

Gewässerschutz an Bahnanlagen

Untersuchung von Gleisabwasser

Schlussbericht – Orientierende Beprobung, Abfluss-Charakterisierung und Messkam- pagne an ausgewählten Standorten

Von BMG Engineering AG
im Auftrag von SBB, BAV und BAFU

Juni 2011



BMG ENGINEERING AG

Consulting:
Ifangstrasse 11 • CH-8952 Schlieren/Zürich
Tel. 044 732 92 92 • Fax 044 730 66 22
bmg@bmgeng.ch • www.bmgeng.ch

Labors:
Ifangstrasse 11 • CH-8952 Schlieren/Zürich
Tel. 044 732 92 92 • Fax 044 732 92 21
labors@bmgeng.ch

Impressum

Auftraggeber: Schweizerische Bundesbahnen (SBB)
Bundesamt für Verkehr (BAV)
Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Auftragnehmer: BMG Engineering AG, Ifangstrasse 11, 8952 Schlieren

Autoren: Christian Braun, René Gälli (BMG Engineering AG)

Begeleitung SBB: Astrid Nägeli, Judith Schöbi, Jürg Däppen
BAV: Tobias Schaller
BAFU: Patrick Fischer, Benjamin Meylan, Michael Schärer
Eawag: Heinz Singer

Dieser Bericht wurde im Auftrag der SBB, des BAV und des BAFU verfasst. Für den Inhalt sind allein die Auftragnehmer verantwortlich

Zusammenfassung

In der ersten Phase des Projekts „Gewässerschutz an Bahnanlagen“ wurden in mehreren Teilprojekten die Emissionen, deren Herkunft und Umweltverhalten sowie die hydraulischen Verhältnisse des SBB-Streckennetzes untersucht. Dabei zeigte sich, dass Stoffbilanzierungen nur mit grössten Unsicherheiten möglich sind und Abschätzungen des Inventars an Umweltrisiken für Gewässer nicht möglich sind. Deshalb wurde in einem Zwischenschritt eine Relevanzanalyse (eine einfache Worst-Case-Betrachtung der Emissionsmengen aus dem normalen Fahrbetrieb und deren Auswaschung durch ein sehr starkes Regenereignis) betreffend die Grundwasser- und Fliessgewässerbeeinträchtigung auf Grundlage der Emissionsabschätzungen der Phase 1 gemacht. Hierbei zeigte sich, dass selbst unter Worst-Case-Annahmen nur kleine Fliessgewässer (solche, bei denen das Verhältnis von Gleisabwasserabfluss zu Fliessgewässerabfluss keiner als 1:10 ist) gefährdet sind.

Um die tatsächlich auftretenden Schadstoffkonzentrationen und -frachten von stark belasteten Standorten mit den Worst-Case-Annahmen vergleichen zu können, wurden zu Beginn der Phase 2 des Projekts „Gewässerschutz an Bahnanlagen“ Standorte evaluiert, die im Sinne hoher Emissionen einen „hot spot“ darstellen könnten (Verkehrsdichte, Bremsstrecken, Holzschwellen etc.). Es wurden orientierende Beprobungen des Gleisabwassers an drei Standorten durchgeführt (Rangierbahnhof Limmattal (RBL), Bahnhof Flüelen, Viadukt Hardturm). Die Ergebnisse dieser orientierenden Messungen zeigen grundsätzlich wesentlich tiefere Konzentrationen als für den Worst-Case der Relevanzanalyse abgeschätzt wurden. Am Standort RBL wurde darüber hinaus auch der Ober- und Unterlauf des Vorfluters (Spreitenbacher Dorfbach, $Q_{347} \ll 1 \text{ m}^3/\text{s}$) beprobt. Hier konnte eine Belastung mit Glyphosat im Unterlauf festgestellt werden. Die Beprobung fand im späten Frühjahr, direkt nach Ausbringung des Glyphosats auf dem Gleisareal, statt.

Da keiner der beprobten Standorte im Sinne der aus der Relevanzanalyse erhaltenen Konzentrationen einen eindeutigen „hot spot“ für alle Kriterien darstellt, und auch keiner der drei Standorte alle wünschenswerten Kriterien für eine Detailuntersuchung (Charakterisierung des Niederschlags/Abfluss-Verhältnisses, Messkampagne während mehrerer Regenereignisse) erfüllte, wurden diese Untersuchungen mit unterschiedlicher Intensität an zwei der Standorte durchgeführt. Am Standort RBL wurde eine detaillierte Gleisabwasser- und Fliessgewässeruntersuchung durchgeführt (Beprobung des Gleisabwassers und des Fliessgewässers von mehreren Regenereignissen, gleichzeitige Aufzeichnung der hydraulischen Parameter sowie Leitfähigkeit und pH-Wert im Gleisabwasser). Darüber hinaus wurde das Gleisabwasser des Standorts Viadukt Hardturm während 2 Regenereignissen nach einer Trockenperiode mehrfach beprobt, und der Abfluss dabei charakterisiert. Zusätzlich wurden Feststoffproben an beiden Standorten entnommen und analysiert.

Für die Parameter **GUS, DOC, KW-Index, PAK und Schwermetalle** zeigen die Untersuchungen, dass im gesamten Verlauf von starken Regenereignissen ein „theoretisch berechneter Anforderungswert“ des Gleisabwassers¹ eingehalten wird. Die Untersuchungen am Spreitenbacher Dorfbach zeigen, dass nur in einem Fall die Einleitung des Gleisabwassers vom Areal des RBL zu einer Überschreitung der Qualitätsanforderungen der Gewässerschutzverordnung geführt hat (Chrom bei lang anhaltendem Regen).

Für das Herbizid **Glyphosat** finden sich bei den Regenereignissen direkt nach der Applikation im beprobten Gleisabwasser des RBL Konzentrationen, welche den theoretischen Anforderungswert 1'000 ng/L überschreiten (maximal 2'200 ng/L). Im Bachunterlauf wurden sogar Werte von bis zu 70'000 ng/L nachgewiesen und dies zu einem Zeitpunkt als im Oberlauf des Baches kein Glyphosat nachgewiesen werden konnte. Die Herkunft dieser hohen Konzentrationen konnte mit der gewählten Versuchsanordnung nicht geklärt werden. Zusätzlich zu der beprobten Drainage erfährt der Spreitenbacher Dorfbach im Bereich des RBL weitere Einträge (Strassenentwässerung, Sickerwasser aus schadhafte Fugen im Tunnel und im kanalisierten Teil des Baches sowie zwei kleine Leitungen deren Herkunft unbekannt ist). Einzig die Strassenentwässerung liefert jedoch bei Regenwetter hinreichend Wasser und damit Glyphosatfracht um die gefundenen hohen Werte zu erklären.

Da der theoretische Anforderungswert sowohl bei den orientierenden Beprobungen Flüelen und Limmattal) als auch in der Messkampagne (Limmattal) überschritten werden, ist Glyphosat als relevant zu beurteilen.

Bezüglich der **Dynamik der Schadstoffkonzentrationen** kann allgemein festgestellt werden, dass mit zunehmender Regendauer die Konzentrationen der Schadstoffe sinken, die Maximalwerte der Konzentration aber vereinzelt auch erst mehrere Stunden nach Beginn des Regens auftreten (GUS, Fe, Zn, Cr).

Der GUS-Gehalt war in allen untersuchten Gleisabwasser-Proben sehr gering (<20 mg/L). Da an keinem Standort Sedimente gefunden wurden, mussten alternativ Feststoffablagerungen (Aufwuchs im Bachbett) bzw. Rückstände der Filtration von grossen Gleisabwassermengen (10 L) analysiert werden. Die Resultate der Untersuchungen an diesen Feststoffproben lassen keine abschliessende Beurteilung der Gewässerrelevanz zu. So liegen die Konzentrationen von PAK und Cr im Bachunterlauf über den Anforderungen der Technischen Verordnung über Abfälle (TVA) bzw. der Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo) für unverschmutztes Material, aber die Werte im Bachoberlauf sind jeweils nur geringfügig tiefer. Der Feststoff vom Viadukt Hardturm ist wesentlich höher mit Cu und Zn belastet (mehr Fahrdrähte und Masten als am RBL). Da dieses Abwasser aber nicht in ein Fliessgewässer eingeleitet wird, sondern durch einen Schlammseparator in die Kanalisation abgeführt wird, ist eine unmittelbare Gewässerrelevanz an diesem Standort nicht gegeben .

¹ Da in der Gesetzgebung für die Einleitung von Gleisabwasser in Oberflächengewässer keine expliziten Einleitwerte aufgeführt sind, wurde für die Beurteilung der Messresultate ein theoretischer Anforderungswert berechnet, welcher dem 10fachen Wert der jeweiligen numerischen Anforderung an die Wasserqualität gemäss Anhang 2 der Gewässerschutzverordnung entspricht (siehe 4.4.3).

Inhalt

Zusammenfassung	3
1 Ziele des Projekts.....	7
2 Vorgehen.....	8
2.1 Standortevaluierung	8
2.2 Orientierende Beprobungen	9
2.3 Auswahl der Standorte	14
3 Messkampagne Sommer 2010	16
3.1 Installation RBL	17
3.2 Beprobung am Viadukt Hardturm	19
3.3 Sedimentbeprobung (RBL und Viadukt Hardturm).....	19
4 Resultate	20
4.1 Gleisabwasser und Bachwasser am RBL	20
4.1.1 Schwermetalle und Organische Parameter	22
4.1.2 Glyphosat	25
4.2 Gleisabwasser Viadukt Hardturm	28
4.3 Sedimente	29
4.4 Zusammenfassung Resultate.....	31
4.4.1 „Hot spot“-Charakter der gewählten Standorte.....	31
4.4.2 Aussagekraft der Messungen.....	31
4.4.3 Vergleich mit gesetzlichen Anforderungen	32
5 Diskussion der Resultate im Rahmen vorheriger/bekannter Messungen	33
5.1 Schwermetalle und Organische Parameter.....	33
5.2 Glyphosat	33
6 Beurteilung der Gewässerrelevanz	35
7 Ausblick.....	37

Anhänge

Anhang 1 Standortpläne	41
Anhang 2 Messdaten der Probenahmen am RBL	45
Anhang 3 Analysenresultate BMG Labors.....	49
Anhang 4 Glyphosat- und AMPA-Analysen (Eawag).....	65

1 Ziele des Projekts

Im Gesamtprojekt werden gemäss Pflichtenheft folgende Ziele verfolgt [2]:

- A Die Gewässerrisiken durch Stoffe, welche von der Bahn im normalen Betrieb emittiert werden, wird für das SBB Netz abgeschätzt (Inventar des Gefährdungspotenzials)
- B Die heute typischen Bauweisen der Entwässerung (gemäss Regelung R RTE 21110 „Unterbau und Schotter“) und die übrigen Massnahmen im Unterhalt und bei der Stoffauswahl werden in Hinblick auf mögliche Gewässerrisiken auf Änderungsbedarf untersucht
- C Aufgrund der abgeschätzten Gefährdung werden die bestehenden Massnahmen überprüft, allfällige Änderungen und neue Massnahmen vorgeschlagen sowie die Reglemente entsprechend angepasst

Nachdem mit dem ersten Teil des Projektes die potenziellen Emissionen in die Umwelt des regulären Bahnbetriebs quantifiziert und in einem Zwischenschritt auf ihre Gewässerrelevanz mittels Worst-Case-Szenarien beurteilt wurden [5], sollte in einem weiteren Schritt die Qualität von Gleisabwasser untersucht und dessen Einfluss auf kleine Fliessgewässer abgeschätzt werden.

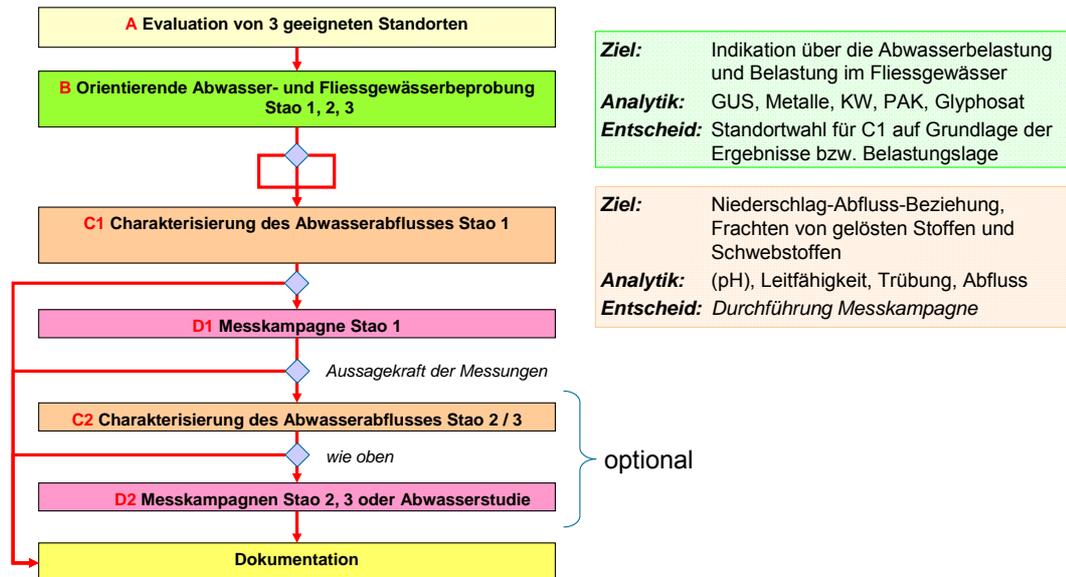
Dazu wurden an mehreren so genannten „hot spot“-Standorten (Zugfrequenz, Bremsstrecken, Holzschwellen, Herbizideinsatz) Gleisabwasser- und Fliessgewässerbeprobungen durchgeführt, die Wasserproben auf die relevanten Schadstoffe hin analysiert und die Abflusscharakteristik der drainierten Gleisflächen während mehrerer Regenereignisse bestimmt. Gemäss der Relevanzanalyse ist ein „hot spot“-Standort durch hohe erwartete Emissionen und Ableitung des Gleisabwassers in einen kleinen Vorfluter gekennzeichnet.

Im Einzelnen wurden die folgenden Arbeiten durchgeführt:

- Evaluierung von geeigneten Standorten zur orientierenden Beprobung des Gleisabwasser und eines Vorfluters
- Orientierende Beprobung von drei geeigneten Standorten
 - Vergleich der Messresultate mit den in der Relevanzanalyse berechneten Konzentrationen
- Quantifizierung der Konzentration und der Dynamik von relevanten Schadstoffen im Gleisabwasser und im Fliessgewässer an zwei ausgewählten Standorten mit „hot spot“-Charakter.
 - Vergleich mit Messungen von anderen Standorten
 - Beurteilung der Gewässerrelevanz der gefundenen Ergebnisse

2 Vorgehen

Da sich ein Inventar des Gefährdungspotenzials aus Plandaten der SBB und Messdaten der kantonalen Stellen nicht erstellen lässt, wurde gemäss den Sitzungen vom Juli und November 2008 ein schrittweises Vorgehen zur beispielhaften Untersuchung der Emissionen an unterschiedlichen Standorten für die weitere Projektbearbeitung vorgeschlagen.



Die Schritte A und B (Evaluation und orientierende Beprobung) wurden bis Ende 2009 durchgeführt, die Schritte C und D (Charakterisierung und Messkampagne) wurden in Absprache mit der Fachgruppe zusammengelegt und im Sommer 2010 durchgeführt.

2.1 Standortevaluierung

Die Evaluierung von drei geeigneten Standorten erwies sich als zeitaufwändig, da keine geeignete zentrale Datenablage existiert, die sowohl die baulichen Gegebenheiten vor Ort als auch die genaue Entwässerungssituation vorhält. Die Kriterien, denen ein geeigneter Standort genügen sollte, waren die folgenden (aus [4]):

- hohe Zugfrequenz
- Bremsstrecke
- Fahrleitungen vorhanden
- Holzschwellen
- eindeutige Entwässerungssituation (nur Gleisabwasser)
- grosse entwässerte Fläche
- Vorfluter mit geringer Wasserführung
- Ausbringung von Glyphosat [3]
- Nähe zu Zürich (schnelle Erreichbarkeit bei Regenereignis)

Die SBB schlug 25 Standorte vor (Bahnhöfe, Rangierbahnhöfe, Strecken) die für die weiteren Untersuchungen interessant erschienen. Diese Standorte – und zusätzliche Brückenbauwerke, die durch Diskussionen in der Fachgruppe aufgenommen wurden – wurden hinsichtlich ihrer Eignung für das weitere Vorgehen evaluiert.

Die Daten zur Zugfrequenz wurden vom BahnUmwelt-Center erhalten (S. Knabl). Die Daten zur Entwässerungssituation wurden mit Hilfe der SBB aus der „Datenbank fester Anlagen (DfA)“ entnommen oder durch direkte Einsicht in gedruckte Pläne (z.B. bei potenziellen Brückenstandorten) gewonnen (C. Furrer, A. Cavegn, M. Reinhard, R. Hueber, T. Bürgi). Eine eindeutige Zuordnung der Drainage zum Vorfluter konnte teilweise nur durch eine Standortbegehung (z.B. Strecken Bubikon-Rüti, Urdorf-Birmensdorf) geklärt werden und wurde für alle Standorte durchgeführt.

Ein idealer Standort, der alle Kriterien erfüllt, konnte nicht gefunden werden. Es wurden drei unterschiedliche Standorte ausgewählt, an denen zunächst stichpunktartige Beprobungen durchgeführt wurden:

Rangierbahnhof Limmattal (RBL)

- + grosse Fläche, viel Verkehr, Einleitung in kleinen Vorfluter, Glyphosat
- kaum Fahrleitungen, nur Rangierverkehr, wenig Holzschwellen, atypischer Gleisunterbau (Verzögerungsschicht, siehe Abb. 1)

Bahnhof Flüelen

- + viel Verkehr, Bremsstrecke, Holzschwellen, Glyphosat
- grosser Vorfluter (Urnersee), ungünstige Entwässerungssituation (Mischabwasser)

Viadukt Hardturm

- + eindeutige Entwässerungssituation, viel Verkehr, Bremsstrecke, Holzschwellen, Fahrleitungen
- kein Vorfluter (Kanalisation), kein Glyphosat

2.2 Orientierende Beprobungen

In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse der hydraulischen Untersuchungen an den drei Standorten zusammengefasst. Die Niederschlagsdaten stammen von den Messstationen Zürich-Affoltern bzw. Altdorf des MeteoSchweiz-Messnetzes.

Tabelle 1 Niederschlagsmengen und Abwasserabflüsse der drei Standorte

	Standort	RBL (R-Gruppe)		Flüelen		Hardturm
	entwässerte Fläche	317'000 m ²		2'500 m ²		2'325 m ²
	Probenahme	06.06.09	07.06.09	06.06.09	06.06.09	08.10.09
Niederschlagsmenge 24h vor Probenahme	L/m ² /24h	3	13.2	26	35.2	8
theoretische Sickerwassermenge	L/min	710	3125	18	24	5
gemessene Sickerwassermenge	L/min	3	2	15	18	3 bis 5

Es zeigt sich, dass an den Standorten Flüelen und Hardturm praktisch das gesamte erwartete Abwasser im beprobten Schacht erfasst wird. Am Standort RBL hingegen versickert der grösste Teil des Niederschlagswassers und wird nicht von der Drainage erfasst. Die beprobte Drainage entwässert einen Teil der „Richtungsgruppe“ (R-Gruppe), also den Teil des Rangierbahnhofs, auf dem die Waggonen zusammengestellt werden, vom Ablaufberg bis zur Ausfahrgruppe. Baulich ist dort der Gleisunterbau mit einer Verzögerungsschicht ausgestattet, die nicht zum Grundwasser hin abdichtet (siehe Abb. 1).

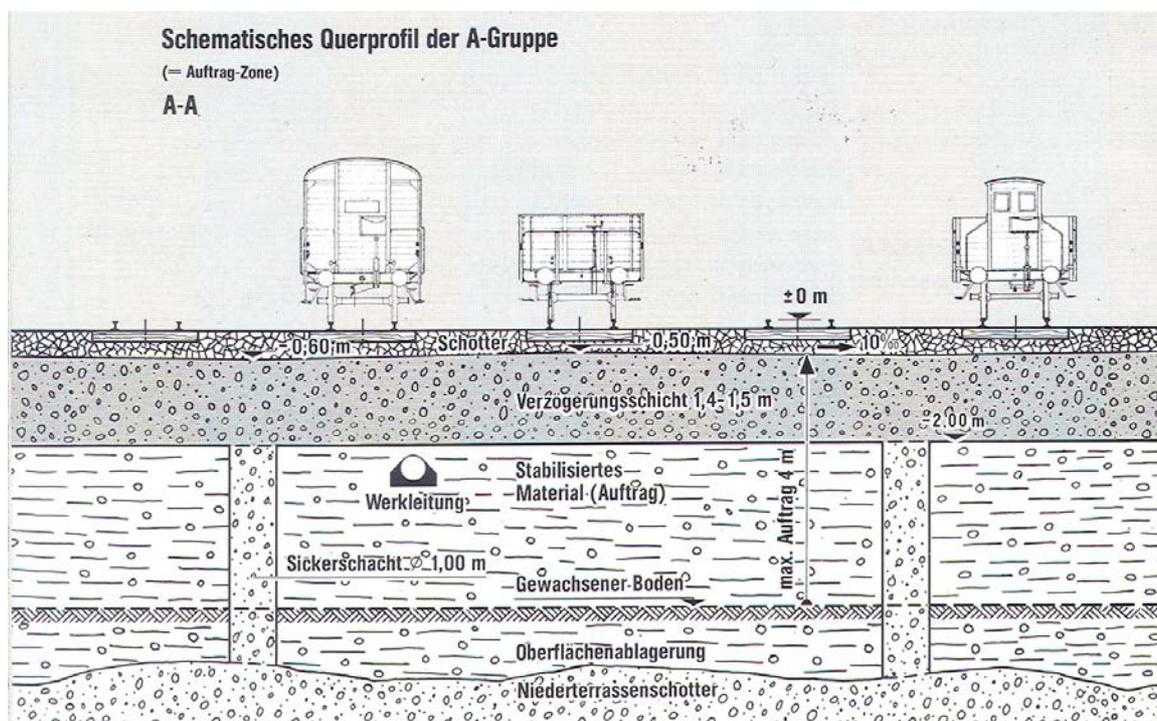


Abb. 1 Querprofil des Unterbaus am RBL

Gemäss der Relevanzanalyse im Zwischenschritt des Projekts wurden die wässrigen Proben auf die folgenden Parameter untersucht:

- Parameter als Gesamtgehalt im Wasser vor Filtration
 - Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe PAK
 - Kohlenwasserstoffe
 - Schwermetalle: Eisen, Zink, Kupfer, Chrom
- Parameter in wässriger Phase nach Filtration
 - pH-Wert, Leitfähigkeit, gelöster organischer Kohlenstoffgehalt
 - Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe PAK
 - Kohlenwasserstoffe
 - Schwermetalle: Eisen, Zink, Kupfer, Chrom
 - Glyphosat

Die Standorte RBL und Flüelen wurden während eines Regenereignisses jeweils zweimal beprobt, die Probenahme am Standort Viadukt Hardturm konnte hingegen nur einmal durchgeführt werden (Regenereignis zu kurz).

Die Tabelle 2 fasst die Messergebnisse von allen drei Standorten zusammen. Die Messungen von Glyphosat und AMPA wurden von der Eawag durchgeführt. Zusätzlich wurden die beiden Proben des Gleisabwassers vom Bahnhof Flüelen auch von der Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW untersucht.

Tabelle 2 Analysenresultate der orientierenden Beprobung 2009 (Gleisabwasser)

Parameter		theoretischer Anforderungswert Abwasserqualität*)	Rangierbahnhof Limmattal (R-Gruppe)		Bahnhof Flüelen		Viadukt Hardturm
			06.06.2009 08:00	07.06.2009 10:00	06.06.2009 10:00	06.06.2009 15:30	08.10.2009 14:00
Niederschlag			2 h nach Starkregen	11h nach Regen	mittel	stark	leicht
Lufttemperatur	°C		14	16	15	18	18
Abfluss	L/min		3	2	15	18	3 bis 5
pH	-	6.5 - 9.0	8.16	8.16	7.48	7.43	8.29
Leitfähigkeit	µS		300	352	24	49	246
T	°C	30	14.0	15.0	15.5	17.6	18.4
gesamte ungelöste Stoffe	mg/L	20	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	<5
Organische Summenparameter							
Kohlenwasserstoffindex C10-C40	mg/L	10	<0.05	<0.05	<0.05	0.070	0.34
gelöster organischer Kohlenstoff	mg/L	10	1.94	1.60	0.615	2.920	1.62
PAK							
Summe PAK	µg/L		0.072	0.073	0.160	0.079	0.280
Fluoren	µg/L	1	<0.02	<0.02	0.037	<0.02	<0.02
Phenantren	µg/L	1	0.046	0.044	0.085	0.047	<0.02
Fluoranthen	µg/L	1	0.026	0.029	0.04	0.032	<0.02
Anthracen	µg/L	1	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.28
alle anderen	µg/L		<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Metalle, gesamt							
Zink	mg/L	0.2	0.16	0.10	3.7	1.2	0.04
Eisen	mg/L		1.20	0.58	<0.05	0.11	0.4
Kupfer	mg/L	0.05	0.039	0.026	0.014	0.011	0.020
Chrom	mg/L	0.05	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Metalle in filtrierter Probe							
Zink	mg/L	0.05	0.029	0.014	4.1	1.30	<0.005
Eisen	mg/L		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.01
Kupfer	mg/L	0.02	0.008	0.008	0.008	0.007	0.009
Chrom	mg/L	0.02	<0.002	<0.002	<0.002	<0.003	0.002
Organische Pestizide							
Glyphosat (Eawag)	ng/L	1000	3600	2900	900	2300	n.b****)
AMPA (Eawag)	ng/L	1000	2300	3000	- **)	- **)	n.b.
Glyphosat (ACW)	ng/L	1000	n.b.****)	n.b.	360 ± 110	2400 ± 300	n.b.
AMPA (ACW)	ng/L	1000	n.b.	n.b.	50 ± 30	160 ± 50	n.b.
*) Theoretischer Anforderungswert Abwasserqualität: Da in der Gesetzgebung für die Einleitung von Gleisabwasser in Oberflächengewässer keine expliziten Einleitwerte aufgeführt sind, wurde für die Beurteilung der Messresultate ein „theoretischer Anforderungswert Abwasserqualität“ definiert. Dazu wurden in erster Linie die „Anforderungen an die Wasserqualität“ des Anhangs 2 der Gewässerschutzverordnung (GSchV) herangezogen und unter der Annahme einer zehnfachen Verdünnung die Referenz „theoretischer Anforderungswert Abwasserqualität“ definiert. Waren für Parameter im Anhang 2 keine Werte vorhanden orientierte man sich am Anhang 3.2 GSchV oder der BUWAL-Wegleitung Grundwasserschutz							
**) konnte aufgrund von Störungen in der Probe nicht bestimmt werden							
***) nicht bestimmt, da am Viadukt Hardturm kein Glyphosat ausgebracht wurde							
****) nicht bestimmt, da die Proben vom RBL nicht von ACW gemessen wurden							
Beurteilung	theoretischer Anforderungswert Abwasserqualität wird mit grosser Wahrscheinlichkeit nicht eingehalten.						

Für Glyphosat und AMPA wird der theoretische Anforderungswert Abwasserqualität an den beiden Standorten RBL und Flüelen überschritten. Die Probenahme erfolgte jeweils kurz nach der Anwendung, denn im Unterschied zu den anderen Emissionen aus dem Normalbetrieb der SBB, die über das Jahr als kontinuierlich betrachtet werden können, erwartet man die höchsten Herbizidkonzentrationen naturgemäss direkt nach deren Anwendung. Die hohen Zn-Konzentrationen am Standort Flüelen sind wahrscheinlich auf den hohen Anteil von Dachabwasser zurückzuführen. Der beprobte Schacht enthielt neben dem Gleisabwasser auch das Abwasser der zwei Perrondächer sowie der Dächer der zwei Bahnhofsgebäude. Dieses Abwasser stellt also in seiner Zusammensetzung kein typisches Gleisabwasser dar.

Bei einer geringeren Verdünnung als 1:10 werden möglicherweise auch für andere Parameter (Kupfer, DOC) die theoretischen Anforderungswerte überschritten.

In der folgenden Tabelle werden die gemessenen Konzentrationen im Gleisabwasser mit denen aus der Relevanzanalyse [5] für den Worst-Case erwarteten Konzentrationen verglichen. Der Worst-Case geht von einem Starkregenereignis aus (10% der Jahresniederschlagsmenge), bei dem 10% der im Jahr emittierten Stoffe innerhalb von 24 h mobilisiert werden. Die Stoffe sind vollständig wasserlöslich, adsorbieren nicht und sie werden auch nicht abgebaut. 60% dieses so belasteten Niederschlagswassers gelangen in ein Fließgewässer.

Tabelle 3 Vergleich der gemessenen Gleisabwasser-Konzentrationen der orientierenden Beprobung mit den für Worst-Case-Verhältnisse [5] berechneten.

	Abwasserkonzentration „Worst-Case“ gemäss Relevanzanalyse		höchste gemessene Konzentration (Gesamtgehalt)		
	Emission g/m Strecke/a	Konzentration mg/L	RBL mg/L	Flüelen mg/L	Hardturm mg/L
Zink	6.6	0.11	0.160	3.7	0.04
Eisen	725.0	12.10	1.200	0.11	0.4
Kupfer	15.4	0.26	0.039	0.014	0.02
Chrom	2.0	0.03	<0.005	<0.005	<0.005
PAK	53.3	0.88	0.000073	0.00016	0.00028
KW	1216.0	20.30	<0.05	0.07	0.34
Glyphosat	1.3	0.022	0.004	0.0023	n.b.

Mit Ausnahme des Zinks im Gleisabwasser aller Standorte liegen die gemessenen Gleisabwasser-Konzentrationen ungefähr eine Grössenordnung unter den berechneten Worst-Case-Werten. Da bei der Relevanzanalyse im Sinn einer konservativen Annahme Wasserlöslichkeit, Adsorption und Abbau der Stoffe nicht berücksichtigt wurden, lassen sich insbesondere im Fall von PAK und Kohlenwasserstoffe die um mehrere Grössenordnungen niedrigeren gemessenen Konzentrationen erklären.

Am Standort RBL wurde zusätzlich das Fließgewässer (Spreitenbacher Dorfbach) ober- und unterhalb der Einleitstelle des Gleisabwassers beprobt. In der folgenden

Tabelle sind die gemessenen Werte zusammen mit den Qualitätsanforderungen für ein Fließgewässer angegeben.

Tabelle 4 Analysenergebnisse der orientierenden Beprobung des Spreitenbacher Dorfbachs 2009 ober- und unterhalb der Einleitstellen aus dem Areal des RBL

Parameter		Qualitätsanforderung	Fließgewässer oberhalb		Fließgewässer unterhalb	
			06.06.2009 10:00	07.06.2009 11:00	06.06.2009 11:00	07.06.2009 11:30
Abfluss	L/min		ca. 20 bis 50	ca. 20 bis 50	ca. 30 bis 50	ca. 30 bis 50
pH	-	³⁾	8.43	8.48	8.45	8.51
Leitfähigkeit	µS		423	433	413	414
Organische Summenparameter						
Kohlenwasserstoffindex C ₁₀ -C ₄₀	mg/L	1 µg/L/Stoff ²⁾	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
gelöster organischer Kohlenstoff	mg/L	2 ²⁾	1.68	1.82	2.29	1.97
PAK						
Summe PAK	µg/L		<0.02	0.027	<0.02	<0.02
Naphthalin	µg/L	0.1 ²⁾	<0.02	0.027	<0.02	<0.02
Fluoren	µg/L	0.1 ²⁾	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Phenanthren	µg/L	0.1 ²⁾	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Fluoranthren	µg/L	0.1 ²⁾	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
alle anderen	µg/L	0.1 ²⁾	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Metalle, gesamt						
Zink	mg/L	0.02 ¹⁾	<0.01	<0.01	0.011	<0.01
Eisen	mg/L		0.52	0.19	0.18	0.15
Kupfer	mg/L	0.005 ¹⁾	0.012	<0.01	0.014	<0.01
Chrom	mg/L	0.005 ¹⁾	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Metalle in filtrierter Probe						
Zink	mg/L	0.005 ¹⁾	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Eisen	mg/L	³⁾	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Kupfer	mg/L	0.002 ¹⁾	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Chrom	mg/L	0.002 ¹⁾	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Organische Pestizide						
Glyphosat	ng/L	100 ¹⁾	70	40	400	220
AMPA	ng/L	100 ¹⁾	90	40	180	160
¹⁾ Anhang 2 Ziff. 12 Abs. 5 GSchV „Anforderungen an die Wasserqualität“						
²⁾ Anhang 2 Ziff. 22 Abs. 2 GSchV "Anforderungen an die Wasserqualität" 'Zusätzliche Anforderungen an Grundwasser, das als Trinkwasser genutzt wird oder dafür vorgesehen ist'						
³⁾ Wegleitung Grundwasserschutz, Anhang A1, BUWAL, Bern 2004: Fe: höchstens 0.3 mg/L mehr als im naturnahen Zustand pH: <0.5 Abweichung vom naturnahen Zustand						
Beurteilung	Die gesetzlichen Anforderungen sind überschritten					

Die Anforderungen werden nur für Glyphosat und sein Abbauprodukt überschritten. Die erhöhte Cu-Konzentration im Fließgewässer am 06.06.2009 ist auf einen Einleiter oberhalb des RBL zurückzuführen, am nächsten Tag konnte der Messwert nicht bestätigt werden.

An keinem der drei Standorte konnte im Probenahmeschacht Sedimente gefunden werden. Es wurde versucht, während der weiteren Untersuchungen solche Proben zu erhalten (z.B. durch Filtration einer grossen Wassermenge).

2.3 Auswahl der Standorte

Aufgrund der gefundenen Konzentrationen und der nur teilweise erfüllten Kriterien für einen „hot spot“-Standort würde eine Entscheidung zu Gunsten eines der drei

beprobten Standorte nur bedingt befriedigen. Die folgende Tabelle stellt – im Sinne einer Entscheidungshilfe – die Eigenschaften der drei Standorte gegenüber.

Tabelle 5 Standorteigenschaften

	Rangierbahnhof Limmattal	Bahnhof Flüelen	Viadukt Hardturm
grosse entwässerte Fläche	ja, aber nicht abgedichtet, Unterbau enthält Verzögerungsschicht	bedingt	bedingt
Bremsstrecke	bedingt	ja	ja
Zugfrequenz	hoch, nur Rangierverkehr	hoch, auch Güterverkehr	hoch, vorwiegend S-Bahn
Schwellentyp	vorwiegend Stahl, auch Holz	überwiegend Holz, wenig Stahl	Holz
Einleitung Gleisabwasser in Oberflächenwasser	ja, Bach	ja, See	nein, Kanalisation
Behandlung mit Glyphosat	ja	ja	nein
Zugänglichkeit Schacht	zwischen 2 Gleisen (nicht öffentlich)	vermutlich auf Bahnsteig (öffentlich)	im Teilelager, ebenerdig (nicht öffentlich)
Installation Messausrüstung	problemlos	???	problemlos

Die Standortwahl wurde in der Fachgruppe breit diskutiert, weil jeder Standort seine Vor- und Nachteile hat. Es kam auch der Einwand, dass ein Standort eventuell gar nicht ausreichend wäre, um die Vielzahl an Parametern berücksichtigen zu können. Es wurde daraufhin entschieden, dass die Charakterisierung und die systematische Beprobung von mehreren Regenereignissen (Messkampagne) an zwei der drei Standorte mit unterschiedlicher Intensität durchgeführt werden soll.

1. Standortcharakterisierung und Messung von 4 bis 5 Regenereignisse am Rangierbahnhof Limmattal (RBL)
2. intensive Beprobung von 1 bis 2 Regenereignissen (inkl. einfache Charakterisierung wie LF, Abfluss etc.) am Viadukt Hardturm
3. Entnahme von Sedimentproben von beiden Standorten (falls möglich)

Mit dieser Variante stünden sehr gute Daten für einen Standort und mit relativ wenig Mehraufwand auch gute Daten für einen zweiten Standort zur Verfügung.

3 Messkampagne Sommer 2010

Die systematische Charakterisierung (Datenaufzeichnung von Abfluss, Temperatur und Leitfähigkeit des Gleisabwassers bei mehreren Regenereignissen) erfolgte am Standort **RBL**, da dort die Niederschlags/Abfluss-Beziehung nicht eindeutig ist. Der Gleisunterbau verfügt hier zwar über eine eingebaute Verzögerungsschicht, jedoch ist das Planum nicht gegen das Grundwasser abgedichtet. Das Ansprechen der Sickerleitungen nach Beginn eines Regenereignisses ist deshalb nicht a priori bekannt und bedarf einer genaueren Untersuchung. Wegen dieses speziellen Unterbaus ist an diesem Standort damit zu rechnen, dass die gelösten Schadstoffe „verspätet“ nachgewiesen werden und die ungelösten wahrscheinlich zum grossen Teil nicht mit dem gefassten Gleisabwasser abgeführt werden.

Auch die für das Gewässer wichtige Dynamik des Glyphosats konnte an diesem Standort einbezogen werden, da hier mindestens einmal jährlich gespritzt wird.

Das Abflussverhalten am **Viadukt Hardturm** ist relativ einfach, so dass eine einfache Charakterisierung während eines längeren Regenereignisses nach einer längeren Trockenperiode sicherlich einen „hot spot“ darstellen dürfte, d.h. man erwartet durch Mobilisierung von Ablagerungen eine hohe Belastung im Gleisabwasser am Anfang des Regenereignisses.

Mit einer intensiven Beprobung konnte dieser Standort grob charakterisiert werden. Dazu wurden mehrere Proben während zwei Tagen bei gleichzeitiger, einfachen Abflussmengenschätzungen (durch Auslitern) genommen. Eine zweite Probenahme sollte je nach Regenereignis stattfinden.

Die Messkampagne wurde sowohl am RBL als auch am Viadukt Hardturm in die Charakterisierung integriert, d.h. die Probenahme für die chemische Analytik erfolgte zeitgleich mit den Messungen zur Charakterisierung der Niederschlags-/Abfluss-Beziehung. Am RBL wurde dabei nicht nur das Gleisabwasser sondern auch das Fliessgewässer (Spreitenbacher Dorfbach) beprobt. Wichtig hierbei war die Installation der automatischen Probenehmer vor der Ausbringung von Glyphosat (Ende Juni 2010).

Die Installation der Messgeräte am Standort RBL wurde während der gesamten Messkampagne periodisch überwacht, die gesammelten Proben wurden jeweils zeitnah (<1 Tag) in die Labors überführt (BMG, Eawag).

Am Standort Hardturm wurde versucht, die Messkampagne während zwei Regenereignissen, welche genügend ergiebigen schienen, gemeinsam mit einer einfachen Charakterisierung durchzuführen. Hier wurde nur das Gleisabwasser beprobt, da die Einleitung in das kommunale Kanalnetz erfolgt und nicht in ein Fliessgewässer.

An beiden Standorten (RBL und Hardturm) wurden keine eigentlichen Sedimente vorgefunden. Die Drainageleitung am RBL enthielt kein Sediment und auch der Feststoffanteil in Gleisabwasser war sehr gering (meistens <5 mg/L). Im Bachbett sowohl ober- als auch unterhalb der Einleitstelle konnten Feststoffproben entnommen werden. Es handelte sich aber aufgrund der baulichen Gegebenheiten (betonierte Rinne, stark unterschiedliche Fliessgeschwindigkeiten je nach Niederschlag) nicht um ein eigentliches Sediment sondern vielmehr um einen aufgewachsenen, grösstenteils mineralischem Belag, der abgekratzt wurde.

Auch im beprobten Schacht am Viadukt Hardturm existierte überraschend wenig abgesetztes Material, so dass behelfsweise durch Filtration einer grossen Wassermenge der Feststoffrückstand analysiert werden konnte.

3.1 Installation RBL

Am Standort RBL wurde zeitgleich das Gleisabwasser und das Fließgewässer untersucht. In Abb. 2 ist schematisch die Situation der Gewässereinträge in den Spreitenbacher Dorfbach gezeigt. Neben der Gleisentwässerung erhält der Bach zwischen den beiden gewählten Fließgewässer-Messstellen auch Einträge aus der Entwässerung einer Werksstrasse des SBB-Areals. Von der Gleisfeld Drainage konnte aufgrund der Anordnung der Kontrollschächte nur der westliche Teil beprobt werden. Die beiden Leitungen „West“ und „Ost“ laufen erst kurz vor dem Havariebecken zusammen. Dort war eine Installation der Probenehmer nicht möglich. Der Tunnel, der den Spreitenbacher Dorfbach unterhalb des Gleisfelds aufnimmt, ist aus Betonsegmenten zusammengesetzt. Diese sind an den Nahtstellen teilweise undicht, so dass hier Sickerwasser aus dem Gleisfeld in den Bach gelangt. Zusätzlich münden noch vier weitere Leitungen in den Tunnel, von denen zwei zeitweise wenig Sickerwasser führen. Diese münden knapp südlich der Einleitstelle aus dem Havariebecken in den Bach. Die beiden anderen waren bei der Begehung im März 2011 verstopft und trocken. Die Herkunft dieser Leitungen ist aus den Entwässerungsplänen nicht ersichtlich und konnte im Rahmen des Projekts auch nicht geklärt werden.

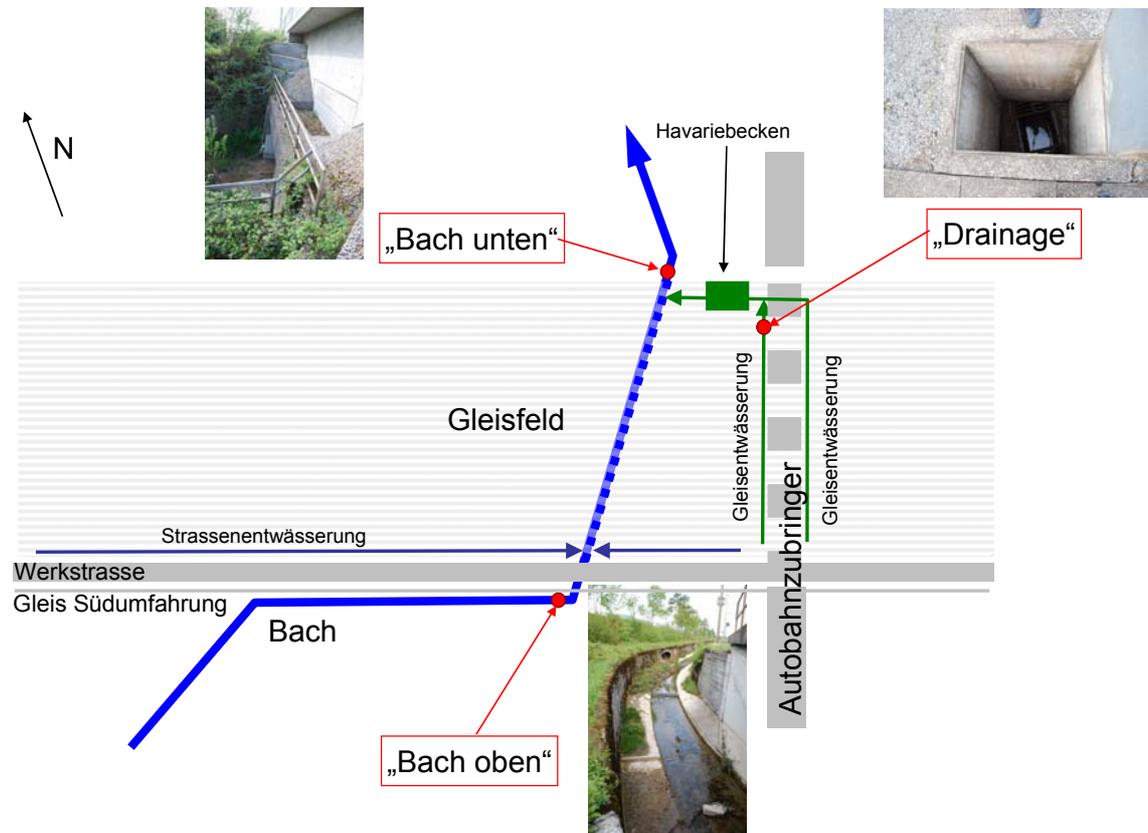


Abb. 2 Schematischer Situationsplan vom Standort RBL. Die Probenahmestellen sind rot eingekreist.

An den drei Probenahmestellen („Drainage“, „Bach oben“ und „Bach unten“) wurden automatische Probenehmer mit jeweils 24 1 L-Flaschen installiert (Hersteller: ISCO). Diese Probenehmer sind mit Ultraschallsensoren ausgerüstet die ständig den Wasserstand und die Fließgeschwindigkeit aufzeichnen. Die Probenehmer wurden jeweils vor einem Regenereignis so eingerichtet, dass bei Erreichen eines Soll-Wasserstandes die Förderung von Wasserproben begann.

Es zeigte sich, dass der Wasserstand und die Fließgeschwindigkeit in der Drainage bei langen Trockenperioden nur minimal ist, und die Ultraschallmessungen dann nicht zuverlässig funktionieren. Deshalb wurde an der Ausgangsseite des Kontrollschachts ein Blech aus Aluminium eingekittet, so dass das Wasser während eines Regenereignisses zunächst bis auf 12.5 cm aufgestaut wurde bis dieses Wehr überlief (Abb. 3). Der Probenehmer wurde so programmiert, dass bei Erreichen dieses Wasserstands der Beginn der Beprobung erfolgte.

Die Probensammler mussten regelmässig überprüft werden. Zum einen wurden an den Messstellen „Bach oben“ und „Bach unten“ (die ohne Netzstrom installiert werden mussten) die Batterien gewechselt (im Bereitschaftsmodus – ohne Probensammlung – ca. jede Woche, bei Probensammlung (Pumpe) entsprechend kürzere Intervalle). Des Weiteren musste der Parameter „Wasserstand“ (also die Auslöseschwelle für den Beginn der Beprobung) vor den erwarteten Regenereignissen an den tatsächlichen Wasserstand angepasst werden, um jeweils den Beginn des Regens nicht zu verpassen. Ausserdem mussten die im Bach installierten Sonden und Schläuche regelmässig von abgelagertem Material (Sand, Holz, Laub, Unrat etc.) gesäubert werden.

Die beiden Messstellen „Drainage“ und „Bach oben“ liegen auf dem Areal der R-Gruppe des RBL, so dass der Zugang nur mit Sicherheitswärtern bzw. geschultem Personal der SBB möglich war.



Abb. 3 Installation im Kontrollschacht der Sickerwasserleitung am RBL (Fließrichtung von unten nach oben). Oben das Wehr aus Aluminiumblech (V-förmig eingeschnitten), unten Lf-Sonde und Lochblech zur Befestigung der Ultraschallsonde sowie Pumpschlauch und Zuleitungskabel für die Sensoren.

Für die vollständige chemische Analytik (inkl. GUS, KW und PAK) wurden jeweils 4 L Wasser benötigt. Die Probenahme wurde bei den ersten Regenereignissen auf 24 h beschränkt (alle 15 min 250 mL gepumpt, nach einer Stunde in eine neue Flasche gesammelt), beim dritten Regenereignis wurde die Probenahme auf drei Tage ausgedehnt (3 Stunden in eine Flasche gesammelt).

3.2 Beprobung am Viadukt Hardturm

Die Beprobung der Regenereignisse am Viadukt Hardturm wurde im ersten zugänglichen Kontrollschacht nach Ableitung des Gleisabwassers durchgeführt. Dieser Schacht ist als Schlammsammler ausgeführt, d.h. dort ist ein syphonartiger Überlauf installiert, der nur das Wasser aber nicht die sedimentierenden Feststoffe ableitet. Eine spätere Kontrolle (Ende November 2010) zeigte, dass ein weiterer, im Brückenpfeiler befindlicher Kontrollschacht, keinerlei Funktion hinsichtlich Rückhaltung von Feststoffen oder Gleisabwasser hat.

Die Beprobung wurde zeitnah nach Beginn eines Regenereignisses durchgeführt und nach 24 Stunden wiederholt. Hierzu wurde jeweils Wasser aus dem zuleitenden Rohr des Kontrollschachts entnommen (ca. 1h-Mischprobe), pH-Wert und Leitfähigkeit wurden vor Ort bestimmt.

3.3 Sedimentbeprobung (RBL und Viadukt Hardturm)

Sedimente konnten nur aus dem Spreitenbacher Dorfbach entnommen werden. Hierzu wurden aus dem aufgewachsenen Belag an der Bachsohle (Beton) über eine Fläche von mehreren Quadratmetern um die beiden Probenahmestellen Proben entnommen und gemischt.

In der Drainage fanden sich keine Rückstände von festem Material. Auch am Standort Viadukt Hardturm wurde überraschend wenig Feststoff gefunden, obwohl die letzte Reinigung des Schlammsammlers nach Auskunft der zuständigen Unterhaltsstelle im Jahr 2007 erfolgte. Hier wurde ersatzweise der Filtrerrückstand einer 10 L-Wasserprobe analysiert.

4 Resultate

In diesem Abschnitt werden die Resultate der Charakterisierung und Messkampagne an den Standorten RBL und Viadukt Hardturm vorgestellt.

4.1 Gleisabwasser und Bachwasser am RBL

Abb. 4 zeigt eine Zusammenfassung der Abflussdaten der drei Messstellen sowie die zugehörigen meteorologischen Daten (Temperatur und Niederschlag) von Mitte Mai bis Mitte August. Der Zeitraum der Ausbringung des Glyphosats Ende Juni ist grün markiert, die Probenahmen jeweils gelb. Da die Probenahmen jeweils nach bzw. während eines Regenereignisses stattfanden, wurden sie nummeriert:

0. Probenahme: Beprobung bei Trockenwetter vor Ausbringung des Herbizids

Das Glyphosat wurde vom 24. Juni bis zum 26. Juni 2010 auf dem Einzugsgebiet der Drainage ausgebracht.

1. Probenahme 1. Beprobung nach Ausbringung des Herbizids (4./5. Juli), ein 2-stündiges Abendgewitter mit einer Niederschlagsmenge von ca. 14 L/m²

2. Probenahme 2. Beprobung (22./23. Juli), mehrstündiges Regenereignis mit einer Niederschlagsmenge von ca. 20 L/m²

3. Probenahme 3. Beprobung (26. bis 29. Juli), länger andauerndes und ergiebiger Regenereignis mit einer Niederschlagsmenge von ca. 50 L/m²

Bei der dritten Probenahme wurde die Probenahmedauer gegenüber den vorherigen Probenahmen um den Faktor 3 verlängert (24 L während 72 Stunden anstelle von 24 L während 24 Stunden).

Von den Gewitterregenereignissen (Mitte Juli) wurden ebenfalls Proben genommen, diese wurden wegen der kurzen Dauer der Regenereignisse jedoch nicht systematisch analysiert.

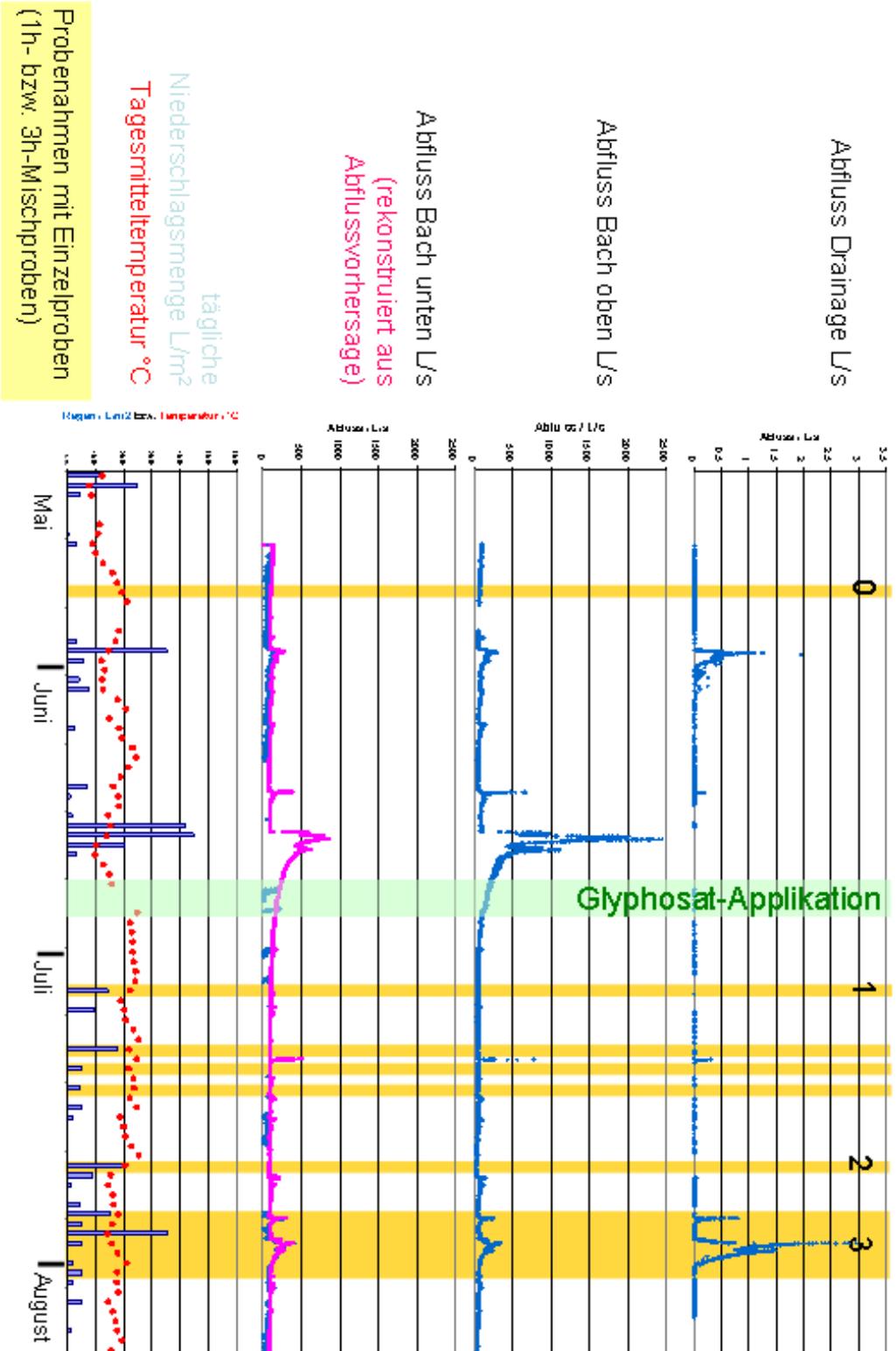


Abb. 4 Übersicht der Probenahmen am RBL. Dargestellt ist der aus der Fließgeschwindigkeit berechnete Abfluss an den drei Messstellen sowie die Tagesniederschlagsmenge. Aufgrund von angeschwemmten Material wurde die Fließgeschwindigkeit an der Messstelle „Bach unten“ nicht zuverlässig aufgezeichnet, so dass der Abfluss aus dem Wasserstand rekonstruiert wurde (Mittlung). Beim Starkregenereignis Mitte Juni vor der Glyphosat-Applikation kam es zu einem Stromausfall an der Messstelle „Drainage“ (keine Daten)

Nachfolgend sind die Analysenresultate der Gleisabwasserproben und Fließgewässerproben dieser Regenereignisse angegeben.

4.1.1 Schwermetalle und Organische Parameter

Mit wenigen Ausnahmen sind die Konzentrationen sehr gering, so dass die Schwankungen zwischen den einzelnen Analysen teilweise auf die natürliche Streuung der Messwerte im Bereich der Bestimmungsgrenze zurückzuführen sind.

In der **Gleisfelddrainage** am RBL kam es bei den Schwermetallen und den organische Parametern zu keiner Überschreitung der theoretischen Anforderungswerte. Diese bestätigen die Befunde aus der orientierenden Beprobung vom Jahr 2009: die Werte für Zn, Fe und Cu lagen in allen Proben unterhalb der Vorjahrswerte. In Tabelle 6 sind alle Ergebnisse der Blindbeprobung und der drei Regenereignisse zusammengefasst. Konzentrationen der EPA-PAK und des KW-Index wurden aufgrund der geringen Werte in den Gleisabwasserproben nach dem ersten Ereignis nicht mehr bestimmt.

Tabelle 6 Analysenresultate RBL: Gleisabwasser aus der Drainage. Angaben in Klammern beziehen sich auf gelöste Gehalte.

Drainage		GUS	DOC	KW-Index	EPA-PAK	Cr	Fe	Cu	Zn
Einheit		mg/L	mg/L	mg/L	µg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Theoretischer Anforderungswert Abwasserqualität ¹⁾		20	10	10	1	0.05 (0.02)	zus. 0.3 (0.02)	0.05 (0.02)	0.2 (0.05)
Blind	01.06.10	<5	1.25	<0.05	<0.04	0.003	<0.01	0.007	0.013
1. Probenahme	05.07.10	<5	1.04	<0.05	0.079	0.005 (<0.002)	0.008 (<0.01)	0.022 (0.006)	0.019 (0.02)
2. Probenahme	22.07.10	5.8	2.6			0.005 (0.002)	0.1 (<0.01)	0.015 (0.011)	0.017 (0.014)
		<5	2.1			0.005 (0.002)	0.035 (<0.01)	0.01 (0.01)	<0.01 (0.013)
		<5	1.4			<0.002 (0.002)	<0.01 (<0.01)	0.005 (0.005)	0.047 (0.014)
3. Probenahme	26.07.10	5.5	1.63			0.003 (<0.002)	0.019 (<0.01)	0.008 (0.007)	<0.01 (<0.01)
		13	1.46			0.003 (<0.002)	0.015 (<0.01)	0.007 (0.007)	<0.01 (<0.01)
		12	1.15			0.005 (<0.002)	0.028 (<0.01)	0.007 (0.007)	<0.01 (<0.01)
	02.08.10	<5	0.94			0.0068 (<0.002)	0.016 (<0.01)	0.008 (0.005)	<0.01 (<0.01)

¹⁾ Da in der Gesetzgebung für die Einleitung von Gleisabwasser in Oberflächengewässer keine expliziten Einleitwerte aufgeführt sind, wurde für die Beurteilung der Messresultate ein "theoretischer Anforderungswert Abwasserqualität" definiert. Dazu wurden in erster Linie die „Anforderungen an die Wasserqualität“ des Anhangs 2 der Gewässerschutzverordnung (GSchV) herangezogen und unter der Annahme einer zehnfachen Verdünnung die Referenz „theoretischer Anforderungswert Abwasserqualität“ definiert. Waren für Parameter im Anhang 2 keine Werte vorhanden orientierte man sich am Anhang 3.2 GSchV oder der BUWAL-Wegleitung Grundwasserschutz.

Die Dynamik des Schadstoffaustrags mit dem **Gleisabwasser** ist für die einzelnen Parameter unterschiedlich: Die Konzentration an gesamten ungelösten Stoffen

(GUS) nimmt zwar allgemein mit der Dauer des Regenereignisses ab, aber während des 3. Ereignisses wurde das Maximum der Konzentration erst nach mehreren Stunden erreicht. Der Gehalt an gelöstem organischen Kohlenstoff nimmt bei allen beprobten Ereignissen mit der Zeit ab.

Die Schwermetallkonzentrationen zeigten nur bei dem kurzen Regenereignis (2) ein abnehmendes Verhalten (Ausnahme: Zn steigt), während des länger andauernde Ereignisses (3) waren die gemessenen Konzentrationen stabil.

Die Analysenergebnisse für die Messstelle „**Bach oben**“ im Spreitenbacher Dorfbach sind in Tabelle 7 zusammengefasst. Die Anforderungen der Gewässerschutzverordnung werden hier bereits teilweise für die Parameter DOC, Cr, Cu und Zn überschritten. Auch diese bestätigen die Werte der orientierende Beprobung 2009, dort konnte ebenfalls ein erhöhter Cu-Wert festgestellt werden. Auf die Analyse der EPA-PAK und des KW-Index wurde nach der ersten Beprobung verzichtet, da die Befunde wiederum unter der Bestimmungsgrenze lagen. Dabei ist anzumerken, dass die Bestimmungsgrenze (0.05 mg/L) für „Kohlenwasserstoffindex in Wasser“ bei dem verwendeten Analyseverfahren (GC-FID) oberhalb der Qualitätsanforderung von 0.001 mg/L pro Stoff lag.

Tabelle 7 Analysenergebnisse Spreitenbacher Dorfbach, Messstelle „Bach oben“. Angaben in Klammern beziehen sich auf gelöste Gehalte, **fett dargestellt** sind Überschreitungen der Qualitätsanforderung

Bach oben		GUS	DOC	KW-Index	EPA-PAK	Cr	Fe	Cu	Zn
Einheit		mg/L	mg/L	mg/L	µg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Qualitätsanforderung		2 ¹⁾		0.001 ²⁾	0.1 ²⁾	0.005 ¹⁾ (0.002) ¹⁾	zus. 0.3 ³⁾	0.005 ¹⁾ (0.002) ¹⁾	0.02 ¹⁾ (0.005) ¹⁾
Blind	MP1-4	<5	1.94	<0.05	<0.04	<0.002	<0.01	0.005	<0.01
	MP21-24	<5	1.6	<0.05	<0.04	<0.002	<0.01	0.004	<0.01
1. Probe-nahme	MP1-4	<5	1.35	<0.05	0.061	0.009 (<0.002)	0.058 (<0.01)	0.009 (0.002)	0.012 (<0.01)
2. Probe-nahme	MP1-2	<5	2			0.003 (<0.002)	0.081 (<0.01)	0.005 (0.004)	0.021 (0.025)
	MP6-7	<5	2.8			0.005 (<0.002)	0.09 (<0.01)	0.002 (0.002)	<0.01 <0.01
	MP23-24	<5	2.3			0.005 (<0.002)	<0.01 (<0.01)	<0.002 (<0.002)	<0.01 (<0.01)
3. Probe-nahme	MP1-2	170	1.88			0.002 (<0.002)	1.5 (<0.01)	0.005 (0.002)	0.025 (<0.01)
	MP12-13	52	1.54			<0.002 (<0.002)	0.15 (<0.01)	0.003 (<0.002)	<0.01 (<0.01)
	MP19-20	72	1.93			0.004 (<0.002)	0.41 (<0.01)	0.005 (0.003)	<0.01 (<0.01)
	MP23-24	<5	2.14			0.011 (<0.002)	0.33 (<0.01)	0.004 (<0.002)	<0.01 (<0.01)

¹⁾ Anforderungen gemäss GSchV, Anh 2, Ziff. 12 „Anforderungen an die Wasserqualität“

²⁾ Anforderung gemäss GSchV, Anh 2, Ziff. 22, „zusätzliche Anforderungen für Grundwasser, das als Trinkwasser genutzt wird“

³⁾ Wegleitung Grundwasserschutz, Anh A1

Die Analysenresultate für die Messstelle „**Bach unten**“ (nach Einleitung des Gleisabwassers) sind in Tabelle 8 zusammengefasst. Man findet Überschreitungen der gleichen Parameter wie an der Messstelle „Bach oben“, mit der Ausnahme, dass auch in der zweiten Mischprobe der 2. Probenahme der Wert für gelöstes Cu überschritten wird. Das der Wert für Cr in der 1. Probe (MP1-4) geringer ist als zum selben Zeitpunkt an der Messstelle „Bach oben“ (0.004 mg/L im Vgl. zu 0.009 mg/L) ist mit der Unsicherheit in der Konzentrationsbestimmung zu erklären: die analytische Messunsicherheit beträgt bei diesen geringen Werten ca. 20 bis 30%, so dass die Werte eigentlich unterscheidbar wären. Hinzu kommen aber noch die Umstände bei der Probenahme (andere Matrix, Beprobung des entsprechenden Wasservolumens nur ca. auf eine Viertelstunde exakt), so dass man davon ausgehen kann, dass die Werte im Rahmen der Gesamtunsicherheit wahrscheinlich identisch sind.

Tabelle 8 Analysenresultate Spreitenbacher Dorfbach, Messstelle „Bach unten“. Angaben in Klammern beziehen sich auf gelöste Gehalte, **fett dargestellt** sind Überschreitungen der Qualitätsanforderung

Bach unten		GUS	DOC	KW-Index	EPA-PAK	Cr	Fe	Cu	Zn
Einheit		mg/L	mg/L	mg/L	µg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Qualitätsanforderung		2 ¹⁾		0.001 ²⁾	0.1 ²⁾	0.005 ¹⁾ (0.002)	zus. 0.3 ³⁾	0.005 ¹⁾ (0.002)	0.02 ¹⁾ (0.005)
Blind	MP1-4	<5	20.8	<0.05	<0.04	<0.002	<0.01	0.007	0.012
	MP21-24	<5	1.68	<0.05	<0.04	<0.002	<0.01	0.004	<0.01
1. Probenahme	MP1-4	<5	1.32	<0.05	0.022	0.004 (<0.002)	0.074 (<0.01)	0.006 (<0.002)	<0.01 (<0.01)
2. Probenahme	MP1-2	36	2.1			0.004 (<0.002)	0.31 (<0.01)	0.006 (0.004)	0.023 (0.015)
	MP6-7	12	2.5			0.004 (<0.002)	0.15 (<0.01)	0.004 (0.003)	<0.01 (<0.01)
	MP23-24	<5	1.9			<0.002 (<0.002)	<0.01 (<0.01)	<0.002 (<0.002)	<0.01 (<0.01)
3. Probenahme	MP1-2	200	1.87			0.004 (<0.002)	1.1 (<0.01)	0.009 (<0.002)	0.024 (<0.01)
	MP12-13	80	1.69			0.006 (<0.002)	0.1 (<0.01)	0.004 (<0.002)	<0.01 (<0.01)
	MP19-20	57	1.83			0.003 (<0.002)	0.24 (<0.01)	0.006 (<0.002)	<0.01 (<0.01)
	MP23-24	71	1.83			0.0099 (<0.002)	0.34 (<0.01)	0.006 (<0.002)	<0.01 (<0.01)

¹⁾ Anforderungen gemäss GSchV, Anh 2, Ziff. 12 „Anforderungen an die Wasserqualität“

²⁾ Anforderung gemäss GSchV, Anh 2, Ziff. 22, „zusätzliche Anforderungen für Grundwasser, das als Trinkwasser genutzt wird“

³⁾ Wegleitung Grundwasserschutz, Anh A1

Aus den Analysenresultaten kann folgendes geschlossen werden

- Das beprobte Gleisabwasser genügt hinsichtlich der gemessenen Schwermetalle und der organische Parametern den theoretischen Anforderungswerten

- Dies gilt sowohl für den gelösten Gehalt als auch für den Gesamtgehalt der gemessenen Parameter im Gleisabwasser
- Die Einleitung des Arealabwassers (Gleisabwasser einschliesslich Strassenabwasser) führte bei den gemessenen Schwermetallen und den organischen Parametern nur in einem einzigen Fall zu einer Erhöhung der Konzentration im Bachunterlauf, die über den Anforderungen der Gewässerschutzverordnung lag (gelöstes Kupfer)

4.1.2 Glyphosat

In Tabelle 9 sind die Ergebnisse der Glyphosat- und AMPA-Messungen der Eawag (H. Singer) von den Probenahmestellen am RBL gezeigt.

Tabelle 9 Übersicht der Glyphosatmessungen, der Massenfluss ist berechnet aus der gemessenen Konzentration und dem gemessenen Abfluss.

Glyphosat-Analytik		Datum	Uhrzeit	Abfluss	Konzentration		Massenfluss	
					Glyphosat	AMPA	Glyphosat	AMPA
				L/s	ng/L	ng/L	g/h	g/h
Bach oben	Blind	29.05.2010	05:02	55.00	<10	<10	-	-
		30.05.2010	01:02	54.00	<10	<10	-	-
	1. Ereignis	06.07.2010	08:01	53.00	<10	<10	-	-
	2. Ereignis	10.07.2010	22:05	255.00	7'800	600	7.160	0.551
		10.07.2010	23:05	147.00	910	230	0.482	0.122
		11.07.2010	00:05	70.00	590	<10	0.149	-
	3. Ereignis	23.07.2010	02:27	112.00	26	68	0.010	0.027
		23.07.2010	17:27	97.00	12	14	0.004	0.005
		25.07.2010	20:27	45.00	<10	<10	-	-
	Bach unten	Blind	29.05.2010	04:41	55.05	<10	<10	-
30.05.2010			00:41	54.01	<10	<10	-	-
1. Ereignis		06.07.2010	07:51	53.15	70'000	1'400	13.394	0.268
2. Ereignis		10.07.2010	22:13	255.13	19'000	3'700	17.451	3.398
		10.07.2010	23:13	147.05	8'300	1'500	4.394	0.794
		11.07.2010	00:13	70.01	5'600	970	1.411	0.244
3. Ereignis		23.07.2010	02:30	112.01	2'400	1'100	0.968	0.444
		23.07.2010	17:30	97.01	1'100	490	0.384	0.171
		25.07.2010	20:30	45.00	23	41	0.004	0.007
Drainage		Blind	01.06.2010	11:00	0.05	170	270	0.00003
	1. Ereignis	06.07.2010	08:17	0.01	170	92	0.00000	0.00000
	2. Ereignis	10.07.2010	22:11	0.15	1'700	1'000	0.00092	0.00054
		10.07.2010	23:11	0.13	2'200	1'400	0.00103	0.00066
		11.07.2010	00:11	0.05	1'500	980	0.00027	0.00018
	3. Ereignis	23.07.2010	03:46	0.01	560	730	0.00002	0.00002
		23.07.2010	19:16	0.01	360	540	0.00001	0.00002
	25.07.2010	22:16	0.01	280	270	0.00001	0.00001	

Vor der jährlichen Ausbringung des Herbizids konnte in den mit „Blind“ bezeichneten Proben aus dem Ober- und Unterlauf des Bachs kein Glyphosat und kein AMPA nachgewiesen werden (<10 ng/L). Die Probe aus der Drainage (Schöpfprobe aus stehendem Wasser) zeigte hingegen eine Belastung mit Glyphosat und AMPA von

170 ng/L bzw. 270 ng/L. . Diese Konzentrationen könnten möglicherweise mit den vorjährigen Applikationen im Zusammenhang stehen. Das applizierte Glyphosat adsorbiert stark an den in der Verzögerungsschicht vorhandenen Oberflächen und wird dort auch zu AMPA abgebaut. Bei Regenereignissen wird adsorbiertes Glyphosat und AMPA teilweise rückgelöst.

Im ersten Regenereignis nach Ausbringung des Herbizids (1. Probenahme) konnte im Oberlauf des Bachs wiederum kein Glyphosat nachgewiesen werden (<10 ng/L). In der Drainage wurde die gleiche Glyphosat-Konzentration wie in der Blindprobe nachgewiesen, die AMPA-Konzentration war geringer. Auch hierbei handelte es sich um eine Schöpfprobe, da das Regenereignis nicht ergiebig genug war um den Wasserstand in der Drainage auf den im Probennehmer programmierten Wert anzuheben. Möglicherweise wurde die Probe auch zu früh genommen (2 Stunden nach Ende des Regens), denn die Verzögerungsschicht hält organisches Material zurück. Im Unterlauf des Bachs wurden dagegen sehr hohe Glyphosat- und AMPA-Konzentrationen gefunden. Dies ist ein Hinweis darauf, dass die Glyphosat-Fracht im Unterlauf des Bachs nicht ausschliesslich aus der beprobten Drainage stammen kann, sondern Glyphosat auch in den weiteren Zuleitungen (insbesondere aus der Strassenentwässerung und auch aus dem östlichen Teil der Drainage) zwischen den Messstellen „Bach oben“ und „Bach unten“ vorhanden gewesen sein muss.

In den Proben des zweiten Regenereignisses (2. Probenahme) nach der Glyphosat-Ausbringung sind die Konzentrationen im Bachunterlauf immer noch sehr hoch, jedoch finden sich jetzt auch hohe Glyphosat- und AMPA-Konzentrationen im Oberlauf und in der Drainage. Im weiteren Verlauf dieses Regenereignisses nehmen die Konzentrationen an den Messstellen im Bach ab. In der Drainage wird der höchste Konzentrationswert in der Mischprobe der zweiten Stunde nach Ansprechen des Probensammlers gefunden.

Um den Verlauf der Glyphosat-Auswaschung über einen längeren Zeitraum beurteilen zu können, wurden für die dritte Probenahme die Probensammler so eingestellt, dass nach Regenbeginn über drei Tage anstelle von 24 Stunden Proben gesammelt wurden. Bei diesem dritten Ereignis handelte es sich um ein mehrtägiges Regenereignis.

Über den längeren Zeitraum nehmen die Konzentrationen in den Proben von allen drei Messstellen ab. Im Oberlauf des Bachs sinken sie sogar unter die Bestimmungsgrenze. Die Glyphosat-Konzentration im Bachunterlauf nimmt innerhalb von 64 Stunden um den Faktor 100 ab. Die Konzentration in der Drainage nimmt im gleichen Zeitraum etwa um die Hälfte ab.

Zu keiner Zeit können die Konzentrationen im Unterlauf des Baches mit der zusätzlichen Einleitung aus der beprobten Drainage erklärt werden. Die Massenflüsse von Glyphosat und AMPA die mit dem Drainagewasser abgeleitet werden sind stets um Grössenordnungen kleiner als die Differenz aus Unterlauf und Oberlauf des Baches.

Plausibilisierung der Resultate

Die tatsächlich ausgebrachte Menge an Glyphosat beträgt für die gesamte R-Gruppe des RBL 3.24 kg. Das Einzugsgebiet der beprobten Drainage entwässert

ca. 85% dieser Fläche. Die restliche Fläche wird durch die Drainageleitung östlich des Autobahnzubringers entwässert und erst hinter der Messstelle „Drainage“ werden die beiden Gleisabwässer vor dem Havariebecken vereinigt (siehe Abb. 2).

Die unversiegelte Arealfläche der R-Gruppe beträgt 317'000 m². Auf diese Fläche regnete es im Monat Juli 2010 155 L/m², also insgesamt 49'135'000 L. Würde das gesamte Regenwasser gefasst und dabei das gesamte ausgebrachte Glyphosat aufnehmen, so ergäbe sich eine Konzentration von Glyphosat im Gleisabwasser von 65.9 µg/L. Ist diese Konzentration ausreichend hoch, um die hohen Werte im Bachunterlauf zu erklären?

Die durchschnittliche Glyphosat-Konzentration an der Messstelle „Bach unten“ beträgt während der ersten Regenereignisse nach der Ausbringung ca. 5 µg/L. Der Bach hat im Monat Juli einen Gesamtabfluss von ca. 156'800'000 L, d.h. das Verhältnis zum Niederschlagswasser aus dem Areal des RBL im gleichen Zeitraum beträgt ca. 1:3. Würde das gesamte Niederschlagswasser gefasst und in den Bach geleitet, so müsste es folglich eine Glyphosat-Konzentration von ca. 22 µg/L aufweisen. Dies liegt in der gleichen Grössenordnung wie die oben abgeschätzte Maximalkonzentration im Gleisabwasser.

Tatsächlich finden sich in der beprobten Drainage aber nur ca. 0.4% des auf das gesamte Areal niedergehenden Regens, d.h. die Glyphosat-Konzentration in einem solchen Gleisabwasser müsste beträchtlich höher sein als die maximal gemessenen 2.2 µg/L, nämlich ca. 3'750 µg/L.

Berechnet man aus der durchschnittlich im Bachunterlauf gefundenen Konzentration die Frachten, so kann für die drei beprobten Regenereignisse von einer Durchschnittsfracht von Glyphosat von 3 g/h ausgegangen werden. Während der 17 Regentage im Juli wären dann also (17d x 24 h/d x 3 g/h) 1'224 g Glyphosat transportiert worden. Hiervon ist noch die durchschnittliche Fracht im Oberlauf des Baches von 360 g (entsprechend durchschnittlich 0.9 g/h) abzuziehen und es verbleiben ca. 860 g Glyphosat aus dem Bereich des RBL, die durchaus in der Grössenordnung der ausgebrachten Menge (3.24 kg, s.o.) liegen. Aus der untersuchten Drainageleitung (durchschnittlich 6·10⁻⁴ g/h) stammen folglich nur 0.03%. Es ist daher davon auszugehen, dass die hohen Glyphosatwerte auf Zuläufe aus dem SBB-Areal zurückzuführen sind, welche nicht beprobt wurden.

Dafür in Frage kommen die zusätzlichen Einleitungen (Drainage des östlichen Teils des RBL, Strassenabwasser, Sickerwasser aus den schadhaften Bauteilen sowie die beiden Zuläufe unbekannter Herkunft. Mit Ausnahme des östliche Teils der Drainage wurde der Wassereintrag während und nach eines Regenereignisses grob bestimmt: Aus den Befunden kann geschlossen werden, dass

- a) nach einem Regenereignis der grösste Teil des Sickerwassers im Bach aus der Drainage via Havariebecken (in das die beprobte westliche Drainage mündet) stammt,
- b) die Strassenentwässerung erwartungsgemäss nur während eines Regenereignisses Wasser liefert,

c) die anderen Zuleitungen (Drainagen unbekannter Herkunft sowie die Leckagen im Beton) nur in (sehr) geringem Umfang Sickerwasser führen und deshalb nicht für den Haupteintrag an Glyphosat verantwortlich sein können.

Beurteilung

Aus den Messungen können die Herbizidresultate folgendermassen beurteilt werden:

1. In der Drainage wird Glyphosat und AMPA schon vor der turnusmässigen Ausbringung im Frühsommer gefunden. Aufgrund der relativ hohen AMPA-Werte kann vermutet werden, dass es sich beim Glyphosat um Reste einer vorjährigen Applikation handelt.
2. Nach der Ausbringung findet ein signifikanter Anstieg der Herbizid-Konzentration in der Drainage erst bei grösseren Regenmengen statt. Das ist sicher ein Effekt der baulichen Gegebenheiten (Sorption, Verzögerungsschicht, grosse Fläche, lange Drainageleitung)
3. Die Glyphosat-Konzentrationen im Gleisabwasser in der Drainage übersteigen zeitweise den theoretischen Anforderungswert von 1'000 ng/L
4. Die hohen Belastungen oberhalb der Qualitätsanforderung der GSchV ($<0.1 \mu\text{g/L}$) im Bachunterlauf können jedoch nicht mit der Einleitung aus der beprobten Gleisdrainage allein erklärt werden. Der grösste Teil der Belastung muss aus den weiteren Zuleitungen zum Bach innerhalb des Areals des RBL stammen (insbesondere aus der Strassenentwässerung, eher wenig aus den schadhafte Bauteilen und den Drainagen unbekannter Herkunft)
5. Der grösste Anteil an den hohen Belastungen im Bachunterlauf ist definitiv auf Einleitungen aus dem Areal des RBL zurückzuführen. Auch wenn der Spreitenbacher Dorfbach oberhalb der RBL-Einleitungen zeitweise stark mit Glyphosat belastet ist (von Null bis 20% der zeitgleich gemessenen Belastung im Bach unterhalb des RBL), stammen 80% bis 100% der Belastung im Bach unterhalb der Einleitstellen vom Areal des RBL.
6. Die Konzentrationen nehmen an allen drei Messstellen mit der Anzahl der Regenereignisse nach Ausbringung des Herbizids ab. Aufgrund der Befunde an der Messstelle „Bach oben“ lässt sich schliessen, dass zum Zeitpunkt der Probenahmen ebenfalls nur einmal Glyphosat ausgebracht wurde.

4.2 Gleisabwasser Viadukt Hardturm

Das Gleisabwasser am Viadukt Hardturm wurde insgesamt dreimal beprobt. Die erste Probenahme während eines Regenereignisses wurde nach 24 Stunden wiederholt. Während des lang andauernden Regenereignisses Ende Juli wurde eine 2. Beprobung durchgeführt. Insgesamt hat man damit drei unterschiedliche Zustände beprobt: Beginn des Regenereignisses (1. Beprobung A), während des Regenereignisses (2. Beprobung) und nach einem Regenereignis (1. Beprobung B).

Der KW-Index sowie die EPA-PAK wurden bei der zweiten Beprobung aufgrund der geringen Werte in den vorherigen Beprobungen nicht mehr bestimmt.

In Tabelle 10 sind die Ergebnisse der Beprobungen zusammengefasst. Auch hier genügt das Gleisabwasser dem theoretischen Anforderungswert Abwasserqualität (Tabelle 2).

Tabelle 10 Analysenresultate der Beprobungen des Gleisabwassers am Viadukt Hardturm. Werte in Klammern beziehen sich auf Konzentrationen der gelösten Stoffe

Viadukt Hardturm		GUS	DOC	KW-Index	EPA-PAK	Cr	Fe	Cu	Zn
Einheit		mg/L	mg/L	mg/L	µg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
theoretischer Anforderungswert Abwasserqualität ¹⁾		20	10	10	1	0.05 (0.02)	zus. 0.3	0.05 (0.02)	0.2 (0.05)
1. Beprobung A	05.07.10	<5	1.67	<0.05	0.48 Anthracen	0.006 (0.002)	0.35 (0.012)	0.016 (0.014)	0.021 (<0.01)
1. Beprobung B	06.07.10	5	1.89	<0.05	0.1 Anthracen	0.003 (0.003)	0.34 (<0.01)	0.019 (0.009)	0.036 (<0.01)
2. Beprobung	29.07.10	16	1.33			(<0.002)	(0.018)	0.008	(<0.01)

¹⁾ Da in der Gesetzgebung für die Einleitung von Gleisabwasser in Oberflächengewässer keine expliziten Einleitwerte aufgeführt sind, wurde für die Beurteilung der Messresultate ein „theoretischer Anforderungswert Abwasserqualität“ definiert. Dazu wurden in erster Linie die „Anforderungen an die Wasserqualität“ des Anhangs 2 der Gewässerschutzverordnung (GSchV) herangezogen und unter der Annahme einer zehnfachen Verdünnung die Referenz „theoretischer Anforderungswert Abwasserqualität“ definiert. Waren für Parameter im Anhang 2 keine Werte vorhanden orientierte man sich am Anhang 3.2 GSchV oder der BUWAL-Wegleitung Grundwasserschutz

Im Rahmen der Beprobungen des Gleisabwassers vom Viadukt Hardturm wurden keine Überschreitungen der theoretischen Anforderungswerte festgestellt. Eine offensichtliche Dynamik ist in den gefundenen Konzentrationen nicht erkennbar (keine erhöhten Werte zu Beginn eines Regenereignisses).

4.3 Sedimente

Neben den gelösten Schadstoffen werden auch partikulär gebundene Schadstoffe mit dem Gleisabwasser ausgetragen. Abhängig von deren Grösse und den Strömungsverhältnissen können diese Teilchen die Gewässergüte beeinflussen. Aus diesem Grund wurden Feststoffproben sowohl aus dem Schacht am Viadukt Hardturm als auch aus dem Spreitenbacher Dorfbach ober- und unterhalb der Einleitstelle des RBL-Abwassers analysiert. In der Drainageleitung am RBL wurde kein Sediment vorgefunden.

Neben den Parametern die auch in den Wasserproben bestimmt wurden, wurden die Feststoffproben des Bachs noch auf weitere Schwermetalle untersucht. In Tabelle 11 sind die Analysenresultate der drei Feststoffproben zusammen gefasst.

Da im Schacht am Viadukt Hardturm nur sehr wenig Feststoffe vorhanden waren, wurden 10 L des Gleisabwassers filtriert und der Filtrierückstand analysiert. Da dies nur eine sehr geringe Menge Feststoff ergab, sind die entsprechenden Bestimmungsgrenzen vergleichsweise hoch.

Tabelle 11 Analysenergebnisse der Feststoffproben

Parameter	Einheit	TVA, unverschmutzter Aushub	TVA Inertstoffe	VBBö Richtwerte	Viadukt Hardturm	RBL Bach oben	RBL Bach unten
KW-Index	mg/kg	50	500		<10'000	30	35
EPA-PAK	mg/kg	3	25	1	39	1	12
Cr	mg/kg	50	500	50	100	34	52
Fe	mg/kg				61'000		
Cu	mg/kg	40	500	40	1'400	12	15
Zn	mg/kg	150	1'000	150	1'100	72	83
Arsen	mg/kg	15	30			<15	<15
Barium	mg/kg					<100	<100
Beryllium	mg/kg					<1	<1
Blei	mg/kg	50	500	50		<10	14
Bor	mg/kg					<50	<50
Cadmium	mg/kg	1	10	0.8		<1	<1
Kobalt	mg/kg					<10	<10
Molybdän	mg/kg			5		<5	<5
Nickel	mg/kg			50		12	17
Quecksilber	mg/kg	1	2	0.5		<0.1	<0.1

Vergleicht man die gefundenen Feststoff-Konzentrationen mit den TVA-Grenzwerten bzw. den Richtwerten gemäss VBBö, dann zeigt sich am Standort Viadukt Hardbrücke eine Überschreitung bei den Parametern EPA-PAK, Cr, Cu und Zn.

Das Bachsediment im Spreitenbacher Dorfbach unterhalb der Einleitungen vom Areal des RBL überschreitet diese Grenz- bzw. Richtwerte bei den EPA-PAK und geringfügig auch bei Cr. Vergleichbare Werte für die Parameter Cr, Cu und Zn wurden auch im Gleisaushub gefunden [6]. In Abb. 5 sind die entsprechenden Konzentrationen des untersuchten Feststoffrückstands vom Viadukt Hardturm mit denen von Gleisaushub des Bahnhofs Fehraltorf aufgetragen. Diese Untersuchungen wurden am Schlammanteil von Gleisaushubmaterial durchgeführt. Das Material besteht aus dem Feinanteil des durch den normalen Fahrbetrieb und Verwitterung entstehenden Schotterabriebs im Gleisbett. An diesen lagern sich unter anderem auch die Schwermetalle an, bzw. Schwermetallpartikel werden in diesem Material zurückgehalten. Den grössten Anteil in diesem Material machen naturgemäss die mineralischen Bestandteile aus.

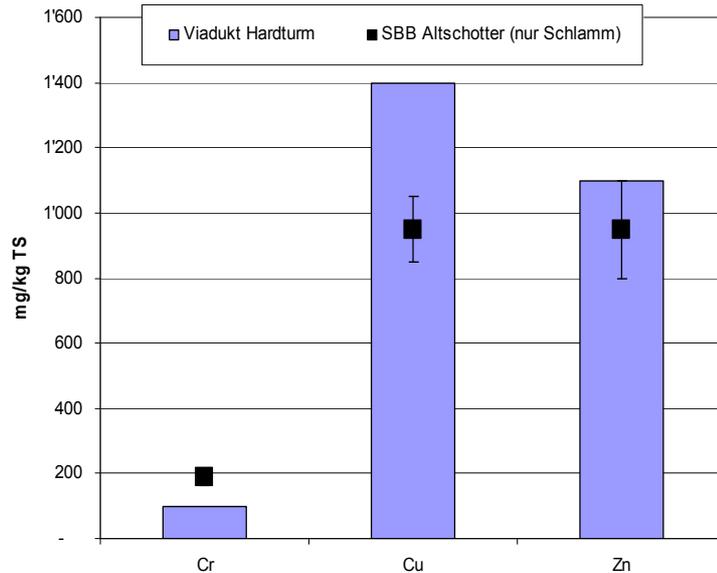


Abb. 5 Vergleich der Metallkonzentrationen im Sediment vom Viadukt Hardturm mit Schotterabrieb aus dem Bahnhof Fehraltorf (aus [6])

4.4 Zusammenfassung Resultate

4.4.1 „Hot spot“-Charakter der gewählten Standorte

Hinsichtlich des „Hot spot“-Charakters der beiden Standorte muss man zwischen gelösten und ungelösten Stoffen unterscheiden. Sowohl der Standort RBL als auch das Viadukt Hardturm sind aufgrund der Emissionen aus dem Betrieb für die gelösten Schadstoffe als repräsentativ anzusehen. Für Glyphosat muss einschränkend hinzugefügt werden, dass dessen Konzentration im Gleisabwasser stark vom vorliegenden Untergrund abhängig ist (Sorptions).

Aufgrund der baulichen Gegebenheiten am RBL (grosser versickernder Anteil, lange Drainageleitungen) ist dieser Standort für die ungelösten Stoffe sicher nicht repräsentativ. Im Gegensatz dazu werden die partikulären Emissionen am Hardturm (sofern sie nicht durch Verwirbelungen durch den Zugbetrieb vom Gleisbett entfernt und anderweitig deponiert werden) mit dem Niederschlagswasser abgeschwemmt. In dieser Hinsicht stellt dieser Standort wahrscheinlich einen „Hot spot“ dar.

4.4.2 Aussagekraft der Messungen

Die Resultate der orientierenden Beprobung konnten während der Messkampagne 2010 für alle Parameter an allen Standorten bestätigt werden. Neben den absoluten Konzentrationswerten können durch die systematische Probenahme jetzt auch Aussagen zur Dynamik des Schadstoffaustrags mit dem Gleisabwasser formuliert werden. So zeigen z.B. die Konzentrationen im Gleisabwasser des Viadukts Hardturm keine ausgeprägte Dynamik.

Durch die Beprobung mehrerer unterschiedlicher Regenereignisse (kurze Gewitter, mehrstündige und mehrtägige Niederschläge) konnte am Standort RBL eine Dynamik der Schadstoffe im Gleisabwasser gezeigt werden. Bei allen Parametern nehmen die Konzentrationen in der Regel mit zunehmender Regendauer ab. Je länger

das Regenereignis dauert bzw. je grösser die Niederschlagsmenge, umso stärker ist dieser Effekt.

Nicht beobachtet werden konnte jedoch ein sehr starker Anstieg aller Parameter zu Beginn der Regenereignisse. Dies bestätigen z.B. auch die Messungen der Leitfähigkeit in der Drainage des RBL, die im Mittel bei 0.2 mS/cm liegt und zu Beginn der Regenereignisse jeweils eher geringer wird, aber sehr schnell wieder den zuvor beobachteten Wert annimmt. Analog dazu konnte ebenfalls nicht beobachtet werden, dass zu Beginn der Regenereignisse stark erhöhte GUS-Frachten mobilisiert werden.

Da die gemessenen, tiefen Konzentrationen vielfach in der unmittelbaren Nähe der Bestimmungsgrenzen lagen, ist Vorsicht bei der Interpretation der absoluten Zahlen angezeigt. Dies gilt insbesondere für die Werte von Chrom, dessen Maximalwert im Gleisabwasser nur gerade das 3.5-fache der Bestimmungsgrenze erreichte.

4.4.3 Vergleich mit gesetzlichen Anforderungen

Weder im Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer vom 24. Januar 1991 (Gewässerschutzgesetz) (SR 814.20) (GSchG) [10] noch in der Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (SR 814.201) (GSchV) [11] werden expliziten Einleitwerte bezüglich Gleisabwasser aufgeführt. Deshalb wurde für die Beurteilung der Messresultate ein behelfsmässiger Schwellenwert definiert, bei welchem nur von einem geringen Risiko einer Gewässerverschmutzung ausgegangen werden kann (theoretischer Anforderungswert Abwasserqualität“). Dazu wurden in erster Linie die „Anforderungen an die Wasserqualität“ des Anhangs 2 der Gewässerschutzverordnung (GSchV) herangezogen. Die Referenz „theoretischer Anforderungswert Abwasserqualität“ wurde dann unter der Annahme einer zehnfachen Verdünnung definiert. Waren für die Parameter im Anhang 2 keine Werte vorhanden orientierte man sich am Anhang 3.2 GSchV oder der BUWAL-Wegleitung Grundwasserschutz. Dieser theoretische Anforderungswert hat keinen rechtlichen Stellenwert.

Die Gleisabwässer an beiden Standorten genügen hinsichtlich der organischen Parameter und der Schwermetalle diesen theoretischen Anforderungswerten. In Bezug auf das Herbizid Glyphosat wurden im Gleisabwasser des RBL zu hohe Konzentrationen gefunden. Während des zweiten beprobten Regenereignisses nach Ausbringung lagen die Konzentrationen in der Drainage stets höher als der theoretische Anforderungswert von 1'000 ng/L. Ebenso liegen die Glyphosat-Konzentrationen im Bachwasser unterhalb der Einleitstellen des RBL-Areals nach Ausbringung des Herbizids teilweise weit oberhalb der Qualitätsanforderung der GSchV (100 ng/L).

Die Gehalte an EPA-PAK liegen sowohl in den Feststoffen aus dem Spreitenbacher Dorfbach (nur unterhalb der Einleitstelle) als auch im Schacht der Entwässerung des Viadukts Hardturm oberhalb der Grenzwerte der TVA für unverschmutzten Aushub (3 mg/kg) bzw. des Richtwerts der VBBo (1 mg/kg). Die Feststoffe vom Viadukt Hardturm enthält zusätzlich erhöhte Konzentrationen von Cr, Cu und Zn.

5 Diskussion der Resultate im Rahmen vorheriger/bekannter Messungen

5.1 Schwermetalle und Organische Parameter

Direkte Untersuchungen der Schwermetalle im Gleisabwasser in neuerer Zeit sind nicht bekannt. Vergleicht man die gefundenen Maximalkonzentrationen der Gleis-entwässerung mit denen der Strassenentwässerung (aus [9]) so zeigt sich folgendes Bild:

Tabelle 12 Vergleich der Schadstoffkonzentrationen von Gleisabwasser und Strassenabwasser

Parameter	Einheit	Gleisabwasser maximale Konzentration		Strassenabwasser Konzentrationsbereiche	
		gelöst	Feststoff*	gelöst	Feststoff
		mg/L	mg/kg	mg/L	mg/kg
GUS		16		118 bis 388	
KW-Index		<0.05	35	8 (auch kurzkettinge)	
EPA-PAK		0.00048	39	0.0025 bis 0.0056	0.17 bis 7.8
DOC		2.6		7 bis 53	
Cu		0.022	1'400	0.066 bis 0.15	7.3 bis 339
Cr		0.006	34 bis 100	0.002 bis 0.018**	33 bis 78
Fe		0.35	61'000	3.8 bis 8.5	700 bis 20'000**
Zn		0.047	1'100	0.333 bis 0.895	36 bis 905

* Feststoff bezeichnet hier den festen Rückstand im Abwasser

** Angaben gemäss BAFU

Die Konzentrationen der gelösten Stoffe im Gleisabwasser liegen alle tiefer als die im Strassenabwasser. Dies ist auf die stark unterschiedlichen Emissionen der Schadstoffe pro km-Verkehrsweg zurückzuführen. Ein weiterer Grund ist wahrscheinlich der Einfluss des Gleisbetts, in dem der Schotter bzw. dessen Abrieb eine Filterwirkung zeigt.

Die maximalen Schadstoff-Konzentrationen im Feststoff sind in beiden Abwässern vergleichbar. Der höhere Wert beim Cu kann vermutlich dem Abrieb an der Fahrleitung zugeschrieben werden. Es gilt aber zu berücksichtigen, dass der GUS (maximaler Wert Gleisabwasser 16 mg/L) im Strassenabwasser typischerweise wesentlich höher ist.

5.2 Glyphosat

Messungen der Glyphosat- und AMPA-Konzentration an der Versuchsanlage in Schüpfen wurden in den Jahren 1996 bis 98 durchgeführt [7]. Dazu wurde die doppelte der sonst erlaubten Konzentration grossflächig über das Gleisbett ausgebracht, d.h. es wurden nicht nur Pflanzen behandelt, sondern auch unbewachsener Schotter wurde benetzt. Anschliessend wurde während mehrerer Regenereignisse das Sickerwasser beprobt. Die maximale Glyphosat-Konzentration im Sickerwasser betrug 93'000 ng/L. Die ebenfalls im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Beprobungen von Drainagen entlang des SBB-Netzes zeigten maximale Glyphosat-Konzentrationen von 10'000 ng/L.

Umfangreiche Messungen von Glyphosat und AMPA in Drainagen entlang des SBB-Netzes wurden im Rahmen einer Diplomarbeit an der Eawag in enger Zusammenarbeit mit der SBB im Jahr 2007 durchgeführt [8]. Es wurden Gleisabwasserproben von 48 Standorten im gesamten SBB-Netz untersucht. Die Konzentrationen von Glyphosat lagen in diesen Proben zwischen <15 ng/L und 110'000 ng/L. Die AMPA-Konzentrationen lagen zwischen <15 ng/L und 26'000 ng/L. Je nach Standortkategorie lagen die Mittelwerte für Glyphosat an Bahnhöfen und Güterbahnhöfen mit 14'000 ng/L (Median 520 ng/L) am höchsten. Auf Hauptlinien betrug der Mittelwert 4'700 ng/L (Median 570 ng/L) und an Nebenlinien wurden im Mittel 2'000 ng/L gefunden (Median 90 ng/L).

Die maximalen am RBL ermittelten Glyphosat-Konzentrationen im Gleisabwasser liegen also mit 2'200 ng/L im Bereich der oben genannten Konzentrationen.

6 Beurteilung der Gewässerrelevanz

Anfallendes Abwasser muss durch Versickerung, durch Einleitung in Oberflächengewässer oder in die Kanalisation beseitigt werden. Aus der Entsorgung dürfen keine nachteiligen Auswirkungen für oberirdische Gewässer, Grundwasser oder den Boden entstehen. Die Gewässerschutzverordnung unterscheidet zu diesem Zweck zwischen verschmutztem und unverschmutztem Abwasser. Die Behörde hat zu beurteilen, ob ein Abwasser bei der Einleitung in ein Gewässer oder bei der Versickerung als verschmutzt oder unverschmutzt gilt. Bei der Beurteilung sind nicht nur die Eigenschaften des Abwassers und dessen Auswirkung auf die Qualität des Gewässers zu berücksichtigen, sondern auch der Zustand des zur Einleitung vorgesehenen Gewässers.

Mit Bezug auf die Relevanz von Gleisabwässern hinsichtlich Verschmutzung und Einleitung in Oberflächengewässer lassen die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen folgende Schlüsse zu:

- Die Konzentrationen der gelösten Schadstoffe im untersuchten Gleisabwasser sind – mit Ausnahme des Glyphosats – deutlich kleiner als die theoretischen Anforderungswerte gemäss Tabelle 2 (Kap. 2, Seite 8). Die untersuchten Standorte sind diesbezüglich repräsentativ für andere Gleisanlagen.
- Mit Ausnahme von Zink sind die gemessenen Konzentrationen an Schwermetallen, PAK und KW mindestens eine Grössenordnung unter denjenigen, die im Rahmen der Relevanzanalyse auf Basis der Quellenschätzungen berechnet wurden (siehe Tabelle 3, Kap. 2.2, Seite 10). Die Konzentrationswerte der Relevanzanalyse sind, mit Ausnahme des Zinks, somit nicht repräsentativ für Abwasser aus Gleisanlagen. Für diese Schadstoffe muss es andere Senken als das Abwasser geben, wie z.B. Windverfrachtungen oder Adsorptionsprozesse im Gleiskörper.
- Bei Verdünnungsverhältnissen von ca. 1:100, wie sie im System Drainage RBL/Spreitenbacher Dorfbach bestehen, können die Qualitätsanforderungen an das Fliessgewässer gemäss Tabelle 4 (Kap. 2.2, Seiten 10 und 11) – mit Ausnahme des Glyphosats – eingehalten werden.
- Bei deutlich kleineren Verdünnungsverhältnissen ist obige Aussage im Einzelfall zu überprüfen, insbesondere unter Berücksichtigung des Zustandes des Fliessgewässers vor der Einleitung.
- Abschliessende Aussagen zu einer allfälligen Anreicherung des partikulären Anteils von Schadstoffen im Sediment des Oberflächengewässers sind aufgrund der vorliegenden Ergebnisse nicht möglich. Dafür müssten neben der Dynamik der Wasserführung des Oberflächengewässers (Ablagerung, Umlagerung des Sediments) und des Schadstoffeintrags über die Drainage (Frachtbetrachtung) auch die relevanten Adsorptions- und Desorptionsprozesse im Sediment berücksichtigt werden.
- Die Verwendung von Glyphosat führt bei nachfolgenden Regenereignissen zu deutlichen Überschreitungen der theoretischen Anforderungswerten gemäss Tabelle 2 (Kap. 2, Seite 8) und in Abhängigkeit des Verdünnungsverhältnisses zu einer zeitweiligen Überschreitung der Qualitätsanforderungen

gemäss Tabelle 4 (Kap. 2.2, Seiten 10 und 11). Dieses Ergebnis bestätigt die Resultate früherer Untersuchungen zum Glyphosataustrag aus Gleiskörpern.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass bei einer Einleitung von Gleisabwasser in Oberflächengewässer bei Verdünnungsverhältnissen von über 1:10 (Beurteilungsgrundlage der theoretische Anforderungswerte) die Qualitätsanforderungen an das Oberflächengewässer eingehalten werden können, solange auf dem drainierten Gleisabschnitt kein Einsatz von Herbiziden erfolgt und keine zusätzliche Emissionen das Gleisabwasser belasten (wie beispielsweise Zn aus dem Dachabwasser am Bahnhof Flüelen).

7 Ausblick

Zu Beginn der Studie ging es darum, Kriterien zu definieren, mit denen „hot-spots“ im Bahnnetz eruiert werden könnten. Bei diesen „hot-spots“ sollte es sich um Standorte handeln, die das Potential haben, die Gewässer zu verunreinigen.

Die vorliegenden Untersuchungen haben gezeigt, dass es nicht möglich ist, geeignete Kriterien zu bestimmen, die die Identifikation von „hot-spots“ auf dem gesamten Eisenbahnnetz zulassen. Die Arbeiten haben zudem gezeigt, dass selbst bei der Untersuchung potentiell besonders kritischer Standorte das Gefährdungspotential, abgesehen von Glyphosat oder in speziellen Situationen, eher gering ist.

Umgekehrt können aber durchaus einige Aspekte definiert werden, die bei bestimmten Entwässerungssituationen besonderer Aufmerksamkeit und damit besonderer Überlegungen und ggf. Massnahmen bedürfen.

Hinsichtlich *Schwermetalle, PAK und Kohlenwasserstoffen* ist in jedem Fall auf ein genügendes Verdünnungsverhältnis zwischen Gleisabwasser und Vorfluter zu achten.

Wo *Glyphosat* ausgebracht wird, sind die Verdünnungsverhältnisse zusätzlich von besonderer Relevanz. Nachgewiesenermassen wird an vielen Orten die erforderliche Einleitungsqualität nicht erreicht. Es wird nötig sein, Überlegungen anzustellen, wie der Einsatz von Herbiziden bzw. dessen Konsequenzen den gesetzlichen Vorgaben gerechter werden kann.

Die Relevanz der *ungelösten Stoffe* ist noch nicht genügend abgeklärt.

Spezielle Entwässerungssituationen, wie z.B. vorhandene Rückhaltebecken bei Tunnel drainagen müssen fallspezifisch beurteilt werden.

Diese Aspekte müssen im Hinblick auf mögliche Konsequenzen für bestehende Beurteilungskriterien und Massnahmenkataloge vertieft analysiert werden. In einem ersten Schritt gilt es zu überprüfen, ob mit den bestehenden Beurteilungsgrundlagen (insbesondere die Wegleitung "Gewässerschutz bei der Entwässerung von Verkehrswegen") die Risikosituationen zumindest in Standardsituationen korrekt eingeschätzt werden können. In einem zweiten Schritt muss abgeklärt werden, ob die geltenden technischen Regelwerke geeignete Massnahmen für die gesetzeskonforme Entwässerung von Gleisanlagen vorsehen bzw. ob entsprechende Anpassungen der Regelwerke notwendig sind.

Verwendete Unterlagen

- [1] „Gewässerschutz an Bahnanlagen“, Schlusspräsentation Oktober 2004, M. Burkhardt, L. Rossi, M. Boller (Eawag), L. Steidle, J. Albrecht (Geotest)
- [2] „Pflichtenheft Phase 2 v1.2“ vom 2. November 2009, R. Chrétien (SBB)
- [3] „Vegetationskontrolle auf Bahnanlagen“, SBB, BUWAL und BAV, 2001
- [4] „Schlussbesprechung Zwischenschritt“ des Projekts „Gewässerschutz an Bahnanlagen“, 4. Dezember 2006, R. Gälli (BMG Engineering)
- [5] „Relevanzanalyse Gewässerschutz an Bahnanlagen“, Schlussbericht September 2006, R. Gälli (BMG Engineering)
- [6] Chemische Untersuchung von Aushubmaterial, Bericht z.H. SBB, Institut Bachema, 1992
- [7] „Bestimmung von Glyphosat und AMPA auf Bahnanlagen“, Umwelt-Materialien 170, BUWAL, Bern, 2004
- [8] „Flächendeckende Bestandesaufnahme der Belastung von Gleisabwasser mit Glyphosat und AMPA“, Diplomarbeit ETHZ, S. Bohnenblust, 2008
- [9] „Schadstoffabschwemmungen: Am Beispiel von Hochleistungsstrassen“, E. Scheiwiler, GWA 7, 539-546, 2008
- [10] Bundesgesetz vom 24. Januar 1991 über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GSchG, Stand am 1.1.2011)
- [11] Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (GSchV, Stand 1.1.2011)
- [12] Gewässerschutz bei der Entwässerung von Verkehrswegen, Wegleitung BUWAL, 2002
- [13] I. Hanke, H. Singer, J. Hollender, Ultratrace-level determination of glyphosate, aminomethylphosphonic acid and glufosinate in natural waters by solid-phase extraction followed by liquid chromatography–tandem mass spectrometry: performance tuning of derivatization, enrichment and detection, Anal Bioanal Chem 391(6), 2265-2276, 2008

sowie Kartenmaterial in gedruckter und digitaler Form (DfA) von der SBB.

Der Projektleiter

BMG Engineering AG

Christian Braun

René Gälli

Schlieren, Juni 2011

Projekt: SBB Gewässerschutz, 50'963

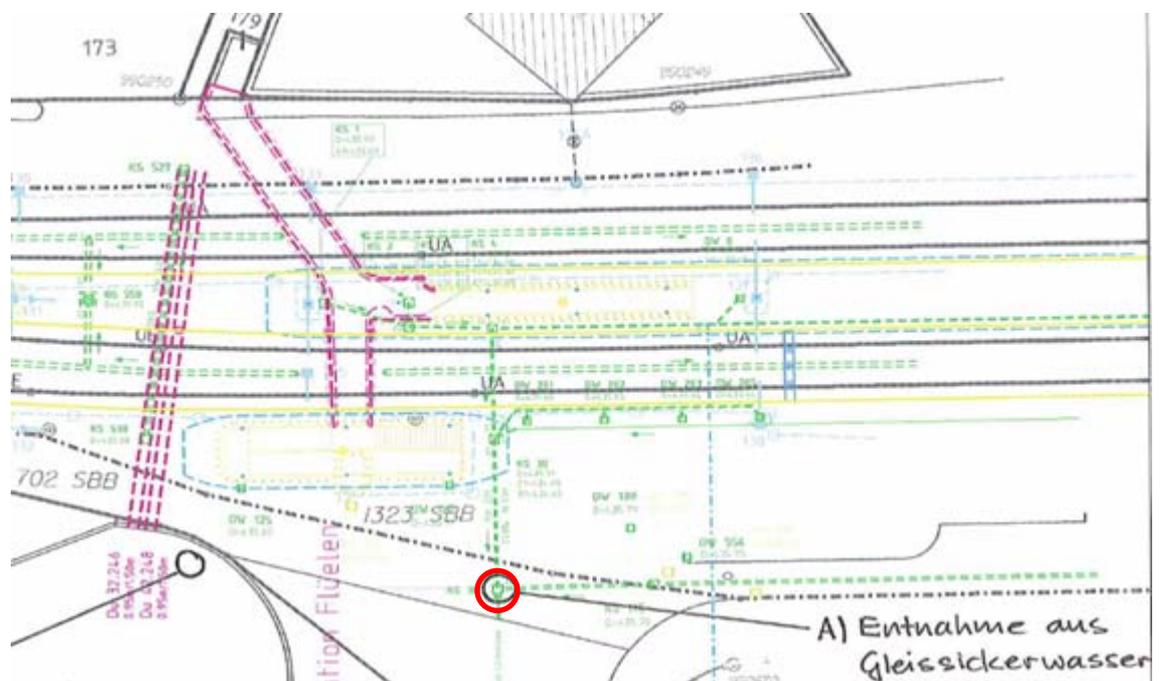
Die BMG Engineering AG hat diese Untersuchung unter Einsatz ihres besten professionellen Könnens und in Übereinstimmung mit allgemein anerkannten Grundsätzen ausgeführt. Die Erkenntnisse und Schlussfolgerungen im Untersuchungsbericht stützen sich auf die der BMG Engineering AG zum Zeitpunkt der Berichtverfassung vorliegenden Informationen. Diese Erkenntnisse und Schlussfolgerungen können nicht unüberprüft auf zukünftige Verhältnisse übertragen werden.

Anhang 1

Standortpläne

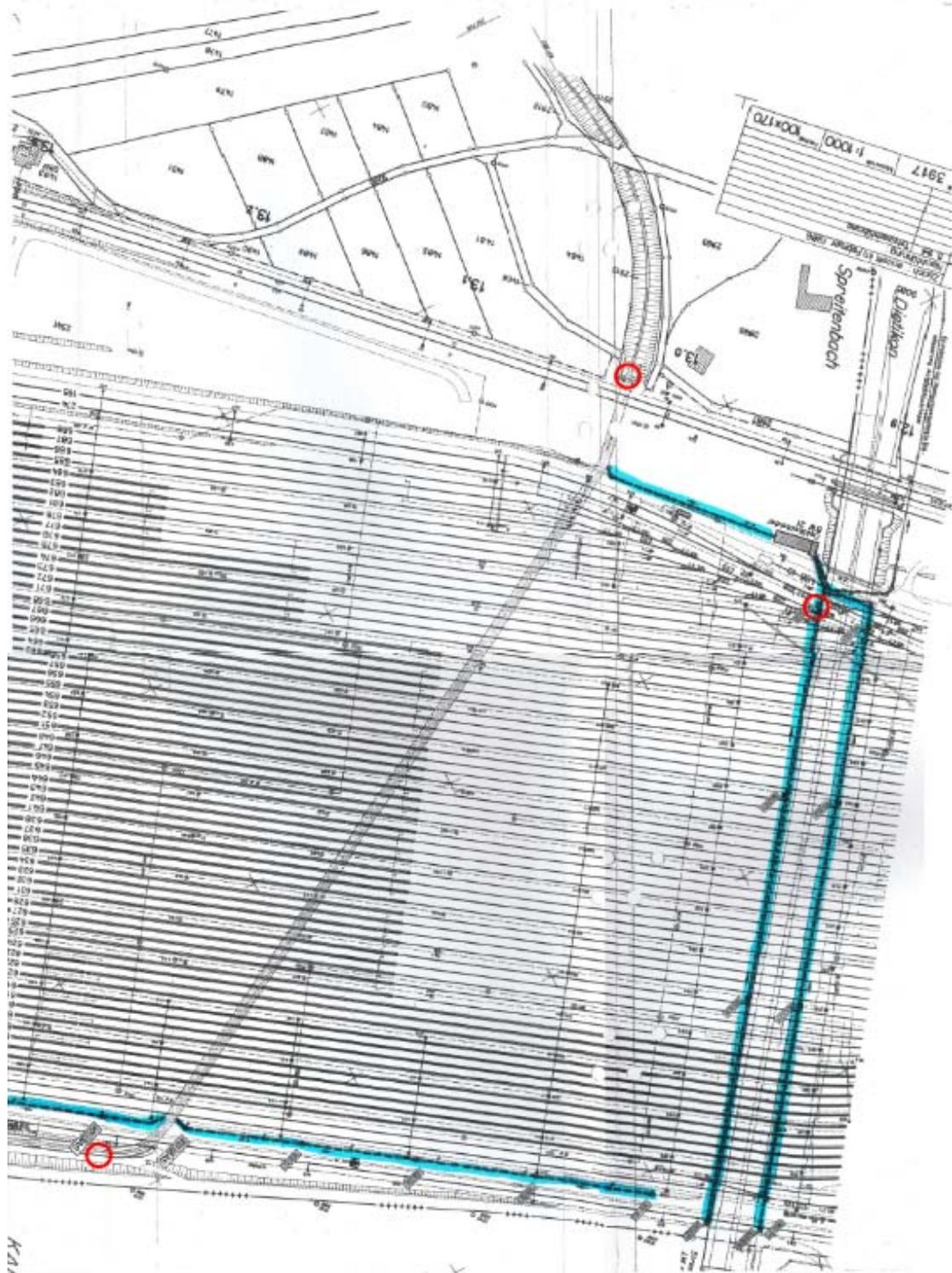
Bahnhof Flüelen

Rot eingezeichnet ist die Probenahmestelle



Rangierbahnhof Limmattal (RBL)

Rot eingezeichnet sind die Probenahmestellen



Viadukt Hardturm

Rot eingezeichnet ist die Probenahmestelle

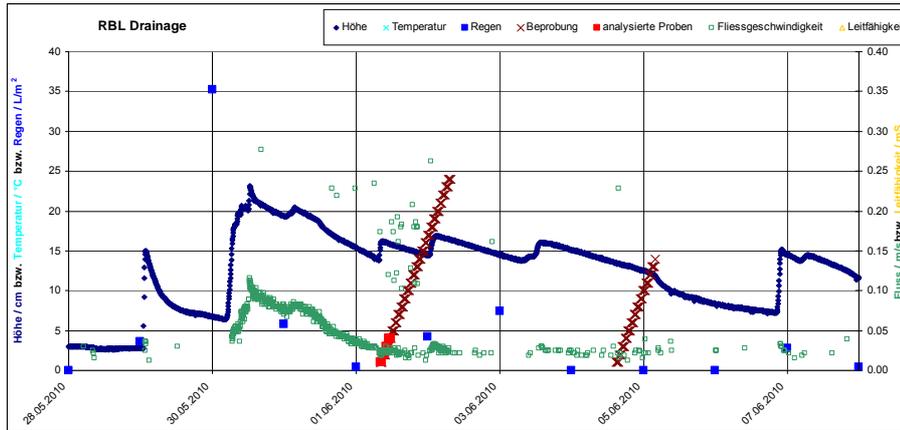


Anhang 2

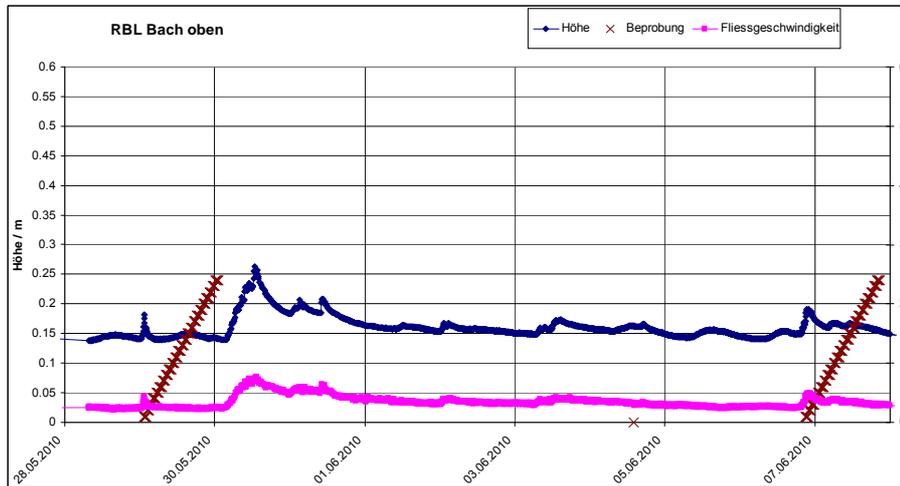
Messdaten der Probenahmen am RBL

- In den folgenden Abbildungen ist jeweils der Wasserstand und die Fließgeschwindigkeit angegeben
- in der Drainage zusätzlich noch Niederschlag, Leitfähigkeit und Temperatur
- die braunen Kreuze in den Abbildungen bezeichnen die Zeitpunkte, an denen der Probensammler Wasser gepumpt hat
- es wurden immer 4 Proben in einer Sammlerflasche gemischt (alle 15 Minuten 250 mL, d.h. 1 L entspricht einer Stunde), es gehören also immer 4 Kreuze zusammen
- die Höhe der Kreuze gibt die Flaschennummer an, es sind also immer 24 Abstufungen (ausser wenn abgebrochen wurde)
- bei den letzte drei Probenahmen wurden 3h-Mischproben vom Sammler hergestellt (12 x 80 mL in eine Flasche gesammelt, d.h. 1 L entspricht 3 Stunden)
- rote Kreuzchen bedeuten von BMG gemischte und vermessenen Proben, von denen auch immer ein Anteil an die Eawag ging
- „Gewitterserien“, die **nicht** bei BMG gemessen wurden:
 - 10./11. Juli: alle 1h-Proben bis 12 und danach alle geraden an der Eawag
 - 12./13. Juli: keine Proben von „Bach oben“, 1h-Proben 1, 2, und 4 an der Eawag
 - 14./15. Juli : kompletter Satz 1h-Proben an der Eawag
 - 16./17. Juli: alle Proben verworfen

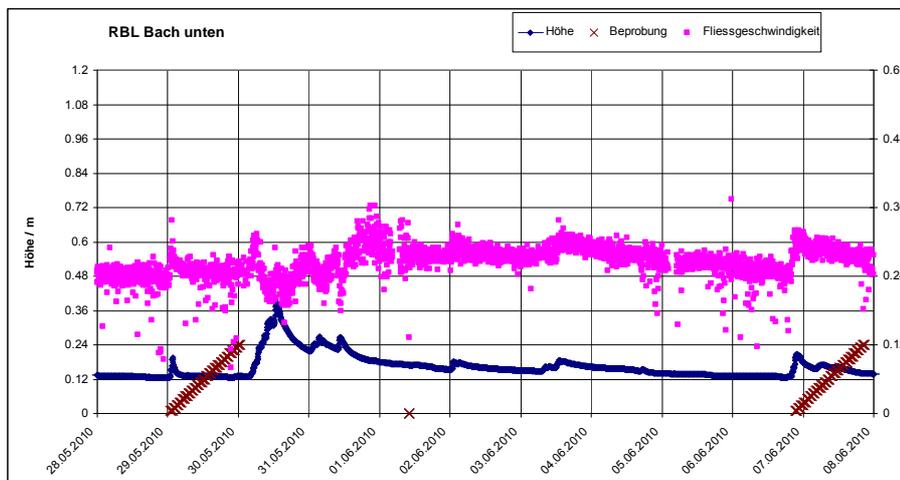
Drainage 28.Mai – 8.Juni



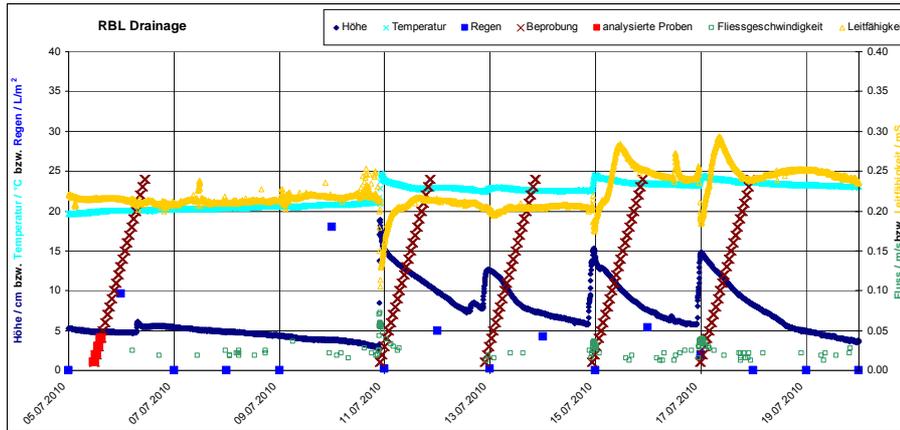
Bach oben 28.Mai – 8.Juni



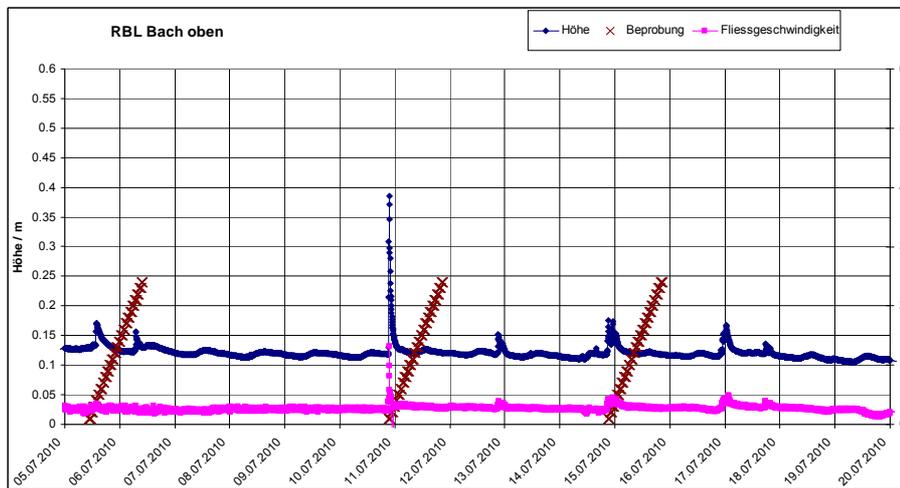
Bach unten 28.Mai – 8.Juni



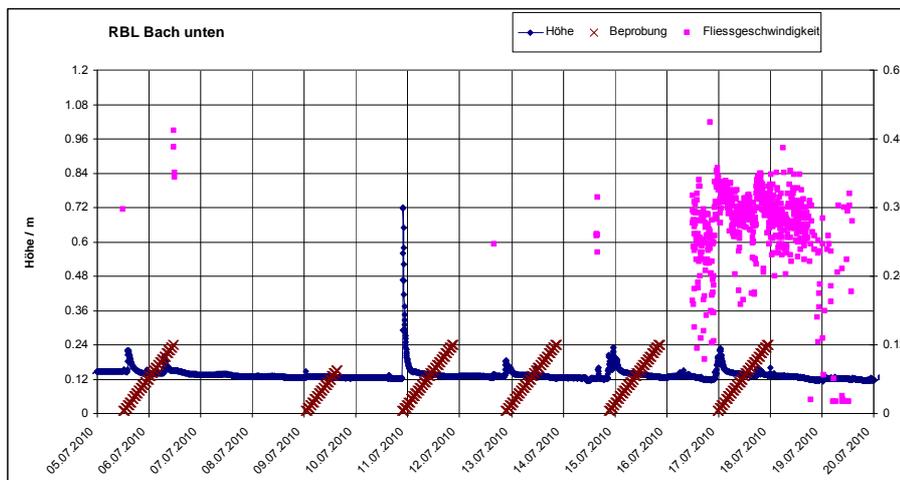
Drainage 5. Juli – 20. Juli



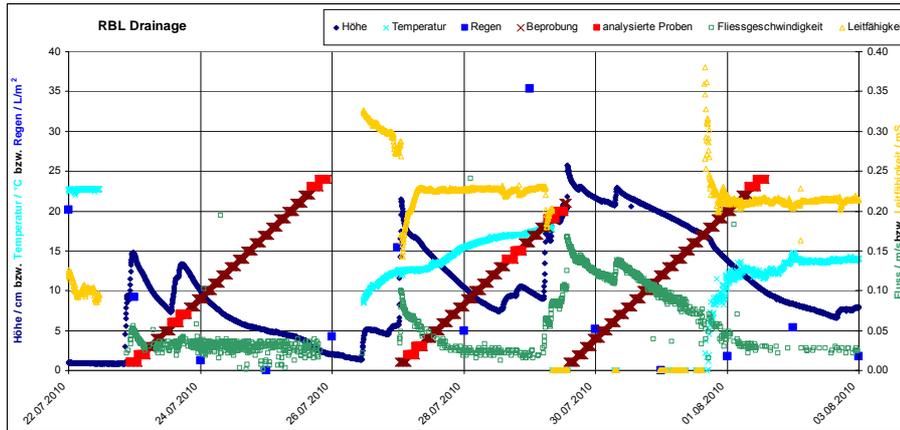
Bach oben 5. Juli – 20. Juli



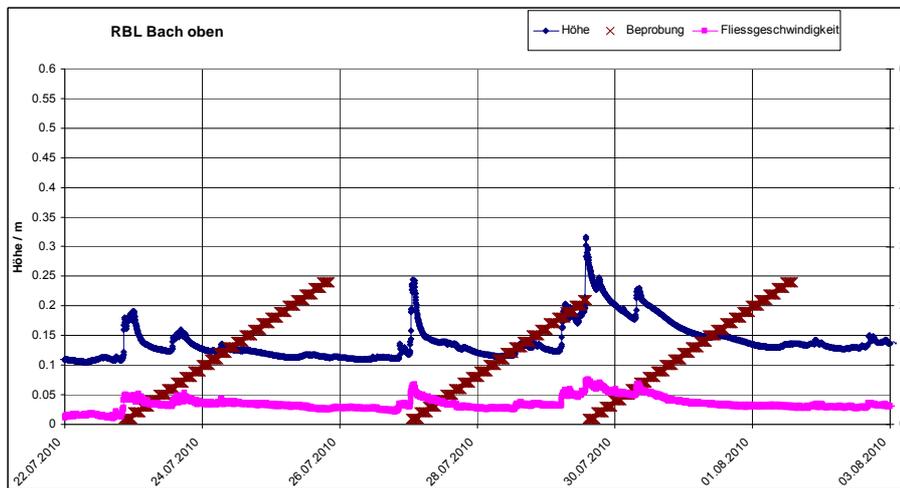
Bach unten 5. Juli – 20. Juli



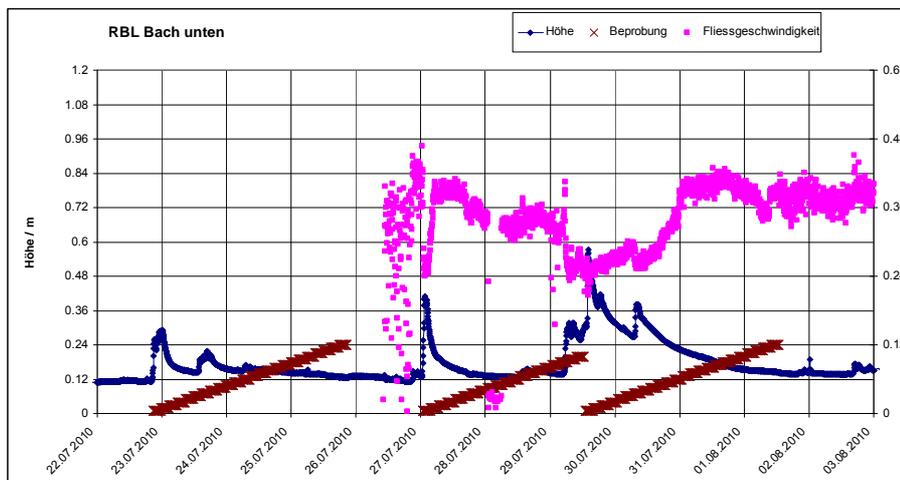
Drainage 22.Juli – 3. August



Bach oben 22.Juli – 3. August



Bach unten 22.Juli – 3. August



Anhang 3

Analysenresultate BMG Labors

Auftraggeber	BMG Engineering AG					
Projekt	SBB Gewässerschutz; 60'963.02					
Auftrag Nr.	A10-00949					
Datum Bericht	28.05.2010					
Probenbezeichnung	RBL oben	RBL unten			TVA unverschmutzter Aushub	TVA Inertstoffe
Tiefe						
Datum Probenahme	21.05.2010	21.05.2010				
Interne Probenbezeichnung	M1005-04149	M1005-04150				
Datum Probeneingang	21.05.2010	21.05.2010				
Probenart	Sediment	Sediment				
Allgemeine Angaben / Probenvorbereitung						
Trocknung	°C	40	40			
Probemenge	kg	0.46	0.39			
Organische Summenparameter						
Kohlenwasserstoffindex C10-C40	mg/kg TS	30	36		60	500
Screening Elemente, ICP-OES						
Arsen	mg/kg TS	<16	<16		16	30
Barium	mg/kg TS	<100	<100			
Beryllium	mg/kg TS	<1	<1			
Blei	mg/kg TS	<10	14		60	500
Bor	mg/kg TS	<60	<60			
Cadmium	mg/kg TS	<1	<1		1.0	10
Chrom	mg/kg TS	34	62		60	500
Kobalt	mg/kg TS	<10	<10			
Kupfer	mg/kg TS	12	16		40	500
Molybdän	mg/kg TS	<6	<6			
Nickel	mg/kg TS	12	17		60	500
Zink	mg/kg TS	72	83		160	1'000
Quecksilber	mg/kg TS	<0.1	<0.1		0.60	2.0
PAK						
Summe nachgewiesene PAK	mg/kg TS	1.1	12		3.0	25
Naphthalin	mg/kg TS	0.37	<0.02			
Acenaphthylen	mg/kg TS	<0.02	0.079			
Acenaphthen	mg/kg TS	<0.02	0.062			
Fluoren	mg/kg TS	0.032	0.084			
Phenanthren	mg/kg TS	0.16	0.70			
Anthracen	mg/kg TS	0.028	0.27			
Fluoranthren	mg/kg TS	0.076	2.0			
Pyren	mg/kg TS	0.068	1.8			
Benzo(a)anthracen	mg/kg TS	0.026	0.88			
Chrysen	mg/kg TS	0.049	0.99			
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg TS	0.067	1.0			
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg TS	0.063	0.86			
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	0.069	1.4		0.30	3.0
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg TS	0.061	0.88			
Dibenzo(a,h)anthracen	mg/kg TS	<0.02	0.20			
Benzo(g,h,i)perflen	mg/kg TS	0.070	0.74			

Auftraggeber	BMG Engineering AG				
Projekt	SBB Gewässerschutz; 60'963.02				
Auftrag Nr.	A10-01010				
Datum Bericht	22.06.2010				

Probenbezeichnung		RBL oben MP1-4	RBL oben MP21-24	RBL unten MP1-4	RBL unten MP21-24		
Tiefe							
Datum Probenahme		01.06.2010	01.06.2010	01.06.2010	01.06.2010		
Interne Probenbezeichnung		M1006-04403	M1006-04404	M1006-04405	M1006-04406		
Datum Probeneingang		01.06.2010	01.06.2010	01.06.2010	01.06.2010		
Probenart		Wasser	Wasser	Wasser	Wasser		
Anorganische Summenparameter							
Gesamte ungelöste Stoffe	mg/l	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0		
Organische Summenparameter							
DOC	mg C/l	1.94	1.60	2.08	1.68		
Kohlenwasserstoffindex C10-C40	mg/l	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05		
Metalle / Elemente							
Chrom	mg/l	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002		
Eisen	mg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		
Kupfer	mg/l	0.006	0.004	0.007	0.004		
Zink	mg/l	<0.01	<0.01	0.012	<0.01		
PAK							
Summe nachgewiesene PAK	µg/l	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04		
Naphthalin	µg/l	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04		
Acenaphthylen	µg/l	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04		
Acenaphthen	µg/l	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04		
Fluoren	µg/l	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04		
Phenanthren	µg/l	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04		
Anthracen	µg/l	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04		
Fluoranthren	µg/l	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04		
Pyren	µg/l	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04		
Benzo(a)anthracen	µg/l	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04		
Chrysen	µg/l	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04		
Benzo(b)fluoranthren	µg/l	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04		
Benzo(k)fluoranthren	µg/l	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04		
Benzo(a)pyren	µg/l	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/l	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04		
Dibenzo(a,h)anthracen	µg/l	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04		
Benzo(g,h,i)perilen	µg/l	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04		

Auftraggeber	BMG Engineering AG					
Projekt	SBB Gewässerschutz; 60'963.02					
Auftrag Nr.	A10-01010					
Datum Bericht	22.06.2010					
Probenbezeichnung	RBL Schacht MP					
Tiefe						
Datum Probenahme	01.06.2010					
Interne Probenbezeichnung	M1006-04407					
Datum Probeneingang	01.06.2010					
Probenart	Sickerwasser					
Anorganische Summenparameter						
Gesamte ungelöste Stoffe	mg/l	<5.0				
Organische Summenparameter						
DOC	mg C/l	1.26				
Kohlenwasserstoffindex C10-C40	mg/l	<0.06				
Metalle / Elemente						
Chrom	mg/l	0.003				
Eisen	mg/l	<0.01				
Kupfer	mg/l	0.007				
Zink	mg/l	0.013				
PAK						
Summe nachgewiesene PAK	µg/l	<0.04				
Naphthalin	µg/l	<0.04				
Acenaphthfien	µg/l	<0.04				
Acenaphthen	µg/l	<0.04				
Fluoren	µg/l	<0.04				
Phenanthren	µg/l	<0.04				
Anthracen	µg/l	<0.04				
Fluoranthen	µg/l	<0.04				
Pyren	µg/l	<0.04				
Benzo(a)anthracen	µg/l	<0.04				
Chrysen	µg/l	<0.04				
Benzo(b)fluoranthen	µg/l	<0.04				
Benzo(k)fluoranthen	µg/l	<0.04				
Benzo(a)pyren	µg/l	<0.04				
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/l	<0.04				
Dibenzo(a,h)anthracen	µg/l	<0.04				
Benzo(g,h,i)perflen	µg/l	<0.04				

Auftraggeber	BMG Engineering AG				
Projekt	SBB Gewässerschutz; 60'963.02				
Auftrag Nr.	A10-01240				
Datum Bericht	19.07.2010				
<hr/>					
Probenbezeichnung	RBL Oben	RBL Oben filtriert	RBL Unten	RBL Unten filtriert	
Tiefe					
Datum Probenahme	05.07.2010	05.07.2010	05.07.2010	05.07.2010	
Interne Probenbezeichnung	M1007-05398	M1007-05399	M1007-05400	M1007-05401	
Datum Probeneingang	05.07.2010	05.07.2010	05.07.2010	05.07.2010	
Probenart	Sickerwasser	Sickerwasser	Sickerwasser	Sickerwasser	
Anorganische Summenparameter					
Gesamte ungelöste Stoffe	mg/l	<5		<5	
Organische Summenparameter					
Kohlenwasserstoffindex C10-C40	mg/l	<0.06		<0.06	
DOC	mg C/l	1.36		1.32	
Metalle / Elemente					
Chrom	mg/l	0.009	<0.002	0.004	<0.002
Kupfer	mg/l	0.009	0.002	0.006	<0.002
Eisen	mg/l	0.058	<0.01	0.074	<0.01
Zink	mg/l	0.012	<0.01	<0.01	<0.01
PAK					
Summe nachgewiesene PAK	µg/l	0.061		0.022	
Naphthalin	µg/l	0.036		0.022	
Acenaphthylen	µg/l	<0.02		<0.02	
Acenaphthen	µg/l	<0.02		<0.02	
Fluoren	µg/l	<0.02		<0.02	
Phenanthren	µg/l	<0.02		<0.02	
Anthracen	µg/l	<0.02		<0.02	
Fluoranthren	µg/l	<0.02		<0.02	
Pyren	µg/l	0.026		<0.02	
Benzo(a)anthracen	µg/l	<0.02		<0.02	
Chrysen	µg/l	<0.02		<0.02	
Benzo(b)fluoranthren	µg/l	<0.02		<0.02	
Benzo(k)fluoranthren	µg/l	<0.02		<0.02	
Benzo(a)pyren	µg/l	<0.02		<0.02	
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/l	<0.02		<0.02	
Dibenzo(a,h)anthracen	µg/l	<0.02		<0.02	
Benzo(g,h,i)perflren	µg/l	<0.02		<0.02	

Auftraggeber	BMG Engineering AG					
Projekt	SBB Gewässerschutz; 60'963.02					
Auftrag Nr.	A10-01240					
Datum Bericht	19.07.2010					
<hr/>						
Probenbezeichnung	RBL Schacht	RBL Schacht filtriert				
Tiefe						
Datum Probenahme	05.07.2010	05.07.2010				
Interne Probenbezeichnung	M1007-05402	M1007-05403				
Datum Probeneingang	05.07.2010	05.07.2010				
Probenart	Sickerwasser	Sickerwasser				
Anorganische Summenparameter						
Gesamte ungelöste Stoffe	mg/l	<5				
Organische Summenparameter						
Kohlenwasserstoffindex C10-C40	mg/l	<0.06				
DOC	mg C/l	1.04				
Metalle / Elemente						
Chrom	mg/l	0.006	<0.002			
Kupfer	mg/l	0.008	0.006			
Eisen	mg/l	0.022	<0.01			
Zink	mg/l	0.019	0.020			
PAK						
Summe nachgewiesene PAK	µg/l	0.079				
Naphthalin	µg/l	0.036				
Acenaphthfien	µg/l	<0.02				
Acenaphthen	µg/l	<0.02				
Fluoren	µg/l	<0.02				
Phenanthren	µg/l	<0.02				
Anthracen	µg/l	0.020				
Fluoranthren	µg/l	<0.02				
Pfren	µg/l	0.026				
Benzo(a)anthracen	µg/l	<0.02				
Chrysen	µg/l	<0.02				
Benzo(b)fluoranthren	µg/l	<0.02				
Benzo(k)fluoranthren	µg/l	<0.02				
Benzo(a)pfren	µg/l	<0.02				
Indeno(1,2,3-cd)pfren	µg/l	<0.02				
Dibenzo(a,h)anthracen	µg/l	<0.02				
Benzo(g,h,i)perflen	µg/l	<0.02				

Auftraggeber	BMG Engineering AG					
Projekt	SBB Gewässerschutz; 60'963.02					
Auftrag Nr.	A10-01241					
Datum Bericht	19.07.2010					
<hr/>						
Probenbezeichnung	Hardbrücke	Hardbrücke filtriert				
Tiefe						
Datum Probenahme	05.07.2010	05.07.2010				
Interne Probenbezeichnung	M1007-05404	M1007-05405				
Datum Probeneingang	05.07.2010	05.07.2010				
Probenart	Sickerwasser	Sickerwasser				
Anorganische Summenparameter						
Gesamte ungelöste Stoffe	mg/l	<5				
Organische Summenparameter						
Kohlenwasserstoffindex C10-C40	mg/l	<0.05				
DOC	mg C/l	1.67				
Metalle / Elemente						
Chrom	mg/l	0.006	0.002			
Kupfer	mg/l	0.016	0.014			
Eisen	mg/l	0.36	0.012			
Zink	mg/l	0.021	<0.01			
PAK						
Summe nachgewiesene PAK	µg/l	0.48				
Naphthalin	µg/l	0.021				
Acenaphthylen	µg/l	0.037				
Acenaphthen	µg/l	<0.02				
Fluoren	µg/l	<0.02				
Phenanthren	µg/l	<0.02				
Anthracen	µg/l	0.34				
Fluoranthren	µg/l	0.034				
Pyren	µg/l	0.061				
Benzo(a)anthracen	µg/l	<0.02				
Chrysen	µg/l	<0.02				
Benzo(b)fluoranthren	µg/l	<0.02				
Benzo(k)fluoranthren	µg/l	<0.02				
Benzo(a)pyren	µg/l	<0.02				
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/l	<0.02				
Dibenzo(a,h)anthracen	µg/l	<0.02				
Benzo(g,h,i)perilen	µg/l	<0.02				

Auftraggeber		BMG Engineering AG				
Projekt		SBB Gewässerschutz; 60'963.02				
Auftrag Nr.		A10-01246				
Datum Bericht		19.07.2010				
<hr/>						
Probenbezeichnung		Hardbrücke 2	Hardbrücke 2 filtriert			
Tiefe						
Datum Probenahme		06.07.2010	06.07.2010			
Interne Probenbezeichnung		M1007-05412	M1007-05413			
Datum Probeneingang		06.07.2010	06.07.2010			
Probenart		Sickerwasser	Sickerwasser			
Anorganische Summenparameter						
Gesamte ungelöste Stoffe	mg/l	5.0				
Organische Summenparameter						
Kohlenwasserstoffindex C10-C40	mg/l	<0.06				
DOC	mg C/l	1.89				
Metalle / Elemente						
Chrom	mg/l	0.003	0.003			
Kupfer	mg/l	0.019	0.009			
Eisen	mg/l	0.34	<0.01			
Zink	mg/l	0.036	<0.01			
PAK						
Summe nachgewiesene PAK	µg/l	0.10				
Naphthalin	µg/l	<0.02				
Acenaphthfien	µg/l	<0.02				
Acenaphthen	µg/l	<0.02				
Fluoren	µg/l	<0.02				
Phenanthren	µg/l	<0.02				
Anthracen	µg/l	0.10				
Fluoranthren	µg/l	<0.02				
Pfren	µg/l	<0.02				
Benzo(a)anthracen	µg/l	<0.02				
Chrysen	µg/l	<0.02				
Benzo(b)fluoranthren	µg/l	<0.02				
Benzo(k)fluoranthren	µg/l	<0.02				
Benzo(a)pfren	µg/l	<0.02				
Indeno(1,2,3-cd)pfren	µg/l	<0.02				
Dibenzo(a,h)anthracen	µg/l	<0.02				
Benzo(g,h,i)perflen	µg/l	<0.02				

Auftraggeber		BMG Engineering AG				
Projekt		SBB Gewässerschutz; 60'963.02				
Auftrag Nr.		A10-01384				
Datum Bericht		03.08.2010				
<hr/>						
Probenbezeichnung		RBL Oben (MP1-2)	RBL Oben filtriert (MP1-2)	RBL Unten (MP1-2)	RBL Unten filtriert (MP1-2)	
Tiefe						
Datum Probenahme						
Interne Probenbezeichnung		M1007-05923	M1007-05924	M1007-05925	M1007-05926	
Datum Probeneingang		26.07.2010	26.07.2010	26.07.2010	26.07.2010	
Probenart						
Anorganische Summenparameter						
Gesamte ungelöste Stoffe	mg/l	<5		36		
Organische Summenparameter						
DOC	mg C/l	2.0		2.1		
Metalle / Elemente						
Kupfer	mg/l	0.006	0.004	0.006	0.004	
Eisen	mg/l	0.081	<0.01	0.31	<0.01	
Chrom	mg/l	0.003	<0.002	0.004	<0.002	
Zink	mg/l	0.021	0.026	0.023	0.016	

Auftraggeber		BMG Engineering AG					
Projekt		SBB Gewässerschutz; 60'963.02					
Auftrag Nr.		A10-01384					
Datum Bericht		03.08.2010					
<hr/>							
Probenbezeichnung		RBL Schacht (MP1-2)	RBL Schacht filtriert (MP1-2)	RBL Oben (MP6-7)	RBL Oben filtriert (MP6-7)		
Tiefe							
Datum Probenahme							
Interne Probenbezeichnung		M1007-05927	M1007-05928	M1007-05929	M1007-05930		
Datum Probeneingang		26.07.2010	26.07.2010	26.07.2010	26.07.2010		
Probenart							
Anorganische Summenparameter							
Gesamte ungelöste Stoffe	mg/l	5,8		<5			
Organische Summenparameter							
DOC	mg C/l	2,6		2,8			
Metalle / Elemente							
Kupfer	mg/l	0,016	0,011	0,002	0,002		
Eisen	mg/l	0,10	<0,01	0,090	<0,01		
Chrom	mg/l	0,006	0,002	0,006	<0,002		
Zink	mg/l	0,017	0,014	<0,01	<0,01		

Auftraggeber		BMG Engineering AG					
Projekt		SBB Gewässerschutz; 60'963.02					
Auftrag Nr.		A10-01384					
Datum Bericht		03.08.2010					
<hr/>							
Probenbezeichnung		RBL Unten (MP6-7)	RBL Unten filtriert (MP6-7)	RBL Schacht (MP6-7)	RBL Schacht filtriert (MP6-7)		
Tiefe							
Datum Probenahme							
Interne Probenbezeichnung		M1007-05931	M1007-05932	M1007-05933	M1007-05934		
Datum Probeneingang		26.07.2010	26.07.2010	26.07.2010	26.07.2010		
Probenart							
Anorganische Summenparameter							
Gesamte ungelöste Stoffe	mg/l	12		<5			
Organische Summenparameter							
DOC	mg C/l	2,5		2,1			
Metalle / Elemente							
Kupfer	mg/l	0,004	0,003	0,010	0,010		
Eisen	mg/l	0,16	<0,01	0,036	<0,01		
Chrom	mg/l	0,004	<0,002	0,006	0,002		
Zink	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	0,013		

Auftraggeber		BMG Engineering AG					
Projekt		SBB Gewässerschutz; 60'963.02					
Auftrag Nr.		A10-01384					
Datum Bericht		03.08.2010					
<hr/>							
Probenbezeichnung		RBL Oben (MP23-24)	RBL Oben filtriert (MP23-24)	RBL Unten (MP23-24)	RBL Unten filtriert (MP23-24)		
Tiefe							
Datum Probenahme							
Interne Probenbezeichnung		M1007-05935	M1007-05936	M1007-05937	M1007-05938		
Datum Probeneingang		26.07.2010	26.07.2010	26.07.2010	26.07.2010		
Probenart							
Anorganische Summenparameter							
Gesamte ungelöste Stoffe	mg/l	<5		<5			
Organische Summenparameter							
DOC	mg C/l	2,3		1,9			
Metalle / Elemente							
Kupfer	mg/l	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002		
Eisen	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
Chrom	mg/l	0,006	<0,002	<0,002	<0,002		
Zink	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		

Auftraggeber		BMG Engineering AG					
Projekt		SBB Gewässerschutz; 60'963.02					
Auftrag Nr.		A10-01384					
Datum Bericht		03.08.2010					
<hr/>							
Probenbezeichnung		RBL Schacht (MP23-24)	RBL Schacht filtriert (MP23-24)				
Tiefe							
Datum Probenahme							
Interne Probenbezeichnung		M1007-05939	M1007-05940				
Datum Probeneingang		26.07.2010	26.07.2010				
Probenart							
Anorganische Summenparameter							
Gesamte ungelöste Stoffe	mg/l	<5					
Organische Summenparameter							
DOC	mg C/l	1.4					
Metalle / Elemente							
Kupfer	mg/l	0.006	0.006				
Eisen	mg/l	<0.01	<0.01				
Chrom	mg/l	<0.002	0.002				
Zink	mg/l	0.047	0.014				

Auftraggeber		BMG Engineering AG					
Projekt		SBB Gewässerschutz; 60'963.02					
Auftrag Nr.		A10-01433					
Datum Bericht		13.08.2010					
<hr/>							
Probenbezeichnung		Wasserprobe 10L Hardbrücke	RBL drain MP2-3	RBL drain MP14-15	RBL drain MP 19-20		
Tiefe							
Datum Probenahme		29.07.2010	29.07.2010	29.07.2010	29.07.2010		
Interne Probenbezeichnung		M1008-06066	M1008-06067	M1008-06068	M1008-06069		
Datum Probeneingang		29.07.2010	29.07.2010	29.07.2010	29.07.2010		
Probenart		Sickerwasser	Sickerwasser	Sickerwasser	Sickerwasser		
Anorganische Summenparameter							
Gesamte ungelöste Stoffe	mg/l	16	6.6	13	12		
Organische Summenparameter							
DOC	mg C/l	1.33	1.63	1.46	1.16		
Metalle / Elemente							
Chrom	mg/l		0.003	0.003	0.006		
Kupfer	mg/l		0.008	0.007	0.007		
Eisen	mg/l		0.019	0.015	0.028		
Zink	mg/l		<0.01	<0.01	<0.01		

Auftraggeber		BMG Engineering AG					
Projekt		SBB Gewässerschutz; 60'963.02					
Auftrag Nr.		A10-01433					
Datum Bericht		13.08.2010					
<hr/>							
Probenbezeichnung		RBL oben MP 1-2	RBL oben MP 12-13	RBL oben MP 19-20	RBL unten MP 1-2		
Tiefe							
Datum Probenahme		29.07.2010	29.07.2010	29.07.2010	29.07.2010		
Interne Probenbezeichnung		M1008-06070	M1008-06071	M1008-06072	M1008-06073		
Datum Probeneingang		29.07.2010	29.07.2010	29.07.2010	29.07.2010		
Probenart		Wasser	Wasser	Wasser	Wasser		
Anorganische Summenparameter							
Gesamte ungelöste Stoffe	mg/l	170	62	72	200		
Organische Summenparameter							
DOC	mg C/l	1.88	1.64	1.93	1.87		
Metalle / Elemente							
Chrom	mg/l	0.002	<0.002	0.004	0.004		
Kupfer	mg/l	0.006	0.003	0.006	0.009		
Eisen	mg/l	1.6	0.16	0.41	1.1		
Zink	mg/l	0.025	<0.01	<0.01	0.024		

Auftraggeber		BMG Engineering AG					
Projekt		SBB Gewässerschutz; 60'963.02					
Auftrag Nr.		A10-01433					
Datum Bericht		13.08.2010					
<hr/>							
Probenbezeichnung		RBL unten MP 12-13	RBL unten MP 19-20	RBL drain MP2-3 filtriert	RBL drain MP14-15 filtriert		
Tiefe							
Datum Probenahme		29.07.2010	29.07.2010	29.07.2010	29.07.2010		
Interne Probenbezeichnung		M1008-06074	M1008-06075	M1008-06224	M1008-06225		
Datum Probeneingang		29.07.2010	29.07.2010	29.07.2010	29.07.2010		
Probenart		Wasser	Wasser	Sickerwasser	Sickerwasser		
Anorganische Summenparameter							
Gesamte ungelöste Stoffe	mg/l	80	67				
Organische Summenparameter							
DOC	mg C/l	1.69	1.83				
Metalle / Elemente							
Chrom	mg/l	0.006	0.003	<0.002	<0.002		
Kupfer	mg/l	0.004	0.006	0.007	0.004		
Eisen	mg/l	0.10	0.24	<0.01	<0.01		
Zink	mg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		

Auftraggeber		BMG Engineering AG					
Projekt		SBB Gewässerschutz; 60'963.02					
Auftrag Nr.		A10-01433					
Datum Bericht		13.08.2010					
<hr/>							
Probenbezeichnung		RBL drain MP 19-20 filtriert	RBL oben MP 1-2 filtriert	RBL oben MP 12-13 filtriert	RBL oben MP 19-20 filtriert		
Tiefe							
Datum Probenahme		29.07.2010	29.07.2010	29.07.2010	29.07.2010		
Interne Probenbezeichnung		M1008-06226	M1008-06227	M1008-06228	M1008-06229		
Datum Probeneingang		29.07.2010	29.07.2010	29.07.2010	29.07.2010		
Probenart		Sickerwasser	Wasser	Wasser	Wasser		
Anorganische Summenparameter							
Gesamte ungelöste Stoffe	mg/l						
Organische Summenparameter							
DOC	mg C/l						
Metalle / Elemente							
Chrom	mg/l	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002		
Kupfer	mg/l	0.007	0.002	<0.002	0.003		
Eisen	mg/l	<0.01	<0.01	<0.01	0.044		
Zink	mg/l	<0.01	<0.01	<0.01	0.20		

Auftraggeber		BMG Engineering AG				
Projekt		SBB Gewässerschutz; 60'963.02				
Auftrag Nr.		A10-01433				
Datum Bericht		13.08.2010				
<hr/>						
Probenbezeichnung		RBL unten MP 1-2 filtriert	RBL unten MP 12-13 filtriert	RBL unten MP 19-20 filtriert		
Tiefe						
Datum Probenahme		29.07.2010	29.07.2010	29.07.2010		
Interne Probenbezeichnung		M1008-06230	M1008-06231	M1008-06232		
Datum Probeneingang		29.07.2010	29.07.2010	29.07.2010		
Probenart		Wasser	Wasser	Wasser		
Anorganische Summenparameter						
Gesamte ungelöste Stoffe	mg/l					
Organische Summenparameter						
DOC	mg C/l					
Metalle / Elemente						
Chrom	mg/l	<0.002	<0.002	<0.002		
Kupfer	mg/l	<0.002	<0.002	<0.002		
Eisen	mg/l	<0.01	<0.01	<0.01		
Zink	mg/l	<0.01	<0.01	<0.01		

Auftraggeber		BMG Engineering AG			
Projekt		SBB Gewässerschutz; 60'963.02			
Auftrag Nr.		A10-01434			
Datum Bericht		13.08.2010			
<hr/>					
Probenbezeichnung		RBL drain MP 23-24	RBL drain MP23-24 filtriert	RBL oben MP 23-24	RBL oben MP 23-24 filtriert
Tiefe					
Datum Probenahme		02.08.2010	02.08.2010	02.08.2010	02.08.2010
Interne Probenbezeichnung		M1008-06233	M1008-06234	M1008-06235	M1008-06236
Datum Probeneingang		02.08.2010	02.08.2010	02.08.2010	02.08.2010
Probenart		Sickerwasser	Sickerwasser	Wasser	Wasser
Anorganische Summenparameter					
Gesamte ungelöste Stoffe	mg/l	<5		<5	
Organische Summenparameter					
DOC	mg C/l	0.94		2.14	
Metalle / Elemente					
Chrom	mg/l	0.0068	<0.002	0.011	<0.002
Eisen	mg/l	0.016	<0.01	0.33	<0.01
Kupfer	mg/l	0.008	0.006	0.004	<0.002
Zink	mg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

Auftraggeber		BMG Engineering AG			
Projekt		SBB Gewässerschutz; 60'963.02			
Auftrag Nr.		A10-01434			
Datum Bericht		13.08.2010			
<hr/>					
Probenbezeichnung		RBL unten MP 23-24	RBL unten MP 23-24 filtriert		
Tiefe					
Datum Probenahme		02.08.2010	02.08.2010		
Interne Probenbezeichnung		M1008-06237	M1008-06238		
Datum Probeneingang		02.08.2010	02.08.2010		
Probenart		Wasser	Wasser		
Anorganische Summenparameter					
Gesamte ungelöste Stoffe	mg/l	71			
Organische Summenparameter					
DOC	mg C/l	1.83			
Metalle / Elemente					
Chrom	mg/l	0.0099	<0.002		
Eisen	mg/l	0.34	<0.01		
Kupfer	mg/l	0.006	<0.002		
Zink	mg/l	<0.01	<0.01		

Auftraggeber		BMG Engineering AG				
Projekt		SBB Gewässerschutz; 60'963.02				
Auftrag Nr.		A10-01433				
Datum Bericht		13.08.2010				
<hr/>						
Probenbezeichnung		Feststoff von Wasserprobe 10L Hardbrücke				
Tiefe						
Datum Probenahme		29.07.2010				
Interne Probenbezeichnung		M1008-06223				
Datum Probeneingang		29.07.2010				
Probenart		Feststoff				
Organische Summenparameter						
Kohlenwasserstoffindex C10-C40	mg/kg TS	<10'000				
Metalle / Elemente						
Chrom	mg/kg TS	100				
Eisen	mg/kg TS	61'000				
Kupfer	mg/kg TS	1'400				
Zink	mg/kg TS	1'100				
PAK						
Summe nachgewiesene PAK	mg/kg TS	39				
Naphthalin	mg/kg TS	<10				
Acenaphthylen	mg/kg TS	<10				
Acenaphthen	mg/kg TS	<10				
Fluoren	mg/kg TS	<10				
Phenanthren	mg/kg TS	<10				
Anthracen	mg/kg TS	<10				
Fluoranthren	mg/kg TS	12				
Pfren	mg/kg TS	13				
Benzo(a)anthracen	mg/kg TS	<10				
Chrysen	mg/kg TS	<10				
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg TS	14				
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg TS	<10				
Benzo(a)pfren	mg/kg TS	<10				
Indeno(1,2,3-cd)pfren	mg/kg TS	<10				
Dibenzo(a,h)anthracen	mg/kg TS	<10				
Benzo(g,h,i)perflen	mg/kg TS	<10				

Auftraggeber		BMG Engineering AG				
Projekt		SBB Gewässerschutz; 60'963.02				
Auftrag Nr.		A10-01633				
Datum Bericht		01.09.2010				
<hr/>						
Probenbezeichnung		Filtrat von Wasserprobe 10L vom Hardbrücke 29.07.10				
Tiefe						
Datum Probenahme						
Interne Probenbezeichnung		M1008-06642				
Datum Probeneingang						
Probenart		Wasser				
Metalle / Elemente						
Chrom	mg/l	<0.002				
Eisen	mg/l	0.018				
Kupfer	mg/l	0.008				
Zink	mg/l	<0.01				

Auftraggeber	BMG Engineering AG					
Projekt	SBB Gewässerschutz; 60'963.02					
Auftrag Nr.	A10-01729					
Datum Bericht	21.09.2010					

Probenbezeichnung	RBL Oben (MP1-2)	RBL Unten (MP1-2)	RBL Schacht (MP1-2)	RBL Oben (MP6-7)		
Tiefe						
Datum Probenahme						
Interne Probenbezeichnung	M1007-05923	M1007-05925	M1007-05927	M1007-05929		
Datum Probeneingang	26.07.2010	26.07.2010	26.07.2010	26.07.2010		
Probenart						
Physikalisch-chemische Parameter						
Elektrische Leitfähigkeit (25°C)	µS/cm	360	330	190	410	

Probenbezeichnung	RBL Unten (MP6-7)	RBL Schacht (MP6-7)	RBL Oben (MP23-24)	RBL Unten (MP23-24)		
Tiefe						
Datum Probenahme						
Interne Probenbezeichnung	M1007-05931	M1007-05933	M1007-05935	M1007-05937		
Datum Probeneingang	26.07.2010	26.07.2010	26.07.2010	26.07.2010		
Probenart						
Physikalisch-chemische Parameter						
Elektrische Leitfähigkeit (25°C)	µS/cm	400	270	430	410	

Probenbezeichnung	RBL Schacht (MP23-24)					
Tiefe						
Datum Probenahme						
Interne Probenbezeichnung	M1007-05939					
Datum Probeneingang	26.07.2010					
Probenart						
Physikalisch-chemische Parameter						
Elektrische Leitfähigkeit (25°C)	µS/cm	290				

Auftraggeber		BMG Engineering AG					
Projekt		SBB Gewässerschutz; 60'963.02					
Auftrag Nr.		A10-02267					
Datum Bericht		26.11.2010					
<hr/>							
Probenbezeichnung		Sediment Hardbrücke November				TVA unverschmutzter Aushub	TVA Inertstoffe
Tiefe							
Datum Probenahme		22.11.2010					
Interne Probenbezeichnung		M1011-09602					
Datum Probeneingang		22.11.2010					
Probenart		Sediment					
Allgemeine Angaben / Probenvorbereitung							
Trocknung	°C	40					
Probemenge	kg	0.12					
Organische Summenparameter							
Kohlenwasserstoffindex C10-C40	mg/kg TS	140				60	600
Metalle / Elemente							
Kupfer	mg/kg TS	300				40	600
Eisen	mg/kg TS	69'000					
Chrom	mg/kg TS	68				60	600
Zink	mg/kg TS	830				150	1'000
PAK							
Summe nachgewiesene PAK	mg/kg TS	11				3.0	26
Naphthalin	mg/kg TS	0.071					
Acenaphthylen	mg/kg TS	0.16					
Acenaphthen	mg/kg TS	0.10					
Fluoren	mg/kg TS	0.076					
Phenanthren	mg/kg TS	0.72					
Anthracen	mg/kg TS	0.42					
Fluoranthren	mg/kg TS	2.0					
Pfren	mg/kg TS	1.6					
Benzo(a)anthracen	mg/kg TS	0.77					
Chrysen	mg/kg TS	1.1					
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg TS	0.99					
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg TS	0.64					
Benzo(a)pfren	mg/kg TS	0.78				0.30	3.0
Indeno(1,2,3-cd)pfren	mg/kg TS	0.66					
Dibenzo(a,h)anthracen	mg/kg TS	0.16					
Benzo(g,h,i)perflen	mg/kg TS	0.62					

Anhang 4

Glyphosat- und AMPA-Analysen

Die Untersuchungen wurden von Irene Hanke und Heinz Singer (Abteilung Umweltchemie) an der Eawag durchgeführt.

Die Probenahme erfolgte durch die BMG Engineering AG. Die Proben wurden bei der Eawag in Dübendorf zur Analyse im gekühlten Zustand angeliefert.

Glyphosat und AMPA wurden mit der folgenden Analysenmethode quantifiziert: Derivatisierung mit FMOC-Cl, anschließender Festphasenextraktion (SPE), Auftrennung mit Flüssig-chromatographie und Detektion mit Tandem-Massenspektrometrie (HPLC-MS/MS, Details siehe Hanke et al., 2008 [13])

Bei der Analyse wurden zur Kontrolle der Wiederfindung ausgewählte Proben aufgestockt. Bei Bedarf wurden die Proben mit H₂O nanopur verdünnt.

Probenahme Datum	Probenahme Ort	Zeitpunkt (Flaschen-Nr.)	Glyphosat ng/L	AMPA ng/L
01.06.2010	RBL Bach oben	1 - 4	< 10	< 10
01.06.2010	RBL Bach oben	21 - 24	< 10	< 10
01.06.2010	RBL Drainage	Stichprobe	170	270
01.06.2010	RBL Bach unten	1 - 4	< 10	< 10
01.06.2010	RBL Bach unten	21 - 24	< 10	< 10
06.07.2010	RBL Bach oben	22	< 10	< 10
06.07.2010	RBL Drainage	21	170	92
06.07.2010	RBL Bach unten	20	70000	1400
10.07.2010	RBL Bach oben	1	7800	600
10.07.2010	RBL Bach oben	2	910	230
10.07.2010	RBL Bach oben	3	590	< 10
10.07.2010	RBL Drainage	1	1700	1000
10.07.2010	RBL Drainage	2	2200	1400
10.07.2010	RBL Drainage	3	1500	980
10.07.2010	RBL Bach unten	1	19000	3700
10.07.2010	RBL Bach unten	2	8300	1500
10.07.2010	RBL Bach unten	3	5600	970
23.07.2010	RBL Bach oben	1 - 2	26	68
23.07.2010	RBL Bach oben	6 - 7	12	14
25.07.2010	RBL Bach oben	23 - 24	< 10	< 10
23.07.2010	RBL Drainage	1 - 2	560	730
23.07.2010	RBL Drainage	6 - 7	360	540
25.07.2010	RBL Drainage	23 - 24	280	270
23.07.2010	RBL Bach unten	1 - 2	2400	1100
23.07.2010	RBL Bach unten	6 - 7	1100	490
25.07.2010	RBL Bach unten	23 - 24	23	41