



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

Organische Mikroverunreinigungen im Strassenabwasser

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)

Zürich, 4. Oktober 2025 / v1.3 / ms-pg

Impressum

Auftraggeber: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abt. Wasser, CH-3003 Bern

Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Auftragnehmer: wst21 Michele Steiner.

Autor/Autorin: Michele Steiner, Patrice Goosse, wst21

Analysen/Begleitung: Elmar Scheiwiler, Matthias Ruff, Gewässer und Bodenschutzlabor Kanton Bern (GBL)

Begleitung BAFU: Patrick Fischer

Hinweis: Diese Studie/dieser Bericht wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangslage, Fragestellung	4
2	Methodik	5
2.1	Auswahl der Strassenabwasser-Behandlungsanlagen (SABA)	5
2.2	Untersuchte SABA.....	5
2.3	Untersuchte Parameter.....	8
2.3.1	Standardparameter: GUS, Kupfer und Zink	8
2.3.2	Gelöste organische Mikroverunreinigungen	8
2.3.3	PFAS	8
2.4	Probenahme	9
2.4.1	Sammelproben.....	9
2.4.2	Ansteuerung der Probenehmer	9
2.4.3	Frachtgemittelte Konzentrationen.....	9
2.4.4	Qualitätssichernde Aspekte	9
2.5	Niederschlagsdaten	10
3	Chronologie	11
4	Ergebnisse.....	12
4.1	Hydraulische Kenndaten.....	12
4.2	Standardparameter: GUS, Kupfer und Zink	12
4.2.1	Zu- und Ablaufkonzentrationen.....	12
4.2.2	Wirkungsgrade.....	12
4.3	Organische Mikroverunreinigungen gemäss Gruppe 1	14
4.3.1	Zu- und Ablaufkonzentrationen.....	14
4.3.2	Wirkungsgrade.....	17
4.4	Organische Mikroverunreinigungen gemäss Gruppe 2	18
4.5	PFAS.....	18
5	Interpretation der Ergebnisse	19
5.1	Beurteilung der Messergebnisse	19
5.1	Vorkommen gelöster organischer MV im Strassenabwasser	19
5.2	Vergleich mit Literaturwerten.....	19
5.3	Rückhalt organischer Mikroverunreinigungen.....	20
5.4	PFAS.....	20
6	Folgerungen und Empfehlungen	21
7	Literatur.....	22
	Glossar.....	23
	Anhang.....	24

1 Ausgangslage, Fragestellung

Strassenabwasser enthält zahlreiche Schadstoffe aus unterschiedlichen Quellen. Dazu gehören unter anderem Partikel, Schwermetalle wie Kupfer und Zink und PAK (Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe). Abhängig von der Art der Strassenabwasserbehandlung werden diese Stoffe unterschiedlich wirksam zurückgehalten.

Heute sind gemäss dem Stand der Technik mit Schilf bewachsene Sandfilter für die Anforderungsstufe «erhöht» und im Dauerstau betriebene Absetzbecken für die Anforderungsstufe «erleichtert» empfohlen [1, 2]. Entsprechend werden seit vielen Jahren hauptsächlich diese beiden Typen von Strassenabwasser-Behandlungsanlagen (SABA) projektiert. Für die genannten Stoffe liegen die Wirkungsgrade bewachsener Sandfilter bei über 95 % und bei Absetzbecken betrieben im Dauerstau zwischen 70 % und 90 %.

Zusätzlich zu den genannten Stoffen sind im Strassenabwasser gelöste organische Mikroverunreinigungen vorhanden. Diese stammen aus Reifenabrieb, von Farblackierungen oder anderen Quellen am Fahrzeug [3, 4, 5, 6].

Die Vorstudie dieses Projekts zeigte anhand von Messungen im Strassenabwasser zweier stark befahrener Autobahnabschnitte das Vorhandensein typischer gelöster organischer Mikroverunreinigungen. Dies belegten auch Untersuchungen des Gewässer- und Bodenschutzlabors des Kantons Bern (GBL) [5], [7].

Die Frage stellt sich nun, ob die Ergebnisse der Vorstudie verallgemeinert werden können, welche weiteren gelösten organischen Mikroverunreinigungen im Strassenabwasser vorhanden sind und vor allem wie gut diese in mit Schilf bewachsenen Sandfiltern und Absetzbecken zurückgehalten werden. Diese Studie klärt diese Aspekte anhand folgender Fragestellungen:

Gelöste organische Mikroverunreinigungen im Strassenabwasser

- Welche gelösten organischen Mikroverunreinigungen sind typisch im Strassenabwasser von Hochleistungsstrassen (HLS) in der Schweiz? Gibt es neben den bereits nachgewiesenen Stoffen weitere, die es zu berücksichtigen gilt?
- Wie hoch sind deren Konzentrationen und welches sind die besten Indikatoren? Korrelieren diese mit GUS (gesamte ungelöste Stoffe), Kupfer oder Zink?
- Sind die Ergebnisse mit anderen Messungen vergleichbar?

Rückhalt gelöster organischer Mikroverunreinigungen in SABA

- Wie gut werden gelöste organische Mikroverunreinigungen in bewachsenen Sandfiltern und in Absetzbecken betrieben im Dauerstau zurückgehalten? Welche Ablaufkonzentrationen resultieren jeweils?
- Gibt es in Absetzbecken Rücklösungen gelöster organischer Mikroverunreinigungen?
- Welche gelösten organischen Mikroverunreinigungen können als Indikatoren zur Beurteilung der Wirksamkeit von SABA verwendet werden?

Belastungsschwerpunkte in Oberflächengewässern

- Ändern sich unter Berücksichtigung von gelösten organischen Mikroverunreinigungen die Belastungsschwerpunkte, wie sie in der Studie «Priorisierung von Massnahmen zur Reduktion des Eintrags von Reifenabrieb in Oberflächengewässern» identifiziert wurden [8]?

PFAS (per- und polyfluorierte Alkylverbindungen)

- Sind PFAS im Strassenabwasser vorhanden?
- Können diese in bewachsenen Sandfiltern zurückgehalten werden?

2 Methodik

2.1 Auswahl der Strassenabwasser-Behandlungsanlagen (SABA)

Der Rückhalt gelöster organischer Mikroverunreinigungen wird bei den empfohlenen Behandlungsverfahren gemäss dem Stand der Technik untersucht [1]. Für die Anforderungsstufe «erhöht» ist es der mit Schilf bewachsene Sandfilter und für die Anforderungsstufe «erleichtert» das im Dauerstau betriebene Absetzbecken.

Die Anzahl der untersuchten SABA soll die Variabilität der Schadstoffkonzentrationen im Strassenabwasser und standortspezifische Faktoren umfassen. Ebenso sollen Ergebnisse früherer Messungen vorliegen. Diese Aspekte wurden bei der Auswahl der SABA wie folgt berücksichtigt:

- Für die SABA liegen bereits Ergebnisse von Funktions- oder Leistungsprüfungen vor.
- Die in der Vorstudie untersuchten SABA sind berücksichtigt [5].
- Die SABA behandeln das Strassenabwasser unterschiedlicher Autobahnabschnitte.
- Die SABA entsprechen heutigen Dimensionierungsvorgaben.

Zusätzlich wurde berücksichtigt, dass die bewachsenen Sandfilter unterschiedlich lange Betriebszeiten aufweisen. Dadurch können Auswirkungen unterschiedlich alter Deckschichten, die sich auf der Oberfläche des Sandfilters bilden und wirksame Sekundärfilter sind, untersucht werden.

2.2 Untersuchte SABA

Es wurden vier SABA ausgewählt. Deren Einzugsgebietsflächen liegen zwischen 7.4 und 19.4 Hektaren und entwässern folgende Hochleistungsstrassen:

- SABA 7: A1, Abschnitt Härkingen Wiggerthal
- SABA Birchstrasse und SABA Grütwisen: A1: Nordumfahrung Zürich
- SABA Wüerital: A4, Knonaueramt

Die vier SABA sind in Tabelle 1 mit Kenndaten beschrieben und in Abbildung 1 und Abbildung 2 anhand der Verfahrensschemata und Fotos dargestellt. Mit einem durchschnittlichen täglichen Verkehr (DTV) von 80'000 bis 110'000 Fahrzeugen pro Tag gilt das in diesen SABA behandelte Strassenabwasser als stark verschmutzt.

Ausgewählt wurden zwei Absetzbecken. Dasjenige der SABA 7 ist eine Hauptbehandlung, dasjenige der SABA Birchstrasse eine Vorbehandlung. Der Unterschied zwischen einer Haupt- und einer Vorbehandlung besteht in der Dimensionierung, indem eine Hauptbehandlung hydraulisch weniger stark belastet ist. Dies äussert sich in einem grösseren spezifischen Volumen und einer geringeren Oberflächenbelastung. Beides führt zu längeren Aufenthaltszeiten und damit zu einem besseren Partikelrückhalt.

Von den ausgewählten drei mit Schilf bewachsenen Sandfiltern waren die SABA Grütwisen und die SABA Birchstrasse seit sieben Jahren in Betrieb, die SABA Wüerital seit 18 Jahren. Der bewachsene Sandfilter der SABA Grütwisen weist die grösste spezifische Fläche auf. Dies ist darauf zurückzuführen, da der Katzenbach ein schwaches Einleitgewässer ist, was zur Dämpfung der hydraulischen Belastung ein grosses Retentionsvolumen benötigt. Entsprechend ist der Sandfilter der SABA Grütwisen pro Quadratmeter Filterfläche am wenigsten stark mit Schadstoffen belastet.

Die Deckschicht des bewachsenen Sandfilters der SABA Wüerital war mit einer Höhe von 20 cm (Oktober 2023) im Vergleich zu den anderen SABA am stärksten ausgeprägt, diejenige des Sandfilters der SABA Grütwisen mit 4 cm am geringsten [9].

Fremdwasser gelangt mit Ausnahme der SABA 7 in alle drei anderen SABA und wird dort an unterschiedlichen Standorten mittels Fremdwasserweichen abgetrennt. Das Verfahrensschema der vier SABA ist in Abbildung 2 dargestellt, zusammen mit den Standorten der Probenahme.

Parameter	Einheit	SABA 7	Grütwisen	Birchstrasse	Wüerital
Einzugsgebiet	ha	7.4	19.4	7	10.4
DTV	Fahrzeuge/Tag	109'000	100'000	100'000	80'000
Volumen Absetzbecken	m ³	415	270	220	408
Standorte Probenahme	Zulauf SABA	X	-	X	-
	Ablauf ASB	X	X ⁽¹⁾	X	X ⁽¹⁾
	Ablauf RFB	-	X ⁽¹⁾	X	X ⁽¹⁾
Fremdwasser	ja / nein	nein	ja	ja	ja
Fremdwasserabtrennung	ja / nein	-	ja	ja	ja

Tabelle 1 Kenndaten der SABA und Probenahmestellen. ASB=Absetzbecken, RFB=Retentionsfilterbecken. Bei Grütwisen und Wüerital wurde infolge des hohen Aufwands (Durchflussmessung) auf die Probenahme im Zulauf zur SABA verzichtet. ⁽¹⁾ Probenahmestandorte für PFAS.



Abbildung 1 Schematische Darstellung der SABA 7 und der Probenahmestandorte (oben links), Ansicht SABA 7 (oben rechts), Ansichten der bewachsenen Sandfilter der SABA Grütwisen, Birchstrasse und Wüerital (unten links, mittig, rechts).

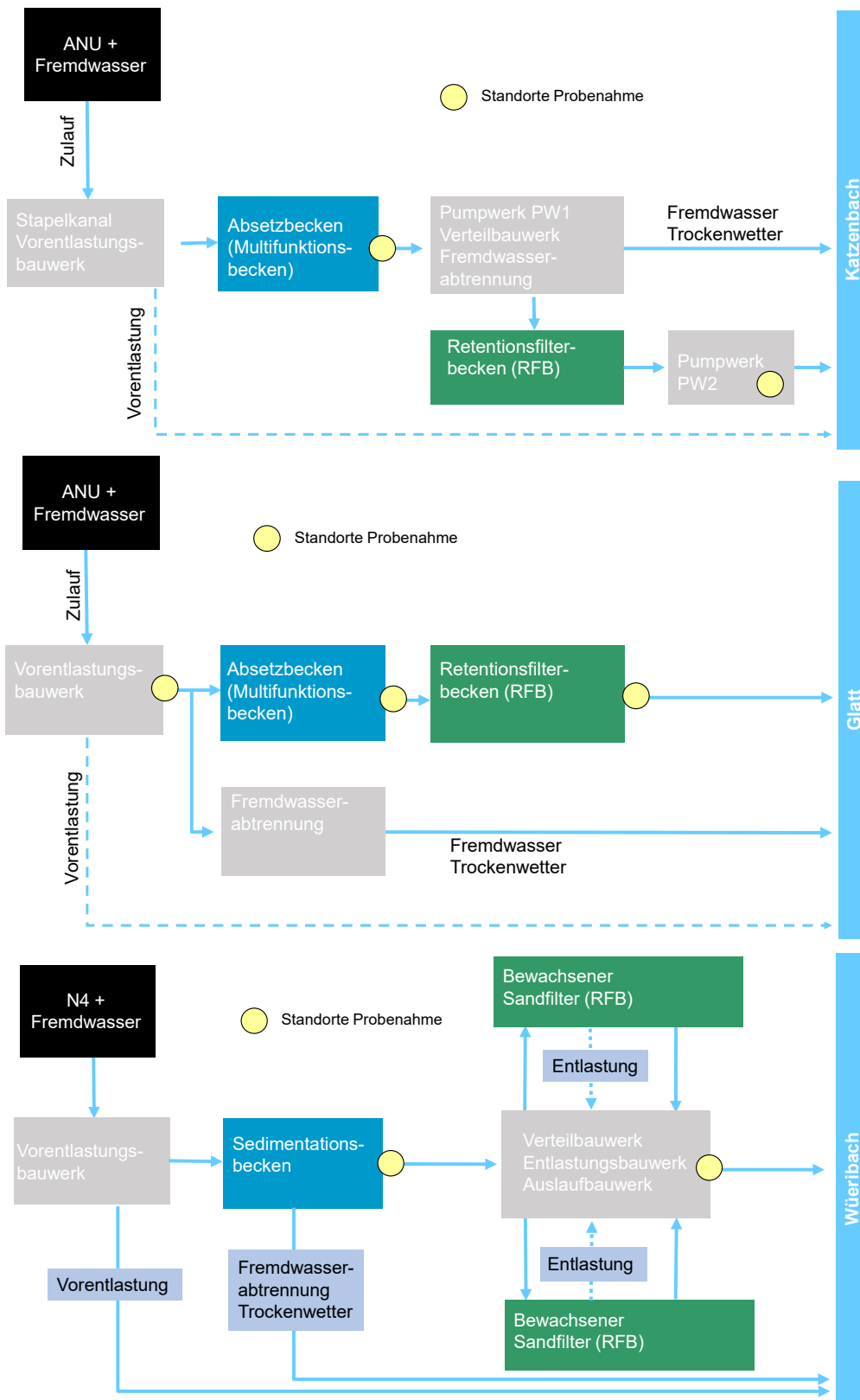


Abbildung 2 Schematische Darstellung der Funktionsweise der drei SABA: Grütwis (oben), Birchstrasse (mittig) und Wüerital (unten) sowie die Standorte der Probenahme. ANU: Ausbau Nordumfahrung Zürich.

2.3 Untersuchte Parameter

2.3.1 Standardparameter: GUS, Kupfer und Zink

Als Standardparameter im Strassenabwasser gelten GUS, Kupfer und Zink. Diese sind relevante Schadstoffe im Strassenabwasser und gelten zudem bei Funktions- und Leistungsprüfungen von SABA als Indikatoren für den Schadstoffrückhalt von Partikeln, Schwermetallen und PAK [1]. Deshalb liegen Angaben zu typischen Konzentrationen dieser Stoffe im Strassenabwasser vor [1].

2.3.2 Gelöste organische Mikroverunreinigungen

Die Auswahl der gelösten organischen Mikroverunreinigungen erfolgte in Abstimmung mit dem Gewässer- und Bodenschutzlabors des Kantons Bern (GBL) und dem Oekotoxzentrum, dem Zentrum für angewandte Ökotoxikologie in der Schweiz. Die ausgewählten Stoffe gemäss Tabelle 2 beinhalten auch diejenigen der Vorstudie.

Gruppe	Stoff	Bemerkungen
Standardparameter	GUS (gesamte ungelöste Stoffe)	
	Kupfer und Zink	
Organische Mikroverunreinigungen Gruppe 1	6-PPD-Chinon	Vorstudie [5]
	1,3-Diphenylguanidin	
	Hexamethoxymethylmelamin (HMMM)	
	2-Methylmercaptobenzothiazol	Keine
Organische Mikroverunreinigungen Gruppe 2, nur teilweise aus Strassenverkehr stammend	2-Methyl-4-isothiazolin-3-on	Keine
	Benzimidazol	
	2- <i>n</i> -Octyl-4-isothiazolin-3-on	Keine
	Benzothiazol	Vorstudie
	2-Mercaptobenzothiazol	
	1,2-Benzisothiazol-3(2H)-on	Keine
PFAS	35 Einzelsubstanzen	Gemäss Dienstleistungsverzeichnis Bachema (PFASmax)

Tabelle 2 Zusammenstellung der untersuchten Substanzen. PFAS wurden im Rahmen einer Zusatzbetrachtung untersucht.

2.3.3 PFAS

Zu Beginn der Studie war die Berücksichtigung von PFAS nicht vorgesehen. Mit der zunehmenden Diskussion rund um PFAS und dank der bereits installierten Messtechnik entschied man sich auch die Belastung von Strassenabwasser mit PFAS und den Rückhalt von PFAS in bewachsenen Sandfiltern abzuschätzen.

Dazu wurden in je zwei Sammelproben im Zu- und Ablauf des bewachsenen Sandfilters der SABA Grütwisen und der SABA Wüerital PFAS analysiert. Die Analyse erfolgte gemäss dem Programm «PFASmax» der Bachema AG, welches 35 PFAS-Einzelverbindungen berücksichtigt (Anhang).

2.4 Probenahme

2.4.1 Sammelprouben

Bei allen vier SABA wurden an den Standorten gemäss Tabelle 1, Abbildung 1 und Abbildung 2 volumenproportionale Einzelproben genommen und in ein Sammelproubengefäss gepumpt. In Tabelle 3 ist das Vorgehen im Detail beschrieben. Zur Ansteuerung und Entnahme der Einzel- und Sammelprouben waren folgende Faktoren massgebend:

Beproubte Strassenabwasser-Volumina

Der Einfluss des Absetzbeckens als Speicher von abgesetztem Strassenabwasser oder von sauberem Fremdwasser, welches vom Strassenabwasser nach Regenbeginn zuerst ausgestossen werden muss wurde berücksichtigt. Dies geschah, indem Regenereignisse mit einem Volumen beprobt wurden, welches mindestens viermal grösser war als dasjenige des Absetzbeckens.

Idealerweise wurden einige Regenereignisse nacheinander beprobt. Genügend grosse Volumina sind auch notwendig, um eine ausreichende Durchströmung des Retentionsfilterbeckens zu gewährleisten. Schliesslich sollte das insgesamt beprobt Strassenabwasservolumen im Verhältnis zum jährlichen behandelten Volumen ausreichend sein, also über 10 % liegen.

Die Auswahl der Regenereignisse anhand der genannten Faktoren führt zu einer stärkeren Gewichtung der niederschlagsreichen Regen. Schwächere Regenereignisse mit geringerem Volumen, welche in Absetzbecken zu längeren Aufenthaltszeiten und zu einer geringen Belastung der RFB führen, sind tendenziell untervertreten. Damit entsprechen die Ergebnisse dieser Studie einem Betrieb der SABA unter erhöhter hydraulischer und damit auch stofflicher Belastung.

Möglichst kurze Aufenthaltszeit im Probenahmegefäss

Die Dauer einer Sammelproubentnahme wurde durch die infolge Probenstabilität begrenzte Aufenthaltszeit im Sammelproubengefäss vorgegeben. Deshalb gestaltete sich die Entnahme der Sammelprouben als organisatorisch anspruchsvoll, denn nach einem Regen mit begonnener Probenahme und schliesslich doch zu geringem beprobt Volumen wurden die Probenahmeflaschen entleert und gereinigt und eine neue Probenahme begonnen.

Anzahl Sammelprouben

Die Anzahl der Sammelprouben wurde aus Kostengründen auf insgesamt 45 Sammelprouben limitiert, beinhaltend auch die Blindproben zur Qualitätssicherung.

2.4.2 Ansteuerung der Probennehmer

Bei allen vier Standorten erfolgte die Ansteuerung der Probennehmer mit der Durchflussmessung im Ablauf des Absetzbeckens oder des bewachsenen Sandfilters. Das Volumen zur Auslösung einer Einzelprobe betrug je nach Standort zwischen 10 und 70 m³. Bei der SABA Grütwisen und der SABA Wüerital wurde bei der Ansteuerung der Probennehmer der Fremdwasserzufluss berücksichtigt.

2.4.3 Frachtgemittelte Konzentrationen

Zur Auswertung der jeweils vier Sammelprouben wurden frachtgemittelte Konzentrationen berechnet. Diese gewichten die unterschiedlichen beprobt Wasservolumina jeder Sammelproube.

2.4.4 Qualitätssichernde Aspekte

Die qualitätssichernden Aspekte wurden zusammen mit dem GBL erarbeitet und betreffen die in Tabelle 3 beschriebenen Bereiche. Sie basieren unter anderem auf Voruntersuchungen des GBL zur Stabilität der gelösten organischen Mikroverunreinigungen nach der Probenahme.

Bereich	Beschreibung
Technische Voraussetzungen	Die drei SABA wurden mit mobilen Probenehmern zur volumenproportionalen Probenahme ausgerüstet. Die Probenahme gemäss Tabelle 1 erfolgte je in Sammelgefässen aus Glas. Der Probenversand zur Analyse der organischen Mikroverunreinigungen im GBL erfolgte in Glasgefässen mit einem Volumen von 25 ml.
Probenahme	Die Probenahmestellen wurden so gewählt, dass sich der Ansaugschlauch in der Mitte der Strömung des Durchflusses befand. Die Spitze des Ansaugschlauches befand sich mindestens 10 cm oberhalb des Untergrundes, um damit ein Ansaugen von Schmutzpartikeln vom Boden zu vermeiden. Der Probenehmer wurde zusammen mit dem Sammelgefäss möglichst schattig und kühl oberhalb der Probenahmestelle montiert.
Ansteuerung Probenahme	Die Auslösung zur Einzelprobenahme erfolgt volumenproportional. Zur Auslösung bei allen Probenahmestellen wurden die gemessenen Durchflüsse im Ablauf der SABA bis zu einem festgelegten Auslösevolumen summiert. Nach erfolgter Einzelprobenahme startete die Aufsummierung des Durchflusses wieder bei Null. Um eine Kontamination der Proben mit der vorherigen Einzelprobenahme zu verhindern, wurde nach jeder Probenahme der Probenahmeschlauch in gleicher Zeitdauer wie die Ansaugzeit der Probenahme mit Luft rückgespült.
Fremdwasser	An Standorten mit Fremdwasserzufluss erfolgte die Aufsummierung des gemessenen Durchflusses erst über einem zuvor gemessenen Durchfluss des Fremdwassers (Schwellenwert).
Sammelprobe	Eine Sammelprobe bestand aus 41 bis 235 Einzelproben. Pro Einzelprobe wurde vom Probenehmer ein Probenvolumen zwischen 25 ml bis 40 ml in ein Sammelprobengefäss gepumpt. Um die Verdunstung und eine damit verbundene Aufkonzentrierung der Probe zu minimieren, war das Probenahmegefäss möglichst dicht verschlossen und kühl positioniert. Die Abholung zum Versand der Probe erfolgte je nach Witterung und Standort nach 1 bis maximal 2 Wochen, meistens jedoch wenige Tage nach Ende eines Niederschlagsereignisses.
Vorbereitung Probenahme	Vor der ersten Probenahme wurde zur Herstellung einer «Nullprobe» ca. 0.75 l «Evian» oder «Volvic» durch das Probenahmesystem gepumpt und 10 ml Probe zur Analyse entnommen.

Tabelle 3 Qualitätssichernde Aspekte der Probenahme und Probenaufbereitung.

2.5 Niederschlagsdaten

Die Niederschlagsintensitäten und Niederschlagssummen wurden bei jeder SABA anhand der 10-minütlich Niederschlagsdaten der MeteoSchweiz bestimmt. Diese liegen im 1 km² Raster vor und wurden für die jeweiligen Einzugsgebiete laufend ausgewertet.

3 Chronologie

Die Chronologie der Messungen ist in Tabelle 4 anhand der wichtigsten Ereignisse beschrieben.

Datum	SABA 7	Grütwisen	Birchstrasse	Wüerital	Bemerkungen
28.02.2024	X				IBN Messtechnik, Start PN
10.03.2024	X				Start PN
18.03.2024	X				Probenahme 1
08.04.2024	X				Probenahme 2
08.05.2024	X				Probenahme 3
05.06.2024			X		IBN Messtechnik, Start PN
12.06.2024			X		Probenahme 1
24.06.2024			X		Probenahme 2
02.07.2024	X				Probenahme 4
22.08.2024		X			IBN Messtechnik, Start PN
12.09.2024		X			Probenahme 1
12.09.2024			X		Probenahme 3
12.09.2024				X	IBN Messtechnik, Start PN
01.10.2024		X			Probenahme 2
01.10.2024			X		Probenahme 4
01.10.2024				X	Probenahme 1
09.10.2024				X	Probenahme 2
15.10.2024		X			Probenahme 3
21.10.2024				X	Probenahme 3
27.11.2024		X			Probenahme 4
03.12.2024				X	Probenahme 4

Tabelle 4 Chronologie des Messbetriebs der vier SABA. IBN=Inbetriebnahme, PN=Probenahme.

4 Ergebnisse

4.1 Hydraulische Kenndaten

Die Kenndaten zu den Probenahmen sind in **Tabelle 5** zusammengestellt. Anhand der Regensumme wurde abgeschätzt, dass bei den Probenahmen zwischen 15 % und 20 % der jährlichen Regensumme beprobt wurden. Dies ist für die vorliegende Fragestellung ausreichend, insbesondere deshalb, weil unterschiedliche Regentypen berücksichtigt wurden.

Parameter		SABA 7	Grütwisen	Birchstrasse	Wüerital
Niederschlagshöhe beprobt	mm	151	215	176	163
Maximale Intensität	mm/h	34	56	67	65
Anzahl Sammelproben	-	4	4	4	4
Anzahl Einzelproben total ⁽¹⁾	-	1077	512	191	268

Tabelle 5 Kenndaten der Probenahmen der drei SABA. ⁽¹⁾ Je Zu- und Ablauf.

4.2 Standardparameter: GUS, Kupfer und Zink

4.2.1 Zu- und Ablaufkonzentrationen

Die Zulaufkonzentrationen von GUS, Kupfer und Zink der SABA 7 und der SABA Birchstrasse stimmen grössenordnungsmässig mit denjenigen aus den Leistungsprüfungen überein [10] [11]. Eine Ausnahme ist die frachtgemittelte GUS-Konzentration der SABA 7, welche auf dem hohen Wert der Sammelprobe Nr. 4 beruht, was auf sandige Partikel bei dieser Sammelprobe zurückzuführen ist (Tabelle 6).

Die Ablaufkonzentrationen der Absetzbecken und der bewachsenen Sandfilter stimmen mit den Ergebnissen früherer einjähriger Leistungsprüfungen überein und variieren nur um wenige Milligramm oder Mikrogramm pro Liter. Somit sind die Werte in dieser Studie repräsentativ.

Auffällig sind die tiefen Ablaufkonzentrationen von GUS, Kupfer und Zink des Absetzbeckens der SABA Grütwisen. Diese Werte sind auf den hohen Fremdwasserzufluss sowie auf den Ort der Fremdwasserabtrennung, nämlich nach dem Absetzbecken, zurückzuführen. Die beprobten Regenereignisse wurden so ausgewählt, dass die Strassenabwasservolumina das Volumen des Absetzbeckens mehrfach übertrafen. Dennoch kann der Fremdwasseranteil im Ablauf der SABA Grütwisen beträchtlich sein, was zu einer Verdünnung führt. Der Rückhalt im Speicherkanal trägt ebenfalls zu den tiefen Konzentrationen von GUS, Kupfer und Zink im Zulauf zum Sandfilter der SABA Grütwisen bei.

4.2.2 Wirkungsgrade

Die Wirkungsgrade für GUS, Kupfer und Zink sind in Tabelle 7 zusammengefasst. Bei den Absetzbecken entsprechen die Wirkungsgrade den bisher bekannten Ergebnissen aus Leistungsprüfungen. Dies ist auch beim bewachsenen Sandfilter der SABA Wüerital der Fall, obwohl die Probenahme im Ablauf des Absetzbeckens, und nicht im Zulauf der SABA erfolgte. Die geringe Wirkung des Absetzbeckens, welches nicht den heutigen Vorgaben entspricht, ist der Grund, weshalb die Ablaufkonzentrationen des Absetzbeckens vergleichsweise hoch sind.

Bei den SABA Grütwisen, Birchstrasse und der SABA 7 wurden die Absetzbecken gemäss heutigem Stand der Technik gebaut, was sich in geringen Ablaufkonzentrationen äussert. Deshalb sind die Wirkungsgrade der Sandfilter der SABA Grütwisen und Birchstrasse verhältnismässig tief.

Würden zur Berechnung der Wirkungsgrade bei der SABA Birchstrasse die Zulaufkonzentrationen zur SABA verwendet, würden typische hohe Werte resultieren, die mit denjenigen der Leistungsprüfung vergleichbar wären.

SABA	Sammelprobe	Zulauf			Ablauf ASB			Ablauf RFB		
		GUS mg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	GUS mg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	GUS mg/l	Cu µg/l	Zn µg/l
SABA 7	1	630	230	1150	55	68	290	-	-	-
	2	620	152	820	7.5	13	50	-	-	-
	3	150	82	360	7.5	23	90	-	-	-
	4	4600	42	260	7.5	13	50	-	-	-
	Frachtmittel	2193	106	548	17	26	105	-	-	-
	Referenz [11]	308	77	372	11	23	101	-	-	-
Grütwisen	1	-	-	-	7.5	1.5	15	7.5	1.5	15
	2	-	-	-	7.5	3	10	7.5	2	15
	3	-	-	-	7.5	1.5	15	7.5	3	15
	4	-	-	-	11	3	15	7.5	5	30
	Frachtmittel	-	-	-	8	2	13	8	3	8
	Referenz [10]	1355	291	1326	-	-	-	8	4	9
Birchstrasse	1	690	44	170	7.5	7	30	7.5	4	7.5
	2	1400	54	210	7.5	7	30	7.5	5	20
	3	17	30	110	7.5	11	40	18	9	7.5
	4	400	114	430	21	28	100	7.5	2	7.5
	Frachtmittel	589	65	246	12	15	55	11	5	11
	Referenz [12]	361	71	360	-	-	-	8	4	9
Wüerital	1	-	-	-	890	210	750	7.5	8	10
	2	-	-	-	1500	418	1550	7.5	6	7.5
	3	-	-	-	377	183	700	7.5	8	7.5
	4	-	-	-	204	99	370	7.5	6	7.5
	Frachtmittel	-	-	-	927	265	977	8	7	8
	Referenz [13]	577	225	850	-	-	-	8	6	10

Tabelle 6 Zu- und Ablaufkonzentrationen der Sammelproben, Frachtmittel- und Referenzwerte gemäss Leistungsprüfungen.

SABA	Wirkungsgrad Absetzbecken [%]			Wirkungsgrad Sandfilter [%]		
	GUS	Cu	Zn	GUS	Cu	Zn
SABA 7	99.2	75.5	80.8	-	-	-
Grütwisen	-	-	-	(9.4)*	(-19.9)*	(-37.8)*
Birchstrasse	98.0	77.1	77.6	(10.9)*	(65.9)*	(80.5)*
Wüerital	-	-	-	99.2	97.4	99.2

Tabelle 7 Wirkungsgrade der Absetzbecken und bewachsenen Sandfilter. (*) Tiefe oder negative Wirkungsgrade infolge der tiefen Zulaufkonzentrationen zum Sandfilter.

4.3 Organische Mikroverunreinigungen gemäss Gruppe 1

4.3.1 Zu- und Ablaufkonzentrationen

Die Frachtmittelwerte der Sammelproben der gelösten organischen Mikroverunreinigungen der Gruppe 1 (Tabelle 8) sind in Abbildung 3 dargestellt.

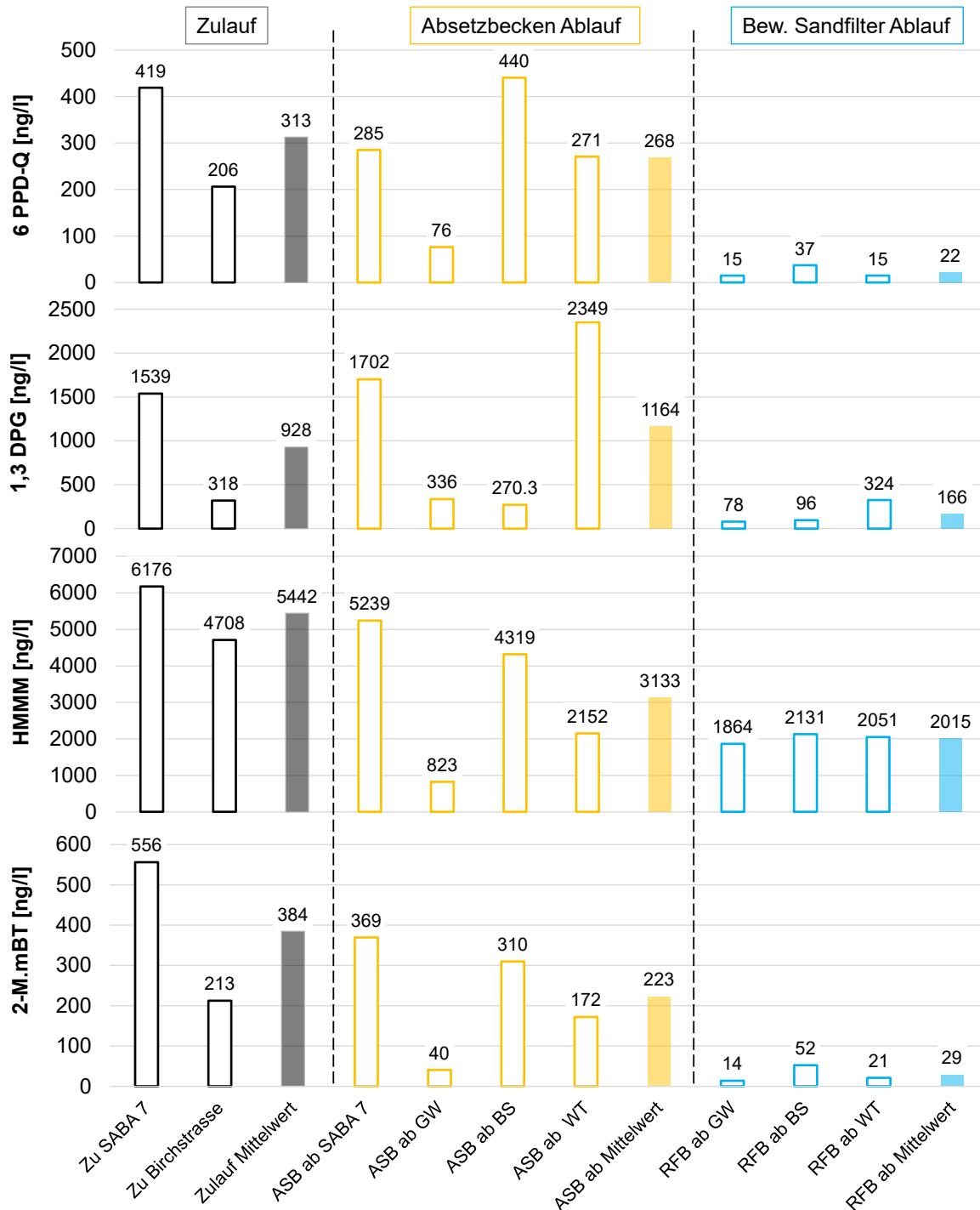


Abbildung 3 Zu- und Ablaufkonzentrationen der Absetzbecken (ASB) und Ablaufkonzentrationen der bewachten Sandfilter (RFB) für die Stoffe der Gruppe 1 anhand der Sammelproben und der Mittelwerte (ausgefüllte Balken). GW=SABA Grütwisen, BS=SABA Birchstrasse, WT=SABA Wüerital.

Die Konzentrationsverläufe der vier Substanzen im Zu- und Ablauf der Absetzbecken sind mehrheitlich grössenordnungsmässig vergleichbar und damit auch deren relative Zusammensetzung. Die absoluten Unterschiede der Ergebnisse der Sammelproben im Zu- und Ablauf der Absetzbecken sind typisch für Strassenabwasser und auch bei GUS, Kupfer und Zink feststellbar.

6-PPD-Chinon

- Die mittlere Zulaufkonzentration zu SABA beträgt 313 ng/l (15 ng/l bis 620 ng/l) und ist bei der SABA Birchstrasse tiefer als bei der SABA 7. Im selben Bereich liegt der Wert der Vorstudie von 228 ng/l. Mit insgesamt 11 Sammelproben (8 diese Studie, 3 der Vorstudie) und vergleichbaren Ergebnissen von Messungen des GBL ist dieser Bereich repräsentativ.
- Die mittlere Ablaufkonzentration von Absetzbecken beträgt 268 ng/l mit einem Bereich zwischen 15 ng/l und 610 ng/l. Im selben Bereich liegt der Mittelwert der SABA Grütswisen der Vorstudie von 75 ng/l. Wird in der vorliegenden Auswertung der fremdwasserbedingte tiefe Wert der SABA Grütswisen nicht berücksichtigt, erhöht sich der Mittelwert auf 332 ng/l.
- Die mittlere Ablaufkonzentration bewachsener Sandfilter beträgt 22 ng/l innerhalb eines Bereiches der Sammelproben zwischen 15 ng/l und 83 ng/l und liegt damit deutlich unterhalb der Zulaufkonzentration bewachsener Sandfilter. Der Frachtmittelwert des Sandfilters der SABA Birchstrasse ist im Vergleich zu demjenigen der SABA Wüerital höher, allerdings bei höheren Zulaufkonzentrationen.

1,3-Diphenylguanidin

- Die mittlere Zulaufkonzentration beider SABA liegt bei 928 ng/l mit einem Bereich zwischen 30 ng/l und 2'700 ng/l. Der Frachtmittelwert der Vorstudie beträgt 2'056 ng/l. Der tiefere Wert dieser Studie ist auf die tiefen Konzentrationen der SABA Birchstrasse zurückzuführen. Im Vergleich zu 6-PPD-Chinon ist der Konzentrationsbereich der Sammelproben grösser.
- Die mittlere Ablaufkonzentration der Absetzbecken beträgt 1'164 ng/l und ist damit höher als die Zulaufkonzentration. Die Sammelproben liegen in einem Bereich zwischen 92 ng/l und 7'300 ng/l, was wie beim Zulauf etwa einer Grössenordnung entspricht. Im Vergleich zum Zulauf wurden zwei SABA mehr beprobt, weshalb ein direkter Vergleich nur eingeschränkt möglich ist. Die Konzentration der Vorstudie mit 1'040 ng/l entspricht dem Mittelwert der vorliegenden Ergebnisse.
- Auch bei dieser Substanz sind die Ablaufkonzentrationen bewachsener Sandfilter tiefer als deren Zulaufkonzentrationen. Der Mittelwert beträgt 166 ng/l. Der Bereich der Ablaufkonzentrationen liegt zwischen 43 ng/l und 740 ng/l. Die Ablaufkonzentrationen des Sandfilters der SABA Wüerital sind höher als diejenigen der anderen beiden SABA, was auf die deutlich höheren Zulaufwerte zurückzuführen ist.

Hexamethoxymethylmelamin (HMMM)

- Die Zulaufkonzentrationen der Sammelproben liegen zwischen 49 ng/l und 16'000 ng/l was auffällig ist, insbesondere der hohe Wert der Sammelprobe 3 der SABA Birchstrasse. Da bei dieser Sammelprobe auch die Konzentrationen der anderen Substanzen erhöht sind, ist dieser Wert gültig. Die frachtgewogenen Mittelwerte liegen zwischen 4'708 ng/l und 6'176 ng/l.
- Der Frachtmittelwert im Zulauf zur SABA 7 mit 6'176 ng/l ist mit demjenigen der Vorstudie mit 5'932 ng/l vergleichbar. Derjenige im Ablauf des Absetzbeckens der SABA Grütswisen war in der Vorstudie mit 1'628 ng/l höher als die hier gemessenen 823 ng/l. Dabei dürfte die HMMM-Konzentration im Fremdwasser gemäss Vorstudie (480 ng/l) eine Rolle spielen.
- Die Unterschiede der Sammelproben im Ablauf der Absetzbecken sind mit einem Bereich zwischen 59 ng/l und 8'100 ng/l kleiner als im Zulauf. Dies wird auf die hydraulische Däm-

pfung der Absetzbecken zurückgeführt. Die Frachtmittelwerte der Absetzbecken liegen zwischen 823 ng/l und 5'239 ng/l.

- Die Ablaufkonzentrationen der Sandfilter von HMMM sind mit Frachtmittelwerten zwischen 1'864 ng/l und 2'131 ng/l erstaunlich konstant. Auch der Bereich der Ablaufkonzentrationen ist im Vergleich zum Zulauf geringer (860 ng/l bis 3'600 ng/l). Dies zeigt die hydraulische Dämpfung der Sandfilter sowie deren Rückhalt von HMMM.

2-Methylmercaptobenzothiazol

Die Zu- und Ablaufkonzentrationen von 2-Methylmercaptobenzothiazol der Sammelproben und der gemittelten Konzentrationen entsprechen grössenordnungsmässig denjenigen von 6-PPD-Chinon. Dies zeigt, dass sich diese beiden Stoffe in den SABA ähnlich verhalten.

SABA	Sammelprobe	Zulauf SABA [ng/l]				Ablauf Absetzbecken [ng/l]				Ablauf bew. Sandfilter [ng/l]			
		6-PPD-Q	1,3-DiphG	HMMM	2-M.merBT	6-PPD-Q	1,3-DiphG	HMMM	2-M.merBT	6-PPD-Q	1,3-DiphG	HMMM	2-M.merBT
SABA 7	1	470	-	3200	-	510	590	3600	210	-	-	-	-
	2	410	1100	7100	300	50	250	3000	38	-	-	-	-
	3	610	1000	9400	300	220	4000	2900	590	-	-	-	-
	4	300	2700	5500	791	310	1600	8100	460	-	-	-	-
	MW	419	1539	6176	556	285	1702	5239	369	-	-	-	-
Grütwisen	1	-	-	-	-	26	130	87	34	15	49	1200	15
	2	-	-	-	-	190	790	2300	85	15	140	3600	15
	3	-	-	-	-	15	93	63	11	15	49	900	13
	4	-	-	-	-	15	92	59	10	15	43	860	11
	MW	-	-	-	-	76	336	823	40	15	78	1864	14
Birchstrasse	1	15	32	82	15	140	120	710	99	12	120	1700	32
	2	12	30	49	15	340	190	3200	210	83	190	2200	140
	3	620	960	16000	680	480	190	6000	240	31	40	2300	23
	4	71	93	240	34	610	470	5200	540	15	59	2100	15
	MW	206	318	4708	213	440	270	4319	310	37	96	2131	52
Wüerital	1	-	-	-	-	120	110	49	120	15	85	1300	15
	2	-	-	-	-	320	610	4300	210	15	190	2400	15
	3	-	-	-	-	360	6000	1800	210	15	740	2400	35
	4	-	-	-	-	370	7300	1700	150	15	710	2400	32
	MW	-	-	-	-	271	2349	2152	172	15	324	2051	21

Tabelle 8 Zu- und Ablaufkonzentrationen von Absetzbecken und von mit Schilf bewachsenen Sandfiltern (RFB). MW = Frachtmittelwerte. (-) nicht gemessen.

4.3.2 Wirkungsgrade

Die Wirkungsgrade der Absetzbecken und der bewachsenen Sandfilter für die vier gelösten organischen Mikroverunreinigungen der Gruppe 1 sind in Tabelle 9 zusammengefasst.

Absetzbecken

Die Wirkungsgrade von Absetzbecken sind unterschiedlich und zeigen kein einheitliches Bild. So wird 6-PPD-Chinon im Absetzbecken der SABA 7 mit einem Wirkungsgrad von 32 % zurückgehalten, im Absetzbecken der SABA Birchstrasse ist der Wirkungsgrad jedoch negativ. Bei 2-Methylmercaptobenzothiazol ist die Situation vergleichbar und bei 1,3-Diphenylguanidin ist die Sachlage umgekehrt: Das Absetzbecken der SABA 7 zeigt keinen Rückhalt, dafür dasjenige der SABA Birchstrasse. Für HMMM schliesslich ist bei beiden Absetzbecken eine geringe Wirksamkeit zu verzeichnen. Zusammengefasst ist die Wirkung von Absetzbecken für die genannten Stoffe bestenfalls gering.

Diese Ergebnisse stehen im Kontrast zum hohen Rückhalt von GUS, Kupfer und Zink in beiden Absetzbecken mit Werten zwischen 76 % und 99 % (Tabelle 7), was zeigt, dass es sich bei den vier gelösten organischen Mikroverunreinigungen um eine andere Stoffgruppe handelt. Während GUS partikulär und Kupfer und Zink mehrheitlich partikulär im Strassenabwasser vorhanden sind, liegen die untersuchten organischen MV eher in gelöster Form vor. Damit ist deren Rückhalt in einem Absetzbecken verfahrenstechnisch betrachtet nur begrenzt möglich.

Ob Rücklösungen aus dem abgesetzten Schlamm für die teilweise hohen Ablaufkonzentrationen und damit für die geringen und negativen Wirkungsgrade eine Bedeutung haben, ist denkbar.

SABA	Wirkungsgrad Absetzbecken [%]				Wirkungsgrad bew. Sandfilter [%]			
	6-PPD.Q	1,3-DiphG	HMMM	2-M.merBT	6-PPD-Q	1,3-DiphG	HMMM	2-M.merBT
SABA 7	32	-11	15	34	-	-	-	-
Grütwisen	-	-	-	-	80	77	(-127)*	66
Birchstrasse	-113	15	8	-46	92	65	51	83
Wüerital	-	-	-	-	94	86	5	88
Mittelwert					89	76	(28)**	83

Tabelle 9 Wirkungsgrade von Absetzbecken und bewachsenen Sandfiltern für die gelösten organische Mikroverunreinigungen der Gruppe 1. (*) Tiefe Zulaufkonzentrationen, (**) ohne Grütwisen.

Bewachsene Sandfilter

Im Vergleich zu den Absetzbecken sind die Wirkungsgrade der bewachsenen Sandfilter einheitlicher und deutlich höher, was auf die folgenden drei der vier Substanzen der Gruppe 1 zutrifft:

- 6-PPD-Chinon: 80 % bis 94 %, im Mittel 89 %
- 1,3-Diphenylguanidin: 65 % bis 86 %, im Mittel 76 %
- 2-Methylmercaptobenzothiazol: 66 % bis 88 %, im Mittel 83 %

Bei HMMM ist die Sachlage anders, indem die Wirkungsgrade der Sandfilter mit Werten zwischen 5 % und 51 % geringer sind als diejenigen der anderen Substanzen der Gruppe 1.

Der negative Wirkungsgrad des Sandfilters der SABA Grütwisen ist auf die tiefen Zulaufkonzentrationen zum Sandfilter (=Ablauf Absetzbecken) zurückzuführen. Diese sind im Vergleich zu denjenigen der anderen drei SABA auffallend tief, was bei vergleichbaren Ablaufkonzentrationen der bewachsenen Sandfilter zum beschriebenen negativen Wirkungsgrad führt. Die Gründe für die tiefen Ablaufkonzentrationen des Absetzbeckens der SABA Grütwisen wurden bereits bei der Interpretation der Standardparameter diskutiert.

Mit Schilf bewachsene Sandfilter können somit 6-PPD-Chinon, 1,3-Diphenylguanidin und 2-Methylmercaptobenzothiazol mit gemittelten Wirkungsgraden zwischen 76 % und 89 % massgeblich zurückhalten, was auch Messungen des GBL bestätigen [7]. Bei HMMM ist der Rückhalt bewachsener Sandfilter geringer (5 % und 51 %). Auch dies wird von Messungen des GBL mit Wirkungsgraden im Bereich von 20 % bestätigt.

4.4 Organische Mikroverunreinigungen gemäss Gruppe 2

Der Gruppe 2 sind Stoffe zugeordnet, welche nicht oder nur teilweise aus dem Strassenverkehr stammen und entsprechend selten oder gar nicht detektiert wurden. 2-Methyl-4-isothiazolin-3-on wurde nur in drei der vier Sammelproben im Zulauf der SABA 7 gemessen, und bei Benzimidazol lagen ebenfalls nur bei der SABA 7 Werte knapp oberhalb der Bestimmungsgrenze vor.

Bei 2-n-Octyl-4-isothiazolin-3-on lagen alle Messwerte unterhalb der Bestimmungsgrenze von 10 ng/l und bei den folgenden drei Stoffen konnte nur zwischen einem Befund und keinem Befund in den Sammelproben unterschieden werden.

- Benzothiazol 11 Kein Befund, 25 mit Befund
- 2-Mercaptobenzothiazol 18 Kein Befund, 18 mit Befund
- 1,2-Benzisothiazol-3(2H)-on 28 Kein Befund, 8 mit Befund

4.5 PFAS

Im Zu- und Ablauf des bewachsenen Sandfilters der SABA Grütwisen und der SABA Wüerital wurden zwischen Oktober und Dezember 2024 je zwei Sammelproben genommen. Bei typischen GUS-, Kupfer- und Zinkkonzentrationen wurden im Zulauf zum Sandfilter der SABA Grütwisen in beiden Sammelproben fünf Perfluorcarbonsäuren der Kettenlängen C₄ bis C₈ in Konzentrationen knapp über der Bestimmungsgrenze von 1 ng/l gefunden.

Die entsprechenden Ablaufkonzentrationen sind um 33 % bis 75% tiefer. Im Zulauf zum Sandfilter der SABA Wüerital wurde nur PFBA in beiden Proben mit 2 ng/l gemessen, bei Ablaufkonzentrationen von 1 ng/l (Tabelle 10).

Die Wirkungsgrade der beiden bewachsenen Sandfilter für die genannten PFAS liegen somit zwischen 33 % und 75 %. Da die Ablaufkonzentrationen der genannten Verbindungen systematisch tiefer sind als die Zulaufkonzentrationen, ist der Rückhalt aussagekräftig.

Die tiefen Zulaufkonzentrationen zu den bewachsenen Sandfiltern lassen darauf schliessen, dass die Zulaufkonzentrationen zu den beiden SABA gering sind oder das bereits in den Absetzbecken teilweise ein Rückhalt stattfindet.

Für präzisere Aussagen sind weitere Messungen notwendig, auch da sich die Zu- und Ablaufkonzentrationen teilweise nahe der Bestimmungsgrenzen befinden. Zudem sollte das Analysespektrum erweitert werden, damit beispielsweise auch TFA (Trifluoressigsäure) gemessen wird.

Standardindikatoren / PFAS	SABA Grütwisen Zulauf / Ablauf		SABA Wüerital Zulauf / Ablauf	
	15.10.24	27.11.24	20.10.24	3.12.24
GUS [mg/l]	< 10 / < 10	11 / < 10	377 / < 10	204 / < 10
Kupfer _(tot) [µg/l]	< 2 / 3	3 / 5	183 / 7	99 / 6
Zink _(tot) [µg/l]	< 10 / 10	20 / 30	700 / < 10	370 / < 10
PFBA [ng/l]	7 / 3	7 / 3	2 / 1	2 / 1
PFPeA [ng/l]	4 / 1	3 / 2	<1	1 / <1
PFHxA [ng/l]	6 / 3	7 / 3	<1	<1
PFHpA [ng/l]	2 / <1	2 / <1	<1	<1
PFOA [ng/l]	3 / 1	3 / 2	<1	<1

Tabelle 10 GUS, Kupfer- und Zinkkonzentrationen sowie PFAS-Konzentrationen im Zulauf / Ablaufkonzentrationen der beiden bewachsenen Sandfilter. (tot) = totaler Gehalt.

5 Interpretation der Ergebnisse

5.1 Beurteilung der Messergebnisse

Zur Abschätzung der Vergleichbarkeit der Messungen mit bisherigen einjährigen Leistungsprüfungen wurden in allen Sammelproben die Standardparameter GUS, Kupfer und Zink im Zulauf der SABA, im Ablauf der Absetzbecken und im Ablauf der bewachsenen Sandfilter gemessen. Die Ergebnisse entsprechen bisherigen einjährigen Messungen an typengleichen SABA. Zudem sind die Konzentrationen der gelösten organischen Mikroverunreinigungen vergleichbar mit den Ergebnissen des Gewässer- und Bodenschutzlabors des Kanton Bern.

Die Ergebnisse dieser Studie sind somit zur Beantwortung der Fragestellungen aussagekräftig. Sie können beispielsweise für darauf aufbauende Betrachtungen, wie ökotoxikologische Beurteilungen oder Vergleiche mit Ablaufwerten von kommunalen Abwasserbehandlungsanlagen verwendet werden.

5.1 Vorkommen gelöster organischer MV im Strassenabwasser

Die aus dem Strassenverkehr stammenden vier gelösten organischen MV der Gruppe 1 wurden in jeder Sammelprobe mit den für Strassenabwasser typischen Konzentrationsschwankungen gemessen. Diese Stoffe eignen sich als Indikatoren zur Abschätzung der Belastung des Strassenabwassers mit gelösten organischen MV.

Die anderen sechs Stoffe der Gruppe 2 werden entweder nur in sehr geringen Mengen vom Strassenverkehr freigesetzt oder gelangen über andere Wege, wie die atmosphärische Deposition, in das Strassenabwasser. Entsprechend gering oder nicht messbar sind deren Konzentrationen. Sie eignen sich nicht zur Beurteilung der Belastung von Strassenabwasser mit gelösten organischen Mikroverunreinigungen.

5.2 Vergleich mit Literaturwerten

Die in dieser Studie gemessenen HMMM-Konzentrationen sind mit Literaturwerten vergleichbar [3]. Der Literaturwert [4] für 6-PPD-Chinon ist jedoch um Faktor 24 höher. Dieses Ergebnis ist überraschend, da beide in dieser Studie untersuchten Strassenabwässer auch im Vergleich zu internationalen Werten hoch belastet sind.

Offenbar ist die Übertragbarkeit der Ergebnisse zwischen Ländern nicht unbedingt möglich. Für die Unterschiede bei 6-PPD-Chinon kann die Verwendung unterschiedlicher Reifen eine Erklärung sein. Dies ist deshalb der Fall, da die chemische Zusammensetzung der Reifen unterschiedlich ist, was auch auf 6-PPD-Chinon, welches als Additiv benutzt wird, zutrifft.

5.3 Rückhalt organischer Mikroverunreinigungen

Anders als partikulär oder mehrheitlich partikulär gebundene Schadstoffe wie GUS, Kupfer und Zink werden die massgeblichen gelösten organischen Mikroverunreinigungen in Absetzbecken wenig bis gar nicht zurückgehalten. Dies ist verfahrenstechnisch betrachtet plausibel, denn wenn gelöste Stoffe nicht an Partikel adsorbieren und absetzen, ist die Sedimentation wirkungslos. Einzig eine Dämpfung der Konzentrationen oder Verdünnung mit dem in Absetzbecken vorhandenen Strassenabwasser findet statt. Rücklösungen sind allenfalls im Absetzbecken der SABA Birchstrasse erkennbar, aber nicht schlüssig.

Ein Entfernungsmechanismus in Absetzbecken kann (biologischer) Abbau sein, wie er bei 1.3-Diphenylguanidin im Rahmen von Vorversuchen des GBL beobachtet wurde. Allerdings zeigt sich dieser Effekt bei den vorliegenden Ergebnissen nicht oder wird durch andere Effekte überlagert.

Der mit Ausnahme von HMMM hohe Rückhalt in bewachsenen Sandfiltern ist auf zahlreiche Prozesse beim Durchlaufen der Deckschicht des Sandfilters sowie im Sandfilter selbst zurückzuführen. Insbesondere die Deckschicht, welche durch den Abbau von Schilf biologisch aktiv ist und eine ausgeprägte Adsorptionsfähigkeit aufweist (Sekundärfiltration), trägt dazu bei. Dabei ist das Alter dieser Schicht weniger massgebend. Der verhältnismässig geringe Rückhalt von HMMM ist auf dessen hohe Mobilität verbunden mit geringer Reaktivität zurückzuführen.

5.4 PFAS

Die Ergebnisse zeigen, dass zumindest einzelne PFAS-Verbindungen im Zulauf zum bewachsenen Sandfilter vorkommen, allerdings teilweise in Konzentrationen knapp über der Bestimmungsgrenze. Diese PFAS-Verbindungen werden vom bewachsenen Sandfilter zwischen 33 % und 75 % zurückgehalten.

Ob die Zulaufkonzentrationen von PFAS zur SABA generell sehr tief sind oder ob ein Teil der Verbindungen bereits im Absetzbecken zurückgehalten wird, ist mit weiteren Messungen zu untersuchen. Ebenso können solche Messungen die Ablaufkonzentrationen von Absetzbecken und von bewachsenen Sandfiltern sowie die Wirkungsgrade präzisieren.

6 Folgerungen und Empfehlungen

Folgende vier der zehn im Strassenabwasser von Nationalstrassen untersuchten gelösten organischen Mikroverunreinigungen waren in allen Sammelpunkten jeder SABA messbar vorhanden. Sie sind deshalb Indikatoren für gelöste organische Mikroverunreinigungen im Strassenabwasser:

- 6-PPD-Chinon, 1,3-Diphenylguanidin, Hexamethoxymethylmelamin (HMMM), 2-Methylmercaptobenzothiazol.

Sechs der analysierten Substanzen wurden nur bei einer SABA teilweise gemessen oder lagen unterhalb der Bestimmungsgrenze vor. Sie stammen nicht oder nur teilweise aus dem Strassenverkehr:

- 2-Methyl-4-isothiazolin-3-on, Benzimidazol, 2-n-Octyl-4-isothiazolin-3-on, Benzothiazol, 2-Mercaptobenzothiazol und 1,2-Benzisothiazol-3(2H)-on.

Die vier Indikatorstoffe werden in **Absetzbecken** begrenzt (15 % - 34 %) oder gar nicht zurückgehalten. Rücklösungen aus dem abgesetzten Schlamm, der zu einem wesentlichen Anteil aus Reifenabrieb besteht, konnten nicht schlüssig nachgewiesen werden, sind aber möglich. Absetzbecken sind insgesamt betrachtet nicht geeignet, um gelöste organische Mikroverunreinigungen aus dem Strassenabwasser zu entfernen.

Im Gegensatz zu Absetzbecken vermögen **bewachsene Sandfilter** drei der vier Indikatorstoffe mit Wirkungsgraden zwischen 83 % und 89 % zurückzuhalten. Eine Ausnahme ist HMMM mit einem Wirkungsgrad zwischen 5 % und 51 %. Bewachsene Sandfilter sind somit geeignet, die untersuchten Stoffe mehrheitlich mit hoher Wirkung zurückzuhalten. Infolge des breiten untersuchten Stoffspektrums ist dies auch für weitere gelöste organische Mikroverunreinigungen zu vermuten.

Die zur Beurteilung der Schadstoffentfernung von SABA verwendeten **Standardparameter** GUS, Kupfer und Zink können auch zur Beurteilung bewachsener Sandfilter für die massgeblichen untersuchten gelösten organischen Mikroverunreinigungen verwendet werden, mit Ausnahme von HMMM. Zur Beurteilung des Rückhalts **gelöster organischer Mikroverunreinigungen** in Absetzbecken oder anderen Behandlungsverfahren sind die Standardparameter jedoch nicht geeignet.

Der geringe Rückhalt gelöster organischer Mikroverunreinigungen in Absetzbecken zeigt, dass die Sanierung der Strassenentwässerung möglichst mit bewachsenen Sandfiltern weiter umzusetzen ist. Die in einer früheren Studie [8] aufgrund des Eintrags von Reifenabrieb identifizierten Belastungsschwerpunkte der Fliessgewässer in der Schweiz bleiben prinzipiell bestehen.

Von den 35 untersuchten **PFAS** wurden im Zulauf zu zwei bewachsenen Sandfiltern zwei und fünf Perfluorcarbonsäuren über der Bestimmungsgrenze gemessen, welche zwischen 33 % und 75 % zurückgehalten wurden. Dies deutet darauf hin, dass die Zulaufkonzentrationen dieser Verbindungen zu SABA tief sind oder dass die Verbindungen teilweise in Absetzbecken zurückgehalten werden. Künftige Messungen können die Sachlage klären und präzisieren.

Empfehlungen

Eine ökotoxikologische Bewertung der Ergebnisse ist aufgrund ungenügender toxikologischer Daten derzeit nicht möglich. Es wird daher empfohlen, zunächst Umweltqualitätskriterien zu erarbeiten und anschliessend eine ökotoxikologische Beurteilung der Einträge der relevanten gelösten organischen Mikroverunreinigungen mit und ohne Behandlung in SABA vorzunehmen.

Ebenso sollte eine Beurteilung der Grundwassergefährdung bei der Versickerung von behandeltem Strassenabwasser gemacht werden. Dies gilt insbesondere für dezentrale Schachtsysteme wie sie vor allem im Siedlungsgebiet zur Strassenabwasserbehandlung in Betracht gezogen werden.

7 Literatur

- [1] Strassenabwasserbehandlungsverfahren - Stand der Technik. 2022. Dokumentation BAFU und ASTRA 88002, Version 2.0.
- [2] Strassenabwasserbehandlung an Nationalstrassen. 2023. Richtlinie ASTRA 18005 v1.31.
- [3] MICROPROOF - Micropollutants in Road RunOff, Final Report: Sources, fate and treatment of microplastics and organic micropollutants from road transport (2019). Dröge, R. und weitere Autoren. CEDR Call 2016
- [4] A ubiquitous tire rubber–derived chemical induces acute mortality in coho salmon (2021) Zhenyu, T. und weitere Autoren. Science, 371, 185-189, 8 January 2021
- [5] Gelöste organische Mikroverunreinigungen im Strassenabwasser. 2022. Bericht im Auftrag des BAFU, wst21 und Eawag, 6. Mai 2022, v2.0.
- [6] Reifenabrieb als grösste Quelle von Mikroplastik – Massnahmen zur Verminderung (2022). Grundlagenbericht zur Beantwortung des Postulats Po 19.3559. Empa und wst21.
- [7] Rückhalt organischer Mikroverunreinigungen in SABA. Bericht in Vorbereitung. Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern.
- [8] Priorisierung von Massnahmen zur Reduktion des Eintrags von Reifenabrieb in Oberflächen gewässer (2023). Studie im Auftrag des BAFU. wst21 und weitere Autoren, V1.2.
- [9] Entsorgung fester Schadstoffe aus der Strassenentwässerung. 2024. Dokumentation ASTRA 88018, Berner Fachhochschule, V1.0.
- [10] Funktionsprüfung SABA ANU Los 4 – SABA Grütswisen (2021) Bericht wst21, 13.März 2021, v1.1.
- [11] Funktionsprüfung SABA A1, 6-Spur Ausbau Härkingen- Wiggertal. SABA 7 und SABA 9 (2021) Bericht wst21, 3.September 2021, v1.5.
- [12] Funktionsprüfung SABA ANU Los 4 – SABA Birchstrasse (2021) Bericht wst21, 7. Januar 2021, v1.0.
- [13] Funktionsprüfung SABA F4 – SABA Wüerital (2022). Bericht, wst21, 9. September 2022, v1.2.

Glossar

ASB	Absetzbecken
DTV	Durchschnittlicher täglicher Verkehr
eawag	Wasserforschungszentrum des ETH-Bereichs
GBL	Gewässer- und Bodenschutzlabors des Kantons Bern
GUS	gesamte ungelöste Stoffe: Partikel mit einem Durchmesser über 0.45 µm
HLS	Hochleistungsstrassen: Autobahnen und Autostrassen
IBN	Inbetriebnahme
MV	Organische Mikroverunreinigungen
PAK	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
PFAS	Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen
PN	Probenahme
RFB	Retentionsfilterbecken: In dieser Studie mit Schilf bewachsener Sandfilter
SABA	Strassenabwasser-Behandlungsanlage

Anhang

Analysen Bachema

Objekt: 276_MV_SABA 7, Olten
Auftraggeber: Firma WST21 Michele Steiner
Auftrags-Nr. Bachema: 202407879

					Referenzwert	
Probenbezeichnung	Zulauf SABA7	Ablauf SABA7	Zulauf SABA7	Ablauf SABA7		
Proben-Nr. Bachema	33497	33498	33499	33500		
Tag der Probenahme	18.03.24	18.03.24	08.04.24	08.04.24		
Physikalisch-chemische Parameter						
Gesamte ungelöste Stoffe	mg/L	630	55	620	<10	
Elemente und Schwermetalle						
Kupfer (gesamt) ICP	mg/L Cu	0.230	0.068	0.152	0.013	
Zink (gesamt) ICP	mg/L Zn	1.15	0.29	0.82	0.05	

					Referenzwert	
Probenbezeichnung	Zulauf SABA7	Ablauf SABA7				
Proben-Nr. Bachema	33501	33502				
Tag der Probenahme	08.05.24	08.05.24				
Physikalisch-chemische Parameter						
Gesamte ungelöste Stoffe	mg/L	150	<10			
Elemente und Schwermetalle						
Kupfer (gesamt) ICP	mg/L Cu	0.082	0.023			
Zink (gesamt) ICP	mg/L Zn	0.36	0.09			

Objekt: 276_MV, Olten / Zürich / Birmensdorf
Auftraggeber: Firma WST21 Michele Steiner
Auftrags-Nr. Bachema: 202415028

					Referenzwert	
Probenbezeichnung	Zulauf Birch	Zulauf Birch	Zulauf Birch	Zulauf Birch		
Proben-Nr. Bachema	66607	66610	66614	66617		
Tag der Probenahme	12.06.24	24.06.24	12.09.24	01.10.24		
Physikalisch-chemische Parameter						
Gesamte ungelöste Stoffe	mg/L	690	1'400	17	400	
Elemente und Schwermetalle						
Kupfer (gesamt) ICP	mg/L Cu	0.044	0.054	0.030	0.114	
Zink (gesamt) ICP	mg/L Zn	0.17	0.21	0.11	0.43	

					Referenzwert	
Probenbezeichnung	Zulauf RFB Grütw	Zulauf RFB Grütw	Zulauf RFB Wueri	Zulauf RFB Wueri		
Proben-Nr. Bachema	66624	66626	66620	66622		
Tag der Probenahme	12.09.24	01.10.24	01.10.24	09.10.24		
Physikalisch-chemische Parameter						
Gesamte ungelöste Stoffe	mg/L	<10	<10	890	1'500	
Elemente und Schwermetalle						
Kupfer (gesamt) ICP	mg/L Cu	<0.002	0.003	0.210	0.418	
Zink (gesamt) ICP	mg/L Zn	<0.01	0.01	0.75	1.55	

					Referenzwert	
Probenbezeichnung	Zulauf SABA7					
Proben-Nr. Bachema	66605					
Tag der Probenahme	02.07.24					
Physikalisch-chemische Parameter						
Gesamte ungelöste Stoffe	mg/L	4'600				
Elemente und Schwermetalle						
Kupfer (gesamt) ICP	mg/L Cu	0.042				
Zink (gesamt) ICP	mg/L Zn	0.26				

Objekt: 276_MV, Olten / Zürich / Birmensdorf
Auftraggeber: Firma WST21 Michele Steiner
Auftrags-Nr. Bachema: 202415028

Probenbezeichnung		Referenzwert			
Ablauf SABA7					
Proben-Nr. Bachema Tag der Probenahme		66606 02.07.24			
Physikalisch-chemische Parameter					
Gesamte ungelöste Stoffe		mg/L	<10		
Elemente und Schwermetalle					
Kupfer (gesamt) ICP		mg/L Cu	0.013		
Zink (gesamt) ICP		mg/L Zn	0.05		

Objekt: 276_MV, Olten / Zürich / Birmensdorf
Auftraggeber: Firma WST21 Michele Steiner
Auftrags-Nr. Bachema: 202415028

Probenbezeichnung					Referenzwert	
Ablauf Absetz Birch						
Proben-Nr. Bachema Tag der Probenahme					66608 12.06.24	66612 24.06.24
Ablauf Absetz Birch					66615 12.09.24	66618 01.10.24
Physikalisch-chemische Parameter						
Gesamte ungelöste Stoffe		mg/L	<10	<10	<10	21
Elemente und Schwermetalle						
Kupfer (gesamt) ICP		mg/L Cu	0.007	0.007	0.011	0.028
Zink (gesamt) ICP		mg/L Zn	0.03	0.03	0.04	0.10

Probenbezeichnung					Referenzwert	
Ablauf RFB Birch						
Proben-Nr. Bachema Tag der Probenahme					66609 12.06.24	66613 24.06.24
Ablauf RFB Birch					66616 12.09.24	66619 01.10.24
Physikalisch-chemische Parameter						
Gesamte ungelöste Stoffe		mg/L	<10	<10	18	<10
Elemente und Schwermetalle						
Kupfer (gesamt) ICP		mg/L Cu	0.004	0.005	0.009	0.002
Zink (gesamt) ICP		mg/L Zn	<0.01	0.02	<0.01	<0.01

Probenbezeichnung					Referenzwert	
Ablauf RFB Grützw						
Proben-Nr. Bachema Tag der Probenahme					66625 12.09.24	66627 01.10.24
Ablauf RFB Wueri					66621 01.10.24	66623 09.10.24
Physikalisch-chemische Parameter						
Gesamte ungelöste Stoffe		mg/L	<10	<10	<10	<10
Elemente und Schwermetalle						
Kupfer (gesamt) ICP		mg/L Cu	<0.002	0.002	0.008	0.006
Zink (gesamt) ICP		mg/L Zn	<0.01	<0.01	0.01	<0.01

Objekt: 276_MV, Zürich / Birmensdorf
Auftraggeber: Firma WST21 Michele Steiner
Auftrags-Nr. Bachema: 202415623

Probenbezeichnung					Referenzwert	
Zulauf RFB Grützw						
Proben-Nr. Bachema Tag der Probenahme					69302 15.10.24	69304 27.11.24
Zulauf RFB Wueri					69306 20.10.24	69308 03.12.24
Physikalisch-chemische Parameter						
Gesamte ungelöste Stoffe		mg/L	<10	11	377	204
Elemente und Schwermetalle						
Kupfer (gesamt) ICP		mg/L Cu	<0.002	0.003	0.183	0.099
Zink (gesamt) ICP		mg/L Zn	<0.02	<0.02	0.70	0.37

Objekt: 276_MV, Zürich / Birmensdorf
Auftraggeber: Firma WST21 Michele Steiner
Auftrags-Nr. Bachema: 202415623

Probenbezeichnung		Referenzwert					
		Ablauf RFB Grütw	Ablauf RFB Gütw	Ablauf RFB Wueri	Ablauf RFB Wueri		
Proben-Nr. Bachema		69303	69305	69307	69309		
Tag der Probenahme		15.10.24	27.11.24	20.10.24	03.12.24		
Physikalisch-chemische Parameter							
Gesamte ungelöste Stoffe	mg/L	<10	<10	<10	<10		
Elemente und Schwermetalle							
Kupfer (gesamt) ICP	mg/L Cu	0.003	0.005	0.007	0.006		
Zink (gesamt) ICP	mg/L Zn	<0.02	0.03	<0.02	<0.02		

Analyse GBL

Untersuchungsbericht Auftrag Nr. 24/0080

Ihr Auftrag vom 15.02.2024

Probennummer	Bezeichnung	Probenahme	Spezifikation
24/0080-01	Oltten Zulauf_MV1	18.03.2024	Strassenabwasser
24/0080-02	Oltten Ablauf_MV1	18.03.2024	Strassenabwasser
24/0080-03	Oltten Blindprobe Zulauf (Evian)_MV1	18.03.2024	Strassenabwasser
24/0080-04	Oltten Blindprobe Ablauf (Evian)_MV1	18.03.2024	Strassenabwasser
24/0080-18	Oltten Zulauf_MV2 (-05)	26.06.2024	Strassenabwasser
24/0080-19	Oltten Ablauf_MV2 (-06)	26.06.2024	Strassenabwasser
24/0080-20	Oltten Zulauf_MV3 (-07)	26.06.2024	Strassenabwasser
24/0080-21	Oltten Ablauf_MV3 (-08)	26.06.2024	Strassenabwasser
24/0080-22	Oltten Zulauf_MV4	26.06.2024	Strassenabwasser
24/0080-23	Oltten Ablauf_MV4	26.06.2024	Strassenabwasser

Kanton Bern
Canton de Berne

Auftrag Nr.: 24/0080

Analysenresultate

Material: Abwasser

Probennummer		24/0080-01	24/0080-02	24/0080-03	24/0080-04	24/0080-18
Strassenabwassertracer						
6PPD-quinon	µg/l	0.47	0.51	<0.01	<0.01	0.41
1,3-Diphenylguanidin	µg/l	NB	0.59	<0.02	<0.02	1.1
Hexa(methoxymethyl)melamin	µg/l	3.2	3.6	<0.01	<0.01	7.1
2-Methyl-4-isothiazolin-3-on	µg/l	<0.05	0.19	<0.05	<0.05	1.1
2-n-Octyl-4-isothiazolin-3-on	µg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Benzimidazol	µg/l	0.013	0.019	<0.01	<0.01	0.018
2-Methylmercaptobenzothiazol	µg/l	NB	0.21	<0.02	<0.02	0.30
Benzothiazol	µg/l	Befund	Befund	Kein Befund	Kein Befund	Befund
2-Mercaptobenzothiazol	µg/l	Befund	Befund	Kein Befund	Kein Befund	Befund
1,2-Benzisothiazol-3(2H)-on	µg/l	Kein Befund	Befund	Kein Befund	Kein Befund	Befund

Probennummer		24/0080-19	24/0080-20	24/0080-21	24/0080-22	24/0080-23
Strassenabwassertracer						
6PPD-quinon	µg/l	0.051	0.61	0.22	0.30	0.31
1,3-Diphenylguanidin	µg/l	0.25	1.0	4.9	2.7	1.6
Hexa(methoxymethyl)melamin	µg/l	3.0	9.4	2.9	5.5	8.1
2-Methyl-4-isothiazolin-3-on	µg/l	<0.05	6.4	0.53	0.44	0.93
2-n-Octyl-4-isothiazolin-3-on	µg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Benzimidazol	µg/l	0.017	0.019	0.025	0.026	0.027
2-Methylmercaptobenzothiazol	µg/l	0.038	0.30	0.59	0.79	0.46
Benzothiazol	µg/l	Kein Befund	Befund	Befund	Befund	Befund
2-Mercaptobenzothiazol	µg/l	Kein Befund	Befund	Kein Befund	Befund	Befund
1,2-Benzisothiazol-3(2H)-on	µg/l	Kein Befund	Befund	Befund	Befund	Befund

Untersuchungsbericht Auftrag Nr. 24/0187

Ihr Auftrag vom 25.03.2024

Probennummer	Bezeichnung	Probenahme	Spezifikation
24/0187-01	Grütwisen Zulauf RFB	25.03.2024	Strassenabwasser
24/0187-02	Grütwisen Ablauf RFB	25.03.2024	Strassenabwasser
24/0187-03	Grütwisen BP Valais Zulauf RFB	25.03.2024	Strassenabwasser
24/0187-04	Grütwisen BP Valais Ablauf RFB	25.03.2024	Strassenabwasser
24/0187-05	Grütwisen Zulauf RFB	25.03.2024	Strassenabwasser
24/0187-06	Grütwisen Ablauf RFB	25.03.2024	Strassenabwasser
24/0187-07	Grütwisen Zulauf RFB	15.10.2024	Strassenabwasser
24/0187-08	Grütwisen Ablauf RFB	15.10.2024	Strassenabwasser
24/0187-09	Grütwisen Zulauf RFB	27.11.2024	Strassenabwasser
24/0187-10	Grütwisen Ablauf RFB	27.11.2024	Strassenabwasser

Kanton Bern
Canton de Berne

Auftrag Nr.: 24/0187

Analysenresultate

Material: Abwasser

Probennummer		24/0187-01	24/0187-02	24/0187-03	24/0187-04	24/0187-05
Strassenabwassertracer						
6PPD-quinon	µg/l	0.026	<0.02	0.30	0.20	0.19
1,3-Diphenylguanidin	µg/l	0.13	0.049	0.049	<0.02	0.79
Hexa(methoxymethyl)melamin	µg/l	0.087	1.2	0.03	<0.01	2.3
2-Methyl-4-isothiazolin-3-on	µg/l	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
2-n-Octyl-4-isothiazolin-3-on	µg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Benzimidazol	µg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
2-Methylmercaptobenzothiazol	µg/l	0.034	<0.02	<0.02	<0.02	0.085
Benzothiazol	µg/l	Befund	Kein Befund	Kein Befund	Kein Befund	Befund
2-Mercaptobenzothiazol	µg/l	Kein Befund	Kein Befund	Kein Befund	Kein Befund	Befund
1,2-Benzisothiazol-3(2H)-on	µg/l	Kein Befund	Kein Befund	Kein Befund	Kein Befund	Kein Befund

Probennummer		24/0187-06	24/0187-07	24/0187-08	24/0187-09	24/0187-10
Strassenabwassertracer						
6PPD-quinon	µg/l	<0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
1,3-Diphenylguanidin	µg/l	0.14	0.093	0.049	0.092	0.043
Hexa(methoxymethyl)melamin	µg/l	3.6	0.063	0.90	0.059	0.86
2-Methyl-4-isothiazolin-3-on	µg/l	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
2-n-Octyl-4-isothiazolin-3-on	µg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Benzimidazol	µg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
2-Methylmercaptobenzothiazol	µg/l	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Benzothiazol	µg/l	Befund	Kein Befund	Kein Befund	Kein Befund	Kein Befund
2-Mercaptobenzothiazol	µg/l	Befund	Kein Befund	Kein Befund	Kein Befund	Kein Befund
1,2-Benzisothiazol-3(2H)-on	µg/l	Befund	Kein Befund	Kein Befund	Kein Befund	Kein Befund

Untersuchungsbericht Auftrag Nr. 24/0188
Ihr Auftrag vom 25.03.2024

Probennummer	Bezeichnung	Probenahme	Spezifikation
24/0188-01	MV1 Birchstrasse Ablauf RFB	26.06.2024	Strassenabwasser
24/0188-02	MV1 Birchstrasse BP Evian Zulauf	26.06.2024	Strassenabwasser
24/0188-03	MV1 Birchstrasse BP Evian Ablauf Absetz	26.06.2024	Strassenabwasser
24/0188-04	MV1 Birchstrasse BP Evian Ablauf RFB	26.06.2024	Strassenabwasser
24/0188-05	MV2 Birchstrasse Zulauf	26.06.2024	Strassenabwasser
24/0188-06	MV2 Birchstrasse Ablauf Absetz	26.06.2024	Strassenabwasser
24/0188-07	MV2 Birchstrasse Ablauf RFB	26.06.2024	Strassenabwasser
24/0188-08	MV1 Birchstrasse Zulauf	26.06.2024	Strassenabwasser
24/0188-09	MV1 Birchstrasse Ablauf Absetz	26.06.2024	Strassenabwasser
24/0188-15	Birchstrasse Zulauf	26.06.2024	Strassenabwasser
24/0188-16	Birchstrasse Ablauf Absetz	26.06.2024	Strassenabwasser
24/0188-17	Birchstrasse Ablauf RFB	26.06.2024	Strassenabwasser
24/0188-18	Birchstrasse Zulauf	26.06.2024	Strassenabwasser
24/0188-19	Birchstrasse Ablauf Absetz	26.06.2024	Strassenabwasser
24/0188-20	Birchstrasse Ablauf RFB	26.06.2024	Strassenabwasser

Kanton Bern
Canton de Berne

Auftrag Nr.: 24/0188

Analysenresultate

Material: Abwasser

Probennummer		24/0188-01	24/0188-02	24/0188-03	24/0188-04	24/0188-05
Strassenabwassertracer						
6PPD-quinon	µg/l	0.012	<0.01	<0.01	<0.01	0.012
1,3-Diphenylguanidin	µg/l	0.12	0.024	0.04	0.044	0.03
Hexa(methoxymethyl)melamin	µg/l	1.7	<0.01	0.015	<0.01	0.049
2-Methyl-4-isothiazolin-3-on	µg/l	<0.05	0.38	0.25	0.34	<0.05
2-n-Octyl-4-isothiazolin-3-on	µg/l	<0.01	0.014	0.017	0.016	<0.01
Benzimidazol	µg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
2-Methylmercaptobenzothiazol	µg/l	0.032	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Benzothiazol	µg/l	Befund	Befund	Befund	Befund	Kein Befund
2-Mercaptobenzothiazol	µg/l	Kein Befund	Kein Befund	Kein Befund	Kein Befund	Kein Befund
1,2-Benzisothiazol-3(2H)-on	µg/l	Kein Befund	Befund	Kein Befund	Befund	Kein Befund

Probennummer		24/0188-06	24/0188-07	24/0188-08	24/0188-09	24/0188-15
Strassenabwassertracer						
6PPD-quinon	µg/l	0.34	0.083	0.015	0.14	0.62
1,3-Diphenylguanidin	µg/l	0.19	0.15	0.032	0.12	0.96
Hexa(methoxymethyl)melamin	µg/l	3.2	2.2	0.082	0.71	16
2-Methyl-4-isothiazolin-3-on	µg/l	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
2-n-Octyl-4-isothiazolin-3-on	µg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Benzimidazol	µg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.017
2-Methylmercaptobenzothiazol	µg/l	0.21	0.14	<0.02	0.099	0.68
Benzothiazol	µg/l	Befund	Befund	Befund	Befund	Befund
2-Mercaptobenzothiazol	µg/l	Befund	Kein Befund	Kein Befund	Kein Befund	Befund
1,2-Benzisothiazol-3(2H)-on	µg/l	Kein Befund	Kein Befund	Kein Befund	Kein Befund	Kein Befund

Probennummer		24/0188-16	24/0188-17	24/0188-18	24/0188-19	24/0188-20
Strassenabwassertracer						
6PPD-quinon	µg/l	0.48	0.031	0.071	0.61	<0.02
1,3-Diphenylguanidin	µg/l	0.19	0.04	0.093	0.47	0.059
Hexa(methoxymethyl)melamin	µg/l	6.0	2.3	0.24	5.2	2.1
2-Methyl-4-isothiazolin-3-on	µg/l	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
2-n-Octyl-4-isothiazolin-3-on	µg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Benzimidazol	µg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
2-Methylmercaptobenzothiazol	µg/l	0.24	0.023	0.034	0.54	<0.02
Benzothiazol	µg/l	Kein Befund	Kein Befund	Befund	Befund	Befund
2-Mercaptobenzothiazol	µg/l	Befund	Kein Befund	Kein Befund	Befund	Befund
1,2-Benzisothiazol-3(2H)-on	µg/l	Kein Befund	Kein Befund	Kein Befund	Kein Befund	Befund

Untersuchungsbericht Auftrag Nr. 24/0455

Ihr Auftrag vom 27.06.2024

Probennummer	Bezeichnung	Probenahme	Spezifikation
24/0455-01	Wuerital Zulauf RFB	27.06.2024	Strassenabwasser
24/0455-02	Wuerital Ablauf RFB	27.06.2024	Strassenabwasser
24/0455-03	Wuerital BP Valais Zulauf RFB	27.06.2024	Strassenabwasser
24/0455-04	Wuerital BP Valais Ablauf RFB	27.06.2024	Strassenabwasser
24/0455-05	Wuerital Zulauf RFB	27.06.2024	Strassenabwasser
24/0455-06	Wuerital Ablauf RFB	27.06.2024	Strassenabwasser
24/0455-07	Wuerital Zulauf RFB	27.06.2024	Strassenabwasser
24/0455-08	Wuerital Ablauf RFB	27.06.2024	Strassenabwasser
24/0455-09	Wuerital Zulauf RFB	27.06.2024	Strassenabwasser
24/0455-10	Wuerital Ablauf RFB	27.06.2024	Strassenabwasser

Kanton Bern
Canton de Berne

Auftrag Nr.: 24/0455

Analysenresultate

Material: Abwasser

Probennummer		24/0455-01	24/0455-02	24/0455-03	24/0455-04	24/0455-05
Strassenabwassertracer						
6PPD-quinon	µg/l	0.12	<0.02	0.20	0.26	0.32
1,3-Diphenylguanidin	µg/l	0.11	0.085	0.064	0.052	0.61
Hexa(methoxymethyl)melamin	µg/l	0.049	1.3	0.023	0.027	4.3
2-Methyl-4-isothiazolin-3-on	µg/l	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
2-n-Octyl-4-isothiazolin-3-on	µg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Benzimidazol	µg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
2-Methylmercaptobenzothiazol	µg/l	0.12	<0.02	<0.02	<0.02	0.21
Benzothiazol	µg/l	Befund	Kein Befund	Kein Befund	Kein Befund	Befund
2-Mercaptobenzothiazol	µg/l	Kein Befund	Kein Befund	Kein Befund	Kein Befund	Befund
1,2-Benzisothiazol-3(2H)-on	µg/l	Kein Befund	Kein Befund	Kein Befund	Kein Befund	Kein Befund

Probennummer		24/0455-06	24/0455-07	24/0455-08	24/0455-09	24/0455-10
Strassenabwassertracer						
6PPD-quinon	µg/l	<0.02	0.36	<0.01	0.37	<0.01
1,3-Diphenylguanidin	µg/l	0.19	6.0	0.74	7.3	0.71
Hexa(methoxymethyl)melamin	µg/l	2.4	1.8	2.4	1.7	2.4
2-Methyl-4-isothiazolin-3-on	µg/l	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
2-n-Octyl-4-isothiazolin-3-on	µg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Benzimidazol	µg/l	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	<0.01
2-Methylmercaptobenzothiazol	µg/l	<0.02	0.21	0.035	0.15	0.032
Benzothiazol	µg/l	Kein Befund	Befund	Befund	Befund	Befund
2-Mercaptobenzothiazol	µg/l	Kein Befund	Befund	Befund	Befund	Befund
1,2-Benzisothiazol-3(2H)-on	µg/l	Kein Befund	Kein Befund	Kein Befund	Kein Befund	Kein Befund

PFAS – Analysen

Objekt: 276_MV, Zürich / Birmensdorf
Auftraggeber: Firma WST21 Michele Steiner
Auftrags-Nr. Bachema: 202415623

Probenbezeichnung		Zulauf RFB	Zulauf RFB	Zulauf RFB	Zulauf RFB	Referenzwert	
		Grütw	Grütw	Wueri	Wueri		
Proben-Nr. Bachema		69302	69304	69306	69308		
Tag der Probenahme		15.10.24	27.11.24	20.10.24	03.12.24		
Physikalisch-chemische Parameter							
Gesamte ungelöste Stoffe	mg/L	<10	11	377	204		
Elemente und Schwermetalle							
Kupfer (gesamt) ICP	mg/L Cu	<0.002	0.003	0.183	0.099		
Zink (gesamt) ICP	mg/L Zn	<0.01	0.02	0.70	0.37		
PFAS nach Kettenlängen (Verbindungen inkl. lineare und nicht-lineare Isomere)							
PFBA (Perfluorbutansäure)	µg/L	0.007	0.007	0.002	0.002		
PFPeA (Perfluorpentansäure)	µg/L	0.004	0.003	<0.001	0.001		
PFHxA (Perfluorhexansäure)	µg/L	0.006	0.007	<0.001	<0.001		
PFHpA (Perfluorheptansäure)	µg/L	0.002	0.002	<0.001	<0.001		
PFOA (Perfluoroktansäure)	µg/L	0.003	0.003	<0.001	<0.001		
PFNA (Perfluornonansäure)	µg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001		
PFDA (Perfluordekansäure)	µg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001		
PFUnDA (Perfluorundekansäure)	µg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002		
PFDoDA (Perfluordodekansäure)	µg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002		
PFTriDA (Perfluortridekansäure)	µg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002		
PFTeDA (Perfluortetradekansäure)	µg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002		
PFBS (Perfluorbutansulfonsäure)	µg/L	0.002	0.002	<0.001	<0.001		
PFPeS (Perfluorpentansulfonsäure)	µg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001		
PFHxS (Perfluorhexansulfonsäure)	µg/L	0.002	0.002	<0.001	<0.001		
PFHpS (Perfluorheptansulfonsäure)	µg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001		
PFOS (Perfluoroktansulfonsäure)	µg/L	0.004	0.004	0.002	0.002		
PFNS (Perfluornonansulfonsäure)	µg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002		
PFDS (Perfluordekansulfonsäure)	µg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002		
PFUnDS (Perfluorundekansulfonsäure)	µg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002		
PFDoDS (Perfluordodekansulfonsäure)	µg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002		
PFTriDS (Perfluortridekansulfonsäure)	µg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002		

Objekt: 276_MV, Zürich / Birmensdorf
Auftraggeber: Firma WST21 Michele Steiner
Auftrags-Nr. Bachema: 202415623

Probenbezeichnung	Zulauf RFB Grütw	Zulauf RFB Grütw	Zulauf RFB Wueri	Zulauf RFB Wueri		
Proben-Nr. Bachema	69302	69304	69306	69308		
Tag der Probenahme	15.10.24	27.11.24	20.10.24	03.12.24		

Weitere PFAS (Verbindungen inkl. lineare und nicht-lineare Isomere)

(P)FOSA (Perfluoroktansulfonamid)	µg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001		
MeFOSA (N-methyl Perfluoroktansulfonamid)	µg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002		
MeFOSAA (N-methyl Perfluoroktansulfonamid- essigsäure)	µg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002		
EtFOSA (N-ethyl Perfluoroktansulfonamid)	µg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002		
EtFOSAA (N-ethyl Perfluoroktansulfonamid- essigsäure)	µg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002		
HFPO-DA/GenX (2,3,3,3-Tetrafluor-2-(hepta- fluorpropoxy)propansäure)	µg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		
DONA (Perfluor-4,8-dioxa-3H- nonansäure)	µg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		
9Cl-PF3ONS / F-53B (9-Chlorhexandecafluor-3- oxanonan-1-sulfonsäure)	µg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002		
8:2-FTUCA (2H-Perfluor-2-decensäure)	µg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		
4:2-FTS (4:2-Fluortelomersulfon- säure)	µg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001		
6:2-FTS (6:2-Fluortelomersulfon- säure)	µg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001		
8:2-FTS (8:2-Fluortelomersulfon- säure)	µg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002		
Capstone A (DPOSA)	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02		
Capstone B (CDPOS)	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02		

Summe PFAS (basierend auf dem «PFAS-Merkblatt für Altlastenvollzug Kt. Zürich»)

Summe PFAS (gewichtet, TEQ, 9 Verbindungen)	µg/L TEQ	0.02	0.02	<0.01	<0.01		
--	----------	------	------	-------	-------	--	--

Objekt: 276_MV, Zürich / Birmensdorf
Auftraggeber: Firma WST21 Michele Steiner
Auftrags-Nr. Bachema: 202415623

Probenbezeichnung		Referenzwert			
		Ablauf RFB Grütw	Ablauf RFB Gütw	Ablauf RFB Wueri	Ablauf RFB Wueri
Proben-Nr. Bachema	69303	69303	69305	69307	69309
Tag der Probenahme	15.10.24	27.11.24	20.10.24	03.12.24	
Physikalisch-chemische Parameter					
Gesamte ungelöste Stoffe	mg/L	<10	<10	<10	<10
Elemente und Schwermetalle					
Kupfer (gesamt) ICP	mg/L Cu	0.003	0.005	0.007	0.006
Zink (gesamt) ICP	mg/L Zn	0.01	0.03	<0.01	<0.01
PFAS nach Kettenlängen (Verbindungen inkl. lineare und nicht-lineare Isomere)					
PFBA (Perfluorbutansäure)	µg/L	0.003	0.003	0.001	0.001
PFPeA (Perfluorpentansäure)	µg/L	0.001	0.002	<0.001	<0.001
PFHxA (Perfluorhexansäure)	µg/L	0.003	0.003	<0.001	<0.001
PFHpA (Perfluorheptansäure)	µg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
PFOA (Perfluoroktansäure)	µg/L	0.001	0.002	<0.001	<0.001
PFNA (Perfluomonansäure)	µg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
PFDA (Perfluordekansäure)	µg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
PFUnDA (Perfluorundekansäure)	µg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
PFDODA (Perfluordodekansäure)	µg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
PFTTrDA (Perfluortridekansäure)	µg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
PFTeDA (Perfluortetradekansäure)	µg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
PFBS (Perfluorbutansulfonsäure)	µg/L	0.001	0.001	<0.001	<0.001
PFPeS (Perfluorpentansulfonsäure)	µg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
PFHxS (Perfluorhexansulfonsäure)	µg/L	<0.001	0.001	<0.001	<0.001
PFHpS (Perfluorheptansulfonsäure)	µg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
PFOS (Perfluoroktansulfonsäure)	µg/L	0.003	0.003	0.002	0.002
PFNS (Perfluomonansulfonsäure)	µg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
PFDS (Perfluordekansulfonsäure)	µg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
PFUnDS (Perfluorundekansulfonsäure)	µg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
PFDSDS (Perfluordodekansulfonsäure)	µg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
PFTTrDS (Perfluortridekansulfonsäure)	µg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002

Objekt: 276_MV, Zürich / Birmensdorf
Auftraggeber: Firma WST21 Michele Steiner
Auftrags-Nr. Bachema: 202415623

Probenbezeichnung	Ablauf RFB Grütw	Ablauf RFB Gütw	Ablauf RFB Wueri	Ablauf RFB Wueri		
Proben-Nr. Bachema	69303	69305	69307	69309		
Tag der Probenahme	15.10.24	27.11.24	20.10.24	03.12.24		

Weitere PFAS (Verbindungen inkl. lineare und nicht-lineare Isomere)

(P)FOSA (Perfluoroktansulfonamid)	µg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001		
MeFOSA (N-methyl Perfluoroktansulfonamid)	µg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002		
MeFOSAA (N-methyl Perfluoroktansulfonamid- essigsäure)	µg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002		
EtFOSA (N-ethyl Perfluoroktansulfonamid)	µg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002		
EtFOSAA (N-ethyl Perfluoroktansulfonamid- essigsäure)	µg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002		
HFPO-DA/GenX (2,3,3,3-Tetrafluor-2-(hepta- fluorpropoxy)propansäure)	µg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		
DONA (Perfluor-4,8-dioxa-3H- nonansäure)	µg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		
9Cl-PF3ONS / F-53B (9-Chlorhexadecafluor-3- oxanonan-1-sulfonsäure)	µg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002		
8:2-FTUCA (2H-Perfluor-2-decensäure)	µg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		
4:2-FTS (4:2-Fluortelomersulfon- säure)	µg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001		
6:2-FTS (6:2-Fluortelomersulfon- säure)	µg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001		
8:2-FTS (8:2-Fluortelomersulfon- säure)	µg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002		
Capstone A (DPOSA)	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02		
Capstone B (CDPOS)	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02		

Summe PFAS (basierend auf dem «PFAS-Merkblatt für Altlastenvollzug Kt. Zürich»)

Summe PFAS (gewichtet, TEQ, 9 Verbindungen)	µg/L TEQ	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		
--	----------	-------	-------	-------	-------	--	--