

REPORT

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

Spurenstoffe in Mischwassereinleitungen

Trace pollutants in combined sewer overflows

Project acronym: MONITOR-1

by

Stephan Plume, Andreas Matzinger, Pascale Rouault, Doreen Richter
Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH

for

Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH

Preparation of this report was financed in part through funds provided by



Berlin, Germany

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 It is expressly pointed out that the information and results given in this publication may be out of date due to subsequent modifications.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.

Colofon

Title

Spurenstoffe in Mischwassereinleitungen

Authors

Stephan Plume, Andreas Matzinger, Pascale Rouault, Doreen Richter,
Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH

Quality Assurance

Kai Schroeder, Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH

Publication / Dissemination approved by technical committee members:

Erika Pawlowsky-Reusing, Berliner Wasserbetriebe

Uwe Dünnbier, Berliner Wasserbetriebe

Deliverable number

D 3

Abstract (English)

MONITOR-1 Simultaneous Monitoring of Combined Sewer Overflows and Receiving Water

Contact at KWB: Pascale Rouault

Sub-study: Trace pollutants in combined sewer overflows

The study "Trace pollutants in combined sewer overflows" provides an overview on the input of trace substances (organic or inorganic trace substances) to surface waters during combined sewer overflows (CSO). The study outlines substance pathways, types of substances, expected loads as well as possible impacts on the receiving water. The study shall aid the discussion and further handling of trace substances within the project Monitor-1, which is currently carried out at the Berlin Centre of Competence for Water (KWB).

The study has identified more than 300 substances, which could reach the Berlin surface water bodies via CSO. Moreover, it is assumed that there is a large number of substances and metabolites, which are still unknown.

Sewage-related substances in combined sewers can stem from:

- household products (e.g. surfactants from cleaning agents),
- leaching (e.g. amines from textile colours or Bisphenol A from plastic coatings),
- wash-off of cosmetic products (e.g. Benzophenone-3 from sunblocks) or health lotions,
- excretion of ingested products (e.g. the pain killer Diclofenac).

Stormwater-related substances in combined sewers can stem from:

- abrasion from car and railway traffic (e.g. cadmium from brake lining abrasion),
- erosion of building materials (e.g. copper from eaves gutters),
- application (e.g. glyphosate for weed control on pavements) or
- atmospheric deposition (e.g. polychlorinated dibenzofurans from exhaust fumes).

In the framework of this study available substance data was assembled, containing: general information like synonyms and CAS-No., chemical properties, elimination rate in wastewater treatment plant (WWTP), observed concentrations in surface waters and toxicity. A complete list of the substances as well as selected substance properties is attached in table A6 (Appendix).

Some of these substances can be used as tracers to distinguish different pollution pathways to surface waters. Suitable indicators should enter surface waters mainly via

one pathway, their half-life in surface waters should be sufficiently long, concentrations should show no seasonal fluctuations and they should be well-measurable.

For instance, caffeine is a good indicator for inflows of untreated sewage via CSO, as it is very well degraded in WWTP. As an indicator for treated sewage the almost non-degradable anti-epileptic Carbamazepine could be used. Finally, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) could be used as indicator for stormwater-related pollution. In road traffic, PAHs result from incomplete combustion processes, adsorb on atmospheric particles, deposit on the surface and are washed off by rainfall runoff.

In this study the relevance of the path "CSO" for trace substance emissions from the Berlin wastewater system in comparison to the other paths (storm drainage and WWTP) was assessed. Therefore, a simple balance of the fraction of CSO in total emissions to the Berlin surface waters was carried out. The balance was based on the annual volumes of WWTP effluents, storm drainage and CSO. Due to a lack in substance-specific measurement information the balance was calculated dependent on the elimination rate of substances in WWTPs. Based on the resulting figures A, B, C, D and E the fraction of CSO in total loads to the Berlin surface waters can be assessed for each substance with known elimination rate in WWTPs.

In the study we distinguished between:

- sewage related substances / stormwater related substances
- balance area „Berlin total“ (5 WWTPs with 622,000 m³/d, 97 km² combined sewer system, 231 km² storm drainage system) / balance area „Berlin city centre“ (60% of the WWTP Münchehofe with 39,000 m³/d, 83 km² combined sewer system, 112 km² storm drainage system)
- total annual loads / event based loads

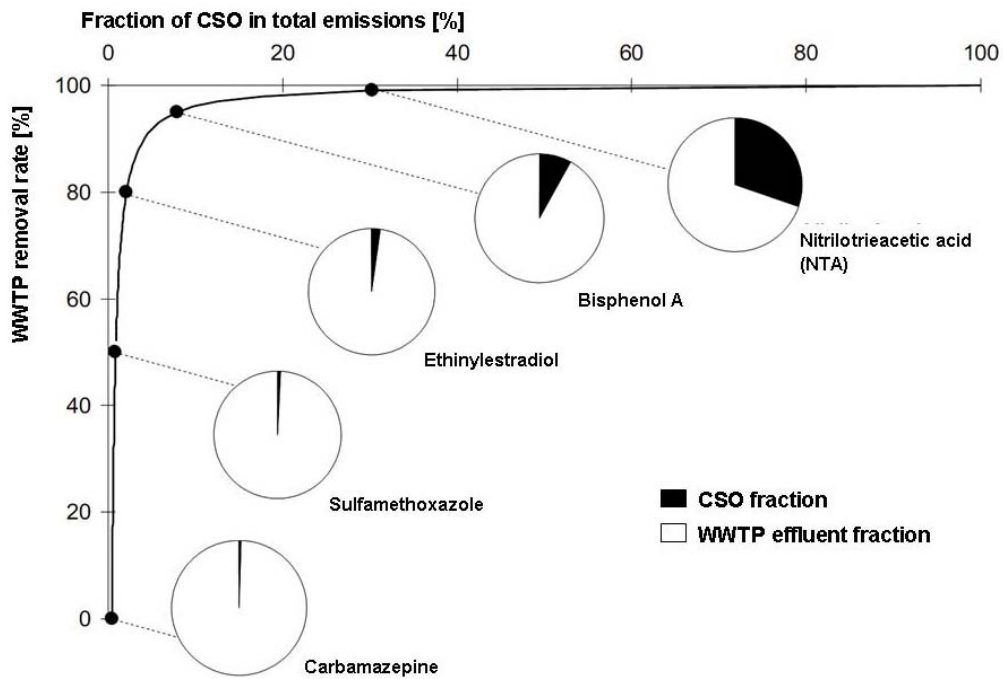


Figure A: Fraction of CSO in annual sewage-related substance loads versus removal rate in WWTP for the total catchment of Berlin. Exemplary illustration of five substances

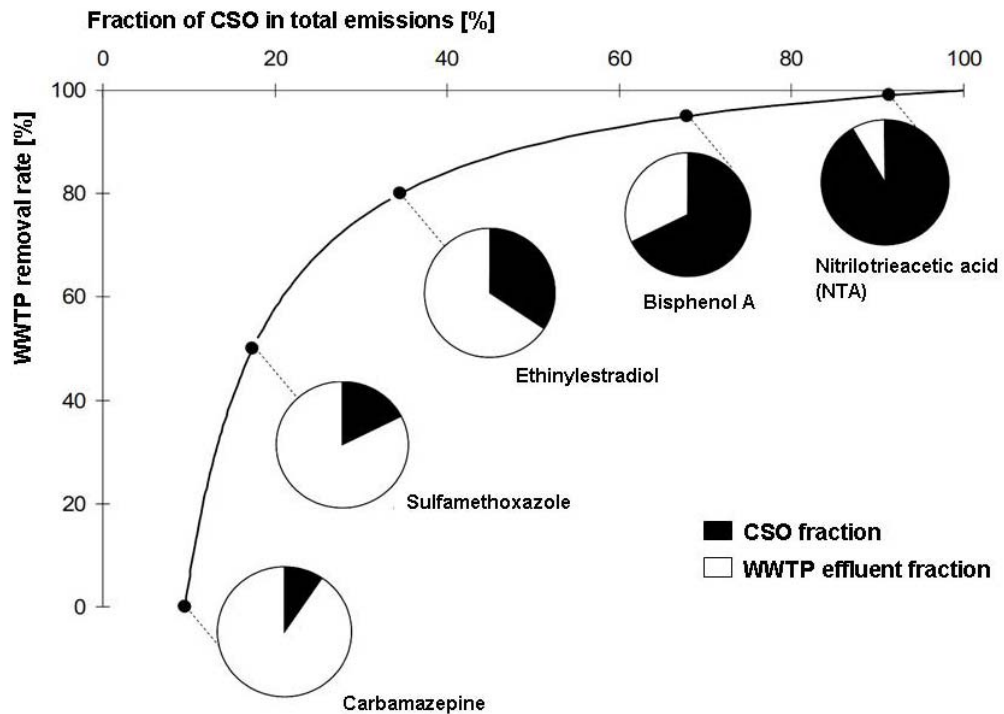


Figure B: Fraction of CSO in annual sewage-related substance loads versus removal rate in WWTP for the central CSO-dominated part of Berlin. Exemplary illustration of five substances

Regarding **annual loads** only those **sewage-related substances** may come from CSO in significant quantities that are well removed in WWTPs (figure A und B). It has to be noted, however, that high degradability does not indicate low toxicity. Bisphenol A, for instance, is well-degradable in WWTP but has endocrine disrupting impacts on aquatic organisms already at very low concentrations.

Stormwater-related substances are emitted predominantly via discharges from the storm drainage system. The emissions from CSO have to be regarded in second priority (figures C and D).

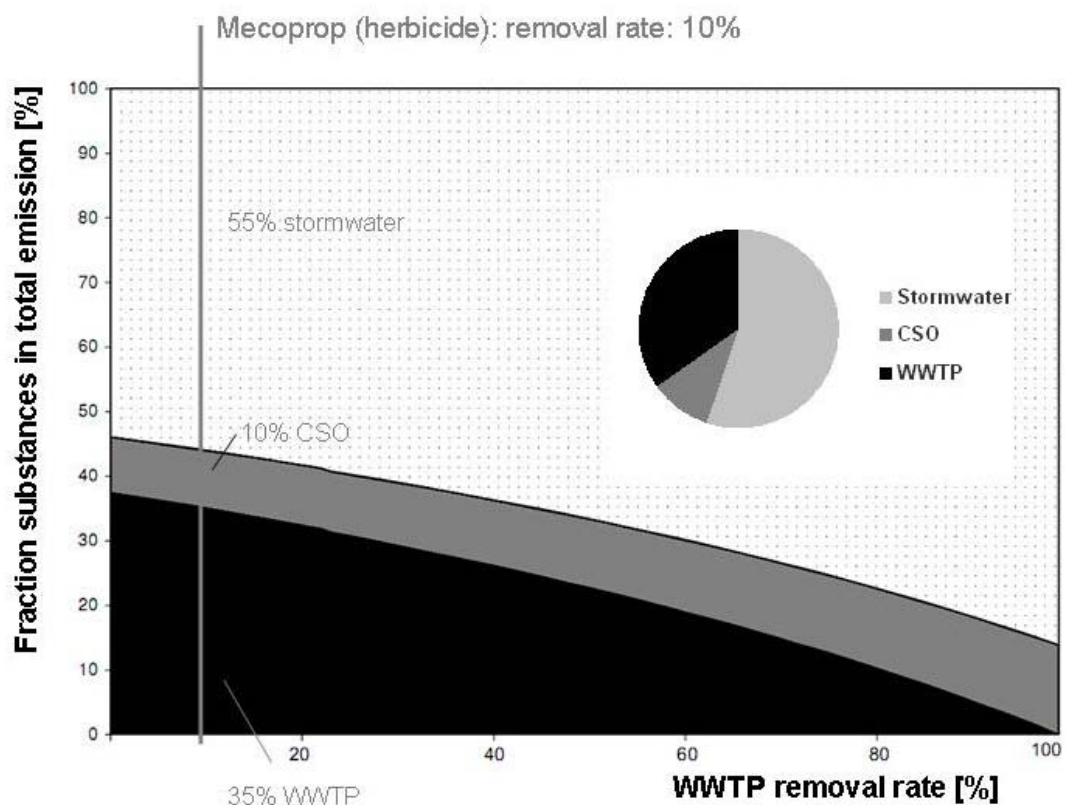


Figure C: Distribution of annual stormwater-related substance loads versus removal rate in WWTP for the total catchment of Berlin. Exemplary illustration for the herbicide Mecoprop

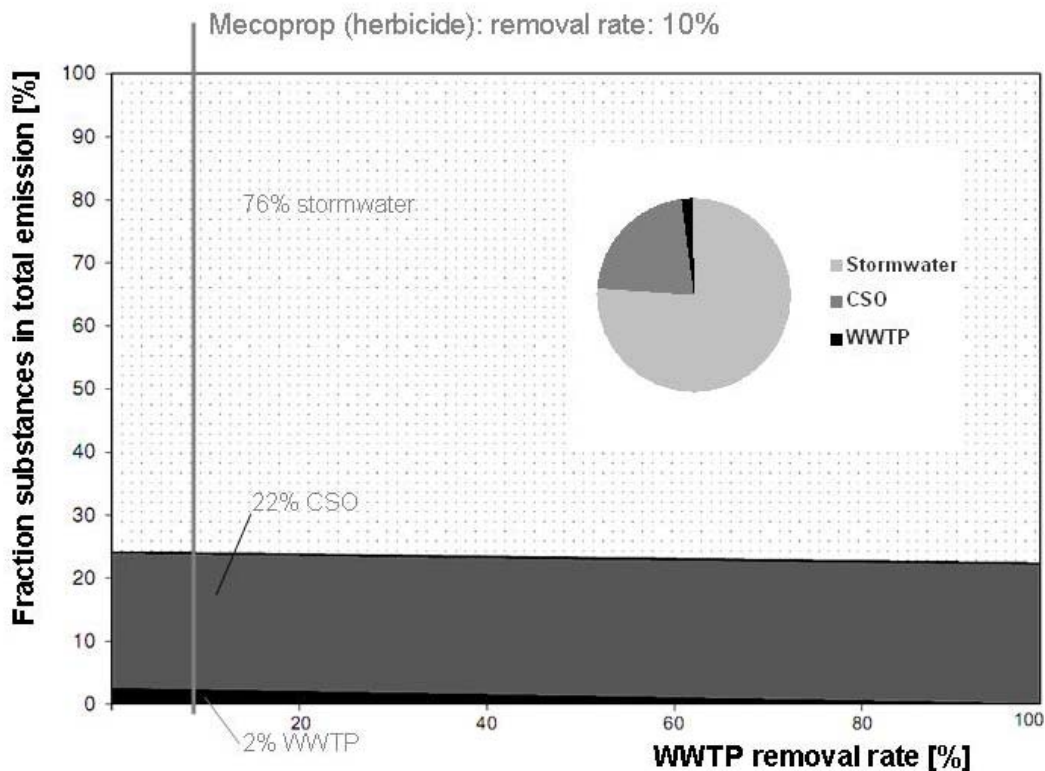


Figure D: Distribution of annual stormwater-related substance loads versus removal rate in WWTP for the central CSO-dominated part of Berlin. Exemplary illustration for the herbicide Mecoprop

Each year there are about 30 CSO events in Berlin. During these **events** a high fraction of the **sewage-related substance** emissions stems from CSO. In the city centre of Berlin the emissions from CSO dominate (figure E). During these events peak concentrations may occur that pose an ecological risk potential if the emitted substances have acute, irreversible toxic effects on aquatic organisms.

For **stormwater-related substances** main impacts are again expected from the storm drainage systems.

It shall be pointed out again that no measured concentrations (from sewer or surface water) have been used for the balance. A simple estimation of the sources of different substances and the distribution on the emission pathways CSO, storm drainage and WWTP has been made. However, even if emission loads are known the resulting concentrations in the receiving water can only be estimated, if substances are subject to degradation processes in the water body.

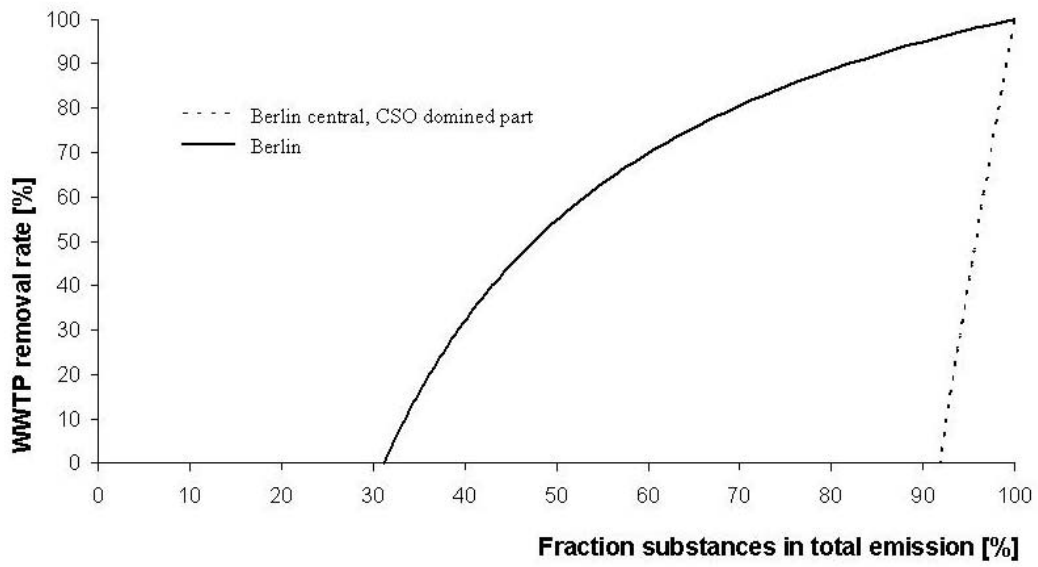


Figure E: Fraction of CSO in sewage-related substance loads during a major rain event on September 11th 2005 versus removal rate in WWTP. Illustration for both, the total catchment of Berlin and for the central CSO-dominated part in the city centre of Berlin

Abstract (German)

MONITOR-1 Monitoring von Mischwasserüberläufen und betroffenen Gewässern

Kontakt im KWB: Pascale Rouault

Teilstudie: Spurenstoffe in Mischwassereinleitungen

Die Studie „Spurenstoffe in Mischwassereinleitungen“ gibt einen Überblick über den Eintrag von anthropogen eingetragenen organischen und anorganischen Spurenstoffen aus Mischwassereinleitungen in die Berliner Oberflächengewässer. Dabei werden mögliche Eintragswege von anthropogenen Substanzen, deren erwartete Mengen und mögliche Auswirkungen im Gewässer diskutiert. Diese Studie soll eine Entscheidungsgrundlage für die weitere Berücksichtigung der Spurenstoffe im Rahmen des Projektes Monitor-1 bieten, welches am Kompetenzzentrum Wasser Berlin durchgeführt wird.

Im Rahmen dieser Studie wurden mehr als 300 potentielle anthropogene Verbindungen identifiziert, die über Mischwassereinleitungen in die Oberflächengewässer Berlins gelangen können. Es muss davon ausgegangen werden, dass eine große Anzahl von Substanzen und Metaboliten noch unbekannt sind.

Schmutzwasserbürtige Substanzen können zum Beispiel eingetragen werden durch:

- im Haushalt verwendete Produkte wie z.B. Tenside und Bakterizide in Reinigungsmitteln,
- Auswaschung von Farbstoffen (z.B. Amine aus Textilfarbstoffen) und diversen Beschichtungen (z.B. Bisphenol A aus Kunststoffbeschichtungen),
- Abwaschung von Kosmetikprodukten (z.B. Benzophenon-3 aus Sonnenschutzmitteln) und medizinischen Salben (z.B. Schmerzmittel Diclofenac),
- Ausscheidung eingenommener Arzneimittel (z.B. Schmerzmittel Ibuprofen).

Eintragungspfade regenwasserbürtige Substanzen können zum Beispiel sein:

- Verkehrsabrieb (z.B. Cadmium von Bremsbelägen),
- Erosion von Baumaterialien (z.B. Kupfer aus Regenrinnen),
- verwendeten Produkten für die Bewuchskontrolle auf Bürgersteigen (z.B. Glyphosat),
- atmosphärischer Deposition (z.B. Polychlorierte Dibenzofurane aus Abgasen).

Für die identifizierten Stoffe wurden im Rahmen dieser Arbeit allgemeine Angaben (z.B. Synonyme, CAS-Nummer etc.), chemische Eigenschaften, Reduktion in Kläranlagen,

gemessene Konzentrationen in der Umwelt und Informationen zur Toxizität tabellarisch zusammengefasst. Eine vollständige Auflistung der Substanzen sowie ausgewählte Stoffeigenschaften werden in Tabelle A6 (Anhang) aufgeführt.

Diese Substanzen können zum Teil als Tracer im Gewässer für verschiedene Schadstoffpfade dienen. Indikatorsubstanzen sollten dazu fast ausschließlich über einen Emissionspfad in die Gewässer gelangen, die Halbwertszeit im Gewässer muss ausreichend lang sein, die Konzentrationen sollten keinen saisonalen Schwankungen unterliegen und die Substanzen sollten messtechnisch gut erfassbar sein.

Als Indikator für Einleitungen von unbehandeltem Abwassers über den Pfad der Mischwassereinleitungen kann beispielsweise Koffein dienen, dieses wird sehr gut in Kläranlagen zurückgehalten. Als Indikator für behandeltes Abwasser einer Kläranlage kann beispielsweise das Antiepileptikum Carbamazepin dienen. Die Verbindung Carbamazepin unterliegt im Klärwerk keiner signifikanten Entfernung. Ein Indikator für Regenwassereinleitungen könnte in der Gruppe der Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) zu finden sein. Diese entstehen u.a. im Straßenverkehr bei unvollständigen Verbrennungsvorgängen, adsorbieren an atmosphärische Staubpartikel, werden durch die Deposition wieder aus der Atmosphäre ausgetragen und vom Niederschlagsabfluss erfasst.

Im Rahmen der Arbeit erfolgte eine erste Einschätzung der Relevanz des Pfades Mischwasserüberlauf für Spurenstoffemissionen aus dem Berliner Entwässerungssystem im Vergleich zu anderen Emissionspfaden. Hierzu wurde eine einfache Bilanzierung der mengenmäßigen Anteile der Mischwassereinleitungen an den in die Berliner Gewässer emittierten Stofffrachten durchgeführt. Grundlage der Bilanzierung sind die jährlich aus Kläranlagen, der Mischwasserkanalisation und der Regenwasserkanalisation eingeleiteten Abwassermengen. Da keine ausreichenden Mess-Informationen zu den Einzelsubstanzen vorliegen, wurde eine Abschätzung in Abhängigkeit der Eliminationsraten der Substanzen in der Kläranlage durchgeführt. Aus den Ergebnissen (siehe Abbildungen A, B, C, D und E) kann nun für jede Substanz mit bekannter Entfernungsrates die mengenmäßige Relevanz der Mischwassereinleitungen an den Gesamtemissionen abgelesen werden.

Dabei wurden verschiedene Betrachtungen angestellt:

- Eintrag schmutzwasserbürtiger Stoffe / Eintrag regenwasserbürtiger Stoffe
- Bilanzraum „Berlin Gesamt“ (5 Kläranlagen mit 622.000 m³/d, 97 km² Mischkanalisation, 231 km² Regenkanalisation) / Bilanzraum „Berlin MW-Gebiet“ im Stadtzentrum (60% der Einleitungen aus Kläranlage Münchehofe mit 39.000 m³/d, 83 km² Mischkanalisation, 112 km² Regenkanalisation)
- Jahresgesamtfrachten / Ereignisbezogene Frachten

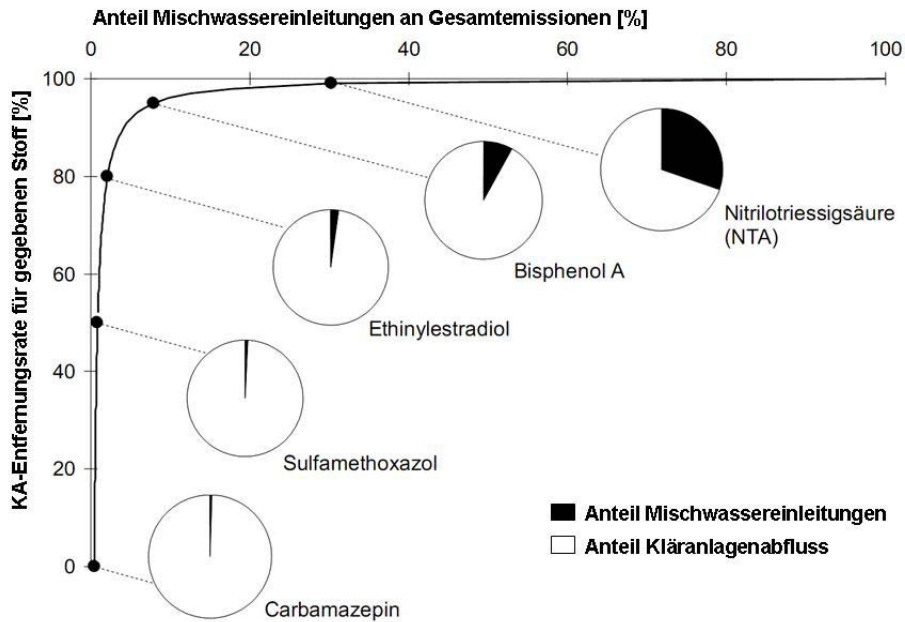


Abbildung A: Anteil der Mischkanaleinleitungen an den jährlich schmutzwasserbürtigen Stofffrachten für das gesamte Einzugsgebiet Berlin (Bilanzraum „Berlin Gesamt“) in Abhängigkeit von der Entfernungsrates im Klärwerk. Beispielhafte Darstellung anhand von fünf Substanzen

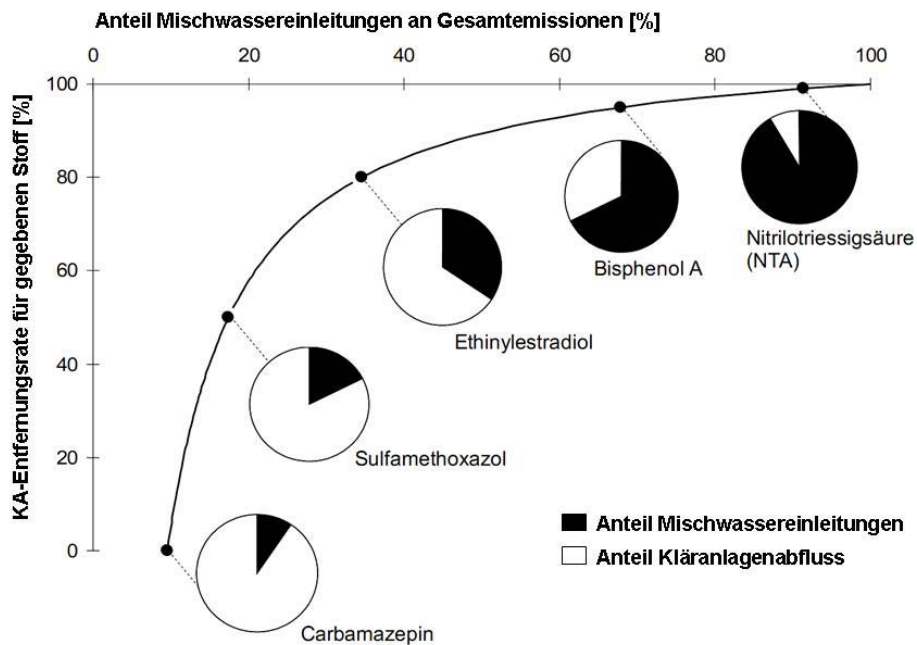


Abbildung B: Anteil der Mischkanaleinleitungen an den jährlichen schmutzwasserbürtigen Stofffrachten für das Mischkanalgebiet im Stadtzentrum (Bilanzraum „Berlin MW-Gebiet“) in Abhängigkeit von der Entfernungsrates im Klärwerk. Beispielhafte Darstellung anhand von fünf Substanzen

Bezüglich der **Jahresfrachten** können nur die **schmutzwasserbürtigen Substanzen**, die in Kläranlagen gut abgebaut werden, zu einem größeren Anteil aus Mischwassereinleitungen stammen (Abbildungen A und B). Gute Entfernbarkeit darf jedoch nicht mit niedriger Toxizität gleichgesetzt werden. So zeigt beispielsweise das leicht entfernbare Bisphenol A bereits bei kleinen Konzentrationen eine endokrine Wirkung auf aquatische Organismen.

Regenwasserbürtige Substanzen werden zu einem überwiegenden Anteil über die Einleitungen aus der Trennkanalisation emittiert. Die Einträge aus der Mischwasserkanalisation sind zweitrangig zu betrachten (Abbildungen C und D).

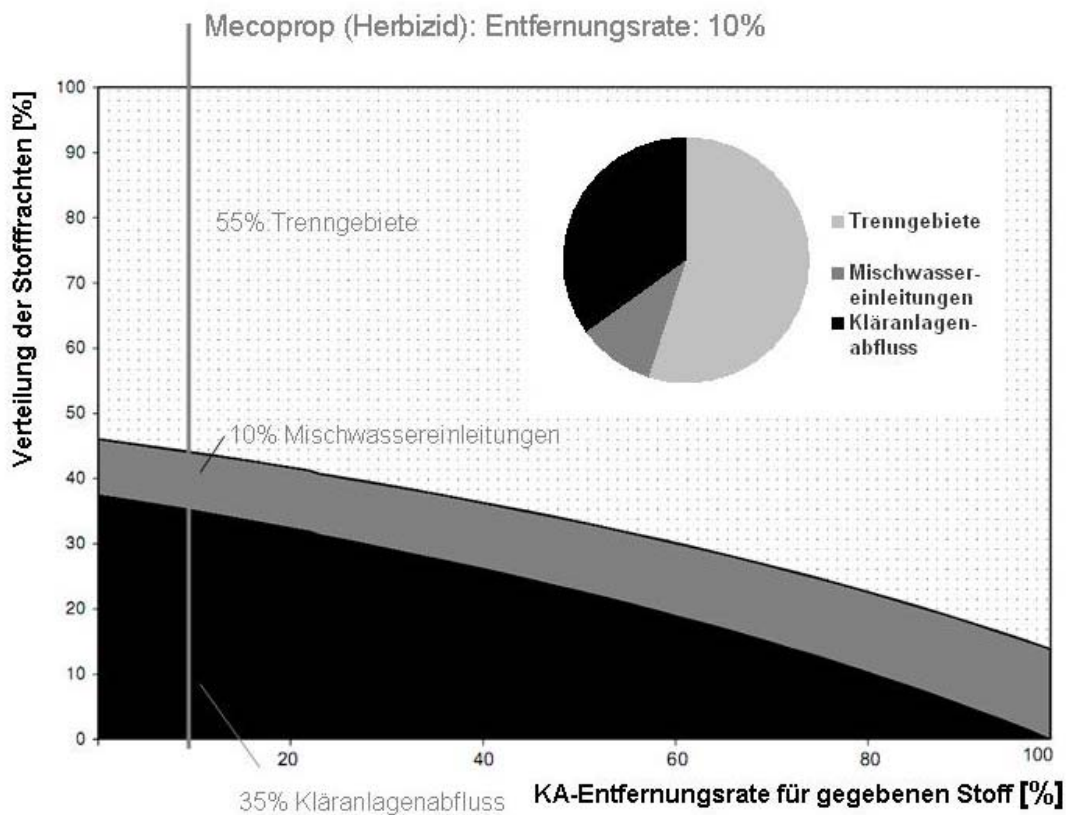


Abbildung C: Verteilung der jährlich eingeleiteten regenwasserbürtigen Stofffrachten für das gesamte Einzugsgebiet Berlin (Bilanzraum „Berlin Gesamt“) in Abhängigkeit von der Entfernungsrate im Klärwerk. Beispielhafte Darstellung anhand des Herbizids Mecoprop.

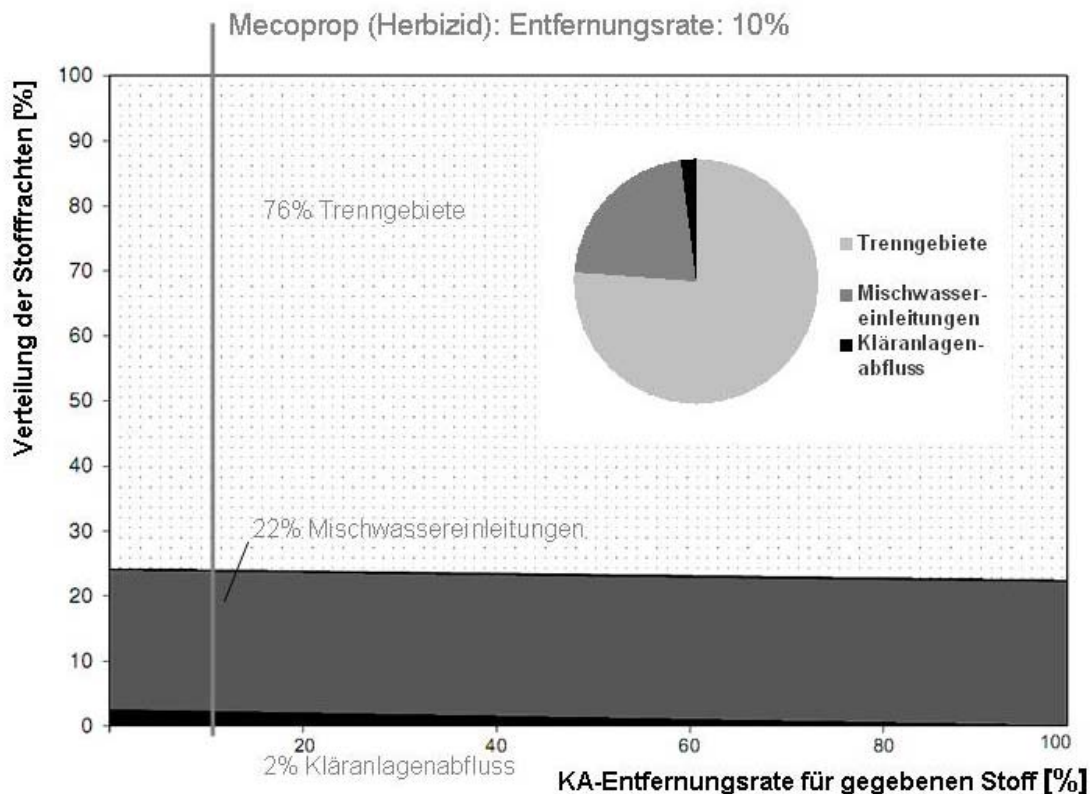


Abbildung D: Verteilung der jährlich eingeleiteten regenwasserbürtigen Stofffrachten für das Mischkanalgebiet im Stadtzentrum (Bilanzraum „Berlin MW-Gebiet“) in Abhängigkeit von der Entfernungsrte im Klärwerk. Beispielhafte Darstellung anhand des Herbizids Mecoprop.

Die Mischwassereinleitungen treten in Berlin im Mittel 30-mal pro Jahr auf. Während dieser **Ereignisse** stammt ein großer Anteil der emittierten **schmutzwasserbürtigen Substanzen** aus den Mischwassereinleitungen. Im Stadtzentrum stellen die Mischwassereinleitungen den überwiegenden Anteil der Frachten dar (Abbildung E). Während dieser Ereignisse kann es zu kurzen Konzentrationsspitzen kommen, die bei Stoffen mit akuter, irreversibler toxischer Wirkung auf aquatische Organismen ein ökologisches Gefahrenpotenzial darstellen.

Für **regenwasserbürtige Substanzen** überwiegen wiederum die Einleitungen aus der Trennkanalisation.

Es soll noch einmal darauf hingewiesen werden, dass für die hier durchgeführte Bilanzierung keine (im Abwasserkanal oder im Gewässer) gemessenen Konzentrationen verwendet wurden. Es erfolgte lediglich eine Abschätzung der Herkunft verschiedener Substanzgruppen und der Verteilung auf die Emissionspfade Mischwasserüberlauf, Regenwassereinleitung und Kläranlage. Auch bei Kenntnis der tatsächlich emittierten Frachten könnten die Konzentrationen im Gewässer nur abgeschätzt werden, wenn für

die betrachteten Substanzen aufgrund des natürlichen Selbstreinigungspotenzials ein Abbau im Gewässer zu erwarten ist.

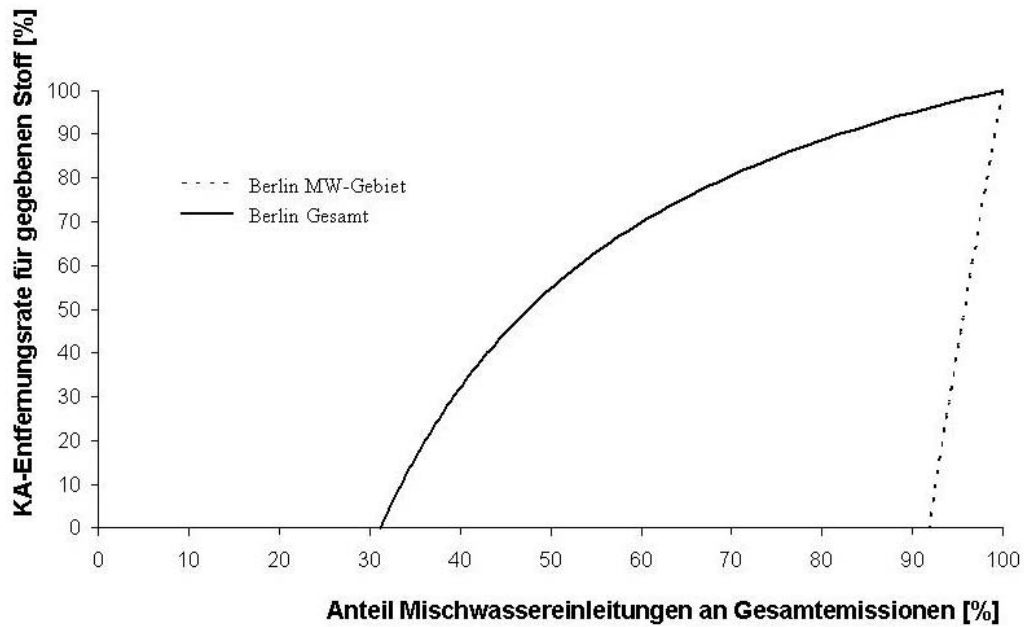


Abbildung E: Anteil der Mischwassereinleitungen an den emittierten schmutzwasserbürtigen Stofffrachten während des Ereignisses am 11.09.2005 in Abhängigkeit von der Kläranlagenentfernungsrates. Darstellung für die Bilanzräume „Berlin Gesamt“ und „Berlin MW-Gebiet“

Danksagung

Für die vorliegende Studie stellten die Berliner Wasserbetriebe Informationen und Daten zu Ihren abwassertechnischen Anlagen zur Verfügung.

Die Autoren danken allen Mitarbeitern der Berliner Wasserbetriebe, die mit ihrer Unterstützung die Durchführung der Arbeiten ermöglicht haben. Ein besonderer Dank gilt Erika Pawlowsky-Reusing, Bernd Heinzmann, Martin Nebauer und Uwe Dünnbier für ihre kompetente Beratung und ihr Engagement.

Inhalt

1. Einleitung	1
1.1. Misch- und Trennkanalisation	1
2. Spurenstoffe im urbanen Wasserkreislauf	3
2.1. Material und Methoden	3
2.2. Eintragspfade	5
2.2.1. Spurenstoffe im Niederschlagsabfluss	6
2.2.1.1. Eintrag über die atmosphärische Deposition	6
2.2.1.2. Emissionen durch den Straßen- und Schienenverkehr	7
Emission von Schwermetallen	8
Emission weiterer Schadstoffe	10
2.2.1.3. Emissionen durch den Dach- und Fassadenablauf	11
Emission von Schwermetallen	11
Emission von Bioziden	12
Weitere additive Materialien	15
2.2.1.4. Herbizideinsatz in städtischen Gebieten	15
2.2.2. Spurenstoffe im Schmutzwasser	16
2.2.2.1. Arzneistoffe	17
2.2.2.2. Körperpflege-, Reinigungs- und Waschmittel	20
UV-Filtersubstanzen in Körperpflegeprodukten	23
Biozide in Reinigungsmitteln und Körperpflegeprodukten	23
2.2.2.3. Rückstände aus Textilien, Abbauprodukte	24
2.2.2.4. Schwermetalle	24
3. Bilanzierung der mischwasserbürtigen Anteile an der Gesamtsurenstofffracht für Berlin	26
3.1. Einleitung	26
3.2. Material und Methoden	28
3.2.1. Bilanzräume	30
3.2.2. Berechnung jährlicher Frachten schmutzwasserbürtiger Substanzen	32
3.2.3. Ereignisbetrachtung für schmutzwasserbürtige Substanzen	32
3.2.4. Berechnung jährlicher Frachten regenwasserbürtiger Substanzen	34
3.3. Ergebnisse und Diskussion	36

3.3.1.	Jährliche Frachten schmutzwasserbürtiger Spurenstoffe	36
3.3.2.	Ereignisbezogene Frachten schmutzwasserbürtiger Spurenstoffe	39
3.3.3.	Jährliche Frachten regenwasserbürtiger Spurenstoffe	42
4.	<i>Beispielhafte Betrachtung ausgewählter Spurenstoffe</i>	44
4.1.	Kupfer	45
4.2.	Bisphenol A	45
4.3.	Alkylphenoethoxylate	46
4.4.	Polyzyklische Moschusverbindungen	46
4.5.	Triclosan	47
4.6.	17-α-ethinylestradiol	47
5.	<i>Schlussfolgerungen</i>	48
	<i>Literaturverzeichnis</i>	51
	<i>Anhang</i>	58

1. Einleitung

Im Rahmen der Projekte Monitor-1 und SAM-CSO des Kompetenzzentrums Wasser Berlin sollen Auswirkungen von Mischwassereinleitungen auf die Berliner Gewässer beurteilt werden. Insbesondere wird durch Monitor-1 ein Untersuchungsprogramm am Mischwasserüberlauf und parallel im betroffenen Gewässer geplant. Dabei liegt der Schwerpunkt auf den für die Flussökosysteme relevanten Einträgen von Stickstoff sowie sauerstoffzehrenden Verbindungen wie z.B. CSB (chemischer Sauerstoffsbedarf) und Ammonium. Es stellt sich die Frage, ob auch Substanzen im Bereich der Spurenstoffe mit relevanten Frachten durch Mischwassereinleitungen ins Gewässer gelangen.

Die folgende theoretische Studie gibt einen ersten Überblick über den Eintrag von organischen und anorganischen Spurenstoffen aus Mischwassereinleitungen. Dabei werden mögliche Eintragspfade, potentielle Substanzen sowie erwartete Mengen und mögliche Auswirkungen im Gewässer diskutiert. Die Studie soll damit eine Entscheidungsgrundlage für die weitere Berücksichtigung der Spurenstoffe im geplanten Messprogramm bieten.

Bewusst wird in dem vorliegenden Bericht nicht von existierenden Listen prioritärer Substanzen, wie sie in der EU Wasserrahmenrichtlinie (EU, 2001), dem Clean Water Act (US EPA, 2007) oder der Stockholm Convention (UNEP, 2001) enthalten sind ausgegangen. Vielmehr soll ein Gesamtüberblick über mögliche Stoffpfade in die Mischwasserkanalisation gegeben werden. Dabei wurde auch die Messbarkeit der Substanzen nicht berücksichtigt. Allerdings ist der Überblick begrenzt auf Substanzen, auf die bereits in vorhergehenden Arbeiten eingegangen wurde.

Die Ergebnisse der Literaturrecherche zu Stoffgruppen und ihren Eintragspfaden in die Mischwasserkanalisation werden im Kapitel 2 dargelegt. Das Kapitel 3 beinhaltet eine Berechnung der mengenmäßigen Relevanz von Schadstoffen über Mischwassereinleitungen in die Berliner Gewässer. Kapitel 4 betrachtet beispielhaft einige ausgewählte Spurenstoffe hinsichtlich ihrer Eigenschaften und mengenmäßigen Relevanz im Berliner Oberflächenwasser. Die Ergebnisse werden schließlich in den Schlussfolgerungen (Kapitel 5) zusammengefasst.

1.1. Misch- und Trennkanalisation

Die Berliner Entwässerung erfolgt über eine Misch- und Trennkanalisation. Es werden 75 % des Berliner Stadtgebietes über das Trennsystem und 25 % über das Mischsystem entwässert (Abbildung 1.1). Das Mischsystem leitet Schmutzwasser und anfallendes Niederschlagswasser in einem Kanal ab und wird zu den Berliner Kläranlagen gepumpt. Da dieses System bei starken Regenereignissen nicht genug Kapazität aufweist, um das

gesamte Niederschlagswasser aufzunehmen, gibt es Regenüberläufe. An geeigneten Stellen im Stadtgebiet kann es somit zu Einleitungen von verunreinigtem Wasser (Gemisch aus Schmutzwasser und Regenwasser) in das Berliner Oberflächenwassersystem kommen, wenn die Speicherkapazität der Mischwasserkanäle erschöpft ist. Das 75 % ausmachende und im Stadtgebiet dominierende Trennsystem führt das Schmutzwasser und das anfallende Niederschlagswasser in getrennten Kanälen ab. Dabei wird das Schmutzwasser direkt in das angeschlossene Klärwerk geleitet. Das Regenwasser wird direkt in das Oberflächenwasser eingeleitet.

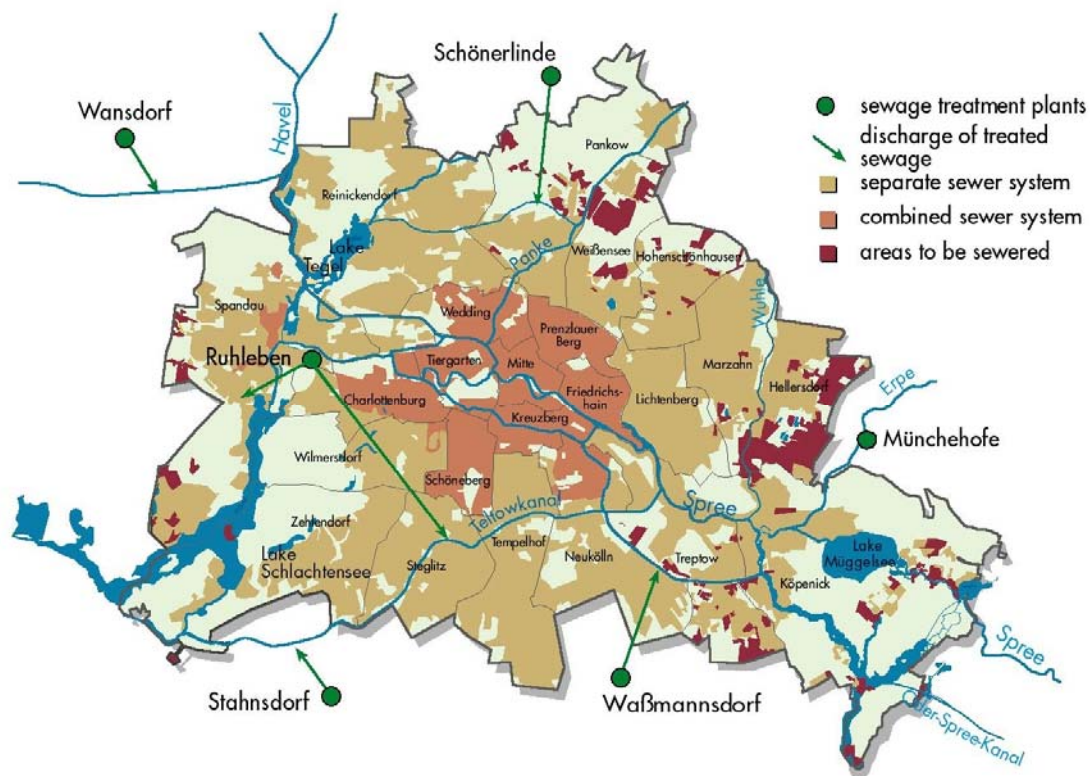


Abbildung 1.1: Übersicht über das Misch- und Trennsystem sowie über den Berliner Kläranlagen.

2. Spurenstoffe im urbanen Wasserkreislauf

2.1. Material und Methoden

Der erste Teil dieser Arbeit bestand aus einer Literaturrecherche zu Spurenstoffen im Abfluss von Mischwassergebieten. Die Literaturrecherche beruht auf einer Auswertung aktueller Studien im Bereich Spurenstoffe. Der Schwerpunkt lag dabei auf Arbeiten, die das Auftreten und Verhalten von Spurenstoffen in urbanen Bereichen beschreiben.

Betrachtet wurden schmutzwasser- sowie regenwasserbürtige Substanzen, mit Ausnahme von Agrarchemikalien und veterinärmedizinischen Präparaten. Auf Grund der sehr ortsspezifischen Belastung durch industrielle Einleitungen wurde die Industrie nicht weiter in Betracht gezogen.

Für die relevanten Substanzen wurden Informationen zum Verhalten im Klärwerk, in Oberflächengewässern sowie toxikologische Eigenschaften zusammen getragen.

Darauf aufbauend wurde eine Liste von ca. 300 Spurenstoffen zusammengestellt. Für jede Substanz beinhaltet diese neben einer allgemeinen Beschreibung chemische Eigenschaften, Eliminierbarkeit in der Kläranlage, beobachtete Konzentrationen in der Umwelt sowie Information zur Toxizität für aquatische Organismen. Tabelle 2.1 gibt einen Überblick über den Aufbau der Substanzdatenbank. Eine vollständige Auflistung der Substanzen sowie ausgewählte Stoffeigenschaften werden in Tabelle A6 im Anhang aufgeführt.

Die chemischen Stoffeigenschaften wurden vor allem der Online-Datenbank ChemIDplus Advanced (chemIDplus, 2008) sowie dem Programm ALOGPS 2.1 (VCCL, 2008; Berechnungen von Kennwerte) entnommen. Dabei handelt es sich fast ausschließlich um berechnete Werte.

Die zusammengestellten Informationen sollen es ermöglichen, eine Auswahl von für die Gewässerökologie besonders relevanten Substanzen, welche über Mischwasser eingetragen werden, aufzustellen. Weiterhin sollten durch die Literaturrecherche und die Auswertung der Datenbank mögliche Indikatoren für den Kläranlagenablauf, den Schmutzwasser- und den Regenwasseranteil des Mischwassers gefunden werden.

Tabelle 2.1: Aufbau der Substanzdatenbank

Datenbankeintrag		Einheit
Beschreibung	Substanzname	-
	Synonyme	-
	Abkürzungen	-
	CAS – Nummer	-
	Chemische Klassifikation	-
	Anwendungsklasse	-
	Spezifischer Anwendungsbereich	-
	Verbrauch / Produktion	µg/(Kopf*d)
Chemische Eigenschaften	Wasserlöslichkeit	mg/L (25°C)
	Verteilungskoeffizient log Kow	-
	Dissoziationskonstante pka	-
	Henrykonstante	atm·m ³ /mol (25°C)
Verhalten in der Kläranlage / Entfernbarkeit	Konzentration im Kläranlagenzulauf	µg/L
	Konzentration im Kläranlagenablauf	µg/L
	Kläranlagenentfernungsrate	%
	Kläranlagenentfernungsrate - Klasse	1: >90%; 2: 20-90%; 3: <20%
Umweltkonzentrationen	Oberflächengewässersediment	µg/L
Toxizität	PNEC (Predicted No Effect Concentration) ¹	µg/L

¹ Konzentration bei der höchstwahrscheinlich kein negativer Effekt an dem jeweiligen Ökosystem auftritt.

2.2. Eintragspfade

Mischwasser setzt sich aus dem Niederschlagsabfluss sowie dem Schmutzwasser², welches sich zur Zeit der Entlastung im Kanal befindet, zusammen. Damit enthalten Mischwassereinleitungen ein sehr breites Spektrum an Substanzen aus sehr unterschiedlichen Quellen. Es kann davon ausgegangen werden, dass die im urbanen Wasserkreislauf auftretenden Schadstoffe in Einleitungen aus dem Mischsystem enthalten sind. Die Abbildung 2.1 gibt einen ersten Überblick über Quellen und Pfade von Schadstoffen im urbanen Wasserkreislauf.

Die Tabelle A6 im Anhang dieser Arbeit enthält eine Auflistung der recherchierten Spurenstoffe im Abfluss von Mischkanalgebieten und ausgewählte Stoffeigenschaften.

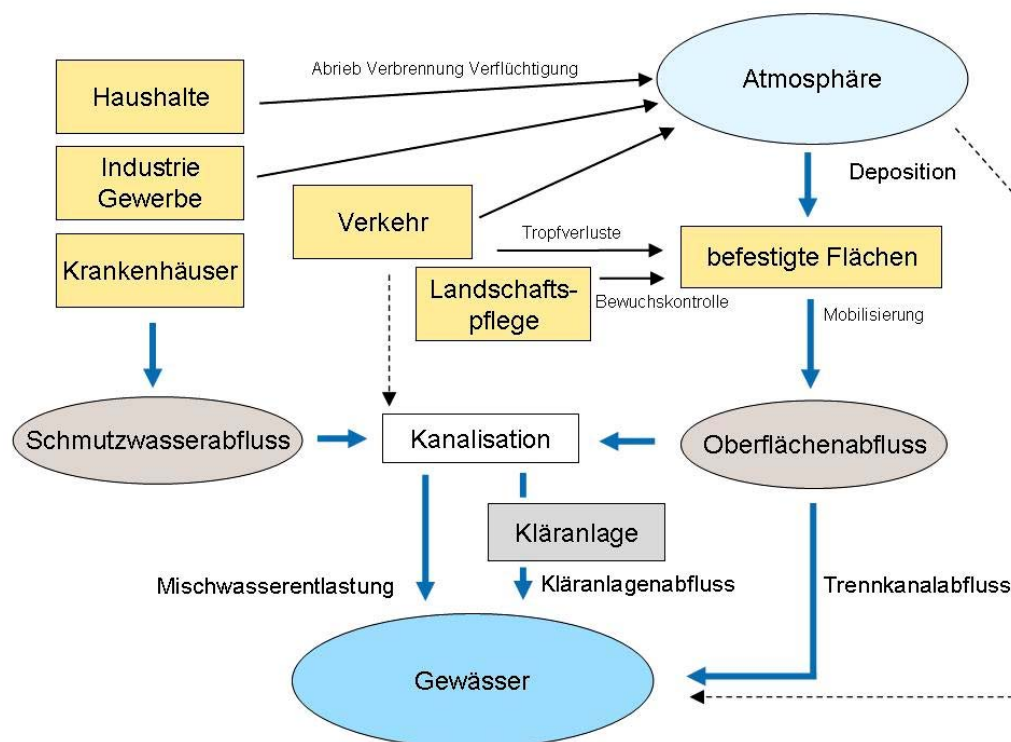


Abbildung 2.1: Quellen und Eintragspfade von Spurenstoffen in Oberflächengewässer für urbane Regionen.

² Als Schmutzwasser wird in dieser Arbeit der Trockenwetteranteil des Abwassers verstanden, d.h. Abwasser, welches von Haushalten, Gewerben und Industrie eingeleitet wird, ohne den Niederschlagsabfluss.

2.2.1. Spurenstoffe im Niederschlagsabfluss

Im Niederschlagsabfluss städtischer Gebiete befinden sich Substanzen, die durch Depositionsvorgänge aus der Atmosphäre auf befestigten Oberflächen abgelagert, Substanzen, die auf Oberflächen aufgebracht und Stoffe die aus Oberflächenmaterialien durch den Niederschlagsabfluss mobilisiert werden.

Die atmosphärische Deposition stellt einen Eintragungspfad von in die Atmosphäre emittierten Substanzen dar. Die Transportvorgänge führen zu einer diffusen Belastung der Umwelt und zu einer Akkumulation von Schadstoffen auf versiegelten Oberflächen. Durch den Oberflächenabfluss werden die Schadstoffe anschließend verfrachtet.

Die Konzentrationen im Oberflächenabfluss sind dabei nicht gleichmäßig, sondern verändern sich über den Verlauf des Regenereignisses. Für partikulär gebundene Substanzen und leicht mobilisierbare Stoffe kommt es häufig zu einer typischen Konzentrationsspitze im Niederschlagsabfluss zu Beginn eines Regenereignisses, dem so genannten First-Flush-Effekt (Ludwig, 2004 und Stenstrom et al., 2008).

2.2.1.1. Eintrag über die atmosphärische Deposition

Deposition bedeutet Austrag von Partikeln oder Gasen aus der Atmosphäre. Dabei wird unterschieden zwischen trockener und nasser Deposition. Bei den Vorgängen der trockenen Deposition wirken die Konzentrationsunterschiede in der Gasphase als entscheidende Triebkraft, wobei die Erdoberfläche als Stoffsenke fungiert. Bei größeren Partikeln mit einem aerodynamischen Durchmesser größer als 10 µm spielt als zusätzlicher Austragsmechanismus die Sedimentation und die Deposition durch Impaktion eine wichtige Rolle. Die nasse Deposition tritt in Verbindung mit Niederschlagsereignissen auf und umfasst zum einen das Einbinden von Substanzen im Wolkenwasser sowie das Auswaschen von Gasen und Partikeln durch den fallenden Niederschlag (Möller, 2003).

In der Nähe von Emissionsquellen spielt die trockene Deposition mengenmäßig die entscheidende Rolle. Bei weiten Entfernungen von der Stoffquellen dominiert der Austrag durch die nasse Deposition (Möller, 2003).

Die Abbildung 2.2 zeigt den Verlauf der Bodenbelastung in Abhängigkeit von der Straßenentfernung für Blei sowie Polychlorierte Dibenzofurane (PCDF, entstehen bei Verbrennungsreaktionen). Es wird deutlich, dass die resultierende Belastung von Oberflächen mit Schadstoffen deutlich mit steigender Entfernung von der Emissionsquelle sinkt. Dementsprechend kann davon ausgegangen werden, dass weit entfernte Emissionsquellen eine sehr geringe Relevanz bezüglich der Belastung des Niederschlagsabflusses städtischer Gebiete haben. Dies wird durch die Annahme gestützt, dass die Deposition von Schwermetallen, also partikelgebundener Schadstoffe, in

Abhängigkeit von der Dichte bereits im Abstand von 25 m von der Straße nur noch Werte im Bereich der Hintergrunddeposition erreicht (Boller et al., 2005).

Durch die Vorgänge der Deposition kommt es zu einer Verlagerung der Schadstoffe auf die an die Quelle angrenzenden versiegelten Flächen und somit zu einer indirekten Belastung des Niederschlagsabflusses großflächiger Gebiete (Abbildung 2.2). Die hohe Straßendichte in urbanen Gebieten führt somit zu einer gleichmäßig hohen Belastung der versiegelten und kanalisierten Flächen.

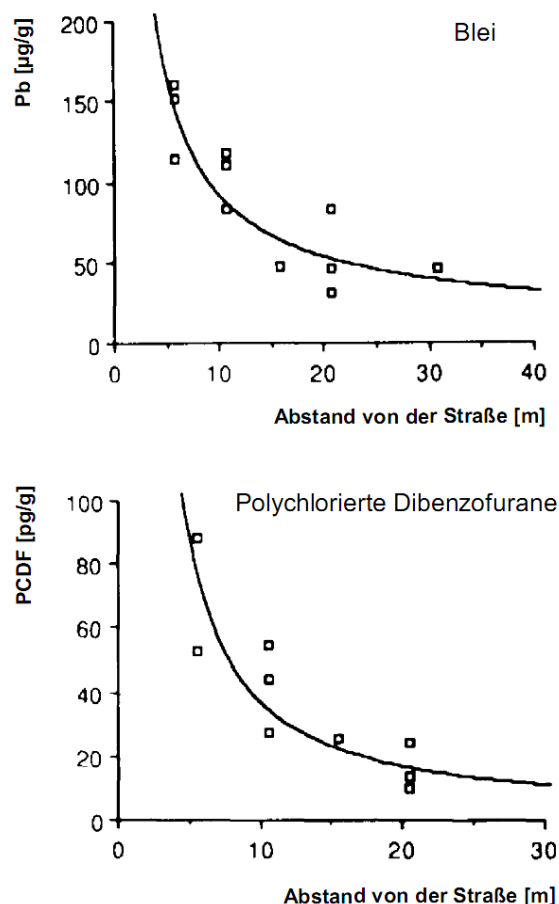


Abbildung 2.2: Gemessene Blei- und PCDF-Konzentrationen im Boden in Abhängigkeit vom Straßenabstand (Benfaneti et al., 1992; bearbeitet).

2.2.1.2. Emissionen durch den Straßen- und Schienenverkehr

Durch den Fahrzeugverkehr verursachte Stoffemissionen sind komplex und von vielen örtlich, zeitlich und stofflich variierenden Parametern abhängig.

Verkehrsgebundene Emissionen sind besonders auf mechanische Abriebprozesse, auf Verbrennungsvorgänge sowie auf Tropfverluste der Fahrzeuge zurückzuführen (Hillebrand et al., 2005 und Ludwig, 2004). Weiterhin spielt der Verlust von Auswuchtgewichten der Fahrzeuräder (Hillebrand et al., 2005) sowie die Mobilisierung (Lösung, Korrosion und Abrieb) von Bestandteilen aus Fahrzeugmaterialien eine Rolle. Der letztere Vorgang findet

auch bei Einrichtungen der Verkehrsführung, wie Leitplanken und Straßenschildern statt. Eine weitere, indirekt mit dem Verkehr verbundene Schadstoffemission stammt aus dem Einsatz von Herbiziden in den Bereichen verkehrstechnischer Anlagen (siehe Kapitel 2.2.1.4).

Neben dem Kfz-Verkehr ist auch der schienengebundene Verkehr mit direkten und indirekten Emissionen relevant, wie zum Beispiel durch Abriebprozesse und den Einsatz von Herbiziden auf Gleisanlagen.

Emission von Schwermetallen

Die vorhandenen Daten zu Schwermetallemissionen und -immissionen sind, im Vergleich zu anderen Stoffgruppen, sehr umfangreich.

Die Kupfer-, Zink- und Bleigehalte von Niederschlagsabflüssen von Straßen stammen hauptsächlich aus dem Abrieb der Reifen, der Bremsbeläge sowie des Straßenbelags. Weitere Emissionsquellen stellen die Korrosion metallischer Oberflächen, Lacke, die Kraftstoffverbrennung und Tropfverluste dar. Außerdem konnte gezeigt werden, dass der Verlust und die Korrosion von Auswuchtgewichten von Fahrzeugrädern sowie der Verschleiß von Kohlebürsten von Elektromotoren zusätzliche Emissionsquellen sind.

In der Tabelle 2.2 sind die mittleren Emissionsfaktoren für die Schwermetalle Kupfer, Blei und Zink aufgelistet. Auf Grund des häufigen Beschleunigens und Abbremsens sind in städtischen Bereichen die pro Fahrkilometer emittierten Schwermetallfrachten größer als auf Autobahnen und Landstraßen (Hillebrand et al., 2005). Die jährlichen straßenverkehrsbedingten Frachten resultieren für Kupfer zu 99,5 % aus dem Abrieb von Bremsbelägen. Hingegen stellt bei Zink der Reifenabrieb mit 78 % die wichtigste Emissionsquelle dar. Blei stammt mit 77 % überwiegend aus dem Abrieb von Bremsbelägen, obwohl davon auszugehen ist, dass der Großteil der heute verwendeten Bremsbeläge nur geringe Verunreinigungen durch Blei enthält (Hillebrand et al., 2005).

Hinzu kommen noch die Schwermetallemissionen durch verkehrstechnische Installationen wie Leitplanken, Masten für Verkehrszeichen, Ampeln und Straßenbeleuchtung (vgl. Kapitel Dach- und Fassadenablauf).

Bezüglich des Abriebs von Bremsbelägen muss ebenfalls von einer hohen Relevanz der Emission von Verbindungen des Halbmetalls Antimon ausgegangen werden (Pesch, 2008, Hjortenkrans et al., 2007). Dies gilt ebenso für den Reifenabrieb als eine der Hauptquellen der diffusen Cadmiumbelastung städtischer Gebiete (Hjortenkrans et al., 2007). Die in den Fahrzeugen eingesetzten Abgaskatalysatoren setzen die Edelmetalle Platin, Palladium und Rhodium frei (Schläepfer et al., 1996).

Tabelle 2.2: Mittlere fahrzeugspezifische Emissionsfaktoren für Schwermetalle pro Fahrzeug und gefahrene Kilometer (Hillebrand et al., 2005, ¹Stechmann, 1993, ²Boller, 2000)

		Kupfer	Blei	Zink
		(mg/ (Fz *km))	(mg/ (Fz *km))	(mg/ (Fz *km))
Reifenabrieb	PKW	/	0,0015	0,93
	LKW, Busse	/	0,0207	12,46
	Sattelzüge	/	0,0355	21,36
Bremsbelagabrieb	PKW	1,5	0,113	0,48
	LKW	1,53	0,012	0,61
	Busse	2,91	0,017	1
	Sattelzüge	1,53	0,012	0,61
¹ Fahrbahnabrieb		0,007	0,011	0,24 ² 0,035

Fz = Fahrzeug

Ausgehend von der Bilanzierung der jährlichen Frachten für Kupfer, Blei und Zink für Deutschland durch Hillebrand et al., 2005 wurde eine Umrechnung für die Stadt Berlin gemacht. Diese Abschätzung beruht auf dem Anteil der zugelassenen Fahrzeuge des Jahres 2006. Zu diesem Zeitpunkt waren bundesweit etwa 51 Millionen und in Berlin in etwa 1,3 Millionen Fahrzeuge zugelassen (Eurostat, 2008). Dies entspricht einem Anteil von 2,6 %. In der Tabelle 2.3 sind die daraus resultierenden Schwermetallfrachten für die Stadt Berlin dargestellt.

Tabelle 2.3: Jährliche Schwermetallfrachten durch den Straßenverkehr für Berlin, abgeschätzt aus Hillebrand et al. (2005)

	Kupfer (t/a)	Blei (t/a)	Zink (t/a)
Summe Emissionen durch Straßenverkehr	24,16	2,08	53,87
Summe Einträge in die Gewässer	2,67	0,25	7,93

Bundesweit verteilen sich die in die Gewässer eingetragenen Frachten von Kupfer, Blei und Zink aus dem Verkehr zu 55 % auf die Niederschlagsabflüsse der Trenngebiete, zu 36 % auf die Einleitungen der Mischwassereinzugsgebiete und zu 9 % auf die Abläufe der Kläranlagen (Hillebrand et al., 2005).

In Bezug auf Berlin ist davon auszugehen, dass der Frachtenanteil der Trenngebiete größer ist. Dies liegt darin begründet, dass in Berlin, im Vergleich zum bundesweiten Durchschnitt, der Anteil der Mischkanalisation an der kanalisierten Fläche geringer ist (StBa, 2003).

Auch die betriebsbedingte Abnutzung von Oberleitungen der Eisen- und Straßenbahnen ist ein bedeutender Ursprung für Kupfereinträge in die Umwelt. Diese haben einen Anteil von etwa 14 % (150 t/a) an den bundesweiten verkehrsbedingten (straßen- und schienengebunden) Kupferfrachten (Hillebrand et al., 2005)

Emission weiterer Schadstoffe

Abgesehen von der Emission von Schwermetallen ist der straßen- sowie schienengebundene Verkehr eine Quelle für eine Vielzahl von weiteren Schadstoffen.

Bei unvollständigen Verbrennungsvorgängen entstehen unter anderem Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK). Diese adsorbieren an atmosphärische Staubpartikel und werden auf diesem Weg wieder aus der Atmosphäre ausgetragen und anschließend vom Niederschlagsabfluss weggespült (Welker, 2004). Weitere Verbrennungsprodukte sind zum Beispiel Polychlorierte Biphenyle, Polychlorierte Dibenzodioxine und Dibenzofurane (Benfaneti et al., 1992). Durch Tropfverluste gelangen Mineralölkohlenwasserstoffe in die Umwelt, wie beispielsweise das Antiklopfmittel Ethyl-tertiär-butylether (ETBE, in Deutschland verwendet). Ebenfalls führen im Kfz-Bereich verwendete Korrosionsschutzmittel, z.B. beim Unterbodenschutz eingesetzte Weichmacher, zu einer Belastung des Regenabflusses (Witterungsabhängigkeit). Dies gilt auch für die Gruppe der Benzotriazole, welche außer beim Korrosionsschutz auch in Enteisungsmitteln verwendet werden (Reemtsma et al., 2006). Reifenabrieb enthält auch persistente Verbindungen der Substanzgruppe Benzothiazole. Diese werden bei der Reifenherstellung als Vulkanisationsbeschleuniger

eingesetzt und gelangen über Straßenabfluss in den Wasserkreislauf (Reemtsma et al., 2005).

Durch den Abrieb von Straßenmarkierungsfarbe wird das Titandioxid (TiO₂) freigesetzt (Schläepfer et al., 1996).

2.2.1.3. Emissionen durch den Dach- und Fassadenablauf

Neben dem Abspülen von abgelagerten, vor allem partikelgebundenen Schadstoffen, stellen die im Dach- und Fassadenbau eingesetzten Materialien selbst eine wichtige Belastungsquelle des Niederschlagsabflusses dar. Dabei kommt es besonders zu einer Belastung mit Schwermetallen sowie durch die zur Bewuchskontrolle eingesetzten Biozide.

Emission von Schwermetallen

Kupfer und Zink gehören zu den traditionell im Bauwesen verwendeten Materialien und finden bevorzugt Anwendung bei Dächern, Regenrinnen und als Fassadenbekleidung.

Der überwiegende Teil der im Außenbereich eingesetzten Bleibleche wird für kleinflächige Anwendungen im Bereich von Schornsteinen, Fassaden und Luken sowie für Verbindungen und Befestigungen eingesetzt. In sehr seltenen Fällen, fast ausschließlich an historischen Gebäuden, wie z. B. Kirchen, finden Bleibleche Anwendung für großflächige Dachbereiche (Hillebrand et al., 2005). Zink als Dachmaterial wird in Deutschland für Regenrinnen, Fallrohre, Verkleidungen von Schornsteinen und Dachluken sowie zur Dachdeckung eingesetzt (UBA, 2001).

Tabelle 2.4: Korrosionsraten für Kupfer- und Zinkdächer für Klimaverhältnisse in Deutschland (UBA, 2001)

	Kupfer (g/m²*a)	Zink (g/m²*a)
Größenbereich der Korrosionsrate, Deutschland	3,5 – 10,4	4,2 – 17,6
Mittlere Korrosionsrate, Deutschland	4,9	6,6

Die Belastungen des Dach- und Fassadenabflusses mit Kupfer und Zink hängen stark von der Korrosionsrate sowie vom tatsächlich abgetragenen Anteil des korrodierten Materials ab. Die Korrosionsrate wird vor allem von der Luftfeuchte, dem Schwefeldioxidgehalt und, in Meeresnähe, von dem Chloridgehalt der Luft beeinflusst. Weiterhin können hohe Gehalte an NO_x, NH₄ und O₃ die Korrosion beschleunigen. Das Alter der Einbauten spielt auch eine wichtige Rolle, da die Korrosionsrate von Neuinstallationen im Allgemeinen am höchsten ist.

Die Art und Dauer der Niederschlagsereignisse, Dachneigung und -exposition sind wichtig für die Abtragsrate (UBA, 2001). Die Tabelle 2.4 enthält Werte für Korrosionsraten von Kupfer- und Zinkdächern. Die Tabelle 2.5 zeigt die Ergebnisse der Bilanzierung der Kupfer-, Blei- und Zinkfrachten aus dem Dachablauf für Deutschland durch Hillebrand et al., 2005.

Tabelle 2.5: Kupfer-, Blei- und Zinkfrachten aus dem Dachablauf für Deutschland (Hillebrand et al., 2005)

	Kupfer (t/a)	Zink (t/a)	Blei (t/a)
Summe Emissionen Dachablauf	85,2	682,0	25,2
Summe der Einträge in Oberflächengewässer	58,9	480,3	16,9

Emission von Bioziden

Biozide werden in Dach- und Fassadenmaterialien verwendet, um der Bildung von Algen und Pilzen vorzubeugen. Deren Entwicklung wird besonders durch die verbesserte Wärmedämmung und eine damit verbundene erhöhte Kondenswasserbildung begünstigt. Der Einsatz von Bioziden als so genannten Filmkonservierern entspricht dem Stand der Technik. Heutzutage enthalten rund 95 % der verwendeten Fassadenbeschichtungen Biozide (Burkhardt et al., 2007b).

Da Biozide nur in wässrigen Lösungen ihre Wirkung entfalten, werden sie direkt in die Farbe oder den Verputz eingearbeitet und gehen von dort aus in den Wasserfilm über. Auf diesem Weg gelangen sie über den Niederschlagsabfluss in die Umwelt (Burkhardt et al., 2006). Biozide finden allgemein Anwendung für den Materialschutz im Außenbereich, beispielsweise als Holzschutzmittel oder in Farben. Weiterhin dienen sie als Konservierungsmittel, um einen Befall durch Pilze oder Bakterien während der Lagerung fertiger Produkte (z.B. Farben) zu verhindern (Topf-Konservierung). Dabei werden auch Mischungen verschiedener Wirkstoffe eingesetzt, um einen lang anhaltenden Effekt und ein breites Wirkspektrum zu erzielen (EAWAG, 2005).

Es wurde abgeschätzt, dass im Jahre 2005 auf Europäischer Ebene 3,9 Millionen Tonnen an Bioziden im Materialschutz von Gebäuden verwendet wurden (Burkhardt et al., 2007). In der Schweiz beträgt die jährlich eingesetzte Menge des Herbizids Mecoprop als Bewuchsschutz in Bitumdächern 40 bis 50 Tonnen pro Jahr. Dies ist dreimal so viel, wie im ursprünglichen

Anwendungsbereich, als landwirtschaftliches Pflanzenschutzmittel, zum Einsatz kommt (Burkhardt et al., 2007).

Eine Schweizer Studie untersuchte den Niederschlagsabfluss aus einem städtischen Teilgebiet in der Nähe von Zürich. Die Untersuchungen eines einzelnen Gebäudekomplexes zeigten, dass der Fassadenputz und verwendete Außenfarben sieben verschiedene Biozide enthielten. Im Durchschnitt lag die verwendete Menge bei 0,03 bis 0,6 g/m² je Biozid. Bei der Analyse des städtischen Regenwasserabflusses konnten mehrere Biozide detektiert werden. Eine hohe Belastung tritt besonders nach dem Neubau bzw. nach Sanierungen von Dächern und Fassaden auf. Mit fortschreitender Zeit lassen die Mengen an ausgetragenen Bioziden nach (Menge et al., 2005).

Die Tabelle 2.6 gibt einen Überblick über Biozide, welche in Dach- und Fassadenmaterialien in Deutschland und in der Schweiz gefunden wurden sowie im städtischen Niederschlagsabfluss in der Schweiz und in Schweizer Oberflächengewässern nachgewiesen werden konnten. Bei den Funden in Oberflächengewässern muss berücksichtigt werden, dass Wirkstoffe wie z.B. Diuron auch aus der Anwendung in der Landwirtschaft stammen.

Es scheint aber eine von der saisonalen Anwendung in der Landwirtschaft unabhängige Belastung vorzuliegen. Dies wird durch Untersuchungen von Klärschlämmen aus dem Einzugsgebiet von Mischkanalisationen sowie Beprobungen von Mischwassereinleitungen gestützt. Diese zeigten eine Belastung durch Biozide (Kupper et al., 2005).

Tabelle 2.6: Biozide in Fassaden- und Dachmaterialien, detektiert im städtischen Niederschlagsabfluss und im Oberflächengewässer ¹(Menge et al., 2005), ²(Burkhardt et al., 2007), ³(Kupper et al., 2005)

eingesetzte Biozide	¹ Dachanstriche (Deutschland)	² Fassadenmaterialien (Schweiz)	² städtischer Niederschlags- abfluss (Schweiz)	³ Oberflächengewässer (Schweiz)
Mecoprop			X	X
Diuron			X	X
Terbuthryn	X		X	X
Carbendazim	X		X	X
Terbutylazin				X
Diethyltoluamide (DEET)				X
Tebuconazole				X
Difenconazole				X
Benztriazole				X
Propiconazole				X
Irgarol		X	X	
Isothiazolinone	X	X		
Zinkpyrithion		X		
Zinkoxid		X		
Formaldehyd		X		

Weitere additive Materialien

Neben einer Belastung durch die zur Bewuchskontrolle und als Konservierungsmittel eingesetzten Biozide treten weitere Schadstoffe im Niederschlagsabfluss von Fassaden und Dächern auf.

Hierzu zählen Flammenschutzmittel, PVC-Stabilisatoren, UV-Filter, Antioxidantien und Weichmacher. Diese finden vor allem Anwendung bei Kunststoffbahnen im Dachbereich (Burkhardt et al., 2006). Weiterhin stellen Bitumdächer eine Emissionsquelle für PAK dar. Als Ersatz zur Anwendung von Bioziden können in die Fassadenbeschichtung eingearbeitete Nanopartikel dienen. Nanosilber und Nanotitandioxid (TiO_2) sollen problematische Biozide zur Bekämpfung von Algen und Pilzen auf Fassaden ergänzen oder ersetzen. Allerdings sind die Umweltauswirkungen dieser Materialien unklar (Burkhardt et al., 2007b).

Nanosilber findet derzeit erst im geringeren Maße Anwendung, TiO_2 wird aber bereits häufiger eingesetzt (EAWAG, 2007).

2.2.1.4. Herbizideinsatz in städtischen Gebieten

In städtischen Gebieten werden Herbizide eingesetzt, um Flächen von unerwünschtem Pflanzenbewuchs freizuhalten, wie zum Beispiel Straßenbereiche, Bahnanlagen, aber auch befestigte Plätze wie Bürgersteige.

In Berlin kommt hierbei vor allem das Totalherbizid Glyphosat zum Einsatz. Als weiteres Mittel für die Anwendung auf befestigten Flächen kann Perlagonsäure eingesetzt werden (Pflanzenschutzamt Berlin, 2008). Der Einsatz von Glyphosat ist mit strengen Regelungen belegt. So darf eine Anwendung auf befestigten Flächen nur mit Hilfe eines „verlustmindernden Gerätes“ erfolgen. Die Berliner Stadtreinigungsbetriebe nutzen hierfür das so genannte Walzenstreichverfahren. Der Einsatz des Walzenstreichverfahrens führt zwar zu einer deutlichen Reduktion der nötigen Herbizidmenge pro behandelte Fläche, doch können Fehlanwendungen zu einer Belastung des Niederschlagsabflusses führen (Schmidt, Boas 2002).

Die Anwendung von Glyphosat kann zu einer Belastung des Oberflächenabflusses führen. Aus befestigten Oberflächen, welche mit Glyphosat behandelt wurden, können auch nach längeren Zeiträumen beträchtliche Wirkstoffmengen freigesetzt werden (Augustin, Seibel, 2002). Hierbei kommt es besonders zu einer Belastung durch den Hauptmetaboliten von Glyphosat, Aminomethylphosphonsäure (AMPA). Auch zeigen Funde außerhalb des Zeitraums der Anwendung im landwirtschaftlichen und gärtnerischen Bereich, dass ein wesentlicher Eintrag in die Gewässer über die Kanalisation erfolgt (Augustin, Seibel, 2002).

Hinzu kommt der Einsatz von Herbiziden auf Bahngleisen. Die Deutsche Bahn gibt einen Streckenverbrauch von bis zu 2 kg/(km*Jahr) für die Wirkstoffe Glyphosat bzw. Glyphosattrimesium an (Landesumweltamt Brandenburg, 2001). Aus diesem Grund kann auch von einer Belastung des Niederschlagsabflusses durch die städtischen Bahnanlagen ausgegangen werden. Neben Glyphosat werden auf Gleisanlagen Flumioxazin und Flazasulfuron angewendet (Landtag Baden-Württemberg, 2007).

Der Herbizideinsatz durch Privatpersonen auf befestigten Flächen ist generell nicht gestattet. In Parkanlagen und in Bereichen mit landwirtschaftlicher, forstwirtschaftlicher oder gärtnerischer Nutzung können durchaus weitere Mittel, beispielsweise Fungizide eingesetzt werden (Pflanzenschutzamt Berlin, 2008).

2.2.2. Spurenstoffe im Schmutzwasser

Die Belastung von Oberflächengewässern durch Mischwassereinleitungen ist zu einem Teil auf den Eintrag schmutzwasserbürtiger Schadstoffe zurückzuführen.

Betrachtungen von Mischwassereinleitungen werden meistens auf den Eintrag von Nährstoffen wie Kohlenstoff-, Stickstoff- und Phosphorverbindungen reduziert. Untersuchungen zu Auswirkungen der mit Mischwassereinleitungen verbundenen Spurenstofffrachten fanden in Berlin bislang nicht statt.

Schmutzwasserbürtige Spurenstoffe sind vor allem folgenden Gruppen bzw. Anwendungsbereichen zuzuordnen:

- Arzneimittel und Arzneimittelmetaboliten
- Körperpflegeprodukte
- Reinigungsmittel- / Waschmittelinhaltsstoffe
- Rückstände aus Textilien
- Industriechemikalien
- Rohr- und Armaturmaterialien
- Additive aus Kunststoffen
- Lösungsmittel

Der Eintrag erfolgt zum einem durch eine Freisetzung aus Produkten während der Herstellungs-, Gebrauchs- und Entsorgungsphase, andererseits führen einige Anwendungen zu einem unmittelbaren Eintrag in den Abwasserstrom. Dies gilt beispielsweise für den Bereich der Körperpflegeprodukte und der Reinigungs- und Waschmittel. Hier können Verbrauchsmengen als direkter Indikator für die Belastung des Abwasserstroms herangezogen werden. Auch für Arzneimittel kann von einer zu den verkauften Mengen proportionalen Stofffracht im Schmutzwasser ausgegangen werden (BLAC, 2003). Für

andere Bereiche steht der Eintrag in den Schmutzwasserstrom nicht unbedingt im Verhältnis zu den Produktions- bzw. Konsummengen. Die mittleren Stofffrachten schwanken über mehrere Größenordnungen. So liegt beispielsweise der Tagesverbrauch an kationischen Tensiden, die besonders in Weichspülern und Hygieneprodukten Anwendung finden, bei 370 mg pro Person. Das in Hormonpräparaten enthaltene Ethinylestradiol wird hingegen im Mittel nur in Mengen von 2 µg pro Tag und Person konsumiert (Bay. Landesamt, 2001, Ternes und Joss, 2006).

Auf Grundlage eines solchen Vergleiches kann aber noch keine abschließende Aussage über die mögliche Relevanz eines Wirkstoffes für die Gewässerökologie oder für den Wasserkreislauf gemacht werden. Hierfür müssen Eigenschaften wie die biologische Entfernbarkeit, toxikologische Wirkstoffkonzentrationen oder das Bioakkumulationspotential berücksichtigt werden.

Durch fehlende Informationen zum Verhalten oder der Toxizität von Einzelsubstanzen oder Stoffgemischen in der Umwelt sind für eine Vielzahl von Substanzen nur sehr beschränkte Aussagen zu deren Auswirkung auf Umweltsysteme möglich. Zusätzlich sind zahlreiche Metaboliten (Abbauprodukte) gänzlich unbekannt.

Weiterhin muss davon ausgegangen werden, dass die bisher durchgeführten Studien weniger als 15 % der insgesamt in die Umwelt eingetragenen Arzneistoffe und Spurenstoffe beinhalten (UBA, 2005, Reemtsma und Jekel, 2006).

2.2.2.1. *Arzneistoffe*

In Deutschland sind knapp 3000 Arzneimittelwirkstoffe zugelassen (Sengl, 2007). Arzneistoffe gelangen überwiegend durch ihre bestimmungsgemäße Anwendung in die Umwelt. Sie werden nach dem Gebrauch unverändert oder in Form von Umwandlungs-, Abbau- oder Reaktionsprodukten, den so genannten Metaboliten, ausgeschieden. Ein erheblicher Anteil der in Verkehr gebrachten Arzneistoffe gelangt in die Umwelt (BLAC, 2003).

Für die Gruppe der Arzneistoffe existiert eine große Zahl von Veröffentlichungen, welche den Eintrag über den Abwasserpfad in den Wasserkreislauf behandeln. Eine Vielzahl von Substanzen konnte in Kläranlagenabläufen, Oberflächengewässern und in Grundwasserproben nachgewiesen werden. In allen großen Flüssen treten Arzneistoffe in Summengehalten > 1 µg/l auf. Die Belastung der Gewässer steht im engen Zusammenhang mit dem jeweiligen Klarwasseranteil (geklärtes Abwasser, UBA, 2005). Aus diesem Grund muss in starken Klarwasser beeinflussten Gewässern, wie zum Beispiel im Berliner Raum, mit deutlich höheren Arzneistoffkonzentrationen gerechnet werden.

In Abwasser- und Umweltproben tritt regelmäßig ein sehr ähnliches Spektrum von Arzneimittelverbindungen auf. Nach Konzentrationen gestaffelt ergibt sich das folgende Bild: Röntgenkontrastmittel werden häufig in den höchsten Konzentrationen nachgewiesen, dabei handelt es sich um die Substanzen Amidotrizesäure, lomeprol und Iopromid. Diese werden gefolgt vom Antiphlogistikum Diclofenac (Schmerzmittel; vorrangig in sportmedizinischen Salben) und dem Antiepileptikum Carbamazepin. In jeweils vergleichbaren Größenordnungen treten die Lipidsenker Bezafibrat, Clofibrinsäure und die β -Blocker Metoprolol und Sotalol sowie das Schmerzmittel Phenazon und dessen Derivate auf. Aus der Gruppe der Chemotherapeutika und Antibiotika folgen Sulfamethoxazol und Erythromycin (BLAC, 2003). Diese Rangfolge wird im Wesentlichen durch die schlechte Entfernbarkeit der Substanzen in der Kläranlage bestimmt und erst in zweiter Linie durch die verwendeten Mengen.

Abschätzungen der Stofffrachten in den Deutschen Flüssen zeigen, dass die Arzneimittelfrachten tendenziell größer sind als die von Pflanzenschutzmitteln (BLAC, 2003). Der Eintrag veterinärmedizinischer Präparate in den Wasserkreislauf kann für urbane Gebiete als kaum bedeutsam eingestuft werden (Welker, 2004).

Die Tabelle 2.7 fasst die im Raum Berlin in Oberflächengewässern gefundenen Arzneistoffe zusammen. In den hier betrachteten Arbeiten von Reddersen (2004), NASRI (im Druck), Zühlke et al. (2004), sowie Putschew und Jekel (2001) konnten insgesamt 28 Arzneistoffe bzw. Arznei-Metabolite nachgewiesen werden.

Tabelle 2.7: Arzneimittelfunde im Berliner Oberflächenwasser und Nachweisgrenzen (NWG) der Arzneimittel in Wasser (¹Reddersen, 2004, ²NASRI, *im Druck*, ³Zühlke et al., 2004, ⁴Putschew und Jekel, 2001)

Wirkstoffgruppe	Arzneimittel	Funde in Berliner Oberflächengewässern				
		NWG (ng L ⁻¹)	Tegeler See	Wannsee	Teltow- kanal	Spree
Antiphlogistika / Analgetika	AMDOPH	5	X ²	X ^{1/2}	X ¹	X ¹
	Diclofenac	1	X ²	X ^{1/2}	X ¹	X ¹
	Ibuprofen	1	X ²	X ¹	X ¹	X ¹
	Indometacin	10	X ²	X ^{1/2}	X ¹	X ¹
	Ketoprofen	1			X ¹	
	Mefenamic acid	1			X ¹	
	Naproxen	1		X ^{1/2}	X ¹	X ¹
	Phenazone	10	X ²	X ²		
	Propyphenazon	5	X ²	X ^{1/2}	X ¹	X ¹
Antibiotika	Clarithromycin	3	X ²	X ²		
	Clindamycin	3	X ²	X ²		
	Dehydro- Erythromycin	3	X ²	X ²		
	Roxithromycin	3	X ²	X ²		
	Sulfadimidin	3	X ²	X ²		
	Sulfamethoxazole	3	X ²	X ²		
	Trimethoprim	3	X ²	X ²		
Antiepileptika	Carbamazepin	1	X ²	X ^{1/2}	X ¹	X ¹

Wirkstoffgruppe	Arzneimittel	Funde in Berliner Oberflächengewässern				
		NWG (ng L ⁻¹)	Tegeler See	Wannsee	Teltow- kanal	Spree
	Primidon	1	X ²	X ^{1/2}	X ¹	X ¹
Hormone	Estrone	0,1	X ³			
Lipidsenker	Benzafibrat	1	X ²	X ^{1/2}	X ¹	X ¹
	Clofibrinsäure	5	X ²	X ^{1/2}	X ¹	X ¹
	Gemfibrozil	1		X ¹	X ¹	
Röntgenkontrast- mittel	Diatrizoate	50	X ⁴			
	Iopromide	20	X ⁴			
	Iopamidol	20	X ⁴			
	Iohexol	20	X ⁴			
Beruhigungsmittel	Oxazepam	5		X ¹	X ¹	X ¹
Vasodilatator	Pentoxifylline	10			X ¹	

2.2.2.2. Körperpflege-, Reinigungs- und Waschmittel

Die zweite große Substanzgruppe umfasst Verbindungen des Bereiches der Körperpflegeprodukte, Reinigungs- und Waschmittel.

Die Mengen der jährlich im Waschmittelbereich, in Hygieneprodukten und in Reinigungsmitteln eingesetzten Substanzen übersteigen die Zahlen des Arzneimittelbereiches deutlich. Auf Grund dieser Tatsache können beispielsweise Tenside als ubiquitäre Umweltchemikalien im eigentlichen Sinne bezeichnet werden (BUA, 1997). In Tabelle 2.8 sind die Verbrauchsmengen für das Jahr 1998 für Deutschland zusammengestellt. Die großen Mengen, die offene Anwendung und die teilweise hohe Toxizität führen zu einer hohen Umweltrelevanz (Bay. Landesamt, 2001).

Tabelle 2.8: Verbrauch von Wasch- und Reinigungsmitteln in Deutschland für 1998

Anwendungsbereich	Verbrauchsmenge 1998 (t/a)
Waschmittel	665 000
Weichspülmittel	174 000
Handgeschirrspülmittel	115 000
Maschinengeschirrspülmittel	
Reiniger	58 000
Klarspüler	10 000
Regeneriersalz	64 000
Universalreiniger	78 000
Scheuermittel	29 000

Im Waschmittelbereich, in Körperpflegeprodukten und in Reinigungsmitteln finden Substanzen wie Tenside, Komplexbildner, Duftstoffe oder Desinfektionsmittel Anwendung. Bei Reinigungs- und Waschmitteln werden zusätzlich auch optische Aufheller und Enzyme eingesetzt. In Tabelle 2.9 sind die wichtigsten und mengenmäßig relevanten Substanzgruppen von Haushaltswasch- und Reinigungsmitteln zusammengestellt. Mengenmäßig überwiegen vor allem die Gruppen der Tenside und der so genannten Builder, zu denen Gerüststoffe wie Zeolithe, Natriumcarbonat und teilweise auch Phosphate gehören (UBA, 2006).

Tabelle 2.9: Verbrauchsmenge ausgewählter Inhaltsstoffe durch Wasch- und Reinigungsmittel (UBA, 2006, *Bay. Landesamt, 2001)

Anwendungsbereich	Inhaltsstoff	Verbrauch (t/a) 1999 / 1997*
Tenside	anionische Tenside	128 000*
	nichtionische Tenside	78 000*
	kationische Tenside	11 000*
	amphotere Tenside	6 000*
Builder	Zeolithe	139 000
	Natriumcarbonat	98 800
Füllstoff	Natriumsulfat	74 600
Korrosionsinhibitoren	Silikate	22 300
Vergrauungsinhibitoren	Polycarboxylate	15 700
Bleichmittel	Natriumperborat	49 500
	Natriumpercarbonat	27 700
Komplexbildner	Natriumcitrat	15 600
	Nitrilotriessigsäure (NTA)	400
	Phosphate	23 600
Bleichstabilisatoren	Phosphonate	2 900
Bleichaktivator	Tetraacetylenhendiämin	13 100
Verfärbungsinhibitoren	Polyvinylpyrrolidon	400
Enzyme	Amylasen, Cellulasen, Lipasen, Proteasen	6 000
Duftstoffe	z.B. Limonen-, Minzöl, künstliche Moschusverbindungen	5 700
Optische Aufheller	z.B. Diaminostilbene, Distyrylbiphenyl	500
Alkoholische Lösungsmittel	-	18 800

Einige Inhaltsstoffe von Waschmitteln, Reinigungs- und Hygieneprodukten zeichnen sich durch ein aus ökologischer Sicht problematisches Verhalten aus. Dies kann beispielsweise eine schlechte biologische Entfernbarkeit sein. Hierzu zählen Vertreter der Stoffgruppe der optischen Aufheller (Diaminostilbene), Komplexbildner wie EDTA, die als Vergrauungsinhibitoren und als Komplexbildner verwendeten Polycarboxylate, die künstlichen Moschusverbindungen, das Desinfektionsmittel Triclosan oder die als Silberschutz in Geschirrspülmitteln eingesetzten Benzotriazole.

UV-Filtersubstanzen in Körperpflegeprodukten

Ein problematisches Umweltverhalten zeigen auch verschiedene UV-Filtersubstanzen. Diese werden in Sonnencremes, Lippenstiften, Haarsprays, Haarfarben oder in Shampoos eingesetzt.

Einige dieser Verbindungen konnten bereits in Oberflächengewässern und in Fischen nachgewiesen werden. Der Eintrag in Oberflächengewässer ist zum einen direkt auf badende Personen zurückzuführen, kann aber auch indirekt durch Duschen oder durch das Reinigen verschmutzter Textilien über den Abwasserpfad erfolgen. Die Verteilung der Frachten auf die beiden Eintragspfade hängt dabei stark von der jeweiligen Gewässernutzung ab. Die Stofffrachten von UV-Filtersubstanzen unterliegen starken saisonalen Schwankungen (Balmer et al., 2005). Die Verbindungen Benzophenone-3, 4-methylbenzylidene camphor, Ethylhexyl methoxy cinnamate und Octocrylene sind die am häufigsten untersuchten UV-Filtersubstanzen.

Messungen in Schweiz ergaben für vier häufig verwendete UV-Filtersubstanzen eine tägliche Fracht im Kläranlagenzulauf von 1,6 mg pro Person im April und von 24 mg pro Person im Juni. Für den Kläranlagenablauf ergaben die Berechnungen Frachten von 1,9 bzw. 2,9 mg pro Person und Tag. Messungen in Oberflächengewässern zeigten, dass vermutlich eine partielle Entfernung dieser Substanzen in der Umwelt stattfindet (Balmer et al., 2004).

Biozide in Reinigungsmitteln und Körperpflegeprodukten

Einige Inhaltstoffe von Reinigungsmitteln und Körperpflegeprodukten haben eine biozide Wirkung. Diese dienen als Konservierungsmittel oder sollen eine desinfizierende Wirkung bei Reinigungsmitteln erreichen (UBA, 2006). Neben der Anwendung solcher desinfizierenden Reinigungsmittel im Gewerbe- und im Krankenhausbereich finden diese auch verstärkt Einsatz im Haushalt.

Als Biozide werden halogenorganische Verbindungen, kationische Tenside, Amphotenside, Benzalkoniumchloride, Glutaraldehyd, D-Limonen oder Natriumhypochlorid verwendet. In

Beckensteinen für Standurinale und in Fleckenentfernungsmitteln werden auch chlorierte Kohlenwasserstoffe wie Paradichlorbenzol oder Dichlorethan eingesetzt. Der Einsatz dieser chlorierten Kohlenwasserstoffe in Verbrauchsprodukten soll aber auf Grund einer Selbstverpflichtung der deutschen Industrie rückläufig sein (UBA, 2006).

2.2.2.3. Rückstände aus Textilien, Abbauprodukte

Während der Gebrauchsphase von Textilien kann es zu einer Freisetzung von Rückständen aus dem Herstellungsprozess oder von Bestandteilen des Endproduktes kommen. Hierdurch gelangen beispielsweise Farbrückstände, Bestandteile von wasserabweisenden Beschichtungen oder Tenside in den Schmutzwasserstrom. Die dabei emittierten Substanzen bzw. deren Abbauprodukte können zu einer relevanten Belastung des Schmutzwasserabflusses führen.

Hier spielt die Gruppe der Alkylphenoethoxylate bzw. deren Abbauprodukte eine Rolle. Ebenso perfluorierte Tenside wie beispielsweise Perfluoroktansäure und Perfluoroktansulfonat, aber auch Amine, welche aus dem Abbau von Farbstoffen stammen oder als Flammschutzmittel eingesetzte Organophosphate.

Für viele dieser Substanzen existieren weitere Emissionspfade, insbesondere industrielle Schmutzwasserströme. Sind solche vorhanden, muss davon ausgegangen werden, dass die Stofffrachten des häuslichen Abwassers eine untergeordnete Bedeutung haben.

2.2.2.4. Schwermetalle

Schwermetalle können bei der aus den in der Wasseraufbereitung und -verteilung verwendeten Materialien ausgetragen werden. Eine besondere Rolle spielen dabei die Hausinstallationen. Für Armaturen werden verschiedene Legierungen auf der Basis von Kupfer, Nickel, Zinn und Zink verwendet. Diese können weitere Schwermetalle in Spuren enthalten, beispielsweise Blei als Legierungsbestandteil in Messingarmaturen oder Cadmium in Zinklegierungen. Die Tabelle 2.10 zeigt die Abschätzungen der Kupfer-, Blei- und Zinkfrachten durch den Bereich der Trinkwasserversorgung für Deutschland.

Tabelle 2.10: Jährliche Kupfer-, Blei- und Zinkfrachten durch den Bereich der Trinkwasserversorgung für Deutschland (Hillebrand et al., 2005)

	Kupfer (t/a)	Blei (t/a)	Zink (t/a)
Fracht nach Abgabe durch das Wasserwerk	38,2	0,8	52,3
Fracht durch metallische Hausinstallationen, Armaturen, Zuleitungen	291,1	2,9	527,4

3. Bilanzierung der mischwasserbürtigen Anteile an der Gesamtpurenstofffracht für Berlin

3.1. Einleitung

Im kanalisierten, städtischen Bereich gelangen Schadstoffe insbesondere über den Kläranlagenablauf, die Regenwassereinleitungen aus Trenngebieten sowie durch Abschläge aus dem Mischsystem in die Oberflächengewässer.

Etwa 3/4 der Fläche des kanalisierten Stadtgebietes von Berlin wird durch die Trennkanalisation, 1/4 durch die Mischkanalisation entwässert. Dementsprechend dominieren bei den Niederschlagsabflüssen die Einleitungen aus den Trenngebieten. Ein Vergleich mit den Volumenströmen im gesamten Berliner Gebiet zeigt, dass volumenbezogen die Mischwassereinleitungen im Mittel weniger als ein Prozent der Kläranlagenabläufe ausmachen. Jedoch stellen die Einleitungen aus dem Mischwasserkanal die einzige direkte, konstruktiv gewollte Quelle³ für unbehandeltes Abwasser im urbanen Wasserkreislauf dar.

Berlin wird aus dem Südosten, ausgehend vom Großen Müggelsee und der Seenkette der Dahme-Spree, in Richtung Westen von der Spree und dem Teltowkanal durchströmt. Diese münden in die Seenkette der Havel. Im Norden von Berlin wird die Havel (Oberhavel) vom Tegeler Fließ und dem Nordgraben, die in den Tegeler See münden, gespeist.

Das Einzugsgebiet der Mischwasserkanalisation hat eine Größe von ungefähr 100 km² und befindet sich, bis auf die westlichen Gebiete Ruhleben und Spandau I, im Zentrum Berlins (Senatsverwaltung Berlin, 2006). Mit einem Anteil von jeweils ca. 30 % an den mittleren jährlichen Einleitungsvolumina tragen die Spree und der Landwehrkanal die Hauptlast der Mischwassereinleitungen. Abbildung 3.1 zeigt die Berliner Stadtgewässer und das Einzugsgebiet der Mischwasserkanalisation.

³ Ungewollt sind Fehlan schlüsse, Leitungsleckagen etc.

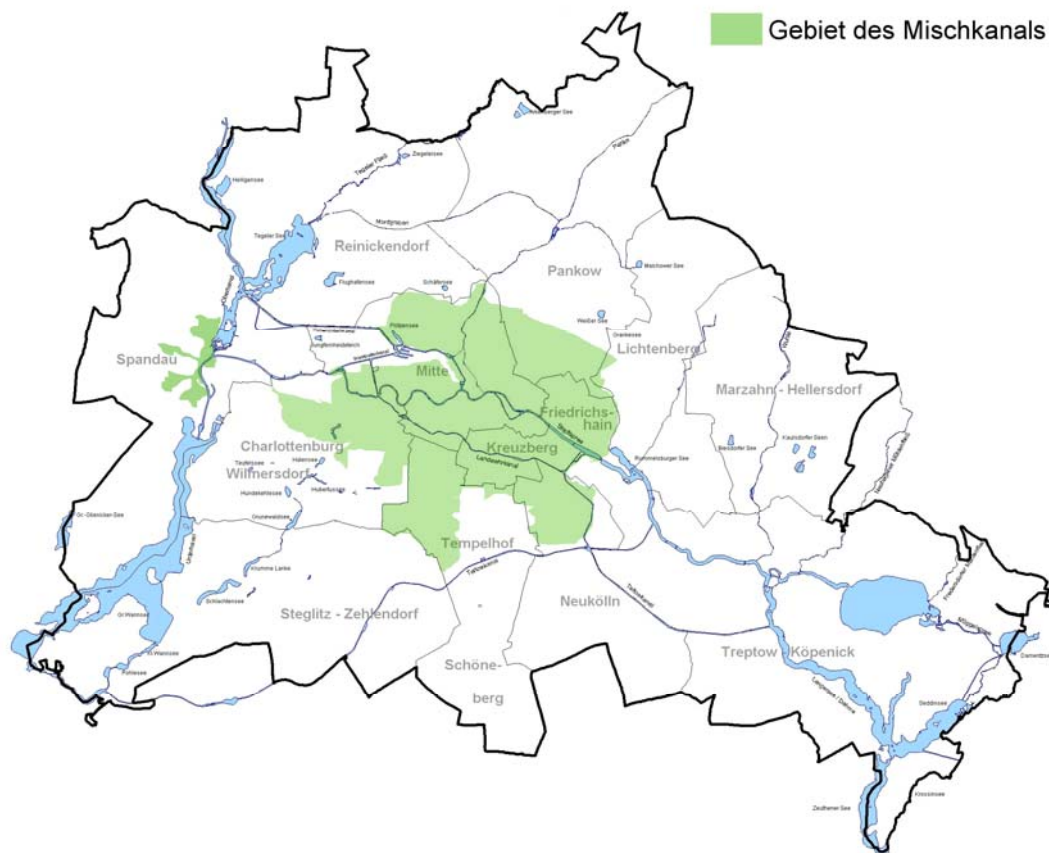


Abbildung 3.1: Berliner Gewässersystem und das Einzugsgebiet der Mischwasserkanalisation (Senatsverwaltung Berlin, 2008, überarbeitet).

In dieser Arbeit erfolgt ein Vergleich der jährlichen Stofffrachten aus Mischwassereinleitungen mit den Frachten aus Klärwerks- und Regenwassereinleitungen exemplarisch für das Jahr 2007. Die Klärwerkspassage stellt eine bedeutende Senke für biologisch gut abbaubare und gut an Feststoffe sorbierende Substanzen dar. Aus diesem Grund können, trotz der im Vergleich zum Klärwerksablauf geringeren Volumenströme, die schmutzwasserbürtigen Stofffrachten aus den Einleitungen des Mischsystems für bestimmte Substanzen in den Vordergrund treten.

Eine Bewertung des Spurenstoffeintrages sollte nicht allein durch einen Vergleich der mittleren jährlichen Stofffrachten erfolgen. Neben der kontinuierlichen Gewässerbelastung sind die kurzfristigen Auswirkungen der Mischwassereinleitungen auf die Gewässerökologie zu berücksichtigen. Mischwassereinleitungen sind auf einige Ereignisse pro Jahr beschränkt.

Der lokal und zeitlich begrenzte Einfluss der Mischwassereinleitungen wird durch die Bilanzierung eines Einzelereignisses (11. September 2005) abgeschätzt.

Neben schmutzwasserbürtigen Schadstoffen werden über Mischwasserüberläufe auch regenwasserbürtige Schadstoffe emittiert, Stoffe welche aus dem Niederschlagsabfluss versiegelter Flächen stammen.

Bezogen auf die gesamte kanalisierte Fläche von Berlin dominiert die Entwässerung über das Trennkansalsystem. Die Einleitungen des Niederschlagsabflusses des Trenngebietes in die Berliner Oberflächengewässer erfolgt größtenteils ohne eine vorherige Behandlung. Es wird angenommen, dass die Frachten regenwasserbürtiger Schadstoffe überwiegend aus dem Abfluss der Trenngebiete stammen.

3.2. Material und Methoden

Die Bilanzierung der Frachten schmutzwasserbürtiger Spurenstoffe beruht auf einem Vergleich des Schmutzwasseranteils der Einleitungen der Berliner Klärwerke mit dem Schmutzwasseranteil der Einleitungen aus den Mischgebieten. Dieser Vergleich wird zu einem für das Gesamtgebiet von Berlin und zum anderen für den Innenstadtbereich durchgeführt. Die Betrachtung erfolgt zum einen für die Verteilung der jährlichen Frachten sowie für die Verteilung während eines Starkregeneignisses.

Die für die Jahresbilanz 2007 verwendeten Einleitungsvolumina der Mischwasser-einzugsgebiete stammen aus einer Modellierung des Berliner Kanalnetzes durch das Ingenieurbüro bpi Hannover. Die Modellierung wurde im Auftrag der Berliner Wasserbetriebe in den Jahren 1988 - 2005 durchgeführt. Sie beruht auf Niederschlagswerten für den Zeitraum von 1961 bis 1981 (21 Jahre) und wurde für die Situation vor Beginn der Sanierung des Kanalnetzes, dem genannten Ist-Zustand und für den Zustand nach Abschluss der Sanierungsarbeiten im Jahr 2020, dem Sanierungszustand, durchgeführt.

Neben den Volumenströmen sind für alle Einleitungsbauwerke auch der Schmutzwasseranteil am Einleitungsvolumen (der so genannte Trockenwetteranteil), die Häufigkeit sowie die mittlere Dauer der Einleitungsereignisse berechnet worden.

In Tabelle A1 und Tabelle A2 des Anhangs sind die berechneten Volumenströme und die Schmutzwasseranteile für den Ist- und den Sanierungszustand nach Mischgebiet und Vorfluter aufgelistet.

Für die Bilanzierung der Frachten des Jahres 2007 wurden Schätzungen der Berliner Wasserbetriebe hinsichtlich des Fortschrittes der Sanierungsarbeiten der einzelnen Teilgebiete berücksichtigt (siehe Tabelle 3.1, Nebauer, 2008). Bei einem Grad der Sanierung von 0 % entsprach das berücksichtigte Einleitungsvolumen dem des Ist-Zustandes, bei 100 % dem des Sanierungszustandes im Jahr 2020. Die Einleitungsvolumina und -frachten für einen dazwischen liegenden Sanierungsfortschritt wurden linear interpoliert.

Im Mittel über alle Einzugsgebiete ergibt sich für das Jahr 2007 ein Schmutzwasseranteil an den Gesamteinleitungen von 13 %. Diese Größe wird den weiteren Berechnungen zugrunde gelegt.

Tabelle 3.1: Stand der Sanierung des Berliner Kanalnetzes für 2007, geschätzt (Nebauer, 2008)

Gebiet	Grad der Sanierung (geschätzt) (%)	Einzugsgebiet	Grad der Sanierung (geschätzt) (%)
Berlin I	10	Berlin XI	0
Berlin II	0	Berlin XII	50
Berlin III	30	Neukölln I	40
Berlin IV	20	Neukölln II	0
Berlin V	20	Charlottenburg I	0
Berlin VII	100	Charlottenburg III	0
Berlin VIII	100	Wilmersdorf	20
Berlin IX	100	Spandau I	0
Berlin X	0	Ruhleben	0

Die Abwassermengen und Trockenwetteranteile der Berliner Klärwerke für das Jahr 2007, die der Berechnung zu Grunde gelegt wurden, sind in der Tabelle 3.2 enthalten (BWB, 2008).

Tabelle 3.2: Jahresmenge 2007 an behandeltem Abwasser der Berliner Klärwerke (BWB, 2008)

Klärwerk	Behandelte Abwasservolumen (m³/a)	Trockenwetteranteil (m³/a)	Trockenwetteranteil (%)
Ruhleben	81 743 399	68 352 148	84
Schönerlinde	40 775 930	36 222 526	89
Münchehofe	14 234 012	13 606 481	96
Waßmannsdorf	71 749 400	65 682 178	92
Stahnsdorf	18 541 805	17 759 766	96
Wansdorf	13 479 315	12 962 380	96

Für den lokal und zeitlich begrenzten Einfluss der Mischwassereinleitungen erfolgt eine Bilanzierung des Einzelereignisses vom 11. September 2005. Dieses und die damit verbundenen Mischwassereinleitungen in die Berliner Gewässer war Gegenstand einer Modellierung im Rahmen des „Integrated Sewage Management - Projektes“ (Schumacher et al., 2007).

3.2.1. Bilanzräume

Die Bilanzierung der jährlichen in die Gewässer eingetragenen Spurenstofffrachten für den Raum Berlin wurde für zwei verschiedene Bilanzräume durchgeführt. Abbildung 3.2 zeigt die beiden Bilanzräume schematisch.

Bilanzraum „Berlin Gesamt“:

Für den gesamten Raum Berlin wurden die Volumenströme der Klärwerke Münchehofe, Waßmannsdorf, Ruhleben, Stahnsdorf und Schönerlinde des Jahres 2007 mit den berechneten Einleitungsströmen des gesamten Berliner Misch- und Trenngebietes verglichen (5 Kläranlagen mit 622.000 m³/d, 97 km² Mischkanalisation, 231 km² Regenkanalisation).

Bilanzraum „Berlin Mischwassergebiet“:

Der Bilanzraum wurde auf das Zentrum der Stadt beschränkt. Hierbei wird der Einfluss der Einleitungen auf die Gewässerabschnitte Landwehrkanal und die Stadtspree abgeschätzt (60% der Einleitungen aus Kläranlage Münchehofe mit 39.000 m³/d, 83 km² Mischkanalisation, 1120 km² Regenkanalisation).

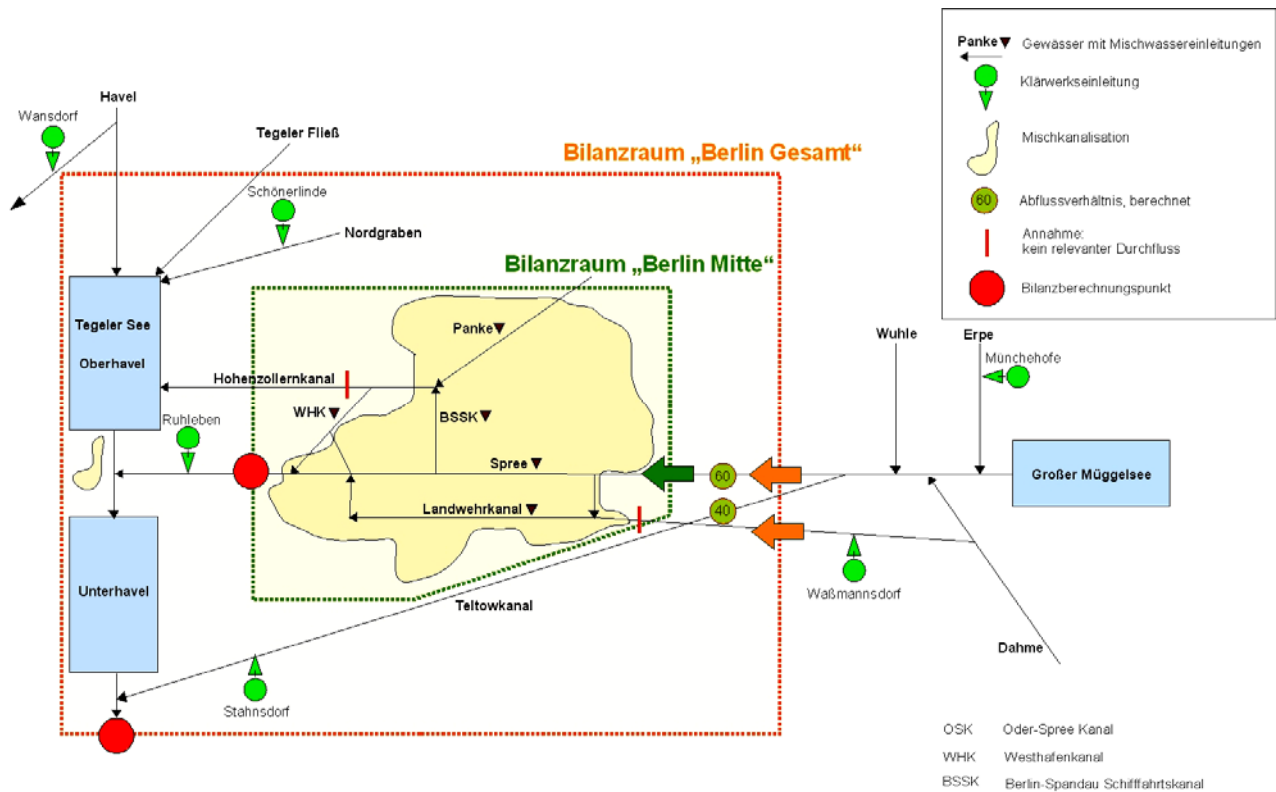


Abbildung 3.2: Schematische Darstellung der Bilanzräume „Berlin Gesamt“ und „Berlin MW-Gebiet“ („Berlin Mitte“ bezeichnet).

Für den Bilanzraum „Berlin MW-Gebiet“ wurde die Annahme getroffen, dass 60 % der Klarwasserfrachten aus der Kläranlage Münchehofe in das zentrale Stadtgebiet gelangen, während 40 % über den Teltowkanal transportiert werden. Diese Annahme beruht auf dem Vergleich von Abflussmessungen des Senates. In Tabelle A3 und Tabelle A4 des Anhangs sind die dieser Annahme zu Grunde liegenden Abflusswerte enthalten. Weiterhin wurde angenommen, dass keine Stofffrachten aus den Klärwerken Waßmannsdorf und Ruhleben in den Bilanzraum „Berlin MW-Gebiet“ gelangen. Da es sich bei den Berliner Fließgewässern um staureguliert Gewässerabschnitte handelt, können die realen Abflussverhältnisse von den getroffenen Annahmen abweichen.

3.2.2. Berechnung jährlicher Frachten schmutzwasserbürtiger Substanzen

Anhand der ermittelten Volumenströme können die jährlichen Stofffrachten bilanziert werden. Hierbei wird davon ausgegangen, dass die Stoffkonzentrationen im Schmutzwasser im Zulauf zu den Kläranlagen gleich den Konzentrationen im Schmutzwasseranteil der Mischwassereinleitungen sind.

Je nach Entfernbarkeit findet für einzelne Substanzen des Schmutzwassers während der Passage der Kläranlagen eine Reduktion der Frachten statt. Wird dies berücksichtigt, ergibt sich für den Anteil der schmutzwasserbürtigen Stofffrachten, die über die Einleitung des Mischwassersystems in die Berliner Gewässer gelangen, der folgende allgemeine Zusammenhang:

$$\text{Anteil}_{\text{MW},s} [\%] = \frac{V_{\text{MW},s}}{V_{\text{KA},s} \cdot (1 - x) \cdot z + V_{\text{MW},s}} \cdot 100 \quad (1)$$

$V_{\text{MW},s}$ = Schmutzwasseranteil des jährlichen Mischwassereinleitungsvolumens

$V_{\text{KA},s}$ = Schmutzwasseranteil des Volumenstromes der Kläranlagenabläufe

x = Entfernungsrates in der Kläranlage ($0 \leq x \leq 1$)

z = Anteil von $V_{\text{KA},s}$, der in den Bilanzraum gelangt

$z = 0,6$ (Bilanzraum „Berlin MW-Gebiet“)

$z = 1$ (Bilanzraum „Berlin Gesamt“)

Diese Beziehung stellt die Grundlage der Grafiken über die Anteile der Stofffrachten in den Kapitel 3.3.1 dar.

3.2.3. Ereignisbetrachtung für schmutzwasserbürtige Substanzen

Die Abschätzung der akuten Auswirkungen von Mischwassereinleitungen auf die Berliner Gewässer erfolgt beispielhaft anhand der Betrachtung des einzelnen Regenereignisses vom 11. September 2005. Die kanalseitige Modellierung dieses Ereignisses erfolgte im ISM-Projekt (Schumacher et al., 2007) und wurde als Grundlage für die folgende Berechnung

berücksichtigt. Die Ereignisbetrachtung wird nur für schmutzwasserbürtige Substanzen durchgeführt, da zu den Einleitungsmengen aus der Trennkanalisation für dieses Niederschlagsereignis keine gleichwertigen Angaben zur Verfügung standen.

Auf Grundlage der im Kapitel 3.2.1 beschriebenen Bilanzierung und der dort aufgestellten Beziehung (1), wird ein Vergleich der schmutzwasserbürtigen Stofffrachten zwischen den Pfaden Kläranlagenablauf und Mischwassereinleitung für den Zeitraum des Regenereignisses vom 11. September 2005 durchgeführt (6 Stunden). Die Berechnung berücksichtigt die in Kapitel 3.2.1 beschriebenen Annahmen für die Bilanzräume „Berlin MW-Gebiet“ sowie „Berlin Gesamt“. Weiterhin wird angenommen, dass die Einleitung der Kläranlagen kontinuierlich erfolgt. Als Vergleichsbasis werden die Kläranlagen-volumenströme des Jahres 2007 verwendet (siehe Tabelle 3.4).

Die ISM-Studie betrachtet nur die Einleitungen aus den Mischwassergebieten, welche direkt in die Stauhaltung Charlottenburg entlasten. Die Gebiete Neukölln I, Neukölln II, Ruhleben und Spandau werden dabei nicht betrachtet. Da diese Gebiete in der vorliegenden Studie aber ebenfalls bilanziert werden sollen, wird deren zusätzlicher Beitrag zu den Einleitungen auf der Basis der langjährigen Mittelwerte (bpi Berechnungen) abgeschätzt.

Für den Bilanzraum „Berlin MW-Gebiet“ müssen also zusätzlich die Einleitungen aus den Gebieten Neukölln I und Neukölln II berücksichtigt werden. Diese beiden Gebiete haben einen Anteil von 8 % an den mittleren jährlichen Einleitungsvolumen bzw. 4 % an den entlasteten Schmutzwasservolumen. Daraus ergibt sich für den Bilanzraum „Berlin MW-Gebiet“ ein gesamtes Einleitungsvolumen für das Regenereignis vom September 2005 von 480 656 m³. In Tabelle 3.3 sind die für die Bilanzierung nötigen Ergebnisse der Berechnungen aus dem ISM-Projekt sowie die Schätzungen für die Gebiete Neukölln I und II zusammengefasst.

Tabelle 3.3: Informationen zum Regenereignis vom 11. September 2005 (Schumacher, 2007), Schätzungen des Abflusses für die Gebiete Neukölln I und II

Regenvolumen Einzugsgebiet	1 055 128 m ³
Regenabflussvolumen	661 897 m ³
Abflussbeiwert	63 %
Einleitungsdauer	6 h
Einleitungsvolumen, Berechnungsgebiet in ISM	445 052 m ³
Einleitungsvolumen inkl. Neukölln I und II (aus langjährigen Mittelwerten abgeschätzt)	480 656 m ³
Mittlerer Trockenwetteranteil an den Einleitungen (Annahme aus bpi Berechnungen)	13 %

3.2.4. Berechnung jährlicher Frachten regenwasserbürtiger Substanzen

Für die Betrachtung der Stofffrachtenverteilung regenwasserbürtiger Substanzen werden die mittleren jährlichen Mischwassereinleitungsvolumina mit den mittleren jährlichen Regenwasserabflüssen des Berliner Trenngebietes sowie den Regenwasseranteilen der Abflüsse der Berliner Kläranlagen verglichen.

Die Regenwasserabflussvolumina der Trenngebiete sind flächenbezogene Angaben auf Grundlage mittlerer Niederschlagsmengen, des Versiegelungsgrades und des Abflussbeiwertes. Diese Daten wurden dem Abwasserbeseitigungsplan der Berliner Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz entnommen (Senatsverwaltung Berlin, 2002). Die Tabelle A5 im Anhang dieser Arbeit fasst die Regenwasserabflussvolumina nach Flächenart und Einleitungsgewässer zusammen.

Die Bilanzräume beruhen auf den gleichen Annahmen wie im Kapitel 3.2.1. unter zusätzlicher Berücksichtigung der Einleitungen der Trenngebiete. Für den Bilanzraum „Berlin MW-Gebiet“ wurden nur Einleitungen im zentralen Stadtgebiet bzw. Einleitungen, welche in den Bilanzraum gelangen, berücksichtigt. Diese sind in der Tabelle A5 gekennzeichnet. Die Einleitungsvolumina des Mischgebietes beruhen wiederum auf den Berechnungen durch das Ingenieurbüro bpi (BWB, 2001).

Als Einleitungsvolumina der Kläranlagen wurden die Angaben für das Jahr 2007 verwendet. Es ist anzumerken, dass das Jahr 2007 ein regenreiches Jahr war. Die Tabelle 3.4 zeigt die

für die Bilanzierung berücksichtigten Mengen an in Berliner Klärwerken behandeltem Regenwasser.

Tabelle 3.4: Regenwasservolumina und –anteile am behandelten Abwasser der Berliner Kläranlagen für 2007 (BWB, 2008)

Klärwerk	Regenwasservolumen (m³/a)	Regenwetteranteil am gesamten jährlichen Abwasservolumen (%)
Ruhleben	13 391 251	16,4
Schönerlinde	4 553 404	11,2
Münchehofe	627 531	4,4
Waßmannsdorf	6 067 222	8,5
Stahnsdorf	782 039	4,2

Analog zu der im Kapitel 3.2.1 aufgestellten Beziehung (1) ergibt sich für den Anteil der Mischwassereinleitungen an den jährlichen regenwasserbürtigen Stofffrachten die folgende Beziehung:

$$\text{Anteil}_{\text{MW,r}} [\%] = \frac{V_{\text{MW,r}}}{V_{\text{KA,r}} \cdot (1 - x) \cdot z + V_{\text{MW,r}} + V_{\text{Trenn}}} \cdot 100 \quad (2)$$

$V_{\text{MW,r}}$ = Regenwasseranteil des jährlichen Mischwassereinleitungsvolumens

$V_{\text{KA,r}}$ = Regenwasseranteil des Volumenstromes der Kläranlagenabläufe

V_{Trenn} = Volumenstrom der jährlichen Trenngebietseinleitungen

x = Entfernungsrage in der Kläranlage ($0 \leq x \leq 1$)

z = Anteil von V_{KA} , der in den Bilanzraum gelangt

$z = 0,6$ (Bilanzraum „Berlin MW-Gebiet“)

$z = 1$ (Bilanzraum „Berlin Gesamt“)

3.3. Ergebnisse und Diskussion

3.3.1. Jährliche Frachten schmutzwasserbürtiger Spurenstoffe

Die Berechnung der Volumenströme für das Jahr 2007 ergibt, dass 9,6 % des Gesamteinleitungsvolumens, welches in die Gewässer im Bilanzraum „Berlin MW-Gebiet“ gelangt ist, aus den Einleitungen des Mischsystems stammte. Bezogen auf den Bilanzraum „Berlin Gesamt“ ergibt sich für 2007 ein Volumenanteil der Einleitungen von lediglich 0,4 % (siehe Tabelle 3.5).

Tabelle 3.5: Anteile (%) der Mischwassereinleitungen am eingeleiteten Gesamtvolumen aus behandeltem und unbehandeltem Abwasser (Grad der Teilsanierung geschätzt)

Stadtgebiet	Sanierungszustand		
	Ist, 1983	Teilsanierung, 2007	Soll, 2020
Berlin _{MW-Gebiet}	10.7 %	9.6 %	3.5 %
Berlin _{gesamt}	0.5 %	0.4 %	0.2 %

Aus den Abbildungen 3.4 und 3.5 können für eine beliebige Substanz der Anteil der Mischkanaleinleitung an den jährlichen Stofffrachten abgelesen werden. Der Frachtanteil ergibt sich in Abhängigkeit von der Kläranlagenentfernungsrates für die gewählte Substanz. Der Frachtanteil wurde auf Grundlage der berechneten Volumenströme und der in Kapitel 3.2.1 aufgestellten Beziehung (1) ermittelt.

Mit zunehmendem Rückhalt in den Kläranlagen steigen die Anteile der Mischwassereinleitungen an den jährlichen Stofffrachten. Aus dem Vergleich des Bilanzraumes „Berlin gesamt“ mit dem Bilanzraum „Berlin MW-Gebiet“ wird außerdem deutlich, dass Mischwassereinleitungen besonders in lokal begrenztem Rahmen eine größere Bedeutung für die Gewässer haben. Beispiele für fünf schmutzwasserbürtige Spurenstoffe sind in den Abbildungen 3.3 und 3.4 gegeben.

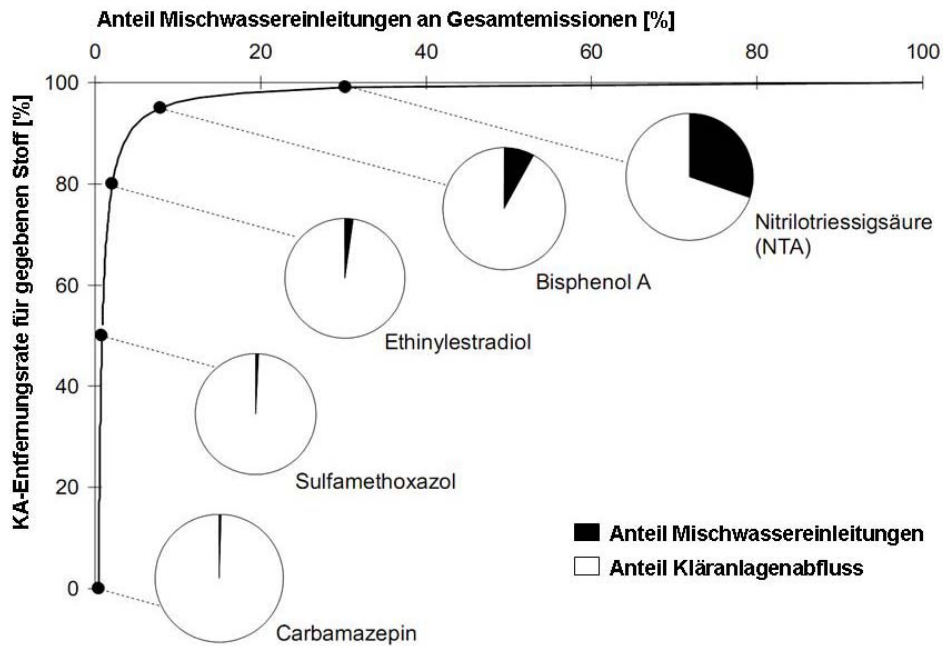


Abbildung 3.3: Anteil der Mischwassereinleitungen an den emittierten schmutzwasserbürtigen Stofffrachten im Bilanzraum „Berlin Gesamt“.

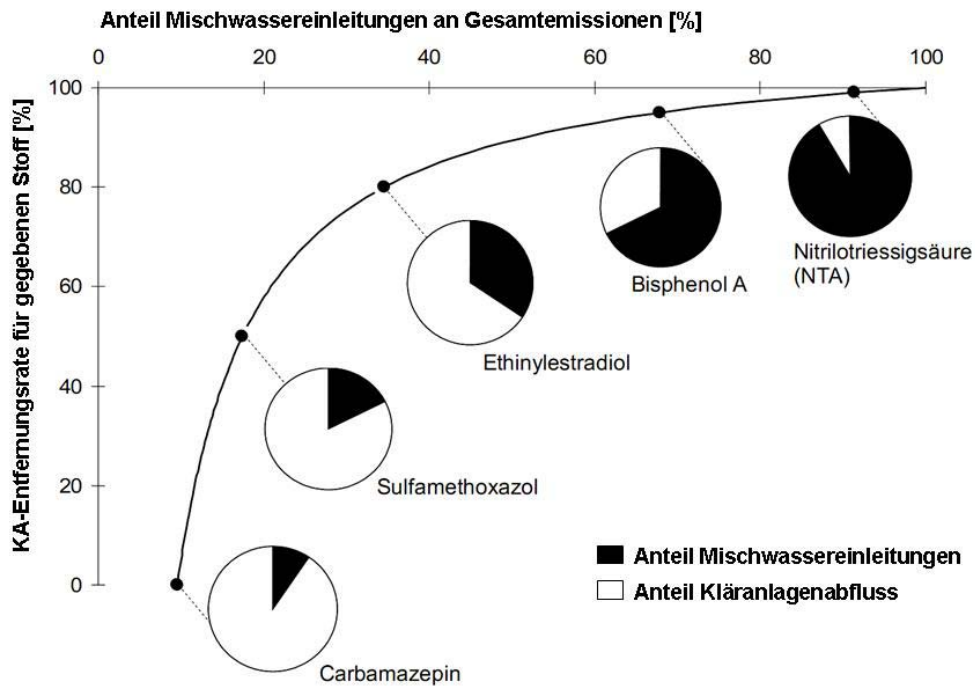


Abbildung 3.4: Anteil der Mischwassereinleitungen an den emittierten schmutzwasserbürtigen Stofffrachten im Bilanzraum „Berlin MW-Gebiet“.

Der Eintrag über die Mischwassereinleitungen von Substanzen, die schlecht bzw. nicht in den konventionell arbeitenden Kläranlagen Berlins zurückgehalten werden, hat hinsichtlich der jährlichen Stofffrachten eine geringe Bedeutung.

Das Antiepileptikum Carbamazepin wird in den Klärwerken nur zu vernachlässigbaren Anteilen zurückgehalten (Zühlke, 2004, Heberer, 2002). Der Anteil der Einleitungen aus dem Mischgebiet an den jährlichen Carbamazepin-Frachten beträgt im Mittel weniger als ein Prozent für den gesamten Raum Berlin und unter 10 % für die Gewässer im zentralen Mischgebiet.

Für gut bis sehr gut zurückgehaltene Substanzen in den Klärwerken spielen die Frachten des Mischsystems, bezogen auf das gesamte Gebiet von Berlin, eine untergeordnete Rolle. So machen die Frachten aus den Mischwassereinleitungen von Bisphenol A, dessen Konzentration im Mittel um 95 % in den Berliner Klärwerken reduziert wird, nur 8 % der Jahresfrachten aus. Erst für Stoffe mit Entfernungsraten von nahezu 100 %, wie zum Beispiel NTA, erhöhen sich die Anteile der Einleitungen an den Frachten auf ungefähr 30 %.

Anders stellt sich die Situation für die Gewässerabschnitte im Zentrum von Berlin dar. Hier liegen die Frachtanteile für Stoffe, die zu ungefähr 80 % in den Kläranlagen entfernt werden, bereits bei über 30 %. Bei Entfernungsraten von über 90 % ist der Beitrag der Mischwassereinleitungen zu den Jahresfrachten bei über 50 %, und bei Entfernungsraten von größer als 95 % ist dieser bei über 70 %.

Es stellt sich die Frage, wie der Eintrag von biologisch gut abbaubaren Verbindungen zu beurteilen ist und insbesondere, inwieweit die Entfernung im Oberflächengewässer mit der im Klärwerk vergleichbar ist. Es muss hierbei davon ausgegangen werden, dass die Entfernung im Gewässer bezüglich der Geschwindigkeit und der Vollständigkeit von der Entfernung im Klärwerk abweicht. Da die Abbaukinetik konzentrationsabhängig ist (Röske, Uhlmann 2004), sinkt durch die starke Verdünnung eingeleiteter Abwässer die Abbaugeschwindigkeit im Gewässer im Vergleich zum Klärwerk. Weiterhin sind viele Substanzen unter anaeroben Bedingungen schlechter oder nicht vollständig abbaubar. Die zusätzlich in Oberflächengewässern beobachtete Entfernung einiger chemischer Verbindungen durch photolytische Reaktionen dürfte vor allem auf die oberflächennahen Gewässerschichten begrenzt sein und so nur zu einem Teilabbau beitragen können. Aus diesen Gründen können zum einem die Halbwertszeiten, auch von in Kläranlagen gut abbaubaren Stoffen, im Gewässer relativ lang sein, und zum anderen kann es zu einer Anreicherung im anaeroben Gewässersediment

kommen. Neben möglichen akuten toxischen Wirkungen kann also auch eine chronische Wirkung nicht ausgeschlossen werden.

Weiterhin spielt die Häufigkeit von Entlastungsereignissen eine Rolle: In Kanalnetzen mit geringen Speicherkapazitäten und somit häufig auftretenden Mischwassereinleitungen können diese zu einer kontinuierlichen Erhöhung der Schadstoffkonzentrationen im Gewässer führen.

Ausschließlich schmutzwasserbürtige Substanzen, die in Kläranlagen sehr gut abbaubar sind, wie z.B. Koffein, eignen sich hervorragend als Tracer für den Einfluss von Mischwassereinleitungen im Gewässer, da sie weder über Klärwerke noch über die Trennkanalisation eingeleitet werden (Einordnung: Abbildungen 3.3 und 3.4).

3.3.2. Ereignisbezogene Frachten schmutzwasserbürtiger Spurenstoffe

Der Eintrag der Stofffrachten aus dem Mischkanal erfolgt nicht kontinuierlich, sondern ist in Berlin auf bis zu 30 Emissionsereignisse pro Jahr beschränkt, die jedoch einen teils hoch dynamischen Charakter aufweisen. Daher muss den zeitlich begrenzten, stoßartigen Belastungen der lokalen Gewässerabschnitte ebenso Bedeutung zugeschrieben werden, wie der chronischen Belastung des gesamten Berliner Gewässersystems.

Mischwassereinleitungen und die daraus resultierenden Gewässerbelastungen werden von verschiedenen Variablen geprägt. Neben der Intensität und dem Verlauf des dem Einleitungsvorgang zugrunde liegenden Regenereignisses spielen die bauliche Gestaltung des Kanals, mögliche Mischwasserrückhaltebauwerke, Ablagerungen im Kanal, zeitliche und lokale Schwankungen der Schmutzwasserfrachten oder auch die Beschaffenheit des Gewässers bzw. des Gewässerabschnittes eine Rolle.

Im Folgenden wird auf der Basis eines einfachen Frachtenvergleichs für den begrenzten Zeitraum des Regenereignisses vom 11. September 2005 der Eintrag von schmutzwasserbürtigen Stoffen aus Mischwassereinleitungen abgeschätzt.

Das Regenereignis vom 11. September 2005 führte zu einem Niederschlagsvolumen von über einer Million Kubikmeter im Einzugsgebiet der Mischkanalisation. Davon gelangten 63 % in die Kanalisation. Als Folge kam es an den Mischwasserüberläufen über einen Zeitraum von sechs Stunden zu Einleitungen, mit einem Abflussmaximum von über 37 m³/s für die Summe aller Mischwassereinleitungen (Schumacher et al., 2007). Die Abbildung 3.5 zeigt die

simulierten Abflussganglinien für 65 Auslaufbauwerke, die in die Stauhaltung Charlottenburg münden.

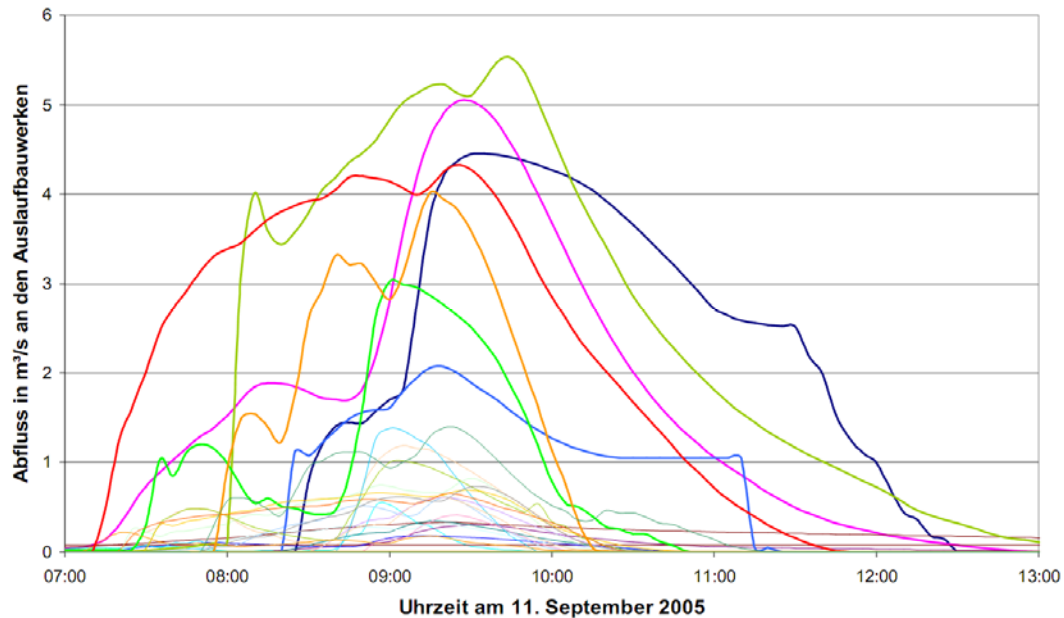


Abbildung 3.5: Simulierte Abflussganglinien aller Auslaufbauwerke der Charlottenburger Stauhaltung (Schumacher et al., 2007).

Insgesamt wurden während des sechsstündigen Ereignisses über 400 000 m³ (= 18,5 m³/s) Mischwasser in die Berliner Gewässer eingeleitet, die im September 2005 einen mittleren Abfluss von ~15,6 m³/s aufwiesen. Vergleicht man das eingeleitete Volumen mit den langjährigen mittleren Entlastungsmengen, so zeigt sich, dass dies einem Anteil von 7,6 % entspricht. Die Auftretswahrscheinlichkeit eines solchen Niederschlagsereignisses ist ungefähr zwei Mal pro Jahr (Schumacher et al., 2007). Die Gegenüberstellung des Einleitungsvolumens eines Ereignisses mit dem jährlichen Einleitungsvolumen sowie dem Abfluss der Gewässer zeigt bereits, wie hoch die stoßartige Gewässerbelastung zu bewerten ist.

Diese Einschätzung wird durch den Vergleich der schmutzwasserbürtigen Stofffrachten für die beiden Emissionspfade Kläranlagenablauf und Mischwassereinleitung verstärkt.

Aus der Abbildung 3.6 kann für eine beliebige Substanz in Abhängigkeit von der Klärwerksentfernungsrates der Anteil der Mischwassereinleitung an den während des Ereignisses emittierten Stofffrachten abgelesen werden. Die Darstellung erfolgt für den Bilanzraum „Berlin gesamt“ und den Bilanzraum „Berlin MW-Gebiet“.

Aus der Graphik wird ersichtlich, dass während des Regenerereignisses die Belastung der direkt im Einzugsgebiet der Mischkanalisation gelegenen Gewässer nahezu ausschließlich durch die Mischwassereinleitungen hervorgerufen wird. Selbst für Substanzen, die nicht in den Kläranlagen zurückgehalten werden, liegen die Anteile an den stofflichen Emissionen zu über 90 % auf der Seite der Mischwassereinleitungen. Betrachtet man die Stofffrachten in dieser Zeitspanne von sechs Stunden für den gesamten Raum Berlin, ist ebenfalls zu erkennen, dass die Mischwassereinleitungen einen bedeutenden Prozentsatz an den Frachten der schlecht in Kläranlagen entfernbaren Substanzen ausmachen, bzw. bei Entfernungsraten größer 60 % dominieren.

Die Resultate zeigen, dass während eines Starkregenerereignisses der Mischwasseranteil an den Gesamtemissionen für viele Stoffe dominant wird. Für die Stadtspreewälder Landwehrkanal gilt dies selbst für kaum abbaubare Substanzen. Es kann zu kurzen Konzentrationsspitzen kommen, während der durch Stoffe, die eine akute, irreversible toxische Wirkung auf aquatische Organismen haben, ein ökologisches Gefahrenpotenzial besteht.

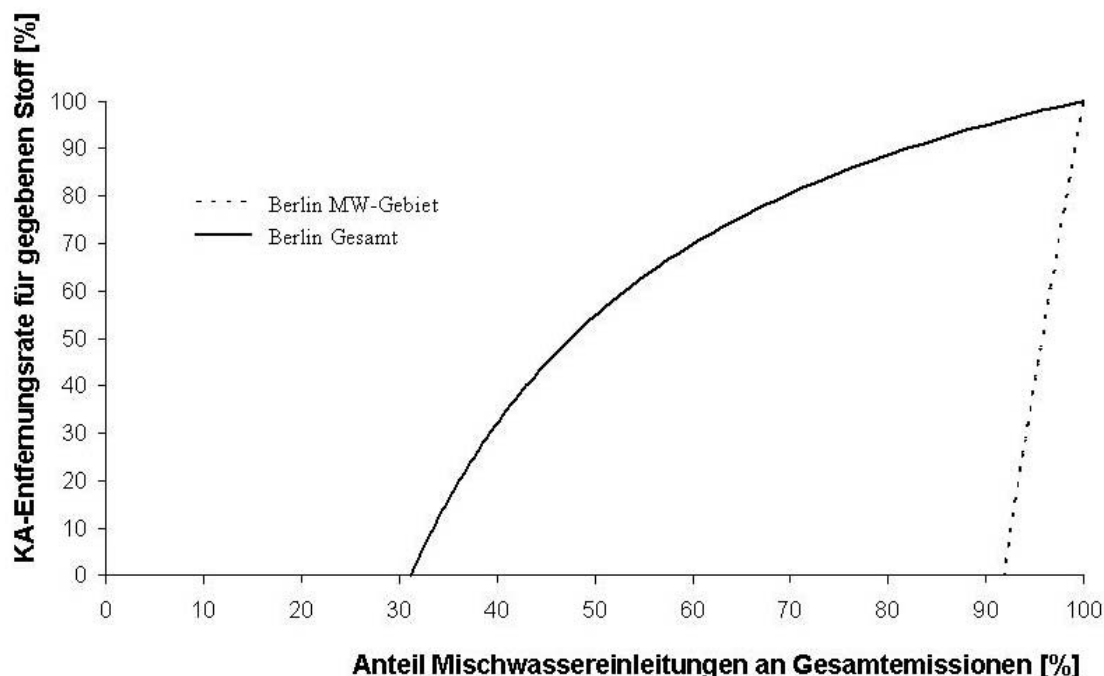


Abbildung 3.6: Anteil der Mischkanaleinleitungen an den emittierten schmutzwasserbürtigen Stofffrachten während des Ereignisses am 11.09.2005 in Abhängigkeit von der Kläranlagenentfernungsrates.

3.3.3. Jährliche Frachten regenwasserbürtiger Spurenstoffe

Die Frachten regenwasserbürtiger Schadstoffe verteilen sich auf die Einleitungen der Trenngebiete, die Mischwassereinleitungen und auf das in den Kläranlagen behandelte Regenwasser.

Für gut abbaubare bzw. gut an Feststoffen sorbierende Stoffe stellt die Passage der Kläranlage wie bei den schmutzwasserbürtigen Substanzen eine wichtige Stoffsenke dar.

Aus den Abbildungen 3.7 und 3.8 kann für eine beliebige Substanz in Abhängigkeit von der Klärwerksentfernungsrate die Verteilung der jährlichen Stofffrachten aus dem Regenwasser auf die drei Emissionspfade abgelesen werden. Die Darstellung erfolgt für den Bilanzraum „Berlin Gesamt“ (Abbildung 3.7) und den Bilanzraum „Berlin MW-Gebiet“ (Abbildung 3.8).

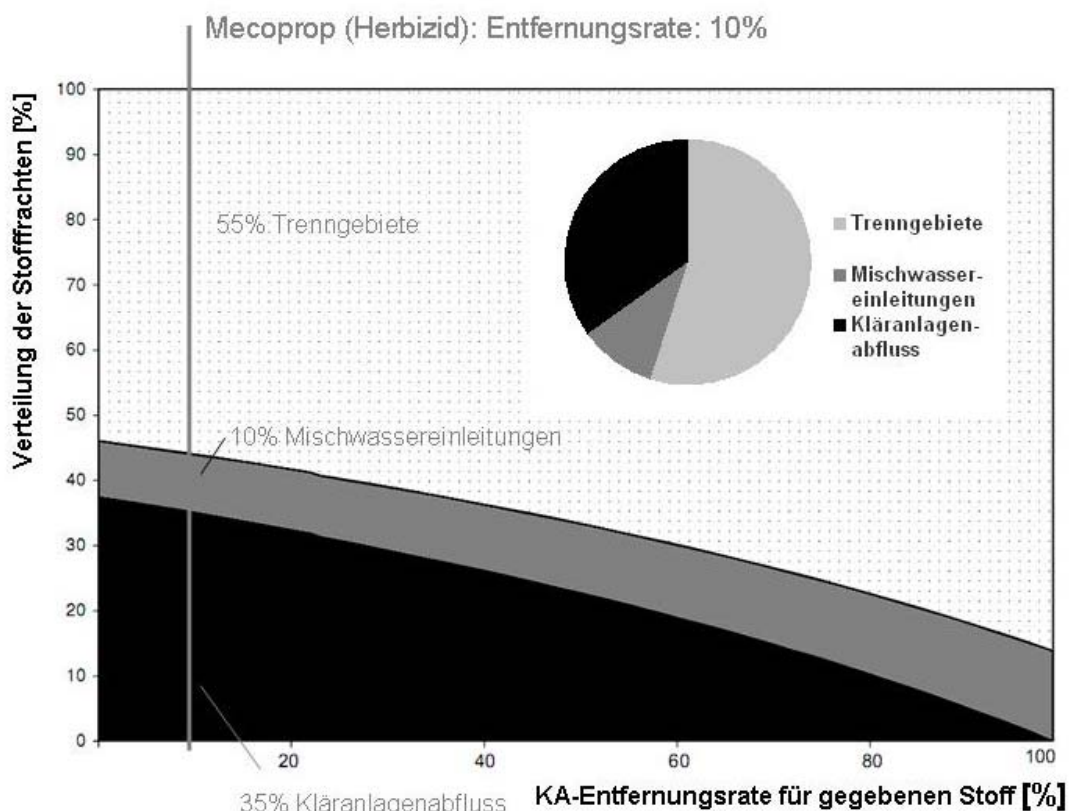


Abbildung 3.7: Verteilung der jährlich eingeleiteten regenwasserbürtigen Stofffrachten für den Bilanzraum „Berlin Gesamt“

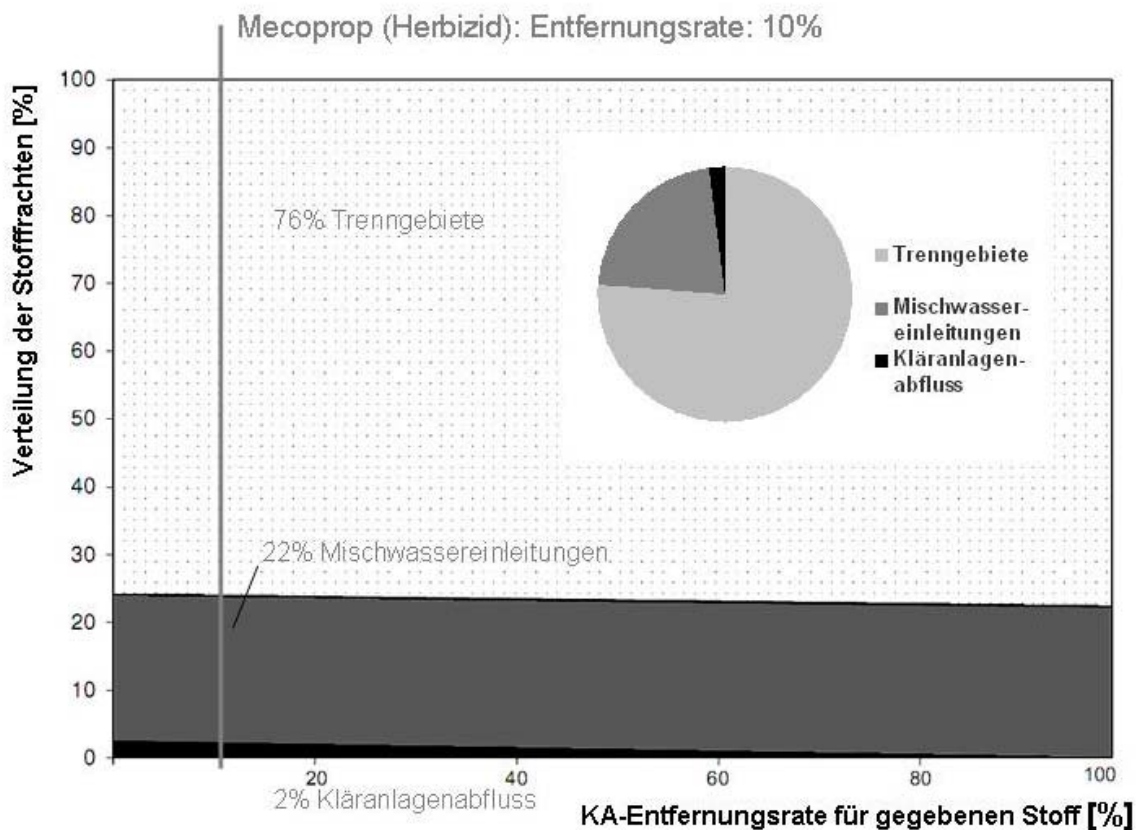


Abbildung 3.8: Verteilung der jährlich eingeleiteten regenwasserbürtigen Stofffrachten für den Bilanzraum „Berlin MW-Gebiet“

Die Graphiken spiegeln gut die Flächenverteilung zwischen dem Trennkanalisations- und dem Mischkanalisationsgebiet wieder: Sowohl für das gesamte Gebiet von Berlin wie auch für die Gewässer im Bilanzraum „Berlin MW-Gebiet“ stellen die Regenwassereinleitungen aus den Trenngebieten den größten Anteil an den eingeleiteten jährlichen Stofffrachten dar. Die Abflüsse des Trenngebietes tragen zu mehr als 75 % (Bilanzraum „Berlin MW-Gebiet“) bzw. 50 % (Bilanzraum „Berlin Gesamt“) zu diesen Stofffrachten bei.

Die Frachtanteile der Kläranlagenabläufe sind für die Gewässer im Einzugsgebiet des Mischkanals nahezu vernachlässigbar (< 2%). Bezogen auf den gesamten Berliner Raum stellt sich die Situation anders dar. Für Stoffe mit Entfernsraten von bis zu ca. 80 % sind die Einleitungen der Kläranlagen der zweitwichtigste Eintragspfad regenwasserbürtiger Substanzen nach den Abflüssen des Trenngebietes. Nur bei sehr gut (> 90 %) in den Klärwerken zurückgehaltenen Stoffen dominieren die Einleitungen aus dem Mischkanal gegenüber den Kläranlagenabflüssen.

Während des begrenzten Zeitraums eines Regenereignisses ist damit zu rechnen, dass die Anteile der Kläranlagenabläufe an den Stofffrachten deutlich in den Hintergrund treten (vgl. Kapitel 3.3.2). Die Frachtenverteilung zwischen den Abflüssen des Trenngebietes und den Einleitungen des Mischkanals sollte der in den Abbildungen 3.7 und 3.8 entsprechen, unter der Annahme, dass der Niederschlag gleichmäßig auf das Abflussgebiet verteilt ist.

4. Beispielhafte Betrachtung ausgewählter Spurenstoffe

Das folgende Kapitel fasst die verschiedenen Gesichtspunkte der Kapitel 2 und 3 zusammen. Es werden exemplarisch einige Schadstoffe, die über den Pfad der Mischwassereinleitungen in Oberflächengewässer eingetragen werden, genauer betrachtet. Einerseits werden ökotoxikologische Eigenschaften aufgezeigt sowie das Verhalten in der Kläranlage und in der Umwelt analysiert. Außerdem wird der Zusammenhang zu der Berechnung der Stofffrachtenverteilung des Kapitels 3 hergestellt. Die Tabelle A6 im Anhang dieser Arbeit enthält die Auflistung betrachteter Spurenstoffe und ausgewählter Eigenschaften im Abfluss von Mischkanalgebieten.

Mischwassereinleitungen führen zu einer akuten, stoßartigen Belastung lokaler Gewässerabschnitte. Die Schadstoffbelastung tritt dabei besonders während sowie in einem begrenzten Zeitraum nach den Einleitungen auf. Gleichzeitig sind die Mischwassereinleitungen für einige Schadstoffe der dominierende Eintragspfad in die Oberflächengewässer.

Auf Grundlage dieser Überlegungen haben bestimmte Substanzen eine besondere Bedeutung: Stoffe, deren Konzentrationen im Gewässer durch Mischwassereinleitungen über die toxikologisch akute Schwellenkonzentration erhöht werden bzw. Stoffe, deren Vorkommen in der Umwelt nahezu ausschließlich auf Mischwassereinleitungen zurückzuführen ist. Auf Grund fehlender Messdaten zu den Schadstoffkonzentrationen in den Berliner Mischwassereinleitungen kann für den ersten Punkt keine ausreichend begründbare Vorauswahl getroffen werden.

Deshalb werden im Folgenden sechs Substanzen, die eine besonders geringe toxikologische Wirkkonzentration aufweisen, genauer betrachtet. Drei dieser Schadstoffe weisen Kläranlagenentfernungsraten größer als 90 %⁴ auf. Somit stammen deren Stofffrachten für den Raum Berlin zu einem bedeutenden Teil aus den Mischwassereinleitungen. Diese Annahme beruht auf den Ergebnissen aus Kapitel 3.

⁴ Bezogen auf Berliner Klärwerke oder auf vergleichbare, konventionell arbeitende Kläranlagen

4.1. Kupfer

Wie bereits erwähnt, zählen Schwermetalle zu den häufig betrachteten Schadstoffen im urbanen Wasserkreislauf.

Kupfer stammt vor allem aus dem Abfluss versiegelter Oberflächen und von Dächern und aus der atmosphärischen Deposition. Es ist in der EG-Wasserrahmenrichtlinie als prioritärer Stoff aufgelistet. Bei Kupfer bestimmt die Konzentration, ob es sich um ein für Organismen essentielles Spurenelement handelt, oder ob es eine toxische Wirkung hat. Höhere Konzentrationen wirken besonders toxisch auf Algen und Fische (Welker, 2004). Kupfer zeigt akute Wirkungen auf Algen und Bakterien ab Konzentrationen von 100 µg/L. Die chronischen Wirkkonzentrationen liegen bei 0,1 µg/L für Forellen (Welker, 2004).

Schwermetalle reichern sich besonders in der Feststoffphase von Gewässern an und sind so kaum biologisch verfügbar. Die bioverfügbaren Anteile in der gelösten Phase stehen im Gleichgewicht mit der festen Phase, hängen aber zusätzlich von vielen Umweltfaktoren ab (z.B. pH-Wert, Konzentration an Komplexbildnern).

Der Rückhalt in der Kläranlage erfolgt durch Sorption an der Feststoffphase und liegt zwischen 40 % und > 90 % (Welker, 2004). Durch diese relativ gute Entfernrungsrate und den dominierenden regenwasserbürtigen Eintragspfad dürfte Kupfer in Oberflächengewässern Berlins zum großen Teil aus der Trenn- und Mischkanalisation stammen (Abbildungen 3.7 und 3.8).

4.2. Bisphenol A

Bisphenol A ist ein Xenoestrogen, ein anthropogener Schadstoff, der eine Hormon vergleichbare Wirkung aufweist. Es ist eine der weltweit am meisten produzierten Chemikalien (NRW, 2006).

Bisphenol A tritt vorwiegend in Schmutzwasser aus dem industriellen und häuslichen Bereich auf. Es wird überwiegend für die Herstellung von Polycarbonaten und Epoxydharzen verwendet. Hierfür wurden 1995 in Deutschland 210.000 t produziert. Eine weitere Anwendung sind Verpackungen im Lebensmittelbereich, beispielsweise Beschichtungen von Konservendosen (Welker, 2004).

Bisphenol A wird in Kläranlagen sehr gut zurückgehalten. Für die Berliner Klärwerke liegt die mittlere Entfernrungsrate bei 95 % (Miehe, in Vorbereitung). Dadurch werden Mischwassereinleitungen zu einem wichtigen Eintragspfad (Abbildungen 3.3, und 3.4) und dominieren die Bisphenol A Fracht im Ereignisfall (Abbildung 3.6).

Die Literaturangaben zu toxikologisch wirksamen Konzentrationen von Bisphenol A schwanken erheblich. Predict No Effect Concentration (PNEC) sind zwischen 0,0008 µg/L (aquatische Schnecken) bis 1,6 µg/L angegeben (NRW, 2006).

Die Konzentration im Schmutzwasser kann die Wirkkonzentration von Bisphenol A übersteigen. Theoretisch können so bei Mischwassereinleitungen trotz der Verdünnung toxikologisch relevante Konzentrationen auftreten (Welker, 2004).

4.3. Alkylphenoethoxylate

Unter den Alkylphenoethoxylaten haben die Nonyl- und die Octylphenoethoxylate eine besondere Bedeutung. Diese sind die Ausgangssubstanzen für die Verbindungen Nonylphenol und Octylphenol, welche im Kanalnetz und in der Kläranlage über mehrere Zwischenstufen gebildet werden.

Octylphenol und das Nonylphenol wird das höchste endokrine Wirkpotenzial unter den anthropogen eingetragenen Stoffen zugesprochen (NRW, 2006). Beide Substanzen sind als prioritäre Stoffe im Anhang X der Wasserrahmenrichtlinie der Europäischen Union aufgeführt. Seit 2004 existiert in Deutschland ein umfassendes Verbot des Einsatzes von nonylphenolischen Verbindungen. Trotzdem konnten weiterhin messbare Konzentrationen in Gewässern gefunden werden (Welker, 2004). Dies wird auf die Verwendung als Hilfsstoff in Ausland angesiedelten Industriezweigen, wie z.B. bei der Textilverarbeitung, zurückgeführt. Der Eintrag erfolgt über Rückstände in den nach Deutschland importierten Endprodukten, die im Schmutzwasser enden (Böhm et al., 2002).

Die Eliminationsraten in den Kläranlagen liegen für Octylphenol bei 85 % bis 90 %, für Nonylphenol bei über 95 % (NRW, 2006). Ein Teil der Eliminierung erfolgt durch biologischen Abbau, der Rückhalt durch die Bindung an Feststoffen scheint aber zu überwiegen (Welker, 2004). Entsprechend den Entfernungsraten bilden Mischwassereinleitungen einen wichtigen Eintragspfad, zumindest im Zentrum Berlins (Abbildung 3.4) und kurzfristig im Ereignisfall (Abbildung 3.6). Als PNEC-Wert wird für Algen 0,33 µg/L angegeben (NRW, 2006).

4.4. Polyzyklische Moschusverbindungen

Synthetische Moschusduftstoffe finden in großem Umfang als Duftzusatzstoffe in Kosmetika, Waschmitteln oder Seifen Verwendung und gelangen dadurch in das Schmutzwasser.

Derzeit werden vor allem polyzyklische Moschusverbindungen eingesetzt. Ungefähr 70 % des Marktes an künstlichen Moschusverbindungen fallen auf die Substanzen Galaxolid und Tonalid. Im Jahr 1998 lag der tägliche Pro-Kopf-Verbrauch in der EU bei 2,6 mg für Tonalid und bei 10,6 mg für Galaxolid (Ternes, Joss, 2006).

Ihre Umweltrelevanz ergibt sich auf Grund ihrer relativ hohen Persistenz gegenüber dem biologischen Abbau, ihres Bioakkumulationspotenzials sowie ihrer Ökotoxizität (NRW, 2006). Der Rückhalt in den Kläranlagen schwankt zwischen 75 % und 85 % für Galaxolid und liegt bei Tonalid bei ungefähr 90 %. PNEC-Werte für Fische werden mit 6,8 µg/L für Galaxolid und 3,5 µg/L für Galaxolid genannt (NRW, 2006). Einige Studien verweisen auf eine schwache estrogenen bzw. antiestrogenen Wirkung (Welker, 2004). Entsprechend dem Rückhalt in Kläranlagen wird der Eintrag zumindest im Ereignisfall von Mischwassereinleitungen dominiert (Abbildung 3.6). Allerdings dürften kaum die relativ hohen PNEC-Werte erreicht werden.

4.5. Triclosan

Das Desinfektionsmittel Triclosan wird in zahlreichen Körperpflegeprodukten und in Reinigungsmitteln verwendet. Mittlerweile tritt es auch vermehrt in Textilien und als Additiv in Polymeren, z.B. in Putzen und Farben für Feuchträume auf (Welker, 2004). Es gelangt hauptsächlich über Schmutzwasser in die Mischwasserkanalisation.

Die desinfizierende Wirkung von Triclosan entsteht durch einen spezifischen Wirkmechanismus, der in die Lipidsynthese der Bakterien eingreift. Es wird vermutet, dass es hierdurch zur Ausbildung von Resistenzen kommen kann (NRW, 2006).

Der sehr gute Rückhalt in Kläranlagen von über 90 % wird auf die Sorption an den Belebtschlamm zurückgeführt (Welker, 2004 und NRW, 2006). Entsprechend den Entfernungsraten bilden Mischwassereinleitungen einen wichtigen Eintragspfad, zumindest im Zentrum Berlins (Abbildung 3.4) und kurzfristig im Ereignisfall (Abbildung 3.6).

Aufgrund der hohen Algtoxizität wird für Triclosan ein PNEC-Wert von 0,05 µg/L genannt (NRW, 2006). Weiterhin hat es sich als sehr stabil in der Umwelt erwiesen (Welker, 2004).

4.6. 17- α -ethinylestradiol

Das künstliche Estrogen 17- α -ethinylestradiol ist der wesentliche Wirkstoff in Anti-Baby-Pillen. Es zeichnet sich durch eine extrem geringe chronische Toxizitätsschwelle aus. Es wird ein PNEC-Wert von 0,03 ng/L für Fische angegeben. Die mittlere Berliner Konzentration im Kläranlagenablauf liegt bei 1 ng/L (Zühlke, 2004 und Miehe, in Vorbereitung). Dies zeigt, dass selbst durch hohe Verdünnungsraten toxikologisch relevante Konzentrationen in den Berliner Oberflächengewässern erwartet werden können.

Die Elimination in den Berliner Kläranlagen liegt im Mittel bei 80 % (Zühlke, 2004 und Miehe, in Vorbereitung). Dementsprechend gelangt der Hauptteil der jährlichen Ethinylestradiol-Frachten über die Kläranlagenabläufe in die Gewässer. Es wäre zu klären, ob die

Mischwassereinleitungen zu einer Erhöhung der Konzentration beitragen. In Baden-Württemberg wurden in Fließgewässern nach Regenereignissen höhere EEQ-Werte⁵ gemessen. Dies lässt auf einen Einfluss der Mischwassereinleitungen schließen (Welker, 2004). Entsprechend der Frachtverteilungen in Kapitel 3 sind diese Beobachtungen kurz nach Regenereignissen (Abbildung 3.6) plausibel.

5. Schlussfolgerungen

Auf Grundlage des derzeitigen Wissenstandes ist keine abschließende Beurteilung des Spurenstoffeintrags über den Pfad der Mischwassereinleitungen für die Region Berlin möglich.

Im Rahmen der vorliegenden Übersicht wurden mehr als 300 schmutz- und regenwasserbürtige Substanzen identifiziert, welche über Mischwassereinleitungen in die Gewässer Berlins gelangen können. Zusätzlich muss davon ausgegangen werden, dass eine große Zahl von Substanzen und Metabolite gänzlich unbekannt sind. Eintragspfade schmutzwasserbürtiger Substanzen reichen von im Haushalt verwendeten Produkten (z.B. Reinigungsmittel), Auswaschung während Waschvorgängen (z.B. Textilien), Abwaschung von Kosmetikprodukten (z.B. Sonnenschutz) bis zur Ausscheidung eingenommener Produkte (z.B. Arzneimittel). Regenwasserbürtige Substanzen können aus Verkehrsabrieb (z.B. Abrieb der Bremsbeläge), Erosion von Baumaterialien (z.B. Dachabläufen), applizierten Produkten (z.B. Herbizide) oder atmosphärischer Deposition (z.B. Verbrennungsprodukten) stammen.

Diese Spurenstoffe können zum Teil als Tracer im Gewässer für verschiedene Schadstoffpfade dienen. Indikatorsubstanzen sollten dazu fast ausschließlich über einen Emissionspfad in die Gewässer gelangen, die Halbwertszeit im Gewässer muss ausreichend lang sein, die Konzentrationen sollten keinen saisonalen Schwankungen unterliegen und die Substanzen sollten messtechnisch gut erfassbar sein. Als Indikator für Einleitungen von unbehandeltem Abwassers über den Pfad der Mischwassereinleitung kann beispielsweise Koffein dienen, dieses wird sehr gut in Kläranlagen zurückgehalten. Als Indikator für behandeltes Abwasser einer Kläranlage kann beispielsweise das Antiepileptikum Carbamazepin dienen. Die Verbindung Carbamazepin unterliegt im Klärwerk keiner signifikanten Entfernung. Ein Indikator für Regenwassereinleitungen könnte in der Gruppe der Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) zu finden sein. Diese entstehen u.a.

⁵ Estradiol-Äquivalente, ein Summenparameter für estrogenen Substanzen

im Straßenverkehr bei unvollständigen Verbrennungsvorgängen, adsorbieren an atmosphärische Staubpartikel, werden durch die Deposition wieder aus der Atmosphäre ausgetragen und vom Niederschlagsabfluss erfasst.

Mittels einer Bilanzierung wurden die mengenmäßigen Anteile der Mischwassereinleitungen an den gesamten in die Berliner Gewässer emittierten Stofffrachten abgeschätzt. Dabei wurden verschiedene Betrachtungen angestellt:

- Eintrag schmutzwasserbürtiger Stoffe / Eintrag regenwasserbürtiger Stoffe
- Bilanzraum „Berlin Gesamt“ (5 Kläranlagen mit 622.000 m³/d, 97 km² Mischkanalisation, 231 km² Regenkanalisation) / Bilanzraum „Berlin MW-Gebiet“ im Stadtzentrum (60% der Einleitungen aus Kläranlage Münchehofe mit 39.000 m³/d, 83 km² Mischkanalisation, 112 km² Regenkanalisation)
- Jahresgesamtfrachten / Ereignisbezogene Frachten

Bezüglich der **Jahresfrachten** können nur die **schmutzwasserbürtigen Substanzen**, die in Kläranlagen gut abgebaut werden, zu einem größeren Anteil aus Mischwassereinleitungen stammen. Gute Entfernbarkeit darf jedoch nicht mit niedriger Toxizität gleichgesetzt werden. So zeigt beispielsweise das leicht entfernbare Bisphenol A bereits bei kleinen Konzentrationen eine endokrine Wirkung.

Regenwasserbürtige Substanzen werden zu einem überwiegenden Anteil über die Einleitungen aus der Trennkanalisation emittiert. Die Einträge aus der Mischwasserkanalisation sind zweitrangig zu betrachten.

Die Mischwassereinleitungen treten in Berlin im Mittel 30-mal pro Jahr auf. Während dieser **Ereignisse** stammt ein großer Anteil der emittierten **schmutzwasserbürtigen Substanzen** aus den Mischwassereinleitungen. Im Stadtzentrum stellen die Mischwassereinleitungen den überwiegenden Anteil der Frachten dar. Während dieser Ereignisse kann es zu kurzen Konzentrationsspitzen kommen, die bei Stoffen mit akuter, irreversibler toxischer Wirkung auf aquatische Organismen ein ökologisches Gefahrenpotenzial darstellen.

Für **regenwasserbürtige Substanzen** überwiegen wiederum die Einleitungen aus der Trennkanalisation.

Es soll noch einmal darauf hingewiesen werden, dass für die hier durchgeführte Bilanzierung keine (im Abwasserkanal oder im Gewässer) gemessenen Konzentrationen verwendet wurden. Es erfolgte lediglich eine Abschätzung der Herkunft verschiedener Substanzgruppen und der Verteilung auf die Emissionspfade Mischwasserüberlauf, Regenwassereinleitung und Kläranlage. Auch bei Kenntnis der tatsächlich emittierten Frachten könnten die Konzentrationen im Gewässer nur abgeschätzt werden, wenn für die betrachteten Substanzen aufgrund des natürlichen Selbstreinigungspotenzials ein Abbau im Gewässer zu erwarten ist.

Literaturverzeichnis

- Augustin B., H. Seibel 2002: Behandlung versiegelter Flächen – mögliche Quelle für die Belastung von Oberflächengewässern mit Pflanzenschutzmitteln. Gesunde Pflanzen, Heft 7, 2002 S. 235-240
- Balmer, M. E., Hans-Rudolf Buser, Markus D. Müller, Thomas Poige 2004: Occurrence of the Organic UV Filter Compounds BP-3, 4-MBC, EHMC, and OC in Wastewater, Surface Waters, and in Fish from Swiss Lakes.
http://www.db-acw.admin.ch/pubs/wa_pv_04_div_1351_e.pdf
- Balmer, M. E., Buser, H.-R., Müller, M.D., Poiger, T. 2005: Occurrence of some organic UV filters in wastewater, in surface waters, and in fish from Swiss lakes, Environmental Science and Technology, 4, p. 953-962
- Benfenati, E., Valzacchi, S., Mariani, G., Airoldi, L., Fanelli, R. 1992: PCDD, PCDF, PCB, PAH, cadmium and lead in roadside soil: Relationship between road distance and concentration, 1992, Chemosphere, 24 (8), pp. 1077-1083.
- Böhm E., T. Hillenbrand, F. Marscheider-Weidemann 2002: Ermittlung der Quellen für die prioritären Stoffe nach Artikel 16 der Wasserrahmenrichtlinie und Abschätzung ihre Eintragsmengen in die Gewässer in Deutschland, Umweltbundesamt
- Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft 2001: Moderne Wasch- und Reinigungsmittel - Umweltwirkungen und Entwicklungstendenzen, Oldenburg Industrieverlag München, ISBN3-486-26492-3
- BLAC 2003, Bund/Länderausschuss für Chemikaliensicherheit: Arzneimittel in der Umwelt, Auswertung der Untersuchungsergebnisse - Bericht an die 61. Umweltministerkonferenz.
<http://blak-uis.server.de/servlet/is/2146/P-2c.pdf>
- Boller, M. 2000: Schadstoffe und Stoffflüsse im Straßenbereich, Praktischer Umweltschutz Schweiz, 4, S. 4 – 5, (entnommen aus (Hillebrand et al., 2005))
- Boller M., S. Langbein, S. Steiner 2005: Schlussbericht des Forschungsprojektes Bankette bestehender Straßen – Untersuchung der Versickerung von Straßenabwasser über Straßenrandstreifen einer bestehenden Strasse
http://www.regenanalyse.ch/public/vb/pdf/bankett_bericht_web.pdf

BUA 1997, Beratergremium für umweltrelevante Altstoffe der Gesellschaft Deutscher Chemiker: Ökotoxikologie ausgewählter Tenside für den Wasch- und Reinigungsmittelbereich, BUA-Stoffbericht 206 , S. Hirzel Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, ISBN 3-7776-0805-X

Bürge, I. J., T. Poiger, M.s D. Müller, H-R. Buser 2006: Combined Sewer Overflows to Surface waters detected by the Anthropogenic Marker Caffeine. Environmental Science and Technology 40 (2006) Nr. 13, S. 4096

Burkhardt, M., Kupper, T, Boller, M., Eugster J., Rossi L. 2006: Biozide und Additive in Gebäudehüllen: ein Risiko für die Gewässer?, EAWAG Jahresbericht 2006
http://library.eawag.ch/EAWAG-publications/pdf/Without_EAWAG_number/EAWAG_JB06_Burkhardt_02.pdf

Burkhardt, M., Kupper, T., Hean, S., Haag, R., Schmid, P., Kohler, M., Boller, M. 2007: Biocides used in Building Materials and their Leaching Behavior to Sewer Systems. Water Science and Technology. 56(12):63–67.
http://library.eawag.ch/EAWAG-Publications/pdf/Eawag_04895.pdf

Burkhardt, M., R. Kägi, H. Simmler, A. Ulrich, M. Boller 2007b: Nanopartikel auf Fassaden erforschen, 2007
http://www.eawag.ch/organisation/abteilungen/sww/schwerpunkte/regenwasserentsorgung/urbic/schwerpunkte/urbic-fassaden/schwerpunkte/projektskizze_urbic-fassaden.pdf

Berliner Wasserbetriebe 2001: Kennwerte der Einzugsgebiete des Mischwasserkanals – Ergebnisse der Modellierung des Berliner Kanalnetzes durch das Ingenieurbüro bpi Hannover, 2001

Berliner Wasserbetriebe 2008: Aufstellung der Jahresabwassermengen der Klärwerke 2007

ChemIDplus, 2008 Specialized Information Services, United States National Library of Medicine; online-Datenbank ChemIDplus Advanced, 2008
<http://chem.sis.nlm.nih.gov/chemidplus/>

EAWAG 2005, Biozide in Fassadenbeschichtungen - Auswaschung mit Folgen
<http://www.eawag.ch/organisation/abteilungen/sww/schwerpunkte/regenwasserentsorgung/urbic/publikationen/Zweitausendundsieben/index>

EAWAG 2007: Protokoll zum Meeting „Auswaschung von Bioziden und Nanopartikeln aus Fassaden“

<http://www.eawag.ch/organisation/abteilungen/sww/schwerpunkte/regenwasserentsorgung/urbic/anlaesse/NAFASprotokoll.pdf>

EU 2001: Decision No 2455/2001/EC of the European Parliament and the Council of 20 November 2001 establishing the list of priority substances in the field of water policy and amending Directive 2000/60/EC. Official Journal of the European Communities. Brussels, November 2001.

Eurostat 2008, Statistisches Amt der Europäischen Gemeinschaften, Datenbank - Themenbereich Verkehr, 2008

http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page?_pageid=0,1136228,0_45572945&_dad=portal&_schema=PORTAL

Heberer, T. 1998: Occurrence and Distribution of Organic Contaminants in the Aquatic System in Berlin. Part I: Drug Residues and other Polar Contaminants in Berlin Surface and Groundwater, *Acta hydrochimica et hydrobiologica*, 5, p. 272 – 278

Heberer, T. 2002: Tracking persistent pharmaceutical residues from municipal sewage to drinking water, *Journal of Hydrology*, p. 175–189

HERA 2004: Human & Environmental Risk Assessment on ingredients of European household cleaning products Substance 2004 - Fluorescent Brightener FWA-1 (CAS 16090-02-1)

[http://www.heraproject.com/files/23-F-04-HERA-FWA1\(Version%203_1%20\).pdf](http://www.heraproject.com/files/23-F-04-HERA-FWA1(Version%203_1%20).pdf)

Hillenbrand, T., D. Toussaint, E. Böhm, S. Fuchs, U. Scherer, A. Rudolphi, M. Hoffmann 2005: Einträge von Kupfer, Zink und Blei in Gewässer und Böden -Analyse der Emissionspfade und möglicher Emissionsminderungsmaßnahmen, 2005

<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/2936.pdf>

Hjortenkrans, D.S.T., Bergback, B.G., Haggerud, A.V. 2007: Metal emissions from brake linings and tires: Case studies of Stockholm, Sweden 1995/1998 and 2005, *Environmental Science and Technology*, 2007, 15, p. 5224-5230

Kupper, T., N. Chèvre, M. Burkhardt, L. Rossi, F. de Alencastro, M. Boller 2005: Release of biocidal products into aquatic systems: determination and evaluation of sources, pathways and fate in urbanized areas

- http://www.sea.eawag.ch/inhalt/sites/Publikationsliste/pdf/Artikel_Kupper_SETAC_Cambridge_2005.pdf
- Landesumweltamt Brandenburg 2001: Pflanzenschutzmittel in der Umwelt – Erhebung zu Wirkstoffmengen von Pflanzenschutzmitteln im Land Brandenburg
- Landtag von Baden-Württemberg 2007: Stellungnahme des Umweltministeriums - Umweltbelastungen entlang von Bahnstrecken
http://www.landtag-bw.de/WP14/Drucksachen/1000/14_1914_d.pdf
- Ludwig T. 2004: Monitoring highway runoff at lake Halensee in Berlin, 2004
- Menge, D., C. Jungnickel, K. Mölter, J. Ranke, F. Stock 2005: Gewässerbelastung durch den Eintrag von Bioziden aus Dachfarben - eine Risikoabschätzung, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen
<http://www.lanuv.nrw.de/veroeffentlichungen/merkbl/merk51/merk51.pdf>
- Miehe U.: Dissertation am Fachgebiet Wasserreinhaltung / Technischer Umweltschutz der TU Berlin, in Vorbereitung.
- Möller D. 2003: Luft – Chemie, Physik, Biologie, Reinhaltung, Recht. Verlag de Gryter, ISBN 978-3110164312
- D. Möller 2008: persönliche Mitteilung von Detlev Möller, Lehrstuhl für Luftchemie und Luftreinhaltung der BTU Cottbus
- NASRI. Im Druck. Natural and Artificial Systems for Recharge and Infiltration “NASRI”. Final Report. KompetenzZentrum Wasser Berlin gGmbH. Berlin.
- Nebauer, M. 2008: Persönliche Mitteilung von Martin Nebauer, Berliner Wasserbetriebe
- NRW 2006: Abschlussbericht an das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrheinwestfalen zum Forschungsvorhaben Untersuchungen zum Eintrag und zur Elimination von gefährlichen Stoffen in kommunalen Kläranlagen - Teil 2
- Pesch M. 2008: persönliche Mitteilung von Markus Pesch, Institut für Technischen Umweltschutz, Abteilung Umweltverfahrenstechnik / Luftreinhaltung der TU Berlin, 2008
- Pflanzenschutzamt Berlin, 2008: Persönliche Mitteilung durch P. Boas, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung - Pflanzenschutzamt Berlin

- Putschew, A., Wischnack, S., Jekel, M., 2000: Occurrence of triiodinated X-ray contrast agents in the aquatic environment, *Science of the Total Environment*, 255 (1-3), pp. 129-134
- Putschew, A., M. Jekel 2001: Iodierte Röntgenkontrastmittel im antropogen beeinflussten Wasserkreislauf, *Vom Wasser*, 2001, p. 103-114
- Reddersen , K. 2004: Das Verhalten von Arzneimittelrückständen im Wasserkreislauf Berlins, Dissertation
- Reemtsma, T., M. Jekel 2006: *Organic Pollutants in the Water Cycle: Properties, Occurrence, Analysis and Environmental Relevance of Polar Compounds*, Wiley-VCH-Verlag, ISBN 3-527-31297-8
- Reemtsma, T., M. Jekel, A. Klopfer: Occurrence, Sources, and Fate of Benzothiazoles in Municipal Wastewater Treatment Plants, *Environmental Science and Technology*, 2005, p. 3792-3798
- Reemtsma, T., S. Weiss, J. Jakobs: Discharge of Three Benzotriazole Corrosion Inhibitors with Municipal Wastewater and Improvements by Membrane Bioreactor Treatment and Ozonation, *Environmental Science and Technology*, 2006, p. 7193-7199
- Röske I., D. Uhlmann 2004: *Biologie der Wasser- und Abwasserbehandlung*, Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, ISBN 3-8252-8300-3
- Schläpfer, D. , Ch. Hugj; A. Zysset 1996: *Gewässerschutzmaßnahmen beim Straßenbau*, Hg. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft Schweiz
- Schmidt H., P. Boas 2002: Erste Ergebnisse begleitender Untersuchungen bei der Anwendung des Walzenstreichgerätes „Rotofix“ auf öffentlichen Straßenland, Biologische Anstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Ökotoxikologie und Ökochemie im Pflanzenschutz, Pflanzenschutzamt Berlin
- Schumacher, F., Gebauer, U., Pawlowsky-Reusing, E., Meier, I., Schroeder, K., Leszinski, M., Heinzmann, B. (2007): *Gewässergütesimulation der Stauhaltung Charlottenburg (Spree und Kanäle) unter Berücksichtigung der Mischwasserentlastungen am Beispiel eines Starkregenereignisses im September 2005*. Bericht Kompetenzzentrum Wasser Berlin.

- Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz Berlin 2002: Abwasserbeseitigungsplan Berlin 2001 Teil 4 – Regenwasser- und Mischwasserableitung, Notüberläufe, 2002
<http://www.berlin.de/sen/umwelt/wasser/download/AB-Plan4.pdf>
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin 2006: Entsorgung von Regen- und Abwasser 2004
http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/e_text/ka209.pdf
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin 2008: Übersicht Berliner Gewässer – Karte, überarbeitet und ergänzt, 2008
- Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz Berlin 2008b: Wasserwirtschaftliche Monatsberichte, Januar bis Dezember 2007,
<http://www.berlin.de/sen/umwelt/wasser/monat/index.shtml>
- Sengl, M. 2007. Pharmaka und Hormone in der aquatischen Umwelt. Schriftenreihe Siedlungswasserwirtschaft Bochum 54: 9-18.
- Stenstrom, M.K., Barco, J., Papiri, S. 2008: First flush in Acombined sewer system, Chemosphere, 2008, 5, p. 827-833
- Stechmann, H., 1993: Charakterisierung kraftfahrzeugspezifischer partikelförmiger Emissionen und Quantifizierung ihrer Beiträge zu Aerosolen und Gewässerverunreinigungen, Dissertation am Fachbereich Chemie, Universität Hamburg, 1993 (entnommen aus Hillebrand et al.)
- StBa 2003, Statistisches Bundesamt Deutschland: Öffentliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 2001. Fachserie 19, Reihe 2.1
[https://www-ec.destatis.de/csp/shop/sfg/bpm.html.cms.cBroker.cls?CSPCHD=00b00001000441abvmjZ000000Mvzi7F9DI9WTGBe\\$dXCU_A--&cmspath=struktur,vollanzeige.csp&ID=1013055](https://www-ec.destatis.de/csp/shop/sfg/bpm.html.cms.cBroker.cls?CSPCHD=00b00001000441abvmjZ000000Mvzi7F9DI9WTGBe$dXCU_A--&cmspath=struktur,vollanzeige.csp&ID=1013055)
- Ternes, Thomas A., Adriano Joss 2006: Human Pharmaceutical, Hormones and Fragrances - The challenge of microplutants in urban water managment, IWA Publishing
- UBA 2001, Umweltbundesamt Deutschland: Sachstandsbericht - Abtrag von Kupfer und Zink von Dächern, Dachrinnen und Fallrohren durch Niederschläge, 2001
<http://www.umweltdaten.de/uba-info-presse/hintergrund/cuzn.pdf>

- UBA 2005, Umweltbundesamt Deutschland: Arzneimittel in der Umwelt - Zu Risiken und Nebenwirkungen fragen Sie das Umweltbundesamt
<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/2976.pdf>
- UBA 2006, Umweltbundesamt Deutschland: Chemikalienpolitik und Schadstoffe, REACH, Wasch- und Reinigungsmittel
<http://www.umweltbundesamt.de/chemikalien/waschmittel/trends.htm#>
- US EPA 2007: Priority Pollutants. Clean Water Act, Section 307(a). Updated 2007.
- UNEP 2001: Stockholm Convention On Persistent Organic Pollutants.
<http://www.pops.int/documents/pops/default.htm>.
- Virtual Computational Chemistry Laboratory, ALOGPS 2.1, online-Anwendung, 2008
<http://www.vcclab.org/lab/alogps/start.html>
- Welker, A. 2004: Schadstoffströme im urbanen Wasserkreislauf - Aufkommen und Verteilung, insbesondere in den Abwasserentsorgungssystemen, Habilitationsschrift Technische Universität Kaiserslautern, 2004, S.28, 217, 263
<http://kluedo.ub.uni-kl.de/volltexte/2005/1892/>
- Zühlke, S., Dünnbier, U., Heberer, T., Fritz, B. 2004: Analysis of endocrine disrupting steroids: Investigation of their release into the environment and their behavior during bank filtration, Ground Water Monitoring and Remediation, 2004, 2, p. 78-85
- Zühlke, S. 2004: Dissertation der Fakultät III / Prozesswissenschaften der TU Berlin. Verhalten von Phenazonderivaten, Carbamazepin und estrogenen Steroiden während verschiedener Verfahren der Wasseraufbereitung.

Anhang

Tabelle A1: Berechnete Volumen der Mischwassereinleitungen nach Gebiet und Gewässer vor Beginn der Sanierung (Ist-Zustand), (m³/a), (BWB, 2001)

Vorfluter	Landwehr- kanal	Spree	Kupfergraben	Panke	Spand. Schifffahrtsk.	Neukölln. Schifffahrtsk.	Westhafen	Havel	mittlerer Anteil Trockenwetter- abfluss (%)
Gebiet									
Berlin I	329 751	3 822	12700						10.0
Berlin II	446 534	9 570	4300						6.8
Berlin III	35 548	135 752	38447						7.9
Berlin IV		108 146		45916	853 067				9.1
Berlin V		630 399							16.7
Berlin VII	186 593								8.9
Berlin VIII		407 276			3 617				7.7
Berlin IX					544 367				7.5
Berlin X		6 673		561 542					8.3
Berlin XI		346 939							7.40
Berlin XII		397 606							10.9
Neukölln I	94 106					411 817			7.3

Vorfluter	Landwehr- kanal	Spree	Kupfergraben	Panke	Spand. Schiffahrtsk.	Neukölln. Schiffahrtsk.	Westhafen	Havel	mittlerer Anteil Trockenwetter- abfluss (%)
Gebiet									
Neukölln II						124 573			5.7
Charlottenburg I	301 952	567 736							9.2
Charlotteburg III		44 285					957		7.0
Wilmerdorf	915 575								14.7
Spandau I								133 117	8.0
Ruhleben		11 830						2 086	4.8

Tabelle A2: Berechnete Volumen der Mischwassereinleitungen nach Gebiet und Gewässer nach Abschluss der Sanierung (Soll-Zustand), (m³/a), (BWB, 2001)

Vorfluter	Landwehr- kanal	Spree	Kupfergraben	Panke	Spand. Schifffahrtsk.	Neukölln. Schifffahrtsk.	Westhafen	Havel	mittlerer Anteil Trockenwetter- abfluss (%)
Gebiet									
Berlin I	175 475	3 564	12 225						7.6
Berlin II	352 249	4 221	9 813						6.2
Berlin III	60 881	42 075	19 507						6.6
Berlin IV		162 011		17 544	318 592				5.7
Berlin V		332 086							5.4
Berlin VII	167 192								6.6
Berlin VIII		317 785			3 273				4.9
Berlin IX					246 626				7.5
Berlin X		4 687		242 818					7
Berlin XI		214 020							5.8
Berlin XII		229 514							6.7
Neukölln I	33 666					285 770			7.3
Neukölln II						86 991			4.3
Charlottenburg I	149 842	410 366							6.4
Charlotteburg III		62 342					2 499		6.1

Vorfluter	Landwehr- kanal	Spree	Kupfergraben	Panke	Spand. Schiffahrtsk.	Neukölln. Schiffahrtsk.	Westhafen	Havel	mittlerer Anteil Trockenwetter- abfluss (%)
Gebiet									
Wilmerdorf	505 169								9.1
Spandau I								70 587	8
Ruhleben		13 041						2 637	4.8

Tabelle A3: Abflussmessungen für Berliner Gewässer, Monatsmittelwerte für 2007, (m³/s), (Senatsverwaltung Berlin, 2008 b)

Messtelle	Gewässer	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
Mühlendamm	Spree	30.3	11.6	13.1	9.11	13.6	17	14.4	19	27.3	13.5
Sophienwerder	Spree	37.4	16.1	18.6	13.7	17.5	21.4	19.2	22.2	32.7	16.8
Unterschleuse	Landwehrkanal	4.23	4.2	3.56	3.26	2.57	2.6	2.39	2.54	2.55	2.81
Borgsdorf	Oberhavel	20.4	8.1	8.41	15.2	18.1	14.2	15.3	15.1	16.8	7.64
Freybrücke	/ Unterhavel	53.9	21.4	25.6	29.3	35.7	34.4	34.1	36.8	49.7	22.5
Stößenseebrück											
Lichterfelde	Teltowkanal	8.43	6.72	6.62	7.39	5.44	5.15	4.75	5.66	6.2	5.22
Am Bahndamm	Wuhle	0.372	0.267	0.45	0.44	0.469	0.461	0.432	0.295	0.332	0.217
St. Joseph Steg	Tegeler Fließ	0.606	0.355	0.547	0.559	0.424	0.365	0.357	0.351	0.54	0.323
Eisenbahnbrück	Nordgraben	1.99	1.34	1.76	1.44	1.71	1.79	1.75	1.57	1.6	1.29
Kühnemannstra	Panke	0.621	0.393	0.747	1.2	0.761	0.221	0.285	0.348	0.875	0.224
Wiesengrund	Erpe	0.744	0.715	1.7	1.47	1.29	1.02	0.957	0.755	1.02	0.639
Allendebrücke	Müggel-Spree	4.63	kA	1.5	1.18	1.36	2.3	kA	2.88	4.49	4.66
Caprivibrücke	Spree	16.53	kA	8.86	6.46	8.18	10.08	kA	10.43	14.27	14.56
Rahnsdorf	Müggel-Spree	5.82	kA	3.06	2.67	2.76	3.50	kA	4.12	5.62	5.52

Messtelle	Gewässer	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
Große Tränke	Spree (Fürstenwalde)	14.30	7.42	6.54	6.52	5.66	6.41	7.93	11.10	14.90	10.70
Wernsdorf	Oder-Spree-Kanal	7.63	1.79	0.97	1.34	3.78	3.32	1.66	3.92	7.21	0.73
Hegemeisterwe	Fredersdorfer Fließ	0.18	0.07	0.05	0.03	0.04	0.09	0.09	0.12	0.25	0.00

Tabelle A4: Abflussmessungen für Berliner Gewässer, langjährige Monatsmittelwerte, 1990-2000 (Abweichende Zeiträume in Klammern), (m³/s), (Senatsverwaltung Berlin, 2008 b)

Messtelle	Gewässer	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
Mühlendamm	Spree	35.9	27	16.7	9.28	12.9	12.4	14.4	19.3	26.8	31.2
Sophienwerder	Spree	41.7	31.3	20	12.4	15.3	15.2	16.5	21.8	28.5	29.8
Unterschleuse	Landwehrkanal	4.76	4.66	3.89	3.13	3.14	2.78	2.52	3.15	2.91	3.56
Borgsdorf	Oberhavel	19	13.8	10.4	6.31	5.97	5.8	5.97	7.66	11.1	12.7
Freybrücke Stößenseebrücke	Unterhavel	66.6	46.2	25	14.8	15.4	17.8	20.4	29.9	38.8	42.9
Lichterfelde	Teltowkanal	9.2	10.1	8.6	7.23	5.96	5.49	6.91	6.49	7.34	8.38
St. Joseph Steg	Tegeler Fließ	0.513	0.348	0.305	0.224	0.236	0.252	0.27	0.324	0.368	0.349
Eisenbahnbrücke	Nordgraben	1.4	1.23	1.18	0.99	1.09	1.1	1.07	1.11	1.01	1.1
Kühnemannstrasse	Panke	0.393	0.303	0.286	0.371	0.412	0.189	0.129	0.179	0.283	0.224
Wiesengrund	Erpe	1.05	1.01	1.39	1.17	1.01	1.41	0.988	0.823	0.91	0.998
Allendebrücke (1995 -2006)	Müggel-Spree	7.38	6.56	4.30	2.89	2.35	1.75	2.75	4.11	5.04	5.86
Caprivibrücke (2000-2007)	Spree	5.56	16.87	5.20	5.58	6.32	8.15	2.14	2.04	5.62	13.16

Messtelle	Gewässer	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
Schmöckwitz (1996-1999)	Dahme	13.00	11.37	7.97	3.83	5.11	2.74	5.41	6.54	8.45	8.64
Rahnsdorf (1995- 2007)	Müggelsee	8.03	7.42	5.50	4.12	3.62	2.99	3.97	5.24	6.12	6.78
Große Tränke	Spree (Fürstenwalde)	15.40	13.30	9.55	6.99	6.04	5.65	8.45	12.00	13.70	15.80
Wernsdorf	Oder-Spree- Kanal	10.20	7.31	3.32	1.97	3.40	3.34	4.16	4.97	10.10	12.40
Hegemeisterweg	Fredersdorfer Fließ	0.24	0.13	0.11	0.04	0.03	0.02	0.01	0.03	0.12	0.21

Tabelle A5: Flächen und Abflussbilanz der Berliner Trennentwässerungsgebiete (Senatsverwaltung Berlin, 2002)

Vorfluter	Straßenflächen / -abfluss (Abflussbeiwert 0,7)		Unbebaute versiegelte Fläche / -abfluss (Abflussbeiwert 0,5)		Bebaute versiegelte Fläche / -abfluss (Abflussbeiwert 0,7)		Fläche, gesamt versiegelt	Regen- abfluß, gesamt
	m ²	m ³ /a	m ²	m ³ /a	m ²	m ³ /a		
Müggelspree	358.445	161.838	548.054	176.747	739.712	333.980	1.646.211	672.565
Langer See	336.131	151.763	384.121	123.879	557.941	251.910	1.278.193	527.553
Stadtspree bis Britzer Zweigkanal (BZK)	747.449	337.473	1.371.208	442.215	1.949.258	880.090	4.067.915	1.659.778
Wuhle	1.293.047	583.811	2.460.317	793.452	2.688.486	1.213.851	6.441.850	2.591.114
Stadtspree bis Landwehrkanal	653.083	294.867	626.517	202.052	1.016.625	459.006	2.296.225	955.925
Ruschegraben	899.535	406.140	1.242.830	400.813	1.463.030	660.558	3.605.395	1.467.511
Marzahn-Hohenschönhausener- Grenzgraben	1.591.607	718.611	3.610.114	1.164.262	3.705.718	1.673.132	8.907.439	3.556.004
Stadtspree bis BSSK	690.944	311.961	888.298	286.476	1.011.157	456.537	2.590.399	1.054.975
Stadtspree bis Mündung	506.491	228.681	1.992.091	642.449	1.141.729	515.491	3.640.311	1.386.621
Kanäle nördlich der Spree	473.523	213.796	2.978.107	960.440	1.133.091	511.591	4.584.721	1.685.826
Panke ab Verteilerbauwerk	1.633.599	737.570	1.880.428	606.438	2.593.041	1.170.758	6.107.068	2.514.766
Kanäle südlich der Spree	1.152.761	520.472	1.994.401	643.194	1.512.963	683.103	4.660.125	1.846.769

Vorfluter	Straßenflächen / -abfluss (Abflussbeiwert 0,7)		Unbebaute versiegelte Fläche / -abfluss (Abflussbeiwert 0,5)		Bebaute versiegelte Fläche / -abfluss (Abflussbeiwert 0,7)		Fläche, gesamt versiegelt	Regen- abfluß, gesamt
	m ²	m ³ /a	m ²	m ³ /a	m ²	m ³ /a	m ²	m ³ /a
Oberhavel	73.718	33.284	173.425	55.930	90.917	41.049	338.060	130.262
Tegeler See (TS)	163.317	73.738	385.107	124.197	470.541	212.449	1.018.965	410.384
Tegeler Fließ	484.105	218.573	296.017	95.465	401.431	181.246	1.181.553	495.285
Nordgraben	752.909	339.938	1.113.461	359.091	1.169.624	528.085	3.035.994	1.227.115
Panke nördl. Verteilerbauwerk	326.269	147.310	312.555	100.799	379.742	171.454	1.018.566	419.563
Oberhavel -TS bis Schleuse Spandau	303.181	136.886	1.154.660	372.378	691.986	312.432	2.149.827	821.696
Unterhavel ab Spreemündung	909.128	410.471	1.266.185	408.345	1.440.547	650.407	3.615.860	1.469.223
Großer Wannsee	149.109	67.323	207.832	67.026	139.753	63.098	496.694	197.447
Kleine Wannseekette	85.722	38.703	72.725	23.454	104.607	47.230	263.054	109.387
Teltowkanal (Rudower Arm)	1.992.410	899.573	1.540.774	496.900	2.010.839	907.894	5.544.023	2.304.367
Britzer Zweigkanal	334.063	150.829	352.043	113.534	558.049	251.959	1.244.155	516.322
Teltowkanal	6.453.433	2.913.725	7.104.248	2.291.120	9.181.933	4.145.643	22.739.614	9.350.488
Summe	22.363.979	10.097.337	33.955.518	10.950.655	36.152.720	16.322.953	92.472.217	37.370.944

Tabelle A6: Spurenstoffe

PEC = Predicted Environmental Concentration, WWTP = Waste Water Treatment Plant

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
1,2,4-Trichlorobenzene	120-82-1	solvent	10 219	EU, Consumption include 1,2,3-Trichlorobenzene (10)	4,0	49							
1,5-Dimethyl-1,2-dihydropyrazol-3-on		metabolite					0,025	0,03	WWTP Berlin, 2007, (16)	0	WWTP Berlin, 2007, (16)		
1,5-Naphthalenedisulfonic acid	81-04-9	additive concrete			-0,9	9,05E+04							
17-alpha-Estradiol	57-91-0	pharmaceutical			3,9	3,9	0,00714	0,000625	WWTP Berlin, 2007, (16)	90%	WWTP Berlin, 2007, (16)	no effect	(2) S.7
17-beta-Estradiol	50-28-2	pharmaceutical	36	Germany, 2001, Consumption, (12)	4,1	3.6 (27°C)	0,017865	0,0004825	WWTP Berlin, 2007, (16)	97%; (90- >95%)	WWTP Berlin, 2007, (16); S.478 WWTP ((17)	0,0003	Danio rerio (fish) 0.1 *NOEC 17-alpha-

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
											NRW)		Estradiol, safety factor: 10, (17) S.478
1-Acetyl-1-methyl-2-dimethyl-oxamoyl-2-phenylhydrazid		metabolite					0,16125	0,23875	WWTP Berlin, 2007, (16)	-41%	WWTP Berlin, 2007, (16)		
1-Acetyl-1-methyl-2-phenylhydrazid		metabolite					0,14	0,15	WWTP Berlin, 2007, (16)	-16%	WWTP Berlin, 2007, (16)		
2-(Methylthio)benzothiazole	615-22-5	intermediate / additive industry			3,2	125 (24°C)	0,31	0,4		-70%	WWTP, Europe, 2006, (18)		
2,4-dichlorobenzoic acid	50-84-0				2,82	480				90%	WWTP, Europe, 2006, (18)		
2,4-Dinitrophenol	51-28-5	air pollutant / preservative agent / dye			1,7	2790 (20°C)							

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
2-Aminobenzothiazole	136-95-8	intermediate additive industry	/		2,0	310							
2-ethylhexanal	123-05-7	metabolite			2,7	400							
2-ethylhexanoic acid	149-57-5	metabolite			2,6	2000 (20°C)							
2-ethylhexanol	104-76-7	metabolite			2,7								
2-Hydroxybenzothiazol	934-34-9	corrosion inhibitor			1,8	2350	0,33	0,20	WWTP Berlin, 2005 (19)	24%	WWTP Berlin, 2005 (19)		
2-Mercaptobenzothiazol	149-30-4	intermediate additive industry	/		2,4	120 (24°C)	0,11	0,01	WWTP Berlin, 2005 (19)	70%, (>95%)	WWTP Berlin, 2005 (19); (WWTP, Europe, 2006, (18))		
2-Nitrophenol	88-75-5	air pollutant			1,8	2500							

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
2-Phosphonobutane-1,2,4-tricarboxylic acid	37971-36-1	additive / detergent	96 759	total phosphonate in detergents, Germany, 1999, Consumption, (8)									
3,4-Dichloroaniline	95-76-1	intermediate / additive industry			2,7	92 (20°C)							
4-Chloroaniline	106-47-8	intermediate / additive industry			1,8	3900							
4-Nitrophenol	100-02-7	air pollutant / preservative agent			1,9	11600 (20°C)							
4-Tolyltriazol	29878-31-7	corrosion inhibitor					2,1	2,2	WWTP Berlin, 2005, (20)	-6%	WWTP Berlin, 2005, (20)		
5,6-Dimethylbenzotriazol	4184-79-6	corrosion inhibitor											

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
5-Tolyltriazol	136-85-6	corrosion inhibitor					1,3	1,2	WWTP Berlin, 2005, (20)	11%	WWTP Berlin, 2005, (20)		
7-Hydroxycoumarin	93-35-6	sunscreen agent / optical brightener			1,03								
Acarbose	56180-94-0	pharmaceutical			-8,1								
Acenaphthene	83-32-9				3,9	3,9							
Acenaphthylene	208-96-8				3,9	16,1							
Acetylcysteine	616-91-1	pharmaceutical		Germany, 2001, Consumption, (12)	-0,7								
Aciclovir	59277-89-3	pharmaceutical	412	Germany, 2001, Consumption, (12)	-1,6	1620 (22°C)							

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
Adsorbable Organic Bromo Compounds -group							5,35625	4,8125	WWTP Berlin, 2007, (16)	0,09	WWTP Berlin, 2007, (16)		
Adsorbable Organic Chloro Compounds - group							82,6875	20,1875	WWTP Berlin, 2007, (16)	0,74	WWTP Berlin, 2007, (16)		
Adsorbable Organic Halogen Compounds -group							97,375	36,25	WWTP Berlin, 2007, (16)	0,62	WWTP Berlin, 2007, (16)		
Adsorbable Organic Iod Compounds -group							46,25	31,25	WWTP Berlin, 2007, (16)	0,33	WWTP Berlin, 2007, (16)		
Allopurinol+A281	315-30-0	pharmaceutical	4 729	Germany, 2001, Consumption, (12)	-0,6	569							
Alpha-endosulfan	959-98-8				3,8	0.51 (20°C)							
Amantadine	768-94-5	pharmaceutical	182	Germany, 2001, Consumption,	2,4	6290							

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
				(12)									
Ambroxol	18683-91-5	pharmaceutical	481	Germany, 2001, Consumption, (12)	3,1								
Amikacin	37517-28-5	pharmaceutical			-8,8	1,85E+05							
Aminotrimethylene phosphonic acid	6419-19-8	additive detergent	96 759	total phosphonate in detergents, Germany, 1999, Consumption, (8)	-3,5	5,00E+05		1,1	PEC local water, S.23 reliability ??	93% (27)	WWTP Denmark, (27) S.20	2 300	safety factor: 10, (27) S.32
Amiodarone	1951-25-3	pharmaceutical	224	Germany, 2001, Consumption, (12)	7,6	2,83E-04							
Amitriptyline	50-48-6	pharmaceutical	265	Germany, 2001, Consumption,	4,9	9.71 (24°C)							

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
Ammonium sulphate	dodecyl 2235-54-3	additive personal care											
Amoxicillin	26787-78-0	pharmaceutical	3 832	Germany, 2001, Consumption, (12)	0,9	3430							
Amphoteric group	surfactants - group	additive detergent	200 190	Germany, 1997, Consumption, (11)									
Ampicillin	69-53-4	pharmaceutical	446	Germany, 2001, Consumption, (12)	1,4	10100 (21°C)							
Androstenedione													
Androsterone	53-41-8	metabolite			3,1	12 (23°C)							

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
Aniline	62-53-3	intermediate / additive industry			0,9	3,60E+04							
Anionic surfactants - group	group	additive detergent	4 250 893	Germany, 1997, Consumption, (11)									
Anthracene	120-12-7		0,05	EU, 1999, Consumption, (10)	4,5	0,0434							
Antimony	7440-36-0	additive brake pads											
Aspirin	50-78-2	pharmaceutical	27 772	Germany, 2001, Consumption, (12)	1,2	4600							
Atenolol	29122-68-7	pharmaceutical	451	Germany, 2001, Consumption, (12)	0,2	1,33E+04		0,184	database, mean, (RSD=72%); (30)	75 - 80% n=5	(17) S. 452 WWTP NRW		

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
Azithromycin	83905-01-5	pharmaceutical	97	Germany, 2001, Consumption, (12)	4,0	7,09							
Bayrepel													
Bayrepel acid		metabolite								60%	WWTP, Europe, 2006, (18)		
Benz(a)anthracene	56-55-3				5,8	0,0094							
Benzalkonium chloride	8001-54-5	additive detergent, disinfectant											
Benzene	71-43-2	solvent	102 951 306	Germany, 2000, Consumption, (10)	2,1	1790							
Benzenesulfonamide	98-10-2	pharmaceutical			0,3	4300 (16°C)	0,15	0,36	WWTP Berlin, 2007, (16)	-222%	WWTP Berlin, 2007, (16)		

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
Benzethonium chloride	121-54-0	additive detergent, disinfectant			4,0								
Benzo(a)pyren	50-32-8				6,1	0,00162							
Benzo(b)fluoranthene	205-99-2				5,8	0,0015							
Benzo(ghi)perylene	191-24-2				6,6	2,60E-04							
Benzo(k)fluoranthene	207-08-9				6,1	8,00E-04							
Benzothiazole	95-16-9	inermediate / additive industry			2,0	4300	0,8	0,3	WWTP Berlin, 2005 (19)	49%	WWTP Berlin, 2005 (19)		
Benzothiazole-2-sulfonic acid	941-57-1	corrosion inhibitor					1,46	1,62	WWTP Berlin, 2005 (19)	0%	WWTP Berlin, 2005 (19)		
Benzothiazoles - group	group	inermediate / additive industry											

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
Benzotriazole	95-14-7	corrosion inhibitor			1,4	1,98E+04	12	7,7	WWTP Berlin, 2005, (20)	37%	WWTP Berlin, 2005, (20)		
Benzotriazoles – group	group	corrosion inhibitor											
Bezafibrate	41859-67-0	pharmaceutical	1 112	Germany, 2001, Consumption, (12)	4,3		3,30375	0,989625		72%; (90-95%)	WWTP Berlin, 2007, (16); (17) S. 466 WWTP NRW		
Bisoprolol	66722-44-9	pharmaceutical	98	Germany, 2001, Consumption, (12)	1,9	2240				55-60%	(17) S. 464 WWTP NRW		
Bisphenol A	80-05-7	plasticizers	14 396 306	Austria, 2002, Consumption, (2)	3,3	120	4,0575	0,2	WWTP Berlin, 2007, (16)	95%; (90->95%)	WWTP Berlin, 2007, (16); ((17) S. 497 WWTP NRW)	0,0008	Marisa cornuarie tis (snail) NOEC; fish Pimephales promelas

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
													PNEC 1.6 µg/L, safety factor: 10; (17) S. 497
Buflomedil	55837-25-7	pharmaceutical	155	Germany, 2001, Consumption, (12)	3,0								
Bupropion	34841-39-9	pharmaceutical											
Butyl benzyl phthalate	85-68-7	plasticizers			4,7	2,69						10	(17) S.503
Cadmium	7440-43-9	air pollutant / additive tyres / brake pads	24 908	Germany, 2000, Consumption, (10)									
Caffeine	58-08-2				-0,1	2,16E+04	38	0,18	CH, Greifensee, 2006; (13)	WWTP >99%	WWTPs Greifensee CH, 2006 (13)		

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
Calcium Dobesilate	20123-80-2	pharmaceutical	270	Germany, 2001, Consumption, (12)									
Captopril	62571-86-2	pharmaceutical	1 057	Germany, 2001, Consumption, (12)	0,3	1,82E+04							
Carbamazepine	298-46-4	pharmaceutical	2 909	Germany, 2001, Consumption, (12)	2,5	17,7	2,25875	2,23375	WWTP Berlin, 2007, (16)	0%, (10-25%)	(10- WWTP Berlin, 2007, (16) S. 443 WWTP NRW)	2,5	Cerodaphnia dubia (Crustaceen) NOEC 7d, safety factor: 10; (17) S.444
Carbendazim	10605-21-7	preservative agent			1,5	29 (24°C)							
Carisoprodol	78-44-4	pharmaceutical			2,4	300							

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
Cationic surfactants - group	group	additive detergent	367 016	Germany, 1997, Consumption, (11)									
Cefaclor	53994-73-3	pharmaceutical	324	Germany, 2001, Consumption, (12)	0,4	1,00E+04							
Cefadroxil	50370-12-2	pharmaceutical	166	Germany, 2001, Consumption, (12)									
Cefazolin	25953-19-9	pharmaceutical	344	Germany, 2001, Consumption, (12)	-0,6	214							
Cefprozil	92665-29-7	pharmaceutical											
Cefuroxime	55268-75-2	pharmaceutical	406	Germany, 2001, Consumption, (12)	-0,2	145							

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
Cefuroxime axetil	64544-07-6	pharmaceutical	306	Germany, 2001, Consumption, (12)	0,9	107							
Celiprolol	56980-93-9	pharmaceutical	218	Germany, 2001, Consumption, (12)	1,9	93,9							
Cephalexin	15686-71-2	pharmaceutical			0,7	1790							
Cetylpyridinium chloride	123-03-5	additive detergent, disinfectant			1,7								
Chloral hydrate	302-17-0	pharmaceutical	145	Germany, 2001, Consumption, (12)	1,0	3830000 (38°C)							
Chloramine-T	127-65-1	disinfectant			0,8								
Chlormethiazole	533-45-9	pharmaceutical	158	Germany, 2001,	2,1	1040							

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
Chloroform	67-66-3	solvent / pharmaceutical	7 300	Consumption, (12) EU, 1999, Consumption, (10)	2,0	7950							
Chlorpyrifos	2921-88-2	Insecticide			5,0	1.12 (24°C)							
Chlortetracycline	57-62-5	pharmaceutical			-0,6	630							
Cholesterol	57-88-5	principal sterol of all higher animals			8,7	0.095 (30°C)							
Chromium	7440-47-3	corrosion inhibitor / dyes / paint											
Chrysene	218-01-9				5,8	0,002							
Cimetidine	51481-61-9	pharmaceutical	241	Germany, 2001, Consumption, (12)	0,4	9380							

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
Ciprofloxacin	85721-33-1	pharmaceutical	597	Germany, 2001, Consumption, (12)	0,3	30000 (20°C)	0,195	0,076	database, mean, n=2 (RSD=11%) / n=5 (RSD=47%) (30)				
Clarithromycin	81103-11-9	pharmaceutical	238	Germany, 2001, Consumption, (12)	3,2	0,342				70 ->80%	(17) S. 448 WWTP NRW	0,151	enterococcus faecalis EC50+AS 260, safety factor: 1000; (17) S.448
Clavulanic acid	58001-44-8	pharmaceutical											
Clenbuterol	37148-27-9	pharmaceutical	0,03	Germany, 2001, Consumption, (12)	2,0								

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
Clindamycin	18323-44-9	pharmaceutical	534	Germany, 2001, Consumption, (12)	2,2	30,6							
Clofibric acid	882-09-7	pharmaceutical	0,08	Germany, 2001, Consumption, (12)	2,6	583	0,14825	0,113225	WWTP Berlin, 2007, (16)	23%; (30-40%)	WWTP Berlin, 2007, (16); (17) S.446 WWTP NRW	1	Daphnia NOEC; safety factor: 10; (17) S.446
Clotrimazole	23593-75-1	pharmaceutical	195	Germany, 2001, Consumption, (12)	6,3		0,029	0,0185	database, mean, n=3 (RSD=18%) / n=6 (RSD=42%) (30)				
Cocamidopropyl betaine group	61789-40-0	additive detergent / personal care	355 105	EU, 2002, Consumption, (28) S.10	-1.28 to 3.63							16	Regenbogenforelle NOEC; 2001, safety factor: 10; (11)

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
Codeine	76-57-3	pharmaceutical	322	Germany, 2001, Consumption, (12)	1,2	9000 (20°C)							
Copper	7440-50-8	building material / brake pads / aerial lines											
Cumene sulfonate, Na	28348-53-0	additive detergent / personal care	102 318	total hydrotrope, EU, 2002, Consumption, (22) S.10	-1,5	635	1160		PEC for total hydrotrope in WWTP influent, (22) S.13	87%	simulated (22) S.12	230	algae, safety factor: 1000; (22) S.16
Cumene	98-82-8	solvent			3,7	61,3							
Cyclandelate	456-59-7	pharmaceutical	362	Germany, 2001, Consumption, (12)	4,1								
Cyclophosphamide	50-18-0	pharmaceutical	13	Germany, 2001, Consumption,	0,6	40000 (20°C)							

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
					(12)								
Cyclosporine	59865-13-3	pharmaceutical		Germany, 2001, Consumption, (12)	2,9								
Decabromodiphenyl ethers - group	1163-19-5	flame retardant			12,1	1,00E-04							
Denatonium benzoate	3734-33-6	additive detergent / personal care			1,8								
Di (2-ethylhexyl) adipate	103-23-1	plasticizers			6,1	0.78 (22°C)							
Di (2-ethylhexyl) phthalate	117-81-7	plasticizers	2 059 026	Germany, 2001, Consumption, (10)	7,6	0,27				95-99%	(17) S. 499 10 WWTP NRW	(17) S.499	(17) S.499
Di (2-ethylhexyl) terephthalate	6422-86-2	plasticizers			8,4	4 (20°C)							
Diaminostilbene - group	group	additive detergent	106 225	EU, 1994, Consumption,									

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
				(11)									
Diatrizoate	117-96-4	pharmaceutical	2 015	Germany, 2001, Consumption, (12)	1,6					35-45%	(17) S. 490 WWTP NRW		
Diazepam	439-14-5	pharmaceutical	37	Germany, 2001, Consumption, (12)	2,8	50							
Diazinon	333-41-5	preservative agent			3,8	40							
Dibenz(a,h)anthracene	53-70-3				6,8	0,00249							
Dibutyl phthalate	84-74-2	plasticizers			4,5	11,2				90->95%	(17) S. 501 WWTP NRW	10	(17) S.501
Dibutyltin cation	14488-53-0	additive PVC			1,0		0,0181	0,0073	median of 17 WWTP Austria (17) S. 436	80-90% (sum butyltin compounds) (90-98%)	(17) S. 436 WWTP NRW		

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
Dichloromethane	75-09-2	solvent	2 669 206	Germany, Production, 1999, (10}	1,3	1,30E+04							
Dichlorprop	120-36-5	preservative agent			3,4	350 (20°C)							
Diclofenac	15307-86-5	pharmaceutical	2 849	Germany, 2001, Consumption, (12)	4,5	2,37	3,84	3,938	WWTP Berlin, 2007, (16)	-4%, (60%)	WWTP Berlin, 2007, (16); ((17) S. 470 WWTP NRW)		
Diethyl phthalate	84-66-2	plasticizers			2,4	1080							
Diethylenetriaminepentaacetic acid	67-43-6	chelating agent			-4,9	4800							
Diethyltoluamide	134-62-3	biozide			2,2	912				20%	WWTP, Europe, 2006, (18)		
Difenoconazole	119446-68-3	preservative agent			4,3	15							
Diltiazem	42399-41-7	pharmaceutical	426	Germany, 2001,	2,8	465							

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
				Consumption, (12)									
Diltiazem	42399-41-7	pharmaceutical			2,8	465							
Dimenhydrinate	523-87-5	pharmaceutical	266	Germany, 2001, Consumption, (12)	-0,4	3000							
Dimethicone	9006-65-9	pharmaceutical		Germany, 2001, Consumption, (12)									
Dimethyl sulfoxide	67-68-5	pharmaceutical	413	Germany, 2001, Consumption, (12)	-1,4	1,00E+06							
Dimethylaminophenazone	58-15-1	pharmaceutical			1,0	54400 (30°C)	0,025	0,025	WWTP Berlin, 2007, (16)	0	WWTP Berlin, 2007, (16)		
Diocetyl phthalate	117-84-0	plasticizers			8,1	0,02				70-90%	(17) S.505 WWTP	0,001	NOEC Daphnia

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
											NRW		magna 34d = 0.1µg/L, safety factor: 100; (17) S.505
Diocetyl tin cation	15231-44-4	additive PVC / coating								90-95%	(17) S.442 WWTP NRW		
Diuron	330-54-1	preservative agent	16 605	Germany, 1995, Consumption, (10)	2,7	42							
Doxepin	1668-19-5	pharmaceutical	240	Germany, 2001, Consumption, (12)	4,3	31,6							
Doxycycline	564-25-0	pharmaceutical	410	Germany, 2001, Consumption, (12)	0,0	630							

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
Edetic acid	60-00-4	chelating agent	115 443	Germany, 1998, Consumption, (11)	-3,9	1000	24	24,75	WWTP Berlin, 2007, (16)	-11%	WWTP Berlin, 2007, (16)		
Enrofloxacin	93106-60-6	pharmaceutical			0,7	3400							
Enzymes - group	group	additive detergent	200 190	Germany, 1999, Consumption detergents, (8)									
Eprosartan	133040-01-4	pharmaceutical	361	Germany, 2001, Consumption, (12)									
Erythromycin	114-07-8	pharmaceutical	638	Germany, 2001, Consumption, (12)	3,0	1,44	0,108	0,206	database, mean, n=3 (RSD=33%) / n=6 (RSD=28%) (30)				
Estriol	50-27-1	pharmaceutical	0	Austria, 2002, Consumption,	2,5	441						0,001	(2) S.7

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
				(2)									
Estrone	53-16-7	pharmaceutical	0	Austria, 2002, Consumption, (2)	3,4	30	0,094	0,01	WWTP Berlin, 2007, (16)	88%, (>95%)	WWTP Berlin, 2007, (16); ((17) S.480 WWTP NRW)	0,003	(2) S.7
Ethinyl estradiol	57-63-6	pharmaceutical	2	Germany, 2001, Consumption, (6)	4,2	11.3 (27°C)	0,001	0,0002	WWTP Berlin, 2007, (16)	80%, (>90%,35-100%)	WWTP Berlin, 2007, (16) ; ((17) S.482 WWTP NRW)	0,0000	Danio rerio (fish) NOEC, safety factor: 10;(17) S.482
Ethyl chloride	75-00-3	pharmaceutical			1,4	6710							
Ethyl tert-butyl ether	637-92-3	fuel additive			1,9	12000 (20°C)	0,14	0,07	WWTP Berlin, 2007, (16)	0,38	WWTP Berlin, 2007, (16)		

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
Etidronic acid	2809-21-4	additive detergent	96 759	Germany, 1999, Consumption total phosphonate in detergents, (8)	-3,5	6,90E+05		170	PEC local water, S.23 ??	60-90% (27) reliability	calculated (27) S.20	2	(27) S.32
Etiocholanolone	53-42-9	metabolite			3,1								
Fadrozole		pharmaceutical											
Fenofibrate	49562-28-9	pharmaceutical	562	Germany, 2001, Consumption, (12)	5,2								
Flazasulfuron	104040-78-0	herbicide				0,027							
Fluoranthene	206-44-0				5,2	0,26							
Fluorene	86-73-7	therapeutic agent			4,2	1,69							

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
Fluorouracil	51-21-8	pharmaceutical			-0,9	11100 (22°C)							
Fluortelomeralkohole													
Flutamide		pharmaceutical											
Formaldehyde	50-00-0	disinfectant / preservative agent			0,4	400000 (20°C)							
Furosemide	54-31-9	pharmaceutical	1 101	Germany, 2001, Consumption, (12)	2,0	73.1 (30°C)							
Gabapentin	60142-96-3	pharmaceutical	460	Germany, 2001, Consumption, (12)	-1,1	4490							
Galaxolide	1222-05-5	additive personal care	10 752	EU, 1998, Consumption, (9)	5,9	1,75	2,510	0,642	(effluent Berlin, 2001, = 6.7 ug/L; (24) S.13) database,	50 - 90%	(24) S.34; (70-90% biodegradati on ??, 40-	6,8	fathead minnow, NOEC 36d,

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
									mean, n=9 (RSD=51%) / n=9 (RSD=32%) (30)	65%	Sorption (17) S.410 WWTP NRW)		safety factor: 10; (24) S.50, ((17) S.410)
Gemfibrozil	25812-30-0	pharmaceutical	174	Germany, 2001, Consumption, (12)	4,8		0,1795	0,0385	WWTP Berlin, 2007, (16)	69%	WWTP Berlin, 2007, (16)		
Glutaral	111-30-8	disinfectant	523	Germany, 2001, Consumption,	-0,2	1,67E+05							
Glyphosate	1071-83-6	herbicide			-4,0	1,20E+04							
Hexabromodiphenyl ethers - group	36483-60-0	flame retardant											
Hexachlorophene	70-30-4	pharmaceutical	642	Germany, 2001, Consumption, (12)	7,5	140							

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
Hydrochlorothiazide	58-93-5	pharmaceutical	1 057	Germany, 2001, Consumption, (12)	-0,1	722							
Hydroxyurea	127-07-1	pharmaceutical			-1,8	1,00E+06							
Ibuprofen	15687-27-1	pharmaceutical	11 454	Germany, 2001, Consumption, (12)	4,0	21	6,47475	0,0405	WWTP Berlin, 2007, (16)	99%; (>95%)	WWTP Berlin, 2007, (16); ((17) S.472 WWTP NRW)	7,1	Skeleton costatum (algae) EC50 96h, safety factor: 1000; (17) S.410
Ifosfamide	3778-73-2	pharmaceutical	6	Germany, 2001, Consumption, (12)	0,9	3780							
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	193-39-5				6,7	1,90E-04							

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
Indomethacin	53-86-1	pharmaceutical	124	Germany, 2001, Consumption, (12)	4,3	0,937	0,098375	0,154375	WWTP Berlin, 2007, (16)	-87%	WWTP Berlin, 2007, (16)		
Iohexol	66108-95-0	pharmaceutical	572	Germany, 2001, Consumption, (12)	-3,1	107							
lomeprol	78649-41-9	pharmaceutical	2 769	Germany, 2001, Consumption, (12)	-4,3					75-85%	(17) S.488 WWTP NRW		
lopamidol	60166-93-0	pharmaceutical	1 428	Germany, 2001, Consumption, (12)	-2,4	1,40E+05				30-40%	(17) S.484 WWTP NRW		
lopentol	89797-00-2	pharmaceutical	200	Germany, 2001, Consumption, (12)									
lopromide	73334-07-3	pharmaceutical	4 317	Germany, 2001,	-2,1	23,8	3,49	4,87	database, mean, n=3	85->95%	(17) S.486 WWTP	10000	Danio rerio

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
				Consumption, (7) S.88					(RSD=95%) / n=6 (RSD=93%) (30)		NRW		(fish) NOEC 28d,safety factor: 10;(17) S.486
lothalamic acid	2276-90-6	pharmaceutical			1,5								
lotrolan	79770-24-4	pharmaceutical											
loversol	87771-40-2	pharmaceutical	642	Germany, 2001, Consumption, (12)	-3,0	115							
loxitalamic acid	28179-44-4	pharmaceutical											
lpratropium	60205-81-4	pharmaceutical											
lrbesartan	138402-11-6	pharmaceutical	781	Germany, 2001, Consumption, (12)									

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
Isoproturon	34123-59-6	herbicide	33 210	Germany, 1995, Consumption, (10)	2,9	65 (22°C)							
Isosorbide dinitrate	87-33-2	pharmaceutical	674	Germany, 2001, Consumption, (12)	1,3	550							
IsosorbilN mononitrate	16051-77-7	pharmaceutical	497	Germany, 2001, Consumption, (12)	-0,2	1,07E+05							
Ketoprofen	22071-15-4	pharmaceutical	54	Germany, 2001, Consumption, (12)	3,1	51 (22°C)	0,289625	0,15125	WWTP Berlin, 2007, (16)	46%	WWTP Berlin, 2007, (16)		
Lactitol	585-86-4	food additives	489	Germany, 2001, Consumption, (12)	-5,5	6,67E+05							
Lauramidopropyl betaine	4292-10-8	additive detergent /			0,7	1755							

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
		personal care											
Laurylether sulfate		additive personal care	1 668 254	Germany, Consumption, (11)							99,3 - 99,9% WWTP Netherlands; Anae., 2001 (11)	10	Regenbo genforelle NOEC, safety factor: 10; 2001, (11), PEC/PNE C >1.5 (11)
Lead	7439-92-1	building material / brake pads	12 576 664	Germany, 2000, Consumption, (10)									
Levonorgestrel	797-63-7	pharmaceutical					2,05						
Levothyroxine Sodium	55-03-8	pharmaceutical		Germany, 2001, Consumption, (12)	2,3		150						

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
Lidocaine	137-58-6	pharmaceutical	229	Germany, 2001, Consumption, (12)	2,4	4100 (30°C)							
Lincomycin	154-21-2	pharmaceutical			0,6	927							
Linear sulfonate	alkylbenzene 68411-30-3	additive detergent	2 397 596	EU, 2005, Consumption, (26) S.10	3,3	250 000		270	PEC (on basis of monitoring data) (26) S.17	>98%	WWTP, (26) S.15	270	aquat. Organism, safety factor: 1; (26) S.30
Losartan	114798-26-4	pharmaceutical	222	Germany, 2001, Consumption, (12)	4,0								
Masquol P 430NA	15142-96-8	additive detergent	96 759	Germany, 1999, Consumption total phosphonate in detergents, (8)									

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
MCPA	94-74-6	preservative agent			3,3	630							
Mecoprop	93-65-2	preservative agent			3,1	620 (20°C)				10%	WWTP, Europe, 2006, (18)		
Mefenamic acid	61-68-7	pharmaceutical			5,12	20 (30°C)	0,664	0,136	database, mean, n=12 (RSD=80%) / n=15 (RSD=51%); (30)				
Mercury	7439-97-6	air pollutant / medical products	1 661	Germany, 2000, Consumption, (10)									
Mesalamine	89-57-6	pharmaceutical	2 219	Germany, 2001, Consumption, (12)	1,0								
Mestranol	72-33-3	pharmaceutical	0,03	Germany, 2001, Consumption,	4,7								

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
				(12)									
Metamizol	50567-35-6	pharmaceutical	7 102	Germany, 2001, Consumption, (12)									
Metformin	657-24-9	pharmaceutical	17 167	Germany, 2001, Consumption, (12)	-2,6								
Methyl tert-butyl ether	1634-04-4	fuel additive			0,9	5,10E+04	0,04375	0,0275	WWTP Berlin, 2007, (16)	0,38	WWTP Berlin, 2007, (16)		
Metoprolol	37350-58-6	pharmaceutical	3 088	Germany, 2001, Consumption, (12)	1,9	1,69E+04		0,143	database, mean, n=6 (RSD=50%); (30)	35-50%	(17) S.460 WWTP NRW		
Metronidazole	443-48-1	pharmaceutical	291	Germany, 2001, Consumption, (12)	0,0	9500							

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
Mezlocillin	51481-65-3	pharmaceutical	208	Germany, 2001, Consumption, (12)	2,4								
Monobutyltin cation	78763-5-9	additive PVC			0,5		0,0175	0,008	Median of 17 WWTP Austria (17) S. 434	65-95 %			
Monooctyltin (properties for trichloride)	94410-07-8	additive PVC / coating			2.6 +- 1					90-95%	(17) S.439		WWTP NRW
Mupirocin	12650-69-0	pharmaceutical											
Musk ambrette	83-66-9	additive personal care											
Musk keton	81-14-1	additive personal care	292	EU, 1998, Consumption, (9)	4,3					60-65%	(17) S.416	6,3	Rainbow trout NOEC, safety factor: 10; (17) S.416

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
Musk moskene	116-66-5	additive personal care											
Musk tibetine	145-39-1	additive personal care											
Musk xylene	81-15-2	additive personal care	628	EU, 1998, Consumption, (9)	4,9					>92%	(17) S.414 WWTP NRW	1,1	Daphnia NOEC 21d, safety factor: 50; (17) S.414
N,N'-Diacetylenediamine	871-78-3	additive detergent	432 712	Germany, 1999, Consumption of TAED (99% of TAED are converted to DAED during application), (23) S.11	-1,0	1000	312		PEC, (23) S.19	97%	simulated, (23) S.17	500	algae,safety factor: 1000; (23) S.25
N4-Acetylsulfamethoxazole	21312-10-7	pharmaceutical											

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
Nabumetone	42924-53-8	pharmaceutical			3,1	72,8							
N-Acetyl-4-aminophenazone	83-15-8	metabolite					11,97	4,71	WWTP Berlin, 2007, (16)	0,6	WWTP Berlin, 2007, (16)		
Nadolol	42200-33-9	pharmaceutical	6	Germany, 2001, Consumption, (12)	0,8	8330							
Naftidrofuryl	31329-57-4	pharmaceutical	514	Germany, 2001, Consumption, (12)	5,4								
Naphthalene	91-20-3	biocide	1 468 063	Germany, 1997, Consumption, (10)	3,3	31							
Naphthalene-1,3-disulfonate		inmediate / additive industry								10%	WWTP, Europe, 2006, (18)		

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
Naphthalene-1,5-disulfonate		intermediate additive industry	/							10%	WWTP, Europe, 2006, (18)		
Naphthalene-1,6-disulfonate	1655-43-2	intermediate additive industry	/							10%	WWTP, Europe, 2006, (18)		
Naphthalene-1,7-disulfonate		intermediate additive industry	/							10%	WWTP, Europe, 2006, (18)		
Naphthalene-1-sulfonate	85-47-2	intermediate additive industry	/							>95%	WWTP, Europe, 2006, (18)		
Naphthalene-2,6-disulfonate	1655-45-4	intermediate additive industry	/							80%	WWTP, Europe, 2006, (18)		
Naphthalene-2,7-disulfonate		intermediate additive industry	/							3%	WWTP, Europe, 2006, (18)		
Naphthalene-2-sulfonate	120-18-3	intermediate additive industry	/							>95%	WWTP, Europe, 2006, (18)		

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
Naphthalenesulfonic acids	68153-01-5	intermediate / additive industry											
Naproxen	22204-53-1	pharmaceutical	168	Germany, 2001, Consumption, (12)	3,2	15,9	1,003125	0,214	WWTP Berlin, 2007, (16)	75%; (65-95%)	WWTP Berlin, 2007, (16); S.468 WWTP NRW)	140	Daphnia magna EC50 24h, safety factor: 1000; (17) S.468
Nefazodone	83366-66-9	pharmaceutical			5,0								
N-Ethyl-4-toluenesulfonamide	80-39-7	intermediate / additive industry					1,80125	1,16875	WWTP Berlin, 2007, (16)	0,33	WWTP Berlin, 2007, (16)		
N-Formyl-4-aminophenazon	1672-58-8	metabolite					3,80	4,39		-16%	WWTP Berlin, 2007, (16)		
Nickel	7440-02-0	alloy metal	3 540 197	Germany, 2000,									

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
Nifedipine	21829-25-4	pharmaceutical	303	Consumption, (10) Germany, 2001, Consumption, (12)	2,2	56,3							
Nitritotriacetic acid	139-13-9	chelating agent	83 413	Germany, 1998, Consumption, (11)	-3,8	5,91E+04	80,25	1	WWTP Berlin, 2007, (16)	99%	WWTP Berlin, 2007, (16)		
Nonionic surfactants - group	group	additive detergent	2 590 388	Germany, 1997, Consumption, (11)									
Nonylphenol	25154-52-3	surfactant	3 548 004	Austria, 2002, Consumption, (2)	6,0	6,35				(84-92%, 50%, 90%, 55%), >95%	(17) S.492 0,33 51-26- NRW WWTP		fish, safety factor: 10; (2) S. 7
Nonylphenol carboxylate	dioethoxy	surfactant											

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
Nonylphenol dioethoxylate	20427-84-3	surfactant										0,33	fish, safety factor: 10; (2) S. 7
Nonylphenol ethoxylates		surfactant											
Nonylphenol monoethoxy carboxylate		surfactant											
Nonylphenol monoethoxylate	27986-36-3	surfactant										0,33	fish, safety factor: 10; (2) S. 7
Nonylphenoxy acetic acid	3115-49-9	surfactant			5,80							0,33	fish, safety factor: 10; (2) S. 7
Norethindrone	68-22-4	pharmaceutical			3,0	7,04							

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
Norfloxacin	70458-96-7	pharmaceutical			-1,0	1,78E+05							
Nystatin	1400-61-9	pharmaceutical	208	Germany, 2001, Consumption, (12)	7,1	360 (24°C)							
Octabromodiphenyl ethers - group	32536-52-0	flame retardant											
Octylphenol	140-66-9	surfactant	39 852	Germany, 2000, Consumption, (10)	4,9					85->95%	(17) S.495 WWTP NRW	0,1	safety factor: 100; (17) S.495
Octylphenol diethoxy carboxylate		surfactant											
Octylphenol monoethoxy carboxylate		surfactant											
Octylphenoethoxylate	9002-93-1	surfactant										0,1	fish, safety factor 100;; (2) S. 7

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
Opipramol	315-72-0	pharmaceutical	236	Germany, 2001, Consumption, (12)	3,4								
Orlistat	96829-58-2	pharmaceutical	136	Germany, 2001, Consumption, (12)									
o-Toluenesulfonamide	88-19-7	intermediate / additive industry			0,8	1620	0,68875	0,89875	WWTP Berlin, 2007, (16)	-44%	WWTP Berlin, 2007, (16)		
Oxaprozin	21256-18-8	pharmaceutical			4,2	8,8							
Oxazepam	604-75-1	pharmaceutical			2,2	179							
Oxytetracycline	79-57-2	pharmaceutical			-0,9	313							
Paracetamol	103-90-2	pharmaceutical	20 645	Germany, 2001, Consumption, (12)	0,5	1,40E+04	93,5		database, mean, n=4 (RSD=145%) (30)				

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
Penicillin G	61-33-6	pharmaceutical	214	Germany, 2001, Consumption, (12)	1,8	210							
Penicillin V	87-08-1	pharmaceutical	2 741	Germany, 2001, Consumption, (12)	2,1	101							
Penicillins - group	1406-05-9	pharmaceutical											
Pentabromodiphenyl ethers -group	32534-81-9	flame retardant	1 095	EU, 2000, Consumption, (10)									
Pentaerythritol tetranitrate	78-11-5	pharmaceutical	312	Germany, 2001, Consumption, (12)	2,4	43							
Pentoxifyllin	6493-06-5	pharmaceutical / antioxidant	2 491	Germany, 2001, Consumption, (12)	0,3	7,70E+04		0,533	database, mean, n=3 (RSD=11%); (30)				

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
Perfluorooctane acid	sulfonic 1763-23-1	surfactant											
Perfluorooctanoic acid	335-67-1	surfactant											
Phenanthrene	85-01-8				4,5	1,15							
Phenazone	60-80-0	pharmaceutical / preservative agent	825	Germany, 2001, Consumption, (12)	0,4	5,19E+04	0,09125	0,19125	WWTP Berlin, 2007, (16)	-112%, (30%)	WWTP Berlin, 2007, (16); S.457 WWTP NRW) ((17)	500	Brachdan io reria (fish), LC50 96h, safety factor: 1000; (17) S. 450
Phenobarbital	50-06-6	pharmaceutical			1,5	1110	0,24375	0,27625	WWTP Berlin, 2007, (16)	-12%	WWTP Berlin, 2007, (16)		
Phenoxyethanol	122-99-6	pharmaceutical	407	Germany, 2001, Consumption,	1,2	26700 (20°C)							

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
				(12)									
Phenytoin	57-41-0	pharmaceutical	242	Germany, 2001, Consumption, (12)	2,5	32 (22°C)							
Piperacillin	61477-96-1	pharmaceutical	449	Germany, 2001, Consumption, (12)	0,5	207							
Piracetam	7491-74-9	pharmaceutical	4 043	Germany, 2001, Consumption, (12)	-1,5	8,30E+04							
Polidocanol	3055-99-0	pharmaceutical	404	Germany, 2001, Consumption, (12)									
Polybrominated ethers - group	diphenyl	flame retardant											

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
Polycarboxylate - group	group	additive detergent	523 832	Germany, 1999, Consumption detergents, (8)									
Polycyclic Aromatic Hydrocarbons - group			74 104	Germany, air pollution, 1999, (10)									
Polyquaternium 10	81859-24-7	additive personal care									sorption sludge (11)	2,4	Fathead Minnow (fish) LC50 96h, safety factor: 1000; (11) S.136
Povidone	9003-39-8	pharmaceutical	16 050	Germany, 2001, Consumption, (12)									

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
Primidone	125-33-7	pharmaceutical	311	Germany, 2001, Consumption, (12)	0,9	500 (22°C)							
Propafenone	54063-53-5	pharmaceutical	346	Germany, 2001, Consumption, (12)	3,4								
Propanoldiaminetetracetic acid	4408-81-5	chelating agent											
Propiconazole	60207-90-1	preservative agent			3,7	110 (20°C)							
Propoxyphene	469-62-5	pharmaceutical			4,2	3,32	0,0273	0,0777	database, mean, n=3 (RSD=20%) / n=6 (RSD=50%); (30)				
Propranolol	525-66-6	pharmaceutical	216	Germany, 2001, Consumption, (12)	3,5	61,7	0,0748	0,236	database, mean, n=4 (RSD=41%) / n=9	(94-96%), >35%	(17) S.474 WWTP NRW	2,7	Daphnia magna EC50 24h,

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
													safety factor: 1000; (17) S.474
Propyphenazone	479-92-5	pharmaceutical	935	Germany, 2001, Consumption, (12)	1,9	3.00E+06 (15°C)	0,0375	0,04125	WWTP Berlin, 2007, (16)	-22%	WWTP Berlin, 2007, (16)		
Pseudoephedrine	90-82-4	pharmaceutical			0,9	1,06E+05							
p-Toluenesulfonamide	70-55-3	intermediate			0,8	3160	5,274	0,415	WWTP Berlin, 2007, (16)	92%	WWTP Berlin, 2007, (16)		
Pyranine	6358-69-6	coloring agent											
Pyrene	129-00-0	combustion residue / dyes			4,9	0,135							
Ranitidine	66357-35-5	pharmaceutical	2 850	Germany, 2001, Consumption,	0,3	2,47E+04							

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
					(12)								
Roxithromycin	80214-83-1	pharmaceutical	317	Germany, 2001, Consumption, (12)	2,8		0,062	0,0496	database, mean, n=5 (RSD=62%) / n=5(RSD=27%); (30)	60-70 %	(17) S.450 WWTP NRW	100	fish, LC50 96h, safety factor: 1000; (17) S. 450
Salbutamol	35763-26-9	pharmaceutical	14	Germany, 2001, Consumption, (12)									
Salicylic acid	69-72-7	pharmaceutical	2 380	Germany, 2001, Consumption, (12)	2,3	2240	223	2,5	database, mean, n=15 (RSD=78%) / n=5 (RSD=86%); (30)				
Sertraline	79617-96-2	pharmaceutical			5,3								

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
Sodium Citrate	994-36-5	additive detergent	520 495	Germany, 1999, Consumption detergents, (8)									
Sodium dodecyl sulfate	151-21-3	additive detergent / personal care			1,6	1,00E+05							
Sodium hypochlorite	7681-52-9	additive detergent, disinfectant											
Sodium lauryl ether sulfate	9004-82-4	additive personal care											
Sodium perborate	10486-00-7	additive detergent	1 651 571	Germany, 1999, Consumption detergents, (8)									
Sodium percarbonate	15630-89-4	additive detergent	924 213	Germany, 1999, Consumption detergents, (8)									

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
Sotalol	3930-20-9	pharmaceutical	885	Germany, 2001, Consumption, (12)	0,2	5510				40-45%	(17) S.454 WWTP NRW		
Spironolactone	52-01-7	pharmaceutical	288	Germany, 2001, Consumption, (12)	2,8	22							
Stilbene	588-59-0	additive detergent			4,8	0,292							
Sucralfate	54182-58-0	pharmaceutical											
Sulbactam	68373-14-8	pharmaceutical											
Sulfadiazine	68-35-9	pharmaceutical	53	Germany, 2001, Consumption, (9)	-0,1	77							
Sulfamethazine	57-68-1	pharmaceutical			0,9	1500 (29°C)	0,333		database, mean, n=3 (RSD=91%);				

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
(30)													
Sulfamethoxazole	723-46-6	pharmaceutical	1 780	Germany, 2001, Consumption, (12)	0,9	610 (37°C)	2,11	1,04	WWTP Berlin, 2007, (16)	50%; (25-35%)	WWTP Berlin, 2007, (16); ((17) S.462 WWTP NRW)	0,1	Lemna gibba NOEC, safety factor: 100; (17) S. 462
Sulfapyridine	144-83-2	pharmaceutical		Germany, 2001, Consumption, (12)	0,4	268							
Sulfasalazine	599-79-1	pharmaceutical	1 199	Germany, 2001, Consumption, (12)	3,8								
Sulfophenylcarboxylates		metabolite					57		WWTP, Europe, 2006, (18)	>95%	WWTP, Europe, 2006, (18)		
Sulpiride	15676-16-1	pharmaceutical	222	Germany, 2001,	0,6	2280							

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
				Consumption, (12)									
Talinolol	57460-41-0	pharmaceutical											
Tamoxifen	10540-29-1	pharmaceutical			6,3		0,17	0,421	database, mean, n=3 (RSD=23%) / n=6 (RSD=59%); (30)				
Tebuconazole	107534-96-3	preservative agent			3,7	36 (20°C)							
Terbutaline	23031-25-6	pharmaceutical	4	Germany, 2001, Consumption, (12)	0,9	2,13E+05							
Terbuthryn	886-50-0	preservative agent			3,7	25 (20°C)							
Terbutylazine	5915-41-3	preservative agent			3,2	8.5 (20°C)							

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
Testosterone													
Tetraacetythylenediamine	10543-57-4	additive detergent	437 083	Germany, 1999, Consumption detergents, (8)	-0,1	1000		5	PEC, (23) S.19	97%	simulated, (23) S.17	500	algae,safety factor: 1000; (23) S.25
Tetrabromodiphenyl ethers - group	40088-47-9	flame retardant											
Tetracycline	60-54-8	pharmaceutical	51	Germany, 2001, Consumption, (9)	-1,3	231	0,457	0,283	database, mean, n=6 (RSD=43%) / n=4 (RSD=135%); (30)				
Theophylline	58-55-9	pharmaceutical	4 563	Germany, 2001, Consumption, (12)	0,0	7360							
Thioctic acid	62-46-4	pharmaceutical	1 732	Germany, 2001, Consumption, (12)	3,4	127							

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
Ticlopidine	55142-85-3	pharmaceutical	193	Germany, 2001, Consumption, (12)									
	20380-58-9	pharmaceutical	536	Germany, 2001, Consumption, (12)	3,7								
Tildine													
Tinopal cbs-X	38775-22-3	additive detergent	16 400	EU, 1994, Consumption, (11)			4	1	München, 1993; (11)	53%	Zürich; 1994; (11) (no biodegradation)		
Tinopal dms-x	16090-02-1	additive detergent	12 639	EU, Production, 2001, (21) S. 10	-1,5	1 800 (20°C)				85%	Glatt CH, (21) S.11, (adsorption)	250	algae, safety factor: 100; (21)
Toluene sulfonate, Na	12068-03-0	additive detergent / personal care	102 318	total hydrotrope, EU, 2002, Consumption, (22) S.10	-2,4	1 000	1160		PEC for total hydrotrope in WWTP influent, (22) S.13	87%	simulated (22) S.12	230	extrapolate from xylene and Cumene

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
Toluenesulfonamide -group	1333-07-9				0,9	1,14E+04							sulfonates, algae, safety factor: 1000; (22) S.16
Tonalide	1506-02-1	additive personal care	2 613	EU, 1998, Consumption, (9)	5,7	1,25	0,99	0,162	(effluent Berlin, 2001, =2.2 µg/L; (24)S.13); database, mean, n=8(RSD=50%) / n=8 (RSD=11%); (30)	50 - 90%	(24) S.34; (70-90% biodegradati on ??, 40-65% Sorption (17) S.410 WWTP NRW)	3,5	NOEC fathead minnow 36d, zebrafish 2006 32d,safety factor: 10; ((17) S.410) / (24) S.50
Torseamide	56211-40-6	pharmaceutical											

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
Tramadol	27203-92-5	pharmaceutical	991	Germany, 2001, Consumption, (12)	3,0								
Trenbolone		aid fattening of livestock											
Tri (2-butoxyethyl) phosphate	78-51-3	plasticizers			3,8	1100				(89-96%, 77%), >95%	(17) S.424 68 WWTP NRW		fish, safety factor: 100; (17) S.424
Tri-(2-chloroisopropyl) phosphate	13674-84-5	plasticizers / flame retardant			2,6	1200				25 -60%	(17) S.426 120 WWTP NRW		Algentox. NOEC, safety factor: 50 (17) S.426
Triamterene	396-01-0	pharmaceutical	525	Germany, 2001, Consumption, (12)	1,0	48,2							

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
Tributyl phosphate	126-73-8	plasticizers			4,0	280				80-90%	(17) S.430 WWTP NRW	82	Oncorhynchus mykiss (fish) NOEC 95d, safety factor: 10; (17) S.430
Tributyltin cation (properties for Tributyltin oxide)	36643-28-4	preservative agent	2 737	Germany, Consumption ofTributyltin oxide, (10)	4,1	19,5	0,0137	0,0065	Median of 17 WWTP Austria (17) S. 438	80-90% (sum butyltin compounds) (90-98%)	(17) S. 438 WWTP NRW	0,0003	as µg Sn / L for Pimephales promelas (fish), safety factor: 10; molusken EC50 0.0054 µg Sn / L

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
Trichlorobenzenes	12002-48-1	solvent			3,9	30							; (17) S.438
Triclosan	3380-34-5	additive detergent, disinfectant			4,8	10 (20°C)		0,194	database, mean, n=5 (RSD=70%); (30)	90 - >95%	(17) S.417 WWTP NRW	0,05	Scenedesmus subspicatus NOEC, safety factor: 10; (17) S.418
Tri-iso-butylphosphat	126-71-6	plasticizers / flame retardant			3,6					70-90%	(17) S.432 WWTP NRW		
Trimethoprim	738-70-5	pharmaceutical	379	Germany, 2001, Consumption, (12)	0,9	400	0,449	0,214	database, mean, n=10 (RSD=94%) / n=17 (RSD=87%); (30)	75 - >90%	(17) S.456 WWTP NRW	180	bacteria activated sludge EC50, safety factor:

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
Trimipramine	739-71-9	pharmaceutical	197	Germany, 2001, Consumption, (12)	5,4								100; (17) S.456
Triphenyl phosphate	115-86-6	plasticizers / flame retardant			4,6	1,9				90-95%	(17) S.428 WWTP NRW	0,14	Salmo gairdneri (fish) NOEC, safety factor: 10; (17) S.428
Triphenyltin	668-34-8												
Tris(1,3-dichloro-2-propyl)phosphate	13674-87-8	plasticizers / flame retardant			3,7	7 (24°C)				40-45%	(17) S.420 WWTP NRW	56	Oncorhynchus mykiss (fish) NOECsafety factor:

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
Tris-(2-chlorethyl)-phosphate	115-96-8	plasticizers / flame retardant			1,4	7000				35-40%	(17) S.420 65 WWTP NRW	65	(17)
Troglitazone	97322-87-7	pharmaceutical											
Troxerutin	7085-55-4	pharmaceutical											
Tylosin	1401-69-0	pharmaceutical			1,6	5							
Valproate	99-66-1	pharmaceutical	2 194	Germany, 2001, Consumption, (12)	2,8	2000 (20°C)							
Valsartan	137862-53-4	pharmaceutical	438	Germany, 2001, Consumption, (12)									
Vancomycin	1404-90-6	pharmaceutical	35	Germany, 2001,									

10, (17)

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
Verapamil	52-53-9	pharmaceutical	2 270	Consumption, (9) Germany, 2001, Consumption, (12)	3,8	4,47							
Wayplex 55S	15827-60-8	additive detergent	96 759	Germany, 1999, Consumption total phosphonate in detergents, (8)	-3,4	5,00E+05		63	PEC local water, S.23 ??	>85%, 97% (27) reliability	WWTP Denmark, (27) S.20	520	(27) S.32
Xylene sulfonate, Ca	28088-63-3	additive detergent / personal care	102 318	total hydrotrope, EU, 2002, Consumption, (22) S.10	-2,7		1160		PEC for total hydrotrope in WWTP influent, (22) S.13	87%	simulated (22) S.12	230	algae, safety factor: 1000; (22) S.16
Xylene sulfonate, Na	1300-72-7	additive detergent / personal care	102 318	total hydrotrope, EU, 2002, Consumption, (22) S.10	-1,8	1 000	1160		PEC for total hydrotrope in WWTP influent, (22) S.13	87%	simulated (22) S.12	230	algae, safety factor: 1000; (22) S.16

Compound	CAS Registry Number	Application class	Consumption / Production per capita (µg/(person*d))	basis, year, references	log Kow	Water Solubility (mg/L) 25°C	WWTP influent mean (µg/L)	WWTP effluent mean (µg/L)	location, year,reference	WWTP removal rate (%)	- notes, location, year reference	PNEC (µg/L)	organism, year, safety factor, reference
Xylene sulfonate, NH4	26447-10-9	additive detergent / personal care	102 318	total hydrotrope, EU, 2002, Consumption, (22) S.10		54	1160		PEC for total hydrotrope in WWTP influent, (22) S.13	87%	simulated (22) S.12	230	algae, safety factor: 1000; (22) S.16
Zeolite A	1344-00-9	additive detergent / tablets	4 654 346	Germany, 2000, Consumption, (24) S.10	-1,0	1				90%	(24) S.9 (inorganic compound, no biodegradati on)	3 700	aquatic organism, safety factor: 10; (24)S.18
Zinc	7440-66-6	corrosion inhibitor / additive tyres											

Literatur zum Anhang

- (1) Nicell, J. A., S. Barnabé, I. Beauchesne, und D. G. Cooper. 2008. *Plasticizers and their degradation products in the process streams of Alarge urban physicochemical sewage treatment plant*. Water Research 42: 153– 162.
- (2) Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft 2003: *Hormonwirksame Stoffe in Österreichs*

Gewässern – ein Risiko? Ergebnisse aus drei Jahren Forschung

http://gpool.lfrz.at/gpoolexport/media/file/gefaehrliche_Stoffe_in_Oberflaechengewaesser_-_Endbericht_fertig_120405.pdf

- (3) ChemIDplus Compounds database
<http://chem.sis.nlm.nih.gov/chemidplus/ProxyServlet?objectHandle=Search&actionHandle=clear&nextPage=chemidheavy.jsp>
- (4) Reddersen, K. 2004: *Das Verhalten von Arzneimittelrückständen im Wasserkreislauf Berlins*, Dissertation
- (5) Reemtsma, T.; Presentation - *Fate of micropollutants in wastewater treatment*; TU-Berlin
- (6)/ Ternes, Thomas A., Adriano Joss 2006: *Human Pharmaceutical, Hormones and Fragrances - The challenge of*
- (9) *micropollutants in urban water management*, IWA Publishing, ISBN 1843390930
- (7) Reemtsma, T., M. Jekel 2006: *Organic Pollutants in the Water Cycle : Properties, Occurrence, Analysis and Environmental Relevance of Polar Compounds*, Wiley-VCH-Verlag, ISBN 3-527-31297-8
- (8) UBA <http://www.umweltbundesamt.de/chemikalien/waschmittel/trends.htm#Daten>
- (10) E. Böhm T. Hillenbrand: *Ermittlung der Quellen für die prioritären Stoffe nach Artikel 16 der Wasserrahmenrichtlinie und Abschätzung ihrer Eintragsmengen in die Gewässer in Deutschland*
- (11) Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft 2001: *Moderne Wasch- und Reinigungsmittel - Umweltwirkungen und Entwicklungstendenzen*, Oldenburg Industrieverlag München, ISBN3-486-26492-3
- (12) LANUV. 2007. *Eintrag von Arzneimitteln und deren Verhalten und Verbleib in der Umwelt. Literaturstudie*. Fachbericht 2, p. 358. IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung gemeinnützige GmbH, Mülheim a.d. Ruhr.
- (13) Bürge, I. J., T. Poiger, M. D. Müller, H.-R. Buser: *Combined Sewer Overflows to Surface waters detected by the Anthropogenic Marker Caffeine*, in: *Environmental Science and Technology* 40 (2006) Nr. 13,
- (14) H.-R. Buser: *Occurrence and Environmental Behavior of the Chiral Pharmaceutical Drug Ibuprofen in Surface Waters and in*

- Wastewater*, in: Environmental Science and Technology 33 Nr. 15,
- (15) Buser, H.-R., M. D. Müller, und T. Poiger. 1999. *Occurrence and fate of the pharmaceutical drug diclofenac in surface waters: Rapid photodegradation in Alake*. Environmental Science and Technology 32: 3449-3456.
- (16) Mieke U.: Dissertation am Fachgebiet Wasserreinigung / Technischer Umweltschutz der TU Berlin, Veröffentlichung in Vorbereitung, 2008
- (17) Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen 2006: Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben Untersuchungen zum Eintrag und zur Elimination von gefährlichen Stoffen in kommunalen Kläranlagen, Teil 2,
- (18) Reemtsma, T. 2006: *Polar Pollutants Entry into the Water Cycle by Municipal Wastewater: A European Perspective*, in: Environmental Science and Technology 40 (2006), S. 5451-5458
- (19) Reemtsma, T., M. Jekel, A. Klopfer 2005: *Occurrence, Sources, and Fate of Benzothiazoles in Municipal Wastewater Treatment Plants*, in: Environmental Science and Technology 39 (2005), S. 3792-3798
- (20) Reemtsma, T. 2006: *Discharge of Three Benzotriazole Corrosion Inhibitors with Municipal Wastewater and Improvements by Membrane Bioreactor Treatment and Ozonation*, in: Environmental Science and Technology 40(2006), S. 7193-7199
- (21) Human & Environmental Risk Assessment on ingredients of European household cleaning products Substance 2004: *Fluorescent Brightener FWA-1 (CAS 16090-02-1)*
[http://www.heraproject.com/files/23-F-04-HERA-FWA1\(Version%203_1%20\).pdf](http://www.heraproject.com/files/23-F-04-HERA-FWA1(Version%203_1%20).pdf)
- (22) Human & Environmental Risk Assessment on ingredients of household cleaning products 2005: *Hydrotropes*,
<http://www.heraproject.com/files/24-F-HERA%20Hydrotropes%20Sept%202005.pdf>
- (23) Human & Environmental Risk Assessment on ingredients of European household cleaning products: *Tetraacetylenediamine*

(TAED)

<http://www.heraproject.com/files/2-F-04-HERA%20TAED%20full%20web%20wd.pdf>

- (24) Human & Environmental Risk Assessment on ingredients of European household cleaning products 2004: *Zeolite A*,
<http://www.heraproject.com/files/8-F-04-%20HERA%20Zeolite%20full%20V3%20web%20wd.pdf>
- (25) Human & Environmental Risk Assessment on ingredients of Household Cleaning Products 2004: *Polycyclic musks AHTN and HHCB*
<http://www.heraproject.com/files/28-E-36551E10-F8EF-E807-E4199B9BB0076A9F.pdf>
- (26) Human & Environmental Risk Assessment on ingredients of European household cleaning products: *LAS-Linear Alkylbenzene Sulphonate*
http://www.heraproject.com/files/4-F-HERA_LASFinalReport2007revision10_07.pdf
- (27) Human & Environmental Risk Assessment on ingredients of European household cleaning products 2004: *Phosphonates*,
<http://www.heraproject.com/files/30-F-04-%20HERA%20Phosphonates%20Full%20web%20wd.pdf>
- (28) Human & Environmental Risk Assessment on ingredients of European household cleaning products: *Cocamidopropyl betaine (CAPB)*
<http://www.heraproject.com/files/45-HH-05-Final%20CAPB-HH-Fraunhofer-2806.pdf>
- (29) Sumpter, John P. 2008: *The ecotoxicology of hormonally active micropollutants* , in: Environmental Science and Technology 57(2008) Nr. 1, S. 125-130
- (30) Miege, C. 2008: *Removal efficiency of pharmaceuticals and personal care products with varying wastewater treatment processes and operating conditions - Conception of Adatabase and first results* , in: Water Science and Technology 57 Nr. 1, S. 49-56
- (31) Felis, E., Marciocha, D., Surmacz-Gorska, J., Miksch, K. 2007: *Photochemical degradation of naproxen in the aquatic environment*, in: Water Science and Technology 55 Nr. 12, S. 281-286