende Wasser abgesaugt werden, bevor der Filtersack mit den abgelagerten Feststoffen ausgebaut wird. Im Normalfall sollte eine Reinigung alle 1 bis 2 Jahre vorgenommen werden. Spätestens nach drei Reinigungen empfiehlt es sich, den Filtersack zu ersetzen.

## F Literaturverzeichnis

- [1] SN 640 340a: Strassenentwässerung, Grundlagen.
- [2] SN 640 350: Oberflächenentwässerung von Strassen, Regenintensitäten.
- [3] SN 640 353: Strassenentwässerung, Abfluss.
- [4] SN 640 356: Strassenentwässerung, Ablauf, Strassenablauf.
- [5] SN 640 357: Strassenentwässerung, Bemessung der Leitungen
- [6] SN 640 361: Strassenentwässerung, Retention und Behandlung (in Bearbeitung)
- [7] BAFU (2002): Gewässerschutzmassnahmen bei der Entwässerung von Verkehrswegen, Wegleitung.
- [8] VSA (2002): Regenwasserentsorgung – Richtlinie zur Versickerung, Retention und Ableitung von Niederschlagswasser in Siedlungsgebieten.
- [9] VSA (2007): Abwassereinleitungen in Gewässer bei Regenwetter (STORM), Richtlinie.
- [10] BFH (2008): Strassenabwasser – Filterschacht, Forschungsprojekt an der Berner Fachhochschule, Schlussbericht (in Bearbeitung).
- [11] EAWAG/HSB/GSA/GSA (2005): Schadstoffe im Strassenabwasser einer stark befahrenen Strasse und deren Retention mit neuartigen Filterpaketen aus Geotextil und Adsorbermaterial, Schlussbericht.
- [12] EAWAG/HSB/GSA/GSA (2005): Bankette bestehender Strassen – Untersuchung über die Versickerung von Strassenabwasser über Strassenrandstreifen an einer bestehenden Strasse, Schlussbericht.
- [13] Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (2004): Versickerung des Niederschlagswassers von befestigten Verkehrsflächen, Entwicklungsvorhaben, 3. Zwischenbericht.