

Zwischenbericht

Cicerostr. 24
D-10709 Berlin
Germany
Tel +49 (0)30 536 53 800
Fax +49 (0)30 536 53 888
www.kompetenz-wasser.de



Relevanz organischer Spurenstoffe im Regenwasserabfluss Berlins

Autoren:

Daniel Wicke, Andreas Matzinger, Pascale Rouault

weitere Projektbeteiligte:

Nicolas Caradot, Hauke Sonnenberg, Rabea Schubert, Simon-Douwe Holsteijn, Mark
Masch, Bernd Heinzmann (BWB)

Senatsverwaltung
für Stadtentwicklung
und Umwelt



Berlin, Germany

2014

© Copyright 2014 by the Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH. All rights including translation into other languages, reserved under the Universal Copyright Convention, the Berne Convention or the Protection of Literacy and Artistic Works, and the International and Pan American Copyright Conventions.

Present report was developed in compliance with the requirements of the quality management system DIN EN ISO 9001:2008

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung	1
2. AP1: Monitoring	2
2.1 Messstellenauswahl	2
2.1.1 Definition der Einzugsgebietstypen.....	2
2.1.2 Messstellen.....	3
2.1.3 Installation	10
2.2 Probenahmestrategie und erste Messungen.....	11
2.2.1 Im Regenkanal	11
2.2.2 Im Gewässer	13
2.3 Spurenstoffe	14
3. AP2: Datenanalyse/Modellierung	16
3.1 Jährliche Frachten in Berliner Gewässer	16
3.1.1 Jährliche Abflussvolumen	17
3.1.2 Berechnung der volumengemittelten Konzentrationen	19
3.2 Spitzenkonzentrationen in ausgewählten Gewässerabschnitten.....	20
4. Nächste Schritte	21
Literatur	24

1. Einführung

Regenwasserabfluss ist die größte unbehandelte Quelle von potentiell hohen Spurenstofffrachten in urbane Oberflächengewässer. In Berlin werden ca. 74% oder jährlich 44 Millionen m³ des Regenwasserabflusses weitgehend unbehandelt eingeleitet. Dies entspricht etwa 5% des jährlichen Abflusses der Stadtspreewasserleitung an der Mündung in die Havel. Erste Studien aus der Schweiz und Frankreich zu ausgewählten organischen Spurenstoffen (z.B. Biozide, Kunststoffinhaltsstoffe, Verbrennungsprodukte) im Regenwasserabfluss und Oberflächengewässern zeigen zum Teil hohe Konzentrationen von Substanzen mit möglicher Relevanz für aquatische Organismen oder die menschliche Nutzung.

Mit Überarbeitung der Liste der prioritären Stoffe der EU Wasserrahmenrichtlinie, die schon eine Regelung bzgl. polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) enthält, werden voraussichtlich weitere regenwasserbürtige Spurenstoffe (z.B. Terbutryn) gesetzlich geregelt. Eine Reduktion der Belastung von Oberflächengewässern mit organischen Spurenstoffen wird aktuell im urbanen Bereich vor allem durch weiterführende Behandlungsschritte an Klärwerken angestrebt. Der Erfolg dieser Anstrengungen könnte allerdings durch hohe unbehandelte Frachten im Regenwasserabfluss eingeschränkt werden. Sollte sich der Regenwasserabfluss in einer Berliner Gesamtbetrachtung als relevanter Pfad von organischen Spurenstoffen erweisen, wäre daher unter Umständen eine Anpassung oder Erweiterung der aktuellen Vermeidungsstrategie notwendig.

Das Forschungsprojekt OgRe soll die Spurenstoffstrategie Berlins unterstützen durch (i) eine Stoffliste lokal relevanter Substanzen im Regenwasserabfluss, (ii) eine Abschätzung jährlicher Frachten dieser Spurenstoffe über Regenwasserabfluss in die Berliner Oberflächengewässer und (iii) einen Vergleich mit relevanten Stofffrachten aus anderen Pfaden. Dazu wurde ein Monitoringprogramm an insgesamt 6 verschiedenen Standorten aufgebaut, das sich momentan am Ende der Testphase befindet.

Der vorliegende Zwischenbericht gibt einen Überblick über Kriterien der Messstellenauswahl, Charakterisierung der unterschiedlichen Einzugsgebiete, Probenahmestrategie und Installation, erste Ergebnisse der Durchflussmessungen sowie Modellierungsansätze.

2. AP1: Monitoring

2.1 Messstellenauswahl

2.1.1 Definition der Einzugsgebietstypen

Eine Analyse vorhandener Karten und GIS-Daten des Berliner Senats wurde durchgeführt, um geeignete Einzugsgebietstypen für die Durchführung des Projektes zu definieren (Messstellenauswahl und Hochrechnung). Berücksichtigt wurden unter anderem städtebauliche Dichte, Versiegelungsgrad, Gebäudealter, Nutzungstypen sowie Stadtstruktur. Am geeignetsten haben sich die GIS-Daten „Stadtstruktur“ erwiesen (siehe Abbildung 1), die eine Unterscheidung verschiedener städtebaulicher Typen ermöglicht (z.B. Altbau, Neubau, Gewerbe), umfangreiche Daten zu mehr als 24.000 Teilflächen enthält sowie im für die Abflussberechnung genutzten Modell ABIMO verwendet wird.

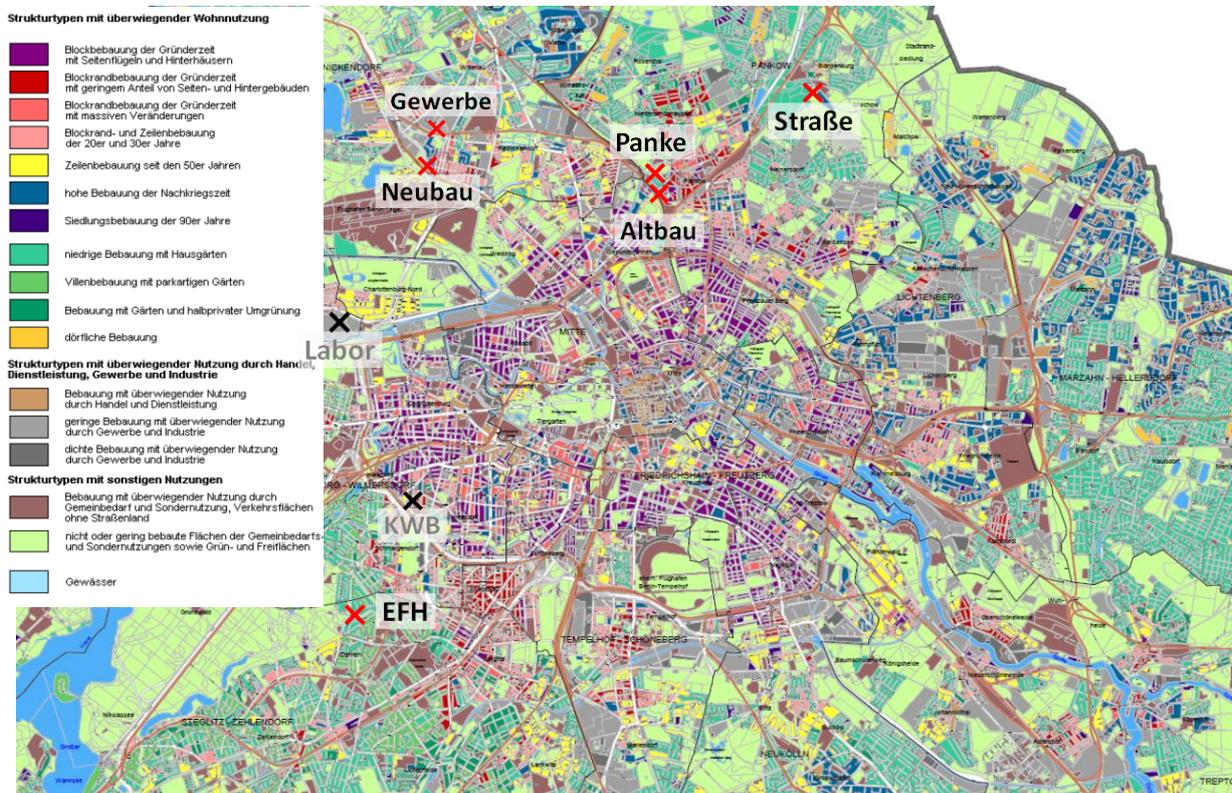


Abbildung 1: Stadtstruktur Berlins mit Lage der Messstellen

Für das Monitoring wurden fünf Einzugsgebietstypen ausgewählt und entsprechenden Stadtstrukturtypen zugeordnet (Tabelle 1). Die unterschiedlichen Einzugsgebietstypen repräsentieren dabei potentiell unterschiedliche Schadstoffsignaturen auf Grund unterschiedlicher Nutzung (z.B. erhöhte Pestizidbelastung durch Oberflächenabfluss in Einfamilienhausgebieten, verkehrsspezifische Spurenstoffe wie Vulkanisierbeschleuniger in Straßenablauf).

Tabelle 1: Übersicht über verwendete Einzugsgebietstypen

Einzugsgebietstyp	Angeschlossene versiegelte Fläche [ha]	Anteil [%]	Stadtstrukturtypen
Altbau	3517	14	 Blockbebauung der Gründerzeit mit Seitenflügeln und Hinterhäusern  Blockrandbebauung der Gründerzeit mit geringem Anteil von Seiten- und Hintergebäuden  Blockrandbebauung der Gründerzeit mit massiven Veränderungen  Blockrand- und Zeilenbebauung der 20er und 30er Jahre
Neubau	2552	11	 Zeilenbebauung seit den 50er Jahren  hohe Bebauung der Nachkriegszeit  Siedlungsbebauung der 90er Jahre
Einfamilienhäuser	3070	13	 niedrige Bebauung mit Hausgärten  Villenbebauung mit parkartigen Gärten  Bebauung mit Gärten und halbprivater Umgrünung
Gewerbe	3481	14	 Bebauung mit überwiegender Nutzung durch Handel und Dienstleistung  geringe Bebauung mit überwiegender Nutzung durch Gewerbe und Industrie  dichte Bebauung mit überwiegender Nutzung durch Gewerbe und Industrie
Straßen	8618	36	Kein extra Stadtstrukturtyp

In Summe werden 88% der angeschlossenen versiegelten Fläche Berlins durch die fünf ausgewählten Messstellentypen repräsentiert.

2.1.2 Messstellen

Für jeden Einzugsgebietstyp wurde für das Monitoring eine möglichst repräsentative Messstelle ausgewählt, an der Regenwasser aus dem Regenwasserkanal während Regenereignissen beprobt wird. Zusätzlich wurde ein Gewässer ausgewählt, um Maximalkonzentrationen von Spurenstoffen in einem urbanen Gewässer im Regenwetterfall abschätzen zu können.

Die Auswahl der Messstellen erfolgte unter Berücksichtigung folgender Kriterien:

- Lage im Trenngebiet
- Messstelle ist repräsentativ für jeweiligen Gebietstyp (möglichst homogen und so groß wie möglich)
- Einfacher Zugang zu Regenkanal möglich (Schacht auf Bürgersteig oder auf BWB-Gelände)
- Geschützter Einbau möglich / Vandalismus-sicher (Regenkanalschacht)
- Messstellen möglichst dicht beieinander oder Nähe KWB/Labor (Logistik)
- Kein Rückstau im Kanal
- Im Modell berechneter Wasserstand im Kanalschacht für n=1 Regen > 50cm

Das Vorgehen zur Messstellenauswahl beinhaltet eine Analyse der Stadtstrukturkarte (siehe Abbildung 1) im Zusammenhang mit Detailkarten des Regenkanalnetzes (MapInfo) zur Ermittlung von Kanalcharakteristika wie Größe und Schachtlage, Vor-Ort-Begehungen mit den jeweiligen Kanalbetriebsstellen zur Schachtinspektion (Rückstau vorhanden?) sowie Berechnung von angeschlossener versiegelter Fläche sowie erwarteter Wasserstand in möglichen Messstellenschächten durch das Team Entwässerungskonzepte der BWB.

Zusätzlich zum Monitoring in Regenwasserkanälen wurde eine Messstelle an einem urbanen Fließgewässer ausgewählt, um Peakkonzentrationen der regenwasserbürtigen Spurenstoffe zu bestimmen.

Für die Auswahl der Gewässermessstelle wurden folgende Kriterien berücksichtigt:

- Gewässer leitet relevante Menge Regenwasser ab
- eindeutiges Regenwassersignal / klarer Regeneinfluss
- Durchflussmessstelle des Senats in der Nähe (ggf. Bestimmung von Frachten)
- kein Einfluss durch Mischwasserüberläufe
- geringer Fremdeinfluss (Altlasten, Kläranlagen)
- Nähe zu anderen Messstellen des Projektes
- Wünsche Senat

Ausgewählte Messstellen

Eine Übersicht über alle ausgewählten Messstellen mit Angaben zur Gesamtfläche des Einzugsgebietes, der angeschlossenen und versiegelten Fläche, Größe des Regenkanals sowie Ergebnisse der Durchflussberechnungen für den Modellregen $n=1$ sind in Tabelle 2 dargestellt (siehe auch Abbildung 1).

Tabelle 2: Übersicht über ausgewählte Messstellen

EZG-Typ	Stadtteil	Standort	Fläche EZG [ha]	Fläche [ha] versiegelt, angeschlossen	Durchfluss / Wasserstand für $n=1$ Regen*	Größe Kanal
Altbau	Pankow	Wollankstr.	31.2	12.8	770 Ls^{-1} / 68 cm	DN1200
Neubau	Reinickendorf	Zobeltitzstr.	16.2	6.3	565 Ls^{-1} / 72 cm	DN1000
Einfamilienhäuser	Dahlem	Am Hirschsprung	16.7	3.9	480 Ls^{-1} / 73 cm	DN600
Straße	Pankow / Blankenburg	Blankenburger Pflasterweg		~ 1.3		DN1000
Gewerbe	Reinickendorf	Soltauer Str. / Innungsstr.	36.6	21.7	964 Ls^{-1} / 99 cm	DN2000
Gewässer (Panke)	Pankow	Am Bürgerpark	-	-	-	-

* Modellregen für einjähriges Regenereignis

2.1.2.1 Altbau (ALT)

Das Monitoringgebiet repräsentativ für Berliner Altbau der Gründerzeit liegt in Pankow zwischen Wollankstraße und Mühlenstraße (siehe Abbildung 2).



Abbildung 2: Einzugsgebiet Altbau

Das 31 ha große Gebiet des in der Wollankstraße an der S-Bahnbrücke gelegenen Schachtes ist charakterisiert durch überwiegende Blockbebauung der Gründerzeit (siehe Abbildung 3), teilweise mit und ohne Hinterhäusern. Ein in den 30er Jahren gebauter Wohnblock östlich der S-Bahntrasse nach Pankow ist ebenfalls enthalten. Die in Pankow momentan vorherrschende Bauaktivität (Lückenschluss) ist durch mehrere Baustellen unterschiedlichen Stadiums repräsentiert. Erste Messergebnisse weisen auf eine geringe Anzahl von Fehlanschlüssen im Einzugsgebiet hin, da abwasserbürtige Spurenstoffe (Medikamente) nachgewiesen wurden.



Abbildung 3: Typische Ansichten im Einzugsgebiet „Altbau“.

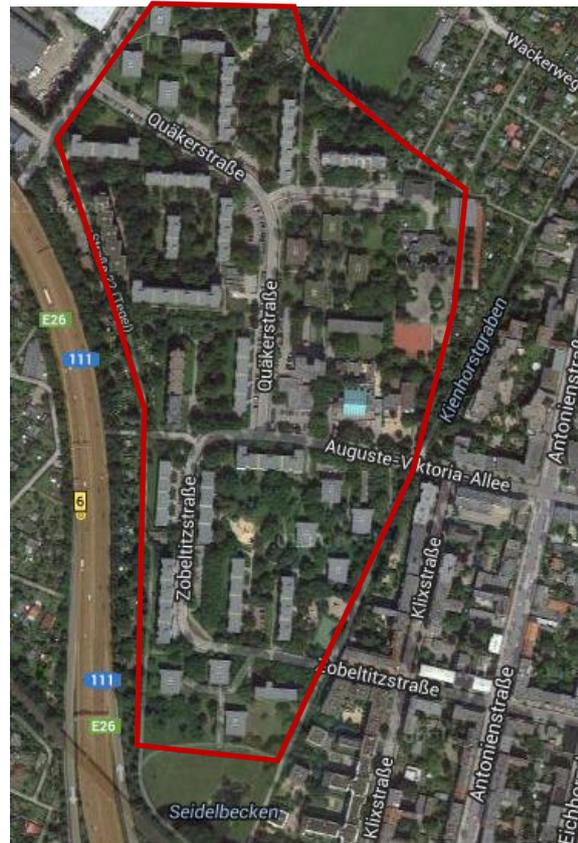
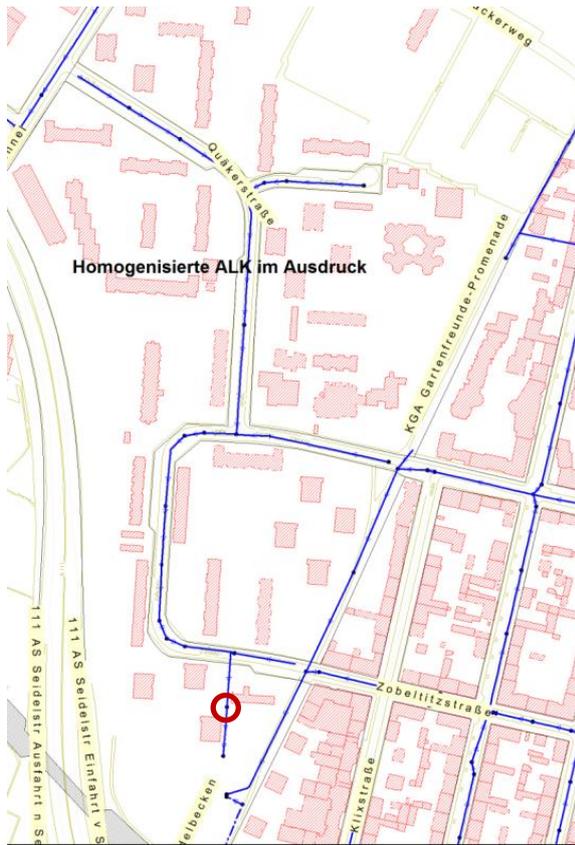


Abbildung 4: Einzugsgebiet „Neubau“ – Regenkanalnetz und Satellitenansicht

2.1.2.2 Neubau (NEU)

Das Monitoringgebiet für den EZG-Typ „Neubau“ liegt in Reinickendorf in der Zobeltitzstraße. Es ist ein 16 ha großes, sehr homogenes Einzugsgebiet, dessen Regenkanalnetz ausschließlich das Neubaugebiet von bis zu 9-geschossigen Plattenbauten umfasst (siehe Abbildung 4 und Abbildung 5). Der beprobte Regenkanalschacht befindet sich kurz vor dem Auslass ins Seidelbecken auf einer Grünfläche hinter einem Haus.



Abbildung 5: Typische Ansichten im Einzugsgebiet „Neubau“

2.1.2.3 Gewerbe (GEW)

Die Messstelle für den Einzugsgebietstyp „Gewerbe“ befindet sich ganz in der Nähe der Messstelle NEU im Gewerbegebiet Borsigwalde. Das sehr homogene, ausschliesslich von Gewerbeflächen geprägte Gebiet umfasst eine Fläche von 37 ha bei einem durchschnittlichen Versiegelungsgrad von 60% (Abbildung 6). Der beprobte Regenkanalschacht befindet sich am südlichen Ende des Gebietes. Es handelt sich um ein DN2000 großen Regenkanal, der eine geringe Menge (ca. 3-4 L/s) ständig fließendes klares Fremdwasser mit sich führt (infiltriertes Grundwasser oder eingeleitetes Kühlwasser).

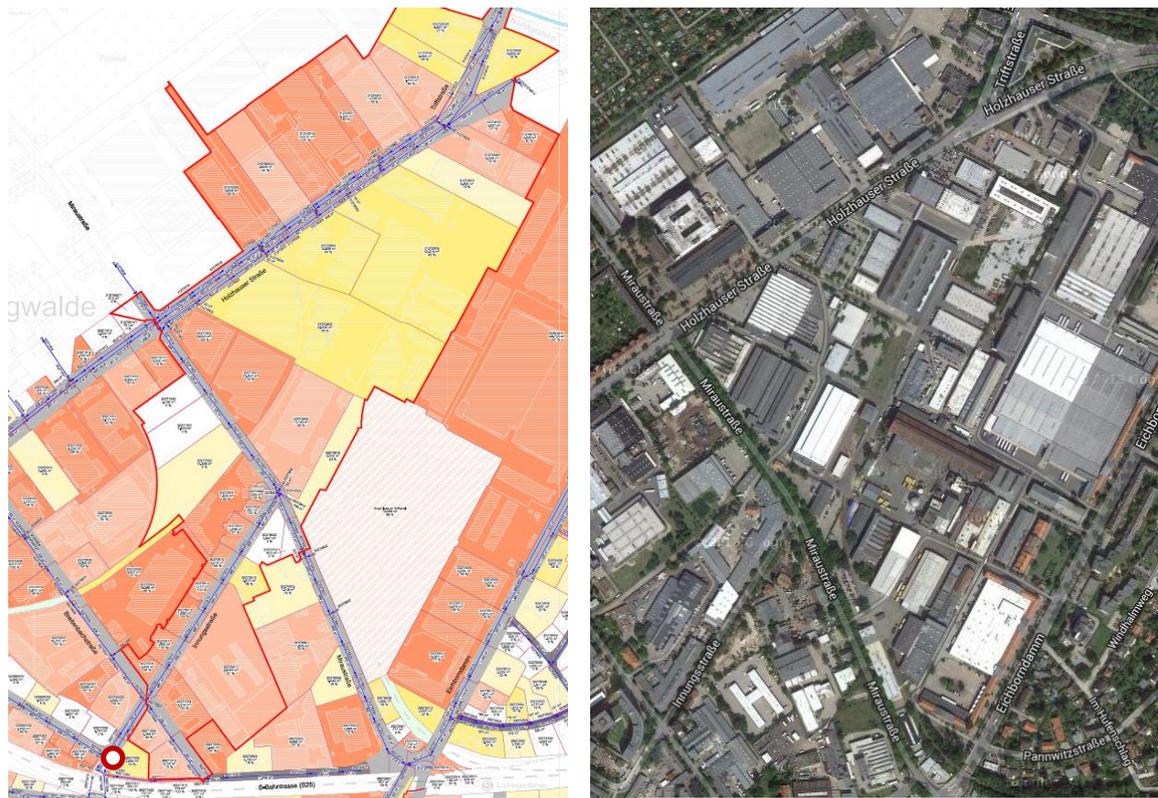


Abbildung 6: Einzugsgebiet „Gewerbe“ – Flächenplan und Satellitenansicht

2.1.2.4 Einfamilienhäuser (EFH)

Das Monitoringgebiet für den EZG-Typ „Einfamilienhäuser“ befindet sich in Dahlem östlich von der Clayallee (Abbildung 7). Dieser Gebietstyp ist charakterisiert durch geringe Bebauung mit Gärten (Einfamilienhäuser, Doppelhäuser, Reihenhäuser, Villen), die in der Stadtstrukturkarte als „niedrige Bebauung mit Hausgärten“ sowie „Villenbebauung mit parkartigen Gärten“ bezeichnet wird. Der Anteil der versiegelten Fläche ist mit rund 25% dementsprechend sehr niedrig.

Eine Schwierigkeit bei der Suche dieses EZG-Typs bestand darin ein Gebiet zu finden, in dem Grundstücke (Dach- und Hofflächen) tatsächlich an den Regenkanal angeschlossen sind, da der Anteil der in Berlin angeschlossenen Einfamilienhäuser nur rund 35% beträgt (65% versickern den Regen auf dem Grundstück) und andere Gebiete oft gar keine angeschlossenen Grundstücke enthalten. Bei dem ausgewählten Monitoringgebiet in Dahlem beträgt der Anteil der angeschlossenen Grundstücke etwa 50% (siehe Flächenplan in Abbildung 7).



Abbildung 7: Einzugsgebiet „Einfamilienhäuser“ – Flächenplan und Satellitenansicht

2.1.2.5 Straße (STR)

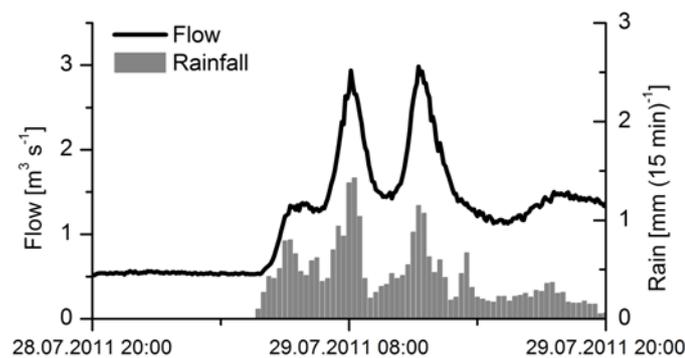
Für Straßenablauf wurde der Zulauf zum Bodenfilter am Blankenburger Pflasterweg in Pankow (Ortsteil Blankenburg) als Messstelle ausgewählt. Dieser Bodenfilter erhält zwei Zulaufkanäle, dessen südlicher Kanal den Ablauf von 1.3 km Straße erhält (900 m Blankenburger Pflasterweg, 400 m Heinersdorfer Straße einschließlich Kreuzungsbereich). Bei beiden Straßen handelt es sich um viel befahrene Straßen mit Verkehrsmengen (Stand 2009) von 10.000-15.000 Kfz/24h und 20.000-30.000 Kfz/24h im Kreuzungsbereich. Im Kreuzungsbereich befinden sich Bushaltestellen für 2 Buslinien. Eine Vor-Ort-Begehung hat außerdem gezeigt, dass auch zahlreiche LKW diesen Straßenabschnitt befahren, vermutlich durch die östlich gelegene B2. Die Verkehrsmengen, das Vorhandensein eines mit Ampel geregelten Kreuzungsbereiches sowie die Bushaltestellen machen dieses EZG repräsentativ für eine Hauptverkehrsstraße Berlins. Die im Einzugsgebiet gelegene alte Kaserne (siehe Abbildung 8) leitet keine Dachflächen in den Regenkanal ein, allerdings sind einige Parkplatzflächen angeschlossen.



Abbildung 8: Einzugsgebiet „Straße“ am Bodenfilter Blankenburger Pflasterweg

2.1.2.6 Gewässermessstelle (PNK)

Die Auswirkungen eingeleiteter Regenabläufen auf Spurenstoffkonzentrationen in Oberflächengewässer wird durch die Einrichtung einer Gewässermessstelle untersucht, um Peakkonzentrationen während Regenereignissen zu bestimmen. Die Panke wurde als Gewässer ausgewählt, da dieser Fluss zum einen eine relevante Menge Regenwassers ableitet ($\sim 4 \text{ Mio m}^3/\text{a} \approx 8\%$ der abgeleiteten Regenmenge Berlins) und zum anderen die Hydrologie einen klaren Regeneinfluss zeigt (Abbildung 9). Außerdem ist trotz Einfluss durch die Kläranlage Schönerlinde ($\sim 15\%$ Klarwasser bei Trockenwetter) der Fremdeinfluss durch Altlasten und Kläranlagen geringer als im Teltowkanal, der als Alternative diskutiert wurde. Die Messstelle befindet sich nördlich des Mischgebietes am Bürgerpark Pankow, direkt an der Durchflussmessstelle des Senats außerhalb von Mischwasser-einflüssen (Abbildung 10). Eine dort befindliche alte Gütemessstation kann genutzt werden, um Probennehmer und Messumformer abschließbar und überdacht aufzustellen. Eine noch vorhandene Rohrverbindung zur Panke kann zur Führung von Probenahmeschlauch und Signalkabel der Messsonde ebenfalls verwendet werden.



Source: Measurements SenStadtUm. Graph by KWB. Project O&Re

Abbildung 9: Durchfluss und Regendaten der Panke während eines Regenereignisses

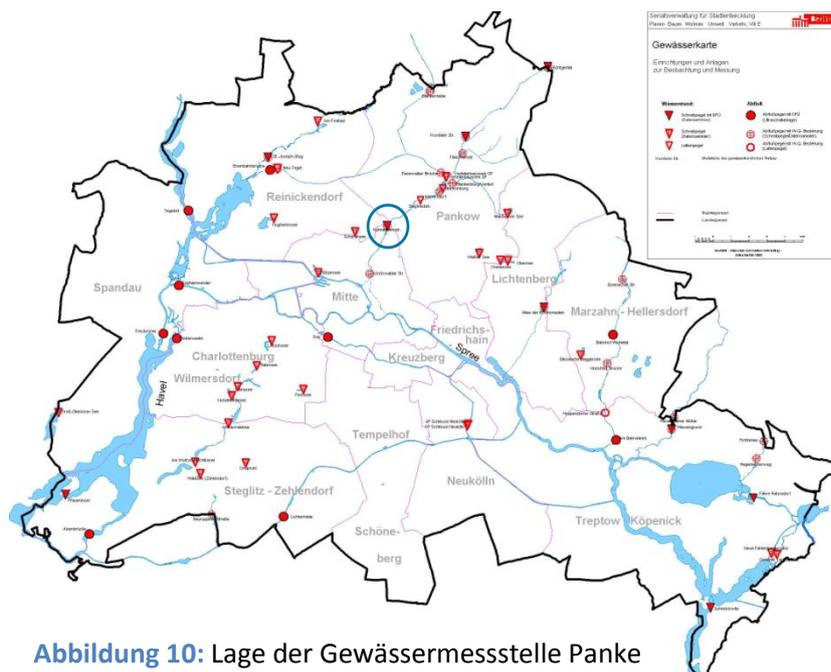


Abbildung 10: Lage der Gewässermessstelle Panke

2.1.3 Installation

An allen Messstellen der fünf Einzugsgebietstypen wurde der Probenehmer (Modell Sigma SD 900 von Hach-Lange) in einem Regenkanalschacht installiert (Abbildung 11). Dieser ist in allen Fällen zugänglich, ohne den Straßenverkehr zu beeinträchtigen (Lage auf Bürgersteig, Grünfläche, etc.). Der Probenehmer wird mit Hilfe eines speziell für den Probenehmer konstruierten Schachthängers in den Kanalschacht gehängt und ist von oben erreichbar (Abbildung 12). Der portable Messumformer für die Durchflussmessung (PCM4 von Nivus) ist ebenfalls in den Kanalschacht gehängt und von oben zugänglich. Als Sensoren wurden per Ultraschall messende Geschwindigkeitssensoren mit Kreuzkorrelation eingesetzt die ein räumlich aufgelöstes Geschwindigkeitsprofil ermitteln. Der Wasserstand wird mittels integrierter Drucksensoren (3) bzw. an der Kanaldecke montierter Luftultraschallsensoren (2) gemessen. Die Installation von Durchflussmessgeräten sowie Probenehmer erfolgte durch Techniker der Hersteller- bzw. Vertriebsfirma.

Um eine verlässliche Probenahme auch bei niedrigem Wasserstand im Regenkanal zu gewährleisten, wurde ein Edelstahlblech als Schwelle schräg so im Kanal installiert, dass im Regenfall das Wasser ~10-12cm hoch eingestaut wird, wobei unten ein 4-5 cm großer Spalt gewährleistet, dass das Wasser nach dem Regen wieder abfließt und keine Verstopfung auftritt (Abbildung 12). Der an der Kanalsohle befestigte Geschwindigkeitssensor ist dabei mehrere Meter stromaufwärts von der Schwelle installiert. Der Probenahmeschlauch wurde in Kanälen bis 1,20 m Höhe (an 4 von 5 Messstellen der Fall) in einem senkrecht angebrachten Edelstahlrohr so fixiert, dass sich die Schlauchöffnung 8 cm von der Kanalsohle entfernt befindet, um das Ansaugen eventuell abgelagerter Sedimente zu verhindern. An der Messstelle „GEW“ (Durchmesser Kanalrohr: 2 m) wurde auf Grund der Größe des Kanals der Schlauch von der Seite geführt (Abbildung 12).

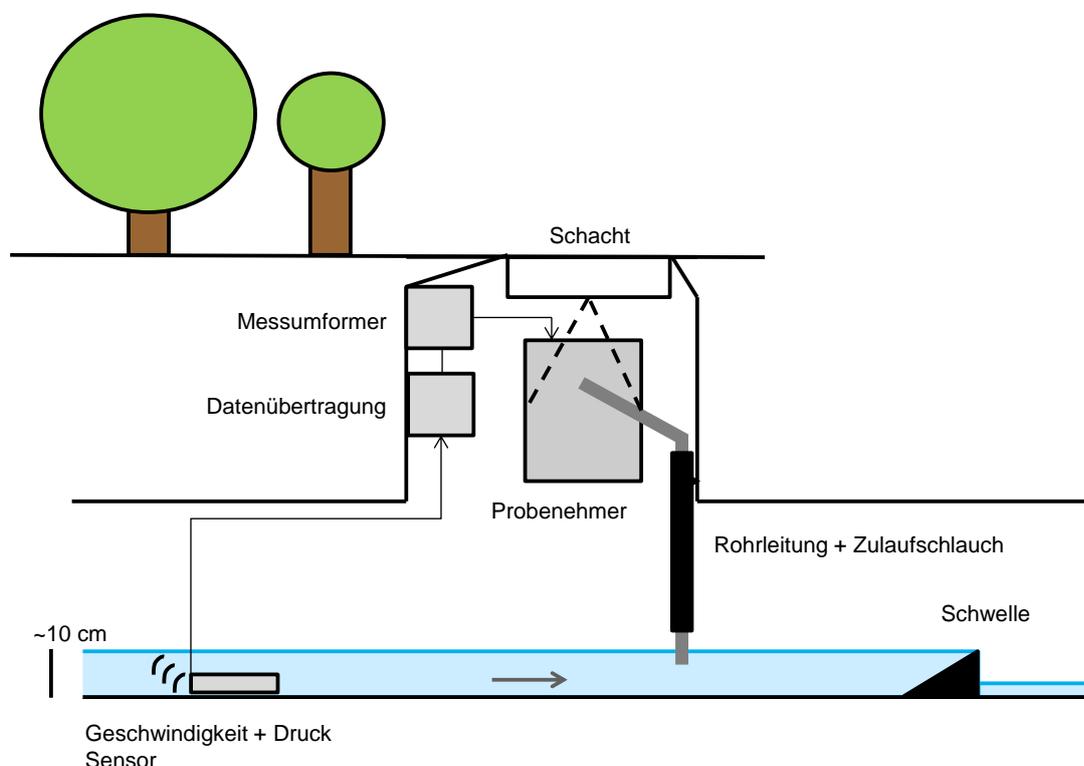


Abbildung 11: Schematische Abbildung der Installation von Probenehmer und Durchflussmessung im Kanalschacht.



Abbildung 12: Typische Installation von Sensoren und in den Schacht gehängtem Probenehmer

2.2 Probenahmestrategie und erste Messungen

2.2.1 Im Regenkanal

Im Regenkanal wird der Probenehmer an allen Messstellen über eine vorgegebene Schwellwertüberschreitung des Wasserstandes von ca. 10 cm gestartet. Die Probenahmestrategie umfasst folgende Hauptpunkte:

- Erstellung einer repräsentativen Mischprobe pro Messstelle und Regenereignis
- Volumenproportionale Probenahme mit manueller Mischung der Mischprobe
 - Proben (festes Volumen) werden in vorher definierten Zeitintervallen gezogen
 - Für die Mischprobe wird von jeder Probenflasche nur ein aus den Durchflussdaten berechnetes Volumen verwendet
- Probenahmedauer: 4 Stunden
- Unterteilung in mehrere Teilproben (4 Proben/Flasche), um Unsicherheiten durch die Probenahme zu verringern

Einzelheiten zur Programmierung des Probenehmers sind in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Einzelheiten und Parameter der Probenahme

Strategie	V – proportional mit manueller Mischung
Flaschen	8 x 1.8L Glas
Max. Probedauer	4 Stunden
Anzahl Proben / Flasche	4
Volumen Probe	450 mL
Probe Intervall	0 → 2 Stunden: 5 min/Probe (20 min/Flasche) 2 → 4 Stunden : 15 min/Probe (1 h/Flasche)

Erstellung der Mischprobe

Für jede Messstelle und Regenereignis wird eine maximal 5L Mischprobe im Labor erstellt. Zur Berechnung der zur Erstellung der volumenproportionalen Mischprobe notwendigen Einzelvolumina der 8 Probenahmeflaschen wurde ein Tool in R programmiert, das sowohl die Durchflussdaten des PCM4 als auch die Samplelogdateien des Probennehmers auswertet, grafisch darstellt und für jede Flasche ein Volumen berechnet, welches dem während der Probenahme dieser Flasche durchflossenen Regenvolumen entspricht. Ein Beispiel ist in Abbildung 13 dargestellt.

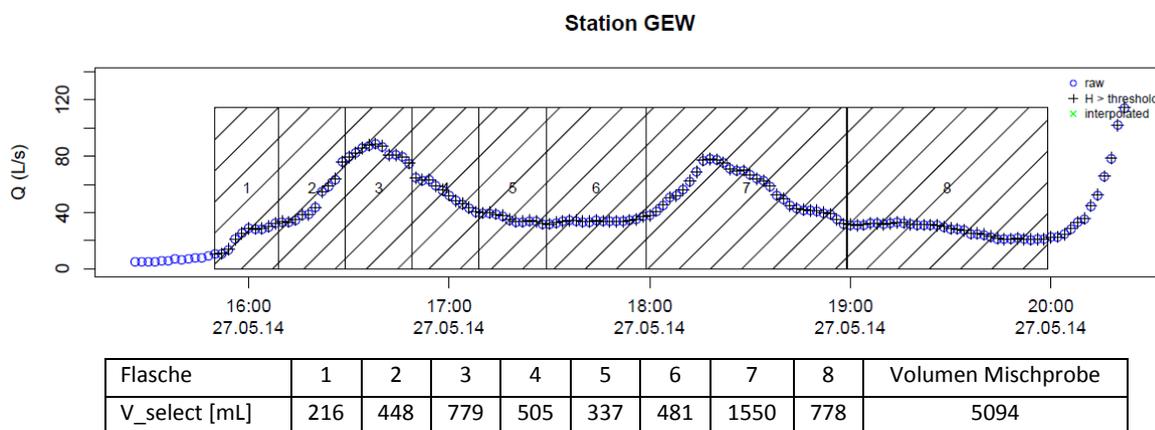


Abbildung 13: Ausgabe des Berechnungstools zur Erstellung der volumenproportionalen Mischprobe erforderlichen Einzelvolumina.

Erste Messungen

Seit Installation der Durchflussmessgeräte im März/April liegen Messdaten zu Wasserstand und Durchfluss mit einer zeitlichen Auflösung von 2 Minuten vor (Abbildung 14, Übersicht der Daten aller Messstellen in Anhang A). Ein weiteres im Rahmen des Projektes programmiertes R-Tool analysiert die Messdaten und wertet die Einzelereignisse mit grafischer Darstellung aus (Abbildung 14). Eine Implementierung der Auswertung der von den BWB gemessenen Regenschreiber findet momentan statt.

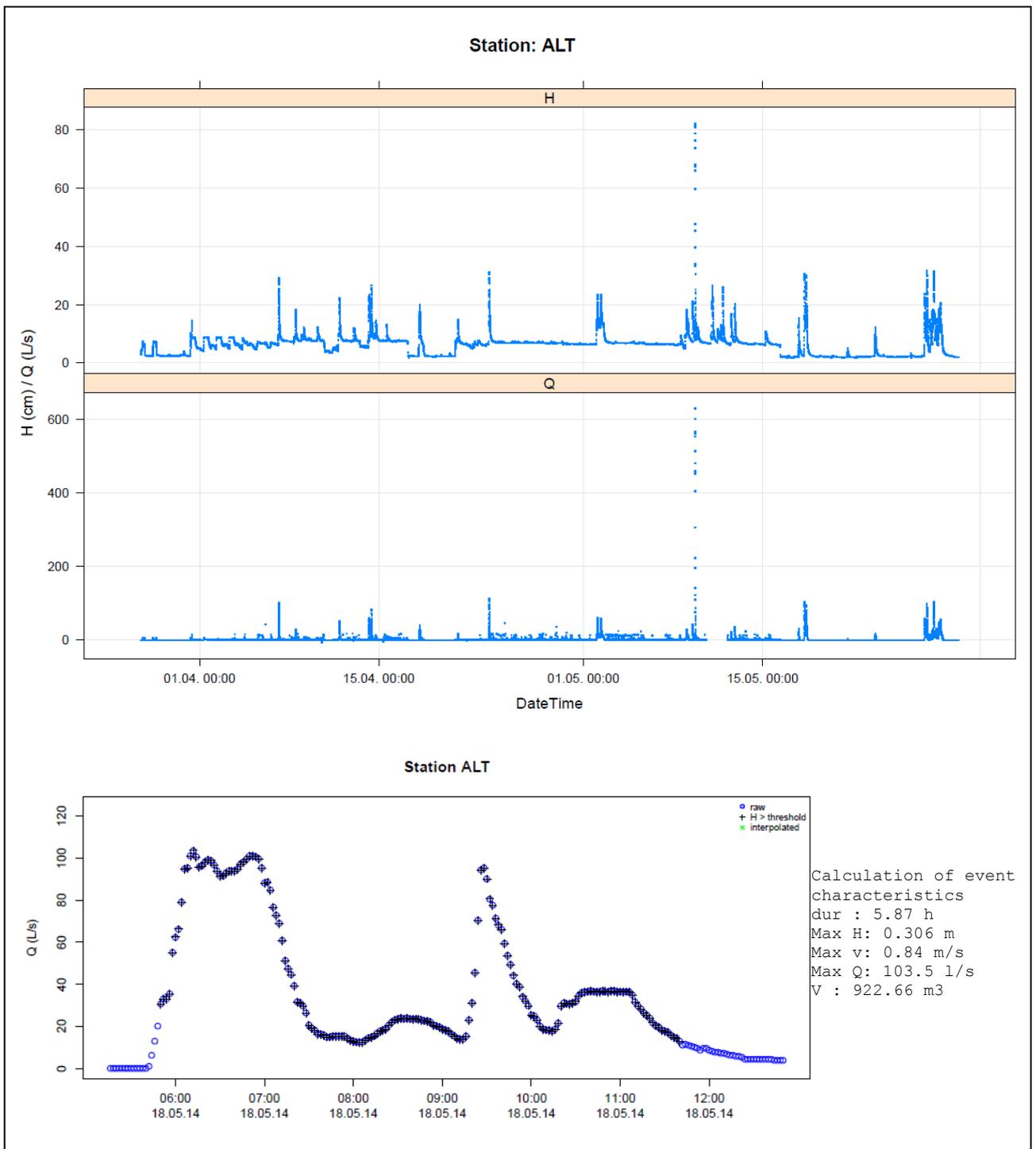


Abbildung 14: Durchflussmessdaten für Messstelle ALT: alle Messdaten (oben) und Beispiel für Auswertung eines Regenereignisses am 18.5. (unten)

2.2.2 Im Gewässer

An der Gewässermessstelle der Panke sollen durch Stichproben Maximalkonzentrationen der relevanten regenbürtigen Spurenstoffe ermittelt werden. Eine Auswertung von Messdaten einer im Rahmen des Projektes an der Messstelle installierten Sonde sowie der von SenStadtUm gemessenen Wasserstände und Durchflüsse an dieser Stelle hat ergeben, dass die Leitfähigkeit ein geeigneter Parameter ist, um den Anteil von

Regenwasser in der Panke abzuschätzen (Abbildung 15). Ein Schwellwert von 550 $\mu\text{S}/\text{cm}$ wurde bestimmt, bei dessen Unterschreitung der Probenehmer gestartet wird (rote Linie in Abbildung 15).

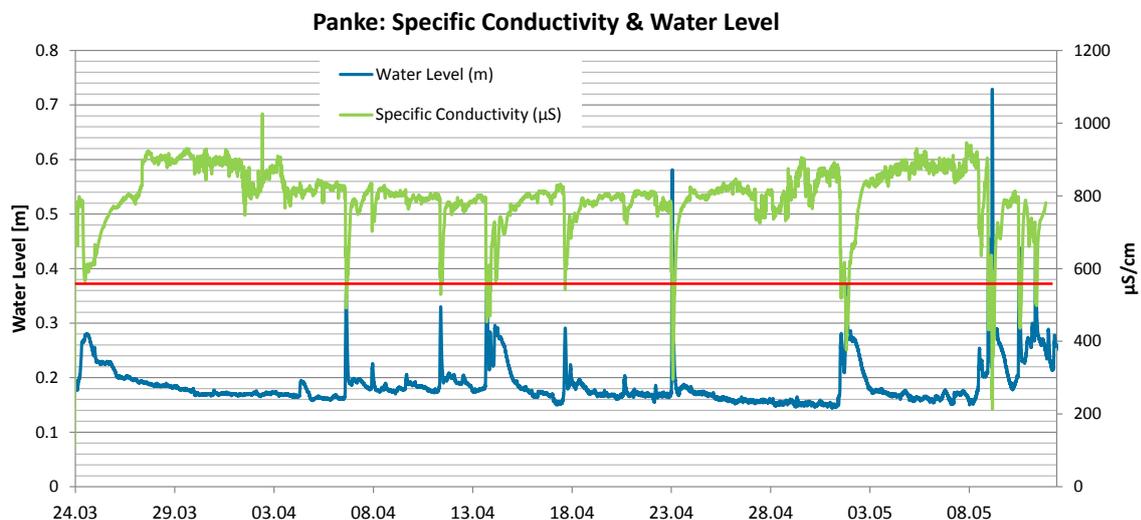


Abbildung 15: Wasserstand und spezifische Leitfähigkeit an der Gewässermessstelle der Panke

Der Probenehmer wird so angesteuert, dass zwei Stichproben mit jeweils vier Liter Probevolumen genommen werden. Bei erfolgreicher Beprobung von Regenpeaks ist eine spätere Anpassung der Ansteuerung des Probenehmers zur Erstellung von Mischproben (Abschätzung von Frachten) möglich.

2.3 Spurenstoffe

Tabelle 4 zeigt einen Überblick über die im Rahmen des Projektes analysierten Gruppen von Spurenstoffen. Die Zusammenstellung erfolgte aufgrund einer Literaturstudie zum Vorhandensein dieser Spurenstoffe in Regenwasser, ergänzt durch Expertenmeinungen zu potentiellen Stoffen. Die Analytik nicht in der Routine des Labors der Berliner Wasserbetriebe befindlichen Spurenstoffen wurde in den vergangenen Monaten aufgebaut und validiert. Erste Proben werden momentan analysiert und ausgewertet – Ergebnisse liegen noch nicht vor.

Tabelle 4: Übersicht über die im Rahmen des Projektes gemessenen Stoffgruppen

Stoffgruppe (# Substanzen)	Typische Vertreter	Anwendung
Phthalate (8)	DEHP	Weichmacher in Kunststoffen
Organophosphate (6)	TCEP	Flammschutzmittel, Weichmacher
Organozinnverbindungen (3)	Tributylzinn	Holzschutzmittel, Antifouling

Biozide / Pestizide (19)	Mecoprop, Diuron	Grünflächen, Fassadenfarben, Mauerschutzmittel
Perfluorierte Tenside (6)	PFOS	Beschichtungen
PAK (16)	Benzo[a]pyrene	Entsteht bei Verbrennungsprozessen
PCB (7)		Weichmacher in Anstrichstoffen, Dichtungsmassen und Kunststoffen
Alkylphenole (3)	Nonylphenol	Kunststoffe, Reifenabrieb
Polybromierte Diphenylether (PBDE) (9)		Flammschutzmittel
Benzothiazole (4)	Benzothiazol	Vulkanisierbeschleuniger (Reifen)
Benzotriazole (3)	Benzotriazol	Korrosionsinhibitoren, Schmierstoffe (Motoren)
Schwermetalle (3-10)	Kupfer, Zink	Bremsabrieb, Reifenabrieb, Baustoffe
Sonstige	MTBE, Bisphenol A	

3. AP2: Datenanalyse/Modellierung

Für die Datenauswertung sollen über einfache Modellabbildung (i) jährliche Spurenstofffrachten in die Berliner Oberflächengewässer via Regenwasserabfluss berechnet und (ii) Spitzenkonzentrationen in ausgewählten Gewässerabschnitten abgeschätzt werden. Für die beiden Auswertungsarten sind unterschiedliche Modellabbildungen notwendig. Im Folgenden werden die abgestimmte Herangehensweise und erste Ergebnisse vorgestellt.

3.1 Jährliche Frachten in Berliner Gewässer

Die Hochrechnung der Monitoringergebnisse auf Gesamtberlin soll entlang der gleichen 5 Baustrukturtypen erfolgen; d.h. für jeden Baustrukturtyp wird angenommen, dass die unterhalb des entsprechenden Einzugsgebiet gemessenen Ergebnisse auf alle Flächen Berlins mit derselben Baustruktur übertragbar sind. Abbildung 2.1 zeigt das allgemeine Vorgehen. Für jeden Baustrukturtyp muss im Kern das jährliche Abflussvolumen mit der volumengemittelten Konzentration multipliziert werden (unter 2.1.1 und 2.1.2 erläutert). Die Berechnung muss getrennt für Misch- und Trenngebiete erfolgen. Im Mischgebiet (siehe blauen Kasten in Abb. 2.1) muss der Klärwerks- und Mischwasserüberlaufs-Pfad unterschieden werden. Dies soll aufgrund von existierenden Simulationen zum Mischgebiet erfolgen.

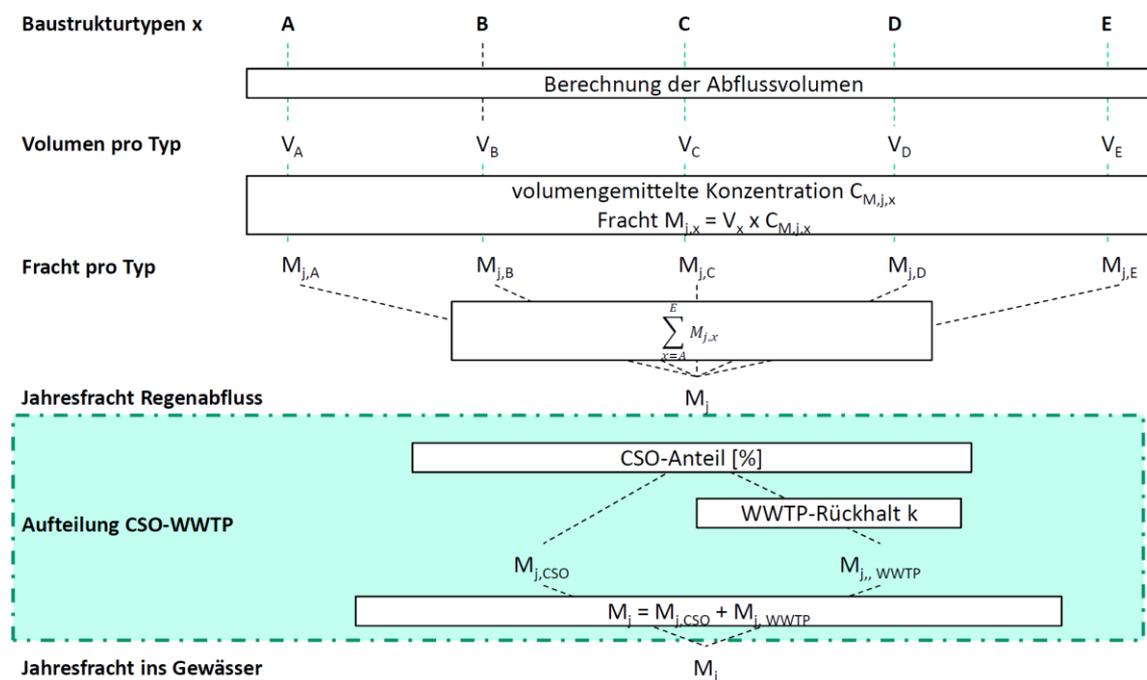


Abb. 2.1: Schema der Hochrechnung der regenwasserbürtigen Jahresfracht M für eine Substanz j

3.1.1 Jährliche Abflussvolumen

Für die Berechnung des jährlichen Abflussvolumen von angeschlossenen, versiegelten Flächen stellt die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt das Modell ABIMO zur Verfügung. Das Modell ABIMO basiert auf dem Wasserhaushaltsmodell der Bundesanstalt für Gewässerkunde zur Berechnung von Versickerung, Verdunstung und oberflächlichem Abfluss von Regenwasser, angepasst für den Berliner urbanen Raum (Glugla et al. 1999). Das Modell ABIMO berechnet

- den oberflächlichen Regenwasserabfluss pro Blockteilfläche (24.961 Flächen) unter Berücksichtigung von versiegelten Flächen (bebaut, unbebaut und Straßen), Belagsart und Kanalisierungsgrad,
- Jahresmittel für den Zeitraum 1961 bis 1990 unter Berücksichtigung von 97 Regen-Messstationen der FUB und des DWD,
- die potentielle Verdunstung nach Turc für Deutschland mit Korrekturterm für die Region Berlin und die reale Verdunstung nach Bagrov.

Ein direktes Aggregieren der aktuellen ABIMO-Berechnung (2012) auf die fünf OgRe-Typen ist nicht möglich, da die Straßenflächen in ABIMO den Blockteilflächen zugeordnet sind. Aufgrund der erwarteten Wichtigkeit stark befahrener Straßen als Quellen von Spurenstoffen ist eine Separierung dieser Flächen und damit eine Neuberechnung von ABIMO notwendig.

Das Modell ABIMO wurde von SenStadtUm an das KWB übergeben, für die begrenzte Nutzung im Rahmen von OgRe. Auf Hinweis von Herrn Goedecke von SenStadtUm wurde das Modell zunächst mit den existierenden Randbedingungen gerechnet, um zu prüfen ob die Berechnung und der Datenimport- und Export fehlerfrei verlaufen und die

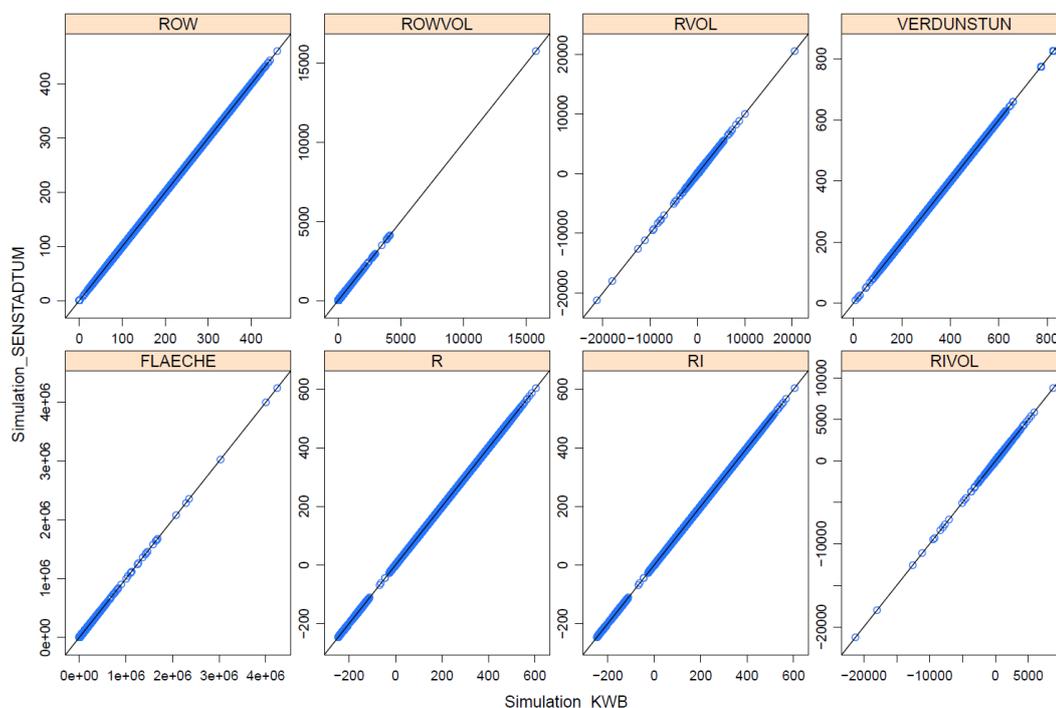


Abb. 2.2: Berechnung SenStadtUm gegenüber Berechnung KWB: Vergleich der ABIMO-Ausgabegrößen der Basissimulation. Jeder blaue Kreis stellt eine der 24.961 Blockteilflächen dar. ROW [mm] und ROWVOL [cm³/s] stellen den oberflächlichen Abfluss dar.

Modellparameter korrekt gesetzt sind. Die Ergebnisse waren bis auf Rundungsfehler mit der SenStadtUm-Simulation identisch (Abb. 2.2).

Die Ermittlung des Abflusses von stark befahrenen Straßen, sowie den Abflüssen der anderen Baustrukturtypen inklusive der restlichen Straßen (Quartierstraßen, etc.) wurden die folgenden Schritte durchgeführt:

1. Schritt: Ermitteln der Fläche verkehrsreicher Straßen

1. Festlegung „verkehrsreich“: ≥ 7500 Fahrzeuge pro Tag
2. Verschneiden der Straßenflächen mit Straßen ≥ 7500 Fahrzeuge pro Tag (Linien aus Karte des Fis-Brokers, Verkehrsmengen 2009).
3. Ermitteln der Straßenflächen ≥ 7500 pro Bezirk

2. Schritt: Anpassen der Angaben pro Blockteilfläche im ABIMO-Inputfile

1. Ermitteln des Anteils von Straßenflächen ≥ 7500 an der gesamten Straßenfläche pro Bezirk
2. Reduktion der Straßenfläche pro Blockteilfläche in Abhängigkeit des Bezirks
3. Anpassen der Anteile der vier Belagsklassen an der Straßenfläche (Annahme: verkehrsreiche Straßen sind vom Belagstyp 1)

3. Schritt: Neu-Berechnen von ABIMO ohne verkehrsreiche Straßen

1. Berechnen der angepassten Input-Datei
2. Differenz zwischen Original und Neuberechnung ergibt den Regenwasserabfluss in den Kanal ROWvol von Straßen mit ≥ 7500 Fahrzeuge pro Tag.
3. Für die weitere Verwendung in OgRe werden die verbleibenden Straßenflächen jeweils den Blockteilflächen zugeordnet und mit den Messungen in entsprechenden Gebieten verrechnet (in denen sich ja auch Straßen befinden). Der Regenwasserabfluss in den Kanal von Straßen mit ≥ 7500 Fahrzeuge pro Tag wird mit entsprechenden Messungen im Ablauf einer stark befahrenen Straße verrechnet.

Die Ergebnisse zeigen, dass die reduzierte, stark befahrene Straßenfläche ca. 4 % der gesamten in ABIMO berücksichtigten Fläche ausmacht. Durch den hohen Versiegelungs- und Kanalisierungsgrad des Straßenlandes macht die Reduktion aber ca. 11% der versiegelten, angeschlossenen Fläche aus.

Die Reduktion des Regenabflusses in den Kanal ROWvol ist nach Reduktion der Straßenfläche entsprechend auch um ca. 12% niedriger als in der Standardsimulation. Den leicht höheren Effekt auf ROWvol als auf die versiegelte, angeschlossene Fläche erklärt sich dadurch, dass in ABIMO auch das unversiegelte Straßenland einen Effekt auf ROWvol hat. Wie erwartet fällt die relative Reduktion von ROWvol umso ausgeprägter aus, je größer der Anteil der reduzierten Straßenfläche an der Blockteilfläche ist (Abb. 2.3). Die Streuung in Abb. 2.3 nach oben erklärt sich aus dem Einfluss des

Versiegelungsgrades der Straße sowie der restlichen Blockteifläche. So ist z.B. ist der Effekt auf eine außer den Straßen nahezu unversiegelte Fläche am größten.

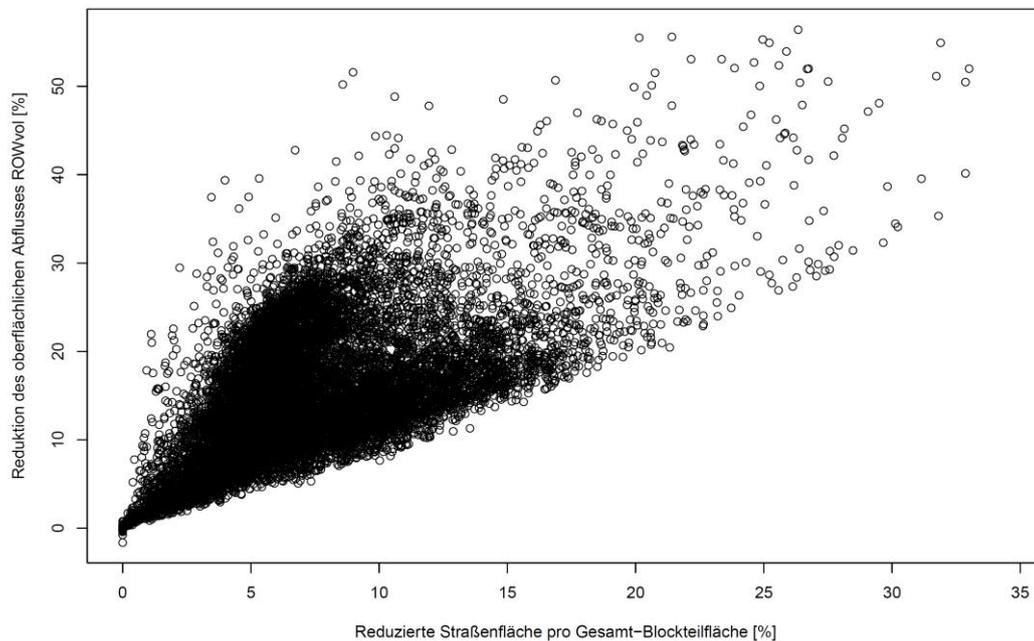


Abb. 2.3: Effekt der reduzierten verkehrsreichen Straßen auf die ABIMO-Ergebnisse. Jeder Kreis entspricht einer der 24.961 Blockteiflächen.

Als nächster Schritt werden die jährlichen Abflussvolumen für die fünf OgRe-Typen nach Misch- und Trenngebiet aufgeteilt. Die genauen Gis-Karten wurden von den Berliner Wasserbetrieben zur Verfügung gestellt.

3.1.2 Berechnung der volumengemittelten Konzentrationen

Die volumengemittelten Konzentrationen C_M für die Berechnung der Frachten (Abb. 2.1) sollen je Messstelle (d.h. für jeden Baustrukturtyp) und Substanz ermittelt werden. Dabei sind unterschiedliche Szenarien möglich (Abb. 2.4). Die Ereigniskonzentrationen können entweder wie in Abb. 2.4b mit der Regenhöhe abnehmen (beispielsweise für partikelgebundene Substanzen, Charbeneau & Barrett 1998; Tiefenthaler et al. 2008) oder zunehmen (beispielsweise bei Auswaschung, Hanke et al. 2010). Bei Substanzen die saisonal eingesetzt werden ist auch ein jahreszeitlicher Bezug denkbar, wie in Abb. 2.4c gezeigt (z.B., Wittmer et al. 2011). In vielen Fällen, insbesondere wenn viele Ereignisse betrachtet werden, zeigt sich allerdings wie in Abb. 2.4a keine Korrelation zwischen Konzentrationen im Regenwasser und Regenhöhe oder Zeitpunkt (Charbeneau & Barrett 1998; Wittmer et al. 2011).

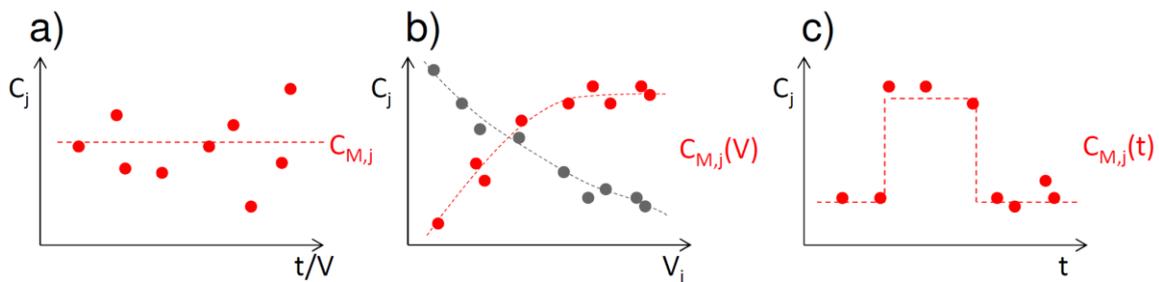


Abb. 2.4: Verschiedene Möglichkeiten von Messverläufen der mittleren Ereigniskonzentrationen C einer Substanz j in Abhängigkeit von Ereignisvolumen V oder Jahreszeit t .

In OgRe wird jedes Substanz-Messstellen-Paar auf mögliche Zusammenhänge geprüft. Wird ein Zusammenhang gefunden, wird dieser für die Berechnung einer volumengewichteten Konzentration auf die ABIMO-Regenjahre angewendet. Gibt es keinen Zusammenhang wird direkt der Mittelwert aus den gemessenen Werten verwendet (Fall in Abb. 2.4a). Für diese Berechnungen wird als nächster Schritt ein Programm in R geschrieben.

3.2 Spitzenkonzentrationen in ausgewählten Gewässerabschnitten

Der Gewässerabschnitt der Berliner Panke der von Regenwasserentlastungen im Trennsystem (aber nicht von Mischwasserentlastungen) beeinflusst wird wurde mit den Projektpartnern für die weitere Betrachtung ausgewählt. Im Rahmen der Modellierung von möglichen Spitzenkonzentrationen wird somit grob der Bereich zwischen dem Abzweig des Nordbeckens und dem Bürgerpark betrachtet. Im gleichen Bereich wird auch eine Probenahme stattfinden (siehe Kapitel 2).

Der Modellaufbau basiert auf dem folgenden, mit den Partnern abgestimmten Vorgehen:

- Umsetzung der beiden Ansätze in R
- Einfacher dynamischer Ansatz für Hydraulik in Gebiet und Gewässer (evt auch auf Basis existierender Daten)
- Konzentrationen bei Einleitungen aus Monitoring (C_M -Bestimmungen wiederum direkt innerhalb R)
- Konservativer Transport im Gewässer (direkt in R oder Ansteuerung via R)

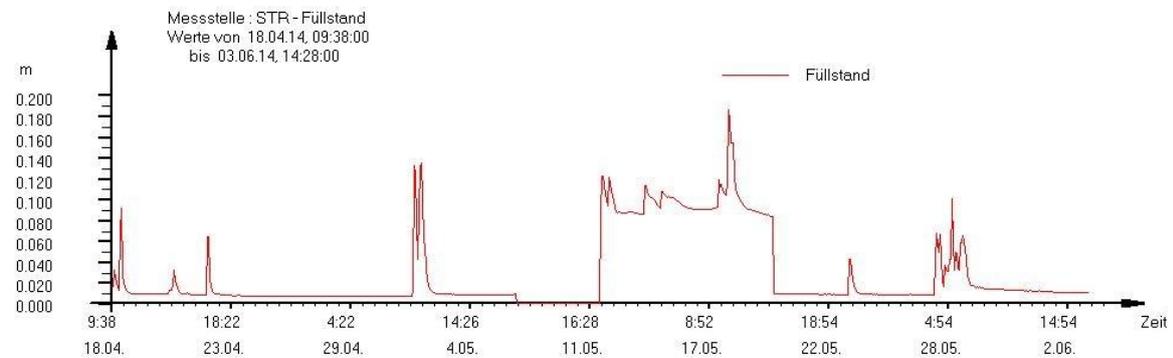
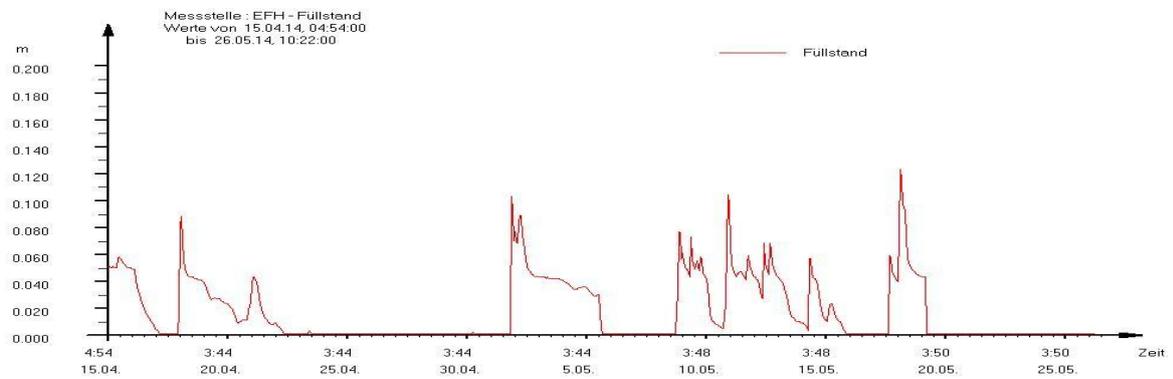
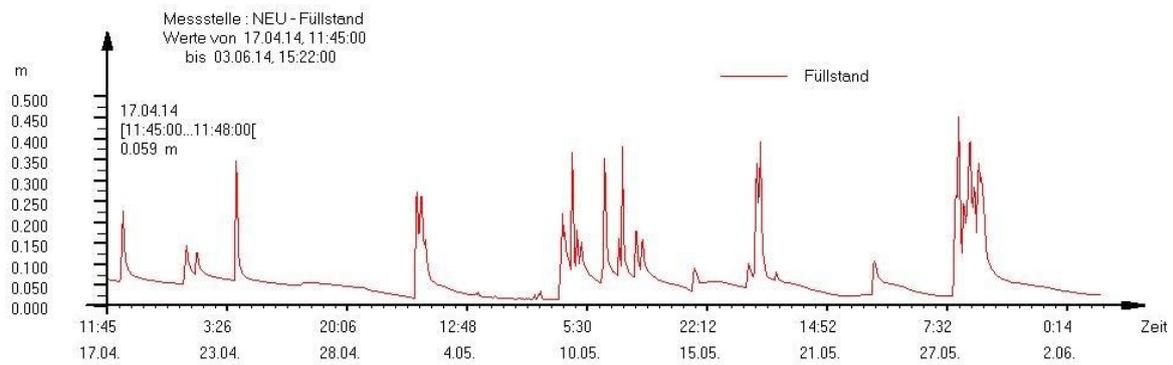
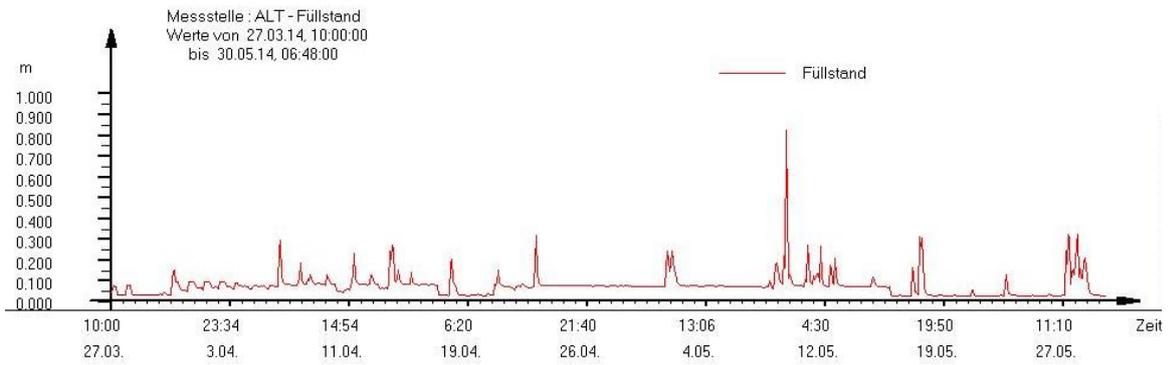
Zurzeit wird die existierende Information zur Panke der SenStadtUm gesichtet. Der R-Ansatz wird danach programmiert.

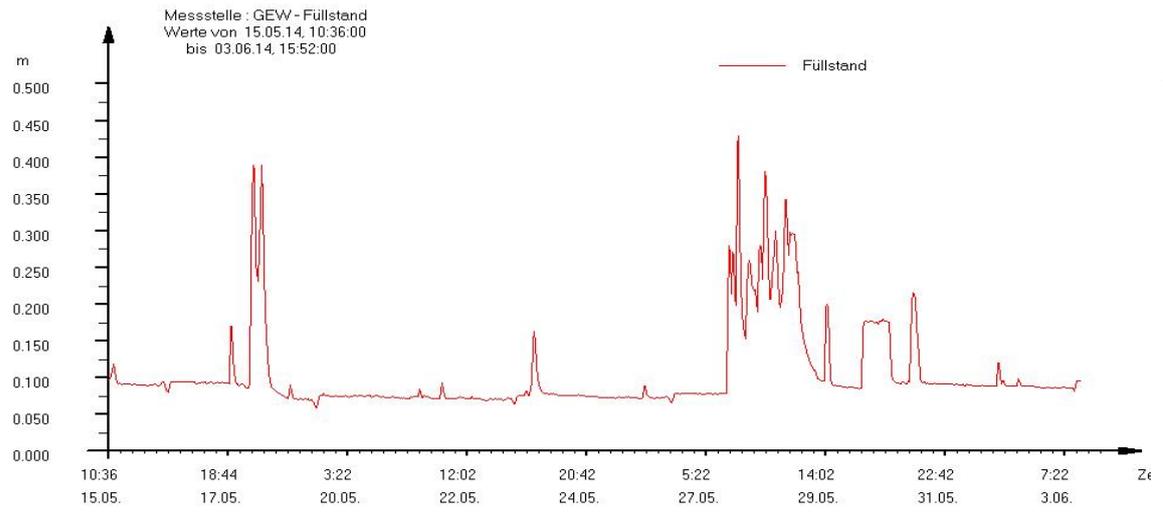
4. Nächste Schritte

Nach Abschluss der momentan laufenden Testphase an allen Messstellen (Test von Durchflussmessung, Ansteuerung und Probenahme mit eventuellen Anpassungen) beginnt das quantitative Monitoring von Regenereignissen unterschiedlicher Charakteristika. Mit den in Kürze erwarteten ersten Messergebnissen des Labors zu Spurenstoffkonzentrationen im Regenwasser wird das Datenmanagement erweitert und die Datenanalyse um ein R-Tool zur Berechnung von Spurenstofffrachten je Regenereignis und Messstelle erweitert. Die Programmierung eines Tools zur Auswertung von ortsbezogenen Regendaten des BWB-Messnetzes ist ebenfalls in Arbeit.

Hinsichtlich der Modellierung werden als nächster Schritt die jährlichen Abflussvolumen für die fünf OgRe-Typen nach Misch- und Trenngebiet aufgeteilt, um eine Berlin-weite Hochrechnung der im Trenngebiet ermittelten Messdaten zu ermöglichen. Zur Berechnung von Spitzenkonzentrationen in ausgewählten Gewässerabschnitten wird als nächstes die Programmierung des R-Ansatzes vorbereitet und durchgeführt.

Anhang A





Literatur

- Charbeneau, R. J. & Barrett, M. E. (1998) Evaluation of methods for estimating stormwater pollutant loads. *Water Environment Research* 70 (7): 1295-1302
- Glugla, G., Goedecke, M., Wessolek, G. & Fürtig, G. (1999) Langjährige Abflussbildung und Wasserhaushalt im urbanen Gebiet Berlin. *Wasserwirtschaft* 89 (1): 34-42
- Hanke, I., Wittmer, I., Bischofberger, S., Stamm, C. & Singer, H. (2010) Relevance of urban glyphosate use for surface water quality. *Chemosphere* 81 (3): 422-429
- Tiefenthaler, L. L., Stein, E. D. & Schiff, K. C. (2008) Watershed and land use-based sources of trace metals in urban storm water. *Environmental Toxicology and Chemistry* 27 (2): 277-287
- Wittmer, I. K., Scheidegger, R., Bader, H. P., Singer, H. & Stamm, C. (2011) Loss rates of urban biocides can exceed those of agricultural pesticides. *Science of the Total Environment* 409 (5): 920-932