

Abschlussbericht

Projektnr: 11409UEPII/2
Datum: 16.12.2015

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 Download

https://www.kompetenz-wasser.de/wp-content/uploads/2017/11/abschlussbericht_ogre_final_rev2.pdf

Autoren:

Dr. Daniel Wicke, Dr. Andreas Matzinger, Dr. Pascale Rouault

weitere Projektbeteiligte:

KWB

Wissenschaftliche Mitarbeiter: Nicolas Caradot, Hauke Sonnenberg, Rabea-Luisa Schubert
Studenten: Simon-Douwe Holsteijn, Mark Masch, Clara Eichler, Robert Dick

BWB

Labor: Julia Quilitzki, Dr. Uwe Dünnbier, F&E: Dr. Bernd Heinzmann, Regina Gnirß, AE: Agnes Kummelt, Henrik Marczinski, Kanalbetriebsstellen Wedding, Wilmersdorf, Marzahn

SenStadtUm

Dörthe von Seggern, Brigitte Reichmann, Manfred Goedecke

Die Mittel für dieses Projekt wurden vom Berliner Umweltentlastungsprogramm (UEP)
(Projekt 11409UEPII/2) sowie Veolia Water zur Verfügung gestellt.

Senatsverwaltung
für Stadtentwicklung
und Umwelt



Europäische Union
Europäischer Fonds für
regionale Entwicklung

Investition in Ihre Zukunft



Berlin 2015

© Copyright 2015 by 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

Important Legal Notice

Disclaimer: The information in this publication was considered technically sound by the consensus of persons engaged in the development and approval of the document at the time it was developed. KWB disclaims liability to the full extent for any personal injury, property, or other damages of any nature whatsoever, whether special, indirect, consequential, or compensatory, directly or indirectly resulting from the publication, use of application, or reliance on this document. KWB disclaims and makes no guaranty or warranty, expressed or implied, as to the accuracy or completeness of any information published herein. It is expressly pointed out that the information and results given in this publication may be out of date due to subsequent modifications. In addition, KWB disclaims and makes no warranty that the information in this document will fulfill any of your particular purposes or needs. The disclaimer on hand neither seeks to restrict nor to exclude KWB's liability against all relevant national statutory provisions.

Wichtiger rechtlicher Hinweis

Haftungsausschluss: Die in dieser Publikation bereitgestellte Information wurde zum Zeitpunkt der Erstellung im Konsens mit den bei Entwicklung und Anfertigung des Dokumentes beteiligten Personen als technisch einwandfrei befunden. KWB schließt vollumfänglich die Haftung für jegliche Personen-, Sach- oder sonstige Schäden aus, ungeachtet ob diese speziell, indirekt, nachfolgend oder kompensatorisch, mittelbar oder unmittelbar sind oder direkt oder indirekt von dieser Publikation, einer Anwendung oder dem Vertrauen in dieses Dokument herrühren. KWB übernimmt keine Garantie und macht keine Zusicherungen ausdrücklicher oder stillschweigender Art bezüglich der Richtigkeit oder Vollständigkeit jeglicher Information hierin. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die in der Publikation gegebenen Informationen und Ergebnisse aufgrund nachfolgender Änderungen nicht mehr aktuell sein können. Weiterhin lehnt KWB die Haftung ab und übernimmt keine Garantie, dass die in diesem Dokument enthaltenen Informationen der Erfüllung Ihrer besonderen Zwecke oder Ansprüche dienlich sind. Mit der vorliegenden Haftungsausschlussklausel wird weder bezweckt, die Haftung der KWB entgegen den einschlägigen nationalen Rechtsvorschriften einzuschränken noch sie in Fällen auszuschließen, in denen ein Ausschluss nach diesen Rechtsvorschriften nicht möglich ist.

Impressum

Dieser Bericht wurde nach den Vorgaben des Qualitätsmanagements gemäß DIN EN ISO 9001:2008 erarbeitet.

Titel

Relevanz organischer Spurenstoffe im Regenwasserabfluss Berlins – OgRe

Autoren

Daniel Wicke, Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH

Andreas Matzinger, Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH

Pascale Rouault, Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH

Qualitätssicherung

Dörthe von Seggern, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt

Dr. Bernd Heinzmann, Berliner Wasserbetriebe

Endversion

Datum: 16.12.2015

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	vi
Zusammenfassung.....	vii
1. Einführung.....	1
2. Monitoring.....	3
2.1 Einzugsgebiete und Messstellen	3
2.1.1 Definition der Einzugsgebietstypen	3
2.1.2 Ausgewählte Messstellen.....	4
2.1.2.1 Altbau (ALT).....	5
2.1.2.2 Neubau (NEU).....	5
2.1.2.3 Gewerbe (GEW).....	6
2.1.2.4 Einfamilienhäuser (EFH)	6
2.1.2.5 Straße (STR).....	6
2.1.2.6 Gewässermessstelle Panke (PNK)	7
2.1.3 Installation.....	8
2.1.3.1 Gewässermessstelle	9
2.2 Probenahmestrategie und Probenanzahl	9
2.2.1 Probenahme im Regenkanal	9
2.2.2 Probenahme im Gewässer	10
2.2.3 Probenauswahl und Probenanzahl	11
2.3 Messparameter und Analytik.....	11
2.3.1 Parameterliste.....	11
2.3.2 Strategie für Analytik.....	14
2.4 Durchfluss- und Regendaten	14
3. Konzentrationen im Regenwasserabfluss	16
3.1 Konzentrationen nach Einzugsgebieten.....	21
3.1.1 Standardparameter	21
3.1.2 Tracersubstanzen	22
3.1.3 Phthalate und Organophosphate.....	22
3.1.4 Biozide/Pestizide	23
3.1.5 PAK	25
3.1.6 Sonstige organische Spurenstoffe.....	25
3.1.7 Schwermetalle.....	26
3.1.8 Überblick mikrobiologischer Parameter	27

3.1.9 Dynamik aus zeitaufgelösten Proben.....	27
3.2 Abhängigkeit der Konzentrationen von Regenparametern und Jahreszeit	29
4. Frachten in Berliner Gewässer	31
4.1 Vorgehen Frachtberechnung	31
4.1.1 Einträge durch Regenwasser.....	31
4.1.2 Einträge durch Schmutzwasser	33
4.1.3 Unsicherheiten	34
4.2 Ergebnisse Frachtberechnung	35
4.2.1 Einträge durch Regenwasserabfluss - Gesamt-Berlin	35
4.2.2 Vergleich mit schmutzwasserbürtigen Frachten.....	37
4.2.3 Vergleich der Einträge zwischen unterschiedlichen Berliner Gewässern.....	39
5. Spitzenkonzentrationen in der Panke	43
5.1 Trockenwettersituation.....	43
5.2 Belastungen bei Regenwetter	43
5.2.1 Vergleich mit Umweltqualitätsnormen.....	46
6. Wichtigste Spurenstoffe im Regenwasserabfluss Berlins	48
7. Literaturverzeichnis.....	51
8. Anhang	54
8.1 Anhang 1: Monitoring	54
8.1.1 Messungen und Probenahme in Regenwasserkanälen: Erfahrung von OgRe.....	54
8.1.2 Stadtstrukturtypen der Einzugsgebiete	56
8.1.3 Kriterien für Messstellenauswahl.....	57
8.1.4 Satellitenbilder der Einzugsgebiete.....	58
8.1.5 Regenereignisse	59
8.1.6 Verwendete Regenschreiber.....	65
8.1.7 Details Analytik.....	66
8.2 Anhang 2: Konzentrationen	68
8.2.1 Korrelation mit Regenparametern – Vorgehen	77
8.2.2 Korrelationen mit Einzugsgebietsparametern	78
8.2.3 Messwerte Konzentrationen.....	81
8.3 Anhang 3: Frachten	87
8.3.1 Berücksichtigte Abhängigkeiten von Regeneigenschaften und Jahreszeiten	87
8.3.2 Modellannahmen Klärwerke.....	88
8.3.3 Ergebnisübersicht Frachtmodellierung	92

Danksagung

Viele Personen haben zur erfolgreichen Durchführung des Projektes beigetragen, wofür an dieser Stelle herzlich gedankt werden soll – ohne die guten Kooperationen wären die tollen Ergebnisse nicht möglich gewesen! Insbesondere danken wir:

- den Berliner Wasserbetrieben als Kooperationspartner für die gute Zusammenarbeit, Zugang zu den Regenkanälen und dem Retentionsbodenfilter Blankenburger Pflasterweg, die fachliche Unterstützung bei der Suche nach geeigneten Einzugsgebieten, Bereitstellung von Daten, die gute Kooperation hinsichtlich der Probenanalytik und aller analytischen Fragestellungen, die Bereitstellung von zusätzlichen Mitteln für zusätzliche Analysen zeitaufgelöster Standardparameter und die fachliche Begleitung durch F&E:
Uwe Dünnbier, Regina Gnirß, Michel Gunkel, Dr. Heinzmann, Agnes Kummelt, Henrik Marczinski, Erika Pawlowsky-Reusing, Julia Qulitzki, sowie die Kanalbetriebsstellen Wedding (Herr Panzner, Herr Wendland), Wilmersdorf (Herr Köckeritz) und Marzahn (Herr Dirlam) und die immer sehr kooperativen Kolonnen vor Ort
- der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz für die gute Zusammenarbeit, hilfreiche Diskussionen und Informationen als fachlicher Ansprechpartner, die Möglichkeit der Nutzung der alten Gütemessstation am Bürgerpark als Gewässermessstelle des Projektes, die Überlassung und Einweisung in das Abflussmodells ABIMO und die Bereitstellung von zusätzlichen Mitteln für die Analyse mikrobiologischer Parameter:
Dr. Karin Gerner, Manfred Goedecke, Antje Köhler, Matthias Rehfeld-Klein, Brigitte Reichmann, Dörthe von Seggern und Grünflächenamt Pankow
- den Studenten, die im Rahmen des Projektes ihre Bachelor- bzw. Masterarbeiten durchgeführt haben für die praktische Unterstützung bei der Durchführung des Monitoringprogrammes (erfolgreiche Installation sowie Behebung von Anfangsproblemen, Einsammeln der Proben bei Wind und Wetter, Erstellung der Mischproben im Labor sowie Durchführung notwendiger Wartungsarbeiten an den Messstellen):
Robert Dick, Clara Eichler, Simon Holsteijn und Mark Masch
- Christoph Ort, Günther Grube, Jean-Luc Bertrand-Krajewski und Johnny Gasperi für wichtige Hinweise und Daten zur Monitoringstrategie
- dem Projektträger B&SU für die angenehme Zusammenarbeit:
Sabine Dornbusch, Iliane Eisenhuth
- dem gesamten KWB-Projekt-Team für die engagierte Bearbeitung der vielfältigen Aspekte des Projektes und Beiträge für den Bericht
Nicolas Caradot, Andreas Matzinger, Pascale Rouault, Rabea-Luisa Schubert, Hauke Sonnenberg

Zusammenfassung

Im Rahmen des Projektes OgRe wurde das Ausmaß der Belastung von Regenablauf für Berlin durch ein einjähriges Monitoringprogramm in Regenwasserabfluss der Trennkanalisation unterschiedlicher Einzugsgebietstypen (Altbau, Neubau, Gewerbe, Einfamilienhäuser, Straßenablauf) untersucht. Ziel war, eine möglichst vollständige Erfassung organischer Spurenstoffe zu erreichen (einschließlich Identifizierung zusätzlicher Substanzen durch non-target-Analytik). Darüber hinaus sollte geklärt werden, inwieweit die unterschiedlichen Einzugsgebietstypen ein unterschiedliches Spektrum an Belastung durch Spurenstoffe aufweisen. Diese Informationen wurden dann genutzt, um eine Hochrechnung der über das Regenwasser in die Gewässer gelangenden Spurenstofffrachten für Gesamt-Berlin und einzelne Gewässerabschnitte zu ermöglichen. Die erhaltenen Frachten wurden verglichen mit modellierten Frachten abwasserbürtiger Spurenstoffe, die über Kläranlagenablauf in die Berliner Gewässer gelangen. Insgesamt wurden etwa 90 volumenproportionale Mischproben auf ein Set von etwa 100 Spurenstoffen analysiert. Zusätzlich wurden 12 Regenereignisse in der Panke beprobt, um Spitzenkonzentrationen regenwasserbürtiger Spurenstoffe im Gewässer zu ermitteln und ins Verhältnis zur Trockenwetterbelastung (5 Proben) zu setzen. Auch eine Untersuchung mikrobiologischer Parameter und der zeitlichen Dynamik konnten im Rahmen des Projektes durchgeführt werden.

Konzentrationen

Es wurden 77 der 106 analysierten chemischen Parameter in Regenablauf der untersuchten Einzugsgebiete detektiert, lediglich für PCB, PBDE, Organozinnverbindungen, MTBE und einige Biozide/Pestizide (Imidacloprid, Thiacloprid, Simazin, DCBA) waren alle gemessenen Konzentrationen unterhalb der Bestimmungsgrenze. Es wurden in der Summe etwa 12 µg/L an organischen Spurenstoffen in Regenwassermischproben detektiert (Median aller Proben), dominiert von den Phthalaten - für die Schwermetalle lag die Summenkonzentration bei etwa 800 µg/L (dominiert von Zink). Neben den Phthalaten (DIDP+DINP und DEHP) wurden Organophosphate (TBEP und TCPP), Biozide/Pestizide, Benzothiazole, Benzotriazole und PAK im Regenablauf in relevanten Konzentrationen gemessen. Aus der Gruppe der Biozide/Pestizide sind insbesondere durch Baumaterialien eingetragene Biozide wie in Dach- und Fassadenfarben eingesetzte Biozide (Carbendazim, Diuron, Terbutryn), das in Bitumenbahnen enthaltene Mecoprop sowie das Herbizid Glyphosat hervorzuheben. Bei den Schwermetallen ist neben den hohen Konzentrationen für Zink (bis 10 mg/L) das Auftreten von Titan mit Konzentrationen >100 µg/L (vor allem im Straßenablauf) aufgefallen.

Für einen Großteil der detektierten Spurenstoffe bestanden signifikante Unterschiede zwischen den Konzentrationen der Einzugsgebiete, nur für 7 Stoffe gab es keine signifikanten Unterschiede. Dies kann auf die unterschiedlichen Nutzungen und Bebauungsstrukturen der Einzugsgebiete zurückgeführt werden, und ist insbesondere für die Auswahl von Messstandorten zukünftiger Monitoringprogramme zur Erfassung von Spurenstoffen im Regenwasserabfluss relevant. Eine Korrelationsanalyse zwischen den Konzentrationen der 5 Einzugsgebiete und Einzugsgebietspezifischen Parametern (z.B. Verkehrsdichte, Anteil Fassadenfläche) gab weitere Rückschlüsse zu den Quellen. So weist beispielsweise die gute Korrelation zwischen DEHP und der Verkehrsdichte auf eine Verkehrsbürtigkeit hin.

Eine First Flush Analyse der zeitaufgelösten Proben für Standardparameter und ausgewählte Metalle hat ergeben, dass das Auftreten eines First Flush sehr von den Regenereignissen abhängt und im Mittel nur für Einzugsgebiete mit kleiner angeschlossener versiegelter Fläche eine Tendenz für First Flush erkennbar ist. Bei den organischen Spurenstoffen zeigen die Ergebnisse der

zeitaufgelösten Proben, dass für einige Parameter wie die Biozide Mecoprop, Terbutryn und Carbendazim, aber auch das Flammschutzmittel TBEP und Benzothiazol das Konzentrationsniveau über den gesamten Verlauf eines Regenereignisses konstant bleibt.

Ein Vergleich der gemessenen Stoffkonzentrationen mit unterschiedlichen Regeneigenschaften und der Jahreszeit zeigte eine Reihe von statistisch signifikanten Abhängigkeiten. Diese wurden aber in den meisten Fällen spezifisch für einzelne Monitoringstandorte gefunden; lediglich für 12 Substanzen (davon 9 organische Spurenstoffe) wurden dieselben Abhängigkeiten in drei oder mehr Stadtstrukturtypen beschrieben. Darunter sind die saisonale Abhängigkeit von Bioziden, sowie die Abnahme von Nikotin und TBEP mit zunehmender Regendauer besonders hervorzuheben. Die Ergebnisse unterstreichen die bereits im Vergleich der Monitoringstandorte gefundene starke Abhängigkeit der beobachteten Stoffkonzentrationen von der Stadtstruktur, die in den meisten Fällen die Abhängigkeit von Regenparametern und Jahreszeiten überwiegt.

Frachten

Die gefundenen Spurenstoffsignaturen je Stadtstrukturtyp bildeten den Ausgangspunkt für die Hochrechnung auf Stofffrachten die insgesamt über Regenwasserabfluss in die Berliner Gewässer gelangen können. Das Ergebnis zeigt, dass für den *Bilanzraum Berlin* organische Spurenstoffe in einer Größenordnung von 1 t/a über Regenwasserabfluss eingetragen werden, während Schwermetallfrachten um zwei Zehnerpotenzen und Frachten von Standardparametern (wie AFS oder CSB) um vier Zehnerpotenzen darüber liegen. Frachten > 30 kg/a treten für Einzelparameter der Phthalate, der Flammschutzmittel, der Biozide, der PAKs, der Industriechemikalien sowie für Nikotin und Koffein auf.

Im Vergleich zu Einträgen aus Schmutzwasser lassen sich die folgenden Punkte festhalten:

- Die meisten untersuchten Stoffe werden in ähnlicher Größenordnung über Schmutz- und Regenwasser eingetragen. Dies gilt auch für Organophosphate (Flammschutzmittel), Phthalate oder Nikotin die man hauptsächlich im Regenwasserabfluss erwartet hätte. Dies gilt aber auch für Stoffe wie Koffein, die eigentlich als Abwassertracer in die Liste der Analyten aufgenommen wurden.
- Gruppen organischer Spurenstoffe mit hauptsächlichem Eintrag aus Regenwasserabfluss sind die PAKs und die Biozide. Untersuchte Spurenstoffgruppen mit stark dominierendem Eintrag aus Schmutzwasser sind pharmazeutische Rückstände sowie Acesulfam.
- Die Fracht des bedeutenden schmutzwasserbürtigen Spurenstoffes Carbamazepin liegt in einer Größenordnung von 10^2 kg/a. Eine ähnliche Größenordnung über Regenwasserabfluss wird durch die Phthalate DIDP+DINP und DEHP, die Benzothiazole, die Benzotriazole und die PAKs (als Summe) erreicht. Daneben gibt es zahlreiche Substanzen die über Regenwasser mit etwa um eine Zehnerpotenz geringeren Frachten eingetragen werden.
- Schwermetalleinträge werden von Zink und Kupfer dominiert – für beide Metalle liegen Frachten aus Regenwasserabfluss (~48 t/a für Zink, ~12,5 t/a für Kupfer) etwa um den Faktor 10 über Einträgen aus Schmutzwasser.

Insgesamt betrachtet lässt sich festhalten, dass laut Hochrechnung die beiden „Quellen“ Schmutzwasser und Regenwasserabfluss bezüglich jährlicher Spurenstofffrachten in vielen Punkten vergleichbar sind. Für Gesamt-Berlin sind die wichtigsten Spurenstoffpfade in die Gewässer dementsprechend die Klärwerkseinleitungen (für Schmutz- und Regenwasser) und die Regenwassereinleitungen aus dem Trennsystem, Mischwasserüberläufe spielen nur eine untergeordnete Rolle.

Frachten nach Gewässerabschnitten

Für einzelne Gewässerabschnitte zeigt sich allerdings ein anderes Bild. Zwar liegen bezüglich direkter Einleitungen von Spurenstofffrachten aus Schmutz- und Regenwasser immer der Teltow-

kanal und die Stadtspreewälder See vorne. Dahinter ist die Reihenfolge aber stark stoffabhängig. Schmutzwasserbürtige Stoffe werden in höchsten Frachten in Gewässern mit Kläranlageneinleitern eingeleitet (Nordgraben, Erpe). Stark regenwasserbürtige Stoffe treten dagegen in Gewässern mit hohem Regenwasserzufluss auf (z.B. Wuhle, Landseen, Panke). Durch die Abhängigkeit der Stoffsignaturen im Regenwasserabfluss von der Stadtstruktur spielt auch die Lage der Gewässer eine Rolle.

Durch die Hochrechnung werden die unterschiedlichen Abhängigkeiten (Schmutzwasser-Regenwasser; Pfad in das Gewässer; Stadtstruktur; Rückhalt im Klärwerk) letztlich zusammengefügt. So ist es möglich für den gesamten Berliner Raum oder für einzelne Gewässereinheiten Belastungen und Belastungspfade für unterschiedliche Stoffe abzuschätzen und entsprechend weitere Untersuchungen oder Maßnahmen gezielt zu planen.

Grenzen der Frachthochrechnung

Die in diesem Projekt abgeschätzten Frachten von Spurenstoffen im Regenablauf unterliegen der Annahme, dass die in den fünf Einzugsgebietstypen ermittelten Konzentrationen repräsentativ für alle Gebiete des jeweiligen Typs (ALT, NEU, GEW, EFH, STR) sind und auf andere Gebiete gleichen Typs in Berlin übertragen werden können. Obwohl bei der Auswahl der Monitoringstandorte versucht wurde möglichst repräsentative und homogene Einzugsgebiete zu identifizieren, konnte diese Annahme im Rahmen des Projektes jedoch nicht verifiziert werden. Insofern sind die ermittelten Frachten als Abschätzung zu werten, die in zukünftigen Untersuchungen verifiziert werden müssen.

Auswirkung im Gewässer

Während die Frachten aus Schmutzwasser und Regenwasser für viele Stoffe vergleichbar sind, unterscheidet sich die Wirkung im Gewässer - einmal als kontinuierliche Einleitung vom Klärwerk und einmal als wiederkehrende Stoßbelastung bei Regenwetter - deutlich. Die im Rahmen des Monitoring in der Panke während Regenereignissen gemessenen Stoßbelastungen erreichten und überschritten dabei für eine Reihe von Stoffen die zulässigen Höchstkonzentrationen von Umweltqualitätsnormen (EU-Richtlinie 2013/39/EU, Oberflächengewässerverordnung, UQN-Vorschläge des UBA), beispielsweise DEHP, Carbendazim, Mecoprop, Fluoranthene, Benzo[b]fluoranthene sowie eine Reihe von Schwermetallen (Zink, Kupfer, Blei, Cadmium). Auswirkungen wiederkehrender Stoßbelastungen von einem Mix aus Spurenstoffen aus Regenablauf auf die Gewässerökologie im Zusammenhang mit kontinuierlichen Einleitungen niedriger Konzentrationen sind jedoch noch weitgehend unbekannt, so dass sich in Zukunft noch für weitere im Regenablauf befindliche Stoffe Überschreitungen der Wirkkonzentration ergeben können.

Liste der relevantesten Spurenstoffe im Regenwasser Berlins

Die nachfolgend aufgeführten Spurenstoffe wurden auf Grund ihrer Konzentrationen sowie im Hinblick auf Umweltqualitätsnormen und ihrer ökotoxikologischen Wirkungen (PNEC) als besonders relevant im Regenwasserabfluss Berlins bewertet.

<u>Phthalate</u>	<u>Biozide</u>	<u>PAK</u>	<u>Schwermetalle</u>	<u>Sonstige</u>
DEHP	Carbendazim	Fluoranthene	Zink	Nikotin
DIDP+DINP	Mecoprop	Benzo[b]fluoranthene	Kupfer	
<u>Organophosphate</u>	Diuron	Benzo[ghi]perylene	Blei	
TBEP	Terbutryn	Benzo[a]pyren	Cadmium	

