michele steiner

Mattenhof 20
8051 Zürich
Tel 043 960 38 22
Fax 043 960 38 23
michele.steiner@wst21.ch
www.wst21.ch

Kanton Zürich
Baudirektion, Tiefbauamt
Strasseninspektorat
Strassenregion II
Hartmut Stiess
8820 Wädenswil

Einsatz von Geotextil-Filtersäcken (GTS)

Optimierung des Unterhalts und Bestimmung der Einsatzdauer von Geotextil-Filtersäcken

Zürich, 10. April 2025 / ms-pg / v1.2

Inhaltsverzeichnis

1 Ausgangslage und Fragestellung ... 3

2 Ziele ... 3

3 Methodik ... 4

3.1 Standorte ... 4
3.1.1 Auswahlkriterien ... 4
3.1.2 Beschreibung der Standorte ... 5
3.2 Betrieb und Unterhalt Messtechnik ... 6
3.3 Wirkungsweise der GTS ... 6
3.4 Bestimmung der Leistungskennzahlen ... 8
3.4.1 Kolmation ... 8
3.4.2 Schadstoffrückhalt ... 9
3.5 Beurteilung der Reinigungswirkung ... 9

4 Chronologie ... 10

5 Ergebnisse ... 11

5.1 Eckdaten der Messungen ... 11
5.2 Schadstoffentfernung Standort Meilen ... 11
5.2.1 Ablaufkonzentrationen und Vergleich ... 11
5.2.2 Wirkungsgrade ... 12
5.2.3 Wirkung der Reinigung ... 12
5.2.4 Vergleich mit anderen Behandlungsverfahren ... 14
5.3 Reinigung der GTS ... 14
5.4 Wirkung der Reinigung zur Kolmationsbeseitigung ... 15
5.4.1 Meilen ... 15
5.4.2 Schlieren ... 17
5.4.3 Birmensdorf ... 18
5.4.4 Messungen des TBA ... 19
5.5 Erkenntnisse ... 19
5.6 Hydraulischer Wirkungsgrad ... 20
5.6.1 Bedeutung ... 20
5.6.2 Berechnung und Ergebnisse ... 20

6 Folgerungen ... 21

7 Literatur ... 22

Anhang ... 23

Glossar ... 27

1 Ausgangslage und Fragestellung

Der Kanton und die Stadt Zürich setzen zur dezentralen Behandlung von Strassenabwasser seit über 10 Jahren Geotextil-Filtersäcke (GTS) ein. Die GTS mit der Aufhängevorrichtung, der Entlastung und der Leiteinrichtung für das zuströmende Strassenabwasser wurden zuvor während mehreren Jahren im Einsatz laufend optimiert und geprüft.

Die letzte Verbesserung vor wenigen Jahren betraf die Leiteinrichtung, welche anstatt aus Gummi aus Metall gefertigt wurde. Bereits bestehende Leiteinrichtungen werden nach und nach ersetzt. Das heutige System aus den genannten Elementen entspricht damit einem ausgereiften System zur dezentralen Behandlung von Strassenabwasser, welches sich bewährt hat.

GTS werden dort eingesetzt, wo die Versickerung in der Strassenschulter, die zentrale Behandlung von Strassenabwasser in Strassenabwasser-Behandlungsanlagen (SABA) oder die Speicherung und Ableitung zur Kläranlage nicht möglich sind.

Bedingt durch die stoffliche und hydraulische Belastung verstopfen Filtersäcke mit zunehmender Betriebszeit, wie alle filterbasierten dezentralen Schachtsysteme. Dieses Verstopfen wird Kolmation genannt und führt dazu, dass die Reinigungswirkung abnimmt. Zur Beseitigung der Kolmation ist deshalb eine periodische Reinigung des Filtersacks notwendig, was mit Kosten und Aufwand verbunden ist.

Heute bestehen bezüglich der Reinigung der GTS folgende Fragen:

- Genügen die bisherigen Reinigungsintervalle im Frühjahr und Herbst?
- Sind die bisherigen Reinigungszeitpunkte und das Reinigungsvorgehen zweckmässig?
- Sind die Kolmation und damit auch die Reinigungsintervalle standortabhängig?
- Wie lange ist die Reinigung wirksam, was die Standzeit bestimmt?

Diese Fragestellungen betreffen die Betriebskosten des Systems GTS und die Reinigungswirkung. Mit deren Beantwortung wird ein Beitrag zur Kostenoptimierung und zum Gewässerschutz geleistet.

2 Ziele

- Der Kolmationsverlauf von GTS mit unterschiedlicher Einsatzdauer und an unterschiedlichen Standorten ist bestimmt.
- Dabei spielen nicht nur das Reinigungsintervall, sondern möglicherweise auch die örtlichen Bedingungen wie die angeschlossene Strassenfläche und die Umgebung eine Rolle.
- Die Reinigungswirkung ist in Abhängigkeit des Reinigungsintervalls und der Einsatzdauer bestimmt, mit bisherigen Untersuchungen verglichen und beurteilt.
- Das optimale Reinigungsintervall ist auch anhand des Kolmationsverlaufs bestimmt.
- Optimierungsmöglichkeiten der Reinigung sind zusammen mit den Unterhaltsdiensten erarbeitet.
- Die Einsatzdauer von Filtersäcken ist abhängig von den wichtigsten Faktoren bestimmt.

3 Methodik

3.1 Standorte

3.1.1 Auswahlkriterien

Heute ist unklar, ob die Kolmation der Filtersäcke, die Wirkung der Reinigung und die Standzeit von standortspezifischen Faktoren abhängig sind. Zur Klärung dieser Aspekte werden Messungen an drei Standorten durchgeführt, und zwar in Meilen, Schlieren und Birmensdorf. Diese drei Standorte unterscheiden sich bezüglich folgender Faktoren.

- Umgebung und Vegetation
- Einzugsgebietsgrössen der Schlammsammler
- Bisherige Betriebsdauer der Filtersäcke am Standort
- Durchschnittlicher täglicher Verkehr (DTV)

Diese Faktoren sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Die Einsatzdauer der Filtersäcke liegt zwischen 5 und 7 Jahren. Vorgesehen waren Messungen mit neuen Filtersäcken an einem Standort. Am evaluierten Standort befanden sich jedoch nicht neue, sondern 5 Jahre alte Säcke, was sich erst im Nachhinein herausstellte. Damit ist die Aussage zum Kolmationsverlauf bei kurzzeitigem Betrieb der Filtersäcke etwas eingeschränkt, allerdings zu Gunsten der besseren Aussagekraft zur Wirkung der Reinigung und zur Kolmation für GTS im langjährigen Einsatz.

Seitens TBA existieren Vorgaben zur anschliessbaren Strassenfläche pro Filtersack und zur Dimensionierung. Pro Schlammsammler sollten demnach 200 m2 Strassenfläche angeschlossen werden. Am Standort Meilen sind diese Einzugsgebietsflächen mit 360 m2 beinahe doppelt so gross, da die Schlammsammler ursprünglich an ein 3P-Schachtsystem angeschlossen waren. Dieses System wurde infolge der sehr hohen Betriebskosten und der umständlichen Reinigung entfernt und die Schlammsammler anschliessend mit den Filtersäcken ausgerüstet.

An allen drei Standorten wurden vier Filtersäcke am selben Strassenabschnitt untersucht, womit die Bedingungen für jeden Filtersack eines Abschnitts möglichst vergleichbar waren. Zum Vergleich der Ablaufkonzentrationen mit früheren Messungen wurden Ergebnisse der Standorte Meilen und Männedorf verwendet [6,7]. Die Standorte Birmensdorf und Schlieren wurden aufgrund der Erfahrung der Unterhaltsdienste und der unterschiedlichen Umgebung ausgewählt.

Standort	Probenahme im Ablauf [ja/nein]	DTV [Fz/Tag]	Einsatz-dauer [Jahre]	Umgebung	Wischintervalle [pro Jahr]
Meilen	Ja	14’707	7	Städtisch/dörflich, Seestrasse	12
Birmensdorf	Nein	18’007	7	Ländlich, Berufsverkehr	3.5
Schlieren	Nein	18’927	5	Städtisch	8

Tabelle 1 Kenndaten der drei Standorte. Die Einzugsgebietsfläche der Schlammsammler in Meilen ist mit 360 m2 pro Schacht beinahe doppelt so gross wie vorgesehen.

3.1.2 Beschreibung der Standorte

Meilen

Die an den ursprünglichen Schacht des 3P-Systems angeschlossenen vier Schlammsammler, die nach der Entfernung des 3P-Systems mit Filtersäcken ausgerüstet wurden, sind in Abbildung 1 dargestellt.

Infolge der grösseren Einzugsgebiete der vier Schlammsammler im Vergleich zu den Vorgaben für den Einsatz von GTS ist die Belastung der GTS am Standort Meilen am höchsten. Dies wird durch den Eintrag von Blättern und Laub verstärkt. Die hohe Belastung zeigt sich auch vor Ort anhand verstopfter Rillen des Rosts und der Blätter, dargestellt in Abbildung 1 rechts. Die Probenahme und die Durchflussmessung erfolgten im Vereinigungsschacht (weisser Pfeil). Dieser Standort liegt im Siedlungsgebiet.

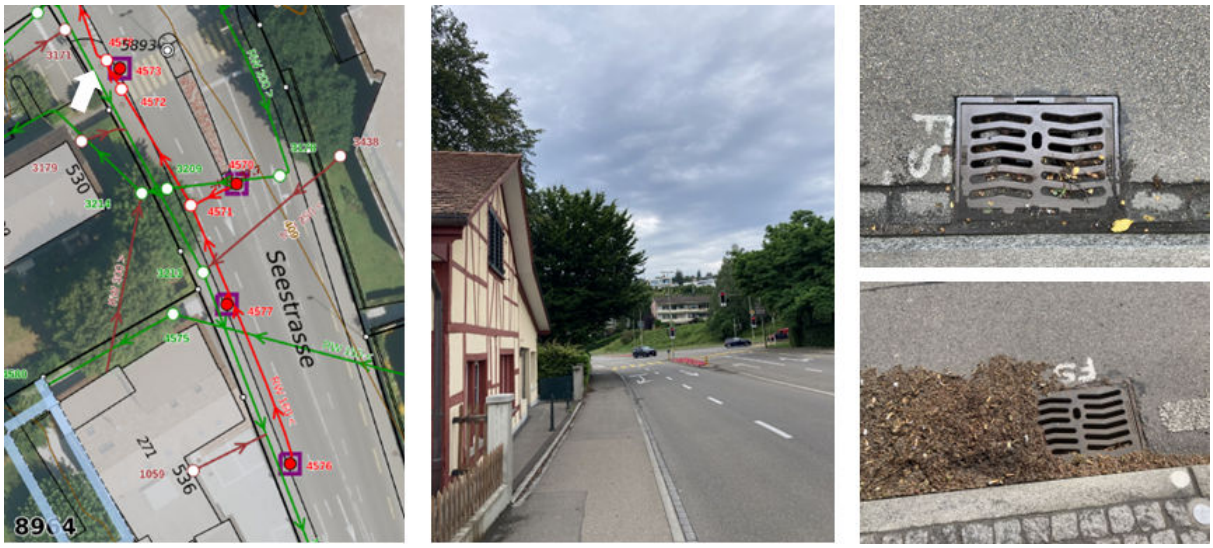

Abbildung 1 Seestrasse in Meilen mit vier Schlammsammlern, welche an den Vereinigungsschacht (weisser Pfeil) angeschlossen sind.

Schlieren

Am Standort Schlieren wurden die Einzugsgebiete der Schlammsammler gemäss den Dimensionierungsvorgaben projektiert. Die Standorte der vier untersuchten GTS sind in Abbildung 2 dargestellt. Im Vergleich zu Meilen und auch zu Birmensdorf fällt auf, dass die Gitterroste sauberer sind. Dieser Standort liegt im Siedlungsgebiet.

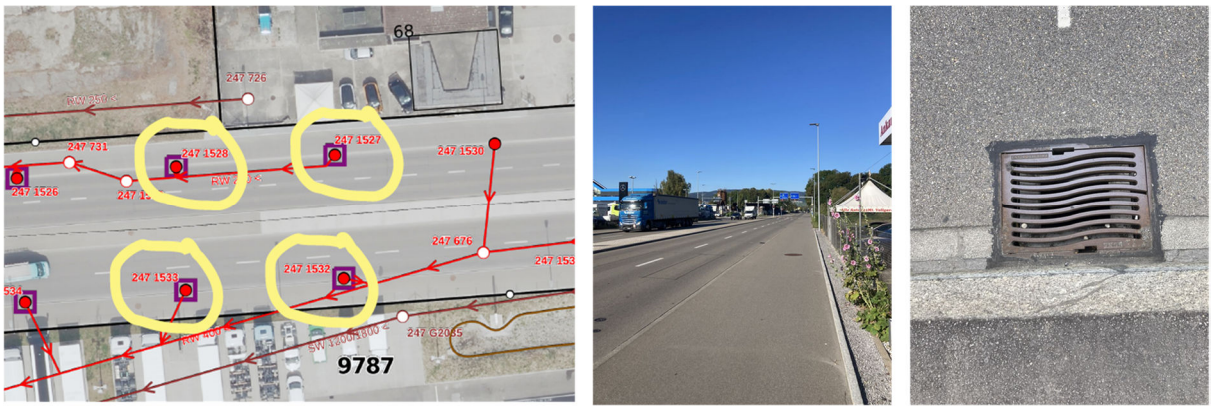

Abbildung 2 Situation am Standort Schlieren mit den vier Schlammsammlern.

Birmensdorf

Der Standort Birmensdorf liegt anhand der Verschmutzung der Roste und der Filtersäcke her betrachtet zwischen denjenigen von Meilen und Schlieren, wiederum dargestellt anhand eines typischen Fotos eines Gitterrosts. Dieser Standort befindet sich im ländlichen Raum.

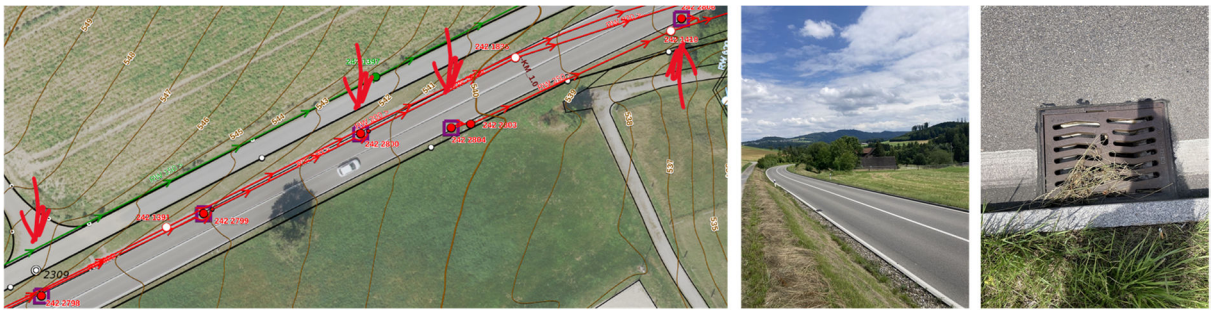

Abbildung 3 Situation am Standort Birmensdorf, fotografische Ansicht und ein typischer Schlammsammler auf der Strecke.

3.2 Betrieb und Unterhalt Messtechnik

Probenahme am Standort Meilen

Die Proben im Ablauf wurden im Vereinigungsschacht automatisch und volumenproportional zum behandelten Wasservolumen genommen. Der Probenehmer wurde so angesteuert, dass pro 1 m3 behandeltem Strassenabwasser eine Einzelprobe mit einem Volumen von 20-30 ml genommen wurde.

Nach jeder Einzelprobe wurden die Ansaugschläuche mit Luft gespült, damit vorhandenes Restwasser nicht zur Kontamination der nachfolgenden Probe führte. Die Einzelproben wurden in ein Sammelgefäss gepumpt, wovon nach Ablauf einer Probenahmephase eine repräsentative Sammelprobe entnommen wurde. Im Labor wurden GUS, totales Kupfer und totales Zink analysiert. Nach der Probenahme wurde das Sammelgefäss entleert, gereinigt und wieder in Betrieb genommen.

Falls der Messwert die Bestimmungsgrenze unterschritt, wurde in Absprache mit der bachema AG als Konzentrationswert 75 % der Bestimmungsgrenze verwendet.

Wasserstandsmessung an allen Standorten

Für die Messung des Wasserstands in den GTS wurden Drucksonden mit Datenlogger verwendet. Die Drucksonden wurden im Filtersack unterhalb des Ruhewasserspiegels platziert. Der dazugehörige Datenlogger wurde jeweils direkt unterhalb der Abdeckplatte/Halterung des jeweiligen Filtersacks befestigt. Die 2-minütlichen Messdaten wurden mittels Bluetooth alle 3 bis 6 Wochen heruntergeladen. Zum Zeitpunkt des Messdatendownloads wurde der aktuelle Messwert des Wasserstands mit dem «Meter» händisch überprüft (Überprüfung der Kalibration). Zusätzlich wurden die Drucksonden nach den Reinigungen der Filtersäcke auf Beschädigungen überprüft.

3.3 Wirkungsweise der GTS

Die Wirkungsweise des Systems Schlammsammler mit GTS beruht auf unterschiedlichen Prozessen. Diese Prozesse finden innerhalb und ausserhalb des GTS sowie in der variablen Filtrationszone und der Filtrationszone im Dauerstaubereich statt. Diese Bereiche sind in Abbildung 4 dargestellt, zusammen mit der Leiteinrichtung unterhalb des Rosts und der Aufhängevorrichtung des GTS.

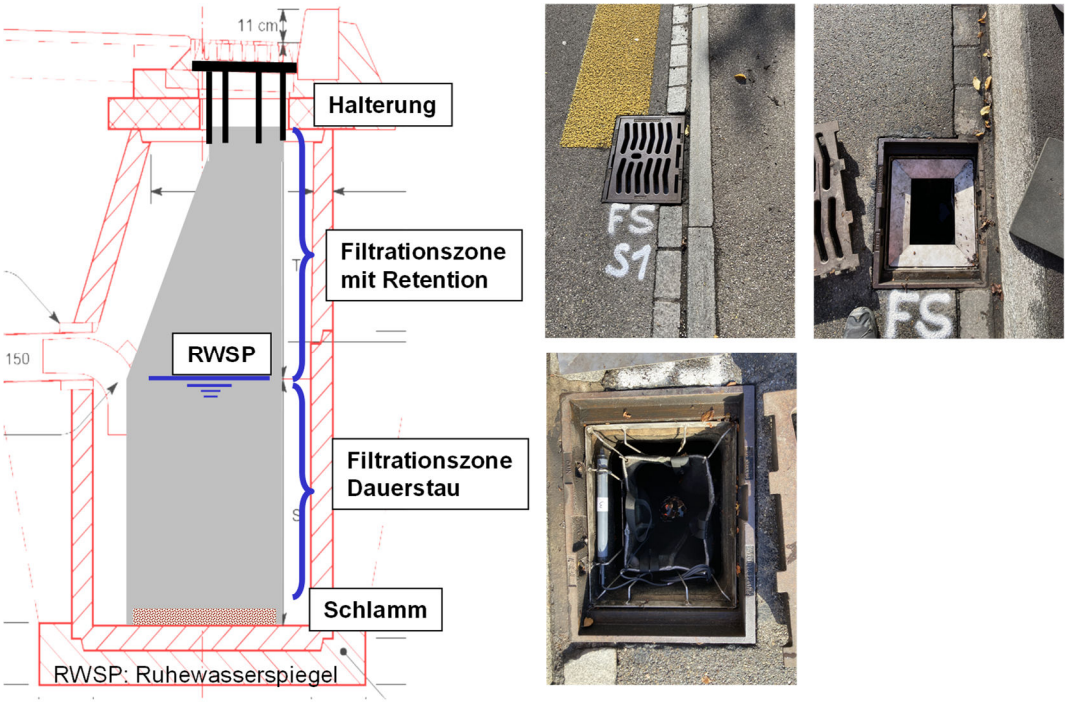

Abbildung 4 Schematische Darstellung des GTS mit den unterschiedlichen Bereichen/Zonen sowie der Leiteinrichtung unterhalb des Rosts und der Aufhängevorrichtung.

Filtration

Das Strassenabwasser gelangt über den Einlaufrost und die Leiteinrichtung in den Filtersack und durchströmt diesen von innen nach aussen. Dabei sind sowohl die Filtrationszone im Dauerstaubereich als auch die Filtrationszone über dem Ruhewasserspiegel aktiv.

Mit zunehmender Beschickungsdauer bildet sich an der Innenseite des Filtersacks eine Schlammschicht, bestehend mehrheitlich aus zurückgehaltenen Partikeln. Diese Schicht verbessert den Schadstoffrückhalt, vermindert jedoch die hydraulische Durchlässigkeit, was als Kolmation bezeichnet wird. Dies ist der Grund, weshalb die GTS periodisch gespült werden müssen. Dabei wird die Schlammschicht entfernt und das Filtergewebe wird wieder durchlässig.

Bei Regen fliesst Strassenabwasser in den GTS. Ist der Zufluss höher als die jeweilige Filterleistung bei einem gewissen Wasserstand, füllt sich der Filtersack allmählich, bis er bei genügend starkem Regen überläuft und das Strassenabwasser in den Aussenbereich zwischen GTS und Schlammsammler gelangt. Sobald der Zufluss geringer ist als die Filterleistung, entleert sich der Filtersack bis zum Ruhewasserspiegel. Bis zum nächsten Regenereignis findet keine Filtration statt.

Der Vergleich der verfahrenstechnischen Kennzahlen mit Absetzbecken und Retentionsfilterbecken zeigt, dass die spezifische Filterfläche eines GTS im Einstau- und im Dauerstaubereich (170-190 m2/ha) grösser ist als diejenige eines bewachsenen Sandfilters mit 100 m2/ha [2] bzw. 100-150 m2/ha [9].

Sedimentation

Die Sedimentation findet innerhalb des Filtersacks und im Bereich zwischen Filtersack und Schachtwand statt und zwar während eines Regenereignisses und zwischen zwei Regenereignissen. Vor allem letzteres ist entscheidend, denn zwischen zwei Regenereignissen können Tage oder Wochen vergehen, währenddessen sich auch kleine Partikel absetzen. Sie lagern sich auf dem Boden des Filtersacks oder des Schachts ab.

Beim anschliessenden Regenereignis gelangt zuerst das abgesetzte und damit verhältnismässig schadstoffarme Strassenabwasser in den Ablauf, erst danach folgt das Strassenabwasser des aktuellen Ereignisses. Dieser Prozess ist vergleichbar mit Absetzbecken betrieben im Dauerstau, welche deshalb einen verhältnismässig guten Schadstoffrückhalt aufweisen.

Das spezifische Volumen, welches sich im Filtersack zwischen dem Ruhewasserspiegel und der Überfallkote (bei Regen) sowie im Dauerstaubereich des Filtersacks befindet, liegt mit Werten zwischen 35 und 50 m3/h im Bereich von Absetzbecken betrieben im Dauerstau [2], was die Wichtigkeit der Sedimentation verdeutlicht.

Zusammengefasst tragen also sowohl die Filtration als auch die Sedimentation massgeblich zur Wirksamkeit des Systems GTS im Schlammsammler bei.

		Filtersack		Absetzbecken	SABA
		Einstau-bereich	Dauerstau	Dauerstau	Retentionsfilter-becken [2]
Spez. Retentionsvolumen	m3/ha	15-20	20-30	50-70	100
Spez. Filterfläche	m2/ha	50-60	120-130	-	100

Tabelle 2 Vergleich verfahrenstechnischer Kennzahlen von Filtersäcken mit Absetzbecken und Retentionsfilterbecken.

3.4 Bestimmung der Leistungskennzahlen

3.4.1 Kolmation

Mit zunehmender Kolmation entleert sich der Filtersack langsamer. Deshalb kann der Kolmationsverlauf bestimmt werden, indem die Geschwindigkeit der Abnahme des Wasserspiegels im Innern des GTS nach Regenende gemessen wird.

Dazu sind Regenereignisse massgebend, bei welchen der Filtersack vollständig gefüllt wird und überläuft. Dies wird mittels eines konstant bleibenden oder anhand eines nur noch leicht steigenden Wasserspiegels sichtbar, dargestellt am Beispiel des Regenereignisses in Abbildung 3. Unmittelbar nach dem Ende eines Regenereignisses findet ein Nachlauf des Oberflächenabflusses in den Filtersack statt, der den Abfall des Wasserspiegels verlangsamt.

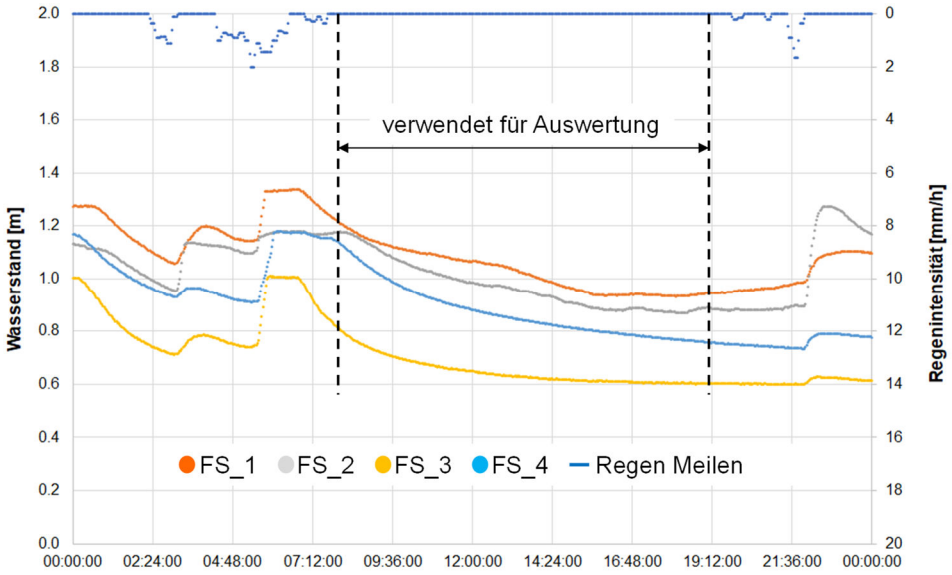

Abbildung 5 Auswertung der Regenereignisse anhand der Absenkkurven in den GTS.

Nach einer Reinigung der Filtersäcke sollten die Absenkkurven jeweils identisch sein, solange die ursprüngliche Durchlässigkeit wieder erzielt wird. Ist dies nicht der Fall, zeigt dies den Beginn einer irreversiblen Kolmation der Filtersäcke an. Das Ende eines Regenereignisses wird anhand von zehnminütlichen Regendaten von MeteoSchweiz für das Einzugsgebiet identifiziert, ebenfalls dargestellt in Abbildung 3.

3.4.2 Schadstoffrückhalt

Die Reinigungswirkung wird bestimmt, indem am Standort Meilen wie bei früheren Messungen die Ablaufkonzentrationen im Vereinigungsschacht der vier Schlammsammler gemessen wurden. Der Ablauf besteht aus dem filtrierten und dem entlasteten Strassenabwasser. Damit wird die Gesamtwirkung des Systems bestimmt.

3.5 Beurteilung der Reinigungswirkung

Anlagen zur Behandlung von Strassenabwasser werden anhand der Wirkungsgrade oder der erzielten Ablaufkonzentrationen beurteilt. Aus ökologischer Sicht sind Ablaufkonzentrationen und Ablauffrachten massgebend, vorauf auch Zielvorgaben in der Gewässerschutzverordnung [5] beruhen.

Die Beurteilung der Behandlungsverfahren der ASTRA-BAFU Dokumentation zum Stand der Technik der Strassenabwasserbehandlung [2] beruht deshalb auf Ablaufkonzentrationen (Tabelle 3). Die Beurteilungskriterien in Tabelle 3 beruhen auf Leistungsklassen gemäss der Dokumentation Stand der Technik [2]. Die Leistungsklasse 5 ist am besten, die Leistungsklasse 1 am schlechtesten.

Leistungs-klasse	Ablaufkonzentration			Wirkungsgrad		
	GUS	Zink	Kupfer	GUS	Zink	Kupfer
	mg/l	ug/l	ug/l	%	%	%
Klasse 5	≤10	≤5	≤10	≥90	≥90	≥90
Klasse 4	>10 - ≤20	>5-≤10	>10 - ≤20	≥80 - <90	≥80 - <90	≥80 - <90
Klasse 3	>20 - ≤30	>10-≤15	>20 - ≤30	≥70 - <80	≥70 - <80	≥70 - <80
Klasse 2	>30 - ≤40	>15-≤20	>30 - ≤40	≥60 - <70	≥60 - <70	≥60 - <70
Klasse 1	>40	>20	>40	<60	<60	<60

Tabelle 3 Leistungsklassen gemäss Stand der Technik [1]. 5=beste Klasse, 1=schlechteste Klasse. Für die Beurteilung sind die Frachtmittelwerte der Ablaufkonzentrationen massgebend.

4 Chronologie

Die Chronologie der Überprüfung der Filtersäcke an den Standorten Meilen, Birmensdorf und Schlieren ist in Tabelle 1 zusammengestellt.

Datum	Bemerkung	Meilen	Birmensdorf	Schlieren
18.10.2022	Reinigung Filtersäcke	X		
18.10.2022	IBN Messtechnik	X		
18.10.2022	Start Messbetrieb + Probenahme	X		
15.12.2022	Probenahme 1	X		
16.01.2023	Probenahme 2	X		
04.04.2023	Reinigung Filtersäcke			X
04.04.2023	IBN Messtechnik/Start Messbetrieb			X
06.04.2023	Probenahme 3	X		
13.04.2023	Reinigung Filtersäcke	X		
05.05.2023	Reinigung Filtersäcke		X	
11.05.2023	IBN Messtechnik/Start Messbetrieb		X	
17.05.2023	Probenahme 4	X		
27.06.2023	Reinigung Filtersäcke		X	
14.07.2023	Probenahme 5	X		
07.08.2023	Probenahme 6	X		
31.08.2023	Probenahme 7	X		
18./19.09.2023	Reinigung Filtersäcke			X
02./03.10.2023	Reinigung Filtersäcke	X		
23.11.2023	Probenahme 8	X		
04.12.2023	Reinigung der Filtersäcke 2 + 4	X		
10.01.2024	Probenahme 9	X		
18.03.2024	Reinigung Filtersäcke		X	
10.04.2024	Reinigung Filtersäcke	X		
10.04.2024	Probenahme 10	X		
15./16.04.2024	Reinigung Filtersäcke			X
11.06.2024	Probenahme 11	X		
30.6.2024	Ende Datenkontrolle	X	X	X
12.08.2024	Messbetrieb beendet	X		
15.08.2024	Messbetrieb beendet		X	X

Tabelle 4 Chronologie der Ereignisse. IBN = Inbetriebnahme.

5 Ergebnisse

5.1 Eckdaten der Messungen

Die Eckdaten der Messungen sind in Tabelle 5 zusammengefasst. Die Messdauer war mit 89 Wochen in Meilen am längsten, gefolgt von 69 Wochen in Birmensdorf und Schlieren mit 65 Wochen.

Die Messdatenverfügbarkeit der vier Drucksonden lag in Meilen bei 81 % und für die Durchflussmessung bei 92 %. In Birmensdorf fielen im Januar 2024 zwei Messonden aus. Aufgrund der praktisch vollständig vorhandenen Daten der beiden anderen Sonden (92 % und 100 %) und des hohen organisatorischen Aufwands für den Ersatz wurde entschieden, diese nicht zu ersetzen. In Schlieren war die Messdatenverfügbarkeit aller vier Drucksonden mit 98 % am höchsten.

Parameter	Einheit	Meilen GTS	Meilen Q-Messung	Birmensdorf	Schlieren
Dauer der Messungen	Wochen	89	89	60	65
Anzahl Reinigungen	-	3	keine	2	2
Datenverfügbarkeit	%	81 (65 -98)	92	71 (48 - 100)	98 (91 - 100)

Tabelle 5 Eckdaten der Messungen an den drei Standorten.

5.2 Schadstoffentfernung Standort Meilen

5.2.1 Ablaufkonzentrationen und Vergleich

Die Ablaufkonzentrationen und Wirkungsgrade sind zusammen mit den Leistungsklassen in Tabelle 6 zusammengefasst und in Abbildung 6 im Vergleich zu bisherigen Messungen dargestellt. Die Ablaufkonzentrationen zeigen typische Unterschiede, wie sie bei früheren Messungen zur Bestimmung der Schadstoffentfernung von Filtersäcken festgestellt wurden [6, 7].

Die Frachtmittelwerte betragen für GUS 15 mg/l, für Kupfer 12 ug/l und für Zink 37 ug/l. Dies ergibt folgende Leistungsklassen: GUS 4, Kupfer 3 und Zink 2. Diese Konzentrationen sind vergleichbar mit den Messungen in Männedorf 2014 bis 2016 [6] (Abbildung 6). Die Messungen am selben Standort in Meilen im Jahr ergeben teilweise geringfügig höhere Ablaufkonzentrationen. Ein Einfluss von Tausalz im Winter wird, wie bei SABA, nicht festgestellt.

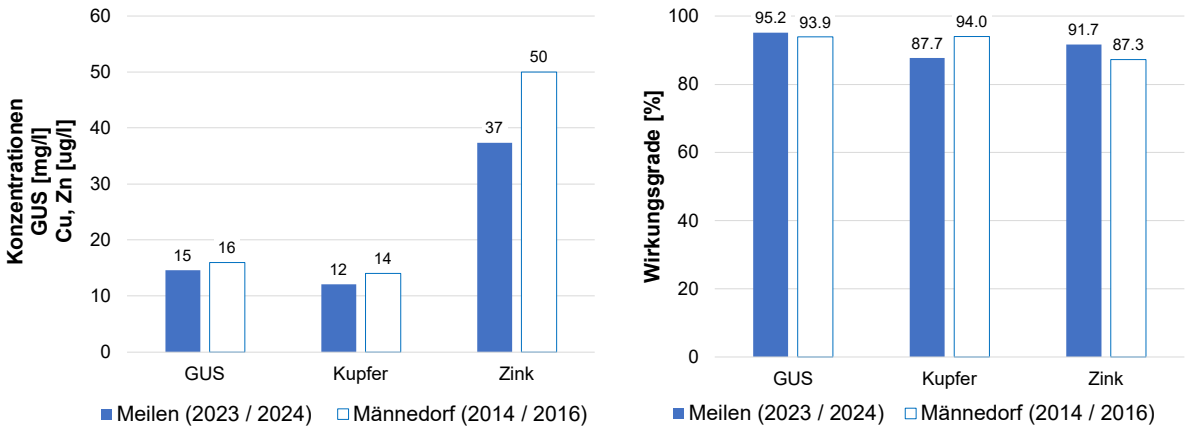

Abbildung 6 Frachtgemittelte Ablaufkonzentrationen und Wirkungsgrade der Messungen in Meilen im Vergleich zu denjenigen in Männedorf. Die Wirkungsgrade sind Gesamtwirkungsgrade.

5.2.2 Wirkungsgrade

Die Wirkungsgrade von GUS, Kupfer und Zink sind ebenfalls in Abbildung 6 dargestellt. Der Wirkungsgrad von GUS beträgt 95 %, derjenige von Kupfer 88% und derjenige von Zink 92%. Dies ergibt die Leistungsklasse 5 für GUS und Zink und Leistungsklasse 4 für Kupfer. Damit sind die Wirkungsgrade vergleichbar mit bisherigen Messungen in Männedorf und Meilen [6,7].

5.2.3 Wirkung der Reinigung

Der zeitliche Verlauf der Ablaufkonzentrationen ist zusammen mit der Reinigung der GTS in Abbildung 7 dargestellt. Die Sammelproben wurden möglichst unmittelbar vor und nach der Reinigung genommen.

- Vor der Reinigung im Frühjahr 2023 und im Oktober 2023 sind die Ablaufkonzentrationen verhältnismässig gering.
- Auffällig sind die hohen Ablaufkonzentrationen in der Sammelprobe von November 2023 mit den höchsten gemessenen GUS-, Kupfer- und Zinkkonzentrationen.

Abklärungen vor Ort ergaben, dass Bäume und Sträucher die Blätter erst nach der Reinigung im Oktober verloren hatten (Abbildung 8). Dadurch können die GTS schneller kolmatieren, die Hydraulik zwischen GTS und der Schachtwand kann gestört werden oder die Beschickung der GTS entlang der Strasse wird ungleichmässig, indem ein Schlammsammlerrost aufgrund von darauf oder davor liegendem Pflanzenmaterial umströmt wird und der nächste Schlammsammler mit GTS entsprechend stärker beschickt wird.

Sammelprobe / Einzelproben	Sammelproben		Ablauf Meilen		
			GUS	Cu	Zn
	Von	Bis	mg/l	ug/l	ug/l
1 / 81	22.10.2022	29.11.2022	46	47	200
2 / 72	30.11.2022	11.01.2023	7.5	12	60
3 / 79	12.01.2023	03.04.2023	7.5	9	30
4 / 731	04.04.2023	17.05.2023	16	14	50
5 / 549	18.05.2023	14.07.2023	7.5	10	20
6 / 1418	15.07.2023	07.08.2023	7.5	5	7.5
7 / 305	08.08.2023	31.08.2023	7.5	5	7.5
8 / 56	14.10.2023	21.11.2023	270	186	700
9 / 54	22.11.2023	03.01.2024	7.5	5	60
10 / 24	04.01.2024	01.04.2024	50	14	50
11 / 151	02.04.2024	11.06.2024	7.5	11	30
Frachtmittelwert			**15**	**12**	**37**
Minimale Konzentration			7.5	5	7.5
Maximale Konzentration			270	186	700
Leistungsklasse			**4**	**3**	**2**
Zulaufkonzentration			302	98	449
Wirkungsgrad, Gesamtwirkungsgrad [%]			95.2	87.7	91.7
Leistungsklasse			**5**	**4**	**5**

Tabelle 6 Ablaufkonzentrationen, Wirkungsgrade und Leistungsklassen der Messungen am Standort Meilen. ug/l=Mikrogramm pro Liter. Für Kupfer und Zink gelten totale Gehalte.

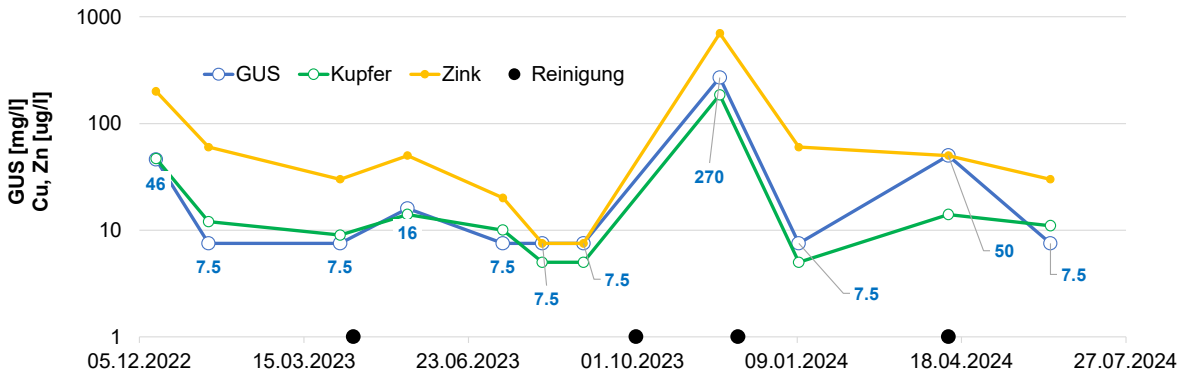

Abbildung 7 Frachtgemittelte Ablaufkonzentrationen von GUS, Kupfer und Zink und Reinigungsintervalle der Filtersäcke am Standort.

Abbildung 8 Blätter nach der Reinigung am 3. Oktober 2023, fotografiert im November 2023.

Die anschliessend ausserplanmässig durchgeführte Reinigung am 4. Dezember 2023 vermochte die Verschmutzungen zu beseitigen und/oder die hydraulische Funktionsweise wieder herzustellen. Dies bewirkte eine Abnahme der Ablaufkonzentrationen, sodass nach der Reinigung typische Werte für GUS und Kupfer von weniger als 10 mg/l bzw. 10 ug/l und für Zink von 60 ug/l resultierten, dies trotz der teilweise längeren Niederschlagsphasen (Abbildung 10). Die Verschmutzung vor der Reinigung hatte somit einen wesentlichen Anteil an den hohen Ablaufkonzentrationen.

Vor der Reinigung im April nahmen die GUS- und Zinkkonzentrationen im Vergleich zur Sammelprobe nach der Reinigung im Dezember etwas zu (Ausnahme Zink). Nach der Reinigung im April erfolgte wieder eine Abnahme auf Konzentrationen, wie sie im Vorjahr 2023 nach der Reinigung gemessen wurden.

- Reinigungen im Frühjahr und vor allem im Herbst sind wichtig (Entfernung Pflanzenmaterial).
- Die Reinigung im Herbst sollte zeitlich möglichst kurz nach dem Laubfall erfolgen.

5.2.4 Vergleich mit anderen Behandlungsverfahren

Im Vergleich zu anderen Behandlungsverfahren gemäss dem Stand der Technik bestätigt sich damit auch die Einordnung für die Anforderungsstufe «erleichtert», was modernen Absetzbecken entspricht.

Auf Flora und Fauna in Gewässern wirken Ablaufkonzentrationen und keine Wirkungsgrade, denn Wirkungsgrade sind technische Grössen. Die Verwendung von Wirkungsgraden gerade für Kupfer und Zink würde die Beurteilung ändern, weil das System Filtersack im Schlammsammler mit Wirkungsgraden zwischen 85 % und 95 % in den Bereich bewachsener Sandfilter gelangen würde.

5.3 Reinigung der GTS

Die Reinigung der GTS erfolgt bei allen drei Standorten grundsätzlich nach demselben Vorgehen, welches in Abbildung 9 abgebildet und wie folgt beschrieben ist:

1. Abspritzen des Rosts und direkter Umgebung des Rosts
2. Entfernen des Rosts, Abspritzen der Leiteinrichtung
3. Entfernen des Leiteinrichtung
4. Abspritzen der Innenseite des GTS bei gleichzeitigem Aussaugen des GTS.

Im Detail zeigten sich Unterschiede in der Durchführung bei den oben aufgeführten Punkten. Diese betrafen vor allem den Gebrauch des Seiers am Absaugrohr, welcher bei keiner Reinigung im untersuchten Zeitraum eingesetzt wurde. Für die effiziente Reinigung ist aber gemäss Vorgabe TBA der Gebrauch des Seiers vorgeschrieben.

Die Unterschiede beim Vorgehen bei der Reinigung zeigen bezüglich der Entfernung der Kolmation keinen messbaren Effekt, oder dieser wird durch weitere Faktoren überlagert. Es wird dennoch empfohlen, die Reinigung der GTS nach den Vorgaben des TBA durchzuführen. Eine Schulung der Mitarbeitenden der unterschiedlichen Firmen, welche die Reinigung durchführen, wird ebenso empfohlen.

Abbildung 9 Vorgehen zur Reinigung des GTS.

5.4 Wirkung der Reinigung zur Kolmationsbeseitigung

5.4.1 Meilen

Übersicht

Die Ergebnisse der Messungen sind in Abbildung 10 zusammen mit den Regenintensitäten dargestellt. Zu erkennen sind Phasen mit konstanten Wasserständen im Entlastungsfall und konstanten Ruhewasserspiegeln, beispielsweise FS 3 im Juli 2023 oder FS 1 von Dezember 2023 bis Juni 2024. Diese Wasserstände sind nicht konstant, da die Eintauchtiefe der Drucksonden vor und nach Reinigung oder nach einem Wechsel der Sonden unterschiedlich ist.

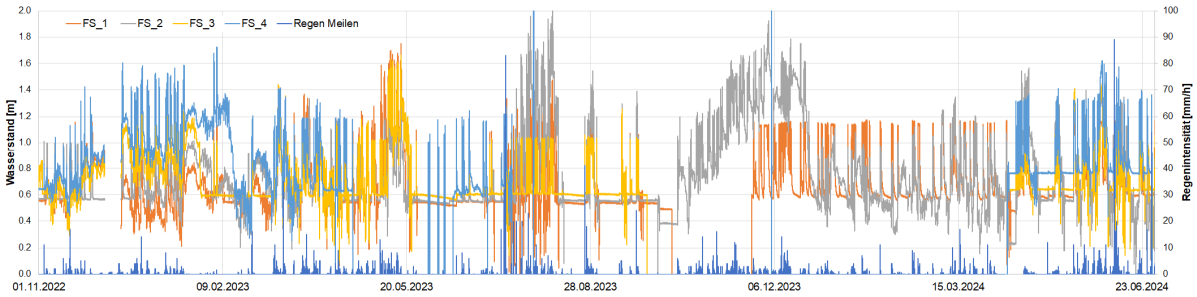

Abbildung 10 Zeitreihen und Niederschlagsintensitäten am Standort Meilen.

Neben Phasen mit konstanten Wasserspiegeln gibt es Phasen mit zu- oder abnehmender Höhe des Ruhewasserspiegels und der Entlastungshöhe, am besten erkennbar anhand von FS 2 zwischen November 2023 und Dezember 2023. Dies bedeutet, dass sich der GTS nach einem Regen nicht mehr bis zum Ruhewasserspiegel entleert und sich bei Niederschlägen der Schacht über die Entlastungskote hinaus einstaut. Dies vermindert die Retentions- und Filtrationswirkung und führt zu hydraulisch unklaren Bedingungen.

Solche Phasen finden während häufigen Niederschlägen statt, was anhand der Regenintensitäten und Summenkurven sichtbar wird, exemplarisch dargestellt für FS 2 in Abbildung 11. In der genannten Phase zwischen November 2023 und Dezember 2023 fielen während knapp 2 Monaten 400 mm Niederschlag, was bei FS 2 zu diesen ausserordentlichen Betriebszuständen führte.

Interessanterweise normalisierte sich diese Situation im Januar 2024 automatisch. Derselbe Zusammenhang während derselben Periode wurde auch in Schlieren und Birmensdorf festgestellt, allerdings weniger ausgeprägt. Dieser Effekt, der bei FS 2, nicht aber bei FS 1 eintritt, wird teilweise für die hohen Ablaufkonzentrationen in Sammelprobe Nr. 8 (Tabelle 6) verantwortlich sein.

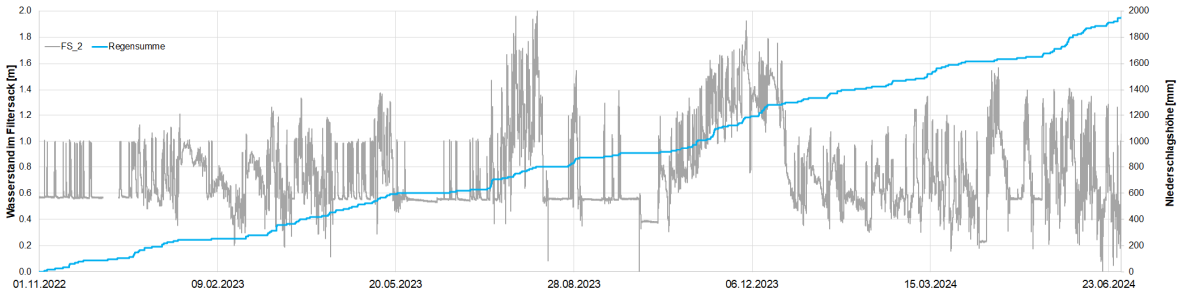

Abbildung 11 Zeitreihe des FS 2 und Niederschlagsumme.

Hier zeigt sich auch, dass das System Schlammsammler und GTS auf der Sedimentation und der Filtration basiert: Nach der Reinigung am 4. Dezember nahm der Wasserstand kurzzeitig ab, und danach wieder zu, bis zum Ende der Regenphase am 16. Dezember, ohne dass die Ablaufkonzentrationen in Sammelprobe Nr. 9 erhöht waren.

Somit führt nicht jede hydraulische Überlastung zu hohen Ablaufkonzentrationen. Der Laubfall hat massgeblich zu den hohen Ablaufkonzentrationen in Sammelprobe Nr. 8 beigetragen. Ebenso zu diesen Effekten beigetragen haben die im Vergleich zu den Vorgaben deutlich grösseren Einzugsgebiete und geringere Schachttiefen am Standort Meilen.

Insgesamt betrachtet zeigt sich, dass das System GTS/Schlammsammler robust ist. Aber auch, dass die Reinigung wichtig ist, gerade im Herbst und dass die Dimensionierungsvorgaben eingehalten werden müssen.

Wirkung der Reinigung

Die Wirkung der Reinigung auf die Durchlässigkeit der Filtersäcke am Standort Meilen ist beispielhaft anhand des Filtersacks Nr.1 und des Filtersacks Nr. 2 dargestellt (Abbildung 12). Zu diesem Zweck wurden, wie in Kapitel 3.4 beschrieben, jeweils genügend starke Regenereignisse ausgewählt, und zwar möglichst kurz vor und möglichst kurz nach der Reinigung.

Bei beiden GTS zeigt sich, dass die Durchlässigkeit jeweils nach den Reinigungen im Herbst 2022, im April 2023 und April 2024 wieder hergestellt werden konnte, denn die Absenkkurven nach der Reinigung sind für beide Filtersäcke nach der Reinigung erstens steiler und zweitens wird oft ein tieferes Ausgangsniveau erzielt.

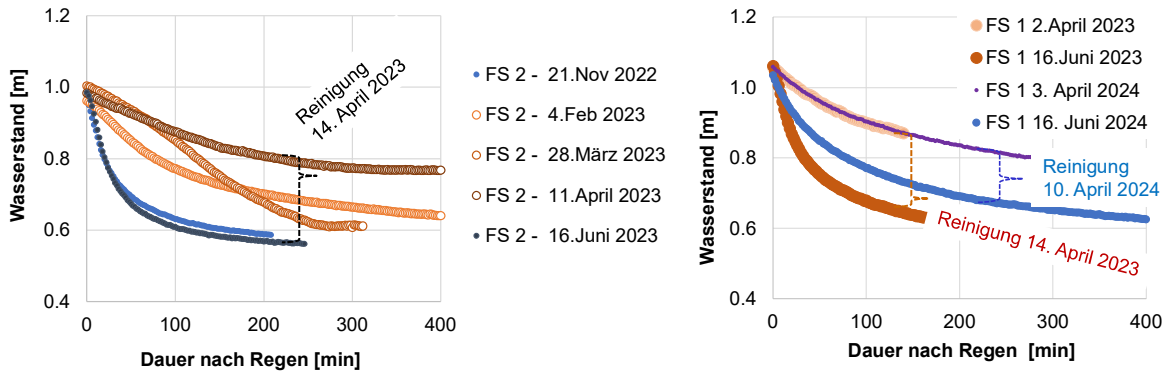

Abbildung 12 Beispiele zum Leerlaufen von Filtersäcken vor und nach Reinigungen: Filtersack Nr. 2 (links) und Filtersack Nr. 1.

Eine steilere Absenkkurve bedeutet eine höhere Durchlässigkeit und damit einen höheren Anteil des Strassenabwassers, das filtriert wird. Ein tieferes Ausgangsniveau bedeutet ein höheres Retentionsvolumen für das nachfolgende Regenereignis.

Die unterschiedlichen Absenkkurven nach der Reinigung bei GTS Nr. 1 sind den unterschiedlichen Bedingungen geschuldet. Dazu zählen unterschiedliche Niederschlagshöhen und Verteilungen oder Eintrag von Blütenstaub. Dass die Durchlässigkeit mit zunehmender Betriebszeit nach einer Reinigung abnimmt, ist bei GTS 2 zu sehen, indem die Absenkung am 11. April, 3 Tage vor der Reinigung am flachsten ist (Abbildung 12). Auf den zeitlichen Verlauf der Entwicklung der Absenkkurven wird anhand der Ergebnisse in Schlieren detailliert eingegangen. Die Unterschiede zwischen der Wasserstandshöhe vor und nach der Reinigung bei einer Ablaufzeit von 50 Minuten liegen zwischen 20 cm und 25 cm.

5.4.2 Schlieren

Übersicht

Die Zeitreihen der Wasserstände der GTS in Schlieren zeigen im Vergleich zu denjenigen in Meilen längere Phasen mit Normalbetrieb, gekennzeichnet durch vergleichbare maximale Wasserstände und Ruhewasserspiegel. Feststellbar sind auch die Anstiege der Wasserstandshöhe in den GTS, ebenso wie in Meilen im November 2023 bis Dezember 2023/Januar 2024. Auch hier zeigt die Analyse der Regensumme, dass diese Anstiege mit den ausgiebigen bereits erwähnten Niederschlägen in dieser Phase zusammenhängen. Genauso wie in Meilen normalisieren sich die Wasserstände wieder nach dem Ende der regenreichen Phase.

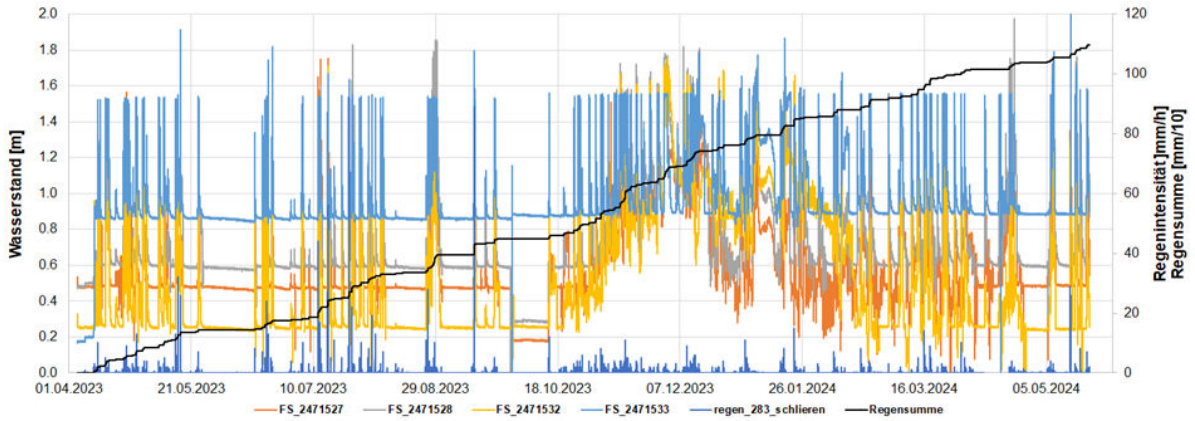

Abbildung 13 Zeitreihen, Regenintensitäten- und Summen am Standort Schlieren.

Wirkung der Reinigung

Auch in Schlieren ist die Reinigung der GTS zur Beseitigung der Kolmation wirksam, in Abbildung 14 beispielhaft für den Filtersack Nr. 33 dargestellt. Die Unterschiede zwischen der Wasserstandhöhe vor und nach der Reinigung bei einer Ablaufzeit von 50 Minuten liegen zwischen 20 cm und 30 cm. Die ausgewerteten Ereignisse von 30. Oktober und 7. November sind zur Veranschaulichung in Abbildung 15 dargestellt.

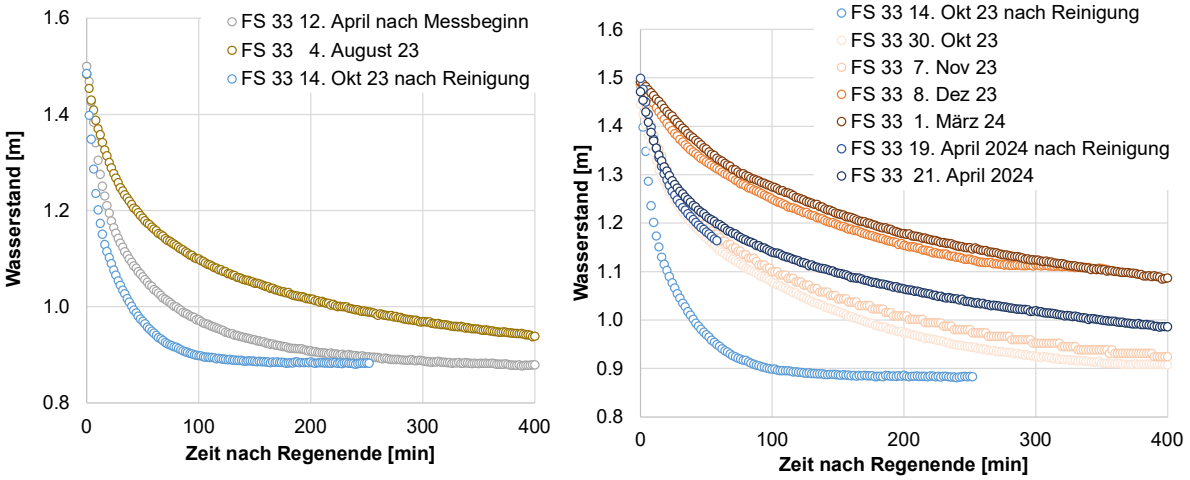

Abbildung 14 Absenkkurven vor und nach der Reinigung des Filtersacks Nr. 33 in Schlieren.

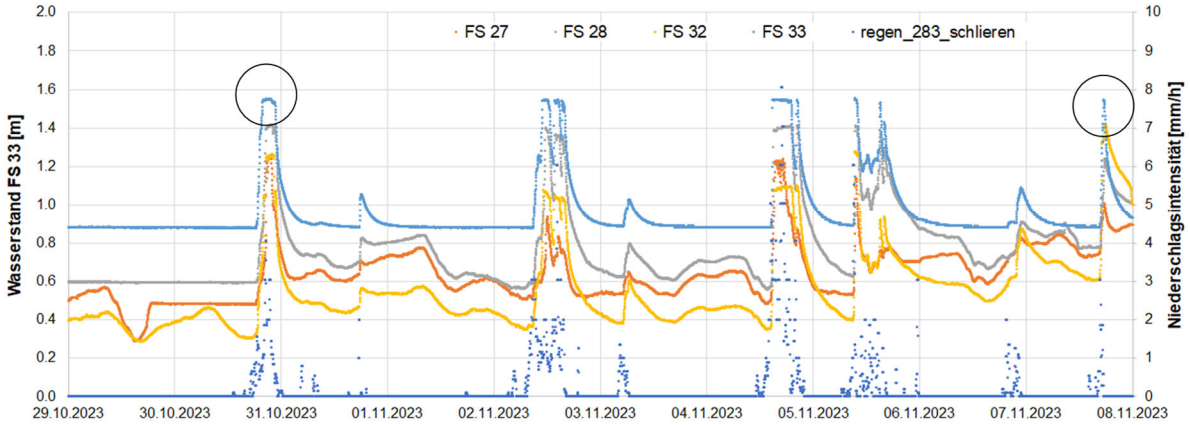

Abbildung 15 Verlauf der Wasserstände in den GTS nach der Reinigung am 20. September 2023. Zwei der in Abbildung 14 verwendeten Regen sind eingekreist.

5.4.3 Birmensdorf

Übersicht

Die Verläufe der Wasserstände in den GTS am Standort Birmensdorf sind am besten vergleichbar mit denjenigen am Standort Schlieren, was aufgrund der Dimensionierung plausibel ist. Der Anstieg der Wasserstandhöhen zwischen November 2023 und Dezember 2023 / Januar 2024 ist ebenfalls erkennbar, allerdings weniger ausgeprägt als in Schlieren, und zwar am besten für FS 2422798 (gelb) und FS 2422799 (grau).

Der unterschiedliche Verlauf der Wasserstände in den Filtersäcken zeigt die unterschiedliche Belastung der Filtersäcke bezüglich Einzugsgebietsgrösse oder der Schadstoffbelastung. Beides kann in der Realität der Fall sein.

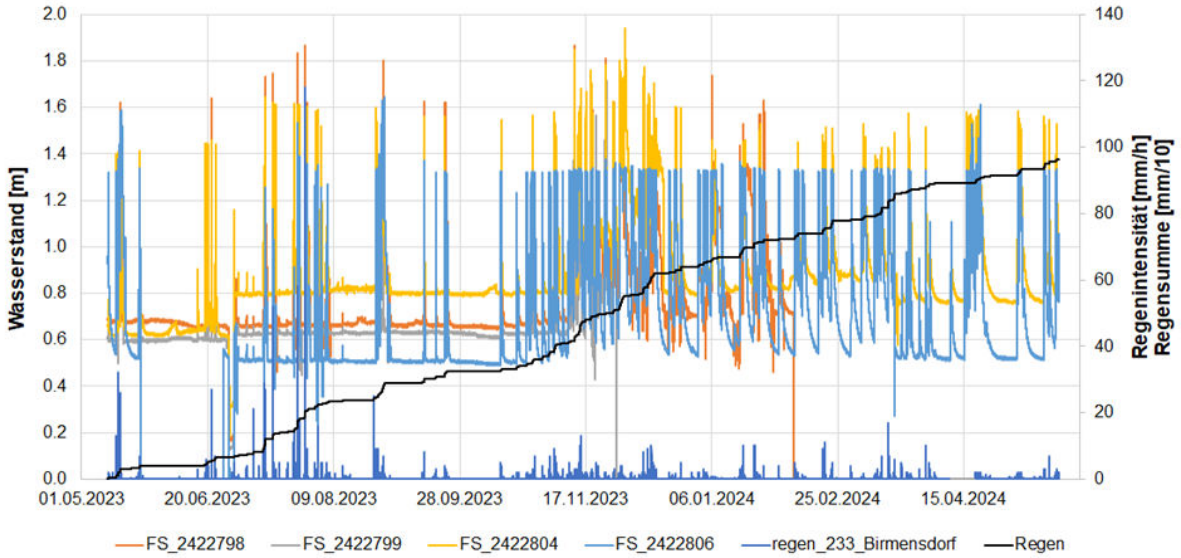

Abbildung 16 Zeitreihen und Niederschlagsintensitäten am Standort Birmensdorf.

Wirkung der Reinigung

Auch am Standort Birmensdorf ist die Wirkung der Reinigung anhand der schnelleren Absenkkurven des Wasserspiegels in den Filtersäcken nach der Reinigung sichtbar. Die Reinigungen fanden am 27. Juni 2023 und am 18. März 2024 statt.

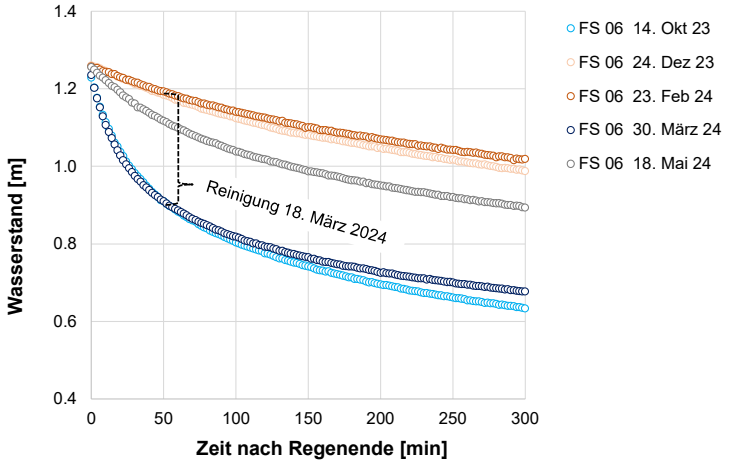

Abbildung 17 Absenkkurven vor und nach Reinigungen am Standort Birmensdorf.

5.4.4 Messungen des TBA

Das TBA führte im Jahr 2021 an 17 GTS an unterschiedlichen Standorten Messungen zur Bestimmung der Wirksamkeit der Reinigung durch [8]. Dabei wurde die Absenkung unmittelbar nach der Reinigung gemessen: Teilweise war die Durchlässigkeit nach der Reinigung so hoch, dass der Spülwagen nicht genügend Wasser liefern konnte, um die Filtersäcke einzustauen. Dies bestätigt die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen.

5.5 Erkenntnisse

Schadstoffentfernung

- Die Ablaufkonzentrationen erfüllen die Anforderungsstufe erleichtert gemäss dem Stand der Technik und entsprechen damit einem Absetzbecken betrieben im Dauerstau gemäss heutigen Vorgaben. Die Wirkungsgrade lauten: GUS 95 %, Kupfer 88 %, Zink 92 %. Die Ablaufkonzentrationen und Wirkungsgrade sind mit früheren Messungen in Meilen und Männedorf vergleichbar, was die Robustheit des Systems GTS im Schlammsammler zeigt.
- Zu grosse Verschmutzungen bedingt durch Laub und Blätter verbunden mit hoher hydraulischer Belastung während langen Regenphasen können zu hohen Ablaufkonzentrationen führen, was die Wichtigkeit der Reinigung belegt.
- Eine hohe hydraulische Belastung bei Dauerregen führt nicht automatisch zu hohen Ablaufkonzentrationen, solange eine gewisse Durchlässigkeit, gewährleistet durch die Reinigung des GTS, vorhanden ist.
- In Meilen war die Einzugsgebietsfläche pro Schlammsammler beinahe doppelt so gross wie vorgesehen. Trotzdem wurden die beschriebenen Ablaufkonzentrationen und Wirkungsgrade erzielt. Dies deutet darauf hin, dass der GTS auch für Strassen mit einem DTV zwischen 20'000 und 30'000 (doppelt so hoher DTV wie in Meilen) die festgestellte Schadstoffentfernung erbringen kann.

Reinigung

- Die Reinigung vermag, wie die Ergebnisse am Standort Meilen bei der Reinigung am 4. Dezember zeigen, den Schadstoffrückhalt wiederherzustellen, indem sie Verschmutzungen und die Kolmation beseitigt.
- Die Reinigungswirkung ist bei allen GTS bezüglich der hydraulischen Durchlässigkeit unabhängig von Standort und der lokalen Belastung vergleichbar.

- Die zweimalige Reinigung der Filtersäcke pro Jahr vermag die Kolmation zu beseitigen und die hydraulische Durchlässigkeit wieder herzustellen. Wichtig ist, dass die Reinigung im Herbst möglichst unmittelbar nach dem Laubfall stattfindet. Da Blätter durch Wind über grössere Distanzen verfrachtet werden, ist dies auch für Standorte wichtig, an denen in unmittelbarer Nähe keine Vegetation vorhanden ist.

Standzeit

- Die Einsatzzeit der Filtersacke spielt bezüglich der Wirkung der Reinigung eine untergeordnete Rolle. Auch bei einer Betriebszeit von sieben Jahren ist die Kolmation reversibel.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse die robuste Wirkung des Systems Schlammsammler mit GTS. Die vom TBA angestrebte Standzeit von 10 Jahren ist realistisch.

5.6 Hydraulischer Wirkungsgrad

5.6.1 Bedeutung

Die Berechnung des hydraulischen Wirkungsgrads unterstützt das Verständnis der Funktionsweise der GTS. Für die gemessenen Ablaufkonzentrationen ist er jedoch irrelevant, da der Ablauf der vier Schlammsammler, und damit das behandelte und das entlastete Strassenabwasser, in den Sammelschacht geleitet und beprobt wurde.

5.6.2 Berechnung und Ergebnisse

Der hydraulische Wirkungsgrad der GTS am Standort Meilen wurde berechnet, indem für eine regenreiche Messphase (19.4.2024 bis 11. Juni 2024) mit einer Niederschlagsumme von 285 mm die behandelten und entlasteten Volumina anhand der Wasserstandsmessungen in den Filtersäcken und der Durchflussmessung berechnet wurden.

Die Ergebnisse, zusammengefasst in Tabelle 7, zeigen, dass der hydraulische Wirkungsgrad, abhängig von den Bedingungen der Überlaufkoten und der Durchflüsse der GTS nach Regen, zwischen 25 und 50 % liegt. Somit werden 50 % bis 75 % des Strassenabwassers filtriert.

	Volumen [m3]	Anteil [%]
Entlastungen	77	25-**31**-50
Filtriert	189	50-**69**-75
Summe	266	100

Tabelle 7 Hydraulischer Wirkungsgrad des Systems GTS im Schlammsammler.

Für die gemessenen geringen Ablaufkonzentrationen und die hohen Wirkungsgrade sind, wie in Kapitel 3.3 beschrieben, zusätzlich zur Filtration auch die Sedimentation im Filtersack und im Aussenraum entscheiden, analog zu einem Absetzbecken.

Dieser Effekt besteht darin, dass das entlastete Strassenabwasser teilweise dem Filtersack entlang in den Aussenraum des Schlammsammlers gelangt. Dieser Aussenraum wirkt, wie das Innere des GTS, als Absetzbecken, das kurz vor einem Entlastungsereignis mit filtriertem und bereits teilweise abgesetztem Strassenabwasser gefüllt ist. Dieses gelangt zuerst in den Ablauf. Erst wenn dieses Volumen mit dem Strassenabwasser aus dem aktuellen Regenereignis ausgetauscht ist, gelangt das Strassenabwasser des aktuellen Ereignisses mit geringerer Aufenthaltszeit im System, in den Ablauf. Die bereits beschriebenen Kennzahlen in Tabelle 2 zeigen die entsprechend ähnlichen spezifischen Volumina im Vergleich zu Absetzbecken. Der hydraulische Wirkungsgrad des GTS ist also zusammen mit der Absetzwirkung und der Retention zu interpretieren.

6 Folgerungen

Die vorliegenden Messungen bestätigen die Schadstoffentfernung des Systems Schlammsammler mit GTS, wie sie im Rahmen früherer Messungen festgestellt wurde. Wie bisher wurde basierend auf Ablaufkonzentrationen die Anforderungsstufe erleichtert erzielt, was mit modernen Absetzbecken betrieben im Dauerstau gemäss dem Stand der Technik vergleichbar ist. Die Bedingung für die erzielten Schadstoffentfernung der GTS ist die zweimalige Reinigung pro Jahr.

Die Ergebnisse zeigen, dass der GTS auch für Strassen mit einem Verkehrsaufkommen von 20'000 bis 30'000 Fahrzeugen pro Tag eingesetzt werden kann, vorausgesetzt die vorgegebenen Einzugsgebietsflächen von 200 m2 pro Schacht sind eingehalten.

Art der Reinigung

Die Reinigung sollte gemäss den vorliegenden Vorgaben des TBA durchgeführt werden. Es wird empfohlen, die Mitarbeitenden der Reinigungsunternehmen zu schulen. Dazu könnten einfach verständliche Unterlagen, beispielsweise mit Fotos, Skizzen erstellt werden oder auch Filme, die im Rahmen dieses Projekts gemacht wurden, genutzt werden.

Häufigkeit der Reinigung

Die Reinigung muss, wie bisher, zweimal pro Jahr durchgeführt werden. Die erste Reinigung sollte im Frühjahr und die zweite im Herbst durchgeführt werden. Letztere sollte nach dem Laubfall geschehen. Damit können die Auswirkungen der Laub- und blätterbedingten Kolmation und Verschmutzungen minimiert werden. Die Reinigungsintervalle sind unabhängig von Standorten, auch nicht vom Verkehrsaufkommen oder der Strassenreinigung.

Standzeit der Filtersäcke

Die untersuchten zwölf GTS an den drei Standorten waren 5 und 7 Jahre in Betrieb. Unabhängig vom Standort und der Belastung konnte die hydraulische Durchlässigkeit nach der Reinigung wieder hergestellt werden. Eine Standzeit von 10 Jahren ist somit realistisch. Eine längere Standzeit ist wahrscheinlich möglich.

Offene Fragen

Bei der Reinigung der GTS wird der Aussenbereich der GTS nicht abgesaugt. Es wird empfohlen, beim Auswechseln der GTS die Reinigung des Schlammsammlers nach Entfernen des GTS durchzuführen.

Insgesamt bestätigen diese Ergebnisse die Robustheit des Systems GTS im Schlammsammler. Weder die Schadstoffentfernung, noch die Reinigung ist massgeblich vom Standort abhängig. Damit können die GTS gemäss den bisherigen Vorgaben eingesetzt werden.

7 Literatur

[1] Strassenabwasserbehandlung an Nationalstrassen. 2013. Richtlinie, Bundesamt für Strassen ASTRA (in Revision).

[2] Strassenabwasserbehandlungsverfahren - Stand der Technik. 2021. Dokumentation ASTRA 88002, Bern 104 S.

[3] Funktionsprüfung bei der Abnahme und bei periodischen Kontrollen. Merkblatt, ASTRA, Fachhandbuch T/U.

[4] VSS SN 640 361 Strassenentwässerung - Behandlungsanlagen. Stand 31.12.2017.

[5] Gewässerschutzverordnung (GSchV). 1998. Stand 1. Januar 2025.

[6] Dezentrale Behandlung von Strassenabwasser: Funktionsprüfung von Filtersäcken am Standort Messungen Filtersäcken am Standort Meilen. 2020. Bericht, wst21, 30. Dezember 2020, v1.3.

[7] Evaluation der Leistungsfähigkeit und Optimierung der Strassenabläufe (Schlammsammler) und Filtersäcke an der Kantonsstrasse in Männedorf. 2016. Bericht wst21, 13. Oktober 2016, v1.4

[8] TBA Kanton Zürich. 2021. Eigene Messungen (noch nicht publiziert)

[9] Gewässerschutz an Strassen, Strassenentwässerung. 2018. Richtlinie Projektierung und Ausführung von Gewässerschutzmassnahmen. Kanton Zürich, Baudirektion.

Anhang

bachema

Bachema AG
Analytische Laboratorien

Objekt: **283_Filtersack Meilen**
Auftraggeber: Firma WST21 Michele Steiner
Auftrags-Nr. Bachema: 202302056

						Referenzwert	
Probenbezeichnung		**Ablauf_ Meilen**	**Ablauf_ Meilen**				
Proben-Nr. Bachema		8131	8132				
Tag der Probenahme		15.12.22	16.01.23				
Physikalisch-chemische Parameter							
Gesamte ungelöste Stoffe	mg/L	**46**	**<10**				
Elemente und Schwermetalle							
Kupfer (gesamt) ICP	mg/L Cu	**0.047**	**0.012**				
Zink (gesamt) ICP	mg/L Zn	**0.20**	**0.06**				

bachema

Bachema AG
Analytische Laboratorien

Objekt: **283_Filtersack Meilen**
Auftraggeber: Firma WST21 Michele Steiner
Auftrags-Nr. Bachema: 202304448

						Referenzwert	
Probenbezeichnung		**Ablauf Meilen**					
Proben-Nr. Bachema		18505					
Tag der Probenahme		06.04.23					
Physikalisch-chemische Parameter							
Gesamte ungelöste Stoffe	mg/L	**<10**					
Elemente und Schwermetalle							
Kupfer (gesamt) ICP	mg/L Cu	**0.009**					
Zink (gesamt) ICP	mg/L Zn	**0.03**					

bachema

Bachema AG
Analytische Laboratorien

Objekt: **283_Filtersack Meilen**
Auftraggeber: Firma WST21 Michele Steiner
Auftrags-Nr. Bachema: 202306200

						Referenzwert	
Probenbezeichnung		**Ablauf Meilen**					
Proben-Nr. Bachema		26342					
Tag der Probenahme		17.05.23					
Physikalisch-chemische Parameter							
Gesamte ungelöste Stoffe	mg/L	**16**					
Elemente und Schwermetalle							
Kupfer (gesamt) ICP	mg/L Cu	**0.014**					
Zink (gesamt) ICP	mg/L Zn	**0.05**					

bachema

Bachema AG
Analytische Laboratorien

Objekt: **283_Filtersack Meilen**
Auftraggeber: Firma WST21 Michele Steiner
Auftrags-Nr. Bachema: 202312088

						Referenzwert	
Probenbezeichnung		**Ablauf Meilen**	**Ablauf Meilen**	**Ablauf Meilen**			
Proben-Nr. Bachema		53427	53428	53429			
Tag der Probenahme		14.07.23	07.08.23	01.09.23			
Physikalisch-chemische Parameter							
Gesamte ungelöste Stoffe	mg/L	**<10**	**<10**	**<10**			
Elemente und Schwermetalle							
Kupfer (gesamt) ICP	mg/L Cu	**0.010**	**0.005**	**0.005**			
Zink (gesamt) ICP	mg/L Zn	**0.02**	**<0.01**	**<0.01**			

Objekt: **283_Filtersack Meilen**
Auftraggeber: Firma WST21 Michele Steiner
Auftrags-Nr. Bachema: 202314632

						Referenzwert	
Probenbezeichnung		**Ablauf Meilen (PN 23.11.23 eingefroren)**					
Proben-Nr. Bachema		64787					
Tag der Probenahme		23.11.23					
Physikalisch-chemische Parameter							
Gesamte ungelöste Stoffe	mg/L	**270**					
Elemente und Schwermetalle							
Kupfer (gesamt) ICP	mg/L Cu	**0.186**					
Zink (gesamt) ICP	mg/L Zn	**0.70**					

Objekt: **283_Filtersack Meilen**
Auftraggeber: Firma WST21 Michele Steiner
Auftrags-Nr. Bachema: 202400434

						Referenzwert	
Probenbezeichnung		**Ablauf Meilen (PN 10.01.24 eingefroren)**					
Proben-Nr. Bachema		1671					
Tag der Probenahme		10.01.24					
Physikalisch-chemische Parameter							
Gesamte ungelöste Stoffe	mg/L	**<10**					
Elemente und Schwermetalle							
Kupfer (gesamt) ICP	mg/L Cu	**0.005**					
Zink (gesamt) ICP	mg/L Zn	**0.06**					

bachema

Bachema AG
Analytische Laboratorien

Objekt: **283_Filtersack Meilen**
Auftraggeber: Firma WST21 Michele Steiner
Auftrags-Nr. Bachema: 202408005

						Referenzwert	
Probenbezeichnung		**Ablauf Meilen**	**Ablauf Meilen**				
Proben-Nr. Bachema		33492	33493				
Tag der Probenahme		10.04.24	11.06.24				
Physikalisch-chemische Parameter							
Gesamte ungelöste Stoffe	mg/L	**50**	**<10**				
Elemente und Schwermetalle							
Kupfer (gesamt) ICP	mg/L Cu	**0.014**	**0.011**				
Zink (gesamt) ICP	mg/L Zn	**0.05**	**0.03**				

Glossar

Cu	Kupfer
DTV	Durchschnittliches tägliches Verkehrsaufkommen
GTS	Geotextil Filtersack
GUS	Gesamt ungelöste Stoffe. Partikel mit einem Durchmesser über 0.45 Mikrometer (um)
RFB	Retentionsfilterbecken (von SABA)
SABA	Strassenabwasser-Behandlungsanlage
Zn	Zink