



**MINISTERIUM
FÜR EIN
LEBENSWEITES
ÖSTERREICH**

bmlfuwgv.at

SPURENSTOFFEMISSIONEN AUS SIEDLUNGSGEBIETEN UND VON VERKEHRS- FLÄCHEN



IMPRESSUM



Medieninhaber und Herausgeber:
BUNDESMINISTERIUM
FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT
Stubenring 1, 1010 Wien

Text und Redaktion: Manfred Clara, Günter Gruber, Franko Humer, Thomas Hofer, Florian Kretschmer, Thomas Ertl, Christoph Scheffknecht und Georg Windhofer

Bildquellen: die Autoren (falls nicht anders angegeben), Titelbild D.Krämer

Karten: Irene Zieritz

Konzept und Gestaltung: Manfred Clara

Lektorat: Thomas Ertl, Günter Gruber, Thomas Hofer, Florian Kretschmer, Christoph Scheffknecht, Georg Windhofer, Mario Unterwainig und Karin Deutsch

Druck: Gedruckt nach der Richtlinie „Druckerzeugnisse“ des Österreichischen Umweltzeichens.



Zentrale Kopierstelle des BMLFUW, UW-Nr. 907.

Alle Rechte vorbehalten.

Wien, Oktober 2014

S C H T U R M

Spurenstoffemissionen urbaner Siedlungsgebiete aus Kläranlagen, Regen- und Mischwasserentlastungen (GZ B102003)

Belastung von Grund- und Oberflächengewässern mit organischen und anorganischen Mikroverunreinigungen durch Emissionen von Verkehrsflächen (BMLFUW-UW.3.1.4/0120-VII/1/2011)

Zitiervorschlag:

Clara, M., Ertl, T., Giselbrecht, G., Gruber, G., Hofer, T., Humer, F., Kretschmer, F., Kolla, L., Scheffknecht, C., Weiß, S. und Windhofer, G. (2014). Spurenstoffemissionen aus Siedlungsgebieten und von Verkehrsflächen. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien, Österreich.

Inhalt

1	Summary	9
2	Kurzfassung	11
3	Einleitung	13
3.1	Hintergrund	13
3.2	Ziele	14
3.3	Spurenstoffe in unterschiedlichen Eintragspfaden	16
3.4	Stoffauswahl	19
3.5	Untersuchungsgebiete	20
3.5.1	Siedlungsgebiete	20
3.5.2	Verkehrsflächen	21
3.5.3	Grundwasser	21
4	Methodik	22
4.1	Probenahme	22
4.2	Chemische Analytik	27
4.3	Abflussberechnungen	31
4.3.1	Datenerfordernisse / Eingangsdaten	31
4.3.2	Datenunsicherheit	33
5	Ergebnisse	34
5.1	Abflussberechnungen	34
5.1.1	Eingangsdaten	34
5.1.2	Quantifizierte Eintragspfade	38
5.1.3	Datenunsicherheit und Plausibilitätsprüfung	42
5.2	Vorkommen organischer und anorganischer Spurenstoffe in unterschiedlichen Eintragspfaden	44
5.2.1	Rückhalt von Spurenstoffen	55
5.3	Emissionsfrachtabschätzung	58
5.3.1	Untersuchte Siedlungsgebiete	59
5.3.2	Bundesländer	69
5.3.3	Planungsräume	74
5.3.4	Emissionen zur Versickerung	79
5.3.5	Unsicherheiten	80
6	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	83
7	Referenzen	89
8	Annex	97
8.1	Annex I: Spurenstoffe in unterschiedlichen Eintragspfaden in Grund- und Oberflächengewässer	97
8.1.1	Atmosphäre	97
8.1.2	Kläranlagenabläufe (gereinigtes Abwasser)	98
8.1.3	Mischwasserentlastungen	99
8.1.4	Niederschlagswasserableitungen aus Trennkanalisationen	101
8.1.5	Niederschlagswasserableitungen von Verkehrsflächen	102
8.2	Annex II: Stoffeingrenzung und Stoffauswahl	105
8.2.1	Kläranlagenablauf (gereinigtes kommunales Abwasser)	105
8.2.2	Mischwasserentlastungen	105
8.2.3	Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen	107
8.2.4	Straßenabwässer	107
8.2.5	Zusammenfassung	108
8.3	Annex III: Beschreibung der untersuchten Siedlungsgebiete, Straßenabschnitte und Grundwasserkörper	111

8.3.1	Siedlungsgebiet 1: Graz	111
8.3.2	Siedlungsgebiet 2: Einzugsgebiet des Abwasserverbandes Region Hofsteig / Vorarlberg	123
8.3.3	Siedlungsgebiet 3: Einzugsgebiet Linz und Umgebung - Regionalkläranlage Linz Asten	126
8.3.4	Siedlungsgebiet 4: Niederschlagswasserableitung aus der Trennkanalisation in einem Siedlungsgebiet im Osten Österreichs	134
8.3.5	Straßenabschnitt 1: Autobahnbrücke der A2 über die Mur	137
8.3.6	Straßenabschnitt 2: Retentionsfilterbecken L202 in Hard/Lauterach	138
8.3.7	Straßenabschnitt 3: A1 Autobahnregenbecken Mönchgraben	139
8.3.8	Grundwasser	139
8.4	Annex IV: Probenahme	145
8.4.1	Arten der Probenahme	145
8.4.2	Randbedingung zur Durchführung von angestrebten, volumenproportionalen Probenahmen	150
8.4.3	Art und Anzahl der Probenahmen im Projekt	152
8.4.4	Mischwasserentlastung	152
8.4.5	Niederschlagswasserkanalisation	156
8.4.6	Kläranlagenzu- und ablauf	158
8.4.7	Deposition	159
8.4.8	Straßenabwasserproben	160
8.4.9	Grundwasser	163
8.5	Annex V: Bestimmungs- und Nachweisgrenzen sowie Güteziele der untersuchten Spurenstoffe	164
8.6	Annex VI: Abflussberechnung	167
8.6.1	Methodik	167
8.6.2	Ergebnisse	179
8.7	Annex VII: Vorkommen organischer und anorganischer Spurenstoffe in unterschiedlichen Eintragspfaden	202
8.7.1	Deposition	202
8.7.2	Niederschlagswasserkanal bei Trennkanalisationen	209
8.7.3	Mischwasser	215
8.7.4	Kommunales Abwasser bei Trockenwetter	235
8.7.5	Straßenabwasser	244
8.7.6	Grundwasser	252
8.7.7	Vergleich unterschiedlicher Eintragspfade	256
8.8	Annex VIII: Frachtberechnungen	261
8.8.1	Bundesländer	261
8.8.2	Planungsräume	274
8.8.3	Karten	287
8.9	Annex IX: Beschreibung der beprobten Ereignisse	310
8.9.1	Charakterisierung der beprobten Mischwasserereignisse im Untersuchungsgebiet Graz	310
8.9.2	Charakterisierung der beprobten Mischwasserereignisse im Untersuchungsgebiet Linz	319
8.9.3	Charakterisierung der beprobten Niederschlagswassereinleitungen aus der Trennkanalisation im Untersuchungsgebiet im Osten Österreichs	331
8.9.4	Charakterisierung der Trockenwetterproben (Zu- und Ablauf) der RKL Linz Asten	337
8.9.5	Charakterisierung der Straßenabwasserproben bei der A2 Autobahnbrücke über die Mur	343
8.9.6	Zusammenstellung der Proben aus dem Einzugsgebiet des Abwasserverbandes Region Hofsteig	350

Projektpartner



Dr. Manfred Clara
Dipl.-Ing. Georg Windhofer
Dr. Stefan Weiß
Umweltbundesamt GmbH
Spittelauer Lände 5, 1090 Wien



Dr. Christoph Scheffknecht
Institut für Umwelt und Lebensmittelsicherheit des
Landes Vorarlberg
Montfortstraße 4, 6901 Bregenz



Dipl.-Ing. Gerhard Giselbrecht
Abwasserverband Region Hofsteig
Mockenstraße 42, 6971 Hard



Dr. Günter Gruber
Dipl.-Ing. Thomas Hofer
Technische Universität Graz
Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Land-
schaftswasserbau
Stremayrgasse 10/I, 8010 Graz



Dr. Thomas Ertl
Dipl.-Ing. Florian Kretschmer
Universität für Bodenkultur Wien
Institut für Siedlungswasserbau, Industrierwasserwirt-
schaft und Gewässerschutz (SIG)
Muthgasse 18, 1190 Wien



Dr. Rainer Braun
Dipl.-Ing. Manfred Höfler
Amt der Oberösterreichischen Landesregierung
Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft
Abteilung Oberflächengewässerwirtschaft
Kärntnerstraße 10-12, 4021 Linz

Mitarbeiter bei dem Projekt:

Umweltbundesamt

Manfred Clara
Monika Denner
Katrin Gut
Werner Hartl
Martin Hölzl
Franko Humer
Andreas Knieschek
Wolfgang Moche
Sandra Reinnicke
Martin Salfinger
Stefan Seyfert
Markus Simon
Andrea Sitka
Yvonne Spira
Martina Tietze
Stefan Weiß
Georg Windhofer
Birgit Köhler-Vallant
Irene Zieritz

Umweltinstitut Vorarlberg

Christoph Scheffknecht
Rainer Florineth
Norbert Lerchster
Monika Schmieder

Wasserverband Region Hofsteig

Gerhard Giselbrecht
Team Wasserverband Region Hofsteig

Technische Universität Graz

Arthur Fischer-Colbrie
Roland Fuchs
Valentin Gamerith
Harald Gerhold
Günter Gruber
Thomas Hofer
Dirk Muschalla
Florian Pleinert
Bernd Stojanovic
Lisa Weißensteiner

Linz AG

RKL Linz-Asten / IWA Asten

Peter Schweighofer
Friedrich Hochegger
Martin Hochedlinger
Thomas Gamperer
Erwin Ertl
Johann Schininger
Manfred Kaltenberger
Team RKL
Harald Pichler
Rita Mussak
Andreas Heisinger
Team IWA

Universität für Bodenkultur Wien

Thomas Ertl
Florian Kretschmer
Lukas Kolla

Siedlungsgebiet Osten

Team Siedlungsgebiet Osten

Amt der Oberösterreichischen Landesregierung

Rainer Braun
Manfred Höfler
Robert Schamberger

1 Summary

Micropollutants are discharged to surface waters via various pathways. Whereas the occurrence of micro pollutants in sewage and their behaviour during wastewater treatment is investigated intensively and data is available for a large number of substances, the information on the occurrence of micro pollutants in especially diffuse pathways is very limited. However, this information is essential for a catchment or river basin specific assessment.

Therefore the project investigated the occurrence of micro pollutants in different emission pathways in order to generate a first database. The focus was set on the investigation of discharges via treated wastewater, combined sewer overflows and discharges of rainwater from separated sewer systems. Additionally also other diffuse inputs were investigated, as via deposition or via discharges from sealed surfaces as roads. Also some groundwater samples were analysed, aiming at getting a first impression on the occurrence of the project substances in the groundwater. The small sample number does not allow any detailed analysis, but the results highlight, that many of the investigated micro pollutants are detectable in the groundwater and indicate a need for further research.

One of the main challenges in the project was the generation of event based representative samples which allow an estimation of yearly emitted loads. In order to generate the necessary volume proportional composite samples for defined discharge events, suitable sampling stations had to be identified, equipped accordingly and a sampling strategy had to be developed. This topic was conducted successfully and the samples could be generated.

The investigated micro pollutants were present in different number and different extent in the analysed samples. Especially metals (cadmium, nickel, zinc, copper and mercury), the industrial chemicals nonylphenols and bisphenol-A, the organotin compounds tributyltin and dibutyltin, the perfluorinated compounds PFOS and PFOA as well as polybrominated diphenylethers were detected in most samples. In the raw sewage samples as well as in the surface/road runoff samples also phthalates and polycyclic aromatic hydrocarbons are frequently detected.

Beside the generation of a database on the occurrence of micropollutants in diffuse discharge pathways the project also aimed at performing a comparison of different discharge pathways on a load basis. In order to perform such a comparison it was necessary to quantify the discharged wastewater flows and to assign wastewater and rainwater to combined and separated sewer systems. Several input data and assumptions were necessary to calculate these wastewater flows. The calculation was done at agglomeration level for 790 agglomerations and the discharged treated wastewater, the discharged rainwater from separated sewer systems as well as discharges from combined sewer overflows were estimated. Additionally also the runoff from the road and traffic system was assessed in order to estimate discharges from rural (not urban) areas.

Based on the measurements and the calculations on discharged flows a comparison of discharges on a load basis was performed. The assessment was done for all agglomerations and their aggregation at province or river sub-basin level. This aggregated assessment also includes discharges from roads in rural areas and based on this assessment an assignment of micro pollutants to main discharge pathways occurred. A substance is assigned to a determined discharge pathway, when the relative load discharged via this pathway amounts to 50 % or more of the cumulated total discharge of the four discharge pathways. The results of this assignment are summarised as follows:

- Via the effluent of wastewater treatment plants predominantly hydrophilic and persistent substances as well as degradation products are discharged. Perfluorinated compounds as PFOS and PFOA, hormones as estrone as well as plant protection product active substances as diuron or isoproturon and metabolites as chloridazon-desphenyl or chloridazon-methyl-desphenyl have to be mentioned.

- Via combined sewer overflows or rainwater discharges from separated sewer systems mainly metals, degradable substances, which are present in the raw sewage in high concentrations as well as transformation products are emitted. The metals cadmium, zinc or copper, the industrial chemicals nonylphenols and bisphenol-A but also some phthalates are assigned to this emission pathways. Generally the discharges of rainwater from separated sewer systems are of higher relevance than those from combined sewer overflows. This is at least partly attributed to the relatively high discharged wastewater amounts via this pathway in comparison to the combined sewer discharges. Presently most of these wastewaters are discharged without any treatment in Austria and represent relevant emission pathway for several micro pollutants. It will be necessary, defining criteria in order to characterise the required quality of a discharge and also to set measures to meet these criteria. Actually no such criteria are available.
- Via road runoff predominantly phthalates and polycyclic aromatic hydrocarbons are discharged into surface waters. Investigations on treatment facilities for road runoff resulted in high removals for these compounds. The investigated treatment facilities included a sedimentation followed by constructed wetlands. Actually many efforts are put in the construction of such treatment systems along the main road systems. It is to be assumed that the emissions from roads to surface waters will decrease if this trend holds on.

Additionally to the loads discharged directly to surface waters also the loads of micropollutants destined to infiltration were calculated. No conclusions on the behaviour of these substances during soil passage can be derived and it is not possible to assess the amount reaching the groundwater. Nevertheless, the few investigated groundwater samples proofed, that several of the analysed micropollutants are present in the groundwater, including substances as tributyltin compounds or polybrominated diphenylethers. Many of these compounds are reaching the surface via deposition and may be transposed into the groundwater with the rainwater. Further research is needed in order to evaluate the occurrence of micropollutants in the groundwater and to assess the behaviour during the soil passage.

The measurements in the deposition as well as in the groundwater highlight, that beside the investigated discharge pathways (treated wastewater discharges, combined sewer overflows, rainwater discharges from separated sewer systems and surface/road runoff) also other diffuse discharges may contribute notably to the total emissions of micropollutants to surface waters. Beside deposition and groundwater also erosion, surface flows from rural areas (not sealed areas) or drainages have to be mentioned. However, it will not be possible, neither now nor in future, to measure all relevant micropollutants in all potentially relevant discharge pathways. Therefore the development, establishment and application of catchment or river basin based modelling tools are essential. Actually such models are always applied for nutrients and these models are used as decision management tools as they enable the development of different scenarios in order to evaluate various measures. Developments of these or new model approaches definitely are interesting for micropollutants too, even under the consideration that data availability for micropollutants will never be as dense as for nutrients. Nevertheless, the development and establishment of instruments or tools allowing an assessment of all emission pathways at catchment or river basin level will be necessary.

2 Kurzfassung

Spurenstoffe gelangen über verschiedene Eintragspfade in die Gewässer. Während kommunale Kläranlagen bereits seit geraumer Zeit auf das Vorkommen von Spurenstoffen im Abwasser und auf das Verhalten von Spurenstoffen bei der Abwasserreinigung untersucht werden, liegen für andere Eintragspfade, vor allem für diffuse Stoffeinträge, nur sehr begrenzt Daten vor. Im Zuge der wasserwirtschaftlichen Planung ist es aber erforderlich, alle Eintragspfade in den Bewertungen zu berücksichtigen, um mit den verfügbaren Mitteln einen optimalen Nutzen zu erzielen. Aufgrund der zunehmenden Komplexität ist zudem davon auszugehen, dass isolierte Maßnahmen nur begrenzte Wirkungen zeigen und vielmehr unterschiedliche Ansätze kombiniert werden müssen, die auch lokale bzw. regionale Faktoren in die Bewertung einfließen lassen.

Im Rahmen des Projektes wurden daher unterschiedliche Eintragspfade untersucht, um eine erste Datengrundlage zum Vorkommen von Spurenstoffen in diesen Eintragspfaden zu schaffen. Bei den Untersuchungen lag der Schwerpunkt auf Siedlungsgebieten und deren Emissionen in Gewässer über Abwassereinleitungen über Kläranlagenabläufe, Mischwasserentlastungen und Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen. Zudem wurden auch andere diffuse Eintragspfade wie die Deposition (Gesamtdeposition) und Straßenabwässer untersucht. Einige wenige Grundwasserproben wurden auch berücksichtigt. Bei den Grundwasseruntersuchungen lag das Ziel darin, einen ersten Überblick zu bekommen, welche von den untersuchten Spurenstoffen auch im Grundwasser nachweisbar sind. Aus den wenigen verfügbaren Proben sind keine detaillierten Auswertungen möglich. Die Ergebnisse zeigen, dass viele der untersuchten Spurenstoffe in einzelnen Grundwasserproben vorkommen.

Eine Herausforderung stellte die ereignisbasierte, repräsentative Probenahme dar. Um mengenproportionale Proben von Entlastungsereignissen zu generieren, war es erforderlich, geeignete Probenahmestellen zu identifizieren und entsprechend auszurüsten, die Probenahmesysteme zu parametrieren und ereignisabhängig ein ausreichendes Probenvolumen für die nachfolgenden chemischen Analysen zu gewinnen. Im Rahmen des Projektes ist es gelungen, eine entsprechende Probenahmestrategie zu entwickeln und umzusetzen und die vorgesehenen mengenproportionalen Proben in den verschiedenen Eintragspfaden zu ziehen.

Die untersuchten Spurenstoffe waren in unterschiedlichem Umfang und in unterschiedlichen Konzentrationen in den Abwasserproben nachweisbar. Hervorzuheben sind die Metalle (Cadmium, Nickel, Kupfer, Zink und Quecksilber), die Industriechemikalien Nonylphenole und Bisphenol-A, die Organozinnverbindungen Tributyl- und Dibutylzinn, die perfluorierten Tenside PFOA und PFOS sowie die polybromierten Diphenylether. In den Kläranlagenzulaufproben und auch in den Straßenabwasserproben sind zudem Phthalate und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe zumeist nachweisbar.

Neben der Schaffung einer ersten Datengrundlage zum Vorkommen von Spurenstoffen in unterschiedlichen Eintragspfaden war ein weiteres Projektziel der frachtbasierte Vergleich dieser Eintragspfade zur Identifikation von Haupteintragspfaden. Dazu war es erforderlich, die Abwasserströme hydraulisch zu quantifizieren, den Niederschlagswasser- sowie den Schmutzwasseranfall zu berechnen und den Niederschlagswasseranfall auf Trenn- und Mischsysteme aufzuteilen. Um diese Berechnung durchführen zu können, waren zahlreiche Eingangsdaten zu erheben, sowie Annahmen zu treffen. Basierend auf diesen Daten wurden die Abwassermengen abgeschätzt, die über Kläranlagenabläufe, über Mischwasserentlastungen und über Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen in die Gewässer emittiert werden. Diese Berechnungen erfolgten auf Siedlungsgebietsebene, wofür 790 Siedlungs- bzw. Kläranlageneinzugsgebiete ausgewertet wurden. Zudem wurden die Straßenflächen ermittelt und die Abflüsse von Verkehrsflächen berechnet.

Basierend auf den Spurenstoffuntersuchungen in den unterschiedlichen Eintragspfaden und auf den Abflussberechnungen erfolgte die Frachtabschätzung. Die Frachtabschätzung wurde auf Basis der Siedlungsgebiete durchgeführt und die Frachten der einzelnen Siedlungsgebiete wurden auf unterschiedliche Aggregationsstufen (z. B. Bundesländer, Planungsräume) aufsummiert. Bei der bundesland- bzw. planungsraum-spezifischen Bewertung wurden zudem die außerurbanen Verkehrsflächen berücksichtigt und ein Vergleich

jener Frachten erstellt, die über Kläranlagenabläufe, Mischwasserentlastungen, Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen und über Straßenabwassereinleitungen in Fließgewässer emittiert werden.

Dieser Frachtvergleich ermöglicht die Zuordnung von Spurenstoffen zu Haupteintragspfaden. Diese Zuordnung erfolgte dann, wenn ein Eintragspfad 50 % oder mehr zur Gesamtemission der bewerteten Frachteinträge beiträgt. Basierend auf dieser Bewertung ergab sich die folgende Zuordnung:

- Über den Kläranlagenablauf werden überwiegend gut wasserlösliche, aber schwer abbaubare Stoffe sowie Abbauprodukte bzw. Transformationsprodukte eines unvollständigen Abbaus emittiert. Dazu zählen die perfluorierten Tenside PFOS und PFOA, Hormone (z. B. Östron) sowie Pflanzenschutzmittel wie Diuron oder Isoproturon und Metaboliten der Pflanzenschutzmittel wie z. B. Chloridazon-desphenyl oder Chloridazon-methyl-desphenyl.
- Über Mischwasserentlastungen und Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen werden vorwiegend Metalle, gut abbaubare Stoffe, die im Rohabwasser in hohen Konzentrationen vorkommen aber auch Transformationsprodukte emittiert. Dazu zählen z. B. Tributylzinnverbindungen, Metalle wie Cadmium, Zink oder Kupfer sowie Nonylphenole und Bisphenol-A oder Vertreter der Phthalate. Generell gilt, dass im Vergleich dieser zwei Eintragspfade die Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen von größerer Relevanz sind. Dies ist sicherlich z. T. dadurch begründet, weil die Abwassermengen aus Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisation im Vergleich zum entlasteten Mischwasser hoch sind. Vor allem die Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen stellen für manche Spurenstoffe somit einen relevanten Eintragspfad dar. Derzeit werden diese Abwässer in Österreich zumeist noch unbehandelt eingeleitet. Es wird zukünftig erforderlich sein, Kriterien festzulegen, die die Qualität einer Einleitung beschreiben, und gegebenenfalls auch Maßnahmen zu setzen, um diese Kriterien einzuhalten. Derzeit gibt es dazu keine Vorgaben.
- Über Straßenabwässer werden vor allem Phthalate und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in die Fließgewässer eingeleitet. Untersuchungen von Gewässerschutzanlagen (Sedimentation gefolgt von bepflanzten Bodenfiltern) haben gezeigt, dass diese Spurenstoffe gut zurückgehalten werden. Derzeit werden zunehmend Straßenabschnitte an Gewässerschutzanlagen angeschlossen. Vorausgesetzt dieser Trend hält an, ist davon auszugehen, dass die Emissionen von außerurbanen Verkehrsflächen in die Fließgewässer rückläufig sein sollten.

Im Rahmen des Projektes wurde für die untersuchten Spurenstoffe auch jene Fracht abgeschätzt, die zur Versickerung gelangt. Es sind aber keine Aussagen zum Verhalten bei der Bodenpassage möglich und somit auch keine Aussage dazu, welcher Frachtanteil davon in das Grundwasser gelangt. Die wenigen Grundwasseruntersuchungen haben jedoch gezeigt, dass viele der analysierten Spurenstoffe in einzelnen Grundwasserproben nachweisbar waren, darunter auch Stoffe wie Tributylzinnverbindungen oder polybromierte Diphenylether. Zahlreiche dieser Stoffe gelangen aber auch über die Deposition auf die Flächen und können somit auch mit dem Niederschlag in das Grundwasser gelangen. Für Aussagen zum Verhalten von Spurenstoffen bei der Bodenpassage und zum Vorkommen im Grundwasser ist es sicherlich sinnvoll, weitere Untersuchungen durchzuführen.

Die Messungen in der Gesamtdeposition und im Grundwasser zeigen, dass neben den untersuchten Eintragspfaden auch andere diffuse Eintragspfade einen relevanten Beitrag zum Gesamtstoffeintrag in die Oberflächengewässer darstellen können. Zu nennen sind neben der Deposition und dem Grundwasserzustrom zudem die Erosion, der Oberflächenabfluss von unbefestigten Flächen oder auch Drainagen. Da es weder derzeit noch zukünftig möglich sein wird, alle relevanten Spurenstoffe überall in allen potenziell relevanten Eintragspfaden zu messen, kommt der Entwicklung und Etablierung einzugsgebietsbezogener Stoffbilanzierungsmodelle eine besondere Bedeutung zu. Solche Modelle werden bereits für Nährstoffe angewandt und ermöglichen die Entwicklung von Szenarien als Grundlage bzw. Entscheidungshilfen bei der wasserwirtschaftlichen Planung. Diese Modelle bzw. die Weiter- und Neuentwicklungen von Modellansätzen sind sicherlich auch für Spurenstoffe interessant, wobei jedoch anzumerken ist, dass eine vergleichbare Datendichte wie für die Nährstoffe nicht absehbar ist und somit immer entsprechende Unsicherheiten vorliegen werden. Nichtsdestotrotz ist es erforderlich, Instrumente zu entwickeln und zu etablieren, die eine einzugsgebietsbezogene Bewertung aller punktuellen und diffusen Eintragspfade ermöglichen.

3 Einleitung

3.1 Hintergrund

Gemäß Wasserrechtsgesetz (WRG 1959) sind die zu erreichenden Ziele und die im Hinblick auf das Verschlechterungsverbot maßgeblichen Zustände mittels charakteristischer Eigenschaften sowie Grenz- oder Richtwerten für Oberflächengewässer (§ 30a Abs. 2) und Grundwasser (§ 30c Abs. 2) näher zu bezeichnen. Durch die Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer (QZV Chemie OG; BGBl. II Nr. 96/2006 idgF) und die Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser (QZV Chemie GW; BGBl. II 98/2010 idgF) werden Qualitätsnormen festgelegt.

Um Aussagen zum Zustand treffen zu können, sind Messungen in Grund- und Oberflächengewässern erforderlich. Diese Untersuchungen erfolgen im Rahmen der Gewässerzustandsüberwachung. Für allfällige Maßnahmenetzungen ist es zudem erforderlich, die wesentlichen Eintragspfade bewerten zu können. Die Datenbasis bezüglich der Einträge anorganischer und organischer Spurenstoffe in Gewässer aus Punktquellen, vor allem aus kommunalen Kläranlagen, wird zusehends verbessert (Emissionsregister zur Erfassung von Stoffemissionen aus Punktquellen BGBl. II Nr. 29/2009 idgF EmRegV-OW). Gemäß Nationalem Gewässerbewirtschaftungsplan (NGP) können aber auch Emissionen aus Niederschlagswassereinleitungen aus Kanalisationen bzw. Straßenentwässerungen wesentliche Belastungsquellen darstellen (BMLFUW, 2009b). Bei der Erstellung des zweiten Gewässerbewirtschaftungsplans sind auch diese Quellen zu berücksichtigen.

Es liegen jedoch nahezu keine bzw. nur sehr eingeschränkt Informationen zum Einfluss anderer Eintragspfade wie Mischwasser- oder Niederschlagswassereinleitungen aus Kanalisationen und Verkehrsflächen vor. Dies ist sicherlich dadurch bedingt, dass die Erfassung und Beurteilung dieser Eintragspfade aufgrund des komplexen, dynamischen und zufälligen Verhaltens bei Regenwetter schwierig ist.

Vor allem Niederschlagswassereinleitungen sowie Mischwasserentlastungen können jedoch wesentliche Eintragspfade anorganischer und organischer Spurenstoffe in Gewässer darstellen. Vom Niederschlag werden Stoffe aus der Atmosphäre ausgewaschen und aus gewissen Oberflächen gelöst (z. B. Metalldächer, Fassaden und Mauerwerk). Zudem werden auf Oberflächen wie Dächern und Verkehrswegen bei Trockenwetter akkumulierte Stoffe abgespült, sowie aus Mischwasserkanälen auch die bei Trockenwetter in der Kanalisation abgelagerten Feststoffe remobilisiert und an Entlastungsbauwerken in die Gewässer eingetragen.

In Abhängigkeit von der Siedlungsentwässerung erfolgt bei Regenereignissen im Falle von Trennkanalisationen über Niederschlagswassereinleitungen bzw. im Falle von Mischkanalisationen über Mischwasserentlastungen eine Verfrachtung dieser Stoffe in die Gewässer.

Weder für Mischwasser- noch für Niederschlagswasserabflüsse liegen derzeit in Österreich Daten zu deren Belastung mit anorganischen und organischen Spurenstoffen gemäß Qualitätszielverordnung (QZV Chemie OG) vor. Damit ist keine Bewertung dieser Eintragspfade möglich. Während bisher der Schwerpunkt bei der Beurteilung des Spurenstoffeintrags in Gewässer in der Erfassung von Punktquellen, hauptsächlich auf Einleitungen aus kommunalen bzw. industriellen Kläranlagen lag, ist für eine Bewertung auf Einzugsgebietsebene auch die Erfassung „diffuser“ Eintragspfade essenziell. Daher wurden in ausgewählten Projektgebieten unterschiedliche Eintragspfade beprobt und basierend auf den Ergebnissen dieser Messungen Frachten berechnet. Diese Frachten wurden einander gegenübergestellt, bewertet und Haupteintragspfade von Spurenstoffen in Oberflächengewässer identifiziert. Der Schwerpunkt der Untersuchungen liegt in der Quantifizierung und der Gegenüberstellung der Emissionen aus Siedlungsgebieten und von Verkehrsflächen.

3.2 Ziele

Das übergeordnete Ziel ist die Durchführung eines frachtbezogenen Vergleichs unterschiedlicher Eintragspfade von Spurenstoffen in die Gewässer, wobei der Schwerpunkt auf der Untersuchung von Kläranlagenabläufen, Mischwasserentlastungen, Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen sowie Straßenabwässern liegt. Auf andere diffuse Eintragspfade wie Erosion, Oberflächenabfluss oder Dränagen wird nicht eingegangen. Basierend auf dem Frachtvergleich erfolgten die Identifikation eines Haupteintragspfades und Empfehlungen für eventuelle Maßnahmen zur Verminderung der Emissionen in die Gewässer.

Zusätzlich zu den zuvor genannten Eintragspfaden werden auch die Deposition (nasse Deposition und Gesamtdeposition) beprobt. Einige Stoffe bzw. Stoffgruppen (wie Quecksilber oder polybromierte Diphenylether) werden über die Luft transportiert und die Deposition kann einen relevanten Eintragspfad darstellen.

Das übergeordnete Ziel einer frachtbasierten Bewertung der Eintragspfade ist mit den folgenden Teilzielen verbunden:

- *Probenahme:*
Für die Generierung einer Datenbasis zum Vorkommen von Spurenstoffen in Misch- und Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen sowie Straßenabwässern ist die Probenahme essenziell, um repräsentative Proben für Frachtabschätzungen zu erhalten. Aufgrund der Kostenintensität der Analytik ist die Probenanzahl begrenzt. Ein Ziel ist daher, bei Niederschlagsereignissen eintretende Entlastungen mengenproportional zu beproben, um eine repräsentative Probe für das Gesamt ereignis zu erhalten.
- *Datenbasis:*
Während es für viele organische und anorganische Spurenstoffe Daten zu deren Vorkommen in gereinigten Abwässern gibt, liegen nur wenige Informationen zu Konzentrationen dieser Stoffe in der Deposition, in Mischwasserentlastungen, Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen, Straßenabwässern und im Grundwasser vor. Die durchgeführten Untersuchungen schaffen eine erste Datenbasis dazu.
- *Abflussberechnung:*
Erstmals soll für Gesamtösterreich eine Abschätzung durchgeführt werden, wieviel Mischwasser bzw. Niederschlagswasser aus Trennkanalisationen in die Oberflächengewässer abgeleitet wird. In einem ersten Teilschritt sind die abflusswirksamen Flächen zu bestimmen. Dabei ist die Schaffung einer fundierten Datengrundlage für den Ist-Zustand das Kernziel des Arbeitspakets. In einem zweiten Schritt besteht das Ziel in der Berechnung des gewässerwirksamen Abflusses unter Annahme verschiedener Randbedingungen.
Auch für die Bestimmung der Emissionen von Verkehrsflächen ist es erforderlich, die abflussrelevanten Flächen zu erfassen, mit Niederschlagsdaten zu verknüpfen und somit Abflussdaten zu generieren. Diese Abflüsse stellen eine Grundlage für die Frachtberechnung dar.
- *Mischwasser-/Niederschlagswasserzusammensetzung:*
Die Beprobung unterschiedlicher Niederschlagsereignisse nach unterschiedlichen Trockenperioden ist angestrebt. Das Ziel dieser Untersuchungen ist es, einen möglichen Zusammenhang zwischen Niederschlag (Intensität, Dauer), Dauer der Trockenperiode, Einzugsgebiet und Konzentration im Mischwasser festzustellen, insofern ein Zusammenhang besteht und dieser mittels der geringen Probenanzahl beobachtbar ist.
- *Verteilungsverhalten:*
Die Analyse filtrierter und unfiltrierter Proben hat zum Ziel, das Verteilungsverhalten der untersuchten Stoffe zu analysieren. Das Ziel ist die Ableitung von Verteilungskennzahlen.
- *Frachtberechnung:*
Basierend auf den Ergebnissen der chemischen Analytik und der Abflussberechnungen werden für die im Detail untersuchten Siedlungsgebiete die emittierten Frachten für die verschiedenen Eintragspfade berechnet. Das Ziel ist eine frachtbasierte Gewichtung der Eintragspfade Kläranlagenablauf, Mischwasserentlastungen, Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen.

Auch für Verkehrsflächen werden die emittierten Frachten berechnet. Während in urbanen Gebieten die Straßenabwässer zumeist über die öffentliche Kanalisation mit abgeleitet werden, werden Straßenabwässer im außerurbanen Bereich entweder direkt in Gewässer eingeleitet oder versickert. Dabei kann in beiden Fällen eine Gewässerschutzanlage vorgeschaltet sein.

- *Emissionsminderung:*

Basierend auf den Frachtberechnungen sollen Haupteintragspfade für organische und anorganische Spurenstoffe in die Gewässer identifiziert werden. Derzeit wird zumeist davon ausgegangen, dass der Haupteintrag in die Gewässer über gereinigtes Abwasser erfolgt, weil dieser Eintrag kontinuierlich stattfindet. Ziel der Untersuchungen ist eine Abschätzung, inwiefern Maßnahmen an anderen Eintragspfaden wie Mischwasserentlastungen oder Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkana­lisationen mit Blick auf eine Reduktion der Gesamtemission in die Oberflächengewässer sinnvoll sein könnten und gegebenenfalls die Ausarbeitung von Empfehlungen.

Vor allem bei Autobahnen wurden in den vergangenen Jahren Gewässerschutzanlagen errichtet, um die Emission von Spurenstoffen aus Straßenabwässern in die Gewässer zu vermindern. Im Zuge des Projektes wurden sowohl Zu- als auch Abläufe von Gewässerschutzanlagen untersucht, um das Rückhaltepotential hinsichtlich der Projektstoffe beurteilen zu können. Basierend auf diesen Daten wird das Emissionsminderungspotential berechnet, wenn angenommen wird, dass alle außerurbanen Verkehrsflächen des hochrangigen Straßennetzes (Autobahnen und Schnellstraßen) mit Gewässerschutzanlagen ausgestattet sind.

3.3 Spurenstoffe in unterschiedlichen Eintragspfaden

Abbildung 1 fasst schematisch die relevanten Eintragspfade für organische und anorganische Verbindungen in Grund- und Oberflächengewässer zusammen.

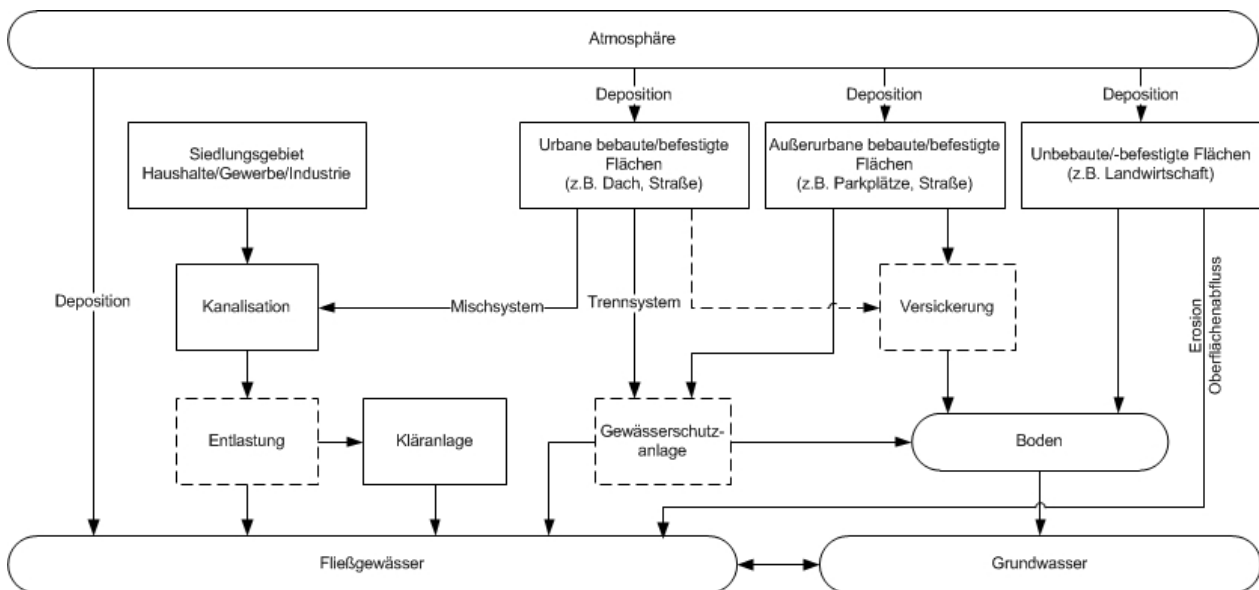


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Eintragspfade in Grund- und Oberflächengewässer

Die wichtigsten Eintragspfade in Oberflächengewässer sind:

- Atmosphäre

- Deposition (direkt)

Gelöste oder partikulär gebundene Stoffe gelangen aus der Atmosphäre durch trockene oder nasse Deposition auf die Gewässerfläche. Die trockene Deposition beschreibt den Stoffaustausch aus der Atmosphäre bei Trockenwetter und ist für partikelgebundene Stoffe relevant, wobei die Partikelgröße den Transportradius bestimmt. Die nasse Deposition beschreibt den Stoffaustausch aus der Atmosphäre bei Niederschlagsereignissen und berücksichtigt sowohl Stoffe die partikulär gebunden als auch gelöst transportiert werden.

Das Vorkommen von Spurenstoffen in der Atmosphäre wird von zahlreichen Faktoren beeinflusst. Dazu zählen neben dem Vorkommen lokaler oder regionaler Emittenten und jahreszeitlichen Schwankungen auch die globale Verteilung von Stoffen und deren Anreicherung in bestimmten Regionen.

- Oberflächenabfluss (indirekt)

Gelöste oder partikulär gebundene Stoffe gelangen aus der Atmosphäre durch trockene oder nasse Deposition auf die Oberfläche und werden bei Niederschlagsereignissen von diesen Oberflächen abgespült. Im Zuge des Projektes wird der Oberflächenabfluss betrachtet, der über Mischwasser- und Niederschlagswasserabflüsse bei Trennkanalisationen sowie über Abflüsse von Verkehrsflächen in die Oberflächengewässer gelangt.

- Mischwasserentlastungen

Bei der Mischkanalisation werden Schmutz- und Niederschlagswasser in einem Kanalsystem gemeinsam abgeleitet. Die Mischkanalisation ist in Österreich in den innerstädtischen, älteren und dicht besiedelten Bereichen die häufigste Art der Siedlungsentwässerung. Der Mischwasserabfluss besteht bei abflusswirksamen Regenereignissen aus dem Schmutzwasser- und dem Oberflächenabfluss und ist durch eine hohe Dynamik in Menge und Zusammensetzung geprägt. Auf Grund der begrenzten hydraulischen Kapazität der einzelnen Entwässerungsabschnitte sowie des limitierenden maximalen Kläranlagenzuflusses können im Regenwetterfall nicht immer alle abgeleiteten Misch-

wassermengen der Kläranlage zugeführt werden, weshalb ein Teil des Mischwassers zwischengespeichert und der Rest in die Oberflächengewässer entlastet werden muss.

- Niederschlagswasserableitungen aus Trennkanalisationen mit und ohne Vorbehandlung
Bei der Trennkanalisation werden Niederschlags- und Schmutzwasser getrennt in zwei Kanälen gesammelt und abgeleitet. Der Niederschlagswasserkanal fasst den Abfluss der befestigten angeschlossenen Flächen wie z. B. von Dach- und Verkehrsflächen. Die Abwasserzusammensetzung ist abhängig von der Charakteristik des Einzugsgebietes (Nutzung der befestigten Flächen, Art der Dächer, usw.), von der Dauer der vorangegangenen Trockenperiode sowie der Intensität und Dauer des Niederschlagsereignisses. Ist die Versickerungsaufnahmekapazität des Bodens durch längere Regenereignisse sowie bei Starkregenereignissen erschöpft, können je nach Gefälle und Bodenbeschaffenheit auch unbefestigte Flächen sowohl für die Niederschlags- als auch die Mischwasserkanalisation abflusswirksam werden.
- Niederschlagswasserableitungen von außerurbanen befestigten Flächen (z. B. Straßen oder Parkplätzen)
Die Abwässer des höherrangigen Straßennetzes (Autobahnen, Schnellstraßen, Bundesstraßen) werden zumeist über die Böschungsschulter breitflächig versickert oder in Entwässerungskanälen gesammelt und direkt in ein Gewässer eingeleitet. Dabei kann vor der Einleitung bzw. Versickerung eine Niederschlagswasserbehandlung in einer Gewässerschutzanlage erfolgen.
Die Zusammensetzung von Abflüssen von Verkehrsflächen wird von verschiedenen Parametern wie Deposition, Niederschlag, Winterdienst sowie verkehrsbedingten Faktoren beeinflusst.
- Kläranlagenabläufe (kommunale und industrielle Direkteinleiter)
Je nach Verteilung der Nutzungen im Einzugsgebiet und der Indirekteinleiterstruktur können Unterschiede in der Abwasserzusammensetzung auftreten. Es ist jedoch davon auszugehen, dass alle Stoffe, die in Haushalt, Gewerbe und Industrie eingesetzt werden, auch im Abwasser auftreten.
Zu Vorkommen und Verhalten organischer und anorganischer Spurenstoffe bei der biologischen Abwasserreinigung sowie zur Charakterisierung kommunaler Kläranlagenabläufe sind zahlreiche Publikationen verfügbar (ARCEM, 2003; Clara et al., 2005; Umweltbundesamt, 2009; u.a.m.). Demgegenüber sind von industriellen Direkteinleitern zwar auch Daten verfügbar, jedoch in wesentlich geringerem Umfang.

Es liegen Informationen zu den Konzentrationen verschiedenster Stoffe in Kläranlagenabläufen aus mehreren Untersuchungsprogrammen vor. Zukünftig ist zudem davon auszugehen, dass die Berichtspflicht gemäß Emissionsregisterverordnung (EmRegV-OW, BGBl. II Nr. 29/2009) zu einer Verbesserung der Datenbasis zu Emissionen aus kommunalen und industriellen Kläranlagen beitragen wird. Nahezu keine bzw. nur sehr eingeschränkt liegen Informationen zum Einfluss anderer Eintragspfade wie Mischwasserentlastungen, Niederschlagswassereinleitungen aus Trennsystemen bzw. Straßenentwässerungen vor.

Im Rahmen einer Literaturstudie wurde nach Angaben zu den Stoffen der Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer (QZV Chemie OG) sowie zu „emerging pollutants“ (insgesamt 157 Stoffe) in Deposition, Mischwasserentlastungen, Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen sowie Straßenabwässern recherchiert. Dabei wurden in Niederschlagswasserableitungen bis zu 49 Stoffen und in Mischwasserableitungen bis zu 54 Stoffen Daten gefunden (Zessner et al., 2010).

Eine Zusammenfassung der verfügbaren Informationen für ausgewählte Spurenstoffe zeigt *Tabelle 1*. Angeführt sind Minimum- und Maximumkonzentrationen sowie die Mittelwerte. Eine detaillierte Darstellung der verfügbaren Daten zum Vorkommen von Spurenstoffen in unterschiedlichen Eintragspfaden und Angabe der jeweiligen Datenquellen enthält Kapitel 8.1 Annex I.

Tabelle 1: Vergleich der Konzentrationen [min-max (Mittelwert)] verschiedener Spurenstoffe in unterschiedlichen Eintragspfaden aus Literaturangaben aus Zessner et al. (2010) bzw. aus der Gewässerzustandsüberwachung GZÜV für die Grundwasserdaten.

Parameter	Atmosphärische Deposition [µg/m ² /a]	Mischwasser [µg/l]	Niederschlagswasser aus Trenn- kanalisation [µg/l]	Straßenabwasser [µg/l]	Gereinigtes Abwasser [µg/l]	Grundwasser [µg/l]
Anthracen	(3)	0,02-0,06 (-)	0,0019-0,33 (0,028)	n.n.-0,14 (0,033)	n.n.	-
Benzol	-	(1,0)	0,060-0,15 (0,090)	-	n.n.-0,35 (0,023)	0,05-0,50 (0,33)
Cadmium	4-3700 (180)	0,40-26 (2,0)	0,10-30 (1,0)	0,20-30 (2,0)	n.n.-0,20 (0,056)	n.n.-2.000 (0,19)
DEHP	(870)	5-190 (22)	(1,6)	0,45-24 (6,2)	n.n.-6,6 (0,51)	-
Diuron	-	0,018-16 (0,74)	0,011-0,043 (0,023)	-	n.n.-0,65 (0,073)	0,0025-3,8 (0,034)
Naphthalin	-	(0,050)	(0,76)	n.n.	n.n.	-
Nonylphenole	-	0,069-0,74 (0,28)	0,13-0,46 (0,28)	0,27-1,5 (0,51)	n.n.-1,8 (0,25)	-
Octylphenole	-	0,015-0,62 (0,16)	0,015-0,23 (0,13)	0,050-1,1 (0,34)	n.n.-0,045 (0,0090)	-
Quecksilber	(15)	0,01-1,0 (0,10)	0,010-0,040 (-)	-	n.n.-0,13 (0,0066)	n.n.-5000 (0, 21)
Simazin	(80)	0,0020-0,060 (0,031)	0,00040-0,0050 (0,0020)	-	n.n.-0,22 (0,012)	n.n.-23 (0,030)
Blei	37-17000 (3900)	2,0-890 (130)	0,020-28000 (63)	2,0-74 (14)	0,53-3,7 (1,0)	n.n.-5000 (1,0)
Bisphenol-A	-	-	-	0,19-3,4 (0,69)	n.n.-13 (1,0)	-
EDTA	-	-	-	4,3-21 (10)	6,5-310 (65)	-
LAS	-	-	-	0,10-0,75 (0,25)	n.n.	-
Xylol	-	-	-	-	0,65-3,0 (1,3)	0,05-0,50 (0,36)
Arsen	22-11000 (180)	-	-	0,50-70 (3,0)	0,65-3,0 (1,3)	n.n.-500 (1,5)
Chrom	37-26000 (1900)	2,0-158 (6,0)	0,50-110 (8,0)	2,8-35 (10)	1,0-6,2 (2,6)	n.n.-8100 (1,2)
Kupfer	110-9100 (5300)	20-1200 (81)	3,0-550 (22)	17-210 (67)	1,3-56 (7,2)	n.n.-1200 (3,0)
Silber	(8)	-	-	-	0,020-0,22 (0,037)	-
Zink	1100-70000 (29000)	75-8900 (1000)	0,02,0-5800 (120)	66-980 (300)	3,0-72 (32)	n.n.-110000 (120)
Fluoranthen	(37)	0,040-0,50 (0,14)	0,00070-5,4 (0,25)	n.n.-2,3 (0,37)	n.n.	-
Benzo(b,k)fluoranthen	(17)	0,050-0,37 (0,12)	0,061-4,1 (0,38)	n.n.-0,24 (0,049)	n.n.	-
Benzo(a)pyren	(8)	0,010-0,24 (0,060)	0,0010-2,3 (0,12)	n.n.-0,14 (0,035)	n.n.	-
BP und IP ¹	(22)	0,040-0,31 (0,090)	0,067-4,1 (0,17)	0,0040-0,41 (0,091)	n.n.-0,0024 (0,00016)	-
Nickel	44-2200 (2100)	2,0-27 (7,0)	2,0-130 (17)	0,72-10 (4,6)	1,0-41 (5,6)	n.n.-1100 (1,6)
Tributylzinnverbindungen	(13)	0,0050-0,050	-	-	n.n.-0,0020 (0,00020)	-

¹...Summe von Benzo(g,h,i)perylen und Indeno(1,2,3-cd)-pyren

3.4 Stoffauswahl

Im Zuge der Stoffauswahl werden die beobachteten Konzentrationen in verschiedenen Eintragspfaden herangezogen und den jeweiligen Gütezielen gegenübergestellt. Dabei werden, soweit verfügbar, sowohl die maximal zulässigen Höchstkonzentrationen (ZHK-UQN) als auch die auf den Jahresdurchschnitt bezogenen Güteziele (JD-UQN) berücksichtigt. Diese Gegenüberstellungen sind in Kapitel 8.2 Annex II im Detail beschrieben. Basierend auf diesem Vergleich wurden die Stoffe für die Untersuchungen ausgewählt.

Neben Diuron werden noch weitere Pflanzenschutzmittelwirkstoffe untersucht, die mit der gleichen analytischen Methode bestimmt werden können. Grundlage für die Auswahl der Pflanzenschutzmittelwirkstoffe ist das Sondermessprogramm 2010 (BMLFUW, 2011).

Zudem werden bei den Untersuchungen in den Siedlungsgebieten auch Perfluoroktansulfonsäure (PFOS) sowie das Kontrazeptivum 17 α -Ethinylöstradiol und das natürliche Steroidhormon 17 β -Östradiol berücksichtigt. PFOS wurde mit Richtlinie RL 2013/39/EU in den Anhang X der Wasserrahmenrichtlinie aufgenommen und eine Umweltqualitätsnorm festgelegt. Auch die zwei Hormone wurden als Kandidaten für die Liste der prioritären Stoffe diskutiert.

In *Tabelle 2* sind die Stoffe bzw. Stoffgruppen zusammengefasst, die im vorliegenden Bericht diskutiert werden. Insgesamt werden 94 Einzelstoffe berücksichtigt, davon 6 Metalle, 7 Industriechemikalien, 16 Phthalate, 20 Kongenere der polybromierten Diphenylether (PBDE), 5 Organozinnverbindungen, 16 polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs), 2 perfluorierte Tenside, 5 Hormone und 17 Pflanzenschutzmittelwirkstoffe bzw. Metabolite. Zusätzlich zu diesen Spurenstoffen werden Referenzparameter berücksichtigt.

Tabelle 2: Zusammenfassung der untersuchten Spurenstoffe

Stoffgruppe	Ausgewählte Stoffe
Schwermetalle	Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Zink, Quecksilber
Industriechemikalien	Nonylphenole, Nonylphenoethoxylyate (NP _{1,2} EO), Nonylphenolcarboxylate (NP _{1,2} EC), Octylphenole, Bisphenol-A
Phthalate	Dimethylphthalat, Diethylphthalat, Dibutylphthalat, Butylbenzylphthalat, Bis(2-ethylbenzyl)phthalat, Dioctylphthalat, Di-iso-decylphthalat, Di-iso-nonylphthalat, Bis(2-methoxyethyl)phthalat, Dicyklohexylphthalat (DCHP), Di-iso-butylphthalat (DiBP), Di-iso-heptylphthalat, Di-iso-pentylphthalat, Di-n-pentylphthalat, Dipropylphthalat, n-Pentylisopentylphthalat
Polybromierte Diphenylether	20 verschiedene Kongenere (28, 47, 49, 66, 77, 85, 99, 100, 118, 126, 139, 153, 154, 181, 183, 196, 197, 203, 207, 209)
Organozinnverbindungen	Dibutyl-, Tributyl-, Tetrabutyl-, Diphenyl-, Triphenylzinnverbindungen
PAKs	Acenaphthen, Acenaphthylen, Anthracen, Benzo(a)anthracen, Benzo(a)pyren, Benzo(b)fluoranthren, Benzo(g,h,i)perylene, Benzo(k)fluoranthren, Chrysen, Dibenzo(a,h)anthracen, Fluoranthren, Fluoren, Indeno(1,2,3-c,d)pyren, Naphthalin, Phenanthren, Pyren
Perfluorierte Tenside	Perfluoroktansulfonsäure (PFOS), Perfluoroktansäure (PFOA)
Hormone	17 α -Ethinylöstradiol (EE2), 17 β -Östradiol (E2), Östriol (E3), Östron (E1)
Pflanzenschutzmittel PSM	Diuron, Chloridazon, Chloridazon-desphenyl, Chloridazon-methyl-desphenyl, Carbendazim, Clothianidin, Ethofumesate, Isoproturon, Metazachlor, Metolachlor, N,N-Dimethylsulfamide, Terbutylazine, Terbutylazine-desethyl, Propazin, Terbutylazine-2-hydroxy-desethyl, Terbutylazine-2-hydroxy, Thiamethoxam
Referenzparameter	Abfiltrierbare Stoffe (AFS), CSB (roh, filtriert), TOC, N _{ges} , NH ₄ -N, NO ₃ -N, P _{ges} , PO ₄ -P, KW-Index oder Summe KW, pH und Leitfähigkeit

3.5 Untersuchungsgebiete

3.5.1 Siedlungsgebiete

Die Beprobungen wurden in vier ausgewählten Untersuchungsgebieten durchgeführt. In diesen vier Siedlungsgebieten wurden die Eintragspfade Deposition, Mischwasserentlastung, Niederschlagswassereinleitung aus der Trennkanalisation sowie gereinigtes kommunales Abwasser untersucht, wobei es jedoch nicht möglich war, alle Eintragspfade in allen vier Siedlungsgebieten zu betrachten. Einen Überblick gibt die folgende Zusammenfassung. Eine detaillierte Beschreibung enthält Kapitel 8.3 Annex III:

- **Untersuchungsgebiet 1 - Graz (Steiermark/Süden):** Die Untersuchungen in Graz hatten einerseits das Ziel Vergleichswerte zu den Untersuchungen in Vorarlberg und Linz zu generieren. Andererseits wurde mit den Untersuchungen in Graz angestrebt, einen allfälligen Zusammenhang zwischen Nutzung im Einzugsgebiet sowie Niederschlagsverteilung (Intensität, Dauer der Trockenperiode) und Mischwasserzusammensetzung zu untersuchen. Die Untersuchungen sollten sowohl an filtrierten als auch an unfiltrierten Proben durchgeführt werden, mit dem Ziel, die Verteilung zwischen gebundener und gelöster Fraktion zu bestimmen und Verteilungskoeffizienten abzuschätzen.

In Graz wurden an drei verschiedenen Standorten kumulative Niederschlagsproben über einen Zeitraum von einem halben Jahr gesammelt und untersucht.

- **Untersuchungsgebiet 2 - Einzugsgebiet des Abwasserverbandes Region Hofsteig (Vorarlberg/Westen):** Im Einzugsgebiet des Abwasserverbandes Region Hofsteig wurden Kläranlagenablauf, Mischwasserentlastungen sowie Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen beprobt und untersucht. In Kombination mit den Abflussberechnungen und den bereits vorliegenden Ergebnissen einer Kanalnetzsimulation wurden die emittierten Frachten abgeschätzt und miteinander verglichen. Dieser Vergleich soll eine frachtbasierte Bewertung der verschiedenen Eintragspfade erlauben.

In diesem Untersuchungsgebiet wurden auch Niederschlagsproben gezogen. Es wurden drei Niederschlagsereignisse beprobt und zusätzlich eine kumulative Summenprobe über ein halbes Jahr gesammelt.

- **Untersuchungsgebiet Linz 3 - (Oberösterreich/Norden):** In Linz wird ein Großteil des zur Kläranlage abgeleiteten Mischwassers (max. $4 Q_{TW}$) über die Vorklärbecken der Regionalkläranlage Linz-Asten geführt und erst nach der Vorklärung durch Entlastung auf die maximal biologisch behandelbare Menge von $2 Q_{TW}$ reguliert. Diese Mischwasserentlastung ist technisch für eine Beprobung ausgerüstet und wird auch im Zuge anderer Untersuchungen genutzt. Es wurde angestrebt, analog zu den Untersuchungen in Vorarlberg, einen Vergleich der emittierten Frachten durchzuführen. Zudem wurde wie in Hofsteig auch in Linz der Trockenwetterzu- und -abfluss der Kläranlage untersucht, um einen Vergleich zwischen Regenwetter und Trockenwetter durchführen zu können.

Auch in diesem Untersuchungsgebiet wurden Niederschlagsproben gesammelt. In Linz wurden dafür an einem Standort mehrere kumulative Proben gesammelt. Die Teilproben wurden über einen längeren Zeitraum gesammelt und zu einer Summenprobe akkumuliert. Die chemische Analyse erfolgte nach dem Erreichen eines vordefinierten Volumens.

- **Untersuchungsgebiet 4 - Osten:** Parallel zu den Untersuchungen in Vorarlberg war vorgesehen, die Niederschlagswassereinleitung aus einer Trennkanalisation in einem Siedlungsgebiet im Osten Österreichs zu untersuchen. Die Untersuchungen hatten zum Ziel, die Belastung dieser Niederschlagswassereinleitung mit den zu untersuchenden Stoffen zu erheben und somit auch Vergleichswerte zu den Werten aus Vorarlberg zu generieren.

Auch in diesem Untersuchungsgebiet wurden wie in Graz an drei Standorten kumulative Niederschlagsproben über einen Zeitraum von einem halben Jahr gesammelt und untersucht.

3.5.2 Verkehrsflächen

Drei Straßenabschnitte wurden beprobt. Bei zwei dieser untersuchten Straßenabschnitte werden die Straßenabwässer über eine Gewässerschutzanlage geführt und anschließend in ein Oberflächengewässer eingeleitet. Bei beiden Gewässerschutzanlagen wurden sowohl der Zulauf als auch der Ablauf untersucht. Beim dritten Straßenabschnitt werden die Straßenabwässer ohne jegliche Vorbehandlung direkt in ein Fließgewässer eingeleitet. Eine detaillierte Beschreibung der Probenahmestellen bei den Straßen enthält Kapitel 8.3 Annex III:

Straßenabschnitt 1 - Autobahnbrücke der Südbahn (A2) über die Mur (Steiermark): An die untersuchte Autobahnentwässerung an der linken Muruferseite sind bzw. waren im betrachteten Abschnitt die Richtungsfahrbahnen nach Wien und der Knoten Graz Ost (wurde zwischenzeitlich umgebaut) mit einer Fläche von 4,25 ha, eine Parkplatzentwässerung nördlich der Autobahn mit einer Fläche von 5,60 ha und eine unbefestigte Parkplatzfläche südlich der Autobahn mit 2,20 ha angeschlossen. Die erfasste Gesamtfläche beträgt somit 12,05 ha. Durchschnittlich passieren täglich etwa 60.000 Kraftfahrzeuge diesen Autobahnabschnitt. Im Regenwetterfall erfolgt die Ableitung des Straßenabwassers über einen Niederschlagswasserkanal und eine gedrosselte Einleitung in die Mur über eine Rückstauklappe.

Straßenabschnitt 2 - Retentionsfilterbecken L202 in Hard/Lauterach (Vorarlberg): An die untersuchte Entwässerung sind die Brücke sowie die zugehörigen südwestlichen Rampenstrecken angeschlossen und die entwässerte Gesamtfläche beträgt 0,33 ha. Der durchschnittliche Jahresverkehr liegt bei ca. 26000 KFZ/d. Davon entfallen ca. 5% auf den Schwerverkehr. Die Straßenabwässer werden vor der Einleitung in die Bregenzer Ach über einen bepflanzten Bodenfilter geführt.

Straßenabschnitt 3 - Autobahnregenbecken Mönchgraben an der Westautobahn (A1) (Oberösterreich): An die untersuchte Entwässerung sind die Richtungsfahrbahnen der Westautobahn (A1) östlich von Linz beim so genannten Ebelsberger Berg angeschlossen und die entwässerte Gesamtfläche beträgt 4,988 ha. Im Jahr 2000 lag das durchschnittliche tägliche Verkehrsaufkommen bei rund 60.500 Kraftfahrzeugen und der Schwerverkehranteil betrug rund 22%. Die Straßenabwässer werden vor der Einleitung in ein Oberflächengewässer über eine Gewässerschutzanlage, bestehend aus einem Sedimentationsbecken und einem Bodenfilter geführt.

3.5.3 Grundwasser

Im Rahmen der Untersuchungen wurden 5 Grundwassermessstellen beprobt. Vier dieser fünf Grundwassermessstellen liegen im Einflussbereich von Straßen. Zusätzlich wurde noch eine von Straßenabwässern unbeeinflusste Hintergrundmessstelle ausgewählt. Alle beprobten Grundwassermessstellen sind GZÜV Messstellen und es liegen Daten aus der Zustandsüberwachung für diese Messstellen vor. Eine detaillierte Beschreibung der Probenahmestellen bei den Straßen enthält Kapitel 8.3 Annex III:

PG32100242: die Grundwassermessstelle liegt in Niederösterreich im Grundwasserkörper Tullnerfeld [DUJ] (GK100026) nahe der Ortschaft Utzenlaa in einem kleinen Waldstück direkt neben der Stockerauer Schnellstraße (S5).

PG54100342: die Grundwassermessstelle liegt in Salzburg im Grundwasserkörper Unteres Salzachtal [DBJ] (GK100006) an der B 155 Richtung Grenze Walserberg, nach der Abzweigung nach Gois.

PG54205822: die Grundwassermessstelle liegt in Salzburg im Grundwasserkörper Salzburger Alpenvorland [DUJ] (GK100054) in der Gemeinde Thalgau, gleich neben der Landstraße L103.

PG80128152: die Grundwassermessstelle liegt in Vorarlberg in der Grundwasserkörpergruppe Kristallin [RHE] (GK100152) in der Gemeinde Tschagguns direkt neben der L188 Silvrettastraße von Schruns ins Montafon.

PG53100172: die Grundwassermessstelle liegt in Salzburg im Grundwasserkörper Unteres Salzachtal [DBJ] (GK100006) in der Gemeinde Scheffau am Tennengebirge. Die Messstelle liegt südlich der Lammer innerhalb einer Wiesenfläche und wird nicht durch Straßenabwässer beeinflusst.

4 Methodik

4.1 Probenahme

Die repräsentative Entnahme von Abwasserproben ist insbesondere bei partikelhaltigen Rohabwasserproben der wichtigste und fehleranfälligste Arbeitsschritt bei der Bestimmung von Abwasserinhaltsstoffen. Im Unterschied zur Analytik im Labor ist dieser Arbeitsschritt für den betrachteten Zeitpunkt bzw. Zeitraum auch nicht mehr wiederholbar. Für die ereignisabhängige, mengenproportionale Probenahme über die gesamte Dauer eines Entlastungsereignisses sind ereignisgesteuerte, automatische Probenahmegeräte und für die mengenproportionale Ansteuerung geeignete Durchflussmesseinrichtungen erforderlich, welche die gesamte mögliche Variabilität des Abflussgeschehens messtechnisch erfassen können.

Im Projekt wurde eine mengenproportionale Probenahme mit gekühlten Probenahmegeräten durchgeführt, sofern dies möglich war. Wo dies aufgrund der lokalen Gegebenheiten nicht möglich war, wurde eine zeitproportionale Probenahme durchgeführt. Die Ansteuerung der Probenahmegeräte erfolgt entweder über stationäre oder temporär eingebaute mobile Durchflussmengenmessungen in unmittelbarer Nähe der Probenahmestellen. Der Start der Probenahme erfolgte ereignisgesteuert. Das Probenahmesystem versendet (im Idealfall) bei Eintreten eines relevanten Niederschlagsereignisses einen Alarm (z. B. via GSM Modem) an die betreuenden Personen. Der Großteil der ereignisabhängigen Probenahmen erfolgte volumenproportional, bei welchen konstante Teilprobenvolumina nach konstanten, voreingestellten Abflussvolumina gezogen wurden. Die optimale Ansaugung der Probe sollte den Konzentrationsverlauf im Messmedium über den gesamten Probenahmezeitraum repräsentieren. Im Idealfall gelingt dies durch den Einsatz eines flexibel gelagerten Ansaugschlauchs, der beim Ausblasen während des Spülvorgangs aufschwimmt und dann während der eigentlichen Probenahme in einen mittleren Querschnittsbereich absinkt. Wegen der zu erwartenden hohen hydraulischen Dynamik muss das Probenahmegerät nach der vollständigen Befüllung oder spätestens nach 24 Stunden nach Ereignisbeginn gewartet und die (Teil-) Proben entnommen werden.

Für eine repräsentative und vollständige Probenahme ist es von entscheidender Bedeutung, relevante Randbedingungen sorgfältig zu beachten. Diese sind zwar standortspezifisch, die folgenden Hauptkriterien sind jedoch besonders hervorzuheben (Hofer, 2012):

- Vorgegebenes Mindestprobenvolumen
- Maximales Volumen des Probenahmegefäßes
- Dauer der Teilprobenahme
- Festlegung des konstanten Teilprobenvolumens
- Festlegung des Impulsteilers (Teilprobenentnahme/Abflussvolumen)
- Berechnung der Teilprobenanzahl

- Nichtberücksichtigung des Abflussvolumens am Ende eines Ereignisses, nach der letzten Teilprobenahme

Als Probenahmegefäße wurden unabhängig von der Art der Probenahme entweder Kunststoffbehälter aus PE-HD oder Glasbehälter mit einem Fassungsvermögen von bis zu 25 Litern verwendet. Bei der Auswahl der Behälter wurde darauf geachtet, dass diese bereits mehrfach in Verwendung waren. Dadurch wurde eine Verunreinigung der Proben durch etwaige Stoffe, die von neuen Behältern in die Abwasserproben abgegeben werden könnten, verhindert. Zudem wiesen die verwendeten Behälter ein geringeres Verhältnis von Oberfläche zu Volumen auf als kleine Gebinde, wodurch die Beeinflussung der Probe durch Oberflächeneffekte im Gebinde minimiert wurde.

Mischwasserentlastung

Im Zuge des Projektes wurden Ereignisse von Mischwasserentlastungen in den Untersuchungsgebieten Graz, Hofsteig und Linz volumenproportional beprobt. Die Beschreibung der einzelnen Einzugsgebiete sowie der Messstandorte, an denen eine Probenahme durchgeführt wurde, kann Annex III (Abschnitt 8.3) entnommen werden. Eine detaillierte Beschreibung der Probenahmestellen, der Geräte und der Vorgehensweise bei der Probenahme enthält Annex IV (Abschnitt 8.4).

- **Untersuchungsgebiet 1 – Graz:** In Graz wurde die Probenahme von Mischwasserentlastungen im Hauptgerinne der Mischwasserkammer am Ende des Einzugsgebiets Graz-West CSO-R05 durchgeführt, und es wurden sowohl filtrierte als auch unfiltrierte Proben analysiert. Daher bestand hier die Notwendigkeit, ein Mindestprobenvolumen von mindestens 20 Litern je Ereignis zu sammeln. Zur Durchführung der Probenahme kam ein automatisches, aktiv gekühltes und stationäres Probenahmesystem der Marke American Sigma 900 MAX zum Einsatz (Peristaltiksystem), das im Inneren des Containers der Messstation Graz installiert war. Als Durchflusssystem zur Ansteuerung des Probennehmers wurde ein Ultraschallmesssystem der Marke Nivus OCM Pro mit externer Ultraschall-Wasserstandsmessung verwendet. Beginn und Ende eines Entlastungsereignisses wurden basierend auf langjährigen Untersuchungsergebnissen mit Über- bzw. Unterschreitung des Abflusses von 5 l/s im Entlastungskanal zur Mur definiert.
- **Untersuchungsgebiet 2 – Mischwasserüberlaufbecken Lerchenau im Einzugsgebiet des Wasserverbandes Region Hofsteig (Vorarlberg):** Der Auslauf in die Lauterach und das erste von drei Becken der Mischwasserentlastungsanlage Lerchenau wurden volumenproportional beprobt. Es wurde das gleiche Probenahmesystem verwendet wie im Untersuchungsgebiet 1 (Graz). Die Ansteuerung der aktiv gekühlten Probenahmegeräte erfolgte digital (Impulsteiler 1 Teilprobe je 10 m³) über die im Auslauf installierte Mengemessung mit Echolot und Fließgeschwindigkeitsmessung („Kanalmaus“). Der Beginn der Einleitung wurde auch über ein GSM-Modem durch das Versenden einer Mitteilung signalisiert, um bei Ereignissen mit hohem Abfluss die Probenahmebehälter rechtzeitig vor dem Überlaufen austauschen zu können.
- **Untersuchungsgebiet 3 – Linz:** Auf der Regionalkläranlage Linz-Asten wird bei Regenwetter in etwa die vierfache Menge des maximalen Trockenwetterzuflusses von maximal 8,8 m³/s über die Vorklärung geführt und erst nach der Vorklärung durch Entlastung eines Teils des vorgeklärten Abwassers auf die maximal zweifache Menge, die biologisch auf der Kläranlage behandelt werden kann, reduziert. Im Jahresdurchschnitt werden dadurch an diesem Entlastungsbauwerk ca. 60 % der gesamten im Linzer Einzugsgebiet entlasteten Mischwassermengen abgeschlagen. Das an dieser Stelle abgeschlagene Mischwasser ist entsprechend einer Behördenvorgabe für jedes Ereignis routinemäßig zu beproben und auf Standardparameter zu untersuchen. Für die Probenahme am Mischwasserüberlauf kam ein gekühltes, stationäres Probenahmesystem der Marke MAXX SP5 A zum Einsatz (Vakuumsystem), das im Freien an der Außenseite des Ablaufbauwerks der Vorklärung

situiert ist. Als Durchflussmesssystem zur Ansteuerung des Probennehmers wurde analog zum Untersuchungsgebiet 1 (Graz) ein Ultraschallmesssystem der Marke Nivus OCM Pro mit externer Ultraschall-Wasserstandsmessung verwendet. Beginn und Ende eines Entlastungsereignisses wurden mit Über- bzw. Unterschreitung des Abflusses von 5 l/s im Entlastungskanal definiert.

Niederschlagswasserkanalisation

In zwei Untersuchungsgebieten wurde Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen beprobt. Eine detaillierte Beschreibung der Probenahmestellen, der Geräte und der Vorgehensweise bei der Probenahme enthält Annex IV (Abschnitt 8.4):

- **Untersuchungsgebiet 2 - Niederschlagswassereinleitung Pumpwerk Birkengraben im Einzugsgebiet des Wasserverbandes Region Hofsteig (Vorarlberg):** Das Startsignal für die Probenahme wurde aus den Laufzeiten der vier Pumpen und der jeweiligen Pumpenkennlinie (404–2600 m³) unter Berücksichtigung der hydraulischen Verluste gewonnen. Da die leistungsschwächste Pumpe aufgrund von Fremdwasserzutritten auch bei Trockenwetter täglich für durchschnittlich 40 Minuten aktiv ist, wurde als Startschwelle für ein Ereignis eine Laufzeit von mindestens 80 Minuten oder die Aktivierung von mehr als einer Pumpe festgelegt. Aufgrund der Tatsache, dass im vorgeschalteten Pufferbecken, aus welchen die Pumpen das ankommende Niederschlagswasser in den Birkengraben fördern, bereits eine Mischprobe vorliegt, erfolgte die Probenahme an dieser Probenahmestelle zeitproportional.
- **Untersuchungsgebiet 4 - Siedlungsgebiet im Osten Österreichs:** In einem Siedlungsgebiet im Osten Österreichs sollten insgesamt drei Ereignisse aus einem Niederschlagswasserkanal einer Trennkanalisation volumenproportional beprobt und untersucht werden. Die Probenahme erfolgte mittels eines mobilen automatischen Probenahmesystems der Marke American Sigma 900 MAX (Peristaltiksystem), das direkt unter einem Schachtdeckel eines Kanalzugangsschachtes installiert wurde und mittels eines sohlgebundenen, mobilen Ultraschall-Durchflussmengenmesssystems („Kanalmaus“). Bei diesem Probenahmesystem bestand keine Möglichkeit einer aktiven Kühlung der Proben während und nach einem Ereignis. Aus diesem Grund wurden die gesammelten Proben unmittelbar nach dem Ereignisende aus dem Probenahmesystem entnommen und entweder unmittelbar zur Standardparameteranalyse weitergegeben oder durch Abkühlen und Einfrieren konserviert. Der Start- und Endzeitpunkt der Probenahme wurde über den Wasserstand im Kanal gesteuert. Da dieser bei Trockenwetterbedingungen aufgrund von Fremdwasserzutritten maximal 3 cm beträgt, wurde die Schwelle zur Definition des Start- und Endzeitpunktes eines Ereignisses mit 4,5 cm festgelegt. Erst ab diesem Niveau ist auch eine zuverlässige Durchflussmengenmessung möglich, weil bei niedrigeren Wasserständen durch Verwirbelungen am Sensor ("Kehrwasser") auch ein negativer Durchfluss detektiert werden kann. Der Sensor selbst ist 2 cm hoch.

Rohabwasser und gereinigtes Abwasser (bei Trockenwetter)

In zwei der Untersuchungsgebiete wurden auch die zwei Verbandskläranlagen bei Trockenwetter beprobt. Bei diesen Untersuchungen wurden sowohl Zu- als auch Ablauf untersucht. Bei den Probenahmen wurde auf die stationären Probenahmesysteme der Kläranlagen zurückgegriffen, wo jeweils volumenproportionale Probenahmen erfolgten. Eine detaillierte Beschreibung der Probenahmestellen, der Geräte und der Vorgehensweise bei der Probenahme enthält Annex IV (Abschnitt 8.4):

- Untersuchungsgebiet Hofsteig: Kläranlage des Wasserverbandes Region Hofsteig
- Untersuchungsgebiet Linz: Regionalkläranlage Linz-Asten

Deposition

Zur Abschätzung des Spurenstoffeintrags aus der Atmosphäre wurde in allen Untersuchungsgebieten die Deposition (nasse Deposition und Gesamtd deposition) beprobt. Eine detaillierte Beschreibung der Probenahmestellen, der Geräte und der Vorgehensweise bei der Probenahme enthält Annex IV (Abschnitt 8.4).

Für die Untersuchungsgebiete in Graz und Linz sowie in einem Siedlungsgebiet im Osten Österreichs wurden Kunststoff-Sammelbehälter aus PE-HD mit einem Fassungsvermögen von 25 Litern in Kombination mit Kunststofftrichtern aus dem gleichen Material mit einem Durchmesser von 60 cm verwendet. Für die Durchführung einer vollständigen Spurenstoffanalytik musste auch für die Depositionsproben ein Mindestprobenvolumen von 10 Litern gesammelt werden. Da dieses Mindestvolumen im Zuge eines einzelnen Niederschlagsereignisses nur sehr schwer erreichbar ist, wurden Teilproben über einen längeren Zeitraum gesammelt und Sammelproben untersucht.

Nur im Untersuchungsgebiet Hard/Lauterach wurden parallel zu einer kumuliert gesammelten Depositionsprobe auch noch drei einzelne Regenereignisse (nasse Deposition) gesammelt und analysiert. Diese Vorgehensweise wurde gewählt, um in einem der Untersuchungsgebiete auch die Variabilität zwischen verschiedenen Niederschlagsereignissen zu untersuchen.

Straßenabwasser

Es wurden drei Straßenabschnitte beprobt. Eine detaillierte Beschreibung der Probenahmestellen, der Geräte und der Vorgehensweise bei der Probenahme enthält Annex IV (Abschnitt 8.4):

- **Straßenabschnitt 1 - Autobahnbrücke der A2 über die Mur:** Der Messstandort zur Beprobung von Straßenabwasser befindet sich in einem Kontrollschacht unmittelbar vor Einleitung in die Mur. Der Straßenabwasserkanal ist auch bei Trockenwetter durchgehend eingestaut und der Wasserstand im Kontrollschacht erreicht über 2,5 m. Für die Probenahme wurde ein mobiles Durchflusssystem (Ultraschallsonde Nivus PCM Pro) und ein Ultraschall-Höhenstandsensors eingebaut. Die Probenahme erfolgte volumenproportional durch ein remote parametrierbares, aktiv gekühltes Probenahmesystem der Fa. MAXX (TP5 C).
- **Straßenabschnitt 2 - Retentionsfilterbecken L202 in Hard/Lauterach:** Die Straßenabwässer der Brücke über die Bregenzer Ach der Landesstraße L202 werden zur Reinigung in ein Retentionsfilterbecken eingeleitet. Die Proben wurden beim Zulauf vor dem Schlammfang und beim Ablauf nach der Reinigung, vor der Einleitung in die Bregenzer Ach genommen. Die Probenahme erfolgte volumenproportional mit zwei mobilen automatischen Probenehmern (MAXX TP2) in 15 l Glasbehältern. Für die Ansteuerung wurden die von der jeweiligen stationären Durchflussmengenmessung (Venturikanal & Echolot) gelieferten potentialfreien Impulse (1 Impuls/100 l) mit einem Impulsteiler von 1:5 verwendet (eine Teilprobenentnahme je 0,5 m³).
- **Straßenabschnitt 3 - A1 Autobahnregenbecken Mönchgraben:** Die Durchflussmengenmessung wurde im Zulauf mittels ISCO Flow-Logger mit Ultraschall-Doppler realisiert und die Probenahme volumenproportional durchgeführt. Im Ablauf ist ein betonierter ca. 5 m tiefer Schacht angeordnet, worin das behandelte Straßenabwasser ca. 1,5 m eingestaut und danach gedrosselt abgeleitet wird. Aufgrund der baulichen Gegebenheit war im Ablauf der Einbau einer Durchflussmengenmessung nicht möglich. Darum wurde die Einstauhöhe ständig mittels Ultraschall überwacht und erst ab einer Höhe von 1,5 m der Probenehmer aktiviert. Die Probenahme erfolgte hier zeitproportional.

Grundwasser

Die Probenahme in Vorarlberg erfolgte durch das Umweltinstitut Vorarlberg. Die Grundwasserproben wurden mit einer Tauchpumpe mit einem Durchfluss von ca. 0,3 l/s gefördert und nach Erreichen der Leitfähigkeitskonstanz genommen.

Die Grundwasserprobenahme in Salzburg und Niederösterreich erfolgte durch das Umweltbundesamt. Bei Sonden bzw. Bohrbrunnen wurde die Probe mittels einer Unterwasserpumpe entnommen. Die Probenahmen aus Schachtbrunnen erfolgten über die eingebauten Pumpvorrichtungen. Bei der Probenahme wurde auf die Einhaltung des hydraulischen Kriteriums geachtet. Damit sollte sichergestellt werden, dass die entnommene Probe kein Wasser enthält, das sich vor dem Abpumpen im Filterrohr oder dem Ringraum der Grundwassermessstelle befand. Neben dem hydraulischen Kriterium, das bei der Probenahme aus Schachtbrunnen oder Bohrbrunnen mit großer Tiefe und großem Durchmesser nur schwer eingehalten werden kann, war das Beschaffenheitskriterium für die Probenahme entscheidend. Dabei wurden während des Abpumpens die Leitkennwerte Wassertemperatur und elektrische Leitfähigkeit beobachtet.

Probenverteilung und Probenanzahl

Die nachfolgende *Tabelle 3* zeigt eine Übersicht aller in den Untersuchungsgebieten gezogenen Proben. Das erforderliche Mindestprobenvolumen zur Durchführung einer vollständigen Analytik betrug für alle Proben 10 Liter, ausgenommen die Mischwasserproben aus Graz, für die ein Mindestvolumen von 20 Litern erforderlich war, um eine Gesamtprobe und eine filtrierte Probe zu gewinnen. Die untersuchte Probenanzahl je Eintragspfad ist gering und daraus abgeleitete Aussagen aufgrund der geringen Probenanzahl und der Schwankungsbreite der Messungen daher mit hohen Unsicherheiten behaftet.

Tabelle 3: Art und Anzahl der Proben je Untersuchungsgebiet

Art und Anzahl von Probenahmen je Untersuchungsgebiet			
Untersuchungsgebiet	Art der Probe	Probenanzahl	
Untersuchungsgebiet 1: Graz	Mischwasserproben (filtriert)	3	12
	Mischwasserproben (unfiltriert)	3	
	Depositionsproben	3	
	Straßenabwasserproben	3	
Untersuchungsgebiet 2: Hofsteig	Mischwasserproben (Lerchenau)	3	24
	Mischwasserproben (Lerchenau Becken 1)	2	
	Niederschlagswasserproben aus Trennkanalisation	3	
	Trockenwetter-Tagesmischproben (Zulauf)	3	
	Trockenwetter-Tagesmischproben (Ablauf)	3	
	Depositionsproben	4	
	Straßenabwasser (Zulauf GSA)	3	
	Straßenabwasser (Ablauf GSA)	3	
Untersuchungsgebiet 3: Linz	Mischwasserproben (nach Vorklä rung)	4	21
	Mischwasserproben (Gesamtzulauf zur Kläranlage)	2	
	Trockenwetter-Tagesmischproben (Zulauf)	3	
	Trockenwetter-Tagesmischproben (Ablauf)	3	
	Depositionsproben	3	
	Straßenabwasser (Zulauf GSA)	3	
	Straßenabwasser (Ablauf GSA)	3	
Untersuchungsgebiet 4: Siedlungsgebiet im Osten Österreichs	Niederschlagswasserproben aus Trennkanalisation	3	6
	Depositionsproben	3	
Grundwasser	-	5	5

4.2 Chemische Analytik

Eine Kurzbeschreibung der angewandten chemischen Analysemethoden für die Spurenstoffanalytik enthält *Tabelle 4*. *Tabelle 5* fasst die Bestimmungs- und Nachweisgrenzen der untersuchten Stoffe zusammen. Ein Vergleich der Bestimmungsgrenzen und der Nachweisgrenzen der untersuchten Stoffe mit den jeweiligen verfügbaren Gütezielen enthält *Tabelle 36* in Annex V (Abschnitt 8.5).

Bei den Analysen waren einige der untersuchten Stoffe in den Proben nicht nachweisbar oder die Messergebnisse waren unter der analytischen Bestimmungsgrenze. Zur Berücksichtigung dieser Ergebnisse und der damit verbundenen Unsicherheiten, wurden bei den Auswertungen zwei Fälle unterschieden:

- Bei der Minimalbewertung wurden nicht nachweisbare Stoffe gleich null gesetzt und Ergebnisse kleiner der Bestimmungsgrenze mit der Nachweisgrenze berücksichtigt.
- Bei der Maximalbewertung wurden nicht nachweisbare Stoffe mit der Nachweisgrenze und Ergebnisse kleiner der Bestimmungsgrenze mit der Bestimmungsgrenze berücksichtigt.

Tabelle 4: Kurzbeschreibung der angewandten chemischen Analysemethoden

Parametergruppe	Methodenbeschreibung
Schwermetalle	Die Teilproben für die Bestimmung Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Blei und Zink werden mit 1 ml konzentrierter Salpetersäure (subboiled) je 100 ml Probe stabilisiert. Die Bestimmung erfolgt mit ICP-MS (Inductively Coupled Plasma – Massenspektrometrie) gemäß ÖNORM EN ISO 17294-2 (modifiziert). Für die Bestimmung von Quecksilber erfolgt ein kombinierter Konservierungs- und Aufschluss-Schritt gemäß ÖNORM EN 17852 (12 ml verdünnte HCl-Lösung und 1,5 ml KBr/KBrO ₄ -Reagenz werden zu 80 ml Probe zugesetzt). Die Bestimmung von Quecksilber erfolgt nach Reduktion mit Zinnchlorid in Salzsäure mittels Atomfluoreszenzspektrometrie gemäß ÖNORM EN 17852.
Xenohormone	Nach Zugabe von deuterierten Surrogatstandards werden die Wasserproben angesäuert (pH < 3) und über eine Festphasenkartusche extrahiert. Die Elution erfolgt mit einem Methanol/Methyl-tert-butylether-Gemisch. Die Alkylphenole wurden über Flüssigchromatographie-Tandemmassenspektrometrie (LC-MS/MS) bestimmt.
Polybromierte Diphenylether	Nach Dotation mit C ¹³ -markierten polybromierten Diphenylether-Kongeneren erfolgt eine flüssig-flüssig Extraktion der Probe mit Toluol. Die Extrakte der Proben werden einer vierstufigen säulenchromatographischen Reinigung unterzogen. Die Bestimmung der PBDE erfolgt mittels Gaschromatographie/High Resolution Massenspektrometrie. Die Quantifizierung erfolgt nach der Isotopenverdünnungsmethode.
Phthalate	Nach Zugabe eines deuterierten Surrogatstandards erfolgt eine flüssig-flüssig Extraktion mit n-Hexan mit anschließender Säulenreinigung mittels Aluminiumoxid. Die Bestimmung wird gaschromatographisch mit EI GC-MS durchgeführt. Die Quantifizierung erfolgt nach der externen Standardmethode unter Zugabe eines Injektionsstandards und Wiederfindungskorrektur über den zugesetzten deuterierten Surrogatstandard.
Tributylzinnverbindungen	Nach Zugabe der internen Standards und eines Natriumacetat-Puffers erfolgte die Derivatisierung mit Natriumtetraethylborat. Die Derivate wurden mit n-Hexan extrahiert und über Kieselgel und Alox-Säulchen gereinigt. Die Bestimmung wird gaschromatographisch mit EI GC-MS durchgeführt. Die Quantifizierung erfolgt nach der internen Standardmethode.
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs)	Nach Zugabe von deuterierten Surrogatstandards erfolgt eine flüssig-flüssig Extraktion mit n-Hexan mit anschließender Säulenreinigung mittels Aluminiumoxid. Die Bestimmung wird gaschromatographisch mit EI GC-MS durchgeführt. Die Quantifizierung erfolgt nach der externen Standardmethode unter Zugabe eines Injektionsstandards und Wiederfindungskorrektur über die zugesetzten deuterierten Surrogatstandards.
Perfluorierte Tenside	Nach Zugabe eines isotope markierten Surrogatgemisches wird die Probe auf pH 4 eingestellt. Die Proben werden mittels Flüssig-Flüssig-Extraktion mit Methyl-tert-butylether extrahiert. Die Extrakte werden eingeengt und nach einem Lösungsmittel-austausch auf Methanol mittels LC-MS/MS analysiert.
Östrogene Steroide	Nach Zugabe eines isotope markierten Surrogatgemisches wird die Probe auf pH 5 eingestellt. Die östrogenen Steroide werden mittels Festphasenextraktion extrahiert, und mittels LC-MS/MS analysiert.
Pflanzenschutzmittel und –metabolite	Die Proben werden mit einem isotope markierten Surrogatstandardgemisch versetzt und mittels Direktinjektion in ein LC-MS/MS-System analysiert.

Tabelle 5: Zusammenfassung der Bestimmungs- (BG) und Nachweisgrenzen (NG) der untersuchten Stoffe [$\mu\text{g/l}$]

Stoffgruppe	Stoff	BG [$\mu\text{g/l}$]	NG [$\mu\text{g/l}$]
Metalle	Blei	5	0,5
	Cadmium	0,05	0,005
	Chrom	5	0,5
	Kupfer	1	0,1
	Nickel	2	0,2
	Zink	5	0,5
	Quecksilber	0,001	0,0005
Xenohormone / Industriechemikalie	Nonylphenole	0,1	0,05
	Nonylphenoethoxylate (NP _{1,2} EO)	0,1	0,05
	Nonylphenolcarboxylate (NP _{1,2} EC)	0,1	0,05
	Octylphenole	0,05	0,025
	Bisphenol-A	0,1	0,05
Organozinnverbindungen	Tributylzinn	0,0002	0,0001
	Dibutylzinn	0,0002	0,0001
	Tetrabutylzinn	0,0002	0,0001
	Diphenylzinn	0,0002	0,0001
	Triphenylzinn	0,0002	0,0001
Perfluorierte Tenside	Perfluoroktansulfonsäure	0,002	0,001
	Perfluoroktansäure	0,002	0,001
Östrogene Steroide / Hormone	17 α -Ethinylöstradiol (EE2)	0,0004	0,0002
	Östron (E1)	0,0004	0,0002
	17 β -Östradiol (E2)	0,0004	0,0002
	Östriol (E3)	0,0004	0,0002
Phthalate	Benzylbutylphthalat (BBP)	0,05	0,03
	Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	0,35	0,18
	Bis(2-methoxyethyl)phthalat	0,1	0,05
	Dicyklohexylphthalat (DCHP)	0,05	0,03
	Diethylphthalat (DEP)	0,05	0,03
	Diisobutylphthalat (DiBP)	0,05	0,03
	Diisodecylphthalat (DiDP)	0,35	0,18
	Diisoheptylphthalat	0,35	0,18
	Diisononylphthalat	0,35	0,18
	Diisopentylphthalat	0,05	0,03
	Dimethylphthalat (DMP)	0,05	0,03
	Di-n-butylphthalat (DBP)	0,05	0,03
	Di-n-octylphthalat (DOP)	0,05	0,03
	Di-n-pentylphthalat	0,05	0,03
	Dipropylphthalat	0,05	0,03
	n-Pentyl-isopentyl Phthalat	0,05	0,03
Polybromierte Diphenylether	BDE 28	0,000029	0,000000085-0,000014
	BDE 47	0,00014	0,0000002-0,0000076
	BDE 99	0,00014	0,00000051-0,00001
	BDE 100	0,000026	0,00000041-0,000011

Stoffgruppe	Stoff	BG [µg/l]	NG [µg/l]
	BDE 153	0,00011	0,00000043-0,0001
	BDE 154	0,000057	0,00000037-0,000011
	BDE 49	0,000017	0,00000023-0,000049
	BDE 66	0,000023	0,00000038-0,000083
	BDE 77	0,000015	0,0000002-0,000027
	BDE 85	0,000013	0,0000018-0,000067
	BDE 118	0,000007	0,0000011-0,000031
	BDE 126	0,000007	0,0000012-0,000036
	BDE 139	0,0000078	0,00000055-0,000021
	BDE 175 + BDE 181	0,00007	0,00000039-0,000022
	BDE 183	0,0016	0,00000033-0,000059
	BDE 196	0,0013	0,00000065-0,000022
	BDE 197	0,0015	0,00000066-0,000021
	BDE 203	0,0016	0,00000078-0,000023
	BDE 207	0,014	0,0000022-0,000068
	BDE 209	0,18	0,000013-0,0006
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe	Acenaphthen	0,0099	0,0050
	Acenaphthylen	0,0086	0,0043
	Anthracen	0,033	0,017
	Benzo(a)anthracen	0,0013	0,00066
	Benzo(a)pyren	0,020	0,0099
	Benzo(b)fluoranthren	0,0066	0,0033
	Benzo(g,h,i)perylene	0,001	0,0005
	Benzo(k)fluoranthren	0,0066	0,0033
	Chrysen	0,0020	0,00099
	Dibenzo(a,h)anthracen	0,0046	0,0023
	Fluoranthren	0,033	0,017
	Fluoren	0,011	0,0056
	Indeno(1,2,3-c,d)pyren	0,001	0,0005
	Naphthalin	1,3	0,66
	Phenanthren	0,0026	0,0013
Pyren	0,0066	0,0033	
Pflanzenschutzmittelwirkstoffe und -metabolite	Diuron	0,05	0,025
	Chloridazon	0,05	0,025
	Chloridazon-desphenyl	0,05	0,025
	Chloridazon-methyl-desphenyl	0,05	0,025
	Clothianidin	0,05	0,04
	Carbendazim	0,05	0,025
	Ethofumesate	0,05	0,025
	Isoproturon	0,05	0,025
	Metazachlor	0,05	0,025
	Metolachlor	0,05	0,025
	N,N-Dimethylsulfamide	0,05	0,025
	Propazin	0,05	0,025
	Terbuthylazine	0,05	0,025
	Terbuthylazine-desethyl	0,05	0,025

Stoffgruppe	Stoff	BG [$\mu\text{g/l}$]	NG [$\mu\text{g/l}$]
	Terbutylazine-2-hydroxy-desethyl	0,05	0,025
	Terbutylazine-2-hydroxy	0,05	0,025
	Thiamethoxam	0,05	0,025
	MTBE	0,2	0,1
	ETBE	0,2	0,1
	Chloride	0,083	0,025

4.3 Abflussberechnungen

Für die Abflussberechnungen sind zahlreiche Eingangsdaten erforderlich und es müssen Annahmen getroffen werden, die zusätzliche Unsicherheiten in die Berechnungen einbringen. Die Datenerfordernisse und die Datenunsicherheiten werden in den folgenden Abschnitten zusammengefasst. Eine detaillierte Darstellung der angewandten Methodik der Abflussberechnung enthält Annex VI in Abschnitt 8.6.1.

4.3.1 Datenerfordernisse / Eingangsdaten

Der Stoffeintrag in Gewässer erfolgt über unterschiedliche Eintragspfade. In Siedlungsgebieten sind die Einträge über Kläranlagenabläufe (gereinigtes Abwasser), Mischwasserentlastungen und Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen hervorzuheben. Für eine Frachtermittlung ist es erforderlich, neben den Konzentrationen in den verschiedenen Eintragspfaden auch die eingeleiteten Abwassermengen zu kennen. Während Daten zu den gereinigten Abwassereinleitungen für Siedlungsgebiete durch die regelmäßige Eigenüberwachung auf Kläranlagen vorliegen, sind zumeist keine Angaben über entlastete Mischwassermengen und Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen verfügbar. Für die Abflussberechnung werden zahlreiche Eingangsdaten benötigt:

- **Untersuchungsgebiete:** Im Rahmen des Projektes wurden 623 kommunale Kläranlagen mit einer Ausbaugröße größer oder gleich 2000 EW sowie 167 Kläranlagen mit einer Ausbaugröße kleiner 2000 EW berücksichtigt. Insgesamt wurden somit 790 Kläranlagen berücksichtigt. Die Standorte dieser Kläranlagen sind georeferenziert bekannt (Umweltbundesamt, 2012a, EEA, 2012a). Auf die einzelnen Einzugsgebiete kann über die an die jeweilige Kläranlage angeschlossenen Gemeinden rückgeschlossen werden. Diesbezügliche Informationen sind bei den Landesregierungen verfügbar. Im Projekt wurde zudem auf Daten kommunaler Kläranlagen (Ausbaugröße, Auslastungsgrad) aus dem Emissionsregister Oberflächenwasserkörper (EMREG-OV) sowie in eingeschränktem Maße auf entsprechende Informationen der Kanal- und Kläranlagennachbarschaft (ÖWAV, 2010) zurückgegriffen.
- **Abwasseranfall:** Zur hydraulischen Quantifizierung der drei untersuchten Eintragspfade ist es notwendig, die jährlich anfallende Schmutzwassermenge, die jährlich anfallende Regenwassermenge sowie die jährliche Menge an Fremdwasser, die in den Kläranlageneinzugsgebieten auftreten, abzuschätzen:
 - o **Schmutzwasseranfall:** Als Schmutzwasser werden das kommunale Abwasser aus den Haushalten sowie das Abwasser aus Gewerbe- und Industriebetrieben zusammengefasst. Es gibt verschiedene Ansätze, um den Schmutzwasseranfall in einem Einzugsgebiet zu ermitteln (Bilanzierungen über den Wasserverbrauch, Auswertungen des Kläranlagenzulaufes, etc.). Für eine Grobabschätzung der anfallenden Schmutz- bzw. Abwassermenge wurde in einem ersten Schritt eine pauschale hydraulische Schmutzwasserfracht (l/EW/d) für Gesamtösterreich angenommen. Im weiteren Verlauf der Untersuchungen wurde aber versucht, die hydraulischen Frachten entsprechend zu konkretisieren (bundeslandspezifisch, einzugsgebietsspezifisch).
 - o **Niederschlagswasseranfall:** Unter Niederschlagswasseranfall werden hier jene Regenwassermengen zusammengefasst, die auf den befestigten Flächen (Dach- und Verkehrsflächen) anfallen (Oberflächenabfluss) und von dort in die Kanalisation gelangen und abgeleitet werden oder vor Ort im Boden versickern. Bei der Berechnung des Niederschlagswasseranfalls sind in einem ersten Schritt die abflussrelevanten Flächen zu bestimmen und in einem zweiten Schritt diese mit Niederschlagsdaten zu verbinden. Bei der Flächenermittlung

wurden die Dachflächen aus den Gebäudedaten der Statistik Austria (2012) abgeleitet, unter der Annahme, dass die Gebäudeflächen den Dachflächen entsprechen. Die Verkehrsflächen wurden aus einem Liniendatensatz (NAVTEQ Datensatz) und unter Annahme durchschnittlicher Straßenbreiten für verschiedene Straßentypen (Autobahnen und Schnellstraßen, Bundes-, Landes- und Gemeindestraßen) berechnet. Aus diesen Straßenflächen wurden durch Verschneidung mit den Siedlungsgebieten für jedes Kläranlageneinzugsgebiet die Straßenflächen im urbanen Gebiet angenähert. Für die Berechnung des Niederschlagswasserabflusses wurden mittlere Jahresniederschläge verwendet, wobei es erforderlich war, den Siedlungsgebieten Regenmessstellen zuzuordnen und entsprechend auszuwerten. Bei zwei oder mehr Regenmessstellen wurde der Mittelwert aus den einzelnen Messstellen berechnet und dieser dem Einzugsgebiet zugeordnet. Bei den Berechnungen im Rahmen dieser Arbeit wurde die Verdunstungsrate aufgrund ihrer geringen Bedeutung für den Gesamtabfluss nicht extra ausgewiesen, sondern vielmehr pauschal in die Versickerungsmengen integriert, welche ja ebenfalls nicht in die Kanalisation geleitet werden.

- **Fremdwasseranfall:** Als Fremdwasseranfall werden in der Regel jene Abflussanteile bezeichnet, die über Undichtigkeiten oder Fehlanschlüsse in die Kanalisation gelangen (in Gebieten mit Trennkanalisation auch der unvermeidbare Niederschlagswasserabfluss im Schmutzwasserkanal). Die Fremdwasseranteile sind über die spezifischen Schmutzwassermengen berücksichtigt.
- **Vorhandene Kanalisationsanlagen:** Bei den Kanalisationen ist zwischen Misch- und Trennsystemen zu unterscheiden. Für die Berechnung der anfallenden Abwassermengen müssen Anschluss- und Weiterleitungsgrade berücksichtigt werden:
 - **Misch- und Trennsysteme:** Informationen über den aktuellen Bestand der abwassertechnischen Infrastruktur in den einzelnen Einzugsgebieten sind bei mehreren Landesregierungen bereits in einem sehr hohen Detaillierungsgrad (Kläranlageneinzugsgebietsebene, Gemeindegebietsebene) verfügbar (z. B. NÖ LR, 2003). Darüber hinaus stellt hier auch ein von der Kommunalkredit Public Consult (KPC) für das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft durchgeführte Investkostenerhebung (KPC, 2012), eine wertvolle Informationsquelle dar, von der auf die einzelnen Kläranlageneinzugsgebiete geschlossen werden kann. Es ist aber anzumerken, dass nur das Verhältnis zwischen Misch- und Trennsystem verfügbar ist, wohingegen Informationen zu Leitungslängen mit entsprechendem Detaillierungsgrad derzeit nicht vorliegen. Basierend auf den verfügbaren Daten wurde für alle Siedlungsgebiete das Verhältnis von Misch- zu Trennsystem bestimmt. Für die Abflussberechnungen wurden Niederschlagswässer von Dach- und Verkehrsflächen sowie Schmutzwasser anteilig gemäß der Verteilung von Misch- und Trennsystem zugeordnet.
 - **Anschlussgrade:** In Bezug auf das Schmutzwasser wurde angenommen, dass das gesamte anfallende Schmutzwasser zu Kläranlagen geleitet wird und der Schmutzwasseranschlussgrad somit 100 % beträgt. Die Abschätzung des Anschlussgrades für Niederschlagswässer ist komplexer, weil dazu keine Daten verfügbar sind und die Schmutzwasseranschlussgrade nicht direkt auf Niederschlagswässer übertragen werden können.
- **Weiterleitungsgrad:** Der erforderliche Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung bei Mischsystemen stellt eine wesentliche Kenngröße bei der einzugsgebietsbezogenen Systembetrachtung gemäß aktuellem ÖWAV Regelblatt 19 (2007) dar und wird aus der Ausbaugröße der Kläranlage im betrachteten Untersuchungsgebiet sowie einem maßgeblichen Bemessungsregen $r_{D=720 \text{ min}, n=1}$ im Einzugsgebiet ermittelt. Diese Daten sind verfügbar und es wurden für alle Siedlungsgebiete die erforderlichen Weiterleitungsgrade gemäß ÖWAV-RB 19 (2007) ermittelt. Anzumerken ist jedenfalls, dass davon auszugehen ist, dass die tatsächlichen Weiterleitungsgrade in den einzelnen Einzugsgebieten von

den erforderlichen sowohl nach oben (Übererfüllung der Vorgabe) als auch nach unten (Nichterfüllung der Vorgabe) abweichen können. Die genaue Ermittlung der einzelnen Weiterleitungsgrade würde Langzeitsimulationen in allen Einzugsgebieten erfordern. Für die Abschätzungen der entlasteten hydraulischen Frachten aus den Siedlungsgebieten mit vorwiegendem Mischsystem sind die erforderlichen Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung für gelöste Stoffe gemäß dem ÖWAV-RB 19 (2007) jedoch ausreichend genau.

- **Sonderbauwerke:** Mit Ausnahme der (erforderlichen) Weiterleitungsgrade bei Mischwasserentlastungen sind bei den in diesem Bericht angeführten Quantifizierungen keine Einflüsse von etwaigen zusätzlichen Sonderbauwerken (Rückhaltebecken, etc.) berücksichtigt.
- **Verkehrsflächen:** Die Verkehrsflächen wurden aus einem Liniendatensatz (NAVTEQ Datensatz) und unter Annahme durchschnittlicher Straßenbreiten für verschiedene Straßentypen (Autobahnen und Schnellstraßen, Bundes-, Landes- und Gemeindestraßen) berechnet. Auch Parkplätze und große versiegelte Flächen wurden berücksichtigt. Der NAVTEQ Datensatz weist diese Flächen als „point of interest“ POI aus. Anschließend wurden die Verkehrsflächen mit dem Niederschlagsraster verschnitten und aus diesen Daten Abflüsse berechnet.

Die Quantifizierung und Darstellung der hydraulischen Beiträge zur Gesamtemission in den berücksichtigten Siedlungsgebieten erfolgt sowohl in tabellarischer als auch in graphischer Form. Die Ergebnisse sind in Abschnitt 5.1.2 zusammengefasst und eine detaillierte Darstellung enthält Abschnitt 8.6.2 in Annex 8.6.

4.3.2 Datenunsicherheit

Die Abflussberechnungen beruhen auf sehr vielen Annahmen. Daher wurde versucht, die damit verknüpften Unsicherheiten zu beurteilen. Basierend auf einem Konzept zur Kennzahlenermittlung zur Leistungsbeurteilung in der Siedlungswasserwirtschaft der International Water Association IWA (Matos et al., 2003) wurden die verwendeten Eingangsdaten hinsichtlich ihrer Qualität und Eignung bewertet und Bewertungsklassen (Vertrauensklassen und Genauigkeitsklassen) zugeordnet. Die Vertrauensklassen bewerten die Zuverlässigkeit der Daten und die Genauigkeit wird als Grad der Übereinstimmung zwischen dem gemessenen Wert und dem wahren Wert definiert. Aus dieser Zuordnung werden Konfidenzgrade ermittelt.

Im Zuge des Projektes wurde eine Plausibilitätsprüfung durchgeführt. Die Berechnungen der Abwassermengen (gereinigtes Abwasser, entlastetes Mischwasser und eingeleitetes Niederschlagswasser aus Trennkanalesationen) beruht auf Annahmen und unterschiedlichen Datenquellen. Unabhängig davon wird die Abwassermenge auf den Kläranlagen erfasst und auch ins Emissionsregister Oberflächengewässer (EMREG-OW) berichtet. Die Ergebnisse der Berechnung können mit den Berichtswerten verglichen werden. Für jedes einzelne Kläranlageneinzugsgebiet wurden die errechneten Ablaufmengen (Ist-Wert) mit den gemessenen Ablaufmengen der Kläranlage (Soll-Wert) verglichen und es wurden drei „Abweichungsklassen“ festgelegt (20-50 %, 50-100 %, über 100 % Abweichung). Jeder Abweichungsklasse wurde die Anzahl der Kläranlagen sowie deren Ausbaugröße bzw. der Prozentanteil an der Gesamtausbaugröße in Österreich zugeordnet. Unterschiede sind z.T. auf regionale und lokale Gegebenheiten zurückzuführen, die in einem allgemeinen Ansatz nicht berücksichtigt werden können. Sehr große Abweichungen zwischen berechneten und gemeldeten Abwassermengen werden bei allen Kläranlagen beobachtet, die einen sehr hohen Fremdwasseranteil aufweisen.

Um den Einfluss der Datenunsicherheiten der Anschlussgrade auf die Ergebnisse bewerten zu können, wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, bei der die Anschlussgrade der Dach- und Straßenflächen variiert wurden. Damit sollte dargestellt werden, welchen Einfluss Abkopplungsmaßnahmen bzw. dezentrales Regenwassermanagement auf die Abflüsse bei den unterschiedlichen Eintragspfaden haben können.

5 Ergebnisse

5.1 Abflussberechnungen

Die Abflussberechnungen wurden für 790 kommunale Kläranlagen durchgeführt. Die Ergebnisdarstellungen auf Ebene der Bundesländer und der Planungsräume basieren auf den Auswertungen dieser 790 Kläranlageneinzugsgebiete. Die Ergebnisse der Abflussberechnungen sind nachfolgend zusammengefasst. Eine detaillierte Darstellung enthält Annex VI in Abschnitt 8.6.2.

5.1.1 Eingangsdaten

Für die Berechnung des Abwasseranfalles war es in einem ersten Schritt erforderlich, den Schmutzwasseranfall und den Niederschlagswasseranfall zu bestimmen. Im zweiten Schritt erfolgten die Zuordnung zur Kanalisation und die Berechnung der entsprechenden Abwassermengen, die über die Kläranlage, über Mischwasserentlastungen oder über Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen in die Gewässer eingeleitet werden.

Schmutzwasseranfall

Der Schmutzwasseranfall wurde ausgehend von einem spezifischen Schmutzwasseranfall in Liter je EW und Tag berechnet. Während zunächst mit einheitlichen spezifischen Werten gerechnet wurde (150 bzw. 200 l/EW/d), erfolgte die endgültige Berechnung basierend auf einem spezifischen Schmutzwasseranfall, der bundeslandspezifisch aus den Jahrestrockenwetterabflüssen berechnet wurde. Die Berechnung beruht auf einer Umfrage, die 2006 im Rahmen der Kanalnachbarschaften zum Thema Fremdwasser durchgeführt wurde. An der Umfrage haben 108 Kläranlagen teilgenommen. Anzumerken ist, dass aus den Bundesländern Burgenland und Salzburg mehr als 80 % der Kläranlagen Daten gemeldet hatten, die Umfrage aber keine Daten aus den Bundesländern Kärnten, Steiermark und Wien enthält. Aus den verfügbaren Daten wurden spezifische Schmutzwasserabflüsse bestimmt. Für die Abflussberechnung wurden die bundesländerbezogenen Medianwerte dieser spezifischen Schmutzwassermengen herangezogen. Für die Bundesländer Kärnten und Steiermark erfolgte die Berechnung basierend auf dem Medianwert der bundesländerspezifischen Medianwerte. Für Wien wurde mit einem spezifischen Abwasseranfall von 195 l/EW/d gerechnet (Spatzierer, 2012). Diese spezifische Abwassermenge enthält auch einen Regenwasseranteil und überschätzt den Schmutzwasseranfall geringfügig. Die Berechnung erfolgte auf Basis der Siedlungsgebiete. Der Schmutzwasseranfall für Österreich wurde nicht durch Summierung bestimmt, sondern aus den angeschlossenen Einwohnern und dem österreichweiten Median des spezifischen Schmutzwasseranfalls berechnet. Die Ergebnisse sind aggregiert auf Ebene der Bundesländer und der Planungsräume dargestellt (*Tabelle 6* und *Tabelle 7*).

Niederschlagswasseranfall

Für die Berechnung des Niederschlagswasseranfalles war es erforderlich, die abflussrelevanten Dach- und Straßenflächen zu ermitteln und den Siedlungsgebieten zuzuordnen. Die Dachflächen wurden aus der Gebäudestatistik der Statistik Austria (2012) bestimmt, unter der Annahme, dass die Dachflächen den Gebäudeflächen entsprechen. Die Abschätzung der Straßenflächen erfolgte durch Auswertung eines Liniendatensatzes und der Zuordnung spezifischer Straßenbreiten. Die Zuordnung zu den Siedlungsgebieten wurde mittels GIS Verschneidung durchgeführt. Damit wurden die Straßenflächen urbanen und außerurbanen Gebieten zugeordnet. Auch Parkplätze und große versiegelte Flächen wurden berücksichtigt. Der ausgewertete Datensatz für die Verkehrsflächen weist diese Flächen als „point of interest“ POI aus.

Tabelle 6: Berechneter Abwasseranfall (Schmutzwasser- und Niederschlagswasseranfall) auf Basis der Bundesländer

Bundesland	Schmutzwasseranfall			Niederschlagswasseranfall			
	Spez. Schmutzwasseranfall [l/EW/d]	Mittl. Belastung [EW _{CSB120}]	Schmutzwasser [m ³ /a]	Dachfläche [ha]	Urbane Straßenfläche [ha]	Mittlerer Jahresniederschlag [mm]	Niederschlagswasseranfall [m ³ /a]
Burgenland	259	408.344	38.603.000	3.380	1.710	643,5	32.753.000
Kärnten	173	811.866	51.265.000	3.850	2.155	1.075,9	64.604.000
Niederösterreich	183	2.193.348	146.505.000	16.920	9.251	718,2	187.964.000
Oberösterreich	163	1.897.800	112.910.000	12.625	5.207	1.016,9	181.333.000
Salzburg	134	979.835	47.924.000	3.239	1.935	1.283,5	66.407.000
Steiermark	173	1.504.826	95.022.000	10.175	4.558	976,6	143.886.000
Tirol	188	1.290.102	88.527.000	4.695	2.929	1.160,4	88.473.000
Vorarlberg	131	747.943	35.763.000	2.163	1.639	1.781,4	67.725.000
Wien	195	2.716.575	193.352.000	5.112	3.345	704,7	59.594.000
Gesamt	173	12.550.639	792.510.000	62.160	32.728	948,0	899.538.000

Tabelle 7: Berechneter Abwasseranfall (Schmutzwasser- und Niederschlagswasseranfall) auf Basis der Planungsräume

Bundesland	Schmutzwasseranfall		Niederschlagswasseranfall		
	EW _{CSB120}	Schmutzwasser [m ³ /a]	Dachfläche [ha]	Urbane Straßenfläche [ha]	Niederschlagswasseranfall [m ³ /a]
Donau	11.789.497	772.681.000	59.501	30.866	820.748.000
March	143.508	9.586.000	2.717	1.302	28.861.000
Donau bis Jochenstein	2.374.234	142.517.000	9.622	5.165	173.379.000
Drau	891.387	56.690.000	4.335	2.385	72.759.000
Donau unterhalb Jochenstein	6.248.761	415.792.000	27.879	14.865	354.490.000
Leitha-Raab-Rabnitz	962.571	74.700.000	7.639	3.736	85.658.000
Mur	1.169.036	73.396.000	7.309	3.413	105.601.000
Elbe	43.517	2.877.000	559	274	6.298.000
Rhein	717.625	34.313.000	2.099	1.588	65.692.000
Gesamt	12.550.639	792.510.000	62.160	32.728	899.538.000

Die Berechnung des Niederschlagswasseranfalls erfolgte durch Verknüpfung der Flächendaten mit mittleren Jahresniederschlägen auf Basis der Siedlungsgebiete. Um den mittleren Jahresniederschlag in den einzelnen Kläranlageneinzugsgebieten definieren zu können, wurden die Einzugsgebiete, mit den Standorten der Regenmessstellen überlagert, und dann alle verfügbaren Daten je Einzugsgebiet gemittelt. Die Ergebnisse sind aggregiert auf Ebene der Bundesländer und der Planungsräume dargestellt (Tabelle 6 und Tabelle 7).

Vorhandene Kanalisationsanlagen

Für alle 790 ausgewerteten Siedlungsgebiete wurden die jeweiligen Anteile von Misch- und Trennsystem am Gesamtsystem ermittelt. Um die Einzugsgebietsgrößen bei dieser kumulativen Betrachtung entsprechend berücksichtigen zu können, wurden die einzelnen Anschlussgrade über die jeweiligen befestigten Flächen bzw. Niederschlagsabflussmengen gewichtet. Die Unterschiede zwischen den gewichteten und den nicht gewichteten Mittelwerten sind nur gering und erreichen maximal 7 %. Die Aufteilung der Entwässerungssysteme zwischen Misch- und Trennsystemen ist in Tabelle 8 auf Ebene der Bundesländer und auf Ebene der Planungsräume zusammengefasst.

Tabelle 8: Verteilung der Entwässerungssysteme zwischen Misch- und Trennsystemen für die Bundesländer bzw. für die Planungsräume

Bundesland	Entwässerungssystem [%]		Planungsraum	Entwässerungssystem [%]	
	Mischsystem	Trennsystem		Mischsystem	Trennsystem
Burgenland	75	25	Donau	40	60
Kärnten	17	83	March	63	37
Niederösterreich	48	52	Donau b. Jochenstein	34	66
Oberösterreich	51	49	Drau	16	84
Salzburg	25	75	Donau u. Jochenstein	53	47
Steiermark	10	90	Leitha-Raab-Rabnitz	45	55
Tirol	37	63	Mur	11	89
Vorarlberg	22	78	Elbe	48	52
Wien	76	24	Rhein	22	78
Gesamt	38	62	Gesamt	38	62

Der **Anschlussgrad** von Wohn-, Gewerbe- und Industrieanlagen an die öffentliche Kanalisation ist derzeit in Österreich bereits sehr hoch, es ist aber anzumerken, dass z. T. regional große Unterschiede zu beobachten sind, die vor allem topographisch bedingt sind. Der Schmutzwasseranfall wurde aus der Belastung und einem spezifischen Schmutzwasseranfall berechnet. Ein Anschlussgrad wurde daher nur bei der Ermittlung des in der Kanalisation zum Abfluss kommenden Niederschlagswassers berücksichtigt. Da konkrete Daten zu den Anschlussgraden von Dach- und Straßenflächen derzeit nicht verfügbar sind, wurde für eine erste Berechnung als Anschlussgrad der Dachflächen in einem Gemeinde- bzw. Kläranlageneinzugsgebiet der jeweilige Schmutzwasseranschlussgrad angenommen. Für die Straßenflächen wurde vereinfachend ein pauschaler Anschlussgrad von 100 Prozent definiert, da bei den Untersuchungen nur jene Flächen Berücksichtigung fanden, die in urbanen Bereichen liegen. In Siedlungsgebieten, in denen die Kanalnetze hauptsächlich als Trennkanalisationen ausgeführt sind, kann dieser Berechnungsansatz zu einer Überschätzung der eingeleiteten Niederschlagswassermengen führen, weil nicht alle Flächen an den Niederschlagswasserkanal angeschlossen sein müssen. Diese Unsicherheit wird in Abschnitt 8.6.2.7 im Detail im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse angesprochen und im Abschnitt 5.1.3 zusammengefasst.

Für die Bestimmung des erforderlichen **Mindestweiterleitungsgrades** gemäß ÖWAV-RB 19 (2007) ist neben der Bemessungsgröße (Ausbaugröße) der jeweiligen Kläranlage die charakteristische Niederschlagshöhe $r_{D=720 \text{ min}, n=1}$ eines Einzugsgebietes von Bedeutung. Diese charakteristische Niederschlagshöhe kann ähnlich dem mittleren Jahresniederschlag aus einem Bemessungsniederschlagsnetz (BMLFUW, 2012b)

entnommen werden. Für die Berechnung wurde jener Datenpunkt herangezogen, welcher innerhalb eines Einzugsgebietes am nächsten zur entsprechenden Kläranlage lag. Die erforderlichen Mindestweiterleitungsgrade für gelöste Stoffe wurden aus beiden Eingangsgrößen für alle 790 Siedlungsgebiete ermittelt. In *Tabelle 9* sind die ermittelten Mindestwirkungsgrade der Weiterleitung der einzelnen Bundesländer und Planungsräume sowie für Gesamtösterreich angeführt. Der Bemessungsniederschlag der einzelnen Bundesländer bzw. von Gesamtösterreich ist der Mittelwert der Daten aus den jeweiligen Siedlungsgebieten.

Tabelle 9: Kläranlagenausbaugröße, Bemessungsniederschlag $r_{D=720 \text{ min}, n=1}$ und daraus ermittelter Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung für gelöste Stoffe aggregiert für Bundesländer und Planungsräume (DbJ...Donau bis Jochenstein, DuJ...Donau unterhalb Jochenstein, LRR...Leitha-Raab-Rabnitz)

Bundesland	Kapazität [EW ₆₀]	$r_{D=720 \text{ min}, n=1}$ [mm]	Weiterleitung [%]	Planungsraum	Kapazität [EW ₆₀]	$r_{D=720 \text{ min}, n=1}$ [mm]	Weiterleitung [%]
Burgenland	804.000	38	56	Donau	19.895.000	42	54
Kärnten	1.226.000	48	51	March	359.000	35	57
Niederösterreich	3.967.000	38	56	DbJ	3.874.000	43	54
Oberösterreich	3.473.000	41	54	Drau	1.355.000	47	51
Salzburg	1.558.000	46	52	DuJ	10.402.000	40	55
Steiermark	2.732.000	45	52	LRR	1.700.000	43	54
Tirol	2.136.000	44	53	Mur	2.205.000	44	53
Vorarlberg	1.460.000	53	50	Elbe	78.000	41	55
Wien	4.000.000	35	57	Rhein	1.382.000	53	50
Gesamt	21.355.000	42	54	Gesamt	21.355.000	42	54

Aus *Tabelle 9* ist ersichtlich, dass das Einzugsgebiet „Österreich“ theoretisch über eine installierte Kläranlagenkapazität (Ausbaugröße) von über 21 Mio. EW verfügt. Bei einem Bemessungsniederschlag $r_{720,1}$ von 42 mm würde dies einen Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung für gelöste Stoffe von 54 % erfordern. Das bedeutet, dass nach dem ÖWAV-RB 19 (2007) 54 % des in die Mischwasserkanalisation gelangenden Jahresniederschlagswassers zur Kläranlage weitergeleitet werden muss und die verbleibenden 46 % im Jahresdurchschnitt in die Gewässer entlastet werden können.

Außerurbane Verkehrsflächen

Die Verkehrsflächen wurden für Österreich aus einem Liniendatensatz und unter Annahme von durchschnittlichen Straßenbreiten berechnet. Damit wurden die Straßenflächen urbanen und außerurbanen Gebieten zugeordnet. Die Straßenabwässer werden entweder direkt in ein Gewässer eingeleitet oder großflächig über die Dammschulter abgeleitet und versickert. Laut ASFINAG (ASFINAG, 2014) kann für die Frachtabschätzung von Autobahnen und Schnellstraßen derzeit von der folgenden Verteilung ausgegangen werden:

- Rund 40 % der Straßenabwässer von Autobahnen/Schnellstraßen werden direkt in ein Oberflächengewässer eingeleitet.
- Rund 25 % der Straßenabwässer von Autobahnen/Schnellstraßen werden in einer Gewässerschutzanlage (GSA) behandelt und anschließend direkt in ein Oberflächengewässer eingeleitet.
- Rund 35 % der Straßenabwässer von Autobahnen/Schnellstraßen werden über eine Gewässerschutzanlage (GSA) oder über die Dammschulter versickert.

Für die Bundes-, Landes- und Gemeindestraßen liegt keine Abschätzung vor. Es wird davon ausgegangen, dass an diesen Straßen keine Gewässerschutzanlagen vorhanden sind und in Analogie zur Verteilung bei Autobahnen und Schnellstraßen wird für die Berechnung angenommen, dass 40 % der Abflüsse von diesen Straßen direkt in ein Oberflächengewässer eingeleitet werden und 60 % über die Dammschulter versickert werden.

In *Tabelle 10* sind die abgeleiteten Straßenabwässer von außerurbanen Verkehrsflächen für die Bundesländer und für die Planungsräume zusammengefasst.

Tabelle 10: Abgeleitete Straßenabwässer von außerurbanen Verkehrsflächen auf Bundesländerebene und auf Planungsebene (PLR) (DbJ...Donau bis Jochenstein, DuJ...Donau unterhalb Jochenstein, LRR...Leitha-Raab-Rabnitz)

Bundesland	Straßenabwasser [1000 m ³ /a]			PLR	Straßenabwasser [1000 m ³ /a]		
	Direkt	Nach GSA	Versickerung		Direkt	Nach GSA	Versickerung
Burgenland	9.188	780	13.002	Donau	240.424	16.687	343.946
Kärnten	24.512	2.416	34.352	DbJ	48.015	2.960	69.062
Niederösterreich	54.183	3.448	77.826	DuJ	99.076	6.681	141.933
Oberösterreich	59.198	3.265	85.531	March	5.869	-	8.803
Salzburg	21.587	1.708	30.672	Mur	31.291	2.543	44.393
Steiermark	52.104	3.395	74.761	Drau	27.127	2.416	38.273
Tirol	20.553	1.553	29.277	LRR	29.046	2.087	41.482
Vorarlberg	9.944	757	14.159	Elbe	2.136	-	3.205
Wien	772	122	1.036	Rhein	9.481	757	13.464
Gesamt	252.041	17.444	360.616	Gesamt	252.041	17.444	360.616

5.1.2 Quantifizierte Eintragspfade

Die angeführten Eingangsdaten wurden dazu genutzt, die hydraulischen Ströme für die einzelnen Siedlungsgebiete zu quantifizieren. In diesem Abschnitt wird ein Überblick über die Abschätzungen für Gesamtösterreich gegeben. Dadurch kann ein Eindruck über die hydraulische Relevanz der einzelnen Eintragspfade gewonnen werden, wobei jedoch anzumerken ist, dass aufgrund lokaler Gegebenheiten starke Variationen zwischen den Siedlungsgebieten auftreten können. Die Auswertung erfolgte sowohl tabellarisch als auch in grafischer Form.

In *Abbildung 2* ist das Berechnungsergebnis für Gesamtösterreich in grafischer Form dargestellt. Der Jahresniederschlag sowie die Jahresschmutzwassermenge stellen auf der linken Seite die beiden Inputdaten (I) dar. Die Rechtecke definieren die einzelnen „Prozesse“:

- Aufteilung des Jahresniederschlages auf Dach- und Straßenflächen
 - o Definition des Anteils, der in die Kanalisation gelangt
 - o Definition des Anteils, der lokal bewirtschaftet wird (Versickerung bzw. Grundwasseranreicherung) bzw. verdunstet
- Aufteilung des Dach- und Straßenabflusses auf Misch- und Trennsystem (Niederschlagswasserkanal)
 - o Niederschlagswasserkanal mündet direkt ins Gewässer
- Aufteilung des Jahresschmutzwasseranfalles auf Misch- und Trennsystem (Schmutzwasserkanal)
 - o Schmutzwasserkanal mündet direkt in Kläranlage
- Aufteilung des Mischwasserabflusses
 - o Schmutzwasseranteil (hydraulisch) mündet direkt in Kläranlage
 - o Niederschlagswasseranteil (hydraulisch) aufgeteilt in weitergeleitete und entlastete Menge
 - o Weiterleitung mündet direkt in die Kläranlage, Entlastung in das Gewässer
 - o Kläranlagenablauf mündet direkt in das Gewässer
- In das Gewässer münden damit drei Eintragspfade: Niederschlagswasserkanal, Mischwasserentlastung und Kläranlagenablauf

Die einzelnen Prozesse sind durch Fließpfeile verbunden. Die Gesamtabflussmenge, die in die Gewässer gelangt, wird als Output (E) bezeichnet. In Abbildung 2 sind die Berechnungsergebnisse für Gesamtösterreich ersichtlich. In den einzelnen Fließpfeilen sind die jeweiligen Abflussmengen sowie deren Fehlerbandbreite (Schwankungsbereich) dargestellt. Je dicker ein Pfeil ist, desto größer ist die jeweilige Abflussmenge.

Erläuterungen zu den Schwankungsbereichen sind dem Abschnitt 5.1.3 zu entnehmen.

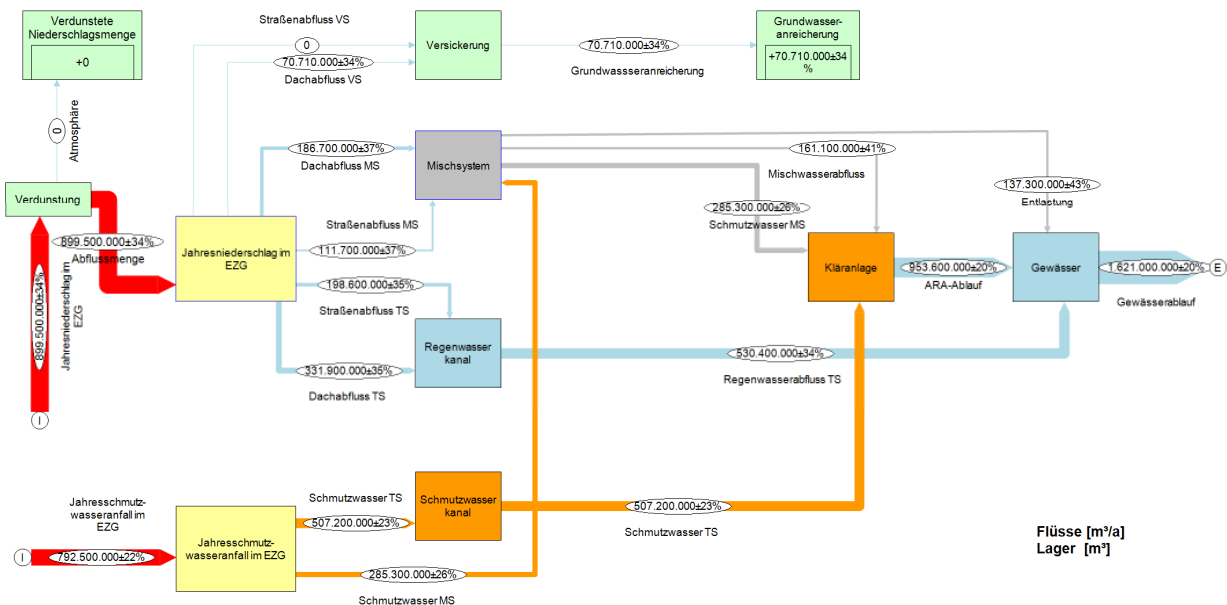


Abbildung 2: Quantifizierung der berücksichtigten Eintragspfade des Grundzenariums für Gesamtösterreich

Die Berechnungsergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Der jährlich anfallende Niederschlag auf versiegelte Flächen in Österreich beträgt ca. 900 Mio. m³. Dieser Niederschlag trägt hier zu 100 % zum Oberflächenabfluss bei, weil die Verdunstung pauschal bei der Versickerung mitberücksichtigt wird. Von diesen 900 Mio. m³ fallen ca. 66 % (knapp 590 Mio. m³/a) auf Dachflächen und 34 % (knapp 310 Mio. m³/a) auf Straßenflächen.
 - o Entsprechend des sich hier am Schmutzwasseranschlussgrad orientierenden Dachflächenanschlussgrades, gelangen ca. 519 Mio. m³/a des Dachflächenabflusses in eine öffentliche Kanalisation. Die verbleibende Menge wird vor Ort versickert. Von den knapp 519 Mio. m³/a gelangen ca. 332 Mio. m³/a in ein Trennsystem und damit direkt ins Gewässer. Rund 187 Mio. m³/a werden über ein Mischsystem abgeleitet.
 - o 100 % (rund 310 Mio. m³/a) des Straßenabflusses in den Siedlungsgebieten gelangt in eine Kanalisation. Von den in die öffentliche Kanalisation fließenden Straßenabflüssen gelangen ca. 198 Mio. m³/a in ein Trennsystem und ca. 112 Mio. m³/a in ein Mischsystem.
 - o Von der gesamten Niederschlagswasserabflussmenge in der Höhe von ca. 900 Mio. m³/a gelangen insgesamt rund 530 Mio. m³/a (ca. 59 %) in ein Trennsystem und damit unmittelbar ins Gewässer.
- Vom jährlich anfallenden Schmutzwasser in der Höhe von rund 793 Mio. m³ gelangen ca. 285 Mio. m³/a in ein Mischsystem und ca. 507 Mio. m³/a in ein Trennsystem und damit direkt zur Kläranlage.
- 285 Mio. m³/a Schmutzwasser und ca. 298 Mio. m³/a Regenwasser gelangen in eine Mischkanalisation. Vom Regenwasser werden gemäß dem bundesweit abgeschätzten Weiterleitungsgrad für gelöste Stoffe 54 % (ca. 161 Mio. m³/a) zur Kläranlage geleitet. Die verbleibenden 46 % (ca. 137 Mio. m³/a) werden demnach entlastet und gelangen direkt in die Oberflächengewässer.
- Von den ca. 1.621 Mio. m³ urbanen Abflüssen, die gemäß der hier angestellten Abschätzungen im Durchschnitt jedes Jahr in die Gewässer gelangen, kommen ca. 954 Mio. m³/a (59 %) aus den Klär-

anlagenabläufen, ca. 530 Mio. m³/a (32 %) aus Niederschlagswassereinleitungen und rund 137 Mio. m³/a (9 %) aus Mischwasserentlastungen.

- Der Schwankungsbereich der Kläranlagenablaufmenge liegt dabei bei etwa $\pm 20\%$, jener der Abläufe aus Niederschlagswasserkanalisationen bei rund $\pm 34\%$ und die Menge, die über Mischwasserentlastungen ins Gewässer gelangt, weist einen möglichen Schwankungsbereich von etwa $\pm 43\%$ auf. Die über Schwankungsbereiche in den Ergebnissen enthaltenen und abgeschätzten Unsicherheiten werden im Abschnitt 5.1.3 näher erläutert.

Die Zusammensetzung der jährlich ins Gewässer gelangenden urbanen Abflüsse ist in *Abbildung 3* grafisch dargestellt. Die dargestellten Ergebnisse stellen eine hydraulische Quantifizierung der gewässerrelevanten Eintragspfade aus urbanen Siedlungsgebieten in Österreich dar (Niederschlagswassereinleitungen, Mischwasserüberläufe, Kläranlagenabläufe). Die Ergebnisse zeigen, dass vor allem Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen aus quantitativer Sicht mit rund 32 % relevante Eintragspfade in die Gewässer darstellen. Aus Mischwasserentlastungen hingegen stammt mit rund 9 % nur ein geringerer Anteil der gesamten hydraulischen Fracht aus den Siedlungsgebieten (urbaner Raum).

Das Verhältnis von Kläranlagenablauf : Mischwasserentlastung : Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen beträgt somit im Mittel für Gesamtösterreich rund 6 : 1 : 3. Diese Ergebnisse geben die durchschnittliche Verteilung für Gesamtösterreich wieder, beruhend auf der Auswertung aller 790 Kläranlageneinzugsgebiete. Auf Basis von Einzelanlagen kann die Verteilung der emittierten Abwasserströme jedoch stark schwanken und ist abhängig von der Art der Siedlungsentwässerung (Aufteilung zwischen Misch- und Trennsystem).

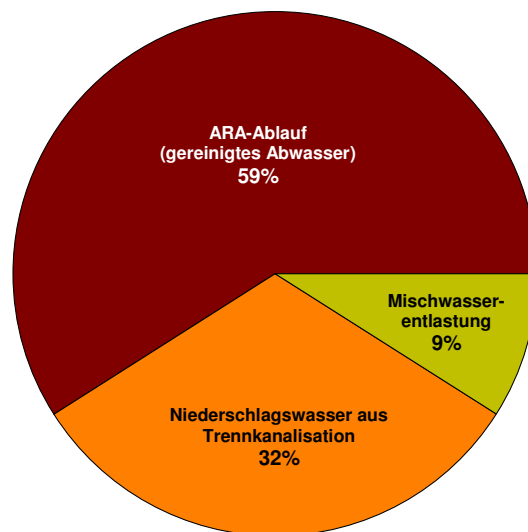


Abbildung 3: Zusammensetzung der in die Gewässer gelangenden urbanen Abflüsse

Für die Bewertung auf Bundeslandebene bzw. für die Planungsräume sind zusätzlich noch die Abwässer von befestigten außerurbanen Flächen zu berücksichtigen. *Tabelle 11* enthält eine Zusammenfassung der Abwassermengen die der Frachtberechnung zugrunde liegen für die Bundesländer bzw. in *Tabelle 12* für die Planungsräume.

Tabelle 11: Zusammenfassung der Abwassermengen, die der Frachtberechnung / Emissionsabschätzung zugrunde liegen (für die Bundesländer)

Bundesland	Siedlungsgebiete [m ³ /a]			Außerurbane Verkehrsflächen [m ³ /a]		
	Kläranlagenablauf	Niederschlagswasser aus Trennkanalisation	Mischwasserentlastung	Versickerung	Straßenabwasser	Straßenabwasser nach GSA
Burgenland	51.357.000	9.761.000	10.021.000	217.000	9.188.000	780.000
Kärnten	56.292.000	48.120.000	4.829.000	6.628.000	24.512.000	2.416.000
Niederösterreich	193.593.000	80.789.000	36.998.000	23.089.000	54.183.000	3.448.000
Oberösterreich	155.506.000	81.349.000	35.562.000	21.825.000	59.198.000	3.265.000
Salzburg	53.906.000	52.408.000	5.522.000	2.495.000	21.587.000	1.708.000
Steiermark	100.815.000	126.890.000	5.241.000	5.962.000	52.104.000	3.395.000
Tirol	107.857.000	50.367.000	17.142.000	1.634.000	20.553.000	1.553.000
Vorarlberg	44.132.000	50.216.000	8.369.000	771.000	9.944.000	757.000
Wien	219.237.000	14.216.000	19.132.000	360.000	772.000	122.000
Österreich	953.633.000	530.447.000	137.253.000	70.714.000	252.041.000	17.444.000

Tabelle 12: Zusammenfassung der Abwassermengen, die der Frachtberechnung / Emissionsabschätzung zugrunde liegen (für die Planungsräume)

Planungsraum	Siedlungsgebiete [m ³ /a]			Außerurbane Verkehrsflächen [m ³ /a]		
	Kläranlagenablauf	Niederschlagswasser aus Trennkanalisation	Mischwasserentlastung	Versickerung	Straßenabwasser	Straßenabwasser nach GSA
Donau	900.475.000	513.671.000	132.912.000	65.771.000	240.424.000	16.687.000
March	16.816.000	12.405.000	5.681.000	3.545.000	5.869.000	-
Donau b. Jochenstein	173.243.000	108.023.000	27.077.000	7.553.000	48.014.000	2.960.000
Drau	63.353.000	53.017.000	6.281.000	6.797.000	27.127.000	2.416.000
Donau u. Jochenstein	510.007.000	150.782.000	74.644.000	34.849.000	99.076.000	6.681.000
Leitha-Raab-Rabnitz	94.531.000	45.745.000	15.721.000	4.361.000	29.047.000	2.087.000
Mur	77.876.000	92.708.000	4.056.000	4.357.000	31.290.000	2.543.000
Elbe	4.438.000	2.727.000	1.239.000	771.000	2.137.000	-
Rhein	42.431.000	48.709.000	8.118.000	747.000	9.481.000	757.000
Österreich	953.633.000	530.447.000	137.253.000	70.714.000	252.041.000	17.444.000

5.1.3 Datenunsicherheit und Plausibilitätsprüfung

In Siedlungsgebieten, in denen die Kanalnetze hauptsächlich als Trennkanalisationen ausgeführt sind, kann der Berechnungsansatz zu einer Überschätzung der eingeleiteten Niederschlagswassermengen führen, weil nicht alle Flächen an den Niederschlagswasserkanal angeschlossen sein müssen, sondern sehr oft die Forderung besteht, die Niederschlagswässer zu versickern. Um die Relevanz des Anschlussgrades der Dach- und Straßenflächen darzustellen und den Einfluss auf die Berechnung des Niederschlagswasserabflusses zu bestimmen, wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Hierbei wurden pauschale Anschlussgrade von 100, 75 und 50 % für Dach- und Straßenflächen angenommen und die dabei entstehenden Abflussmengen berechnet und verglichen. Der jeweilige Beitrag der berücksichtigten Eintragspfade am Gesamteintrag ist in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** zusammengefasst.

Tabelle 13: Auswirkungen der Veränderung des Anschlussgrades für Dach- und Straßenflächen auf die einzelnen Eintragspfade

Anschlussgrad [%]	Kläranlagenablauf		Niederschlagswasserkanal		Mischwasserentlastung		Gewässereintrag	
	[Mio. m³/a]	%	[Mio. m³/a]	%	[Mio. m³/a]	%	[Mio. m³/a]	%
100%	977	58	558	33	157	9	1.692	100
75%	931	63	418	29	118	8	1.467	100
50%	885	71	279	23	79	6	1.242	100

Die Abflussmengen der Niederschlagswasserkanäle sowie der Mischwasserentlastungen sind direkt proportional zu den in die Kanalisation gelangenden Niederschlagswassermengen und damit auch zum Anschlussgrad der befestigten Flächen. Eine Reduktion des Anschlussgrades führt daher zu einer entsprechenden Reduktion der jeweiligen Abflüsse.

Da die Kläranlagenabläufe prinzipiell von den Schmutzwassermengen dominiert werden (nur jener Anteil des Niederschlagswasserabflusses, der über Mischkanalisationen geführt wird und gemäß Weiterleitungsgrad zur Kläranlage geleitet werden muss, gelangt zu ebendieser) fallen hier verringerte Anschlussgrade für Dach- und Straßenflächen weitaus weniger ins Gewicht. Eine Reduktion des Anschlussgrades für Dach- und Straßenflächen um 25 bzw. 50 % (und damit einhergehend eine Reduktion des Niederschlagswasserabflusses um 25 bzw. 50 %) führt nur zu einer geringfügigen Verringerung des Kläranlagenablaufs. Bei Betrachtung der drei Eintragspfade ist zu erkennen, dass eine Verringerung der Anschlussgrade für Dach- und Straßenflächen um 25 bzw. 50 % zu einer Reduktion der Gesamteintragsmengen (hydraulisch) von rund 13 bzw. 27 % führt. Dies zeigt, dass die angesetzten Anschlussgrade der befestigten Flächen eine Auswirkung auf die Gesamtmenge der in die Gewässer gelangenden urbanen Abflüsse haben. Eine detaillierte Ausführung enthält Abschnitt 8.6.2.7. Die im Rahmen des Projektes durchgeführte Bewertung der Datenunsicherheiten ist in *Tabelle 14* dargestellt. Als Inputdaten werden jene Daten bezeichnet, die für die Darstellung und Berechnung der Abflüsse herangezogen wurden. Unter Verwendung der Grundlagendaten wurden die Inputdaten für jedes einzelne Kläranlageneinzugsgebiet berechnet. Allen Grundlagendaten wurden Konfidenzgrade zugeordnet, um damit die Datengenauigkeiten bzw. -unsicherheiten entsprechend darstellen zu können.

Mit Hilfe der Fehlerfortpflanzungsrechnung wurden die Unsicherheiten der Inputdaten ermittelt. Die Unsicherheiten der Kläranlagenzu- und -abläufe sowie jene der Gewässereinträge und der (theoretischen) -austräge wurden von der verwendeten Software STAN (<http://www.stan2web.net>), automatisch berechnet. Wie in *Abbildung 2* ersichtlich ist, schwanken die Kläranlagenablaufmengen in einem Bereich von ca. ± 19 %. An diesem Wert orientieren sich der der Plausibilitätsprüfung zu Grunde gelegte Toleranzbereich des Kläranlagenabflusses von ± 20 %.

Tabelle 14: Bewertung der Datenunsicherheiten

Inputdaten	Grundlagendaten	Datenunsicherheit nach IWA [%]		Unsicherheit Inputdaten [%]
Jahresniederschlagsmenge im Einzugsgebiet				±34
	mittlerer Jahresniederschlag	A3 - A4	±10	
	Dachflächen	B4	±20	
	Straßenflächen	C4 - C5	±25	
Jahresschmutzwassermenge im Einzugsgebiet				±22
	EMREG-OW Daten	B3	±10	
	Schmutzwasseranfall/ EW	C4	±20	
Kanalnetzdaten				
	Verteilung Misch-/Trennsystem	C2 - C3	±5	±5
Weiterleitungsgrad				
	$\Gamma_{720,1}$	A3 - A4	±10	
	Ausbaugrad	A2 - A3	±5	

Nach der Berechnung der hydraulischen Abflüsse der einzelnen Eintragspfade wurden diese auf Plausibilität geprüft. Als Referenzwert für die einzelnen Siedlungsgebiete wurden die gemeldeten Jahresabwassermengen aus dem Emissionsregister Oberflächengewässer (EMREG-OW) herangezogen. Die Berechnungen wurden als hinreichend genau bewertet, wenn die Abweichung von den gemeldeten Abwassermengen weniger als $\pm 20\%$ beträgt. Beträgt die Abweichung mehr als 20% , so werden drei Abweichungsklassen unterschieden:

- Abweichungsklasse 1 (AKL1): $> 20\text{-}50\%$ Abweichung
- Abweichungsklasse 2 (AKL2): $> 50\text{-}100\%$ Abweichung
- Abweichungsklasse 3 (AKL3): $> 100\%$ Abweichung

Während zunächst mit einheitlichen spezifischen Werten gerechnet wurde (150 bzw. 200 l/EW/a), erfolgte die endgültige Berechnung basierend auf einem spezifischen Schmutzwasseranfall, der bundeslandspezifisch aus den Jahrestrockenwetterabflüssen berechnet wurde. Diese Ergebnisse des Abgleichs mit den gemeldeten Jahresabwasserfrachten aus EMREG-OW für die verschiedenen Berechnungsansätze enthält Annex VI in Abschnitt 8.6.2. Tabelle 15 zeigt das Ergebnis des Abgleichs für den gewählten Berechnungsansatz mittels bundeslandspezifischer Schmutzwasserkennzahlen, die aus den Jahrestrockenwetterabflüssen abgeleitet wurden. Es liegen für 612 Kläranlagen Vergleichsdaten vor.

Tabelle 15: Vergleich von berechneten (spezifischer Schmutzwasseranfall abgeleitet aus Jahrestrockenwetterabflüssen) und berichteten (aus EMREG-OW) Jahresabwassermengen.

	Anzahl ARA	%-Anteil	%-Anteil bezogen auf EW
Abweichungsklasse 1 ¹	15	2%	1%
Abweichungsklasse 2 ¹	41	7%	4%
Abweichungsklasse 3 ¹	70	12%	7%
Überschätzt	126	21%	12%
Tolerabel	251	41%	67%
Unterschätzt	235	38%	21%
Abweichungsklasse 1 ²	186	30%	18%
Abweichungsklasse 2 ²	49	8%	3%
Abweichungsklasse 3 ²	-	-	-

¹...bezogen auf die Überschätzung, ²...bezogen auf die Unterschätzung

Für 251 Siedlungsgebiete zeigen die berechneten und die berichteten Jahresabwassermengen eine sehr gute Übereinstimmung und diese 251 Siedlungsgebiete berücksichtigen rund 41 % aller betrachteten Siedlungsgebiete und umfassen zwei Drittel der angeschlossenen EW. Bei den Abweichungen fallen die meisten Anlagen in die Abweichungskategorie 1. Anzumerken ist, dass starke Abweichungen vor allem bei kleinen Siedlungsgebieten beobachtet werden. Ein Grund für starke Abweichungen (Unterschätzung) können hohe Fremdwassermengen sein. So werden diese nur grob über die spezifischen Schmutzwassermengen erfasst, die aus den Jahrestrockenwettermengen abgeleitet wurden. Lokale Besonderheiten werden dadurch nicht berücksichtigt.

5.2 Vorkommen organischer und anorganischer Spurenstoffe in unterschiedlichen Eintragspfaden

Im Rahmen der Untersuchungen wurden 68 Proben aus unterschiedlichen Eintragspfaden gezogen und auf organische und anorganische Spurenstoffe untersucht. Einen Überblick über die Probenverteilung zwischen den Siedlungsgebieten und den berücksichtigten Eintragspfaden zeigt *Tabelle 3*. Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse der Untersuchungen zusammengefasst. Eine detaillierte Darstellung zum Vorkommen der untersuchten Spurenstoffe in den berücksichtigten Eintragspfaden enthält Annex VII im Abschnitt 8.7.

Nur Nonylphenoldicarboxylat, Diisopentylphthalat, Di-n-pentylphthalat, Dipropylphthalat, n-Pentyl-isopentyl Phthalat, Naphthalin, Chloridazon, Metazachlor und Propazin waren in keiner Probe nachweisbar. Alle anderen untersuchten Stoffe wurden zumindest in einer Probe nachgewiesen.

Am meisten Spurenstoffe (40) wurden in den Trockenwetterzulaufproben der zwei Kläranlagen nachgewiesen. Im Mischwasser wurden rund 28 der untersuchten Stoffe nachgewiesen und in den unbehandelten Straßenabwasserproben rund 23 Stoffe. In den behandelten Straßenabwasserproben und in den Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen wurden zwischen 15 und 18 Stoffe nachgewiesen. Am wenigsten Spurenstoffe wurden in der Deposition (11) und im Grundwasser (9) gemessen. Die Zusammenfassung berücksichtigt nur Spurenstoffe, die in der Mehrzahl (80 % Prozent) der untersuchten Proben eines bestimmten Eintragspfades nachweisbar waren (siehe *Tabelle 16*).

Eine Übersicht über die gemessenen Konzentrationen und die Häufigkeit des Nachweises für die unterschiedlichen Eintragspfade zeigen die folgenden Abbildungen (*Abbildung 4 bis Abbildung 12*). Es sind nur Stoffe dargestellt, die in zumindest einer der untersuchten Proben nachweisbar waren. Für die Minimalbewertung wurden nicht nachweisbare Stoffe gleich null gesetzt und Messergebnisse kleiner Bestimmungsgrenze mit der Nachweisgrenze berücksichtigt. Für die Maximalbewertung wurden nicht nachweisbare Stoffe gleich der Nachweisgrenze und Messergebnisse kleiner Bestimmungsgrenze mit der Bestimmungsgrenze berücksichtigt. Zum Vergleich wurden in den Abbildungen auch die Umweltqualitätsnormwerte für den Jahresdurchschnitt (JD-UQN) eingetragen.

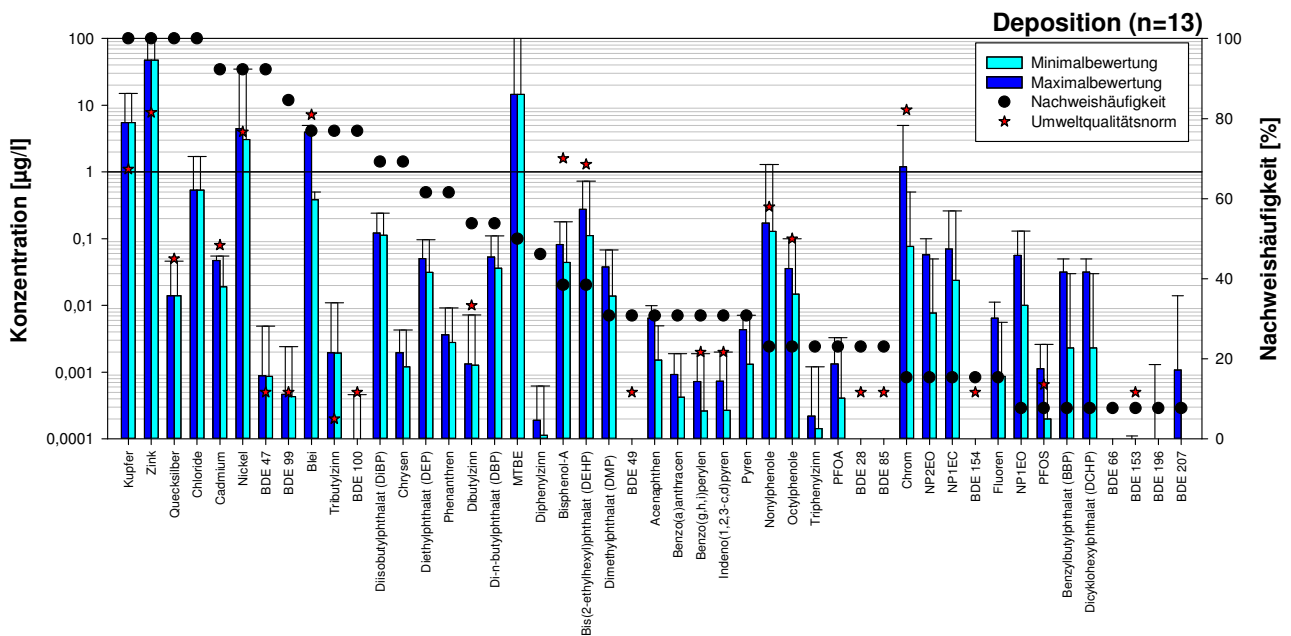


Abbildung 4: Gemessene Konzentrationen in den Niederschlagsproben (Mittelwert, Maximal- und Minimalwert) nach Minimal- und Maximalauswertung, Häufigkeit des Nachweises und Güteziel für Oberflächengewässer (bei den polybromierten Diphenylethern gilt das Güteziel für die Summe der Kongenere BDE 28, 47, 99, 100, 153 und 154)

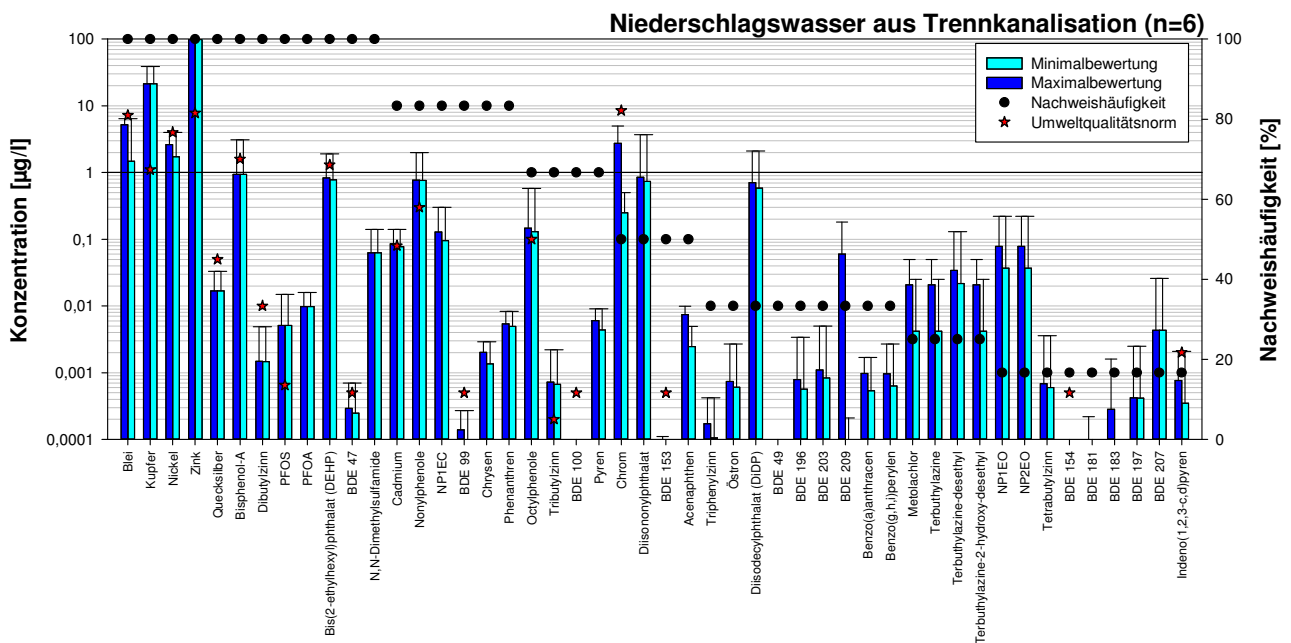


Abbildung 5: Gemessene Konzentrationen in den Niederschlagswasserproben aus Trennkanalisationen (Mittelwert, Maximal- und Minimalwert) nach Minimal- und Maximalauswertung, Häufigkeit des Nachweises und Güteziel für Oberflächengewässer (bei den polybromierten Diphenylethern gilt das Güteziel für die Summe der Kongenere BDE 28, 47, 99, 100, 153 und 154)

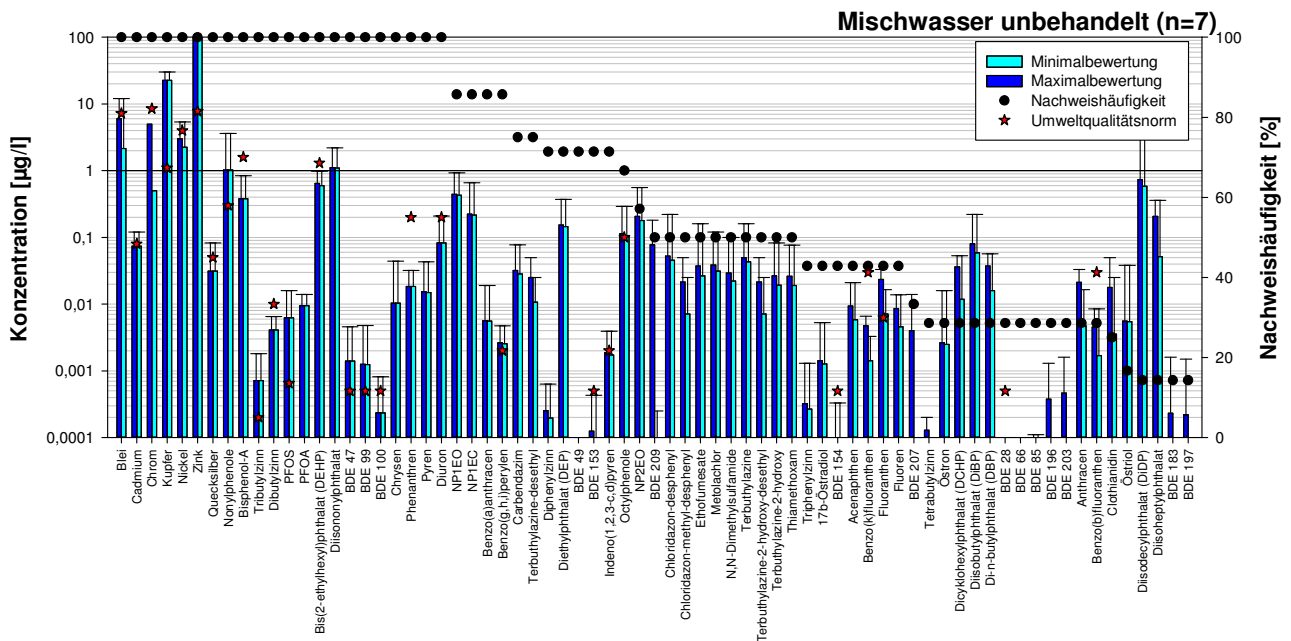


Abbildung 6: Gemessene Konzentrationen in den unbehandelten Mischwasserproben (Mittelwert, Maximal- und Minimalwert) nach Minimal- und Maximalauswertung, Häufigkeit des Nachweises und Güteziel für Oberflächengewässer (bei den polybromierten Diphenylethern gilt das Güteziel für die Summe der Kongenere BDE 28, 47, 99, 100, 153 und 154)

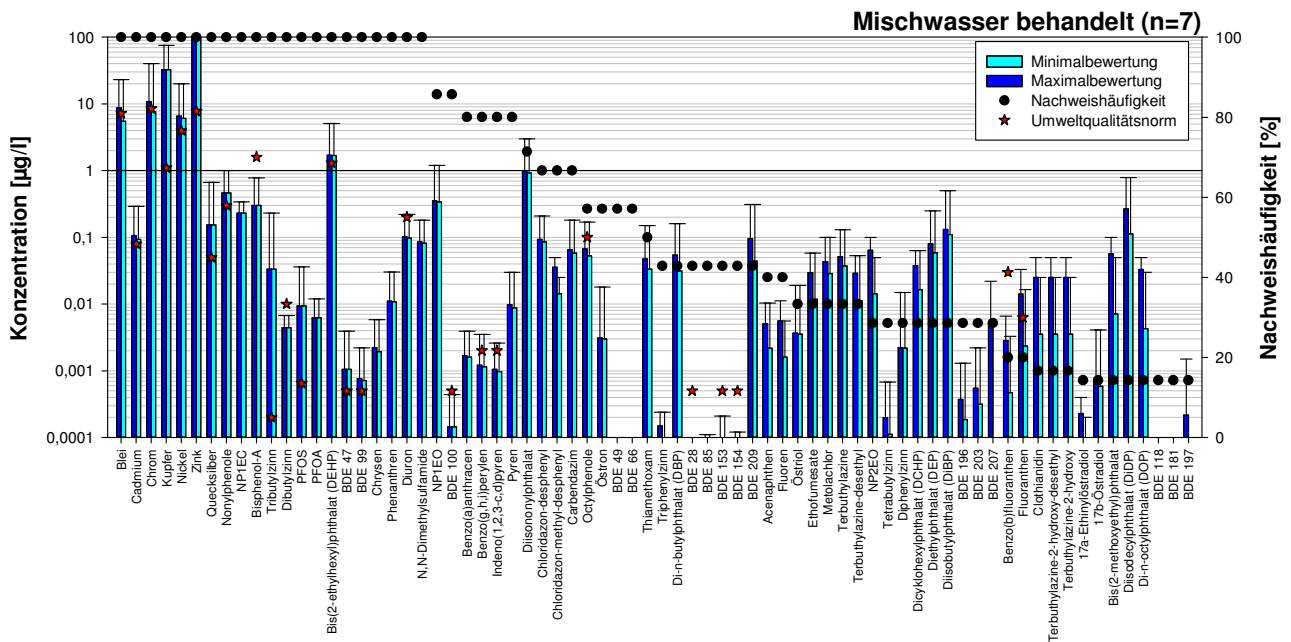


Abbildung 7: Gemessene Konzentrationen in den behandelten Mischwasserproben (Mittelwert, Maximal- und Minimalwert) nach Minimal- und Maximalauswertung, Häufigkeit des Nachweises und Güteziel für Oberflächengewässer (bei den polybromierten Diphenylethern gilt das Güteziel für die Summe der Kongenere BDE 28, 47, 99, 100, 153 und 154)

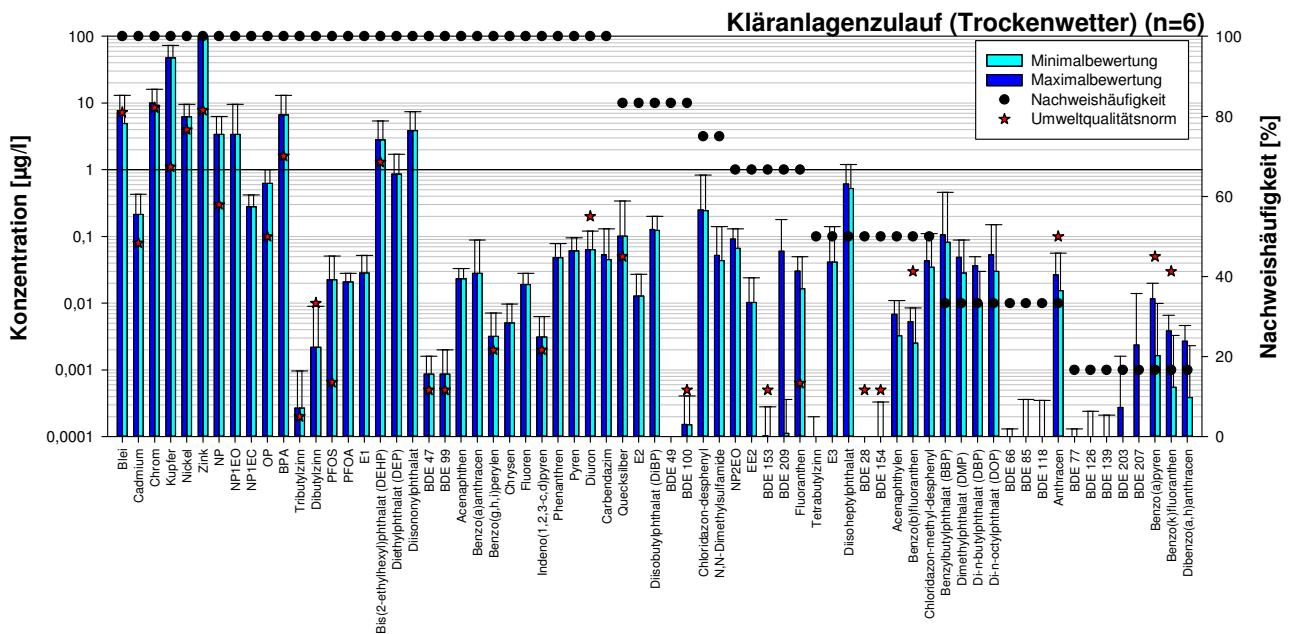


Abbildung 8: Gemessene Konzentrationen in den Kläranlagenzulaufen bei Trockenwetter (Mittelwert, Maximal- und Minimalwert) nach Minimal- und Maximalauswertung, Häufigkeit des Nachweises und Güteziel für Oberflächengewässer (bei den polybromierten Diphenylethern gilt das Güteziel für die Summe der Kongenere BDE 28, 47, 99, 100, 153 und 154)

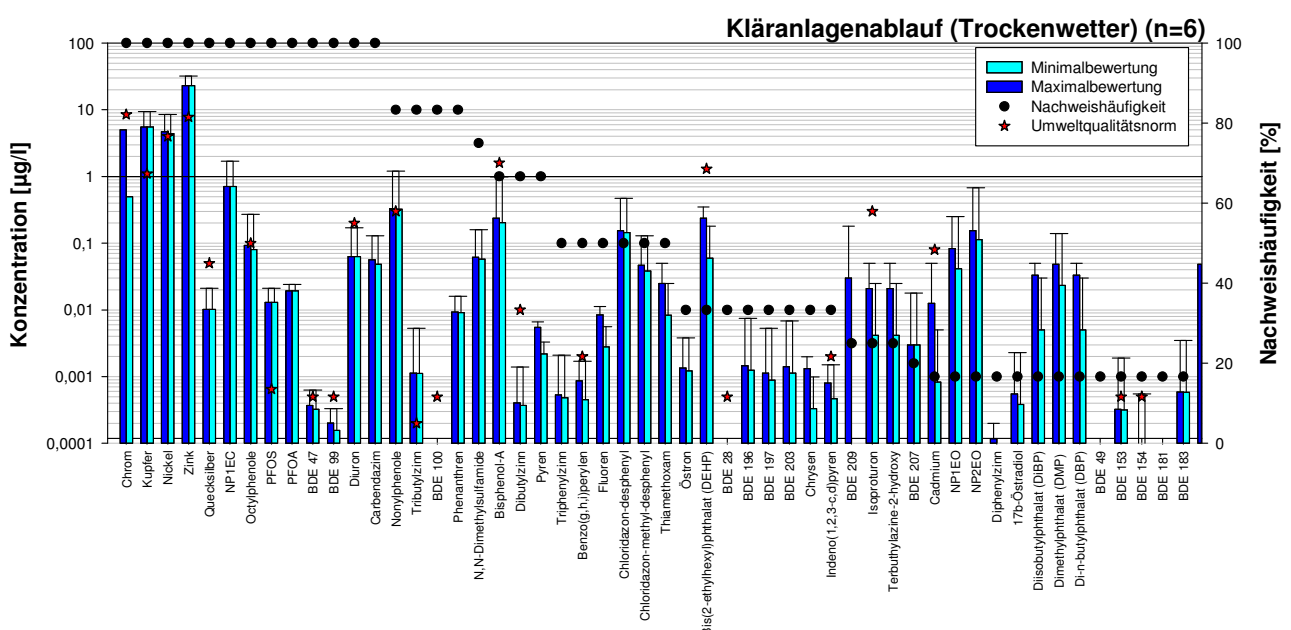


Abbildung 9: Gemessene Konzentrationen in den Kläranlagenabläufen bei Trockenwetter (Mittelwert, Maximal- und Minimalwert) nach Minimal- und Maximalauswertung, Häufigkeit des Nachweises und Güteziel für Oberflächengewässer (bei den polybromierten Diphenylethern gilt das Güteziel für die Summe der Kongenere BDE 28, 47, 99, 100, 153 und 154)

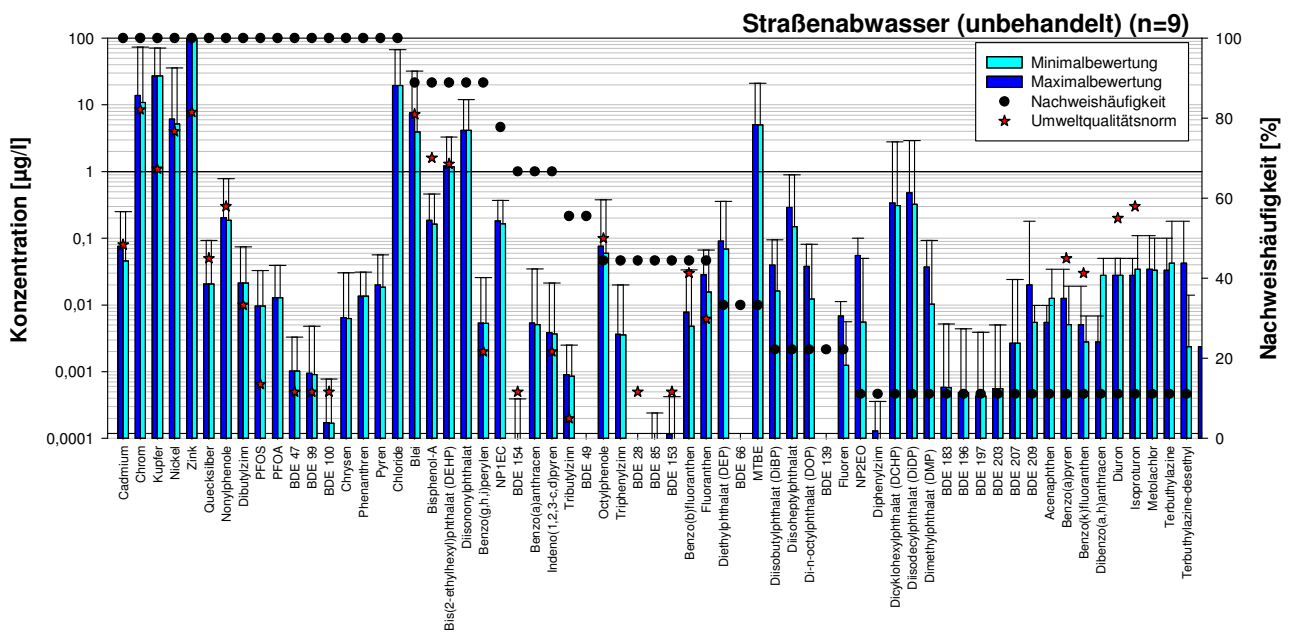


Abbildung 10: Gemessene Konzentrationen in den unbehandelten Straßenabwasserproben (Mittelwert, Maximal- und Minimalwert) nach Minimal- und Maximalauswertung, Häufigkeit des Nachweises und Güteziel für Oberflächengewässer (bei den polybromierten Diphenylethern gilt das Güteziel für die Summe der Kongenere BDE 28, 47, 99, 100, 153 und 154)

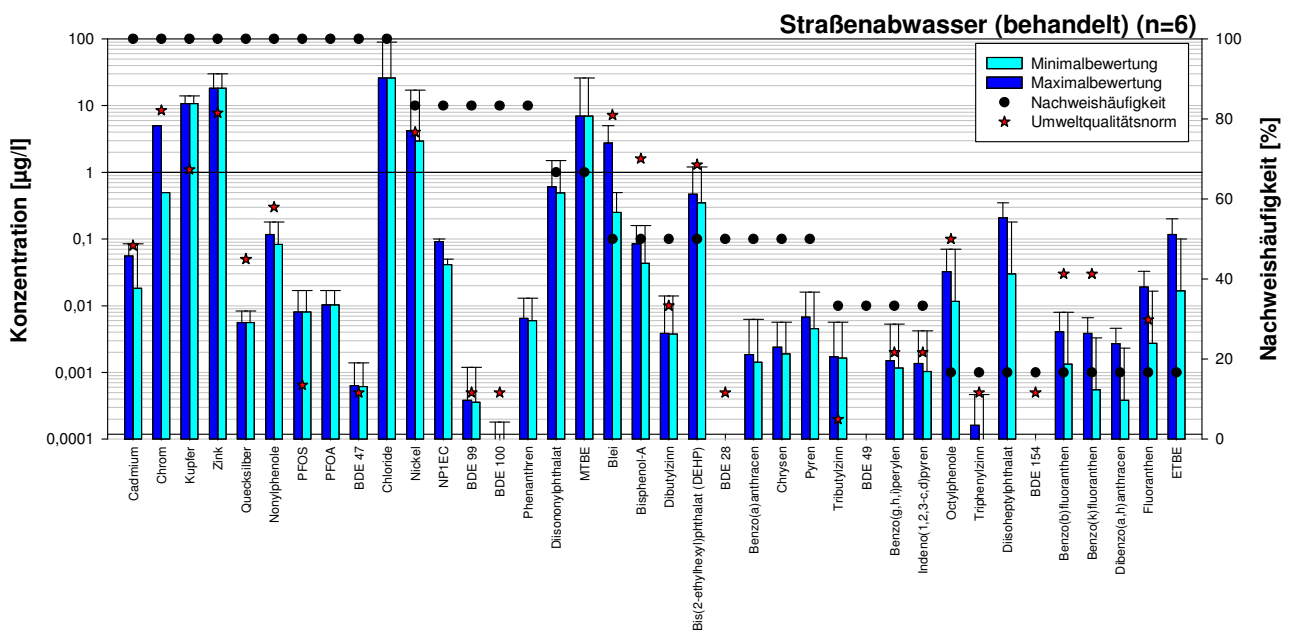


Abbildung 11: Gemessene Konzentrationen in den behandelten Straßenabwasserproben (Mittelwert, Maximal- und Minimalwert) nach Minimal- und Maximalauswertung, Häufigkeit des Nachweises und Güteziel für Oberflächengewässer (bei den polybromierten Diphenylethern gilt das Güteziel für die Summe der Kongenere BDE 28, 47, 99, 100, 153 und 154)

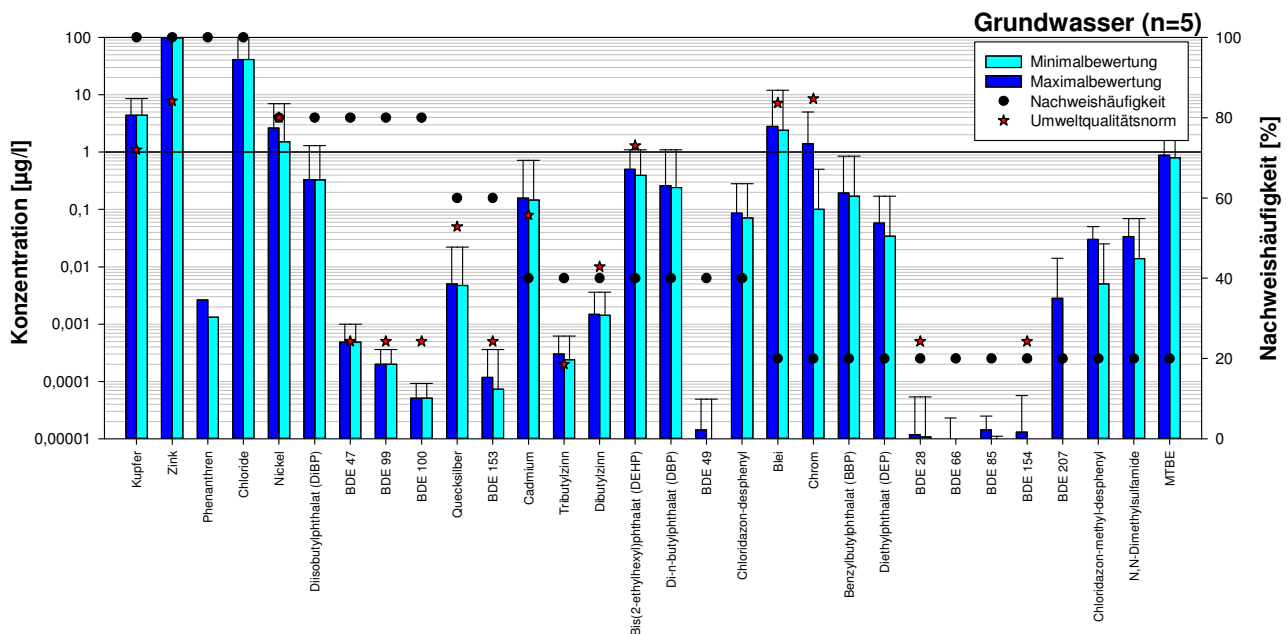


Abbildung 12: Gemessene Konzentrationen in den Grundwasserproben (Mittelwert, Maximal- und Minimalwert) nach Minimal- und Maximalauswertung, Häufigkeit des Nachweises und Güteziel für Oberflächengewässer (bei den polybromierten Diphenylethern gilt das Güteziel für die Summe der Kongenere BDE 28, 47, 99, 100, 153 und 154)

Tabelle 16 enthält eine Zusammenfassung der mittleren Konzentrationen der Stoffe, die in über 80 % der Proben des jeweiligen Eintragspfades nachgewiesen wurden. Der Schwankungsbereich des Mittelwertes gibt die Ergebnisse der Minimal- und der Maximalbewertung wieder. Bei der Minimalbewertung werden nicht nachweisbare Stoffe gleich null gesetzt und Ergebnisse kleiner Bestimmungsgrenze mit der Nachweisgrenze berücksichtigt. Bei der Maximalbewertung werden nicht nachweisbare Stoffe mit der Nachweisgrenze und Ergebnisse kleiner Bestimmungsgrenze mit der Bestimmungsgrenze berücksichtigt.

Das Fehlen von Angaben in Tabelle 16 heißt nicht, dass ein Stoff in dem jeweiligen Eintragspfad nicht nachweisbar war, sondern nur, dass der Stoff nicht in mehr als 80 % der Proben des bestimmten Eintragspfades nachgewiesen wurde.

Nur sehr wenige Stoffe waren in allen beprobten Eintragspfaden in zumindest einer Probe nachweisbar: Kupfer, Nickel, Zink und die Kongenere BDE 47, BDE 99 und BDE 100 der polybromierten Diphenylether. Zusätzlich zu diesen Stoffen waren Quecksilber, Nonylphenole, Nonylphenolmonoethoxylate, die perfluorierten Tenside PFOA und PFOS und Phenantren in allen Abwasserproben nachweisbar. Quecksilber wurde nur in den Grundwasserproben und Phenantren nur in der Deposition nicht gefunden. Die Industriechemikalien und die perfluorierten Tenside waren in allen Abwasserproben und in einzelnen Proben in der Gesamtd deposition aber in keiner der untersuchten Grundwasserproben nachweisbar.

Für diese Stoffe zeigt Abbildung 13 eine Gegenüberstellung der gemessenen Konzentrationen. Dargestellt sind der Median bzw. die 25- und 75-Perzentile in der Box, sowie die 5- und 95-Perzentile als Spannweitenbalken. Zusätzlich sind Extremwerte als Punkte dargestellt. Der Umfang der Darstellung ist abhängig von der Datenmenge.

Tabelle 16: Zusammenfassung der mittleren Konzentrationen [$\mu\text{g/l}$] (Minimal- und Maximalauswertung – bei Angabe eines Wertes sind alle Messungen größer Bestimmungsgrenze und die Auswertungen führen zum selben Ergebnis) der Stoffe, die in über 80 % der Proben des jeweiligen Eintragspfades nachgewiesen wurden (ARA-ZU...Kläranlagenzulauf bei Trockenwetter, ARA-AB...Kläranlagenablauf bei Trockenwetter, MW-ROH...Mischwasserzufluss, MW-BEH...Mischwasser behandelt, NWK...Niederschlagswassereinleitung aus Trennkanalisation, STR-ZU...Straßenabwasser unbehandelt bzw. Zulauf zur Gewässerschutzanlage, STR-AB...behandeltes Straßenabwasser nach Gewässerschutzanlage)

Parameter	Deposition [$\mu\text{g/l}$]	ARA-ZU [$\mu\text{g/l}$]	ARA-AB [$\mu\text{g/l}$]	MW-ROH [$\mu\text{g/l}$]	MW-BEH [$\mu\text{g/l}$]	NWK [$\mu\text{g/l}$]	STR-ZU [$\mu\text{g/l}$]	STR-AB [$\mu\text{g/l}$]	Grundwasser [$\mu\text{g/l}$]
Blei	0,38-4,0	4,9-7,2	-	2,1-6,0	5,5-8,71	1,5-5,2	3,9-7,5	-	-
Cadmium	0,019-0,047	0,21	-	0,074	0,094-0,11	0,077-0,085	0,046-0,076	0,018-0,056	-
Chrom	-	9,2-10	0,5-5	0,5-5,0	7,6-11	-	11-14	0,5-5,0	-
Kupfer	5,5	47	5,5	23	32	22	27	11	4,4
Nickel	3,1-4,5	6,2	4,4-4,7	2,2-3,0	6,1-6,6	1,7-2,6	5,1-6,1	3,0-4,2	1,5-2,6
Zink	47-48	150	23	142	110	120	110	18	430
Quecksilber	0,014	0,10	0,010	0,037	0,15	0,017	0,021	0,0056	-
Nonylphenole	-	3,4	0,32-0,33	1,0	0,46	0,76-0,77	0,19-0,20	0,083-0,12	-
NP1EO	-	3,4	-	0,43-0,44	0,34-0,36	-	-	-	-
NP1EC	-	0,28	0,71	0,22	0,23	0,095-0,13	0,17-0,18	0,042-0,092	-
Octylphenole	-	0,62	0,081-0,093	-	-	-	-	-	-
Bisphenol-A	-	6,6	-	0,38	0,30	0,94	0,16-0,19	-	-
Tributylzinn	0,0019-0,0020	0,00081	0,0011	0,00071	0,33	-	-	-	-
Dibutylzinn	-	0,0066	-	0,0041	0,0044	0,0015	0,021	-	-
Tetrabutylzinn	-	0,000050-0,00015	-	-	-	-	-	-	-
PFOS	-	0,022	0,013	0,0062	0,011	0,0051	0,0096	0,0081	-
PFOA	-	0,021	0,019	0,0095	0,0073	0,010	0,013	0,010	-
Östron	-	0,028	-	-	-	-	-	-	-
17b-Östradiol	-	0,013	-	-	-	-	-	-	-
DEHP	-	2,8	-	0,60-0,65	1,7	0,78-0,84	1,2	-	-
Diethylphthalat (DEP)	-	0,86	-	-	-	-	-	-	-
Diisobutylphthalat (DiBP)	-	0,12-0,13	-	-	-	-	-	-	0,33
Diisononylphthalat	-	3,9	-	1,1	-	-	4,1-4,2	-	-
Summe PBDE ¹	0,0014-0,0015	0,0020-0,0021	0,00093-0,0010	0,0030-0,0031	0,0020-0,0021	0,00034-0,0005	0,0022-0,0024	0,0010-0,0011	0,00082-0,00088

Parameter	Deposition [µg/l]	ARA-ZU [µg/l]	ARA-AB [µg/l]	MW-ROH [µg/l]	MW-BEH [µg/l]	NWK [µg/l]	STR-ZU [µg/l]	STR-AB [µg/l]	Grundwasser [µg/l]
Acenaphthen	-	0,023	-	-	-	-	-	-	-
Benzo(a)anthracen	-	0,028	-	0,0056-0,0057	0,0022-0,0024	-	-	-	-
Benzo(g,h,i)perylene	-	0,0032	-	0,0025-0,0026	0,0016-0,0017	-	0,0053	-	-
Chrysen	-	0,0051	-	0,010	0,0027-0,0031	0,0014-0,0020	0,0063-0,0065	-	-
Fluoren	-	0,019	-	-	-	-	-	-	-
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	-	0,0031	-	-	0,0014-0,0015	-	-	-	-
Phenanthren	-	0,048	0,0092-0,0094	0,018	0,015	0,0049-0,0054	0,014	0,0060-0,0064	0,0013-0,0026
Pyren	-	0,061	-	0,015	0,012-0,014	-	0,019-0,020	-	-
Diuron	-	0,096	0,094	0,15	0,11-0,12	-	-	-	-
Chloridazon-desphenyl	-	0,37	-	-	-	-	-	-	-
Carbendazim	-	0,068-0,080	0,073-0,085	0,050-0,056	-	-	-	-	-
N,N-Dimethylsulfamide	-	0,065-0,078	0,086-0,093	-	0,096-0,10	0,094	-	-	-
Terbutylazine-desethyl	-	-	-	0,019-0,044	-	-	-	-	-
Chloride	0,53	-	-	-	-	-	20	26	41

¹...Summe der polybromierten Diphenylether berücksichtigt die Kongenere BDE 28, BDE 47, BDE 99, BDE 100, BDE 153 und BDE 154

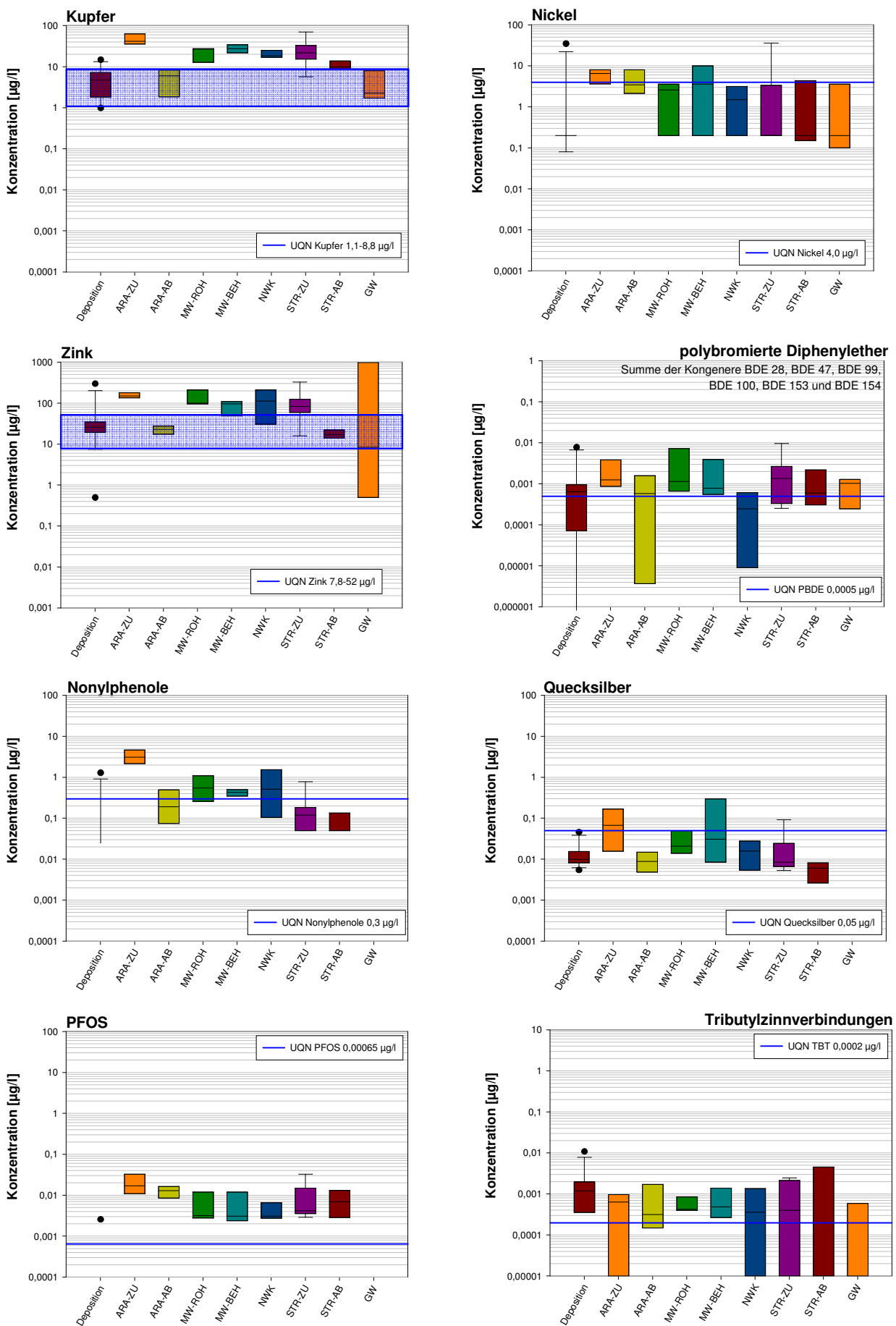


Abbildung 13: Vergleich der Konzentrationen (Boxplot: Median und 25- bzw. 75-Perzentilwerte für die Minimalauswertung) für Stoffe, die in fast allen Eintragspfaden nachgewiesen wurden und Angabe der jeweiligen Güteziele für Oberflächengewässer (falls verfügbar)

Die gemessenen Konzentrationen weisen z. T. einen sehr hohen Schwankungsbereich auf. So schwanken die Konzentrationen im Kläranlagenablauf bei den polybromierten Diphenylethern über mehrere Zehnerpotenzen. Bei anderen Stoffen bzw. Eintragspfaden ist der Schwankungsbereich wiederum sehr gering. Die höchsten Konzentrationen werden zumeist im Rohabwasser (Kläranlagenzulauf) oder im Mischwasser gemessen. Die Konzentrationen im Kläranlagenablauf sind zumeist deutlich niedriger als die Konzentrationen im Rohabwasser oder im Mischwasser. Eine Ausnahme bilden die perfluorierten Tenside oder auch die untersuchten Pflanzenschutzmittelwirkstoffe. Bei diesen Stoffen sind die Konzentrationen im Kläranlagenablauf ähnlich zu jenen im Kläranlagenzulauf. Die Konzentrationen im Kläranlagenablauf sind demnach bei einigen Stoffen im Vergleich zu den anderen Eintragspfaden hoch (z. B. bei den perfluorierten Tensiden). Bei vielen Stoffen sind aber die Konzentrationen in anderen Eintragspfaden deutlich höher als in den untersuchten Kläranlagenablaufproben, wie z. B. für Quecksilber oder Zink. Für diese Stoffe sind die Einträge in Gewässer über andere Eintragspfade von Interesse und für eine frachtspezifische Betrachtung zur Identifikation von Haupteintragspfaden von Relevanz.

Ein Vergleich der gemessenen Konzentrationen ermöglicht bereits eine erste grobe Abschätzung der Relevanz eines Eintragspfades für die untersuchten Spurenstoffe, wenn die Ergebnisse der Abflussberechnungen berücksichtigt werden. Wie in Abschnitt 5.1 bzw. im Detail in Annex VI (Abschnitt 8.6.2) ausgeführt, beträgt das Verhältnis von Kläranlagenablauf : Mischwasserentlastung : Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen im Mittel für Gesamtösterreich rund 6 : 1 : 3. Zwischen einzelnen Siedlungsgebieten kann dieses Verhältnis jedoch in Abhängigkeit von der Art der Kanalisation stark schwanken. In Siedlungsgebieten mit vorwiegender Mischkanalisation fällt der Beitrag der Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen geringer und in Siedlungsgebieten mit vorwiegender Trennkanalisation höher aus. Nichtsdestotrotz können diese Durchschnittswerte herangezogen werden, um eine erste Bewertung der Relevanz der Eintragspfade Mischwasserentlastung und Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen relativ zum gereinigten Abwasser (Kläranlagenablauf) vorzunehmen.

Mischwasserentlastungen sind demnach von Relevanz, wenn die Konzentration im Mischwasser das sechsfache der Konzentration im Kläranlagenablauf beträgt. Nicht von Relevanz sind die Spurenstoffe, deren Konzentration im Mischwasser nur geringfügig höher oder geringer ist als im Kläranlagenablauf. Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen können den relevanten Eintragspfad darstellen, wenn die Konzentration doppelt so hoch ist, wie die Konzentration im gereinigten Abwasser. Eine Gegenüberstellung der mittleren Spurenstoffkonzentrationen in Mischwasserentlastungen und in Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen zeigt *Abbildung 14*. *Abbildung 15* zeigt den Schwankungsbereich (Minimalauswertung und Maximalauswertung) der mittleren Konzentrationen in Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen relativ zur Konzentration im gereinigten Abwasser. Ausgewiesen ist der Schwankungsbereich aufgrund der Minimal- und der Maximalbewertung. Bei der Minimalbewertung werden nicht nachweisbare Spurenstoffe gleich null gesetzt und Nachweise kleiner Bestimmungsgrenze mit der Nachweisgrenze berücksichtigt. Bei der Maximalbewertung werden nicht nachweisbare Spurenstoffe gleich der Nachweisgrenze gesetzt und Nachweise kleiner Bestimmungsgrenze mit der Bestimmungsgrenze berücksichtigt.

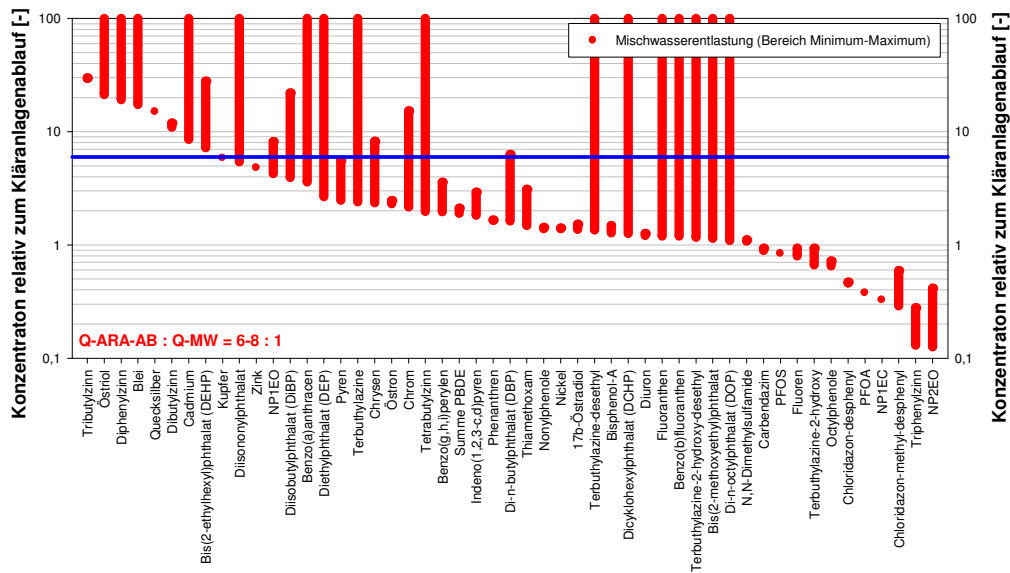


Abbildung 14: Schwankungsbereich (Minimalauswertung und Maximalauswertung) der mittleren Konzentrationen im Mischwasser relativ zur Konzentration im gereinigten Abwasser

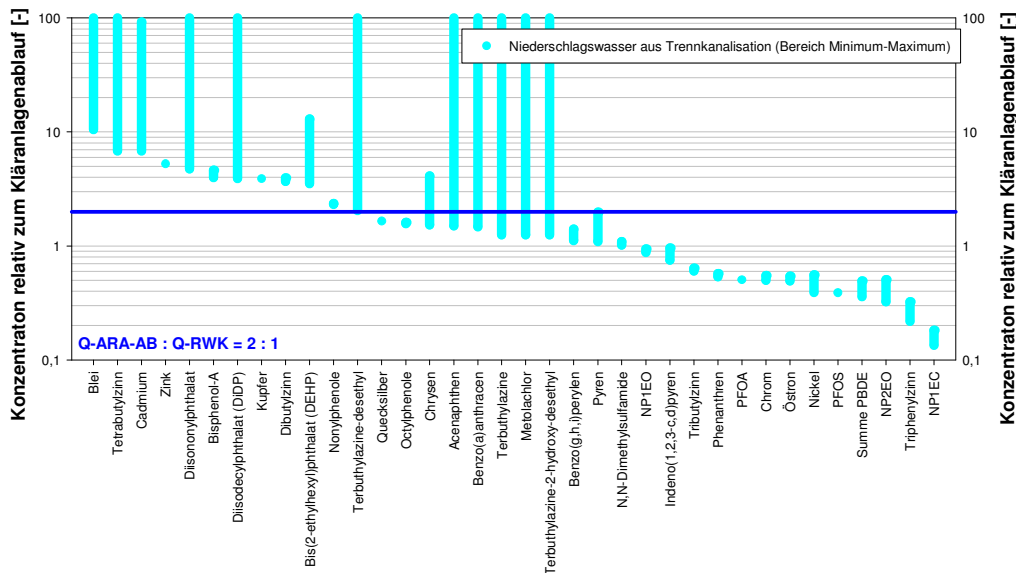


Abbildung 15: Schwankungsbereich (Minimalauswertung und Maximalauswertung) der mittleren Konzentrationen in Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalesationen relativ zur Konzentration im gereinigten Abwasser

Die Messungen deuten darauf hin, dass in Mischwasserentlastungen die Spurenstoffe Tributylzinn, Dibutylzinn, Diphenylzinn, Östriol, Blei und Quecksilber und in Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalesationen die Spurenstoffe Blei, Cadmium, Zink, Kupfer, Tetrabutylzinn, Dibutylzinn, Bisphenol-A, Nonylphenole, Diisononylphthalat und Diisodecylphthalat (DiDP) von Relevanz sein könnten. Für die Zuordnung von Spurenstoffen zu Haupteintragspfaden ist jedoch eine frachtbasierte Berechnung erforderlich.

5.2.1 Rückhalt von Spurenstoffen

In den Zu- und Abläufen zweier kommunaler Kläranlagen wurden bei Trockenwetter drei Proben auf Spurenstoffe untersucht. Aus der Differenz dieser Konzentrationen kann auf den Rückhalt in der Kläranlage geschlossen werden. Dazu ist jedoch anzumerken, dass diese Aussagen ausschließlich auf Konzentrationsmessungen beruhen und keine Massenbilanzen erstellt wurden. Somit ist auch keine Aussage zum Verhalten bei der Abwasserreinigung möglich. Es kann nur das Rückhaltepotenzial abgeschätzt werden, eine Unterscheidung zwischen Abbau und Adsorption an den Schlamm und Entfernung über den Überschussschlamm ist nicht möglich.

Neben den Kläranlagen wurden auch Zu- und Abläufe von Gewässerschutzanlagen beprobt, womit eine Aussage zum Rückhaltepotenzial dieser Gewässerschutzanlagen gemacht werden kann. Beide beprobten Gewässerschutzanlagen sind als bepflanzte Bodenfilter ausgeführt.

Beim Mischwasser wurde der Zulauf zum Mischwasserrückhaltebecken in der Lerchenau sowie das entlastete Mischwasser beprobt. In Linz erfolgte eine gleichzeitige Beprobung des Kläranlagenzulaufs und der Entlastung nach den Vorklärbecken nur während zweier Mischwasserereignisse. Die Gegenüberstellung der Mischwasserzulaufproben und der Proben aus der Mischwasserentlastung sollte es ermöglichen, eine Aussage über den potenziellen Rückhalt im Rückhaltebecken bzw. in der Vorklärung zu treffen. Es ist davon auszugehen, dass ein Rückhalt nur für partikulär gebundene Stoffe auftritt.

Kläranlagen (Trockenwetter)

In den Ablaufproben sind weniger Stoffe nachweisbar als in den Zulaufproben und auch die gemessenen Konzentrationen sind in den Ablaufproben zumeist niedriger als in den Zulaufproben. Dies zeigt das Potenzial von Belebtschlammanlagen zur Entfernung von Spurenstoffen auf, wobei aus den Untersuchungen keine Rückschlüsse auf den Entfernungspfad (Adsorption oder Transformation/Abbau) gezogen werden können. Eine Gegenüberstellung der gemessenen Konzentrationen im Zu- und im Ablauf der zwei Kläranlagen bei Trockenwetter zeigt *Abbildung 159* in Abschnitt 8.7.4 in Annex 8.7.

Eine Ausnahme stellen die Pflanzenschutzmittelwirkstoffe dar. Für diese Stoffe sind die Konzentrationen im Kläranlagenablauf mit jenen im Kläranlagenzulauf vergleichbar und es erfolgt kein Rückhalt bei der Abwasserreinigung. Für Diuron wurde ein solches persistentes Verhalten bereits bei früheren Untersuchungen beobachtet (Umweltbundesamt, 2009). Auch bei den perfluorierten Tensiden liegen die gemessenen Ablaufkonzentrationen nur geringfügig unterhalb der Zulaufkonzentrationen. Dargestellt sind die Ergebnisse der Maximalauswertung bei der nicht nachweisbare Stoffe mit der Nachweisgrenze und Nachweise kleiner Bestimmungsgrenze mit der Bestimmungsgrenze berücksichtigt wurden.

Da keine Massenbilanzierung für die einzelnen Stoffe erfolgte, wurde der Rückhalt basierend auf den Konzentrationen in den Tagesmischproben bei Trockenwetter bewertet. Der berechnete Rückhalt für die untersuchten Spurenstoffe ist in *Abbildung 16* dargestellt. Aufgrund der begrenzten Probenanzahl erfolgte eine rein qualitative Bewertung des Rückhaltepotenzials. Ein hoher Rückhalt (>50 %) in der Kläranlage wird für die Metalle (ausgenommen Nickel), die Industriechemikalien (ausgenommen die Nonylphenoethoxylate und -carboxylate), die Hormone, die meisten Phthalate und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe beobachtet. Ein geringer Rückhalt (<50 %) wurde für Nickel, Nonylphenoldiethoxylat, Nonylphenolcarboxylat, Tributylzinnverbindungen, die perfluorierten Tenside sowie für Pflanzenschutzmittelwirkstoffe und deren Metaboliten beobachtet.

Bei einigen Stoffen wurden im Ablauf höhere Konzentrationen als im Zulauf gemessen. Dazu zählen Nonylphenoldiethoxylat, Nonylphenolmonocarboxylat oder der Metabolit N,N-Dimethylsufamid. Für die

Nonylphenoethoxylate und -carboxylate sind ähnliche Beobachtungen in der Literatur dokumentiert (Clara et al., 2005) und beruhen darauf, dass im Rohabwasser vor allem langkettige Verbindungen vorliegen und in der Kläranlage ein Abbau erfolgt und dadurch kurzkettige Vertreter angereichert werden. Auch bei N,N-Dimethylsulfamid ist davon auszugehen, dass in der Kläranlage ein teilweiser Abbau erfolgt und dieser Metabolit biologisch nicht weiter abbaubar ist und daher angereichert wird.

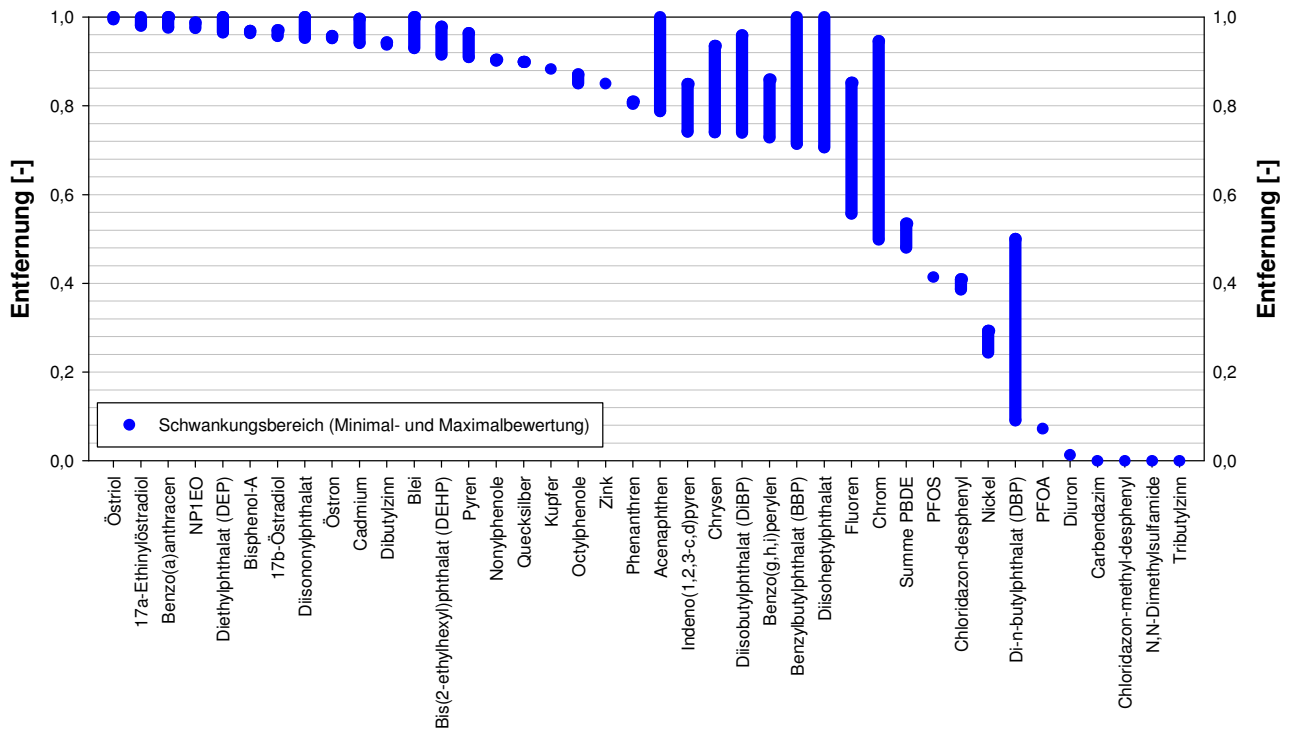


Abbildung 16: Rückhalt [-] der untersuchten Spurenstoffe bei der biologischen Abwasserreinigung

Vergleich der Zulauf- und der Ablaufproben der Gewässerschutzanlagen

Eine Gegenüberstellung der Zu- und der Ablaufkonzentrationen zeigt *Abbildung 165* in Abschnitt 8.7.5 in Annex 8.7. In den Ablaufproben sind weniger Stoffe nachweisbar als in den Zulaufproben und auch die gemessenen Konzentrationen sind in den Ablaufproben zumeist niedriger als in den Zulaufproben. Dies zeigt das Rückhaltepotenzial von Gewässerschutzanlagen.

Vor allem bei partikelgebundenen Stoffen sind die gemessenen Ablaufkonzentrationen geringer als die Zulaufkonzentrationen. Hervorzuheben sind vor allem Phthalate, Metalle und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe. Bei den perfluorierten Tensiden PFOS und PFOA sowie bei MTBE und bei Chloriden liegen die Ablaufkonzentrationen im Bereich der Zulaufkonzentrationen oder auch darüber. Ein ähnliches Ergebnis wurde auch für Phosphor beobachtet. Nachforschungen haben ergeben, dass im Bereich der GSA Klärschlamm aufgebracht wurde und somit ein weiterer Stoffeintrag erfolgte, der dann über den Niederschlag offensichtlich in das Abwasser verfrachtet wird. Ähnliches kann auch für Spurenstoffe gelten, die an den Klärschlamm adsorbiert vorliegen und bei Niederschlagsereignissen freigesetzt werden. Eine weitere mögliche Erklärung ist, dass im Filter eine Speicherung erfolgt und somit Zu- und Ablaufproben nicht korrespondieren. Die Aufenthaltszeit hängt von der Niederschlagsmenge ab und bei jedem Regenereignis wird ein Teil des im Bodenfilter zwischengespeicherten Abwassers wieder aus dem Filter verdrängt.

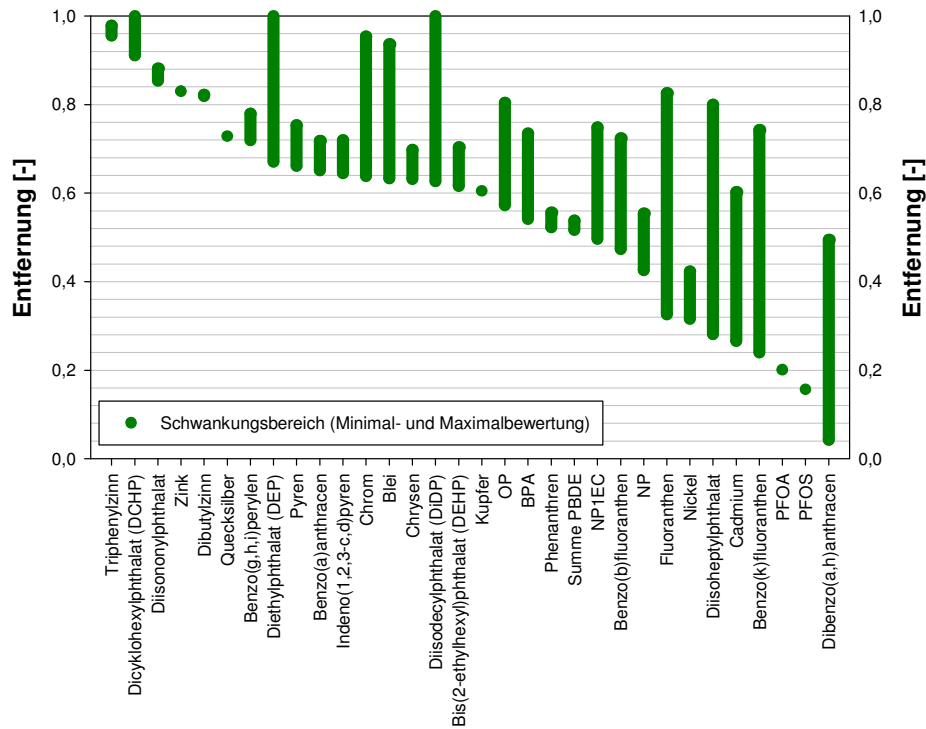


Abbildung 17: Rückhalt [-] der untersuchten Spurenstoffe in den beprobten Gewässerschutzanlagen.

Vergleich der Mischwasserproben

Abbildung 18 zeigt eine Gegenüberstellung der mittleren Spurenstoffkonzentrationen im Mischwasserzufluss und in den entlasteten Mischwasserproben. Bei den meisten untersuchten Stoffen waren die Konzentrationen im entlasteten Mischwasser ähnlich den Konzentrationen im Mischwasserzufluss und weder im Mischwasserüberlaufbecken im Einzugsgebiet des Wasserverbandes Hofsteig noch in der Vorklärung der Regionalkläranlage Linz Asten war ein nennenswerter Rückhalt zu beobachten.

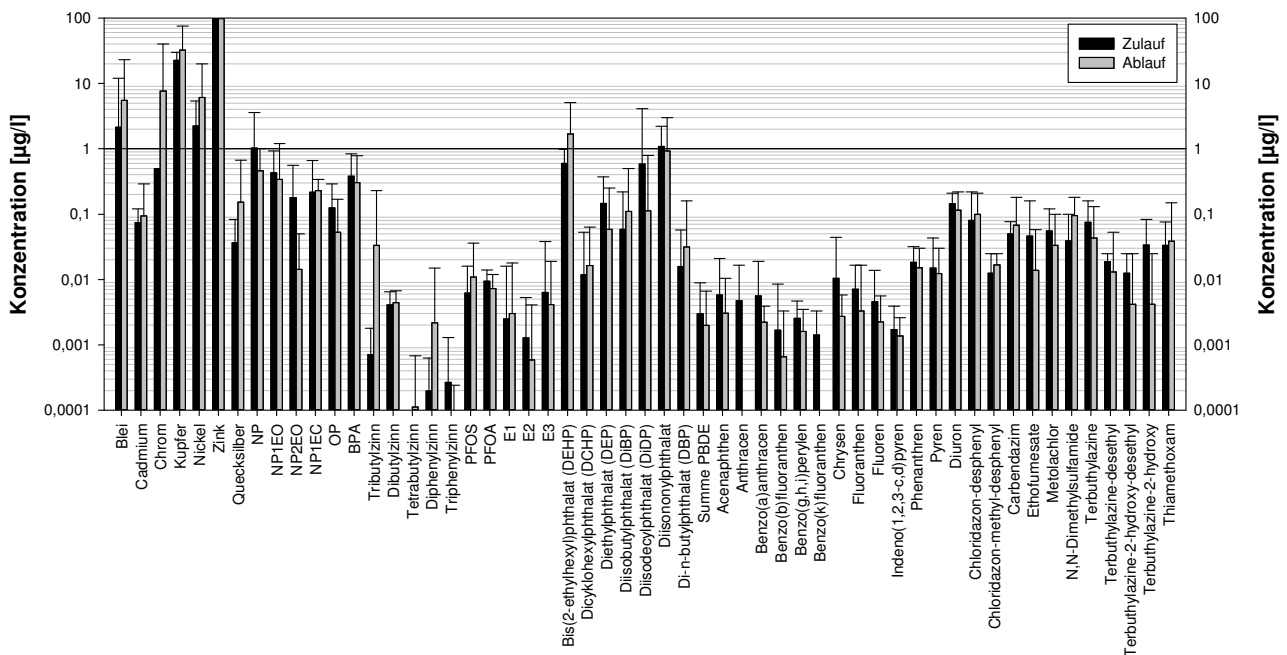


Abbildung 18: Gegenüberstellung der gemessenen Konzentrationen in Mischwasserproben (Zulauf) und den behandelten Mischwasserproben (Ablauf) in den Entlastungen in Hofsteig und Linz.

Auffällig ist, dass bei einigen Stoffen die Ablaufkonzentrationen deutlich höher waren als die Zulaufkonzentrationen. Dies ist zum Teil durch Extremwerte und eventuell auch durch Ausschwemmungen von bereits abgesetzten Schmutzstoffen bedingt. So wurde die höchste Tributylzinnkonzentration des Untersuchungsprogrammes mit 0,23 µg/l im entlasteten Mischwasser gemessen und diese Konzentration ist um einen Faktor 20 höher als die zweithöchste gemessene Konzentration. Aufgrund der beschränkten Probenanzahl ist keine Bewertung möglich, ob dieser Wert ein Ausreißer oder ein Extremwert ist. Ein weiterer Punkt ist, dass nicht für alle untersuchten Entlastungsereignisse auch korrespondierende Zulaufproben vorliegen.

Die untersuchten Mischwasserbehandlungen zeigten nur bei sehr wenigen der untersuchten Spurenstoffe einen nennenswerten Rückhalt, wohingegen der Großteil der Spurenstoffe nicht oder nur in geringem Ausmaß zurückgehalten wurden. Der berechnete Rückhalt für die untersuchten Spurenstoffe ist in *Abbildung 19* dargestellt.

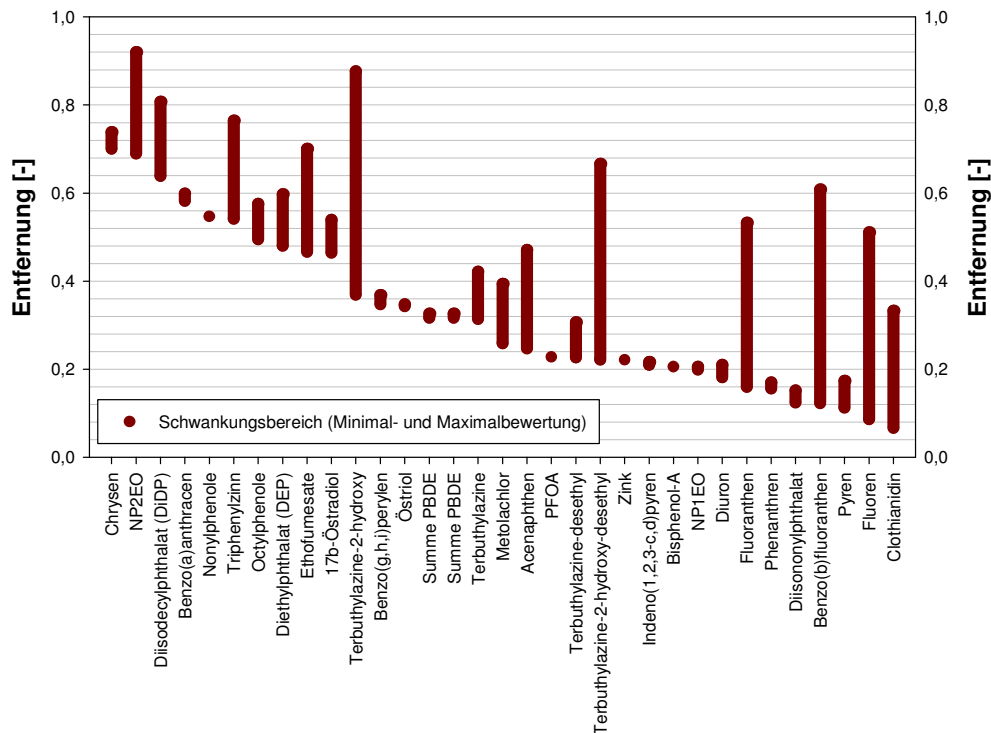


Abbildung 19: Rückhalt [-] der untersuchten Spurenstoffe bei der Mischwasserbehandlung (Mischwasserüberlaufbecken in Vorarlberg und Sedimentation in der Vorklärung in Linz).

5.3 Emissionsfrachtabschätzung

Die Emissionsfrachtabschätzungen basieren auf den Abflussberechnungen (siehe Abschnitt 5.1 bzw. Annex VI in Abschnitt 8.6) und den chemischen Analysen (siehe Abschnitt 5.2 bzw. Annex VII in Abschnitt 8.7) in den unterschiedlichen Eintragspfaden. Die Frachtberechnungen wurden für die beprobten Siedlungsgebiete Hofsteig, Linz und Graz durchgeführt. Im Siedlungsgebiet in Ostösterreich wurde nur ein kleiner Bereich des Einzugsgebietes beprobt, weshalb dieses Siedlungsgebiet nicht bewertet wurde.

Zusätzlich zu den beprobten Siedlungsgebieten erfolgt die Emissionsfrachtabschätzung in aggregierter Form auf Ebene der Bundesländer sowie auf Planungsraumbene. Die Berechnungen beruhen auf den Abflußberechnungen für die 790 berücksichtigten Siedlungsgebieten sowie den Mittelwerten der Konzentrationsmessungen in den unterschiedlichen Eintragspfaden. Bei diesen Auswertungen werden zudem auch die außerurbanen Verkehrsflächen berücksichtigt.

5.3.1 Untersuchte Siedlungsgebiete

Wasserverband Region Hofsteig

Abbildung 20 zeigt die Ergebnisse der Abflussberechnung für das Einzugsgebiet des Wasserverbandes Region Hofsteig. Eine detaillierte Darstellung der Berechnungsansätze enthält Annex VI in Abschnitt 8.6 sowie Abschnitt 4.3. Der ermittelte erforderliche Mindestweiterleitungsgrad für gelöste Stoffe beträgt 50 % und liegt unter dem tatsächlichen Weiterleitungsgrad von rund 66 %. Der Kläranlagenablauf trägt rund 50 %, die entlastete Mischwassermenge rund 7 % und die Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisation rund 43 % zum Gesamtabwassereintrag in die Gewässer bei.

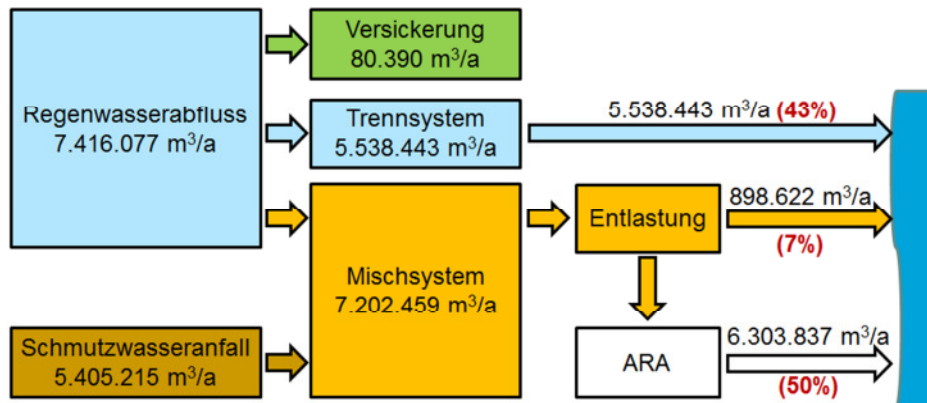


Abbildung 20: Abflussberechnung für das Einzugsgebiet des Wasserbandes Region Hofsteig

Die Berechnungen unterschätzen die gereinigte Abwassermenge. Die berechnete durchschnittliche Jahresabwassermenge beträgt rund 6.303.837 m³ und die durchschnittliche von der Kläranlage aufgezeichnete Jahresabwassermenge des Wasserverbandes Hofsteig beträgt rund 7.725.900 m³. Dieser Wert ist ein Mittelwert der Jahresabwassermengen von 2003 bis 2012 und aus den veröffentlichten Daten aus den Jahresberichten zur Abwasserreinigung in Vorarlberg entnommen¹. Die Abweichung beträgt rund 18 %. Unter Berücksichtigung der getroffenen Annahmen und der damit verbundenen Unsicherheiten werden Abweichungen bis zu 20 % als akzeptabel bewertet. Nichtsdestotrotz erfolgt basierend auf der Unterschätzung der Abwassermengen auch eine Unterschätzung der Emission über den Kläranlagenablauf. Bei der relativen Betrachtung der verschiedenen Eintragspfade führt dies zu einer Überschätzung des Einflusses der anderen Eintragspfade, im Falle des Wasserverbandes Region Hofsteig vor allem des Einflusses der Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen.

Die Emissionsfrachtabschätzungen für das Einzugsgebiet des Wasserverbandes Region Hofsteig beruhen auf den Untersuchungsergebnissen der Proben aus diesem Einzugsgebiet. In Abbildung 21 sind die Ergebnisse der Frachtberechnung dargestellt. Es sind nur Stoffe berücksichtigt, die in zumindest einem der untersuchten Eintragspfade nachgewiesen wurden. Ist ein Stoff in keinem der beprobten Eintragspfade nachweisbar und würden diese Stoffe mit der Nachweisgrenze oder einem Prozentanteil der Nachweisgrenze in die Berechnung einfließen, so würde die Frachtverteilung der Abwassermengenverteilung entsprechen. Da dies nicht sinnvoll ist, werden Stoffe, die weder im Kläranlagenablauf, noch im Mischwasser, noch im Niederschlagswasser aus Trennkanalisationen nachweisbar waren, nicht berücksichtigt. Zur Berücksichtigung der Unsicherheiten aufgrund von nicht nachweisbaren Stoffen bzw. von Ergebnissen kleiner der analyti-

1

http://www.vorarlberg.at/vorarlberg/wasser_energie/wasser/wasserwirtschaft/weitereinformationen/abwasserentsorgung/arajahresberichte/abwasserreinigungsanlagen.htm

schen Bestimmungsgrenzen wird eine Minimal- und eine Maximalbewertung durchgeführt und dargestellt. Bei der Minimalbewertung werden nicht nachweisbare Stoffe gleich null gesetzt und Ergebnisse kleiner Bestimmungsgrenze mit der Nachweisgrenze berücksichtigt. Bei der Maximalbewertung werden nicht nachweisbare Stoffe mit der Nachweisgrenze und Ergebnisse kleiner Bestimmungsgrenze mit der Bestimmungsgrenze berücksichtigt.

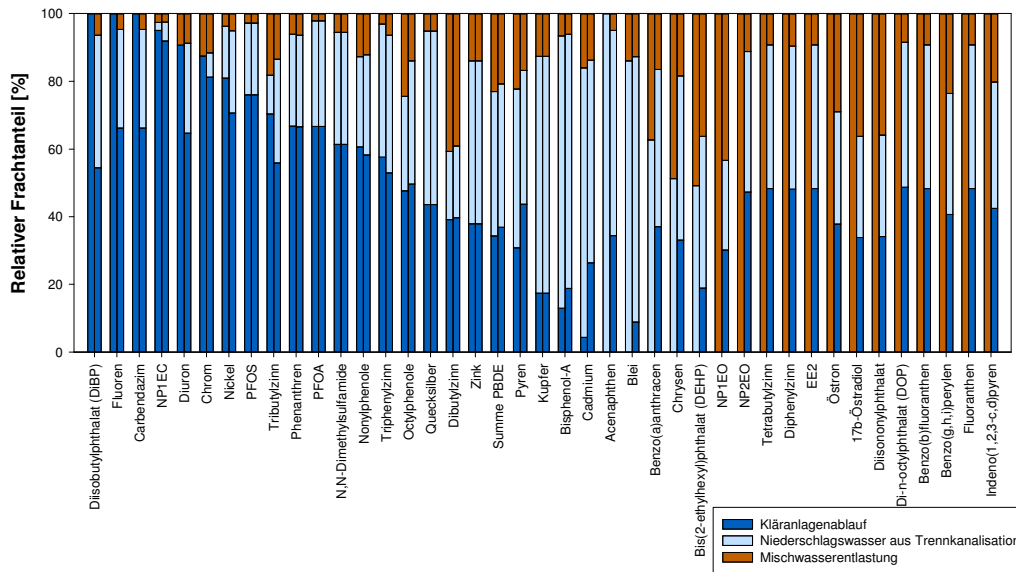


Abbildung 21: Relativer Beitrag [%] (Minimal- und Maximalbewertung) der unterschiedlichen Eintragspfade am Gesamteintrag in Oberflächengewässer im Einzugsgebiet des Wasserverbandes Region Hofsteig

Die Ergebnisse zeigen kein eindeutiges Bild und kein Eintragspfad ist bei allen Stoffen dominant. Vielmehr ergeben sich deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Stoffen. Bei Diisobutylphthalat (DiBP), Fluoren, Carbendazim, Nonylphenolmonocarboxylat, Diuron, Chrom, PFOS, Nickel, Phenanthren, PFOA, N,N-Dimethylsulfamid und Nonylphenole werden über 60 % der Gesamtemission über den Kläranlagenablauf in die Umwelt eingetragen. Bei Kupfer, Cadmium, Bisphenol-A, Acenaphthen, Blei und Benzo(a)anthracen erfolgt der Haupteintrag in Oberflächengewässer im Einzugsgebiet des Wasserverbandes Region Hofsteig über Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen. Die Nonylphenolethoxylate (NP₁EO und NP₂EO), 17 α -Ethinylöstradiol, Östron, 17 β -Östradiol, Diisononylphthalat, DOP, Benzo(b)fluoranthren, Benzo(g,h,i)perylene, Fluoranthren und Indeno(1,2,3-c,d)pyren waren im Einzugsgebiet des Abwasserverbandes Hofsteig nur in den Mischwasserproben im Ablauf des Mischwasserüberlaufbeckens Lerchenau nachweisbar. Daher ist für diese Stoffe der Eintrag über Mischwasserentlastungen als der wesentliche Eintragspfad ausgewiesen.

Das Ergebnis erscheint plausibel. Das gereinigte Abwasser stellt den Haupteintragspfad für nicht abbaubare und nicht adsorbierende Stoffe dar wie z. B. Diuron oder die perfluorierten Tenside aber auch den Metaboliten N,N-Dimethylsulfamid. Niederschlagswassereinleitungen und Mischwasserentlastungen sind vor allem für Stoffe relevant, die im Rohabwasser vorkommen, in der Kläranlage aber zurückgehalten werden. Dazu zählen z. B. Metalle oder polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, die vorwiegend über den Schlamm ausgetragen werden oder Nonylphenolpolyethoxylate, Bisphenol-A oder die Hormone, die in der Kläranlage zumindest teilweise abgebaut werden.

Dazu ist jedoch anzumerken, dass der Beitrag der Mischwasserentlastungen zur Gesamtemission die höchste Unsicherheit aufweist. Sowohl bei der Minimal- als auch bei der Maximalbewertung werden für die angeführten Spurenstoffe die gleichen Haupteintragspfade identifiziert, unabhängig von der Auswertung. Die Mischwasserentlastung wird nur bei der Minimalbewertung als Haupteintragspfad identifiziert, weil die nicht nachweisbaren Stoffe gleich null gesetzt werden. Würden diese nicht nachweisbaren Stoffe mit der Nachweisgrenze berücksichtigt werden, führte dies zu einem stark abweichenden Ergebnis. Die Relevanz der Mischwassereinleitung schwankt demnach zwischen den bestimmten Grenzen.

Einen weiteren Unsicherheitsfaktor stellt der Anschlussgrad der versiegelten Flächen an die Niederschlagswassersammler bei Trennkansalisationen dar. Bei der Frachtermittlung wurde der Anschlussgrad an die Schmutzwasserkanalisation auch auf die Niederschlagswasserkanäle übertragen und damit die Versickerung nur mit einem geringen Prozentsatz angenommen. Zur Veranschaulichung der Variabilität der Ergebnisse aufgrund der Unsicherheit des Anschlussgrades versiegelter Flächen an die Niederschlagswasserkanäle wurde die Berechnung wiederholt und angenommen, dass rund 50 % der befestigten Flächen an die Niederschlagswasserkanalisation angeschlossen sind und das restliche Niederschlagswasser versickert wird. Das Ergebnis der Abflussberechnung für diesen hypothetischen Fall ist in *Abbildung 22* und das Ergebnis der Frachtberechnung in *Abbildung 23* dargestellt.

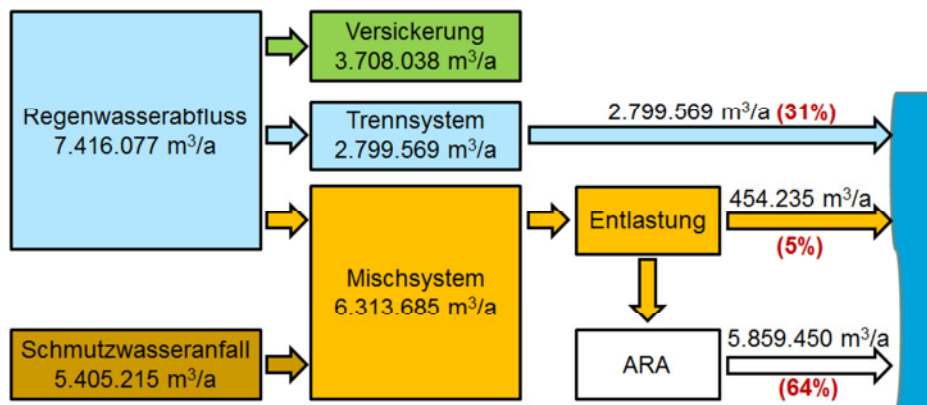


Abbildung 22: Abflussberechnung für das Einzugsgebiet des Wasserbandes Region Hofsteig unter der Annahme, dass im Bereich der Trennkansalisation nur 50 % der befestigten Flächen an die Niederschlagswassersammler angeschlossen sind.

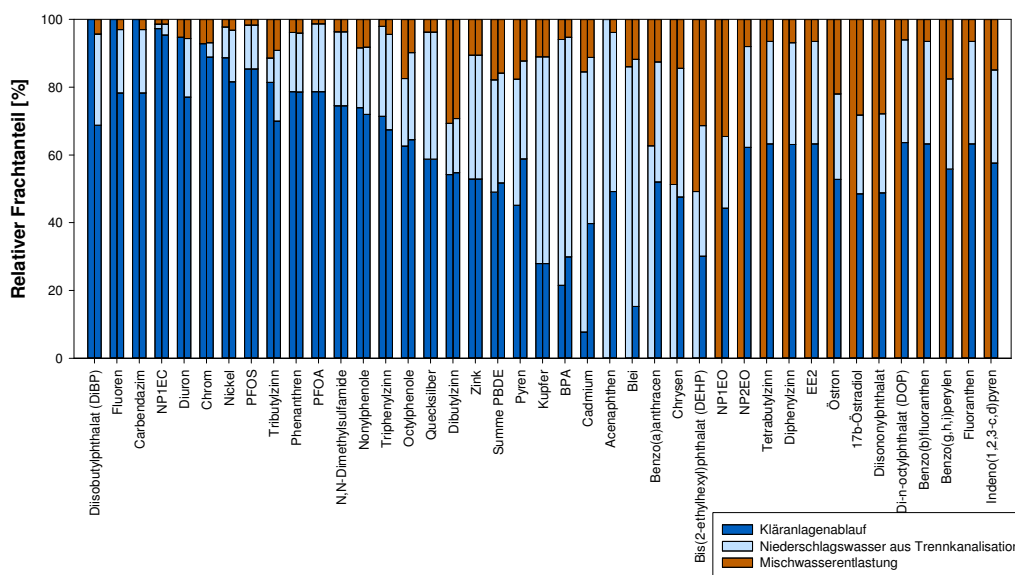


Abbildung 23: Relativer Beitrag [%] (Minimal- und Maximalbewertung) der unterschiedlichen Eintragspfade am Gesamtfrachteintrag in Oberflächengewässer im Einzugsgebiet des Wasserverbandes Region Hofsteig unter der Annahme, dass im Bereich der Trennkansalisation nur 50 % der Flächen an den Niederschlagswasserkanäle angeschlossen sind.

Bei dieser Auswertung steigt der Beitrag des gereinigten Abwassers an der Gesamtemission geringfügig und neben den zuvor genannten Spurenstoffen würde auch für Triphenylzinn, Octylphenole oder Quecksilber der Kläranlagenablauf mit über 60 % zur Gesamtemission beitragen. Bei Kupfer, Cadmium, Bisphenol-A, Acenaphthen, Blei und Benzo(a)anthracen erfolgt auch bei dieser Variante der Haupteintrag in die Oberflächengewässer im Einzugsgebiet des Wasserverbandes Region Hofsteig über Niederschlagswassereinleitungen

aus Trennkanalisationen. Beim Mischwasser wird ein ähnliches Ergebnis erzielt und die Annahme ändert das Ergebnis der Maximalbewertung und zeigt eine Erhöhung der Relevanz des gereinigten Abwassers (Kläranlagenablauf). Generell führen die zwei Berechnungen zu ähnlichen Ergebnissen und eine Änderung des Anschlussgrades an die Niederschlagswasserkanalisation um 50 % führt nur zu geringfügigen Änderungen bei der Identifikation von Haupteintragspfaden.

Regionalkläranlage Linz-Asten

Abbildung 24 zeigt die Ergebnisse der Abflussberechnung für das Einzugsgebiet Regionalkläranlage Linz-Asten, wo der vorhandene Weiterleitungswirkungsgrad für gelöste Stoffe in Linz mit ca. 67 % deutlich über dem erforderlichen von 57 % liegt, was allerdings bei den nachfolgenden Ergebnissen nicht berücksichtigt wurde.

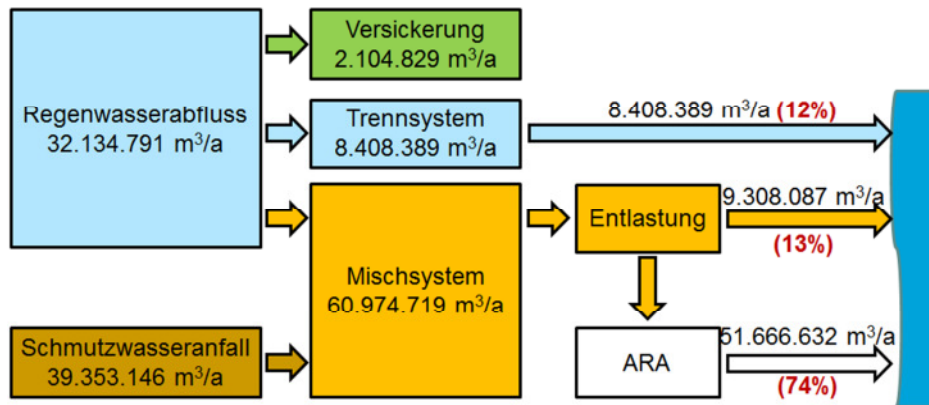


Abbildung 24: Abflussberechnung für das Einzugsgebiet der Regionalkläranlage Linz-Asten

Der Kläranlagenablauf trägt rund 74 %, die entlastete Mischwassermenge rund 13 % und die Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisation rund 12 % zum Gesamtabwassereintrag in die Gewässer bei. Wie beim Einzugsgebiet des Wasserverbandes Region Hofsteig erfolgt auch bei der Regionalkläranlage Linz-Asten eine Unterschätzung der gereinigten Abwassermenge. So schwanken im Emissionsregister Oberflächengewässer die berichteten Jahresabwassermengen zwischen 57,5 und 64 Mio. m³. Damit beträgt die Abweichung zwischen 10 und 19 %.

Die Emissionsabschätzungen für das Einzugsgebiet des Wasserverbandes Region Hofsteig beruhen weitgehend auf den Untersuchungsergebnissen der Proben aus diesem Einzugsgebiet. Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen wurden im Untersuchungsgebiet der Regionalkläranlage Linz-Asten nicht beprobt, weshalb für die Bestimmung der Frachten für diesen Eintragspfad die Mittelwerte aller Messungen in Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisation verwendet wurden. In *Abbildung 25* sind die Ergebnisse der Frachtberechnung dargestellt. Es sind nur Stoffe berücksichtigt, die in zumindest einem der untersuchten Eintragspfade nachgewiesen wurden. Zur Berücksichtigung der Unsicherheiten aufgrund von nicht nachweisbaren Stoffen bzw. von Ergebnissen kleiner der analytischen Bestimmungsgrenzen wird eine Minimal- und eine Maximalbewertung durchgeführt und dargestellt. Bei der Minimalbewertung werden nicht nachweisbare Stoffe gleich null gesetzt und Ergebnisse kleiner Bestimmungsgrenze mit der Nachweisgrenze berücksichtigt. Bei der Maximalbewertung werden nicht nachweisbare Stoffe mit der Nachweisgrenze und Ergebnisse kleiner Bestimmungsgrenze mit der Bestimmungsgrenze berücksichtigt.

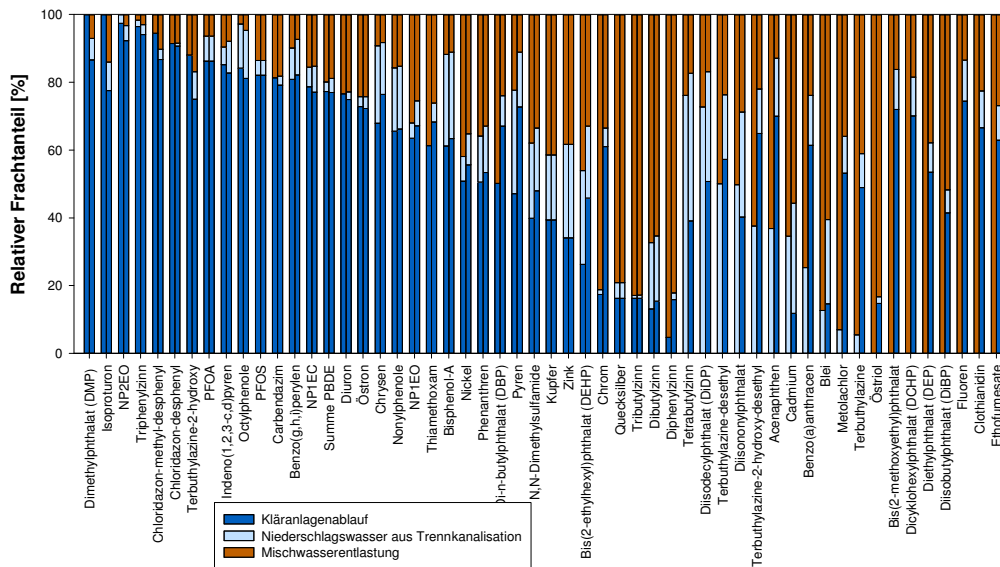


Abbildung 25: Relativer Beitrag [%] (Minimal- und Maximalbewertung) der unterschiedlichen Eintragspfade am Gesamtfrachteintrag in Oberflächengewässer im Einzugsgebiet der Regionalkläranlage Linz-Asten

Bei Dimethylphthalat (DMP), Triphenylzinn, den perfluorierten Tensiden PFOA und PFOS, Octylphenolen, Carbendazim, den Industriechemikalien Bisphenol-A, Nonylphenol, Nonylphenoethoxylyat und Nonylphenolcarboxylat, den polybromierten Diphenylethern, Östron, den Pflanzenschutzmittelwirkstoffen bzw. –metaboliten Diuron, Isoproturon, Chloridazon-methyl-desphenyl, Chloridazon-desphenyl, Terbutylazine-2-hydroxy und Thiamethoxam sowie Vertretern der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (Benzo(g,h,i)perylen, Indeno(1,2,3-c,d)pyren und Chrysen) werden über 60 % der Gesamtemission über den Kläranlagenablauf in die Umwelt eingetragen. Diese Bewertung wird durch den Auswertemodus nicht beeinflusst und sowohl die Minimal- als auch die Maximalbewertung führen zu diesem Ergebnis. Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen sind in diesem Einzugsgebiet vernachlässigbar. Einzig für Terbutylzinn und Diisodecylphthalat (DiDP) ergibt die Berechnung einen erheblichen Beitrag dieses Eintragspfades an der Gesamtemission. Dieses Ergebnis ist jedoch auch sehr unsicher und der tatsächliche Frachtbeitrag schwankt in Abhängigkeit vom Auswertemodus zwischen 30 und 70 % der Gesamtemission.

Für Cadmium, Blei, Chrom, Quecksilber, Östriol, Organozinnverbindungen (Di-, Tributylzinn und Diphenylzinn), Vertreter der Phthalate (Bis(2-methoxyethyl)phthalat, Dicyklohexylphthalat (DCHP), Diethylphthalat (DEP), Diisobutylphthalat (DiBP)) und der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (Acenaphthen, Benzo(a)anthracen und Fluoren) sowie die Pflanzenschutzmittelwirkstoffe bzw. –metaboliten Terbutylazine-2-hydroxy-desethyl, Metolachlor, Terbutylazine, Clothianidin und Ethofumesate werden bei Minimalauswertung zu über 60 % über Mischwasserentlastungen in die Gewässer eingetragen. Dabei ist jedoch wiederum auf die Unsicherheiten und die Abhängigkeit des Ergebnisses vom Auswertemodus hinzuweisen. Unabhängig vom Auswertemodus erfolgt in diesem Siedlungsgebiet der Haupteintrag über Mischwasserentlastungen mit mehr als 60 % der Gesamtemission bei den Spurenstoffen Blei, Quecksilber, Östriol, Dibutylzinn-, Tributylzinn- und Diphenylzinnverbindungen.

Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisation tragen in diesem Einzugsgebiet nur bei wenigen Spurenstoffen nennenswert zur Gesamtemission bei. Eine Bewertung der Alternative mit einem geringeren Anschlussgrad an die Niederschlagswasserkanalisation wird daher nicht durchgeführt.

Stadt Graz

Abbildung 26 zeigt die Ergebnisse der Abflussberechnung für die Stadt Graz für den Fall, dass der erforderliche Weiterleitungswirkungsgrad für gelöste Stoffe gemäß ÖWAV-RB 19 von 54 % für das gesamte Einzugsgebiet erfüllt ist, was derzeit mit < 30 % für Graz noch nicht der Fall ist. Bei dieser Annahme trägt der Kläran-

lagenablauf rund 63 %, die entlastete Mischwassermenge rund 2 % und die Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisation rund 35 % zum Gesamtabwassereintrag in die Gewässer bei. Die Berechnungen zeigen eine gute Übereinstimmung mit den gemeldeten Abwassermengen im Emissionsregister Oberflächengewässer. So schwanken die berichteten Jahresabwassermengen im Emissionsregister Oberflächengewässer zwischen 24,3 und 28,4 Mio. m³. Damit beträgt die Abweichung nur zwischen 3 und 14 %.

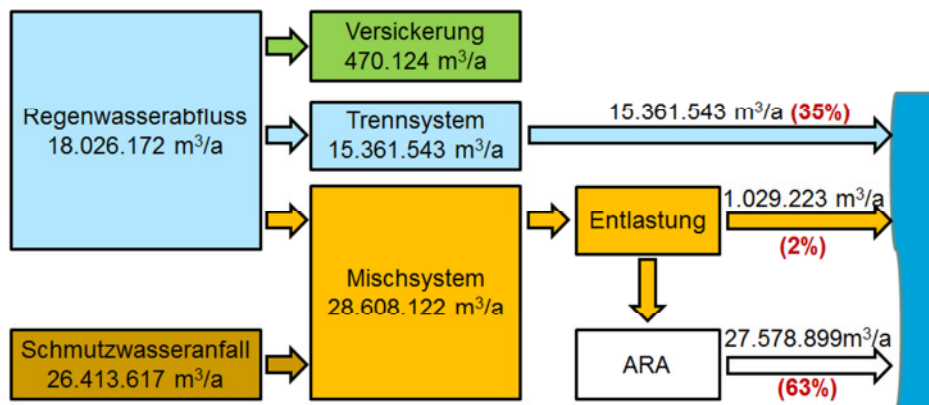


Abbildung 26: Abflussberechnung für das Einzugsgebiet der Kläranlage der Stadt Graz

In diesem Einzugsgebiet wurden ausschließlich Mischwasserproben untersucht. Für die Frachtberechnungen werden daher die Mittelwerte aller untersuchten Kläranlagenablaufproben sowie die Mittelwerte aller Niederschlagswasserproben aus Trennkanalisation verwendet. Die Ergebnisse der Frachtabschätzung sind in *Abbildung 27* dargestellt, wobei nur Stoffe berücksichtigt wurden, die in zumindest einem der untersuchten Eintragspfade nachgewiesen wurden. Zur Berücksichtigung der Unsicherheiten aufgrund von nicht nachweisbaren Stoffen bzw. von Ergebnissen kleiner der analytischen Bestimmungsgrenzen wird wieder eine Minimal- und eine Maximalbewertung durchgeführt und dargestellt. Bei der Minimalbewertung werden nicht nachweisbare Stoffe gleich null gesetzt und Ergebnisse kleiner Bestimmungsgrenze mit der Nachweisgrenze berücksichtigt. Bei der Maximalbewertung werden nicht nachweisbare Stoffe mit der Bestimmungsgrenze und Ergebnisse kleiner Bestimmungsgrenze mit der Bestimmungsgrenze berücksichtigt.

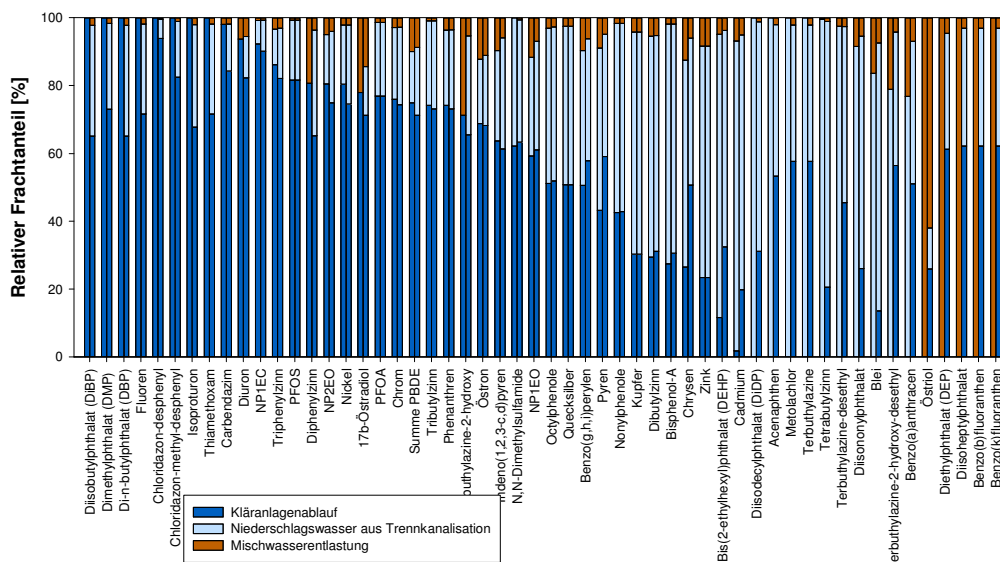


Abbildung 27: Relativer Beitrag [%] (Minimal- und Maximalbewertung) der unterschiedlichen Eintragspfade am Gesamteintrag in Oberflächengewässer im Einzugsgebiet der Kläranlage der Stadt Graz

Nickel, Chrom, Vertreter der Phthalate (Diisobutylphthalat (DiBP), Dimethylphthalat (DMP), Di-n-butylphthalat (DBP)), der Organozinnverbindungen (Tributylzinn, Di- und Triphenylzinn), der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (Indeno(1,2,3-c,d)pyren, Fluoren und Phenantren), die perfluorierten Ten-

side PFOS und PFOA, die polybromierten Diphenylether (Summe der Kongenere BDE 28, BDE 47, BDE 99, BDE 100, BDE 153 und BDE 154), Nonylphenoethoxylate und Nonylphenolcarboxylate, die Hormone Östrogen und 17 β -Östradiol sowie die Pflanzenschutzmittelwirkstoffe bzw. –metaboliten Chloridazon-desphenyl, Chloridazon-methyl-desphenyl, Isoproturon, Thiamethoxam, Carbendazim, Diuron, Terbutylazine-2-hydroxy und N,N-Dimethylsulfamide werden zu über 60 % der Gesamtfracht über den Kläranlagenablauf emittiert. Diese Bewertung ist unabhängig vom Auswertemodus und sowohl die Minimal- als auch die Maximalbewertung resultieren im gleichen Ergebnis.

Ähnliches gilt auch für die Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisation. Diese trägt zu mehr als 60 % der Gesamtemission bei den Spurenstoffen Blei, Cadmium, Kupfer, Zink, Dibutylzinn, Bisphenol-A, Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP), Diisodecylphthalat (DiDP), Diisononylphthalat, Acenaphthen, Benzo(a)anthracen, Chrysen, Metolachlor, Terbutylazine, Tetrabutylzinn, Terbutylazine-desethyl und Terbutylazine-2-hydroxy-desethyl bei. Ausgenommen bei Pflanzenschutzmittelwirkstoffen und bei polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen ist diese Zuordnung unabhängig von der Auswertemethode.

Mischwasserentlastungen tragen nur bei wenigen Stoffen in erheblichem Maße zur Gesamtemission bei und das Ergebnis bei den Mischwasserentlastungen ist sehr stark vom Auswertemodus abhängig. Einzig die Emission von Östriol erfolgt hauptsächlich über die Mischwasserentlastung.

Wie bereits bei Hofsteig angemerkt, stellt der Anschlussgrad der versiegelten Flächen an die Niederschlagswassersammler bei Trennkanalisationen einen weiteren Unsicherheitsfaktor dar. Bei der Frachtermittlung wurde der Anschlussgrad an die Schmutzwasserkanalisation auch auf die Niederschlagswasserkanäle übertragen und die Versickerung nur mit einem geringen Prozentsatz angenommen. Zur Veranschaulichung der Variabilität der Ergebnisse aufgrund der Unsicherheit des Anschlussgrades versiegelter Flächen an die Niederschlagswasserkanäle wurde die Berechnung für Graz wiederholt und angenommen, dass rund 50 % der Flächen an die Niederschlagswasserkanalisation angeschlossen sind und das restliche Niederschlagswasser versickert wird.

Diese Annahme führt zu einer Verschiebung der Ergebnisse und einer Zunahme der Relevanz des Kläranlagenablaufs. Rein hydraulisch würde der Kläranlagenablauf rund 76 %, Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisation rund 22 % und Mischwasserentlastungen rund 2 % zum Gesamtabwasseranfall beitragen. Nur Cadmium, Blei und Tetrabutylzinn werden zu mehr als 60 % der Gesamtfracht über Niederschlagswassereinleitungen emittiert.

Alle Siedlungsgebiete

Bei den Auswertungen wurden 790 Siedlungs- bzw. Kläranlageneinzugsgebiete berücksichtigt. Für alle Siedlungsgebiete wurden die Abwassermengen (gereinigtes Abwasser, Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen und Mischwasserentlastungen) berechnet. Die Frachtermittlung basiert auf den Ergebnissen der Abflussberechnung sowie den Mittelwerten der Spurenstoffkonzentrationen in den jeweiligen Eintragspfaden. Es wurde mit den Mittelwerten aller verfügbaren Messungen je Eintragspfad gerechnet.

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse zeigen die nachfolgenden Abbildungen. *Abbildung 28* zeigt den relativen Frachtbeitrag des Kläranlagenablaufs zur Gesamtemission (Summe aus Kläranlagenablauf, Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen und Mischwasserentlastungen). Dargestellt sind der Median sowie die 25- und 75-Perzentile der Frachtbeiträge, die auf Siedlungsgebietsebene berechnet wurden (n = 790). Bei den perfluorierten Tensiden (PFOS und PFOA), Triphenylzinn, Nonylphenolmonocarboxylat, Chloridazon-methyl-desphenyl, Carbendazim und Diuron beträgt der Frachtbeitrag des gereinigten Abwassers zur Gesamtemission in zumindest 50 % der berücksichtigten Siedlungsgebiete unabhängig vom Auswertemodus über 60 %. Im Gegensatz dazu ist bei vielen der untersuchten Spurenstoffe die Emission über den Kläranlagenablauf bei 50 % der untersuchten Anlagen nur gering. Dazu zählen z. B. die Metalle Cadmium, Kupfer, Zink und Quecksilber, aber auch Bisphenol-A, DEHP und Tributylzinnverbindungen.

Abbildung 29 zeigt die Ergebnisse der Bewertung für die Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen. Die Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen tragen bei den Spurenstoffen Blei, Cadmium, Kupfer, Zink, Bisphenol-A, Nonylphenolen, Tetrabutylzinn, Diisodecylphthalat (DiDP) und Diisnonylphthalat in 50 % der untersuchten Siedlungsgebiete zu über 60 % der Gesamtemission bei, unabhängig vom Auswertemodus. Relativ zu den anderen Eintragspfaden erfolgt über Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen nur ein geringer Frachteintrag bei Tributylzinnverbindungen, perfluorierten Tensiden, Nickel, Chrom oder Quecksilber.

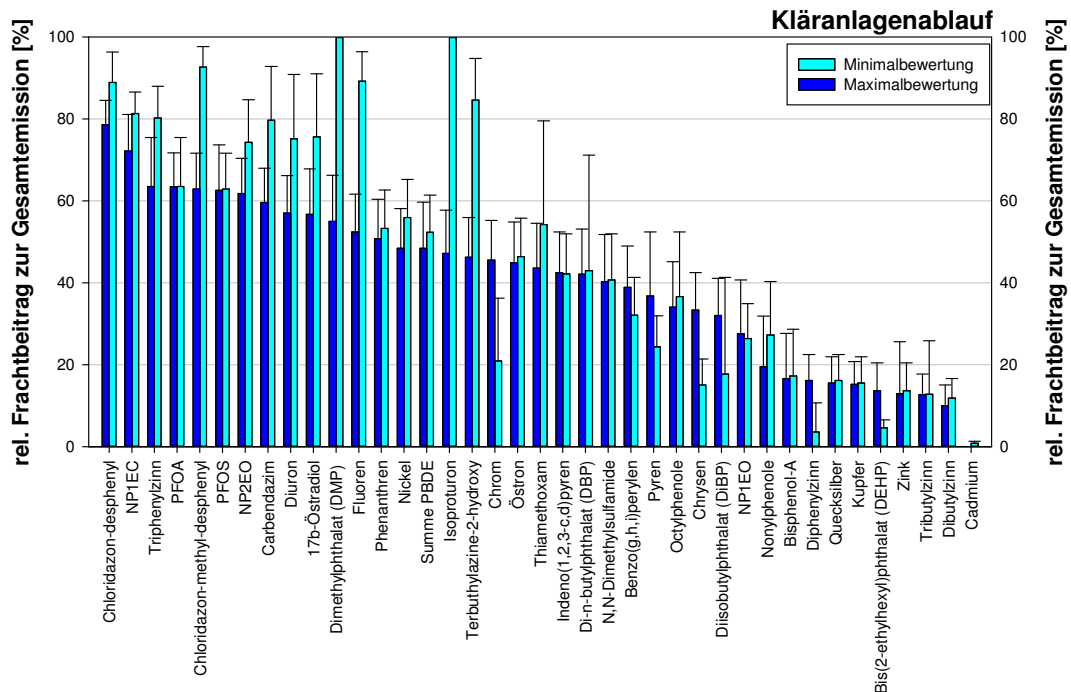


Abbildung 28: Relativer Frachtbeitrag [%] (Median, 25- und 75-Perzentile) des Kläranlagenablaufs zur Summe der Emission von Kläranlagen, Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen und Mischwasserentlastungen

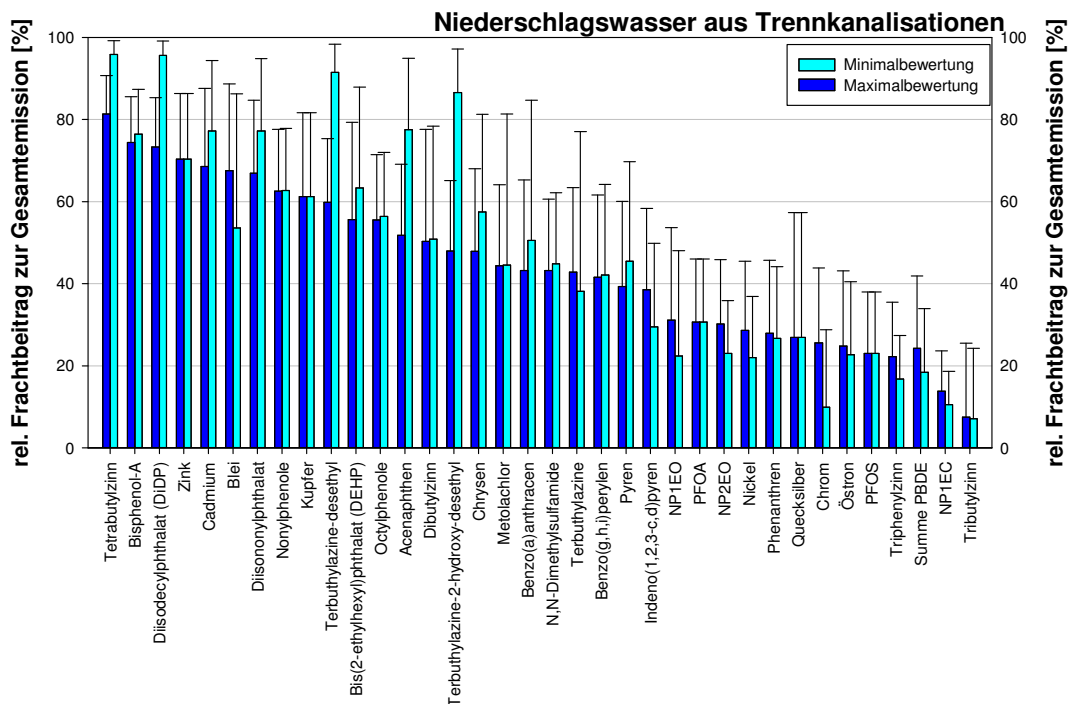


Abbildung 29: Relativer Frachtbeitrag [%] (Median, 25- und 75-Perzentile) der Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen zur Summe der Emission von Kläranlagen, Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen und Mischwasserentlastungen

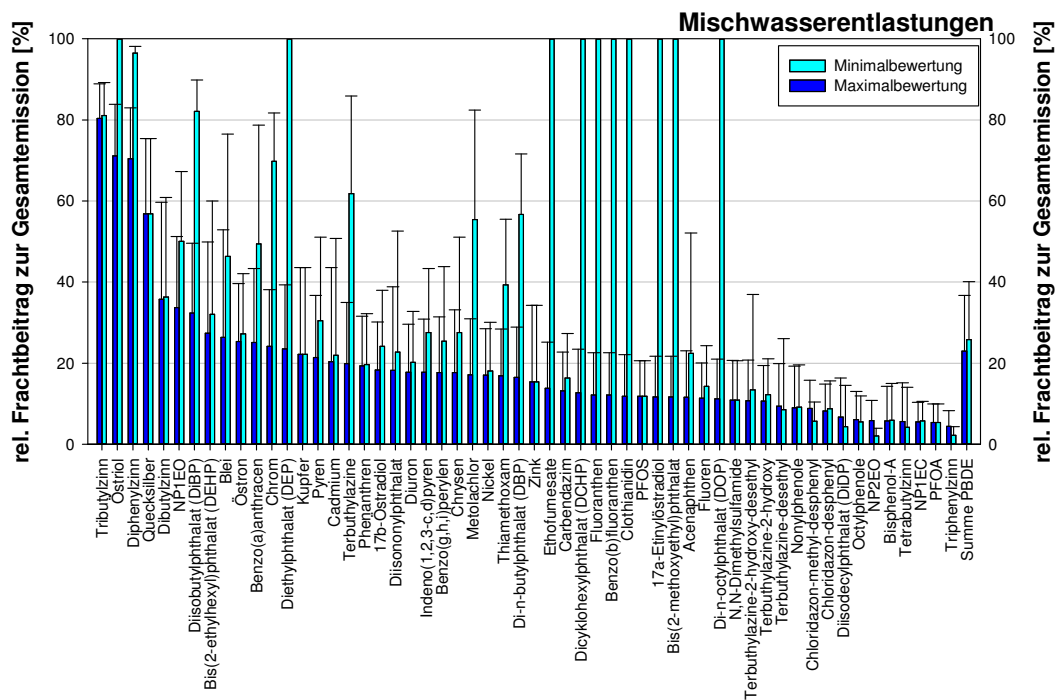


Abbildung 30: Relativer Frachtbeitrag [%] (Median, 25- und 75-Perzentile) der Mischwasserentlastungen zur Summe der Emission von Kläranlagen, Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen und Mischwasserentlastungen

Abbildung 30 fasst die Ergebnisse für die Mischwasserentlastungen zusammen. Über Mischwasserentlastungen wurde ein wesentlicher Beitrag zur Gesamtemission bei den Spurenstoffen Tributylzinn, Diphenylzinn, Östriol und Quecksilber in 50 % der untersuchten Siedlungsgebiete beobachtet, unabhängig vom Auswertemodus. Bei sehr vielen Stoffen ist der Frachteintrag über Mischwasserentlastungen im Vergleich zu den anderen zwei Eintragspfaden eher gering. Bei den Mischwasserentlastungen ist aber auch die größte Variabilität zu beobachten. Die Unsicherheit bei der Berücksichtigung von nicht nachweisbaren Stoffen bzw. Messergebnissen kleiner der Bestimmungsgrenze führt zu sehr starken Schwankungen des Berechnungsergebnisses. Diese Unsicherheit ist bei den anderen zwei berücksichtigten Eintragspfaden nicht so stark ausgeprägt und es ist möglich, dass außer für die zuvor genannten Stoffe, Mischwasserentlastungen auch für andere Stoffe wesentlich sein können. Dazu zählen Vertreter der Phthalate oder die Steroidhormone. Die verfügbare Datenbasis ermöglicht keine exaktere Bewertung des Frachtbeitrags aus diesem Eintragspfad, sondern nur die Abschätzung eines Bereiches.

Aufgrund der lokalen Gegebenheiten und der Situation in den einzelnen Einzugsgebieten können die Ergebnisse sehr stark schwanken. Vor allem die Ausbildung des Kanalnetzes und der Anschlussgrad der versiegelten Flächen an die Niederschlagswassersammler bei Trennkanalisationen sind von wesentlichem Einfluss. Basierend auf den Auswertungen kann aber die folgende Zuordnung von Spurenstoffen zu urbanen Haupteintragungspfaden erfolgen. Ein Spurenstoff wird einem Haupteintragungspfad zugeordnet, wenn in 50 % der berücksichtigten Siedlungsgebiete über 60 % der Gesamtfracht aus Kläranlagenablauf, Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen und Mischwasserentlastungen aus diesem Haupteintragungspfad stammen. Diese Zuordnung ist in *Tabelle 17* zusammengefasst.

Neben der Probenahme und der Analytik stellt, wie erwähnt, der Anschlussgrad der befestigten Flächen an die Niederschlagswassersammler bei Trennkanalisationen einen Unsicherheitsfaktor dar. Die Auswertung wurde daher mit der Annahme wiederholt, dass nur 50 % der befestigten Flächen in den Einzugsgebieten von Trennkanalisationen an die Niederschlagswassersammler angeschlossen sind. Diese Auswertung verschiebt die Relevanz von den Niederschlagswasserkanälen zu den Kläranlagenabläufen. Die Stoffe, die bei diesem Szenarium nicht mehr dem Niederschlagswasserkanal bzw. die Stoffe, die zusätzlich dem Kläranlagenablauf als Haupteintragungspfad zugeordnet werden würden, sind in *Tabelle 17* kursiv und in Klammer gesetzt ausgewiesen.

Tabelle 17: Zuordnung von Spurenstoffen zu Haupteintragspfaden (Zuordnung zu Haupteintragspfad erfolgt, wenn in 50 % der berücksichtigten Siedlungsgebiete über 60 % der Gesamtfracht entweder aus dem Kläranlagenablauf, den Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen oder den Mischwasserentlastungen stammen)

Haupteintragspfad		
Kläranlagenablauf	Niederschlagswassereinleitung aus Trennkanalisation	Mischwasserentlastung
PFOS	Blei	Quecksilber
PFOA	Cadmium	Tributylzinn
Nonylphenolmonocarboxylat	(Kupfer)*	Diphenylzinn
Nonylphenoethoxylate	Zink	Östriol
Triphenylzinn	Bisphenol-A	-
Chloridazon-desphenyl	(Nonylphenole)*	-
Chloridazon-methyl-desphenyl	Diisononylphthalat	-
Carbendazim	Diisodecylphthalat (DiDP)	-
Diuron	Tetrabutylzinn	-
17b-Östradiol	-	-
(Isoproturon)**	-	-
(Dimethylphthalat (DMP))**	-	-
(Summe PBDE)**	-	-
(Fluoren)**	-	-
(Phenanthren)**	-	-
(Nickel)**	-	-

*...bei Annahme eines Anschlussgrades der befestigten Flächen an die Niederschlagswassersammler bei Trennkanalisationen von 50 % nicht mehr zuordenbar

**... bei Annahme eines Anschlussgrades der befestigten Flächen an die Niederschlagswassersammler bei Trennkanalisationen von 50 % zusätzlich zuordenbar

Fuchs et al. (2010) haben eine Emissionsmodellierung für Deutschland für Metalle und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe durchgeführt. Dabei wurden zusätzlich auch weitere diffuse Eintragspfade wie z. B. die atmosphärische Deposition, historischer Bergbau, Erosion, Grundwasserzufluss oder Drainagen berücksichtigt. Werden nur die Eintragspfade kommunale Kläranlagen, Mischwasserentlastungen und Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen, die unter dem Begriff urbane Systeme zusammengefasst sind, betrachtet, sind die Ergebnisse zumeist ähnlich. So werden Blei, Kupfer und Zink hauptsächlich über urbane Systeme emittiert, wohingegen Nickel und Chrom über kommunale Kläranlagen in die Gewässer eingeleitet werden. Ein abweichendes Ergebnis ist für Cadmium zu beobachten. Nach Fuchs et al. (2010) ist der relative Frachtanteil der Cadmiumemissionen über den Kläranlagenablauf und über urbane Systeme ähnlich. Bei den polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen erfolgt der Haupteintrag in die Gewässer über urbane Systeme und die Emission über den kommunale Kläranlagen liegt zumeist unter 10 % (Fuchs et al., 2010). Auch dieses Ergebnis zeigt eine gute Übereinstimmung mit den präsentierten Ergebnissen. Bei den PAKs sind zudem die Emissionen von außerurbanen Verkehrsflächen von Relevanz (siehe Tabelle 18). Zu den Ergebnissen von Fuchs et al. (2010) ist anzumerken, dass die Ergebnisse zwischen den einzelnen Bundesländern bzw. Einzugsgebieten stark schwanken.

Stauer und Ort (2012) haben diffuse Mikroverunreinigungsemissionen aus Siedlungsgebieten thematisiert. Die Studie kommt zum Schluss, dass vor allem Schwermetalle und persistente organische Verbindungen durch Mischwasserentlastungen und Niederschlagswassereinleitungen in die Gewässer gelangen.

5.3.2 Bundesländer

Die Berechnung der emittierten Frachten aus den Eintragspfaden Kläranlagenablauf, Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalesationen, Mischwasserentlastungen und außerurbanen befestigten Flächen basiert auf den Abwassermengen in *Tabelle 11* und den Mittelwerten der gemessenen Konzentrationen in den jeweiligen Eintragspfaden.

Die relativen mittleren Frachtbeiträge der vier Eintragspfade an der Gesamtemission für Gesamtösterreich (alle neun Bundesländer) sind in *Abbildung 31* zusammenfassend dargestellt. Die Abbildung enthält die Mittelwerte der Berechnungsergebnisse der neun Bundesländer. Die Auswertungen für die einzelnen Bundesländer sind in Annex VIII (siehe Abschnitt 8.8.1) im Detail angeführt.

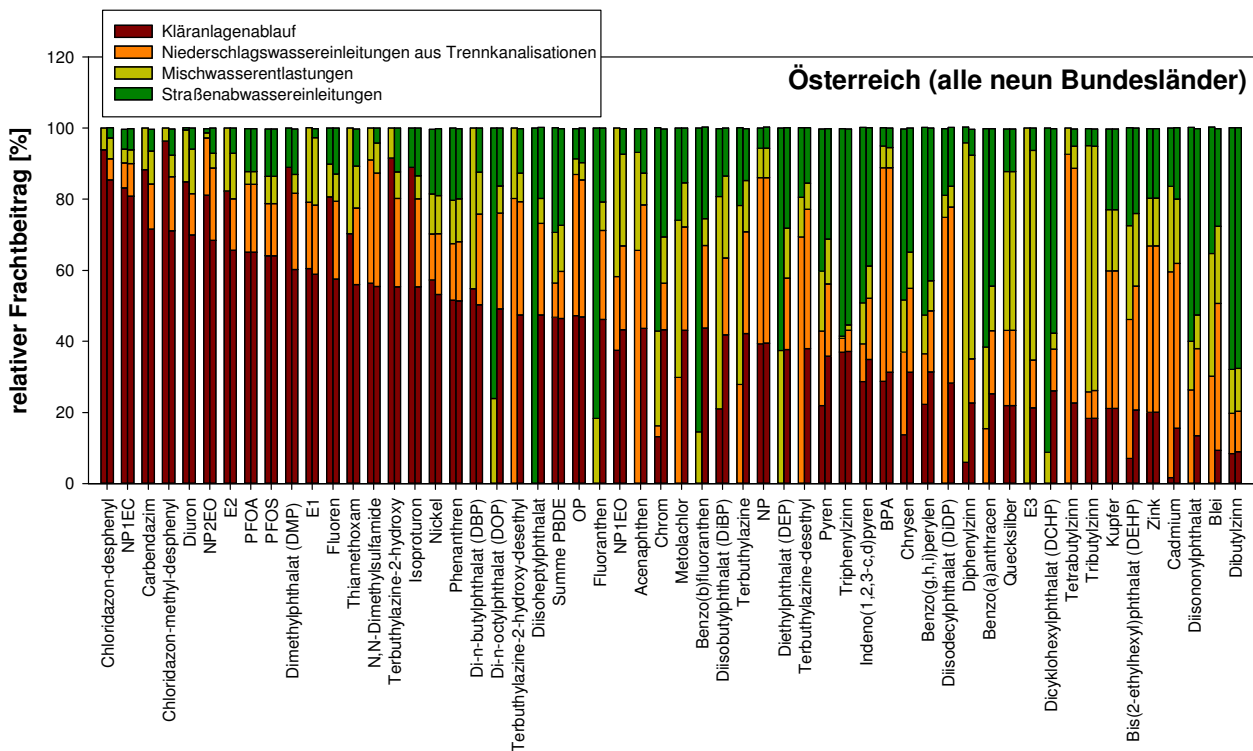


Abbildung 31: Relative mittlere Frachtbeiträge [%] (Minimal- und Maximalbewertung) der vier Eintragspfade auf Basis der Auswertung aller neun Bundesländer (Gesamtösterreich)

Diese Auswertung zeigt, dass für zahlreiche Stoffe der Kläranlagenablauf mit über 50 % zur Gesamtemission beiträgt. Dazu zählen Nickel, Nonylphenolmonocarboxylate, 17 β -Östradiol, Östron, die perfluorierten Tenside PFOS und PFOA, Di-n-butylphthalat (DBP), Dimethylphthalat (DMP), Fluoren und die Pflanzenschutzmittelwirkstoffe bzw. –metaboliten Chloridazon-desphenyl, Terbutylazine-2-hydroxy, Carbendazim, Chloridazon-methyl-desphenyl, Isoproturon, Diuron, Thiamethoxam und N,N-Dimethylsulfamide.

Die anderen drei Eintragspfade sind nur für wenige Spurenstoffe von Relevanz. So werden über Niederschlagswassereinleitungen im Mittel nur bei Bisphenol-A und Tetraethylzinn, über Mischwasserentlastungen bei Tributylzinn, Diphenylzinn und Östriol und über Straßenabwässer bei Dibutylzinn, Dicyklohexylphthalat (DCHP), Triphenylzinn und Diisononylphthalat über 50 % der Gesamtfracht emittiert. Zu dieser Auswertung ist anzumerken, dass das Bundesland Wien stark dazu beiträgt, dass die Relevanz des Kläranlagenablaufes dermaßen dominiert. In Wien beträgt der Anteil des Kläranlagenablaufs an der Summe der Abflüsse über 86 %. Dadurch erfolgt in Wien auch frachtbezogen der Haupteintrag über den Kläranlagenablauf. Bei der Mittelwertbildung über alle Bundesländer bewirken diese Maximalwerte eine Verschiebung und Hervorhebung der Relevanz des Kläranlagenablaufs, die für die anderen Bundesländer in der Art nicht gilt.

Daher erfolgte die Auswertung auf Bundesländerebene auch noch ohne Berücksichtigung der Stadt Wien. In *Abbildung 32* sind die Ergebnisse dieser Auswertung ohne Berücksichtigung der Stadt Wien dargestellt und in

Tabelle 18 erfolgt eine Zuordnung zu Haupteintragspfaden. Zur besseren Differenzierung der Emissionen aus den Siedlungsgebieten und von außerurbanen Verkehrsflächen sind die Emissionen aus den Siedlungsgebieten in *Abbildung 33* zusammengefasst und den Emissionen von außerurbanen Verkehrsflächen gegenübergestellt. Die Zuordnung zu einem Haupteintragspfad erfolgt dann, wenn dieser mehr als 50 % der Gesamtemission ausmacht. Das Ergebnis der Zuordnung ist ähnlich dem Ergebnis der Zuordnung auf Siedlungsgebietsebene in *Tabelle 17*.

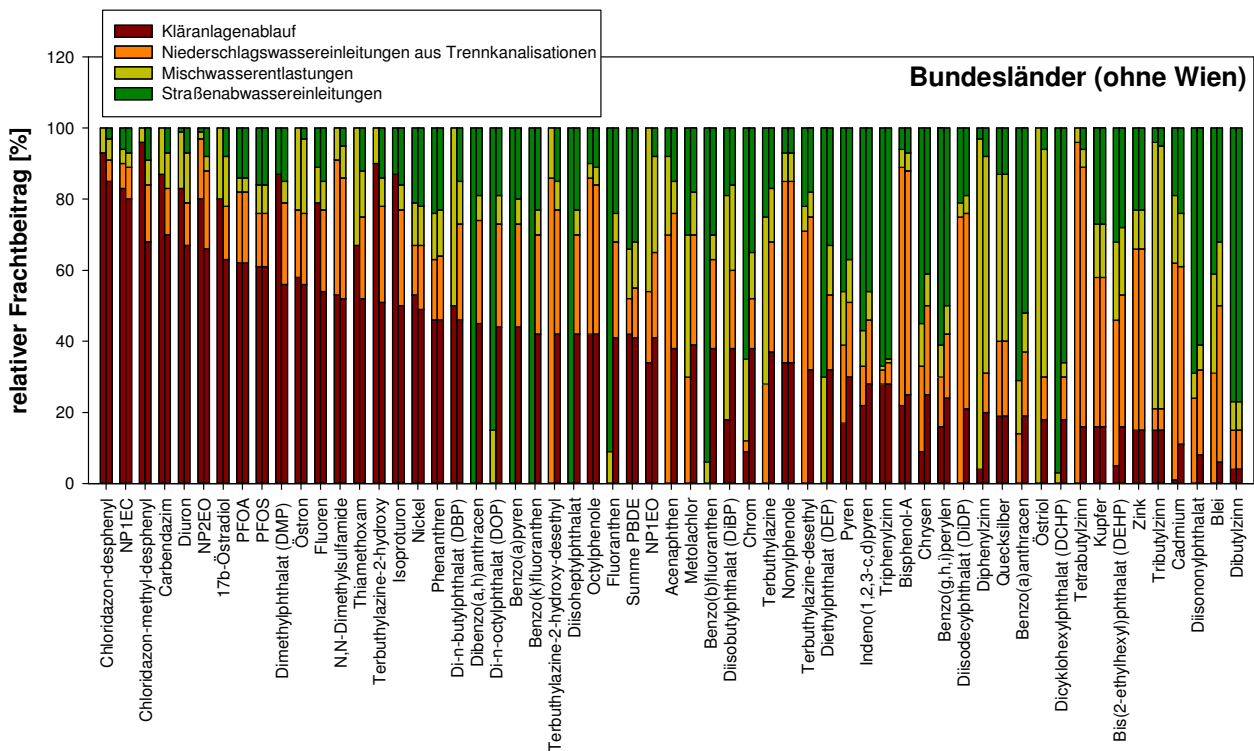


Abbildung 32: Relative mittlere Frachtbeiträge [%] (Minimal- und Maximalbewertung) der vier Eintragspfade für Österreich ohne Wien (acht Bundesländer).

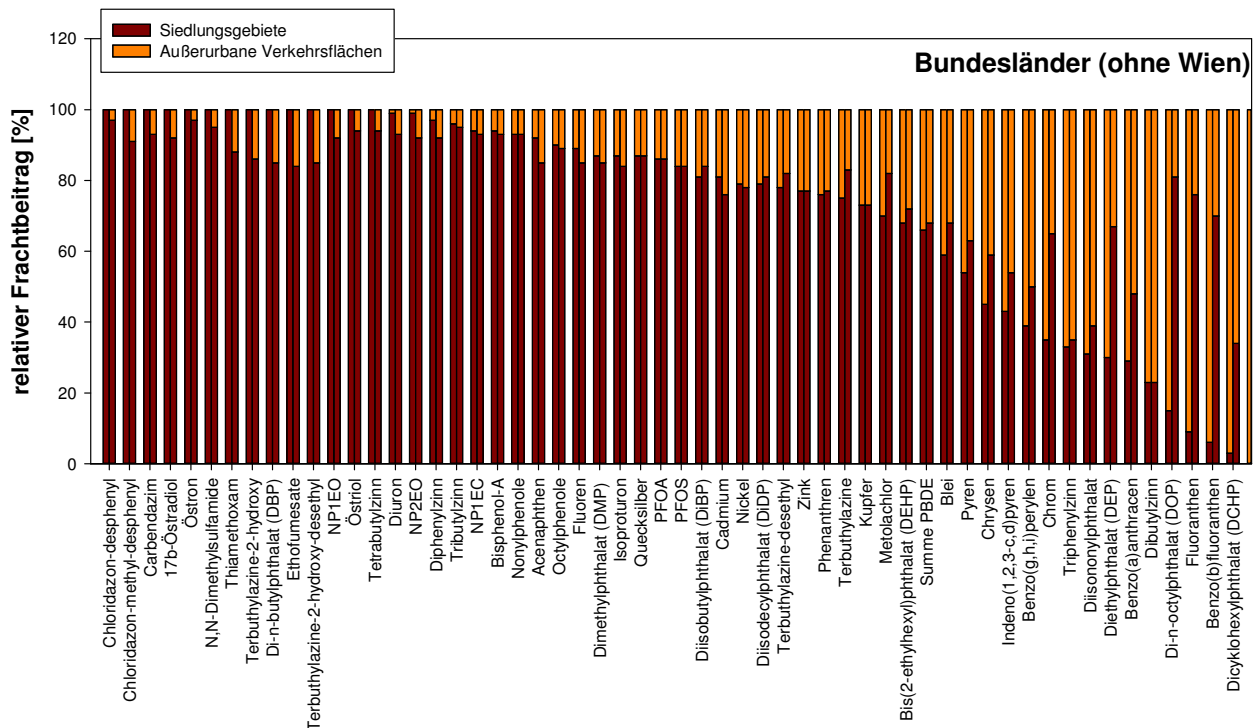


Abbildung 33: Relative mittlere Frachtbeiträge [%] (Minimal- und Maximalbewertung) aus Siedlungsgebieten und von außerurbanen Verkehrsflächen auf Basis der Auswertungen von acht Bundesländern (ohne Wien).

Tabelle 18: Zuordnung von Spurenstoffen zu Haupteintragspfaden (Zuordnung zu Haupteintragspfad erfolgt, wenn der Mittelwert (acht Bundesländern - ohne Wien) eines Eintragspfades über 50 % der Gesamtfracht aus Kläranlagenablauf, Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen, Mischwasserentlastungen und Straßenabwassereinleitungen beträgt)

Haupteintragspfade			
Kläranlagenablauf	Niederschlagswasser aus Trennkanalisationen	Mischwasserentlastungen	Straßenabwasser
Nickel	Zink	Diphenylzinn	Chrom
PFOA	Cadmium	Tributylzinn	Dibutylzinn
PFOS	Nonylphenole	Östriol	Triphenylzinn
Nonylphenolmonocarboxylat	Bisphenol-A	Bis(2-methoxyethyl)phthalat	Benzo(a)pyren
Östron	Tetrabutylzinn	Diisobutylphthalat (DiBP)	Benzo(k)fluoranthren
17 β -Östradiol	Diisodecylphthalat (DiDP)	Quecksilber	Dibenzo(a,h)anthracen
Fluoren	Acenaphthen	-	Benzo(b)fluoranthren
Di-n-butylphthalat (DBP)	Terbutylazin-desethyl	-	Fluoranthren
Dimethylphthalat (DMP)	Terbutylazin-2-hydroxy-desethyl	-	Benzo(g,h,i)perylene
Chloridazon-methyl-desphenyl	-	-	Indeno(1,2,3-c,d)pyren
Chloridazon-desphenyl	-	-	Chrysen
Terbutylazine-2-hydroxy	-	-	Benzo(a)anthracen
Carbendazim	-	-	Diethylphthalat (DEP)
Isoproturon	-	-	Diisononylphthalat
Diuron	-	-	Di-n-octylphthalat (DOP)
Thiamethoxam	-	-	Diisooctylphthalat
N,N-Dimethylsulfamide	-	-	Dicyklohexylphthalat

Die polybromierten Diphenylether sind keinem Eintragspfad eindeutig zuordenbar. Bei reiner Betrachtung der Einträge aus Siedlungsgebieten erfolgt die Emission vorwiegend über den Kläranlagenablauf. In Abhängigkeit von lokalen und regionalen Einflüssen, können auch Strassenabwässer einen relevanten Eintragspfad darstellen. Die Ergebnisse sind in Annex VIII in Abschnitt 8.8 im Detail dargestellt.

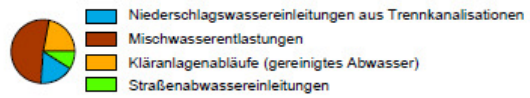
Diese Zuordnung ist sehr stark von lokalen bzw. regionalen Verhältnissen abhängig und kann im Detail sehr unterschiedlich ausfallen. Während in Wien der Kläranlagenablauf gegenüber den anderen Eintragspfaden bei den meisten Stoffen dominiert, zeigen die Auswertungen für Salzburg ein anderes Ergebnis. In Salzburg sind die Abwassermengen aus Kläranlagenabläufen und Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen ungefähr gleich groß. Dadurch gewinnen die Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen an Relevanz. Diese Variabilität und Abhängigkeit von regionalen / lokalen Verhältnissen ist exemplarisch für die zwei Bundesländer Wien und Salzburg in *Abbildung 35* dargestellt.

Für Quecksilber sind die relativen Frachtbeiträge der vier Eintragspfade für die Bundesländer in *Abbildung 34* dargestellt. Weitere Karten für die Spurenstoffe Kupfer, Zink, Nonylphenole, Bisphenol-A, Tributylzinnverbindungen, Dibutylzinnverbindungen, PFOS, PFOA, DEHP und die Summe der polybromierten Diphenylether (BDE28, BDE47, BDE 99, BDE 100, BDE 153, BDE 154) enthält Abschnitt 8.8.3 in Annex 8.8.

Abbildung 34: Relative Frachtanteile der vier Eintragspfade Kläranlagenablauf, Mischwassereinleitungen, Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen und Straßenabwassereinleitungen an der Gesamtemission dieser Einträge für Quecksilber auf Basis der Bundesländer

Quecksilber

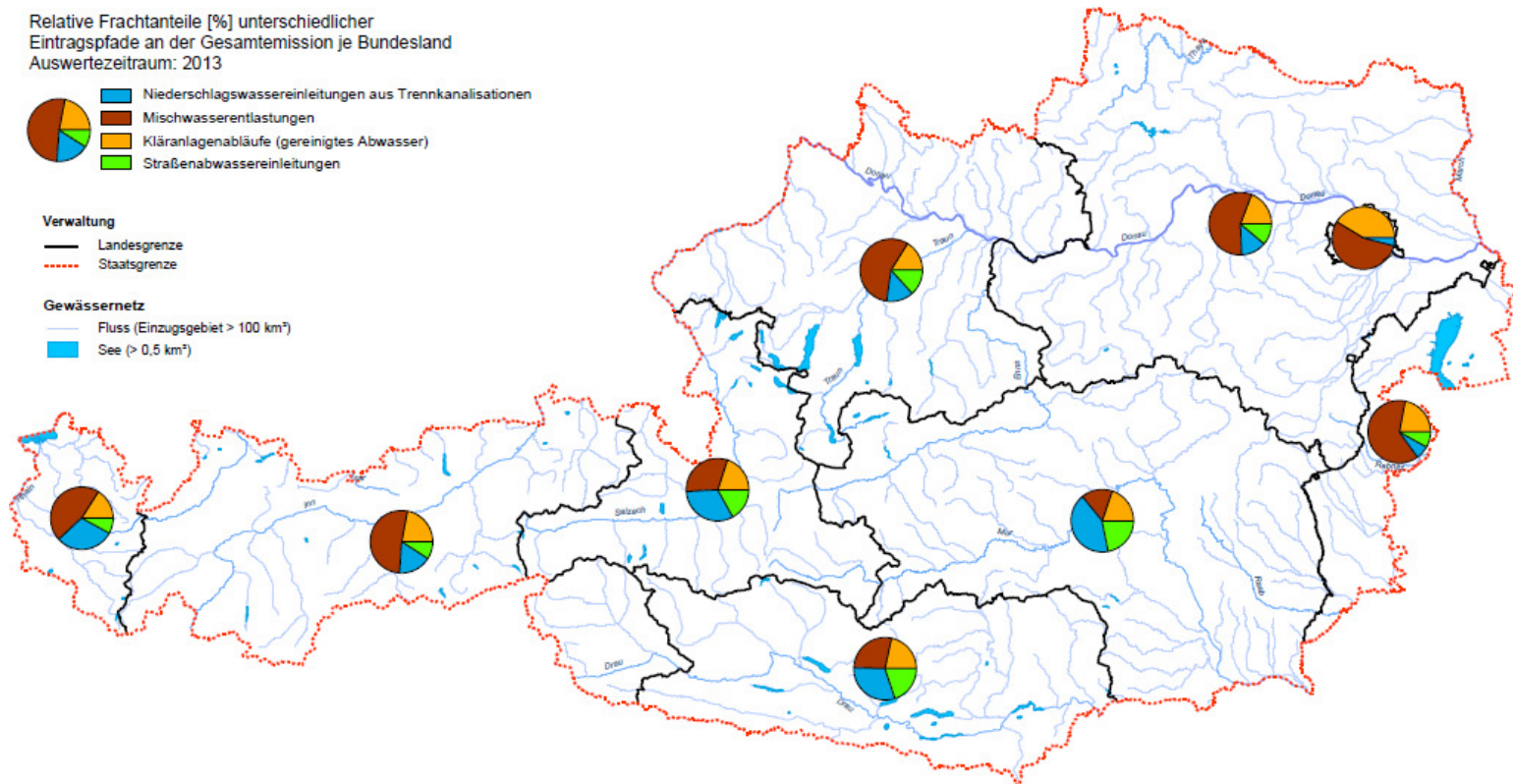
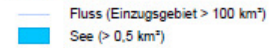
Relative Frachtanteile [%] unterschiedlicher Eintragspfade an der Gesamtemission je Bundesland
Auswertzeitraum: 2013



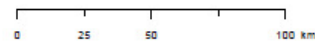
Verwaltung



Gewässernetz



Quelle:
SCHTURM: Schadstoffemissionen von Verkehrsflächen
und urbanen Siedlungsgebieten (Kläranlagen,
Regen- und Mischwasserentlastungen)
Datenstand: 2013
Auswertung/Graphik: Umweltbundesamt GmbH, 2014



umweltbundesamt[®]



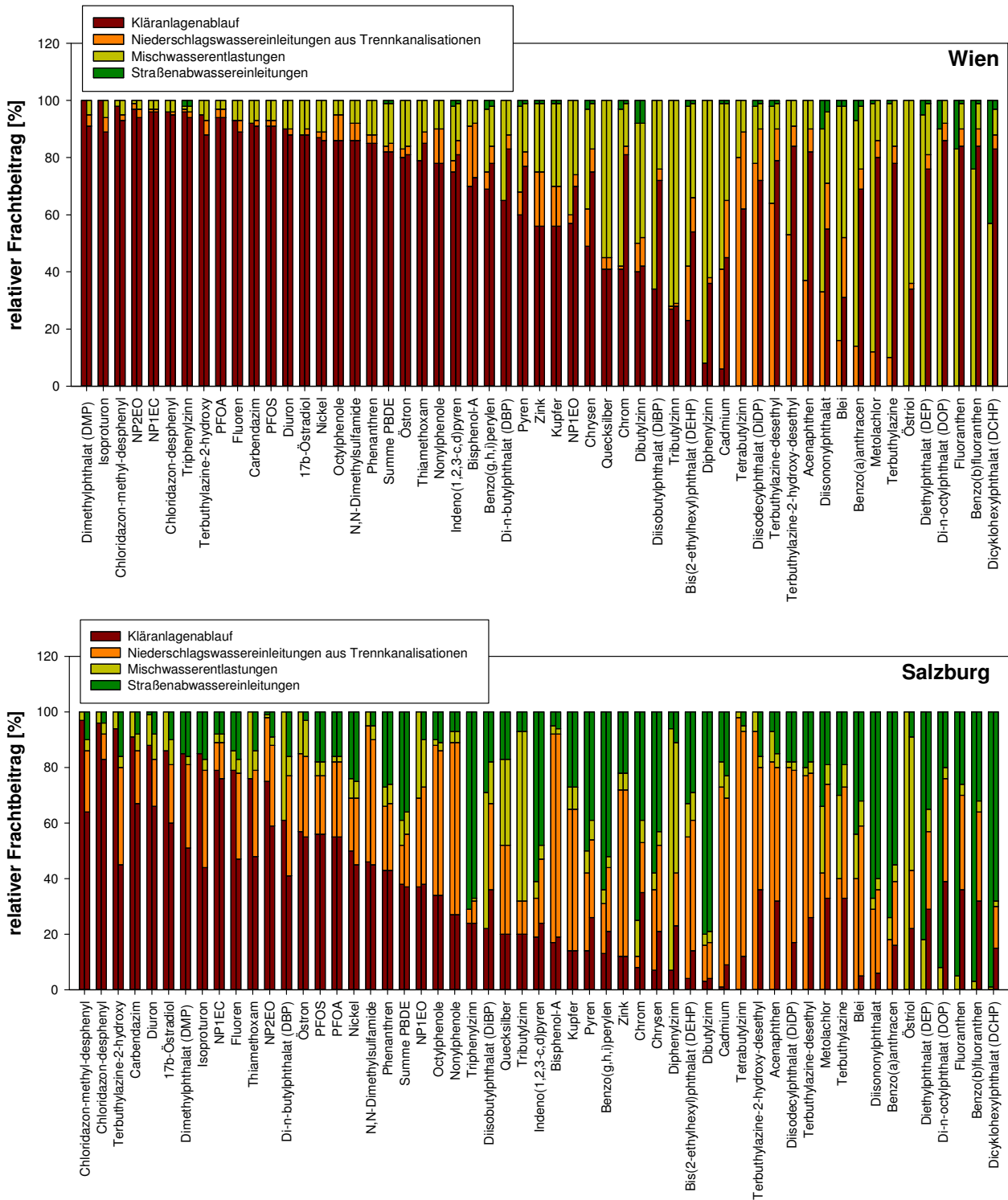


Abbildung 35: Relative mittlere Frachtbeiträge [%] (Minimal- und Maximalbewertung) der vier Eintragspfade für die Bundesländer Wien und Salzburg

Für beide Auswertungen wurde angenommen, dass bei Vorhandensein eines Schmutzwasserkanals bei Trennkanalisationen auch ein Niederschlagswassersammler verlegt wurde und alle befestigten Flächen angeschlossen sind. Dies ist jedoch nicht realistisch, weil ein Teil der Abwässer von den befestigten Flächen auch versickert wird. Daher stellt dieser Anschlussgrad, wie bereits öfters angemerkt, eine weitere Unsicherheit dar.

Zur Darstellung dieser Unsicherheit wurde die Auswertung für das Bundesland Salzburg mit der Annahme wiederholt, dass nur rund 50 % der Dach- und Verkehrsflächen in den Siedlungsgebieten an die Nieder-

schlagswassersammler bei Trennkanalisationen angeschlossen sind und die restlichen 50 % versickert werden. Die Ergebnisse dieses Szenariums sind in *Abbildung 36* dargestellt.

Die Annahme führt zu einer Verschiebung der Relevanz von den Niederschlagswassereinleitungen bei Trennkanalisationen zu den Kläranlagenabläufen aber auch zu den Straßenabwässern. Auch wenn bei einigen Stoffen eine Verschiebung des Haupteintragspfades festzustellen ist, beschränkt sich die Auswirkung dieser Änderung der Eingangsdaten auf wenige Stoffe.

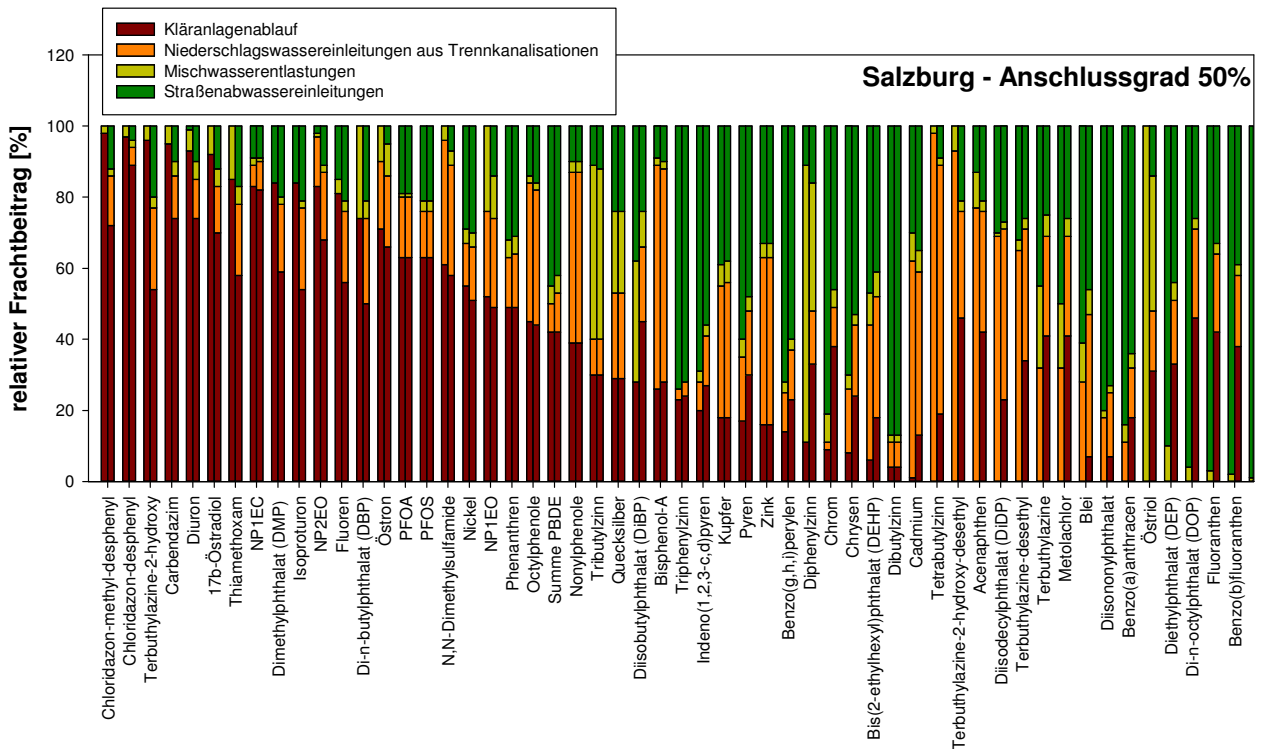


Abbildung 36: Relative mittlere Frachtbeiträge [%] (Minimal- und Maximalbewertung) der vier Eintragspfade für das Bundesland Salzburg und mit der Annahme, dass im Einzugsgebiet der Siedlungsgebiete rund 50 % der Dach- und Verkehrsflächen an die Niederschlagswassersammler bei Trennkanalisationen angeschlossen sind.

5.3.3 Planungsräume

Wie bei der Auswertung für die Bundesländer erfolgt auch eine Auswertung auf Basis der Planungsräume. Die Berechnung der emittierten Frachten aus den Eintragspfaden Kläranlagenablauf, Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen, Mischwasserentlastungen und außerurbanen befestigten Flächen basiert auf den Abwassermengen in *Tabelle 11* und den Mittelwerten der gemessenen Konzentrationen in den jeweiligen Eintragspfaden.

Die relativen mittleren Frachtbeiträge der vier Eintragspfade an der Gesamtemission sind in *Abbildung 37* zusammenfassend dargestellt. Zur besseren Differenzierung der Emissionen aus den Siedlungsgebieten und von außerurbanen Verkehrsflächen sind die Emissionen aus den Siedlungsgebieten in *Abbildung 38* zusammengefasst und den Emissionen von außerurbanen Verkehrsflächen gegenübergestellt. Die Auswertungen für Österreich auf Ebene der Planungsräume und der Bundesländer zeigen dieselbe Verteilung und führen zum gleichen Ergebnis, weil beide Auswertungen auf der gleichen Datenbasis beruhen.

Die zwei Balken geben die Ergebnisse der Minimal- und der Maximalbewertung wieder. Die Auswertungen für die einzelnen Planungsräume sind in Annex VIII (siehe Abschnitt 8.8.2) im Detail angeführt.

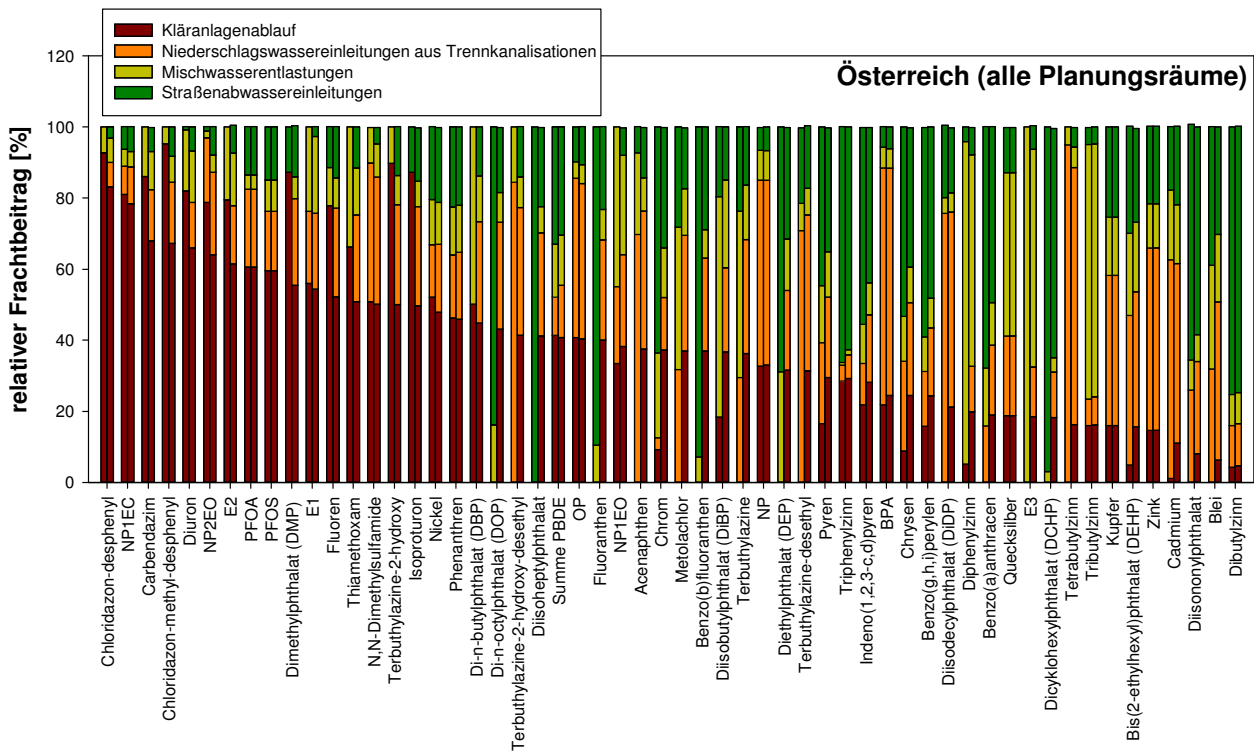


Abbildung 37: Relative mittlere Frachtbeiträge [%] (Minimal- und Maximalbewertung) der vier Eintragspfade für Österreich auf Basis der Auswertung aller Planungsräume

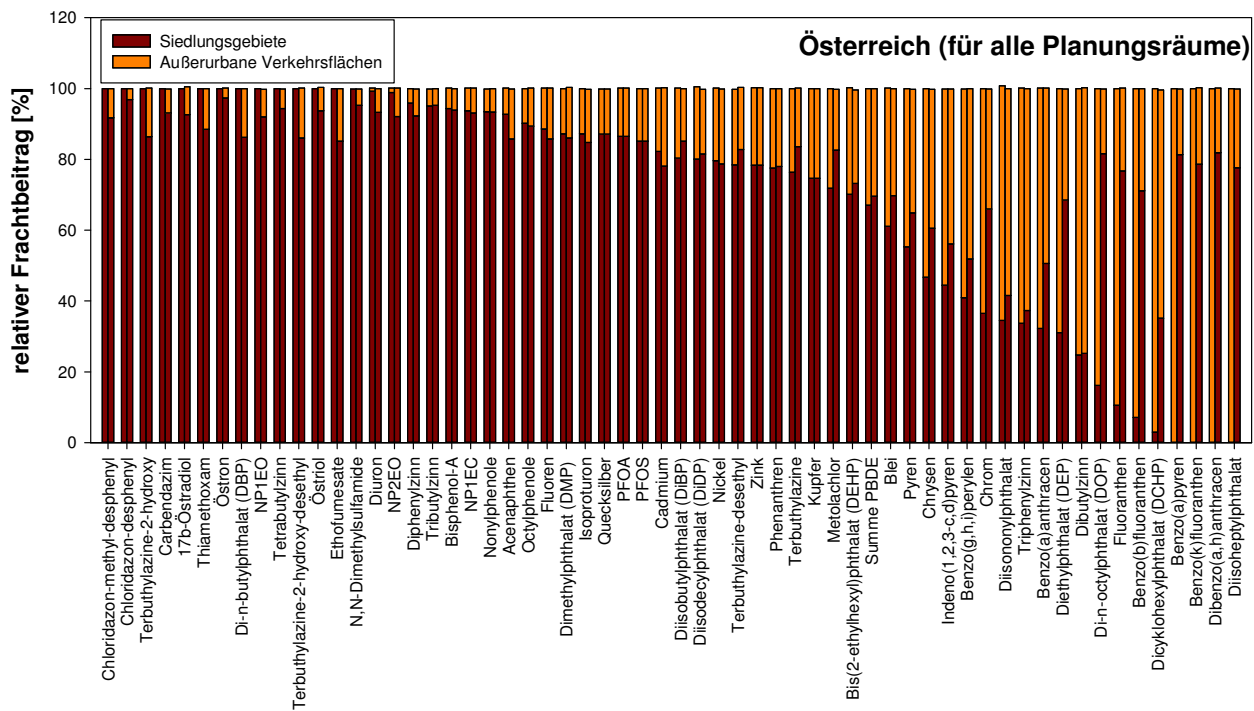


Abbildung 38: Relative mittlere Frachtbeiträge [%] (Minimal- und Maximalbewertung) aus Siedlungsgebieten und von außerurbanen Verkehrsflächen für Österreich auf Basis der Auswertungen aller Planungsräume.

Nach dieser Auswertung können die untersuchten Spurenstoffe analog zur Vorgehensweise auf Basis der Bundesländer den vier berücksichtigten Eintragspfaden zugeordnet werden. Die Ergebnisse dieser Zuordnung sind in *Tabelle 19* zusammengefasst. Die Zuordnung zu einem der vier berücksichtigten Eintragspfade erfolgt dann, wenn dieser Eintragspfad im Mittel über die Planungsräume zu mehr als 50 % der Gesamtemission beiträgt.

Tabelle 19: Zuordnung von Spurenstoffen zu Haupteintragspfaden (Zuordnung zu Haupteintragspfad erfolgt, wenn der Mittelwert der Planungsräume für einen Eintragspfad über 50 % der Gesamtfracht entweder aus Kläranlagenabläufen, aus Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen, aus Mischwasserentlastungen oder aus Straßenabwassereinleitungen beträgt)

Haupteintragspfade			
Kläranlagenablauf	Niederschlagswasser aus Trennkanalisationen	Mischwasserentlastungen	Straßenabwasser
Nickel	Cadmium	Tributylzinn	Chrom
Nonylphenolmonocarboxylat	Zink	Diphenylzinn	Triphenylzinn
PFOA	Nonylphenole	Bis(2-methoxyethyl)phthalat	Dibutylzinn
PFOS	Bisphenol-A	Diisobutylphthalat (DiBP)	Di-n-octylphthalat (DOP)
Östron	Tetrabutylzinn	Östriol	Diethylphthalat (DEP)
17b-Östradiol	Diisodecylphthalat (DiDP)		Diisoheptylphthalat
Dimethylphthalat (DMP)	Acenaphthen		Dicyklohexylphthalat
Di-n-butylphthalat (DBP)	Terbutylazine-2-hydroxy-desethyl		Diisononylphthalat
Fuoren	Terbutylazine-desethyl		Benzo(a)pyren
Diuron			Benzo(k)fluoranthren
Thiamethoxam			Dibenzo(a,h)anthracen
Chloridazon-methyl-desphenyl			Benzo(b)fluoranthren
Chloridazon-desphenyl			Fluoranthren
Terbutylazine-2-hydroxy			Benzo(a)anthracen
Carbendazim			Benzo(g,h,i)perylen
Isoproturon			Indeno(1,2,3-c,d)pyren
N,N-Dimethylsulfamide			Chrysen

Die polybromierten Diphenylether sind keinem Eintragspfad eindeutig zuordenbar. Bei reiner Betrachtung der Einträge aus Siedlungsgebieten erfolgt die Emission vorwiegend über den Kläranlagenablauf. In Abhängigkeit von lokalen und regionalen Einflüssen, können auch Strassenabwässer einen relevanten Eintragspfad darstellen. Die Ergebnisse sind in Annex VIII in Abschnitt 8.8 im Detail dargestellt.

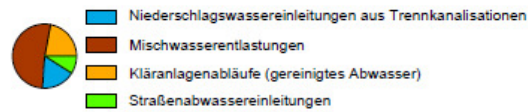
Wie bereits bei der Auswertung auf Basis der Bundesländer sind auch die Ergebnisse für die Planungsräume zum Teil sehr unterschiedlich und abhängig von den regionalen Verhältnissen. Der Anteil des Kläranlagenablaufs an der Gesamtabwasseremission ist im Planungsraum Donau unterhalb Jochenstein mit rund 60 % am höchsten. Im Planungsraum Mur beträgt der Anteil der Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen (Annahme Anschlussgrad an Trennkanalisation von 95-100 %) rund 44 % und stellt damit hydraulisch den Haupteintragspfad dar. Die Ergebnisse der Frachtberechnungen sind in *Abbildung 40* dargestellt.

Für Quecksilber sind die relativen Frachtbeiträge der vier Eintragspfade für die Planungsräume in *Abbildung 39* dargestellt. Weitere Karten für die Spurenstoffe Kupfer, Zink, Nonylphenole, Bisphenol-A, Tributylzinnverbindungen, Dibutylzinnverbindungen, PFOS, PFOA, DEHP und die Summe der polybromierten Diphenylether (BDE28, BDE47, BDE 99, BDE 100, BDE 153, BDE 154) enthält Abschnitt 8.8.3 in Annex 8.8.

Abbildung 39: Relative Frachtanteile der vier Eintragspfade Kläranlagenablauf, Mischwassereinleitungen, Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen und Straßenabwassereinleitungen an der Gesamtemission dieser Einträge für Quecksilber auf Basis der Planungsräume

Quecksilber

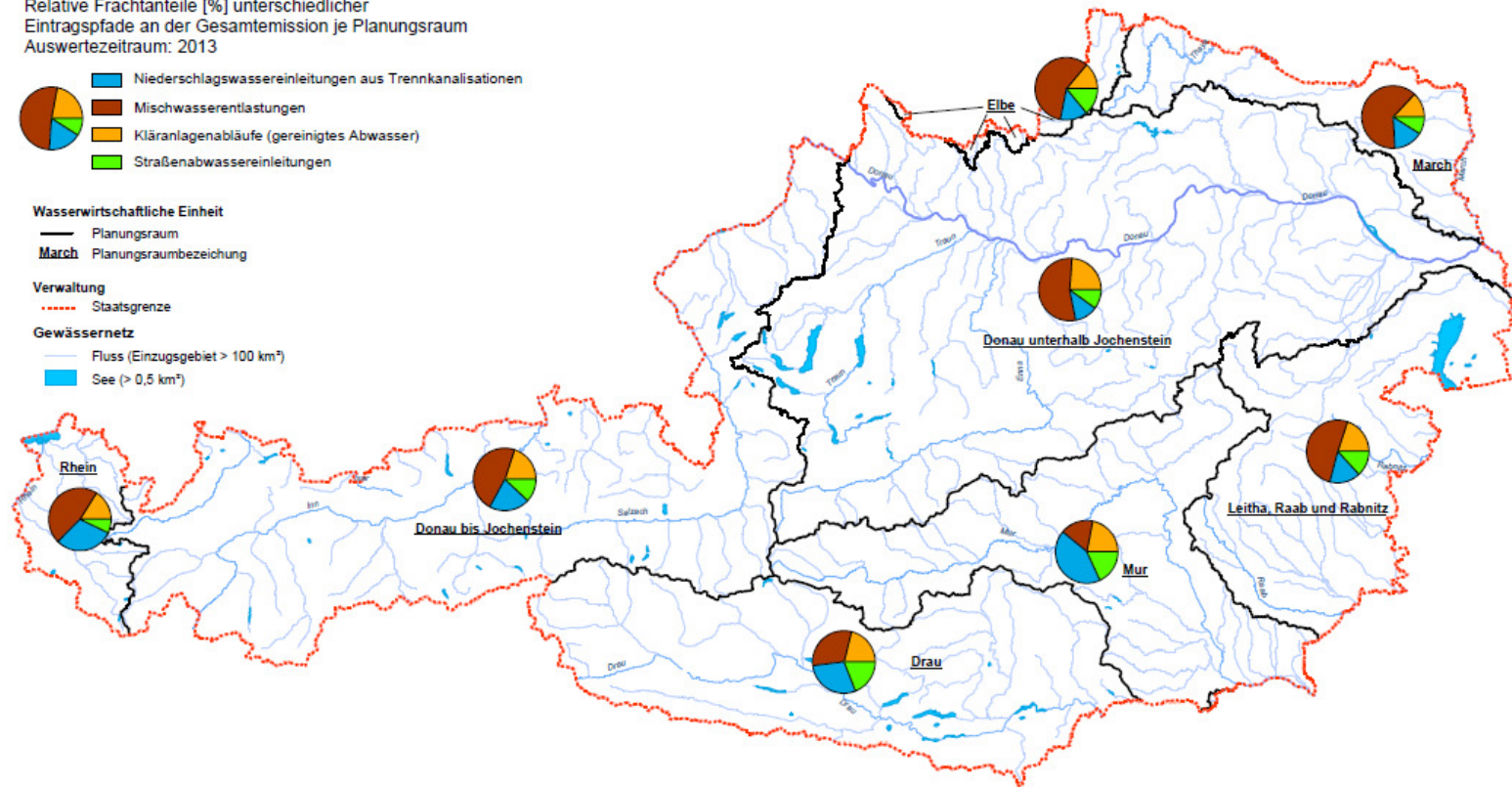
Relative Frachtanteile [%] unterschiedlicher Eintragspfade an der Gesamtemission je Planungsraum
Auswertzeitraum: 2013



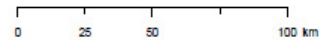
Wasserwirtschaftliche Einheit
 — Planungsraum
March Planungsraumbezeichnung

Verwaltung
 - - - Staatsgrenze

Gewässernetz
 — Fluss (Einzugsgebiet > 100 km²)
 ■ See (> 0,5 km²)



Quelle:
 SHTURM: Schadstoffemissionen von Verkehrsflächen und urbanen Siedlungsgebieten (Kläranlagen, Regen- und Mischwasserentlastungen)
 Datenstand: 2013
 Auswertung/Graphik: Umweltbundesamt GmbH, 2014



umweltbundesamt[®]



In Abhängigkeit von regionalen Verhältnissen erfolgt eine unterschiedliche Zuordnung der Spurenstoffe zu Haupteintragspfaden. Bei der Auswertung für den Planungsraum Mur ist anzumerken, dass in diesem Planungsraum der Beitrag von Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalesationen hoch ist. Für die Berechnung wurde ein hoher Anschlussgrad der befestigten Flächen an die Niederschlagswassersammler angenommen, der im Falle von Flächenabkopplungen aber auch deutlich niedriger sein kann. Die Berücksichtigung dieser Unsicherheit führt zu einer Verschiebung der Relevanz hin zu Kläranlagenabläufen oder auch zu Straßenabwassereinleitungen.

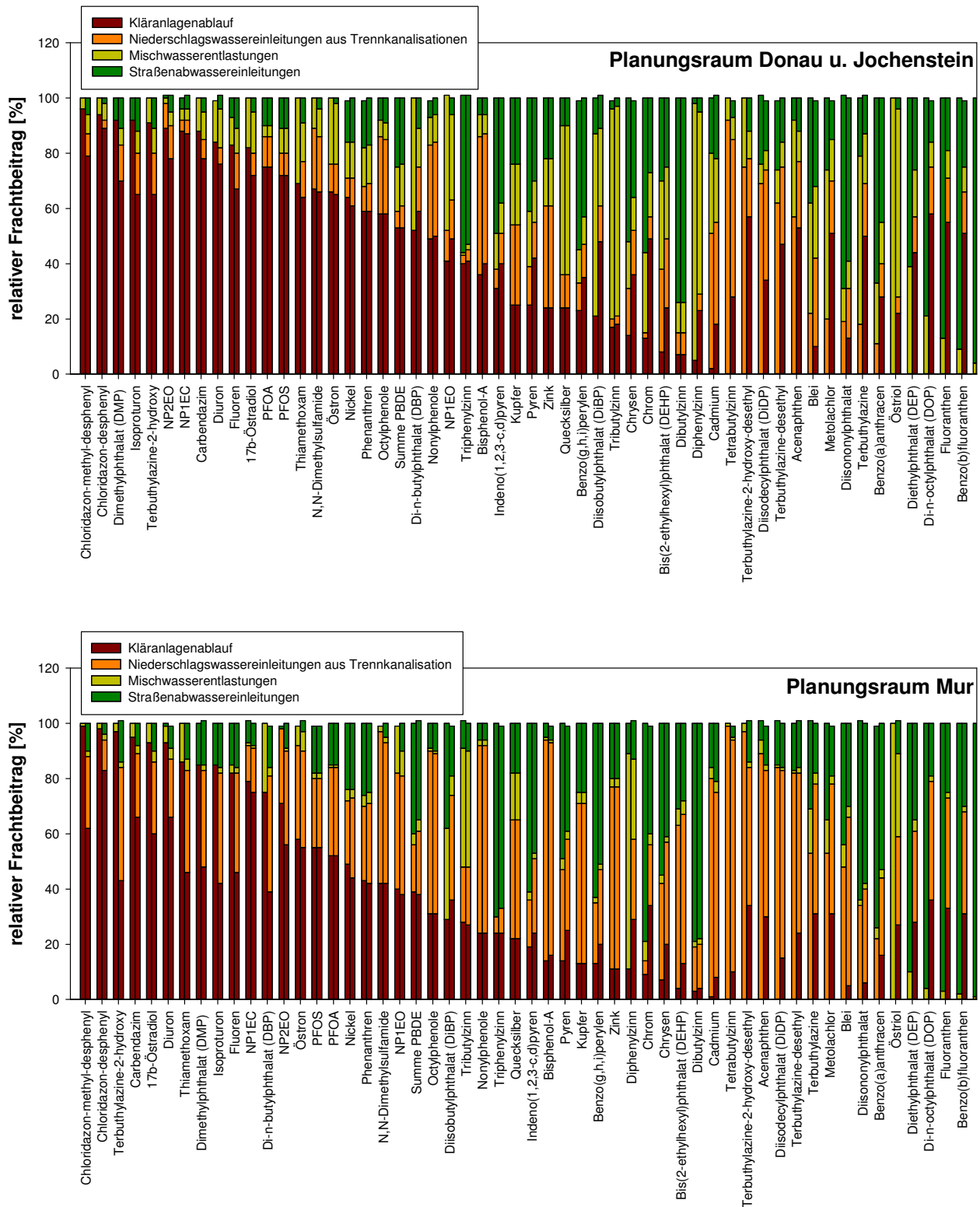


Abbildung 40: Relative mittlere Frachtbeiträge [%] (Minimal- und Maximalbewertung) der vier Eintragspfade für die Planungsräume Donau u. Jochenstein und Mur.

5.3.4 Emissionen zur Versickerung

Der Frachteintrag ins Grundwasser aufgrund der Versickerung von Abwässern von außerurbanen Flächen kann nicht abgeschätzt werden, weil keine Untersuchungen zum Verhalten bei der Bodenpassage durchgeführt wurden. Es ist aber möglich, die Frachten der Spurenstoffe zu berechnen, die einer Versickerung zugeführt werden. Die Berechnung beruht auf den Abwassermengen in *Tabelle 10* und den Konzentrationen für unbehandeltes Straßenabwasser, die in *Tabelle 85* zusammengefasst sind.

Neben den Emissionen von außerurbanen Verkehrsflächen werden auch in Siedlungsgebieten vor allem bei Entwässerungen im Trennsystem Niederschlagswässer versickert und nur ein Teil der gesammelten Niederschlagswässer gelangt über Niederschlagswasserkanäle direkt in die Gewässer. Die Frachten sind jedoch im Vergleich zu den Frachten von außerurbanen Verkehrsflächen gering und abhängig vom Anschlussgrad abflusswirksamer Flächen an die Niederschlagswassersammler.

Einen Vergleich der Frachten, die direkt in Fließgewässer eingeleitet werden mit den Frachten, die zur Versickerung gebracht werden, zeigt *Abbildung 41*.

Bei einigen der untersuchten Spurenstoffe gelangt rund 50 % der insgesamt emittierten Fracht zur Versickerung. Dies sind vor allem polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe und Vertreter der Phthalate. Auch die Auswertung nach Bundesländern bzw. Planungsräumen führt zu einem ähnlichen Ergebnis, auch wenn geringe Unterschiede zwischen den einzelnen Bundesländern bzw. Planungsräumen festzustellen sind.

Diese Emissionen können einen relevanten Eintragungspfad in das Grundwasser darstellen. Da aber keine Untersuchungen zur Bodenpassage und zu einem allfälligen Rückhalt von Stoffen bei der Bodenpassage durchgeführt wurden, ist eine Quantifizierung, wie bereits zuvor angemerkt wurde, nicht möglich.

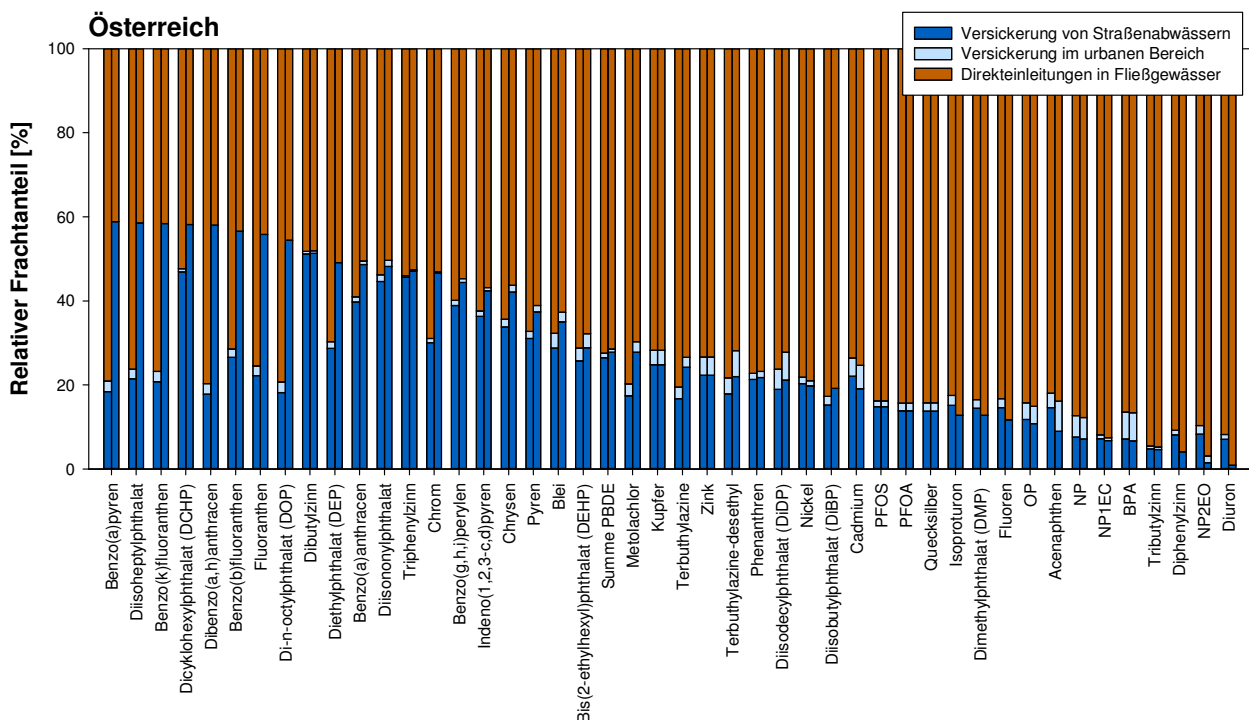


Abbildung 41: Relative Frachtanteile [%] (Minimal- und Maximalbewertung) der untersuchten Spurenstoffe, die direkt in Fließgewässer eingeleitet werden bzw. zur Versickerung gebracht werden.

5.3.5 Unsicherheiten

Einen wesentlichen Punkt bei der Interpretation der Ergebnisse stellen die Unsicherheiten dar. Wesentliche Einflussfaktoren sind:

- **Unsicherheiten aufgrund der Berücksichtigung von nicht nachweisbaren Stoffen und analytischen Nachweisen unterhalb der Bestimmungsgrenze:**

Vor allem bei der Diskussion zum Vorkommen von Spurenstoffen ist die Behandlung von nicht nachweisbaren Stoffen und Nachweisen kleiner der analytischen Bestimmungsgrenze von Relevanz und es werden zumeist Berechnungskonventionen angewandt. Für die vorliegenden Auswertungen wurden sowohl eine Minimal- als auch eine Maximalbewertung durchgeführt. Bei der Minimalbewertung wurden nicht nachweisbare Stoffe gleich null gesetzt und Nachweise kleiner Bestimmungsgrenze mit der Nachweisgrenze berücksichtigt. Bei der Maximalbewertung wurden nicht nachweisbare Stoffe gleich der Nachweisgrenze gesetzt und Nachweise kleiner Bestimmungsgrenze mit der Bestimmungsgrenze berücksichtigt. Für die Frachtberechnungen wurden die Mittelwerte aus diesen zwei Bewertungsansätzen verwendet. Ein Beispiel enthält *Tabelle 20*.

Tabelle 20: Berücksichtigung von nicht nachweisbaren Stoffen und Nachweisen kleiner der analytischen Bestimmungsgrenze (alle Angaben in µg/l)

Parameter	BG	NG	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Mittelwert
Acenapthen			n.n.	<BG	0,011	-
Minimalbewertung	0,0086	0,0043	0	0,0043	0,011	0,0051
Maximalbewertung			0,0043	0,0086	0,011	0,0080
Nonylphenole			n.n.	n.n.	n.n.	
Minimalbewertung	0,10	0,05	0	0	0	0
Maximalbewertung			0,05	0,05	0,05	0,05
Tributylzinnverbindungen			n.n.	n.n.	<BG	
Minimalbewertung	0,0002	0,0001	0	0	0,0001	0,000033
Maximalbewertung			0,0001	0,0001	0,0002	0,00013
Cadmium			<BG	<BG	<BG	
Minimalbewertung	0,05	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Maximalbewertung			0,05	0,05	0,05	0,05

Die angewandte Konvention zur Berücksichtigung nicht nachweisbarer Stoffe und von Nachweisen kleiner der Bestimmungsgrenze hat einen deutlichen Einfluss, der in Abhängigkeit vom Parameter erheblich sein kann. So beträgt bei einigen Metallen das Verhältnis zwischen Nachweis- und Bestimmungsgrenze einen Faktor 10. Dieser Faktor wirkt sich entsprechend auf die Frachtberechnung aus. Ist ein Spurenstoff z. B. nur in einem Eintragspfad nachweisbar, so ergibt die Minimalbewertung, dass der gesamt Frachteintrag über diesen Eintragspfad erfolgt und auch die Zuordnung des Spurenstoffes erfolgt zu diesem Haupteintragspfad. Bei der Maximalbewertung verschiebt sich dieses Ergebnis hin zu einer Zunahme der Relevanz der anderen Eintragspfade. Ein Beispiel ist z. B. Dibutylzinn im Einzugsgebiet des Wasserverbandes Region Hofsteig. Bei der Minimalauswertung erfolgt die Emission über die Mischwasserentlastung, während bei der Maximalbewertung dieser Eintragspfad nur rund 10 % der Gesamtemission beträgt. Dadurch beträgt der zu erwartende Frachtbeitrag über die Mischwasserentlastungen zwischen 10 und 100 %.

Realistischer Weise ist ein Ergebnis zwischen diesen zwei Extremen zu erwarten. Führen Minimal- und Maximalauswertung zu ähnlichen Ergebnissen, sind diese als robuster zu bewerten als stark abweichende Ergebnisse aus den zwei Auswertungen.

- **Die geringe Probenanzahl und damit die begrenzte Vergleichsmöglichkeit der Ergebnisse:** Dies wirkt sich vor allem bei der Identifikation bzw. Abgrenzung von Extremwerten und Ausreißern aus, die das Ergebnis der Frachtberechnungen sehr stark beeinflussen können.

An den beprobten Probenahmestellen wurden 2-3 Proben gezogen und auch für die berücksichtigten Eintragspfade ist die Probenanzahl begrenzt (siehe *Tabelle 3*). Dieser geringe Probenumfang erlaubt keine statistische Auswertung. Zudem ist es nicht möglich festzustellen, ob einzelne Extremwerte wirklich aufgetretene Extremwerte oder Ausreißer sind. Diese Extremwerte beeinflussen das Ergebnis jedenfalls stark. Dieser Einfluss wird nachfolgend am Beispiel der Tributylzinnverbindungen exemplarisch aufgezeigt.

Tributylzinnverbindungen waren in den meisten Proben im Kläranlagenablauf, im entlasteten Mischwasser und in Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen nachweisbar. Die gemessenen Konzentrationen in diesen drei Eintragspfaden sind in *Abbildung 42* dargestellt.

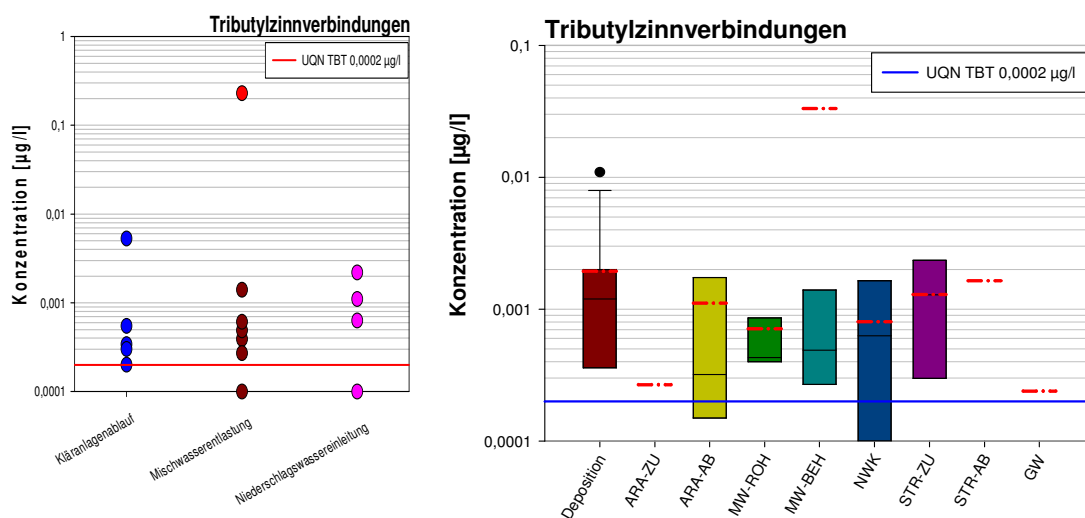


Abbildung 42: Gemessene Tributylzinnkonzentrationen in den analysierten Proben der Eintragspfade Kläranlagenablauf, Mischwasserentlastung und Niederschlagswassereinleitung aus Trennkanalisation sowie Vergleich der Tributylzinnkonzentrationen in allen untersuchten Eintragspfaden (rot gefärbt...Mittelwerte der Messungen).

Die höchste Konzentration für Tributylzinn wurde mit 0,23 µg/l in einer Mischwasserprobe gemessen und dieser Extremwert liegt deutlich über allen anderen gemessenen Werten. Werden diese Konzentrationen der Frachtberechnung zugrunde gelegt, erfolgt die Hauptemission aus Siedlungsgebieten über die Mischwasserentlastungen. Dieser Eintragspfad trägt zu rund 70 % der Gesamtemission bei.

Der Extremwert dieser einen Mischwasserprobe liegt zwei Zehnerpotenzen über den gemessenen Konzentrationen in den anderen Mischwasserproben und auch deutlich über allen anderen Messwerten, was darauf hindeutet, dass dieser Messwert einen Ausreißer darstellt. Würde dieser Extremwert bei der Mittelwertbildung und somit auch bei der Frachtberechnung nicht berücksichtigt werden, so verschiebt sich die gesamte Verteilung. Der Haupteintrag würde dann über das gereinigte Abwasser und somit über den Kläranlagenablauf erfolgen und der relative Frachtanteil an der Gesamtemission rund 70 % betragen.

Auch im Kläranlagenablauf wurde ein Extremwert gemessen, der um einen Faktor 10 über den anderen Messwerten im gereinigten Abwasser liegt. Auch im Vergleich mit früheren Untersuchungen ist dieser Wert hoch. So wurde bei einer Untersuchung österreichischer Kläranlagen (n = 60) ein

Maximalwert für Tributylzinnverbindungen von 0,002 µg/l gemessen. Bei diesem Untersuchungsprogramm waren auch die zwei Projektkläranlagen beteiligt. Würde auch dieser Ablaufmesswert als Ausreißer eingestuft werden und für die Frachtberechnung nicht berücksichtigt werden, ergäbe sich eine Verschiebung der relativen Frachtanteile der drei Eintragspfade und der Haupteintrag würde über Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen erfolgen.

Die Ergebnisse der Frachtberechnungen für die drei angeführten Varianten sind in *Abbildung 43* dargestellt.



Abbildung 43: Ergebnisse der Frachtberechnungen in Abhängigkeit der verwendeten Eingangsdaten

- Regionale/lokale Einflüsse:** Die Messungen in den unterschiedlichen Einzugsgebieten schwanken für einige Spurenstoffe beträchtlich und weisen auf lokale und regionale Einflussfaktoren hin. Für die Frachtberechnungen wurden jedoch Mittelwerte herangezogen und auf alle Siedlungsgebiete angewandt. Ein Beispiel für diese regionalen Unterschiede zeigt *Abbildung 44*. Für die Frachtberechnungen wurden die Mittelwerte der verfügbaren Messungen für die berücksichtigten Eintragspfade verwendet. Damit ist in Abhängigkeit von lokalen und regionalen Einflussfaktoren in manchen Siedlungsgebieten eine Über- bzw. Unterschätzung der Relevanz einzelner Eintragspfade möglich.

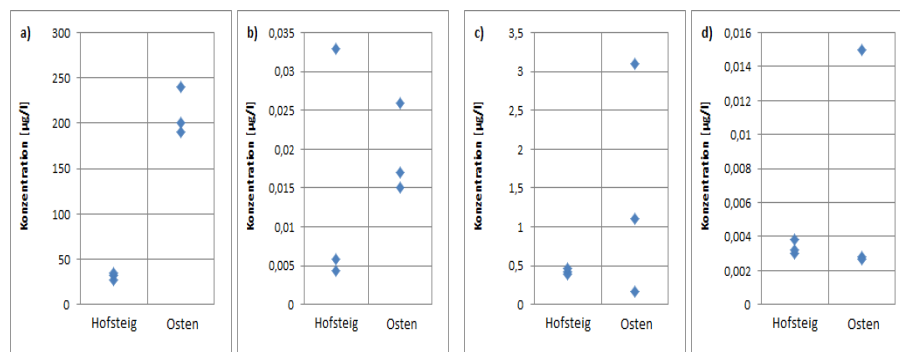


Abbildung 44: Gemessene Konzentrationen für a) Zink, b) Quecksilber, c) Bisphenol-A und d) PFOS in den Niederschlagswasserkanalproben aus den zwei Untersuchungsgebieten.

- Der angenommene Anschlussgrad befestigter Flächen an Niederschlagswasserkanäle bei Trennkanalisationen:** Beim Ausbau bzw. bei der Sanierung von Kanalnetzen ist ein Trend festzustellen, Flächen abzukoppeln und die Niederschlagswässer zu versickern. Informationen zum Anschlussgrad für Flächen an Niederschlagswassersammler bei Trennkanalisationen liegen aber nicht in der erforderlichen Detailierung vor und es ist vielfach unbekannt, ob überall dort, wo ein Schmutzwasserkanal verlegt wurde, auch ein Niederschlagswasserkanal existiert. Die Annahme, dass dies der Fall ist, kann in Siedlungsgebieten mit hohem Trennkanalisationsanteil dazu führen, dass der Eintrag über die Niederschlagswasserkanalisation überschätzt wird. Dieser Einfluss ist in Abschnitt 5.3.1 für das Einzugsgebiet des Wasserverbandes Region Hofsteig (siehe *Abbildung 21* und *Abbildung 23*) und auch für die Stadt Graz abgeschätzt worden.

6 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Spurenstoffe kommen in unterschiedlichen Eintragspfaden in unterschiedlichen Konzentrationen vor und vor allem für gereinigtes Abwasser (Kläranlagenabläufe) liegen für zahlreiche Stoffe Messungen vor. Für andere Eintragspfade, wie z. B. diffuse Einträge über Mischwasserentlastungen, Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalesationen oder Straßenabwassereinleitungen liegen nur wenige Vergleichsdaten in der Literatur vor. Dies ist vor allem auf die besonderen Schwierigkeiten bei der Probenahme zurückzuführen, weil diese aufgrund der Dynamik der Niederschlagsereignisse eine besondere Herausforderung darstellt. Die repräsentative Entnahme von Abwasserproben ist insbesondere bei partikelhaltigen Rohabwasserproben schwierig und sehr fehleranfällig. Für die ereignisabhängige, mengenproportionale Probenahme über die gesamte Dauer eines Entlastungsereignisses sind ereignisgesteuerte, automatische Probenahmegeräte und für die mengenproportionale Ansteuerung geeignete Durchflussmesseinrichtungen erforderlich, welche die gesamte mögliche Variabilität des Abflussgeschehens messtechnisch erfassen können. Im Rahmen des Projektes wurden verfügbare Probenahmesysteme optimiert und sofern möglich mengenproportionale Probenahmen mit gekühlten Probenahmegeräten durchgeführt. Wo dies nicht möglich war, wurden zeitproportionale Probenahmen durchgeführt. Es konnten alle geplanten Proben in den unterschiedlichen Eintragspfaden erfolgreich gewonnen werden.

Die Abwasserproben wurden auf eine Vielzahl von Spurenstoffen untersucht. Die für das Projekt ausgewählten und untersuchten Spurenstoffe sind in der *Tabelle 21* zusammengefasst. Die Analytik erfolgte mittels unterschiedlicher Methoden, wobei vor allem hochauflösende Verfahren eingesetzt wurden. Eine Kurzbeschreibung der verwendeten analytischen Methoden enthält *Tabelle 4* in Abschnitt 4.2.

Tabelle 21: Zusammenfassung der untersuchten Spurenstoffe

Stoffgruppe	Ausgewählte Stoffe
Schermetalle	Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Zink, Quecksilber
Industriechemikalien	Nonylphenole, Nonylphenoethoxyate (NP _{1,2} EO), Nonylphenolcarboxylate (NP _{1,2} EC), Octylphenole, Bisphenol-A
Phthalate	Dimethylphthalat, Diethylphthalat, Dibutylphthalat, Butylbenzylphthalat, Bis(2-ethylbenzyl)phthalat, Dioctylphthalat, Di-iso-decylphthalat, Di-iso-nonylphthalat, Bis(2-methoxyethyl)phthalat, Dicyklohexylphthalat (DCHP), Di-iso-butylphthalat (DiBP), Di-iso-heptylphthalat, Di-iso-pentylphthalat, Di-n-pentylphthalat, Dipropylphthalat, n-Pentylisopentylphthalat
Polybromierte Diphenylether	20 verschiedene Kongenere (28, 47, 49, 66, 77, 85, 99, 100, 118, 126, 139, 153, 154, 181, 183, 196, 197, 203, 207, 209)
Organozinnverbindungen	Dibutyl-, Tributyl-, Tetrabutyl-, Diphenyl-, Triphenylzinnverbindungen
PAKs	Acenaphthen, Acenaphthylen, Anthracen, Benzo(a)anthracen, Benzo(a)pyren, Benzo(b)fluoranthren, Benzo(g,h,i)perylene, Benzo(k)fluoranthren, Chrysen, Dibenzo(a,h)anthracen, Fluoranthren, Fluoren, Indeno(1,2,3-c,d)pyren, Naphthalin, Phenanthren, Pyren
Perfluorierte Tenside	Perfluoroktansulfonsäure (PFOS), Perfluoroktansäure (PFOA)
Hormone	17 α -Ethinylöstradiol (EE2), 17 β -Östradiol (E2), Östriol (E3), Östron (E1)
Pflanzenschutzmittel PSM	Diuron, Chloridazon, Chloridazon-desphenyl, Chloridazon-methyl-desphenyl, Carbendazim, Clothianidin, Ethofumesate, Isoproturon, Metazachlor, Metolachlor, N,N-Dimethylsulfamide, Terbutylazine, Terbutylazine-desethyl, Propazin, Terbutylazine-2-hydroxy-desethyl, Terbutylazine-2-hydroxy, Thiamethoxam
Referenzparameter	Abfiltrierbare Stoffe, CSB (roh, filtriert), TOC, N _{ges} , NH ₄ -N, NO ₃ -N, P _{ges} , PO ₄ -P, KW-Index oder Summe KW, pH und Leitfähigkeit

Die untersuchten Spurenstoffe waren in unterschiedlichem Umfang und in unterschiedlichen Konzentrationen in den untersuchten Abwasserproben nachweisbar. Während alle Spurenstoffe in einzelnen Proben nachweisbar waren, waren nur wenige der untersuchten Stoffe in allen Proben bzw. in allen Proben eines bestimmten Eintragspfades nachweisbar. Eine detaillierte Zusammenfassung der gemessenen Konzentrationen in den unterschiedlichen Eintragspfaden enthält Annex VII in Abschnitt 8.7.

Die Messungen schwankten z. T. erheblich und bei einigen der untersuchten Spurenstoffe ist auch eine deutliche regionale / lokale Verteilung festzustellen. So waren die gemessenen Konzentrationen im Westen sowohl in den Niederschlagswasserproben aus Trennkanalisationen als auch in den Mischwasserproben zumeist deutlich niedriger als im Osten. Ein Zusammenhang mit dem Niederschlag oder mit der Dauer der vorhergehenden Trockenwetterperioden konnte nicht beobachtet werden.

Aus den gemessenen Spurenstoffkonzentrationen in den verschiedenen Eintragspfaden sowie den abflusswirksamen Flächen und dem Jahresniederschlag bzw. den hydraulischen Belastungen der beprobten Kläranlagen wurden spezifische Frachten berechnet. Diese spezifischen Frachten sind in *Tabelle 23* zusammengefasst. Diese schwanken zwar in einem bestimmten Bereich, können aber für eine Emissionsabschätzung verwendet werden.

Neben der Bestimmung der Konzentrationen der Spurenstoffe in den unterschiedlichen Eintragspfaden ist für eine frachtbasierte Emissionsabschätzung die Ermittlung der Abwassermengen erforderlich. Für diese Abflussberechnungen waren zahlreiche Eingangsdaten erforderlich, wofür in Ermangelung einer besseren Datengrundlage oft auch Annahmen getroffen werden mussten. Für 790 Siedlungsgebiete (636 Siedlungsgebiete mit einer Kläranlagenkapazität von mehr als 2.000 EW und 167 kleinere Siedlungsgebiete) wurden Abflussberechnungen durchgeführt. Dazu war es erforderlich, den Niederschlagswasser sowie den Schmutzwasseranfall zu berechnen. Die Berechnung des Schmutzwasseranfalls erfolgte durch die Anwendung eines spezifischen Schmutzwasseranfalls für jedes Bundesland, der aus verfügbaren Trockenwetterzuflüssen zu Kläranlagen abgeleitet wurde. Für die Bestimmung des Niederschlagswasseranfalls wurden die befestigten (abflusswirksamen) Flächen je Siedlungsgebiet grob abgeschätzt und mit den mittleren lokalen Jahresniederschlagshöhen der jährliche Abfluss berechnet. In einem weiteren Schritt erfolgten die Zuordnung der Kanalisationssysteme (Mischsystem oder Trennsystem) sowie die Bestimmung der jeweiligen Anschlussgrade. In den Mischsystemen wurden die erforderlichen Mindestweiterleitungsgrade für das abgeleitete Niederschlagswasser gemäß ÖWAV Regelblatt 19 (2007) für jedes Siedlungsgebiet aus der Ausbaugröße der Kläranlage sowie dem dort maßgeblichen Bemessungsregen $r_{D=720, n=1}$ ermittelt. Die Quantifizierung und Darstellung der hydraulischen Beiträge der einzelnen Eintragspfade zur Gesamtemission in den berücksichtigten Siedlungsgebieten erfolgten sowohl in tabellarischer als auch in grafischer Form. Für die Berechnung der Straßenabwassermengen wurden die Straßenflächen bestimmt und mit den gebietspezifischen Niederschlagsdaten verknüpft. Die Berechnungen wurden auf Siedlungsgebietsebene durchgeführt und liegen für unterschiedliche Aggregationsstufen (Bundesland, Planungsraum) vor. Eine Zusammenfassung der Abflussberechnungen für Gesamtösterreich enthält *Tabelle 22*.

Tabelle 22: Zusammenfassung der berechneten Abwassermengen für Gesamtösterreich

Arten von Abwasser	Abwassermengen	
	[Mio. m ³ /a]	[%]
Kläranlagenabläufe	963	42
Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen	514	22
Mischwasserentlastungen	145	6
Versickerungen im urbanen Bereich	63	3
Straßenabwasser – Direkteinleitung in Fließgewässer	252	11
Straßenabwasser nach GSA – Direkteinleitung in Fließgewässer	17	1
Straßenabwasser zur Versickerung	361	15
Gesamt	2.315	100

Tabelle 23: Spezifische Frachten der untersuchten Spurenstoffe in den verschiedenen Eintragspfaden (a)...Flächenpotenzial ermittelt aus Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalesationen, b)...Flächenpotenzial ermittelt aus Mischwasserentlastungen unter Abzug des Schmutzwasseranteils, STR...Straßenabwasser, ARA-ZU...Kläranlagenzulauf, ARA-AB...Kläranlagenablauf)

Parameter	Spezifische Emissionen					
	Deposition [g/ha/a]	Flächenpotenzial [g/ha/a]		STR [g/ha/a]	Schmutzwasser [mg/EW/d]	
		a)	b)		ARA-ZU	ARA-AB
Blei	4,2-42	16-35	4,1-41	35-75	1,2-1,7	-
Cadmium	0,19-0,43	0,76	-	0,4-0,76	0,049	0,00039-0,0012
Chrom	0,85-12	3,2-32	-	94-130	2,2-2,4	0,12-1,2
Kupfer	53	160	-	270	11	0,92-1,7
Nickel	5,9-17	13-16	-	49-59	1,4	1,6-0,62
Zink	450	1300	-	1100	37	5,2-5,9
Quecksilber	0,13	0,12	0,15-0,16	0,2	0,025	0,0026-0,0023
Nonylphenole	1,4-1,8	9,1	9,2	1,9-2,1	0,8	0,051-0,11
NP2EO	0,075-0,5	-	1,8-3,1	0,083-0,62	0,016-0,022	-
NP1EC	0,27-0,65	1,0-1,1	4,1	2,0-2,2	0,067	0,28-0,05
Octylphenole	0,15-0,32	1,6	-	0,55-0,73	0,15	0,006-0,032
Bisphenol-A	0,43-0,74	9,3	-	1,5-1,8	1,6	0,014-0,09
Tributylzinn	0,01	0,0084	0,0016	0,0096-0,01	0,0002	0,000044-0,00048
Dibutylzinn	0,0018-0,0024	0,017	0,014	0,22	0,0017	0,00014-0,00047
PFOS	-	0,044	-	0,11	0,0053	0,0025-0,0037
PFOA	-	0,057	-	0,15	0,005	0,0048-0,0045
Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	1,6-2,9	7,6-7,6	-	12	0,63	-
Diethylphthalat (DEP)	0,34-0,48	-	-	0,57-0,83	0,19-0,2	-
Diisobutylphthalat (DiBP)	1,3	-	2,2-2,3	0,14-0,4	0,028-0,03	-
Diisoheptylphthalat	-	-	-	1,2-2,8	0,12-0,14	-
Diisononylphthalat	-	9,4-9,7	-	37-38	0,89	-
Dimethylphthalat (DMP)	0,13-0,33	-	-	0,086-0,38	0,0064-0,011	-
Di-n-butylphthalat (DBP)	0,44-0,54	-	0,47-0,72	-	0,002-0,0085	-
Di-n-octylphthalat (DOP)	-	-	-	0,1-0,38	0,0071-0,013	-

Parameter	Spezifische Emissionen					
	Deposition [g/ha/a]	Flächenpotenzial [g/ha/a]		STR [g/ha/a]	Schmutzwasser [mg/EW/d]	
		a)	b)		ARA-ZU	ARA-AB
Acenaphthen	0,015-0,058	-	0,059	0,0047-0,057	0,0055	-
Benzo(a)anthracen	0,0043-0,0085	-	0,1	0,047-0,05	0,0065	-
Benzo(b)fluoranthen	-	-	0,058-0,085	0,046-0,078	0,0006-0,0013	-
Benzo(g,h,i)perylene	0,003-0,0068	0,0081-0,0092	0,052	0,053	0,00079	-
Chrysen	0,011-0,017	0,013-0,015	0,052-0,31	0,064-0,066	0,0012	-
Fluoranthen	-	-	-	0,18-0,31	0,0041-0,0073	-
Fluoren	0,0093-0,057	-	0,0052	0,011-0,07	0,0045	0,0013
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	0,0031-0,0069	-	-	0,037	0,00076	-
Phenanthren	0,021-0,029	0,018-0,023	-	0,15	0,011	0,0037-0,00081
Pyren	0,014-0,04	-	-	0,21-0,23	0,015	0,00079-0,001
Diuron	-	-	0,67	0,042-0,31	0,023	0,013-0,032
Carbendazim	-	-	-	-	0,017-0,02	0,006-0,029
N,N-Dimethylsulfamide	-	0,42	0,79-1,0	-	0,015-0,018	0,035-0,0098
Summe PBDE	0,013	0,00077-0,0026	0,051	0,021	0,0005	0,000094-0,00039

Basierend auf den Spurenstoffmessungen in den unterschiedlichen Eintragspfaden und den Abflussberechnungen erfolgten die Frachtberechnungen. Diese Frachtberechnungen wurden für 790 Siedlungs- bzw. Kläranlageneinzugsgebiete durchgeführt. Basierend auf diesen Ergebnissen für die Siedlungsgebiete wurden die Auswertungen auf Ebene der Bundesländer und der Planungsräume aggregiert und dabei auch die Emissionen von außerurbanen Verkehrsflächen eingerechnet. Der Frachtvergleich berücksichtigt somit die Emissionen über den Kläranlagenablauf, über Niederschlagswassereinleitungen von Trennkanalisationen, über Mischwasserentlastungen und über Straßenabwässer. Bei den Straßenabwässern ist anzumerken, dass nur die außerurbanen Straßenabwässer berücksichtigt wurden, die in Fließgewässer eingeleitet werden. Basierend auf den relativen Frachtanteilen der verschiedenen Eintragspfade wurden den Spurenstoffen Haupteintragspfade zugeordnet, wobei eine Zuordnung dann erfolgte, wenn dieser Haupteintragspfad über 50 % der Gesamtemission ausmacht. Diese Zuordnung enthält *Tabelle 24*.

Tabelle 24: Zuordnung von Spurenstoffen zu Haupteintragspfaden (Zuordnung zu Haupteintragspfad erfolgt, wenn der Mittelwert der Planungsräume für einen Eintragspfades über 50 % der Gesamtfracht aus Kläranlagenablauf, Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen, Mischwasserentlastungen und Straßenabwassereinleitungen beträgt)

Haupteintragspfade			
Kläranlagenablauf	Niederschlagswasser aus Trennkanalisationen	Mischwasserentlastungen	Straßenabwasser
Nickel	Cadmium	Tributylzinn	Chrom
Nonylphenolmonocarboxylat	Zink	Diphenylzinn	Triphenylzinn
PFOA	Nonylphenole	Bis(2-methoxyethyl)phthalat	Dibutylzinn
PFOS	Bisphenol-A	Diisobutylphthalat (DiBP)	Di-n-octylphthalat (DOP)
Östron	Tetrabutylzinn	Östriol	Diethylphthalat (DEP)
17b-Östradiol	Diisodecylphthalat (DiDP)	-	Diisoheptylphthalat
Dimethylphthalat (DMP)	Acenaphthen	-	Dicyklohexylphthalat
Di-n-butylphthalat (DBP)	Terbutylazine-2-hydroxy-desethyl	-	Diisononylphthalat
Fluoren	Terbutylazine-desethyl	-	Benzo(a)pyren
Diuron	-	-	Benzo(k)fluoranthen
Thiamethoxam	-	-	Dibenzo(a,h)anthracen
Chloridazon-methyl-desphenyl	-	-	Benzo(b)fluoranthen
Chloridazon-desphenyl	-	-	Fluoranthen
Terbutylazine-2-hydroxy	-	-	Benzo(a)anthracen
Carbendazim	-	-	Benzo(g,h,i)perylen
Isoproturon	-	-	Indeno(1,2,3-c,d)pyren
-	-	-	Chrysen

Über die Kläranlagen werden vor allem gut wasserlösliche und schwer abbaubare Verbindungen bzw. Abbauprodukte emittiert. Dazu zählen die perfluorierten Tenside, Pflanzenschutzmittelwirkstoffe sowie Metaboliten bzw. Transformationsprodukte wie Nonylphenolmonocarboxylat, Östron oder die Chloridazonmetaboliten. Über Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen oder Mischwasserentlastungen werden vor allem Schwermetalle, partikelgebundene Stoffe wie einzelne Phthalate oder abbaubare Stoffe emittiert, die im Rohabwasser in hohen Konzentrationen vorkommen wie z. B. Bisphenol-A. Die Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen sind im Vergleich zu den Mischwasserentlastungen hervorzuheben, weil diese auch aufgrund ihrer hydraulisch höheren Relevanz nicht zu vernachlässigbare Eintragspfade darstellen. Vor allem für diesen Eintragspfad gilt es zu prüfen, inwiefern eine verstärkte Behandlung der Niederschlagswässer bei Trennkanalisationen sinnvoll sein kann. Dabei müsste festgelegt werden, ab wann eine

solche Behandlung erfolgen sollte und welches die Anforderungen an das behandelte Niederschlagswasser sind. Ähnliches gilt auch für Straßenabwässer.

Über Straßenabwässer werden vor allem Phthalate und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in die Gewässer emittiert. Die Untersuchungen bei den Gewässerschutzanlagen, die als bepflanzte Bodenfilter ausgeführt waren, haben gezeigt, dass diese Stoffgruppen gut zurückgehalten werden. Mit zunehmendem Ausbau von Gewässerschutzanlagen ist davon auszugehen, dass die direkt in Fließgewässer eingeleiteten Frachten von Verkehrsflächen abnehmen werden.

Bei diesen Bewertungen sind jedoch die Unsicherheiten in den Eingangsdaten und Berechnungsgrundlagen zu berücksichtigen. So basieren die Abschätzungen auf wenigen Messungen und es wurde mit den Mittelwerten dieser geringen Datenbasis gerechnet. Weder lokale bzw. regionale Unterschiede konnten dabei berücksichtigt werden noch war es möglich, Extremwerte von Ausreißern zu unterscheiden und gegebenenfalls aus der Bewertung zu nehmen. Vor allem Extremwerte beeinflussen das Bewertungsergebnis wesentlich, wie in Abschnitt 5.3.5 am Beispiel von Tributylzinnverbindungen erläutert ist.

Trotz dieser Unsicherheiten zeigen die Ergebnisse, dass für bestimmte Spurenstoffe neben Kläranlagenabläufen auch diffuse Eintragspfade relevant sind und die angegebenen Zuordnungen und Größenordnungen stimmen auch gut mit Untersuchungen in Deutschland (Fuchs et al., 2010) und der Schweiz (Stauer und Ort, 2012) überein.

Die Zuordnung von Spurenstoffen zu Haupteintragspfaden zeigt, dass für die wasserwirtschaftliche Planung eine differenzierte Betrachtung und Bewertung erforderlich ist. Zentrale Maßnahmen bei Kläranlagen führen sicherlich zu einer Reduktion der Gewässerbelastung, sind jedoch nicht bei allen Spurenstoffen zielführend. Wurde im Gewässer ein Stoff als problematisch identifiziert, sollte das Einzugsgebiet des entsprechenden Wasserkörpers in die Bewertung miteinbezogen werden. Dabei sind alle Eintragspfade im Einzugsgebiet zu berücksichtigen. In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass neben den im Rahmen des Projektes untersuchten Eintragspfaden, zusätzliche diffuse Eintragspfade zu berücksichtigen sind. Dazu zählen die Deposition, Frachteinträge in die Gewässer über industrielle Direkteinleiter, Erosion, Oberflächenabfluss, Grundwasser oder Drainagen usw. Vor allem Einträge über das Grundwasser können einen wesentlichen Beitrag zur Fracht im Gewässer liefern. Untersuchungen haben gezeigt, dass in den meisten österreichischen Gewässern der Grundwasserzufluss über 50 % zum Abfluss beiträgt (Gabriel et al., 2010), wohingegen der Abwasseranteil zumeist deutlich unter 10 % liegt. Sobald Spurenstoffe im Grundwasser nachgewiesen werden, stellt der Grundwasserzustrom auch einen wesentlichen Eintragspfad dar. Bei den Messungen im Grundwasser wurden zahlreiche Spurenstoffe nachgewiesen, darunter auch Stoffe wie Organozinnverbindungen, polybromierte Diphenylether oder Phthalate. Der Eintrag über die Fläche kann sowohl über die Aufbringung von Klärschlamm bzw. Hofdünger als auch über die Deposition stattfinden und der Eintrag dieser Stoffe in das Grundwasser erfolgt durch Verlagerung mit dem Niederschlag. Vor allem die Deposition stellt für manche Spurenstoffe einen nicht zu vernachlässigenden Eintragspfad dar. So wurden die meisten der untersuchten Spurenstoffe zumindest in einzelnen Proben der Gesamtdeposition nachgewiesen. Ein Beispiel ist wiederum Tributylzinn. Tributylzinnverbindungen wurden in fast allen Depositionsproben nachgewiesen und die gemessenen Konzentrationen sind vergleichbar denen im Kläranlagenablauf.

Da es weder derzeit noch zukünftig möglich sein wird, alle relevanten Spurenstoffe in allen potenziell relevanten Eintragspfaden zu messen, kommt der Entwicklung und Etablierung einzugsgebietsbezogener Stoffbilanzierungsmodelle eine besondere Bedeutung zu. Solche Modelle werden bereits für Nährstoffe angewandt (Gabriel et al., 2011) und ermöglichen die Entwicklung von Szenarien als Grundlage bzw. Entscheidungshilfe bei der wasserwirtschaftlichen Planung. Diese Modelle bzw. die Weiter- und Neuentwicklungen von neuartigen Modellansätzen sind sicherlich auch für die Spurenstoffe interessant, wobei jedoch anzumerken ist, dass eine vergleichbare Datendichte wie für die Nährstoffe auch in Zukunft nicht absehbar ist und somit immer entsprechende Unsicherheiten verbleiben werden. Nichtsdestotrotz ist es erforderlich, Instrumente zu entwickeln und zu etablieren, die eine einzugsgebietsbezogene Bewertung aller punktuellen und diffusen Eintragspfade ermöglichen.

7 Referenzen

- AAEV (1996). Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft über die allgemeine Begrenzung von Abwasseremissionen in Fließgewässer und öffentliche Kanalisationen. Bundesgesetzblatt 186, 19.04.1996, 58. Stück.
- Amt der Niederösterreichischen Landesregierung NÖ LR (2003). Abwasserentsorgung in Niederösterreich - Spezieller Teil Stand 2003.
- ARCEM (2003). Hormonwirksame Stoffe in Österreichs Gewässer – Ein Risiko? Austrian Research Cooperation on Endocrine Modulators. Final Report, Juni 2003.
- ASFINAG (2014). [SCHTURM] Bitte um grobe Abschaetzung von Flaechenanteilen des hoeherrangigen Straszennetzes in AUT. Schriftliche Mitteilung. E-Mail vom 7.2.2014.
- Becouze, C., Bertrand-Krajewski, J.-L., Demélé, A., Cren-Olivé, C., Coquery, M. (2009). Preliminary assessment of fluxes of priority pollutants in stormwater discharges in two urban catchments in Lyon, France. Conference Proceedings. 13th IWA international conference on diffuse pollution and integrated watershed management - DIPCON 2009. 12-15 October 2009, Seoul, Korea.
- Björklund, K., Cousins, A.P., Strömvall, A.M., Malmqvist, P.A. (2009). Phthalates and nonylphenols in urban runoff: occurrence, distribution and area emission factors. The Science of the Total Environment 407, 4665-4672.
- BMLFUW (2006). Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Festlegung des Zielzustandes für Oberflächengewässer (Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer – QZV Chemie OG), BGBl. II Nr. 96/12006, Wien.
- BMLFUW (2009a). Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über ein elektronisches Register zur Erfassung aller wesentlichen Belastungen von Oberflächengewässern durch Emissionen von Stoffen aus Punktquellen (EmRegV-OW), BGBl. II Nr. 29/2009, Wien.
- BMLFUW (2009b). Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan 2009 – NGP 2009. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. BMLFUW-UW.4.1.2/0011-I/4/2010. <http://ngp.lebensministerium.at>.
- BMLFUW (2010a). Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über den guten chemischen Zustand des Grundwassers (Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser – QZV Chemie GW), BGBl. II Nr. 98/2010, Wien.
- BMLFUW (2010b). Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Festlegung des ökologischen Zustandes für Oberflächengewässer (Qualitätszielverordnung Ökologie Oberflächengewässer – QZV Ökologie OG), BGBl. II Nr. 99/2010, Wien.
- BMLFUW (2011). GZÜV-Sondermessprogramm Pestizide und Metaboliten 2010. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, 2001. <http://www.bmlfuw.gv.at/wasser/wasserqualitaet/SMP2010Pestizide.html>.
- BMLFUW (2012a). eHYD - das Portal für hydrographische Daten Österreichs im Internet, URL: <http://ehyd.gv.at/> (abgefragt im Aug. 2012).
- BMLFUW (2012b). Gemessene Niederschlagsdaten (mittlerer Jahresniederschlag, r720,n=1), Standorte der Niederschlagsmess-Stellen, schriftliche Mitteilungen.
- BMLFUW (2012c). Kommunale Abwasserrichtlinie der EU – 91/271/EWG – Österreichischer Bericht 2012, Wien.

- BMLFUW (2013). Die Wassermengen-Bilanz Österreichs, URL: <http://www.lebensministerium.at/wasser/wasser-oesterreich/wasserkreislauf/Wasserbilanz.html> (abgefragt im Mai 2013)
- Borden, R.C., Black, D.C., McBlief, K.V. (2002). MTBE and aromatic hydrocarbons in North Carolina storm-water runoff. *Environmental Pollution* 118, 141-152.
- Boving, T.B., Neary, K. (2007). Attenuation of polycyclic aromatic hydrocarbons from urban stormwater runoff by wood filters. *Journal of Contaminant Hydrology* 91, 43-57.
- Brattebo, B.O., Booth, D.B. (2003). Long-term stormwater quantity and quality performance of permeable pavement systems. *Water Research* 37, 4369-4376.
- Brezonik, P.L., Stadelmann, T.H. (2002). Analysis and predictive models of stormwater runoff volumes, loads and pollutant concentrations from watersheds in the Twin Cities metropolitan area, Minnesota, USA. *Water Research* 36, 1743-1757.
- Chevreuil, M., Garmouma, M., Teil, M.J., Chesterikoff, A. (1996). Occurrence of organochlorines (PCBs, pesticides) and herbicides (triazines, phenylureas) in the atmosphere and in the fallout from urban and rural stations of the Paris area. *Science of the Total Environment* 182, 25-37.
- Clara, M., Strenn, B., Gans, O., Martinez, E., Kreuzinger, N., Kroiss, H. (2005). Removal of selected pharmaceuticals, fragrances and endocrine disrupting compounds in a membrane bioreactor and conventional wastewater treatment plants. *Water Research* 39, 4797-4807.
- Clara, M. (2007). Gewässerbelastung durch gefährliche Stoffe aus der Abwasserentsorgung und Möglichkeiten zu deren weitergehenden Reduktion. In Zessner, M. (Ed.) *Der kombinierte Ansatz, das Wechselspiel zwischen Emission und Immission: Neue Herausforderungen bei Abwasserentsorgung und Gewässerschutz*. Technische Universität Wien, Wiener Mitteilungen Bd. 201, 181-208.
- Clara, M., Scharf, S., Scheffknecht, C., Gans, O. (2007). Occurrence of selected surfactants in untreated and treated sewage. *Water Research* 41, 4339-4348.
- Clara, M., Scheffknecht, C., Scharf, S., Weiss, S., Gans, O. (2008). Emissions of Perfluorinated Alkylated Substances (PFAS) From Point Sources Identification of Relevant Branches. *Water Science and Technology* 58, 59-66.
- Clara, M., Windhofer, G., Hartl, W., Braun, K., Simon, M., Gans, O., Scheffknecht, C., Chovanec, A. (2010). Occurrence of phthalates in surface runoff, untreated and treated wastewater and fate during wastewater treatment. *Chemosphere* 78, 1078-1084.
- Clara, M., Windhofer, G., Weilgony, P., Gans, O., Denner, M., Chovanec, A., Zessner, M. (2012). Identification of relevant micropollutants in Austrian municipal wastewater and their behaviour during wastewater treatment. *Chemosphere* 87, 1265-1272.
- Czemieli Berndtsson, J., Bengtsson, L., Jinno, K. (2009). Runoff water quality from intensive and extensive vegetated roofs. *Ecological Engineering* 35, 369-380.
- Diaz-Cruz, M.S. and Barcelo, D. (2008). Trace organic chemicals contamination in ground water recharge. *Chemosphere* 72, 333-342.
- Diuron (2005). Environmental Quality Standards (EQS) Substance Data Sheet. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive. <https://circabc.europa.eu/faces/jsp/extension/wai/navigation/container.jsp>.
- Eckley, C.S., Branfireun, B. (2008). Mercury mobilization in urban stormwater runoff. *Science of The Total Environment* 403, 164-177.
- Europäische Umweltagentur EEA (2012a). Waterbase – UWWTD Urban Waste Water Treatment Directive, URL: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps> (abgefragt im Aug. 2012).

- Europäische Umweltagentur EEA (2012b). Corine Land Cover, URL: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps> (abgefragt im Aug. 2012).
- EFSA (2008). Perfluorooctane sulfonate (PFOS), perfluorooctanoic acid (PFOA) and their salts - Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food chain. European Food Safety Authority, Question No EFSA-Q-2004-163, Adopted on 21 February 2008, The EFSA Journal (2008) 653, 1-131. <http://www.efsa.europa.eu/de/efsajournal/doc/653.pdf>.
- EU RAR (2007). European Union Risk Assessment Report – .cadmium oxide and cadmium metal: part I – environment. European Communities. http://www.chem.unep.ch/Pb_and_Cd/SR/IGO/070928%20UNEP%20Cadmium_ENV_DG_ENTR_draft.pdf.
- EU RAR (2008a). European Union Risk Assessment Report – Voluntary risk assessment of copper, copper II sulphate pentahydrate, copper(I)oxide, copper(II)oxide, dicopper chloride trihydroxide. Chapter 3 Environment exposure, Appendix F: Partitioning coefficient water-sediment. <http://echa.europa.eu/de/copper-voluntary-risk-assessment-reports>.
- EU RAR (2008b). European Union Risk Assessment Report – NICKEL. European Communities <http://echa.europa.eu/documents/10162/cefda8bc-2952-4c11-885f-342aac769b3>.
- EU RAR (2008c). European Union Risk Assessment Report – Bisphenol-A. European Communities <http://echa.europa.eu/documents/10162/d1d9e186-4385-4595-b6cb-5a1a7a160f07>.
- EU RAR (2010). European Union Risk Assessment Report – ZINC. European Union. <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/111111111/15064/1/lbna24587enn.pdf>.
- Fenzl, R. (2011). Im Spiegel der Statistik: Die öffentliche Kanalisation in Österreich. Masterarbeit am Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau der TU Graz.
- Fuchs, S.T. (2000). Verschmutzung von Regen- und Mischwasser. In: Entwässerungskonzepte. ATV-Fortbildungskurs für Wassergütwirtschaft und Abwassertechnik. Entwässerungskonzepte. 15.-17. März 2000 in Kassel. K/1, S. 3-1-3-28. GFA-Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V., Hennef.
- Fuchs, S., Behrenth, H., Venohr, M., Opitz, D., Hillenbrand, T., Marscheider-Weidemann, F., Götz, T. (2010). Berechnung von Stoffeinträgen in die Fließgewässer Deutschlands mit dem Modell MONERIS - Nährstoffe, Schwermetalle und Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe. Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit Förderkennzeichen UBA-FB 001410, Dessau. <http://www.uba.de/uba-info-medien/4017.html>.
- Gabriel, O., Hochedlinger, G., Kovacs, A., Schilling, C., Thaler, S., Windhofer, G., Zessner, M. (2011). Stoffbilanzmodellierung für Nährstoffe auf Einzugs-gebietsebene als Grundlage für Bewirtschaftungspläne und Maßnahmen-programme (STOBIMO-Nährstoffe). Enbericht. Im Auftrag des BMLFUW - Sektion VII, BMLFUW-UW.3.1.2/0029-VII/1/2008. Wien, Mai 2011. http://www.lebensministerium.at/wasser/wasserqualitaet/fluesse_seen/stobimo.html.
- Gambaro, A., Radaelli, M., Piazza, R., Stortini, A.M., Contini, D., Belosi, F., Zangrando, R., Cescon, P. (2009). Organic micropollutants in wet and dry depositions in the Venice Lagoon. Chemosphere 76, 1017-1022.
- Gamerith, V., Muschalla, D., Schneider, S., Gruber, G. und Sprung, W. (2008). Hydrologische Schmutzfrachtmodellierung des Einzugsgebiets Graz West. Wiener Mitteilungen - Wasser, Abwasser, Gewässer 209(Kanalmanagement 2008 - Betrieb und Mischwasser), K1-K15.
- Gamerith, V. (2011). High resolution online data in sewer water quality modelling. Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft - TU Graz 64. Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau. Graz. Österreich.

- Geiger, W. F. (1984). Mischwasserabfluß und dessen Beschaffenheit – ein Beitrag zur Kanalnetzplanung. Berichte aus Wassergütwirtschaft und Gesundheitsingenieurwesen, Technische Universität München, Nr. 50.
- Gelinas, Y., Lucotte, M., Schmit, J.-P. (2000). History of the atmospheric deposition of major and trace elements in the industrialized St. Lawrence Valley, Quebec, Canada. *Atmospheric Environment* 34, 1797-1810.
- Gilbert, J.K., Clausen, J.C. (2006). Stormwater runoff quality and quantity from asphalt, paver and crushed stone driveways in Connecticut. *Water Research* 40, 826-832.
- Golomb, D., Ryan, D., Underhill, J., Wade, T., Zemba, S. (1997a). Atmospheric deposition of toxics onto Massachusetts Bay – II. Polycyclic aromatic hydrocarbons. *Atmospheric Environment* 31, 1361-1368.
- Golomb, D., Ryan, D., Underhill, J., Wade, T., Zemba, S. (1997b). Atmospheric deposition of toxics onto Massachusetts Bay – I. Metals. *Atmospheric Environment* 31, 1349-1359.
- Göbel, P., Dierkes, C., Coldewey, W.G. (2007). Storm water runoff concentration matrix for urban areas. *Journal of Contaminant Hydrology* 91, 26-42.
- Gruber, G., Pressl, A., Winkler, S. and Ecker M. (2003). Online-Monitoring zur einzugsgebietsbezogenen Überwachung verschiedener Wasserqualitäten. Mess- und Regelungstechnik in abwassertechnischen Anlagen, Wuppertal, 25. und 26. November 2003, Tagungsband.
- Gruber, G., Hochedlinger, M. und Kainz H. (2004a). Quantifizierung von Schmutzfrachten aus Mischwasserentlastungen mit Online-Messtechnik, ÖWAV-Seminar Datengewinnung, Datenverwaltung und Datennutzung in der Wassergütwirtschaft, Wiener Mitteilungen, Band 187, S. 93-118.
- Gruber, G., Winkler, S. and Pressl A. (2004b). Quantification of pollution loads from CSOs into surface water bodies by means of online techniques. *Water Science and Technology*, 50 (11), 73 – 80.
- Gruber, G., Kainz, H., Pressl, A., Sprung, W. und Flamisch, N. (2005). Unterschiedliche Konzepte und Erfahrungen mit Kanal-Online-Messstationen, VDI/DWA-Fachtagung Mess- und Regelungstechnik in abwassertechnischen Anlagen, 22./23. Nov. 2005, in Wuppertal.
- Gromaire, M.C., Garnaud, S., Ahyerre, M., Chebbo, G. (2000). The quality of street cleaning waters: comparison with dry and wet weather flows in a Parisian combined sewer system. *Urban Water* 2, 39-46.
- Gryniewicz, M., Polkowska, Z., Namiesnik, J. (2002). Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in bulk precipitation and runoff waters in an urban region (Poland). *Atmospheric Environment* 36, 361-369.
- Harlaß, R. (2008). Verdunstung in bebauten Gebieten, Dissertation an der Fakultät für Bauingenieurwesen der Technischen Universität Dresden.
- Hofer, T. (2012). Validierung, Charakterisierung und Klassifizierung von Mischwasserereignissen für das Einzugsgebiet Graz-West R05. Masterarbeit. TU Graz. Graz. Österreich.
- Hoff, R.M., Strachan, W.M.J., Sweet, C.W., Chan, C.H., Shackleton, M., Bidleman, T.F., Brice, K.A., Burniston, D.A., Cussion, S., Gatz, D.F., Harlin, K., Schroeder, W.H. (1996). Atmospheric deposition of toxic chemicals to the great lakes: a review of data through 1994. *Atmospheric Environment* 30, 3505-3527.
- Höfler, M., Weidinger, A., Buschbeck, G., Eder, J. (2004). Bericht Projekt Regenbecken (Autobahnregenbecken Mönchgraben). Untersuchungsbericht. Land Oberösterreich, Abteilung Wasserwirtschaft – Gewässerschutz. Linz, Österreich.
- Huston, R., Chan, Y.C., Gardner, T., Shaw, G., Chapman, H. (2009). Characterisation of atmospheric deposition as a source of contaminants in urban rainwater tanks. *Water Research* 43, 1630-1640.

- Ichiki, A., Ido, F., Minami, T. (2009). Comparison of Runoff Pollutants through Highway Drainage and Urban River Based on Annual Surveys. Conference Proceedings. 13th IWA international conference on diffuse pollution and integrated watershed management - DIPCON 2009. 12-15 October 2009, Seoul, Korea.
- IMW (2005). Innovative Messtechnik in der Wasserwirtschaft, Einsatz von Messstationen im Kanal, in der Kläranlage und im Gewässer, Endbericht zum Forschungsprojekt im Auftrag des des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2005.
- Jambers, W., Dekov, V., Van Grieken, R. (2000). Single particle and inorganic characterization of rainwater collected above the North Sea. *The Science of the Total Environment* 256, 133-150.
- Kafi, M., Gasperi, J., Moïlleron, R., Gromaire, M.C., Chebbo, G. (2008). Spatial variability of the characteristics of combined wet weather pollutant loads in Paris. *Water Research* 42, 539-549.
- Kang, J.-H., Lee, Y.S., Ki, S.J., Lee, Y.G., Cha, S.M., Cho, K.H., Kim, J.H. (2009). Characteristics of wet and dry weather heavy metal discharges in the Yeongsan Watershed, Korea. *Science of the Total Environment* 407, 3482-3493.
- Kayhanian, M., Suverkropp, C., Ruby, A., Tsay, K. (2007). Characterization and prediction of highway runoff constituent event mean concentration. *Journal of Environmental Management* 85, 279-295.
- Klöpfer, A., Jekel, M., Reemtsma, T. (2005). Occurrence, Sources and Fate of Benzothiazoles in Municipal Wastewater Treatment Plants. *Environmental Science and Technology* 39, 3792-3798.
- Kolla, L. (2014). Schadstoffemissionen urbaner Siedlungsgebiete aus Kläranlagen, Regen- und Mischwasserentlastungen – Erhebungen und Berechnungen für Österreich. Masterarbeit am Institut für Siedlungswasserbau, Industriewasserwirtschaft und Gewässerschutz, Universität für Bodenkultur Wien. (in Bearbeitung)
- Kommunalkredit Public Consult KPC (2012). Auszug aus der Investkostenerhebung 2012, schriftliche Mitteilung.
- Kretschmer, F., Kolla, L., Gruber, G., Hofer, T., Clara, M., Windhofer, G., Scheffknecht, C., Ertl, T. (2013). Quantifizierung der Spurenstoffeintragspfade aus urbanen Siedlungsgebieten in österreichische Gewässer. *Wiener Mitteilungen Band 229*, H1-22.
- Langbein, S., Steiner, M., Boller, M. (2006). Spurenstoffe im Straßenabwasser einer stark befahrenen Straße und deren Retention mit neuartigen Filterpaketen aus Geotextil und Adsorbiermaterial. Schlussbericht des Forschungsprojektes.
http://www.eawag.ch/organisation/abteilungen/sww/schwerpunkte/urbane_einzugsgebiete/strasse_bericht_web.pdf.
- Lee, J.H., Bang, K.W. (2000). Characterization of urban stormwater runoff. *Water Research* 34, 1773-1780.
- Legret, M., Pagotto C. (1999). Evaluation of pollutant loadings in the runoff waters from a major rural highway. *Science of the Total Environment* 235, 143-150.
- Marsalek, J. (1978). Pollution due to urban runoff: unit loads and abatement measures. Environmental Hydraulics Section, Hydraulics Research Division, National Water Research Institute, Canada Centre for Inland Waters, Burlington, Ontario.
- Matos, R., Cardoso, A., Ashley, R., Duarte, P., Molinari A., Schulz A. (2003). Performance Indicators for Wastewater Services. International Water Association, Operations & Maintenance Specialist Group.
- Moïlleron, R., Gonzales, A., Chebbo, G., Thévenot, D.R. (2002). Determination of aliphatic hydrocarbons in urban runoff samples from the "Le Marais" experimental catchment in Paris centre. *Water Research* 36, 1275-1285.

- Motelay-Massei, A., Garban, B., Típhagne-Larcher, K., Chevreuril, M., Ollivan, D. (2006). Mass balance for polycyclic aromatic hydrocarbons in the urban watershed of Le Havre (France): Transport and fate of PAHs from the atmosphere to the outlet. *Water Research* 40, 1995-2006.
- Murakami, M., Nakajima, F., Furumai, H. (2004). Modelling of runoff behavior of particle-bound polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) from roads and roofs. *Water Research* 38, 4475-4483.
- Novotny, V., Witte, J. (1997). Ascerting aquatic ecological risks of stormwater discharges. *Water Research* 31, 2573-2585.
- ÖNORM M 5891, 2003-02-01. Automatisierte Entnahme von Wasser- und Abwasserproben - Allgemeines. Österreichisches Normungsinstitut (ON).
- ÖNORM M 5892, 2003-02-01. Automatisierte Probenentnahmestationen für die Entnahme von Wasser- und Abwasserproben - Anforderungen und Prüfung. Österreichisches Normungsinstitut (ON).
- ÖNORM M 5893, 2003-02-01. Automatisierte Probenentnahmegeräte (Sampler) für die Entnahme von Wasser- und Abwasserproben Anforderungen, Prüfung und Normkonformität. Österreichisches Normungsinstitut (ON).
- ÖNORM M 5894, 2003-02-01. Abnahmeprüfung und wiederkehrende Prüfung automatischer Probenentnahmegeräte (Sampler). Österreichisches Normungsinstitut (ON).
- ÖNORM M 6258, 1992-01-01. Richtlinien für die Probenahme-Technik - Probenahme von Abwasser. Österreichisches Normungsinstitut (ON).
- ÖWAV (2008). Richtlinien für die Anwendung der Entwässerungsverfahren. Regelblatt 9, Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, Wien, Österreich.
- ÖWAV (2007a). Richtlinien für die Bemessung von Mischwasserentlastungen. Regelblatt 19, Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, Wien, Österreich.
- ÖWAV (2007b). ÖWAV - Leitfaden - Niederschlagsdaten zur Anwendung der ÖWAV-Regelblätter 11 und 19. In, Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, Wien, Österreich.
- ÖWAV (2003). Behandlung von Niederschlagswässern. Regelblatt 35, Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, Wien, Österreich.
- ÖWAV (2010). Kanal- und Kläranlagen-Nachbarschaften – Informationsreihe Betriebspersonal Abwasseranlagen Folge 18. Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, Wien, Österreich.
- PAH (2011). 5-6 rings polyaromatic hydrocarbons (PAH). EQS Dossier 2011. <https://circabc.europa.eu/faces/jsp/extension/wai/navigation/container.jsp>.
- Pfund, D. (2005). Lehrunterlagen zur Klärwerkspersonalausbildung. Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute. Zürich. Schweiz.
- Sabin, L.D., Lim, J.H., Stolzenbach, K.D., Schiff, K.C. (2005). Contribution of trace metals from atmospheric deposition to stormwater runoff in a small impervious urban catchment. *Water Research* 39, 3929-3937.
- Scheffknecht, C., Prodinger, H., Florineth, R., Lerchster, N., Schmieder, M., Scherer, J., Koch, K. (2007). Abwasser- und Bodenuntersuchungen am Retentionsfilterbecken Landesstraße L 202 Hard-Bregenz (Emissionsmessstelle Bregenzerachbrücke). Umweltinstitut Vorarlberg. http://www.vorarlberg.at/pdf/filterbecken_l202.pdf.
- Shear, N.M., Schmidt, C.W., Huntley, S.L., Crawford, D.W., Finley, B.L. (1996). Evaluation of the factors relating combined sewer overflows with sediment contamination of the lower Passaic River. *Marine Pollution Bulletin* 32, 258-364.

- Scherer, U., Fuchs, S. (2007). Nutzung von Emissionsfaktoren zur Frachtberechnung bei kommunalem Abwasser. Institut für Wasser und Gewässerentwicklung, Universität Karlsruhe (TH). URL: http://www.dwa-bw.de/aktuelles/fachdatenbank/21_scherer.pdf (abgefragt am 26.03.2013)
- Schneider, S. (2007). Modellierung eines Mischwassernetzes auf der Grundlage von hoch aufgelösten Online-Messwerten und Auto-Kalibrierungsansätzen, TU Darmstadt.
- Smullen, J.T., Shallcross, A.L., Cave, K.A. (1999). Updating the U.S. nationwide urban runoff quality data base. *Water Science and Technology* 39, 9-16.
- Sholler, J., Stephenson, J., Olivieri, K., Downing, J., Olivieri, A.W. (2005). Evaluation of seasonal scale first flush pollutant loading and implications for urban runoff management. *Journal of Environmental Management* 76, 309-318.
- Spatzierer, G. (2012). 19. ÖWAV Kläranlagenleistungsvergleich – Ergebnisse 2011, 21. Sprechertagung der ÖWAV-Kanal- und Kläranlagennachbarschaften, Pregarten 2012. URL: http://kan.at/KAN.aspx?target=138199#show_138199 (abgefragt am 18.2.2014).
- Statistik Austria (2011). Gemeindeverzeichnis Stand 1.1.2011, Statistik Austria - Bundesanstalt Statistik Österreich, Wien.
- Statistik Austria (2012). Gebäude und Verkehrsflächen in Österreich, schriftliche Mitteilung.
- Stauer, P. und Ort, C. (2012). Mikroverunreinigungen aus diffusen Quellen – Faktenblatt Diffuse Mikroverunreinigungs-Emissionen aus Siedlungen (DIMES)“. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, Eawag. Dübendorf. http://www.eawag.ch/forschung/sww/schwerpunkte/urbane_einzugsgebiete/dimes/DIMES_Faktenblatt.pdf.
- Taebi, A., Droste, R.L. (2004). Pollution loads in urban runoff and sanitary wastewater. *The Science of the Total Environment* 327, 175-184.
- Ter Schure, A.F.H. und Larsson, P. (2002). Polybrominated diphenyl ethers in precipitation in Southern Sweden (Skane, Lund), *Atmospheric Environment* 36, 4015-4022.
- Teil, M.J., Blanchard, M., Chevreuil, M. (2006). Atmospheric fate of phthalate esters in an urban area (Paris-France). *Science of the Total Environment* 354, 212-223.
- Thurston, K.A. (1999). Lead and petroleum hydrocarbon changes in an urban wetland receiving stormwater runoff. *Ecological engineering* 12, 387-399.
- Umweltbundesamt (2009). Emissionen organischer und anorganischer Stoffe aus kommunalen Kläranlagen. Report REP-0247. Wien.
- Umweltbundesamt (2010a). Organische Spurenstoffe in ausgewählten Oberösterreichischen Fließgewässern – Monitoring 2009. Endbericht des Kooperationsprojektes mit dem Amt der Oberösterreichischen Landesregierung (nicht veröffentlicht). Wien. Februar 2010.
- Umweltbundesamt (2010b). Pollutants of priority concern in Austrian rivers – mercury and its compounds and trisphosphates. Report REP-0253. Wien.
- Umweltbundesamt (2012a). Daten zu Standorten, Ausbaugrößen und Auslastungsgraden der österreichischen Kläranlagen über 2.000 Einwohnerwerte, Auszug aus dem Emissionsregister Oberflächenwasserkörper (EMREG-OW), schriftliche Mitteilung.
- Umweltbundesamt (2012b). Chemische und hygienische Wassergüte der Donau in Wien: Chemische Belastungen 2011 – 2012. Endbericht. Dezember 2012.
- US-EPA (2005). National Management Measures to Control Nonpoint Source Pollution from Urban Areas. United States Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, DC 20460, EPA-841-B-05-004, November 2005.

- Veit, J. (2009). Erstellung und Validierung eines hydrodynamischen Simulationsmodells für das Einzugsgebiet „Graz West“. Diplomarbeit am Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau der TU Graz.
- Welker, A. (2004). Spurenstoffströme im urbanen Wasserkreislauf Aufkommen und Verteilung, insbesondere in den Abwasserentsorgungssystemen. Habilitationsschrift, Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft, Technische Universität Kaiserslautern.
- Wendner, M. (2011). Überprüfung, Anwendung und automatisierte Kalibrierung eines Kanalnetzmodells der Stadt Linz zur Bewertung nach ÖWAV Regelblatt 19. Diplomarbeit. TU Graz. Graz. Österreich.
- Wasserrechtsgesetz 1959 – WRG 1959, BGBl. Nr. 1959/215 idF BGBl. I Nr. 2012/24, Wien.
- Wong, C.S.C., Li, X.D., Zhang, G., Qi, S.H., Peng, X.Z. (2003). Atmospheric deposition of heavy metals in the Pearl River Delta, China. *Atmospheric Environment* 37, 767-776.
- ZAMG (2013). Klimadaten von Österreich 1971 – 2000, URL: http://www.zamg.ac.at/fix/klima/oe71-00/klima2000/klimadaten_oesterreich_1971_frame1.htm (abgefragt am 10.4.2013).
- Zessner (1999). Bedeutung und Steuerung von Nährstoff- und Schwermetallflüssen des Abwassers. H. Kroiss (Hrsg), Dissertationsschrift, Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, Technische Universität Wien, Wien.
- Zessner, M., Kovac, A., Birgit, S. (2010). Studie zum Vorkommen von Nährstoffen sowie organischen und anorganischen Verunreinigungen in Niederschlag, Niederschlagswassereinleitungen aus Kanalisation, Straßenentwässerungen bzw. Mischwassereinleitungen. Institut für Gewässergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft, Technische Universität Wien. Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes. Wien, Jänner 2010.

8 Annex

8.1 Annex I: Spurenstoffe in unterschiedlichen Eintragspfaden in Grund- und Oberflächengewässer

8.1.1 Atmosphäre

Gelöste oder partikulär gebundene Stoffe gelangen aus der Atmosphäre durch trockene oder nasse Deposition auf die Oberfläche. Die trockene Deposition beschreibt den Stoffaustrag aus der Atmosphäre bei Trockenwetter und ist für partikelgebundene Stoffe relevant, wobei die Partikelgröße den Transportradius bestimmt. Die nasse Deposition beschreibt den Stoffaustrag aus der Atmosphäre bei Niederschlagsereignissen und berücksichtigt sowohl Stoffe, die partikulär gebunden als auch gelöst transportiert werden.

Das Vorkommen von Spurenstoffen in der Atmosphäre wird von zahlreichen Faktoren beeinflusst. Dazu zählen neben dem Vorkommen lokaler oder regionaler Emittenten und jahreszeitlichen Schwankungen auch die globale Verteilung von Stoffen und deren Anreicherung in bestimmten Regionen. Generell wurde in städtischen Gebieten eine höhere atmosphärische Belastung als in ländlichen Gebieten festgestellt (Fuchs, 2000). In der Literatur finden sich Angaben für Metalle, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs), Phthalate und zu einzelnen Pflanzenschutzmitteln. Die Ergebnisse einer Literaturrecherche (Zessner et al., 2010) zum Vorkommen anorganischer und organischer Stoffe in der Deposition sind in Tabelle 25 (Konzentration) und Tabelle 26 (spezifische Frachten) zusammengefasst.

Tabelle 25: Zusammenfassung von Literaturdaten zur Konzentration [$\mu\text{g/l}$] prioritärer und sonstiger Stoffe in der Deposition (Zessner et al., 2010)

Stoff	Deposition [$\mu\text{g/l}$]			Referenz
	nass	trocken	gesamt	
Alachlor	-	-	0,019	Diaz-Cruz und Barcelo (2008)
Atrazin	-	-	0,033	Diaz-Cruz und Barcelo (2008)
Bromierte Diphenylether	-	-	0,0002	Ter Schure und Larsson (2002)
Cadmium und –verbindungen	n.n.	4	2	Jambers et al. (2000); Göbel et al. (2007)
Blei und –verbindungen	2	76	20	Jambers et al. (2000); Göbel et al. (2007)
Nickel und –verbindungen	1	29	-	Jambers et al. (2000); Göbel et al. (2007)

Tabelle 26: Zusammenfassung von Literaturdaten spezifischer Frachten [$\mu\text{g/m}^2/\text{a}$] prioritärer und sonstiger Stoffe in der Deposition (Zessner et al., 2010)

Stoff	Deposition [$\mu\text{g/m}^2/\text{a}$]			Referenz
	nass	trocken	gesamt	
Anthracen	1,5	27	3	Motelay-Massei et al. (2006); Golomb et al. (1997a); Marsalek (1978)
Bromierte Diphenylether			0,73	ter Schure und Larsson (2002)
DEHP	274	596	870	Teil et al. (2006); Jambers et al. (2000);
Benzo(a)pyren	5	5	8	Motelay-Massei et al. (2006); Golomb et al. (1997a); Hoff et al. (1996); Gambaro et al. (2009)
Benzo(b)fluoranthen	7	15	12	Motelay-Massei et al. (2006); Golomb et al. (1997a); Hoff et al. (1996); Gambaro et al. (2009)
Benzo(k)fluoranthen	4	10	11	Motelay-Massei et al. (2006); Golomb et al. (1997a); Hoff et al. (1996); Gambaro et al. (2009)
Benzo(g,h,i)perylen	4	7	5	Motelay-Massei et al. (2006); Golomb et al. (1997a); Hoff et al. (1996); Gambaro et al. (2009)
Indeno(1,2,3-cd)pyreb	7	11	11	Motelay-Massei et al. (2006); Golomb et al. (1997a); Hoff et al. (1996); Gambaro et al. (2009)
Cadmium	146	47	182	Hoff et al. (1996); Golomb et al. (1997b); Wong et al. (2003);

Stoff	Deposition [$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{a}$]			Referenz
	nass	trocken	gesamt	
				Gelinas et al. (2000); Huston et al. (2009)
Blei	1283	540	3850	Hoff et al. (1996); Golomb et al. (1997b); Wong et al. (2003); Gelinas et al. (2000); Huston et al. (2009); Sabin et al. (2005)
Quecksilber	7	3	15	Hoff et al. (1996); Gelinas et al. (2000)
Nickel	620	930	2134	Golomb et al. (1997b); Wong et al. (2003); Gelinas et al. (2000); Huston et al. (2009); Sabin et al. (2005)
Chrom	1500	1200	1935	Golomb et al. (1997b); Wong et al. (2003); Gelinas et al. (2000); Huston et al. (2009); Sabin et al. (2005)
Kupfer	500	2000	5316	Golomb et al. (1997b); Wong et al. (2003); Gelinas et al. (2000); Huston et al. (2009); Sabin et al. (2005)
Zink	2700	5100	28.975	Golomb et al. (1997b); Wong et al. (2003); Gelinas et al. (2000); Huston et al. (2009); Sabin et al. (2005)
Arsen	131	39	179	Golomb et al. (1997b); Gelinas et al. (2000); Hoff et al. (1996); Huston et al. (2009)
Silber	-	-	8	Gelinas et al. (2000)
Simazin	-	-	80	Chevreuril et aal. (1996)
Fluoranthen	16	39	37	Gambaro et al. (2009); Golomb et al. (1997b); Motelay-Massei et al. (2006)
Tributylzinnverbindungen	-	-	13	Chevreuril et aal. (1996)

8.1.2 Kläranlagenabläufe (gereinigtes Abwasser)

Der stoffliche Eintrag in kommunale Kläranlagen bei Trockenwetter ist beim Trenn- und beim Mischsystem weitgehend vergleichbar und besteht aus dem Schmutzwasserabfluss aus Haushalten und den gewerblichen bzw. industriellen Einleitern sowie dem Fremdwasser. Je nach Verteilung der Nutzungen im Einzugsgebiet und der Indirekteinleiterstruktur können Unterschiede in der Abwasserzusammensetzung auftreten. Es ist jedoch davon auszugehen, dass alle Stoffe, die im Haushalt und in Gewerbe und Industrie eingesetzt werden, auch im Abwasser auftreten. Bei der biologischen Abwasserreinigung sind diese Stoffe verschiedenen Prozessen unterworfen, wobei die wesentlichen Entfernungspfade die Folgenden sind (Clara, 2007):

- Strippung / Verflüchtigung über die Belüftung
- Adsorption an den Schlamm und Entfernung über den Überschussschlamm
- Biologischer Abbau bzw. Umbau

Zu Vorkommen und Verhalten organischer und anorganischer Spurenstoffe bei der biologischen Abwasserreinigung sowie zur Charakterisierung kommunaler Kläranlagenabläufe sind zahlreiche Publikationen verfügbar (ARCEM, 2003; Clara et al., 2005; Umweltbundesamt, 2009; u.a.m.).

Zu industriellen Direkteinleitern sind auch Daten verfügbar, jedoch in wesentlich geringerem Umfang. Industrielle Direkteinleitungen stellen sicherlich wesentliche Eintragspfade dar, es ist jedoch davon auszugehen, dass bei den meisten Industrien eine zwar in der Zusammensetzung von Branche, Produktionsverfahren, Roh-, Arbeits- und Hilfsstoffen abhängige, jedoch relativ gleichmäßige Emission erfolgt. Eine Ausnahme stellen Chargen- (z. B. in der chemischen Industrie) und Kampagnenbetrieb (z.B. bei der Zuckerproduktion) dar. Der Schwerpunkt wird auf kommunale Abwässer gelegt.

Der Stoffaustrag aus den Kläranlagen erfolgt kontinuierlich und stellt eine klar definierte punktuelle Belastung dar. Aufgrund dieser Charakteristik setzen Maßnahmenvorschläge zur Belastungsreduktion zumeist bei diesem gut untersuchten und verortbaren Stoffstrom an. Einen Überblick über gemessenen Konzentrationen im Ablauf kommunaler Kläranlagen gibt *Tabelle 27*.

Tabelle 27: Prioritäre und sonstige Stoffe im Ablauf kommunaler Kläranlagen (Umweltbundesamt, 2009)

Stoff	Konzentration [$\mu\text{g/l}$]			
	Anzahl	min	max	mittel
Anthracen	15	n.n.	n.n.	-
Benzol	15	n.n.	0,35	0,023
Summe PBDE	60	n.n.	0,0037	0,00021
Cadmium	60	n.n.	0,2	0,056
DEHP	60	n.n.	6,6	0,51
Diuron	60	n.n.	0,65	0,073
Naphthalin	15	n.n.	n.n.	-
Nonylphenole	60	n.n.	1,8	0,25
Octylphenole	15	n.n.	0,045	0,0090
Quecksilber	59	n.n.	0,13	0,0066
Simazin	33	n.n.	0,22	0,012
Blei	15	0,53	3,7	1,0
AOX	60	2	3286	110
Bisphenol-A	15	n.n.	13	1,0
Dibutylzinnverbindungen	15	0,00038	0,0027	0,0011
EDTA	60	6,47	310	65
LAS	15	n.n.	n.n.	-
NTA	60	n.n.	410	45
Xylole	15	0,65	3	1,3
Arsen	15	0,65	3	1,3
Chrom	15	1	6,2	2,6
Kupfer	60	1,3	56	7,2
Selen	60	n.n.	32	2,3
Silber	15	0,02	0,22	0,037
Zink	60	3	72	32
Fluoranthen	15	n.n.	-	-
Benzo(b,k)fluoranthen	15	n.n.	-	-
Benzo(a)pyren	15	n.n.	-	-
Benzo(g,h,i)perylen+Indeno(1,2,3-cd)-pyren	15	n.n.	0,0024	0,00016
Nickel	60	1,03	41	5,6
Tributylzinnverbindungen	60	n.n.	0,002	0,00020

8.1.3 Mischwasserentlastungen

Bei der Mischkanalisation werden Schmutz- und Niederschlagswasser in einem Kanalsystem gemeinsam abgeleitet. Die Mischkanalisation ist in den innerstädtischen, älteren und dicht besiedelten Bereichen die häufigste Art der Siedlungsentwässerung. Der Mischwasserabfluss besteht bei abflusswirksamen Regenereignissen aus dem Schmutzwasser- und dem Oberflächenabfluss und ist durch eine hohe Dynamik in Menge und Zusammensetzung geprägt. Dabei kann das hydraulische Verhältnis zwischen dem Nachtminimum bei Trockenwetter und dem Regenmaximum ohne weiteres 1:250 (Geiger, 1984) und mehr betragen. Bei Feststoffen und bei einigen gelösten Stoffen treten ausgeprägte Frachtspitzen, sog. Spülstöße, am Beginn und fallweise auch am Ende eines Niederschlagsabflussereignisses auf. Auf Grund der hydraulischen Limitierung der maximalen Kläranlagenzufüsse auf in etwa die 2-fache Trockenwetterspitze können im Regenwetterfall nicht alle abgeleiteten Mischwassermengen auf der Kläranlage einer Reinigung zugeführt werden, weshalb ein Teil der Mischwassermengen zwischengespeichert und der Rest in die Oberflächengewässer entlastet werden muss. Wie viel davon im jährlichen Durchschnitt zur Kläranlage weitergeleitet werden muss

und wie viel davon entlastet werden darf, regelt in Österreich das ÖWAV Regelblatt 19 (2007) „Richtlinien für die Bemessung von Mischwasserentlastungen“. Mischwasserentlastungen treten abhängig vom Niederschlagsgeschehen und von der Art der Entlastungsbauwerke im Einzugsgebiet auf (Welker, 2004; ÖWAV, 2007).

Im Mischwasser ist eine Vielzahl von Stoffen enthalten, die im Kanal Transformationsprozessen unterliegen. Dabei kommt es zu einer Anlagerung/Adsorption lipophiler Stoffe an Partikel und die Sielhaut, aber auch zu Rücklösungen und Transformationen. Grob kann die Zusammensetzung des Mischwassers mit dem Zulauf zu kommunalen Kläranlagen verglichen werden, wobei jedoch darauf hinzuweisen ist, dass es aufgrund des Oberflächenabflusses für einige Stoffe zu einer Verdünnung (z. B. Nährstoffe) und für andere Stoffe zu (z. B. Phthalate, PAKs) einer Erhöhung der Konzentration im Mischwasser kommen kann. Einen Überblick über prioritäre Stoffe und andere Spurenstoffe in kommunalem Abwasser enthält Umweltbundesamt (2009) sowie zahlreiche andere Publikationen.

Tabelle 28 enthält eine Zusammenfassung einer Literaturstudie (Zessner et al., 2010) zu Konzentrationen im Mischwasser.

Tabelle 28: Zusammenfassung von Literaturdaten zum Vorkommen [$\mu\text{g/l}$] prioritärer und sonstiger Stoffe in Mischwasserableitungen

Stoff	Konzentration [$\mu\text{g/l}$]			Referenz
	min	max	mittel	
Alachlor	-	-	0,06	Becouze et al. (2009); Murakami et al. (2004)
Anthracen	0,02	0,06	-	Murakami et al. (2004)
Atrazin	0,0009	0,06	0,031	Becouze et al. (2009); Murakami et al. (2004)
Benzol	-	-	1	Murakami et al. (2004)
Chlorpyrifos	-	-	0,06	Murakami et al. (2004)
DEHP	5	188	22	Murakami et al. (2004); Shear et al. (1996)
Diuron	0,018	16	0,74	Becouze et al. (2009); Murakami et al. (2004)
Endosulfan	-	-	0,03	Murakami et al. (2004)
Fluoranthen	0,04	0,5	0,14	Murakami et al. (2004)
Isoproturon	-	-	0,031	Becouze et al. (2009); Murakami et al. (2004)
Naphthalin	-	-	0,05	Murakami et al. (2004)
Nonylphenole	0,069	0,743	0,283	Becouze et al. (2009)
Octylphenole	0,015	0,62	0,162	Becouze et al. (2009); Murakami et al. (2004)
Benzo(a)pyren	0,01	0,24	0,06	Murakami et al. (2004)
Benzo(b)fluoranthen	0,02	0,24	0,08	Murakami et al. (2004)
Benzo(k)fluoranthen	0,03	0,13	0,04	Murakami et al. (2004)
Benzo(g,h,i)-perylene	0,01	0,18	0,05	Murakami et al. (2004)
Indeno(1,2,3-cd)-pyren	0,03	0,13	0,04	Murakami et al. (2004)
Simazin	0,002	0,06	0,031	Becouze et al. (2009); Murakami et al. (2004)
Tributylzinnverbindungen	0,005	0,05	-	Murakami et al. (2004)
Blei	2	890	125	Becouze et al. (2009); Murakami et al. (2004); Shear et al. (1996); Kafi et al. (2008); Lee & Bang (2000)
Cadmium	0,4	26	2	Becouze et al. (2009); Murakami et al. (2004); Shear et al. (1996); Kafi et al. (2008)
Chrom	2	158	6	Becouze et al. (2009); Murakami et al. (2004); Shear et al. (1996)
Kupfer	20	1180	81	Becouze et al. (2009); Murakami et al. (2004); Shear et al. (1996); Kafi et al. (2008)
Nickel	2	27	7	Becouze et al. (2009); Murakami et al. (2004); Shear et al. (1996)
Quecksilber	0,01	1	0,1	Murakami et al. (2004); Shear et al. (1996)
Zink	75	8877	1007	Becouze et al. (2009); Murakami et al. (2004); Shear et al. (1996); Kafi et al. (2008)

Stoff	Konzentration [$\mu\text{g/l}$]			Referenz
	min	max	mittel	
Chloride	17.000	21.000	-	Shear et al. (1996)

8.1.4 Niederschlagswasserableitungen aus Trennkanalisationen

Bei der Trennkanalisation werden Niederschlags- und Schmutzwasser getrennt in zwei Kanälen gesammelt und abgeleitet. Der Niederschlagswasserkanal fasst den Abfluss der befestigten angeschlossenen Flächen wie z. B. von Dach- und Verkehrsflächen. Das Abwasser ist abhängig von der Charakteristik des Einzugsgebietes (Nutzung der befestigten Flächen, Art der Dächer, usw.). Über den Schmutzwasserkanal wird häusliches und gewerbliches bzw. industrielles Abwasser abgeleitet, das im Wesentlichen der Zusammensetzung des Trockenwetterabflusses der Mischkanalisationen entspricht.

Der Abfluss von Niederschlagswasserkanälen wird in Oberflächengewässer eingeleitet, wobei je nach Behandlungsbedürftigkeit der abgeleiteten Niederschlagswässer nach dem ÖWAV Regelblatt 35 (2003) „Behandlung von Niederschlagswässern“ zuvor eine Niederschlagswasserbehandlung zu erfolgen hat oder nicht. Bei älteren Systemen werden diese zumeist unbehandelt in die Oberflächengewässer eingeleitet. Der Verlauf von Regenwasserabflüssen unterliegt einer ausgeprägten Dynamik in Quantität und Qualität (Welker, 2004). Vor allem die Qualität des Abflusses ist abhängig von der Dauer der vorangegangenen Trockenperiode sowie der Intensität und Dauer des Niederschlagsereignisses.

Tabelle 29 fasst die Ergebnisse einer Literaturstudie (Zessner et al., 2010) zu Konzentrationen in Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen zusammen.

Tabelle 29: Zusammenfassung von Literaturdaten zum Vorkommen [$\mu\text{g/l}$] prioritärer und sonstiger Stoffe in Niederschlagswasserableitungen

Stoff	Konzentration [$\mu\text{g/l}$]			Referenz
	min	max	mittel	
Alachlor	n.n.	0,009	-	Becouze et al. (2009)
Anthracen	0,0019	0,33	0,028	Boving & Neary (2006); Motelay-Massei et al. (2006)
Atrazin	n.n.	0,003	0,001	Becouze et al. (2009)
Benzol	0,06	0,15	0,09	Borden et al. (2002)
Chlorfenvinphos	n.n.	0,001	0,0001	Becouze et al. (2009)
DEHP	-	-	1,6	Björklund et al. (2009)
Diuron	0,011	0,043	0,023	Becouze et al. (2009)
Endosulfan	n.n.	0,067		Becouze et al. (2009)
Fluoranthen	0,0007	5,40	0,254	Becouze et al. (2009); Motelay-Massei et al. (2006); Gryniewicz et al. (2001); Novotny & Witte (1997)
Isoproturon	0,001	0,134	0,034	Becouze et al. (2009)
Naphthalin	-	-	0,761	Boving & Neary (2006); Gryniewicz et al. (2001)
Nonylphenole	0,132	0,46	0,283	Becouze et al. (2009)
Octylphenole	0,015	0,232	0,125	Becouze et al. (2009)
Benzo(a)pyren	0,001	2,253	0,118	Boving & Neary (2006); Motelay-Massei et al. (2006); Gryniewicz et al. (2001)
Benzo(b)fluoranthen	0,041	2,847	0,182	Motelay-Massei et al. (2006); Gryniewicz et al. (2001)
Benzo(k)fluoranthen	0,02	1,326	0,197	Motelay-Massei et al. (2006)
Benzo(g,h,i)-perylene	0,036	2,052	0,07	Motelay-Massei et al. (2006); Gryniewicz et al. (2001)
Indeno(1,2,3-cd)-pyren	0,031	2,044	0,098	Motelay-Massei et al. (2006); Gryniewicz et al. (2001)
Simazin	0,0004	0,005	0,002	Becouze et al. (2009)
Blei	0,02	28.000	63	Becouze et al. (2009); Novotny & Witte (1997); Sholler et al. (2005); US-EPA (2005); Brezonik & Stadelmann (2001); Lee & Bang (2000); Sabin et al. (2005); Smullen et al. (1999); Taebi et al. (2003); Thurston (1999)

Stoff	Konzentration [$\mu\text{g/l}$]			Referenz
	min	max	mittel	
Cadmium	0,1	30	1	Becouze et al. (2009); Sholler et al. (2005); US-EPA (2005)
Chrom	0,5	110	8	Becouze et al. (2009); Sholler et al. (2005); Sabin et al. (2005)
Kupfer	3	550	22	Becouze et al. (2009); Novotny & Witte (1997); Sholler et al. (2005); US-EPA (2005); Sabin et al. (2005); Smullen et al. (1999); Brattebo & Booth (2003)
Nickel	2	126	17	Becouze et al. (2009); Sholler et al. (2005); Sabin et al. (2005)
Quecksilber	0,01	0,04	-	Eckley & Branfireun (2008)
Zink	0,02	5750	121	Becouze et al. (2009); Novotny & Witte (1997); Sholler et al. (2005); US-EPA (2005); Brezonik & Stadelmann (2001); Lee & Bang (2000); Sabin et al. (2005); Smullen et al. (1999); Taebi et al. (2003); Thurston (1999)
Chloride	-	-	230.000	US-EPA (2005)
Nonylphenoethoxylate	-	-	0,36	Björklund et al. (2009)

8.1.5 Niederschlagswasserableitungen von Verkehrsflächen

Abfließendes Niederschlagswasser von Verkehrsflächen im städtischen Bereich wird zumeist in die bestehenden Mischkanalisationen eingeleitet. Seltener ist im urbanen Bereich die Behandlung in Gewässerschutzanlagen. Die Abwässer des höherrangigen Straßennetzes (Autobahnen, Schnellstraßen, Bundesstraßen) werden zumeist über die Böschungsschulter breitflächig versickert oder in Entwässerungskanälen gesammelt und eventuell in Gewässerschutzanlagen vorbehandelt, bevor sie entweder gedrosselt in geeignete Oberflächengewässer eingeleitet oder über einen Bodenfilter versickert werden können.

Die Zusammensetzung von Abflüssen von Verkehrsflächen wird von verschiedenen Parametern beeinflusst, im Wesentlichen sind dies (nach Welker, 2004):

- Verkehrsbedingte Faktoren (z. B. Verkehrsbelastung DTV, Fahrgeschwindigkeit, Fahrbahnmaterial, Straßenreinigung, Anteil Schwerverkehr, usw.)
- Atmosphärische Deposition
- Niederschlagsgeschehen (z. B. Ereignisdynamik, Intensität, regenlose Vorperioden)
- Jahreszeit (z. B. Winterdienst)

Die Abwässer von Verkehrsflächen enthalten zahlreiche Stoffe. Vor allem die Belastung mit Schwermetallen, polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen aber auch Phthalaten ist bekannt. Die Zusammensetzung der Abwässer von Verkehrsflächen wurde anhand von Pilotuntersuchungen des Umweltbundesamtes und des Umweltinstituts des Landes Vorarlberg an zwei Standorten in Österreich (Autobahn und Landesstraße) untersucht. Die Ergebnisse dieser Voruntersuchungen sind in Tabelle 30 zusammengefasst.

Tabelle 30: Zusammenfassung der Ergebnisse der Pilotuntersuchungen

Stoff	Einheit	Konzentration		
		min	max	mittel
Di(2-ethylhexyl)phthalat DEHP	$\mu\text{g/l}$	0,45	24	6,24
Anthracen	$\mu\text{g/l}$	n.n.	0,14	0,033
Benzo(a)pyren	$\mu\text{g/l}$	n.n.	0,14	0,035
Benzo(b)fluoranthren	$\mu\text{g/l}$	n.n.	0,16	0,032
Benzo(g,h,i)perylen	$\mu\text{g/l}$	0,002	0,29	0,061
Benzo(k)fluoranthren	$\mu\text{g/l}$	n.n.	0,075	0,017
Fluoranthren	$\mu\text{g/l}$	n.n.	2,3	0,37
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	$\mu\text{g/l}$	0,002	0,12	0,03
Naphthalin	$\mu\text{g/l}$	n.n.	n.n.	-
4-Nonylphenol techn.	$\mu\text{g/l}$	0,27	1,5	0,51

Stoff	Einheit	Konzentration		
		min	max	mittel
Nonylphenol-1-ethoxylat	µg/l	n.n.	0,45	0,17
Nonylphenol-2-ethoxylat	µg/l	0,11	1,2	0,44
Bisphenol A	µg/l	0,19	3,4	0,69
Nonylphenoxyessigsäure	µg/l	0,12	0,51	0,33
Octylphenol	µg/l	0,05	1,1	0,34
LAS	µg/l	4,3	21	9,87
Cadmium	µg/l	0,1	0,75	0,25
Chrom	µg/l	2,8	35	10,18
Kupfer	µg/l	17	210	66,75
Eisen	µg/l	500	7500	2202,5
Molybdän	µg/l	3	6	4,66
Nickel	µg/l	0,72	10,4	4,62
Blei	µg/l	2	74	13,88
Palladium	µg/l	n.n.	n.n.	-
Platin	µg/l	n.n.	0,043	0,0065
Rhodium	µg/l	n.n.	0,28	0,065
Antimon	µg/l	2,6	9,6	5,26
Vanadium	µg/l	5,03	21	8,39
Zink	µg/l	66	980	302,25
Mangan	µg/l	40	540	143,63
Abfiltrierbare Stoffe	mg/l	18	430	109
Leitfähigkeit	µS/cm	200	8090	2263
Gesamter org. Kohlenstoff (TOC)	mg/l	5,7	81	22,58
Ges. gebund. Stickstoff (TNb)	mg/l	1,8	5,8	3,48
Chlorid	mg/l	3,2	2500	730
Kohlenwasserstoff-Index	mg/l	0,5	6	2,06
AOX	µg/l	29	350	155,83

Vor allem Metalle, Vertreter der Phthalate, die Komplexbildner EDTA und NTA, Bisphenol-A und einige Tenside (LAS, NP und NPEO) wurden in allen Proben in hohen Konzentrationen nachgewiesen. Das Antiklopfmittel MTBE wurde in keiner der untersuchten Proben nachgewiesen. Zusätzlich zu MTBE wird auch ETBE untersucht, weil MTBE z.T. durch ETBE ersetzt wird.

Es wurde noch eine Vielzahl weiterer Stoffe untersucht. Die Metalle Rhodium, Palladium und Platin wurden in einzelnen Proben in Spuren nachgewiesen und werden nicht für weitere Untersuchungen vorgeschlagen. Auch die Gruppe der kationischen Tenside wurde in einigen Proben nachgewiesen, jedoch in geringen Konzentrationen. Neben den organischen und anorganischen Einzelstoffen wurden auch Summenparameter und allgemein chemisch-physikalische Parameter bestimmt. Von diesen Verbindungen ist Chlorid hervorzuheben, weil in der QZV Chemie OG für diesen Summenparameter ein Richtwert festgelegt ist (150 mg/l). In den untersuchten Abflüssen von Verkehrsflächen lagen die gemessenen Chloridkonzentrationen zumeist deutlich unterhalb dieses Richtwertes. Die Verwendung von Streusalz im Winter kann jedoch zu erheblichen Chloridkonzentrationen im Abfluss führen. So wurden an beiden beprobten Straßenabschnitten nach den ersten Schneefällen in den Abflüssen Konzentrationen von über 2 g/l Chlorid gemessen.

Bei den meisten der untersuchten organischen und anorganischen Einzelstoffe ist eine Korrelation mit den Feststoffen (abfiltrierbare Stoffe) festzustellen und es ist davon auszugehen, dass diese Verbindungen hauptsächlich in adsorbierter Form vorliegen. Sowohl bei den Metallen als auch bei Phthalaten sowie PAKs ist dieses Verteilungsverhalten bekannt, wohingegen Nonylphenole zwar auch zur Akkumulation tendieren, jedoch in geringerem Ausmaß. Bei vielen Stoffen ist somit davon auszugehen, dass in Gewässerschutzanlagen bzw. bei der Bodenpassage ein Rückhalt stattfindet.

Im Rahmen einer Literaturstudie (Zessner et al., 2010) wurden Daten zu 39 Stoffen gefunden und es sind vor allem Metalle und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs) hervorzuheben. Tabelle 31 enthält eine Zusammenfassung der Literaturstudie (Zessner et al., 2010) zu Emissionen von Verkehrsflächen.

Tabelle 31: Zusammenfassung von Literaturdaten zum Vorkommen [$\mu\text{g/l}$] prioritärer und sonstiger Stoffe in Abflüssen von Verkehrsflächen

Stoff	Konzentration [$\mu\text{g/l}$]			Referenz
	min	max	mittel	
Anthracen	0,00009	0,038	0,002	Ichiki et al. (2009)
Fluoranthen	0,0008	0,69	0,028	Ichiki et al. (2009)
Naphthalin	0,002	0,082	0,009	Ichiki et al. (2009)
Benzo(a)pyren	n.n.	0,095	0,006	Ichiki et al. (2009)
Benzo(b)fluoranthen	n.n.	0,104	0,005	Ichiki et al. (2009)
Benzo(kb)fluoranthen	n.n.	0,121	0,012	Ichiki et al. (2009)
Benzo(g,h,i)-perylen	n.n.	0,114	0,007	Ichiki et al. (2009)
Indeno(1,2,3-cd)-pyren	n.n.	0,077	0,008	Ichiki et al. (2009)
PAK (Summe)	0,011	17,1	1,93	Göbel et al. (2007); Legret und Pagotto (1999); Moilleron et al. (2002)
Arsen	0,5	70	3	Kayhanian et al. (2007)
Blei	1	2600	85	Ichiki et al. (2009); Göbel et al. (2007); Legret & Pagotto, (1999); Kayhanian et al. (2007); Gromaire et al. (2000); Langbein et al. (2006); Scheffknecht et al. (2007); Czemieli Berndtsson et al. (2009); Kang et al. (2009)
Cadmium	0,2	30	2	Ichiki et al. (2009); Göbel et al. (2007); Legret & Pagotto, (1999); Kayhanian et al. (2007); Gromaire et al. (2000); Langbein et al. (2006); Scheffknecht et al. (2007); Czemieli Berndtsson et al. (2009)
Chrom	1	730	9	Ichiki et al. (2009); Göbel et al. (2007); Moilleron et al. (2002); Kayhanian et al. (2007); Langbein et al. (2006); Scheffknecht et al. (2007)
Kupfer	1	440	41	Ichiki et al. (2009); Göbel et al. (2007); Legret und Pagotto, (1999); Kayhanian et al. (2007); Gromaire et al. (2000); Langbein et al. (2006); Scheffknecht et al. (2007); Czemieli Berndtsson et al. (2009); Gilber und Clausen (2006)
Nickel	1	130	14	Ichiki et al. (2009); Göbel et al. (2007); Moilleron et al. (2002); Langbein et al. (2006); Scheffknecht et al. (2007)
Zink	3	15244	311	Ichiki et al. (2009); Göbel et al. (2007); Legret und Pagotto, (1999); Kayhanian et al. (2007); Gromaire et al. (2000); Langbein et al. (2006); Scheffknecht et al. (2007); Czemieli Berndtsson et al. (2009); Kang et al. (2009); Gilber und Clausen (2006)
Chloride	2	9000	133	Göbel et al. (2007); Kayhanian et al. (2007); Scheffknecht et al. (2007)
Benzothiazole	20000	74000	47000	Klöpfer et al. (2005)

8.2 Annex II: Stoffeingrenzung und Stoffauswahl

Im Zuge der Stoffauswahl und –eingrenzung werden die Konzentrationen aus Annex I herangezogen und den jeweiligen Gütezielen gegenübergestellt. Dabei werden soweit verfügbar sowohl die maximal zulässigen Höchstkonzentrationen (ZHK-UQN) als auch die auf den Jahresdurchschnitt bezogenen Güteziele (JD-UQN) berücksichtigt. Für die Auswertung wurde bei den hilfssparameterabhängigen Gütezielen jeweils der höchste angegebene Wert und damit das am wenigste strengste Kriterium verwendet (z. B. Zink 52 µg/l). Liegen die berechneten Koeffizienten über 1, wird das Güteziel in jedem Fall überschritten. Zu diesem Vergleich ist anzumerken, dass eine Bewertung nur frachtbezogen zulässig ist, eine Frachtberechnung jedoch aufgrund fehlender Daten nicht möglich ist. Um dennoch eine Eingrenzung des zu untersuchenden Parameterumfanges durchführen zu können, wird ein Vergleich auf Konzentrationsbasis durchgeführt. Zudem ist anzumerken, dass beim Vergleich mit der JD-UQN eine aktuelle und zeitlich befristete (Spitzen)Belastung einem Jahresdurchschnittswert gegenübergestellt wird. Trotz dieser Einschränkungen erscheint die gewählte Vorgehensweise sinnvoll, um eine Stoffauswahl für weitergehende Untersuchungen treffen zu können.

Im Rahmen einer Literaturstudie wurde nach Angaben zu den Stoffen der Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer (QZV Chemie OG) sowie zu so genannten „emerging pollutants“ (insgesamt 157 Stoffe) in Mischwasser- und Niederschlagswasserableitungen recherchiert. Dabei wurden in Niederschlagswasserableitungen zu 49 Stoffen und in Mischwasserableitungen zu 54 Stoffen Daten gefunden (Zessner et al., 2010).

8.2.1 Kläranlagenablauf (gereinigtes kommunales Abwasser)

Neben Literaturangaben liegen für kommunales Abwasser Daten aus Österreich vor. Im Auftrag des Lebensministeriums wurden die Emissionen organischer und anorganischer Spurenstoffe aus kommunalen Kläranlagen untersucht (Umweltbundesamt, 2009). Als Ergebnis der Untersuchungen wurden 11 Stoffe bzw. Stoffgruppen als relevant im Kläranlagenablauf identifiziert. Diese 11 Stoffe sind:

- Metalle: Cadmium, Kupfer, Selen und Zink
- Nonylphenole
- Polybromierte Diphenylether
- Diuron
- Tributylzinnverbindungen
- Komplexbildner: Ethylendiamintetraessigsäure (EDTA) und Nitriolotriessigsäure (NTA)
- Adsorbierbare organische Halogene

8.2.2 Mischwasserentlastungen

Im Rahmen einer Literaturstudie wurde nach Angaben zu den Stoffen der Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer (QZV Chemie OG) sowie zu so genannten „emerging pollutants“ (insgesamt 157 Stoffe) in Mischwasser- und Niederschlagswasserableitungen recherchiert. Dabei wurden zu 54 Stoffen Daten für Mischwasserableitungen gefunden (Zessner et al., 2010). In *Tabelle 28* sind die Ergebnisse der Literaturrecherche für Mischwasserableitungen zusammengefasst und in *Abbildung 45* sind diese Konzentrationen den jeweiligen Gütezielen gegenübergestellt.

Neben einigen PAKs, den meisten Metallen, den Alkylphenolen Nonylphenol und Octylphenol, DEHP (Phthalat) sowie Chlorid liegen auch die Konzentrationen einiger Pflanzenschutzmittel- bzw. biozider Wirkstoffe im Bereich oder über dem jeweiligen Güteziel. Diuron und Chlorpyrifos sind hervorzuheben (siehe *Abbildung 45*). Für Mischwasserentlastungen sind in der Literatur Angaben zu Tributylzinnverbindungen ver-

fugbar und diese Werte liegen sehr deutlich (um über einen Faktor 100) über dem Jahresdurchschnitts-Güteziel von $0,0002 \mu\text{g/l}$. Bezogen auf die höchstzulässige Konzentration sind Tributylzinnverbindungen, Cadmium und Quecksilber hervorzuheben, weil die Mittelwerte der gemessenen Konzentrationen dieser Stoffe über den jeweiligen ZHK-UQN Werten liegen.

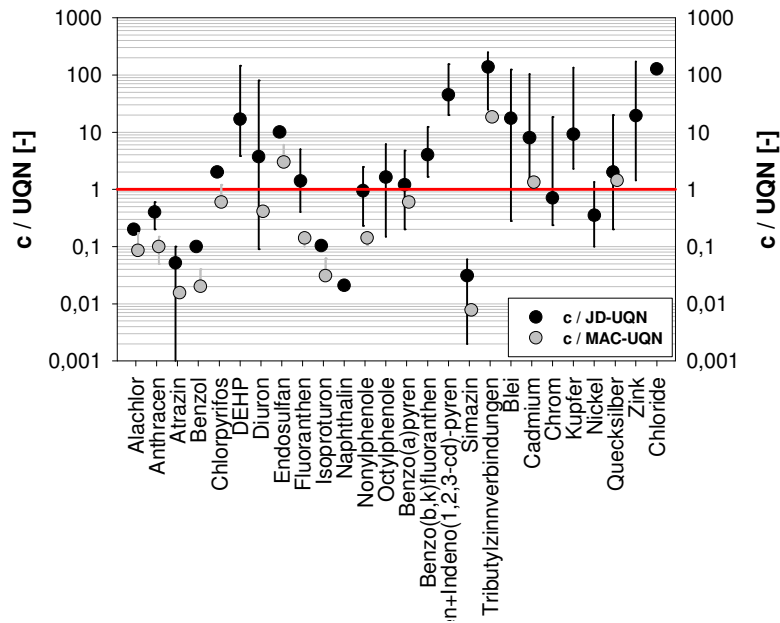


Abbildung 45: Literaturangaben zu Stoffkonzentrationen in Mischwasserableitungen in Relation den jeweiligen Umweltqualitätsnormen

Es liegen keine Daten aus Österreich zu Mischwasserentlastungen vor. Wie zuvor jedoch angemerkt, wurden kommunale Kläranlagen mit Blick auf das Vorkommen organischer und anorganischer Spurenstoffe untersucht (Umweltbundesamt, 2009) und 11 relevante Stoffe identifiziert. Es ist davon auszugehen, dass diese Stoffe auch für Mischwasserentlastungen relevant sind.

Da für einen Vergleich mit dem Mischwasser eher der Kläranlagenzulauf von Relevanz ist und bei einigen Kläranlagen die Beprobungen bei Regenwetter stattgefunden haben, sind in *Abbildung 46* die gemessenen Zulaufkonzentrationen den jeweiligen Gütezielen (JD-UQN und ZHK-UQN) gegenübergestellt.

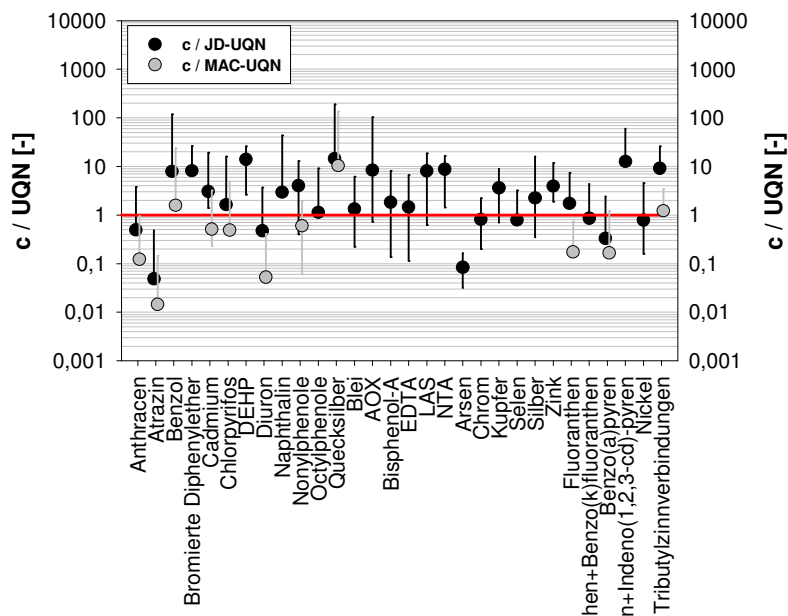


Abbildung 46: Zulaufkonzentrationen ausgewählter organischer und anorganischer Stoffe bzw. Stoffgruppen relativ zur jeweiligen Umweltqualitätsnorm

Zusätzlich zu den zuvor genannten Verbindungen können PAKs, Bisphenol-A sowie Chlorpyrifos als potenziell relevante Verbindungen identifiziert werden. Dabei ist anzumerken, dass Bisphenol-A als leicht abbaubar bewertet ist und die Anwendung von Chlorpyrifos stark von lokalen Bedingungen beeinflusst wird.

8.2.3 Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen

Im Rahmen einer Literaturstudie wurde nach Angaben zu den Stoffen der Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer (QZV Chemie OG) sowie zu so genannten „emerging pollutants“ (insgesamt 157 Stoffe) in Mischwasser- und Niederschlagswasserableitungen recherchiert. Dabei wurden zu 49 Stoffen Daten in Niederschlagswasserableitungen gefunden (Zessner et al., 2010). Die Ergebnisse für Niederschlagswasserableitungen sind in *Tabelle 29* zusammengefasst. Zusätzlich zu diesen Stoffen waren in der Literatur auch Angaben zu Nährstoffen, allgemeinen chemisch-physikalischen Parametern (Temperatur, pH, Leitfähigkeit) und weiteren Metallen (Eisen, Mangan, u. a. m.) verfügbar (Zessner et al., 2010). Auf diese wird nicht näher eingegangen.

Die folgende *Abbildung 47* zeigt die Literaturangaben von Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen in Relation zur jeweiligen Umweltqualitätsnorm. Wie bei den Abflüssen von Verkehrsflächen liegen die Konzentrationen einiger PAKs, der meisten Metalle, der Alkylphenole Nonylphenol und Octylphenol, von DEHP (Phthalat) sowie der Chloride im Jahresdurchschnitt im Bereich oder oberhalb des jeweiligen Gütezieles. Das Ergebnis zeigt eine gute Übereinstimmung mit jenem für Verkehrsflächen. Dies ist sicherlich dadurch bedingt, dass Niederschlagswasserentwässerungen bei Trennkanalisationen zu einem großen Teil von Abflüssen von Verkehrsflächen bestimmt werden. Pflanzenschutzmittelwirkstoffe bzw. biozide Wirkstoffe wie z. B. Diuron oder Isoproturon werden zwar nachgewiesen, die Konzentrationen liegen jedoch deutlich unterhalb der jeweiligen Umweltqualitätsnormen (sowohl ZHK-UQN als auch JD-UQN).

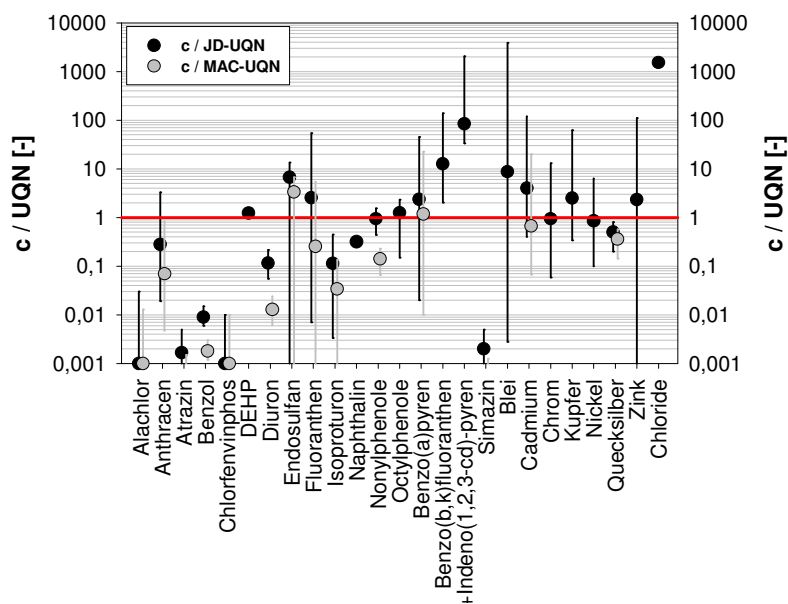


Abbildung 47: Literaturangaben zu Stoffkonzentrationen in Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen in Relation zur jeweiligen Jahresdurchschnitts-UQN

8.2.4 Straßenabwässer

Die Konzentrationen unterschiedlicher Stoffe in Straßenabwässern aus verschiedenen Untersuchungen sind in *Tabelle 30* (Pilotuntersuchungen) und *Tabelle 31* (Literatur) zusammengestellt. Vor allem Metalle, Vertreter

der Phthalate, die Komplexbildner EDTA und NTA, Bisphenol-A und einige Tenside (LAS, NP und NPEO) wurden in allen Proben in hohen Konzentrationen nachgewiesen.

Zur Identifikation potentiell relevanter Stoffe in Bezug auf die geltenden Umweltqualitätsnormen werden die gemessenen Konzentrationen den Gütezielen gegenübergestellt (Abbildung 48). Basierend auf diesem Vergleich werden Metalle, PAKs, Phthalate, Nonylphenole und Octylphenole als relevant beurteilt, wohingegen Komplexbildner, LAS und Bisphenol-A von geringerer Bedeutung sind (Abbildung 48). Der Vergleich der Messwerte mit den maximal zulässigen Konzentrationen zeigt, dass nur einzelne Werte oberhalb der jeweiligen ZHK-UQN liegen.

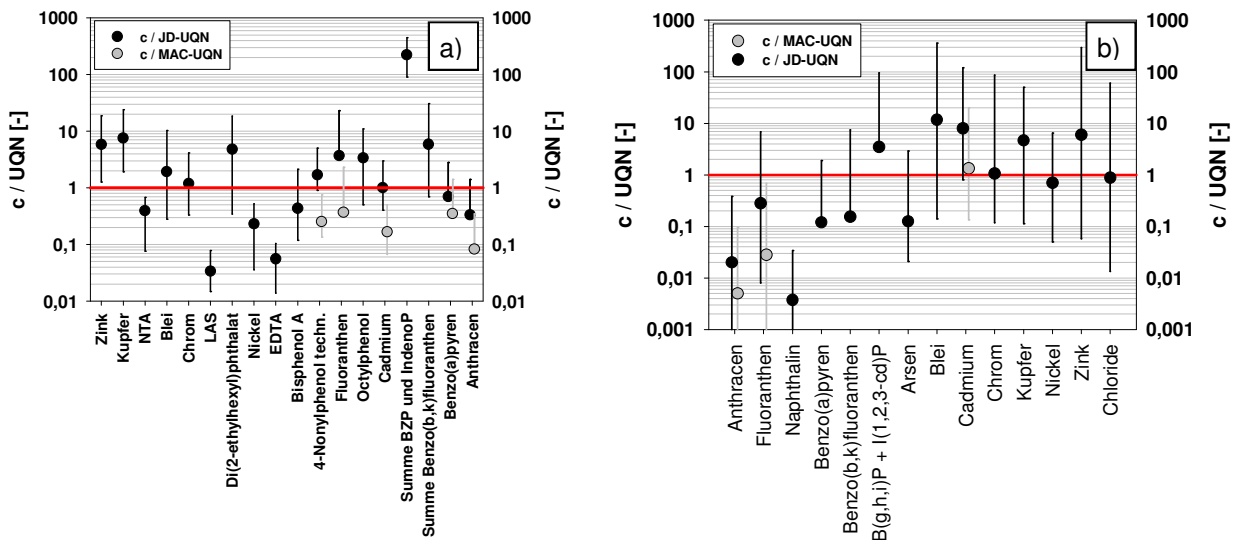


Abbildung 48: Gegenüberstellung der gemessenen Konzentrationen im Abfluss der Verkehrsflächen und der jeweiligen Umweltqualitätsnorm im Jahresdurchschnitt: a) Ergebnisse der Pilotuntersuchungen und b) Literaturwerte

8.2.5 Zusammenfassung

Neben diesen emissionsseitigen Untersuchungen wurden in Kooperation mit dem Amt der Oberösterreichischen Landesregierung auch Immissionsmessungen durchgeführt. Dabei wurden PAKs, polybromierte Diphenylether sowie Tributylzinnverbindungen als potenziell relevante Stoffe bzw. Stoffgruppen identifiziert (Umweltbundesamt, 2010a).

Bei Untersuchungen in der Donau in Kooperation mit den Magistratsabteilungen MA 39 und MA 45 der Stadt Wien wurden PAKs, polybromierte Diphenylether, einige Metalle und Perfluoroktansulfonsäure als kritische Spurenstoffe identifiziert (Umweltbundesamt, 2012).

Von den Pflanzenschutzmittelwirkstoffen wurde Diuron als abwasserrelevanter Stoff identifiziert (Umweltbundesamt, 2009). Neben Diuron können mit der analytischen Methode aber auch noch weitere Pflanzenschutzmittelwirkstoffe miterfasst werden. Basierend auf den Ergebnissen des Sondermessprogrammes 2010 zum Vorkommen von Pflanzenschutzmittelwirkstoffen in Gewässern und im Grundwasser (BMLFUW, 2011) erfolgte eine Stoffeingrenzung. Es wurden hauptsächlich Stoffe ausgewählt, die bei diesen Untersuchungen in Oberflächengewässern und im Grundwasser nachgewiesen wurden. Neben Diuron werden die Wirkstoffe bzw. Metaboliten Chloridazon, Chloridazon-desphenyl, Chloridazon-methyl-desphenyl, Carbendazim, Clothianidin, Ethofumesate, Isoproturon, Metazachlor, Metolachlor, N,N-Dimethylsulfamide, Terbutylazine, Terbutylazine-desethyl, Propazin, Terbutylazine-2-hydroxy-desethyl, Terbutylazine-2-hydroxy und Thiamectoxam untersucht.

Basierend auf diesen Daten und Untersuchungen werden die folgenden Stoffe bzw. Stoffgruppen bei den Untersuchungen berücksichtigt:

- Polybromierte Diphenylether (PBDE)
- Phthalate
- Organozinnverbindungen
- Nonylphenole (NP), Octylphenole (OP), Bisphenol-A (BPA) und andere Industriechemikalien
- Metalle: Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber und Zink
- Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK): 16 EPA-PAKs
- Perfluoroktansulfonsäure (PFOS)
- Pflanzenschutzmittel (PSM)

Die in den vorhergehenden Kapiteln angeführten Komplexbildner (EDTA und NTA) werden bei dem Untersuchungsprogramm nicht untersucht. Für diese Stoffe liegen Immissionsmessungen vor. Diese Messwerte liegen bei zahlreichen Gewässeruntersuchungen deutlich unterhalb der jeweiligen Güteziele.

Bei den Phthalaten liegen Daten zum Vorkommen von DEHP im Kläranlagenablauf vor. Da Stoffe dieser Stoffgruppe zu den meistproduzierten Chemikalien zählen und DEHP zusehends durch andere Weichmacher ersetzt wird, ist für die gegenständlichen Untersuchungen ein reduziertes Programm vorgesehen (Analyse nicht in allen Untersuchungsgebieten – Hofsteig und Siedlungsgebiet in Ostösterreich, Einschränkung auf 17 Proben).

Bei den Nonylphenolen werden zusätzlich zum Nonylphenol auch die Nonylphenoethoxylate und die –carboxylate vorgeschlagen, weil das in der QZV Chemie OG begrenzte Nonylphenol ein Abbauprodukt dieser Verbindungen darstellt. Um somit die Belastung der Gewässer mit Nonylphenol abschätzen zu können, ist es erforderlich auch die Vorgängersubstanzen zu untersuchen.

Zudem werden für die Untersuchungen in Siedlungsgebieten auch Perfluoroktansulfonsäure (PFOS) sowie das Kontrazeptivum 17 α -Ethinylöstradiol und das Hormon 17 β -Östradiol vorgeschlagen. Diese Verbindungen sind Kandidatenstoffe für die Aufnahme in den Anhang X der Wasserrahmenrichtlinie. Die Festlegung von europaweit einheitlichen Umweltqualitätsnormen für diese Stoffe wird derzeit diskutiert.

Zusätzlich zu diesen Sonderparametern sollen auch Referenzparameter in allen Proben bestimmt werden:

- Abfiltrierbare Stoffe (AFS)
- CSB (roh, filtriert), TOC
- N_{ges}, NH₄-N, NO₃-N
- P_{ges}, PO₄-P
- KW-Index oder Summe KW
- pH und Leitfähigkeit (soweit möglich kontinuierlich mit Daten-Logger)
- An der Mischwasserentlastung in Graz: Abschätzung des Konzentrationsverlaufs der organischen Belastung durch den Einsatz einer on-line UV/VIS-Spektrometersonde (CSB_{eq(ivalent)}, SAK254)

Der Untersuchungsumfang ist in *Tabelle 32* zusammengefasst.

Tabelle 32: Zusammenfassung der untersuchten Spurenstoffe

Stoffgruppe	Ausgewählte Stoffe
Metalle	Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Zink, Quecksilber
Industriechemikalien	Nonylphenole, Nonylphenoethoxylate (NP _{1,2} EO), Nonylphenolcarboxylate (NP _{1,2} EC), Octylphenole, Bisphenol-A
Phthalate	Dimethylphthalat, Diethylphthalat, Dibutylphthalat, Butylbenzylphthalat, Bis(2-ethylbenzyl)phthalat, Dioctylphthalat, Di-iso-decylphthalat, Di-iso-nonylphthalat, Bis(2-methoxyethyl)phthalat, Dicyklohexylphthalat (DCHP), Di-iso-butylphthalat (DiBP), Di-iso-heptylphthalat, Di-iso-pentylphthalat, Di-n-pentylphthalat, Dipropylphthalat, n-Pentylisopentylphthalat
Polybromierte Diphenylether	20 verschiedene Kongenere (28, 47, 49, 66, 77, 85, 99, 100, 118, 126, 139, 153, 154, 181, 183, 196, 197, 203, 207, 209)
Organozinnverbindungen	Dibutyl-, Tributyl-, Tetrabutyl-, Diphenyl-, Triphenylzinnverbindungen

Stoffgruppe	Ausgewählte Stoffe
PAKs	Acenaphthen, Acenaphthylen, Anthracen, Benzo(a)anthracen, Benzo(a)pyren, Benzo(b)fluoranthren, Benzo(g,h,i)perylene, Benzo(k)fluoranthren, Chrysen, Dibenzo(a,h)anthracen, Fluoranthren, Fluoren, Indeno(1,2,3-c,d)pyren, Naphthalin, Phenanthren, Pyren
Perfluorierte Tenside	Perfluoroktansulfonsäure (PFOS), Perfluoroktansäure (PFOA)
Hormone	17 α -Ethinylöstradiol (EE2), 17 β -Östradiol (E2), Östriol (E3), Östron (E1)
Pflanzenschutzmittel PSM	Diuron, Chloridazon, Chloridazon-desphenyl, Chloridazon-methyl-desphenyl, Carbendazim, Clothianidin, Ethofumesate, Isoproturon, Metazachlor, Metolachlor, N,N-Dimethylsulfamide, Terbutylazine, Terbutylazine-desethyl, Propazin, Terbutylazine-2-hydroxy-desethyl, Terbutylazine-2-hydroxy, Thiamethoxam
Referenzparameter	Abfiltrierbare Stoffe, CSB (roh, filtriert), TOC, N _{ges} , NH ₄ -N, NO ₃ -N, P _{ges} , PO ₄ -P, KW-Index oder Summe KW, pH und Leitfähigkeit

8.3 Annex III: Beschreibung der untersuchten Siedlungsgebiete, Straßenabschnitte und Grundwasserkörper

8.3.1 Siedlungsgebiet 1: Graz

Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Das betrachtete Untersuchungsgebiet liegt im Westen der Stadt Graz und wird zum überwiegenden Teil im Mischsystem entwässert. Die Oberflächenneigungen bewegen sich zwischen 0 – 4 %, mit Ausnahme des westlichen Teils des Gebietes, der Neigungen bis zu 10 % aufweist. Dabei weist der östliche Teil eine relativ dichte Verbauung auf. Im Gegensatz dazu ist der westliche Teil durch eine offenere Siedlungsstruktur ohne größere Industriebetriebe gekennzeichnet. Zusätzlich sind mit einer Brauerei und einem Pharmakonzern zwei größere Indirekteinleiter im Untersuchungsgebiet vorhanden.

Das Einzugsgebiet wurde in den letzten Jahren durch Umschlussarbeiten erweitert und umfasst aktuell eine Fläche von 456 ha. Dabei entfallen etwa 126 ha auf befestigte Flächen. Das öffentliche Kanalnetz in dem Untersuchungsgebiet weist eine Gesamtlänge von etwa 46,5 km auf, welches in 1363 Einzelkanalstränge gegliedert ist. Die Kanalprofile im Einzugsgebiet variieren von DN 150 bis hinauf zu großen, speziellen Sonder- und Ei-Profilen 1300/1950. Dem Einzugsgebiet können rund 19 500 Personen zugewiesen werden, woraus sich bezogen auf die Gesamteinzugsgebietsfläche eine durchschnittliche Einwohnerdichte von 43 E/ha errechnet (siehe Abbildung 49). Im Kanalsystem ist ein Stauraumkanal ohne Entlastungsmöglichkeit mit einem Volumen von 2300 m³ vorhanden. Die Entleerung erfolgt über eine unten liegende Drossel mit einem konstanten Abfluss von etwa 170 L/s. Der durchschnittliche Trockenwetterabfluss am Ende des Untersuchungsgebietes bei der Mischwasserentlastung R05 wurde auf Basis der Jahresreihe 2009 mit 40 L/s ermittelt.

Alle Zulaufkanäle münden am Ende des Systems in einen Sammelkanal, der im Bereich des orografisch rechten Murufers in den rechten Grazer Hauptsammelkanal einmündet.

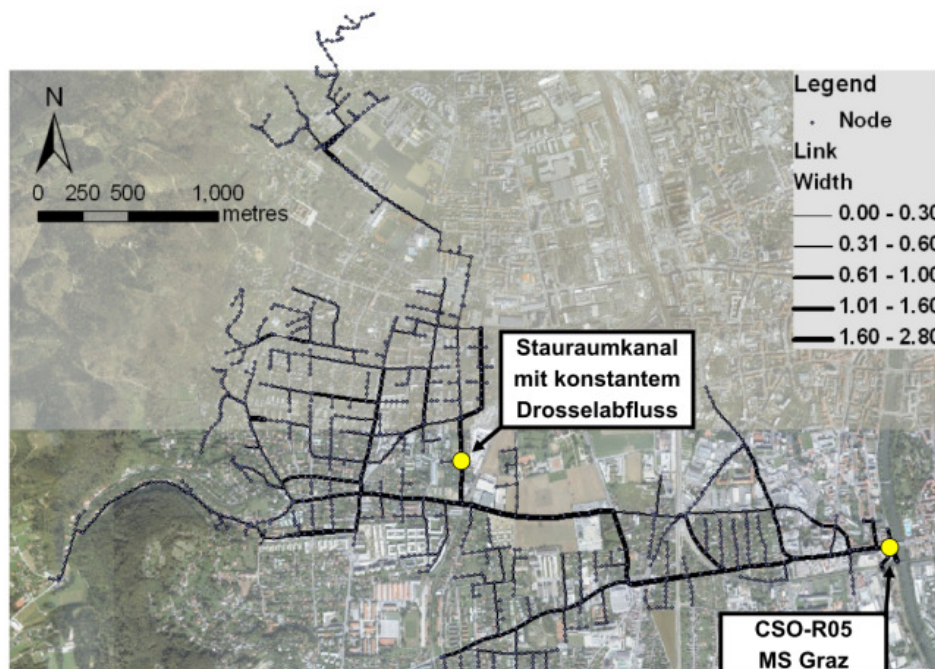


Abbildung 49: Übersicht aller Sammelstränge des Kanalsystems im Untersuchungsgebiet Graz-West R05 (Gamerith, 2011, modifiziert)

Unmittelbar vor der beschriebenen Einmündung in den Hauptsammelkanal befindet sich das Mischwasserüberlaufbauwerk CSO-R05 (CSO, Combined Sewer Overflow), über das bei entsprechendem Mischwasserabfluss (ab ca. 500 L/s) eine Entlastung in die Mur erfolgt. Die Drossel an diesem Bauwerk besteht aus ei-

nem Kreisprofil DN 600, die nach wenigen Metern in den von Norden nach Süden verlaufenden rechten Hauptsammler einmündet. Der Zulaufkanal zum CSO-R05 hat eine hydraulische Förderkapazität von ca. 15 m³/s. An diesem Mischwasserüberlaufbauwerk ist seit Herbst 2002 die Kanal-Online-Monitoring-Messstation Graz zur Erfassung der hydraulischen Verhältnisse am Überlaufbauwerk sowie von ausgewählten Wasserqualitätsparametern installiert. Diese Messstation wird nachfolgend als Messstation Graz (Kurzform: „MS Graz“) bezeichnet (siehe Abbildung 50).



Abbildung 50: Standort des Messcontainers und Telemetrie der Messstation Graz (MS Graz)

Für das Einzugsgebiet der MS Graz ist auch eine ausgezeichnete Datenlage betreffend der Oberflächen und Kanaldaten vorhanden. Neben Flächenwidmungs- und Katasterplänen stehen für das gesamte Einzugsgebiet Orthofotos und ein kompletter Kanalkataster in digitaler Form zur Verfügung.

Die hohe Qualität und der Detaillierungsgrad erlauben eine detailgetreue Abbildung des Einzugsgebiets für Modellsimulationsberechnungen und die kontinuierliche Online-Überwachung am Ende des Einzugsgebietes bietet beste Voraussetzungen für deren Kalibration und Validierung.

Ein Ziel der Beprobungen in Graz war auch die Untersuchung auf etwaige Korrelationen zwischen den gemessenen Konzentrationen und Frachten im Mischwasser und bestimmten Einflussgrößen wie zum Beispiel Niederschlagsparametern oder der Dauer von vorangegangenen Trockenwetterperioden. Um die Verteilung zwischen gebundener und gelöster Fraktion bestimmen und Verteilungskoeffizienten abschätzen zu können, wurden die Mischwasserproben sowohl filtriert als auch unfiltriert analysiert. Aus diesen Werten können charakteristische Verteilungskoeffizienten (KD, KOC) berechnet werden. Mittels dieser Verteilungskoeffizienten kann der über die Trockensubstanz (TS) adsorptiv zurückgehaltene bzw. weitergeleitete Frachtanteil abgeschätzt werden. Dies ist vor allem für hydrophobe Stoffe relevant.

Messstandort im Untersuchungsgebiet 1

Als Messstandort im Untersuchungsgebiet 1 wurde die Kanal-Online-Monitoring-Messstation „MS Graz“ ausgewählt. Wie bereits beschrieben, befindet sich diese an der Mischwasserentlastung CSO-R05, orographisch gesehen am rechten Murufer in unmittelbarer Nähe der Bertha von Suttner Friedensbrücke (siehe Abbildung 51).

Als Hauptgründe für die Auswahl des gewählten Mischwasserüberlaufes als Standort der Kanal-Online-Messstation können die Folgenden angeführt werden:

- Mischwasserentlastung ohne Vorentlastung
- Zugänglichkeit in die Mischwasserkammer
- Zugänglichkeit und Platz für das Aufstellen eines Messcontainers

- Vorhandensein der erforderlichen Infrastruktur (Strom, Wasser, Internet-Breitbandanbindung)
- Ausreichender Schutz gegen Vandalismus
- Nähe zum Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau der TU Graz



Abbildung 51: Orthofoto der Mischwasserentlastung CSO-R05 und der Messstation Graz
(maps.google.com, Zugriff: 2012-02-18)

Das Kernstück der Mischwasserentlastung bildet die Mischwasserkammer, in welche der Zulaufkanal aus dem Einzugsgebiet Graz-West R05 einmündet. Innerhalb der Kammer befindet sich eine gekrümmte Überlaufschwelle aus Beton, über die während eines Ereignisses das entlastete Mischwasser in den etwa 90 m langen Entlastungskanal Richtung Mur geleitet wird. Die Verbindung zwischen Mischwasserkammer und Hauptsammler erfolgt über eine rund drei Meter lange Drosselstrecke mit einer Nennweite von 600 mm.

Eine Besonderheit stellt die Durchdringung der Mischwasserkammer durch den rechten Grazer Hauptsammelkanal dar, welcher von Norden kommend zur Abwasserreinigungsanlage Gössendorf in den Süden von Graz führt. Da dieser genau durch den Bereich zwischen Überlaufschwelle und Entlastungskanal verläuft, verringert sich hier die Durchflusshöhe in diesem Bereich auf etwa 70 cm. Aus diesem Grund kann es bei Starkregenereignissen zu einem Rückstau des abgeschlagenen Mischwassers in die Mischwasserkammer und weiter in den zulaufenden Kanal kommen. Zusätzlich wird dadurch der Zugang zur Mischwasserkammer erschwert (siehe Abbildung 52).

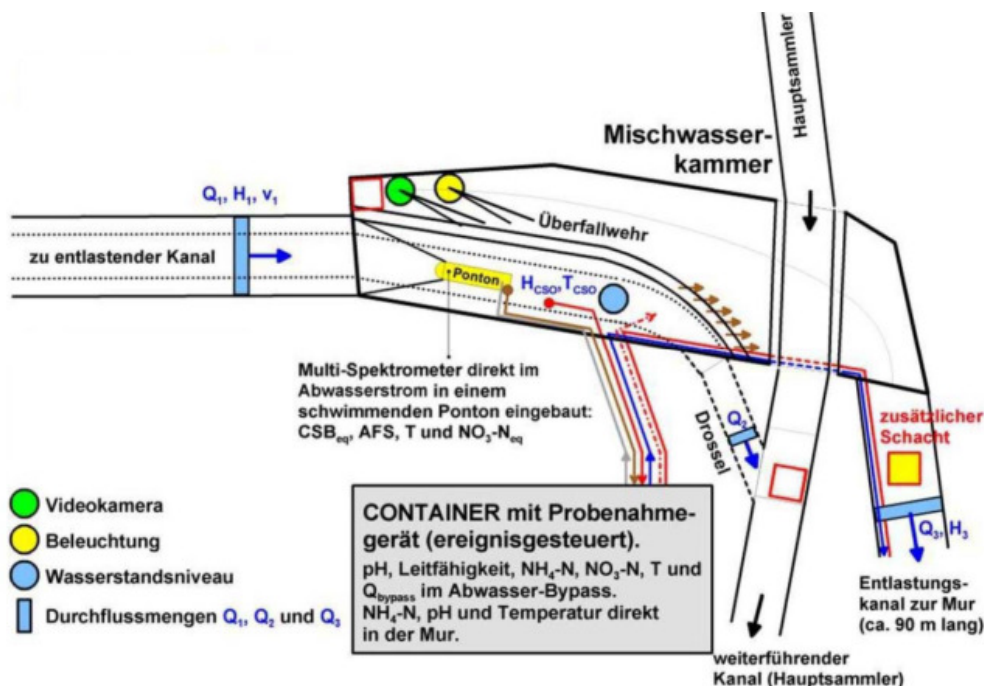


Abbildung 52: Messeinrichtungen und Überwachungssysteme der Messstation Graz (Gruber et al., 2004a, modifiziert)

Hauptziel dieser Messstation ist, Wasserqualitäten und –mengen bei unterschiedlichen Abflussverhältnissen mit einer hohen zeitlichen Auflösung on-line zu erfassen. Dafür ist im Zulaufkanal Q_1 und im Entlastungskanal Q_3 jeweils ein Durchflussmesssystem installiert. Für die relativ kurze und enge Drosselstrecke Q_2 war leider kein geeignetes Messsystem zu finden. Durch das Messkonzept der MS Graz ist es durch die Installation von Wasserqualitätssonden darüber hinaus aber auch möglich, die in die Mur abgeschlagenen Schmutzfrachten in den Vorfluter (Gruber et al., 2004a und 2004b), die Dauer und die Häufigkeiten von Entlastungsereignissen, sowie zum Teil auch die Wasserqualität im Vorfluter selbst für einige ausgewählte Parameter ($\text{NH}_4\text{-N}$, K, pH-Wert und Temperatur) kontinuierlich zu messen.

Ponton mit UV/VIS-Multispektrometer

Zentraler Sensor für die Erfassung der organischen Kohlenstoff- und Feststoffkonzentrationen an der Kanal-Messstation Graz ist ein tauchfähiger, ATEX zertifizierter UV/VIS-Spektrometer, der in-situ direkt in der Mischwasserkammer des CSO-R05 installiert ist. Daneben wurden im Zeitraum von 2003 bis 2005 temporär auch noch die Parameter $\text{NH}_4\text{-N}$, K, $\text{NO}_3\text{-N}$, Leitfähigkeit und der pH-Wert über einen Bypass in einem oberirdischen Container gemessen. Dabei beträgt das Standardmessintervall bei Trockenwetterbedingungen 3 Minuten und bei Mischwasserbedingungen 1 Minute.

Der UV/VIS-Spektrometer ist schwimmend direkt im Kanal im Kiel eines Pontons installiert. Fixiert wird der Ponton mit mehreren Stahlseilen, welche auch das Zurückfinden des Pontons in die Schmutzwasserrinne nach Mischwasserabflüssen gewährleisten. Abbildung 53 zeigt den schwimmenden Ponton bei unterschiedlichen Abflussverhältnissen im Kanal.



Abbildung 53: Ponton mit UV/VIS-Spektrometer der MS Graz bei unterschiedlichen Abflussverhältnissen im Kanal

Spektrometersonden funktionieren nach dem Prinzip der Absorption von Lichtstrahlung in einem festgelegten Wellenlängenbereich. Dabei wird zwischen einem ultravioletten und einem sichtbaren Teilbereich unterschieden. Von einer Sendeeinheit wird ein Lichtstrahl durch das Untersuchungsmedium geführt und von einer Empfangseinheit wieder aufgenommen. Jedes fotoaktive Molekül, das mit dem Lichtstrahl in Kontakt kommt, absorbiert Strahlung einer bestimmten Wellenlänge und verringert so dessen Intensität. Die Absorption der Lichtstrahlung fällt umso stärker aus, je höher die Konzentration von fotoaktiven Inhaltsstoffen im Untersuchungsmedium ist. Für das Messprinzip wird die Tatsache ausgenutzt, dass einerseits zwischen Konzentration und Absorption ein linearer Zusammenhang besteht und andererseits jeder fotoaktive Inhaltsstoff Strahlung von bestimmten Wellenlängen absorbiert.

Das verwendete Spektrometer der MS Graz misst Absorptionen in einem Wellenlängenbereich von 200 bis 750 nm mit einer Auflösung von 2,5 nm, wodurch sich 221 Absorptionen je Messung ergeben.

Die Hauptbestandteile eines UV/VIS-Spektrometers können Abbildung 54 entnommen werden. Diese setzen sich aus der Sendeeinheit mit integrierter Xenon-Lichtlampe, der zweigeteilten Messstrecke für den Messstrahl und den Referenzstrahl sowie der Empfangseinheit inklusive elektronischem Detektor zusammen. Über eine Fensteröffnung muss der Messstrahl eine vorgegebene Distanz von 5 mm im Untersuchungsmedium überwinden und kann dadurch mit dessen Abwassermatrix in Kontakt treten. Der Vorteil einer zweige-

teilten Messstrecke besteht darin, dass durch das Messinstrument verursachte Einflüsse auf die Messqualität kompensiert werden können (z. B. Alterung der Lampe in der Sendeeinheit).

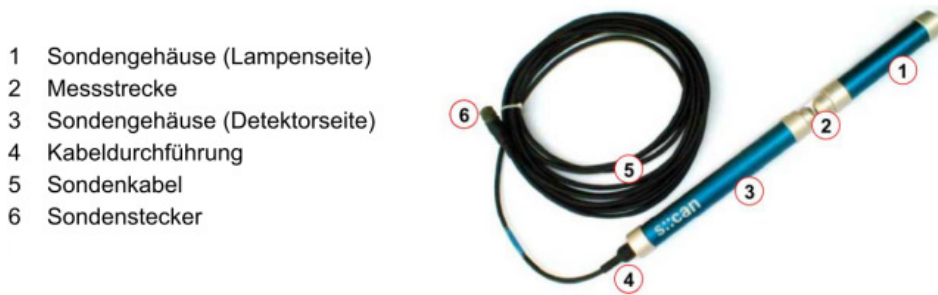


Abbildung 54: Aufbau der verwendeten UV/VIS-Spektrometersonde (www.s-can.at, Zugriff: 2012-02-22)

Das einige Zentimeter unterhalb der Abwasseroberfläche quasi mitschwimmende Messfenster des Spektrometers gewährleistet einen repräsentativen Messort innerhalb des durchflossenen Kanalquerschnitts. Dadurch wird sichergestellt, dass jeweils die obersten Abwasserschichten, welche am Mischwasserüberlauf in den Vorfluter entlastet werden, erfasst werden können.

Direkt am Heck des Pontons befestigt ist der Ansaugschlauch eines automatischen Probenahmegerätes, mit welchem sowohl eine mengenproportionale Probenahme als auch das Ziehen von Referenzproben für die Kalibration des Spektrometers möglich ist (siehe Abbildung 55).

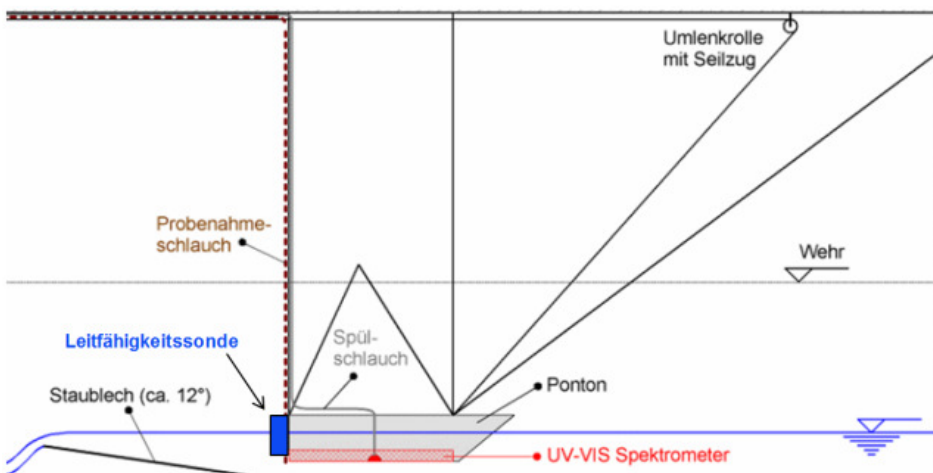


Abbildung 55: Längsschnitt durch Ponton und Gerinne der MS Graz (Gruber et al., 2004a)

Hydraulik-Messeinrichtung im Zulauf des Mischwasserüberlaufes

Das Prinzip vieler Durchflussmeseinrichtungen basiert auf der Kontinuitätsgleichung $Q = v_m \cdot A$.

Dabei bezeichnet die Variable Q den Durchfluss, die Variable v_m die mittlere Abflussgeschwindigkeit und A die durchflossene Querschnittsfläche. Da die Form des Zulauf-Querschnitts im Fall der MS Graz bekannt ist, muss für die Ermittlung von A nur die Höhe des Wasserstandes ermittelt werden.

Im Zulaufkanal zur Mischwasserkammer ist ein berührungsloses Radar-Messsystem der Firma Marsh McBirney (Flo-Dar) zur Messung der mittleren Abflussgeschwindigkeit v_1 und des Wasserstandes H_1 installiert. Zur Ermittlung der Fließgeschwindigkeit v_1 wird das Prinzip des Radar-Dopplerverfahrens angewendet. Dabei wird die mittlere Geschwindigkeit der Wasseroberfläche gemessen. Die Grundlage des Messprinzips liegt in der Messung des Frequenzunterschiedes zwischen dem ausgesandten Signal mit der Wellenlänge λ und dem reflektiertem Signal mit der Wellenlänge λ' (siehe Abbildung 56).

Die gemessene Oberflächengeschwindigkeit muss auf die mittlere Geschwindigkeit v_1 mithilfe eines Skalierungsfaktors umgerechnet werden, der abhängig vom Höhenstand im Messumformer hinterlegt ist.

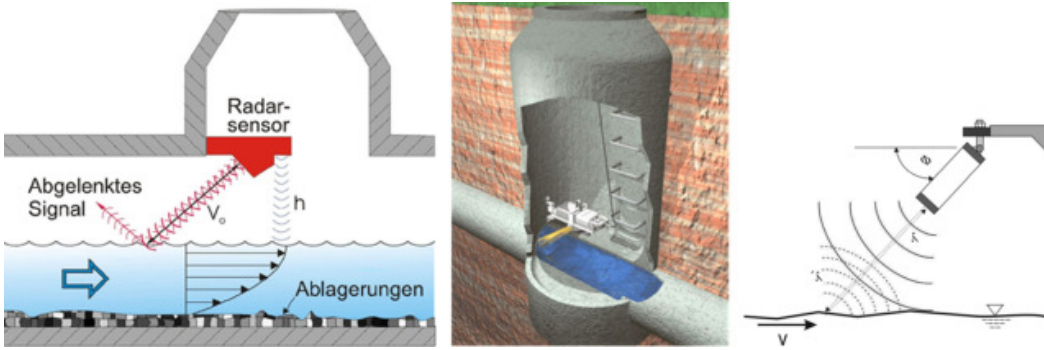


Abbildung 56: Radarmesssystem mit integrierter Ultraschall-Höhenstandmessung zur Messung der Zulaufwassermengen Q_1 (Quelle: <http://www.utek.at>, Zugriff: 2012-02-21)

Der ebenfalls integrierte Sensor zur Erfassung des Wasserstandes H_1 basiert auf dem Ultraschall-Echolot-Prinzip. Die Messung erfolgt dabei über Luft-Ultraschall. Der vom Sensor abgegebene Ultraschallimpuls trifft dabei auf die Wasseroberfläche und wird reflektiert. Aus der resultierenden Schalllaufzeit kann auf den Wasserstand rückgerechnet werden.

Hydraulik-Messeinrichtung im Entlastungskanal des Mischwasserüberlaufes

Im Falle einer Mischwasserentlastung wird der Abfluss Q_3 im Entlastungskanal über die Messung des Wasserstandes H_3 sowie der Messung der mittleren Fließgeschwindigkeit v_3 berechnet. Zur Messung der Fließgeschwindigkeit wird eine Ultraschallsonde an der Kanalsohle eingesetzt, welche über das Prinzip der Ultraschallreflexion betrieben wird. Dabei wird das Verfahren der Kreuzkorrelation zur Geschwindigkeitsmessung eingesetzt.

Über den Sensor wird ein kurzer Ultraschallimpuls in das Untersuchungsmedium eingebracht. Die im Medium vorhandenen Partikel und Gaseinschlüsse reflektieren diesen Impuls und leiten ihn zum Sensor zurück. Aus der Impulslaufzeit kann mithilfe der Schallgeschwindigkeit eine räumliche Zuordnung getroffen werden. Um eine Kreuzkorrelation durchführen zu können, wird zunächst das Bildmuster in einem ersten Scan digitalisiert und gespeichert. Danach wird ein zeitlich versetzter zweiter Scan durchgeführt und ebenfalls gespeichert. Mittels Kreuzkorrelation können somit die beiden Bildmuster innerhalb des Zeitbereichs auf Übereinstimmung überprüft werden, womit sich die zeitliche Verschiebung der Bildmuster ermitteln lässt. Unter Berücksichtigung des Einstrahlwinkels des Ultraschallimpulses kann die vorherrschende Fließgeschwindigkeit im Medium direkt errechnet werden (siehe Abbildung 57).

Zur Messung des Wasserstandes H_3 im Entlastungskanal ist ein externer Luft-Ultraschallsensor installiert, welcher die durchflossene Querschnittsfläche im Entlastungskanal ermittelt.

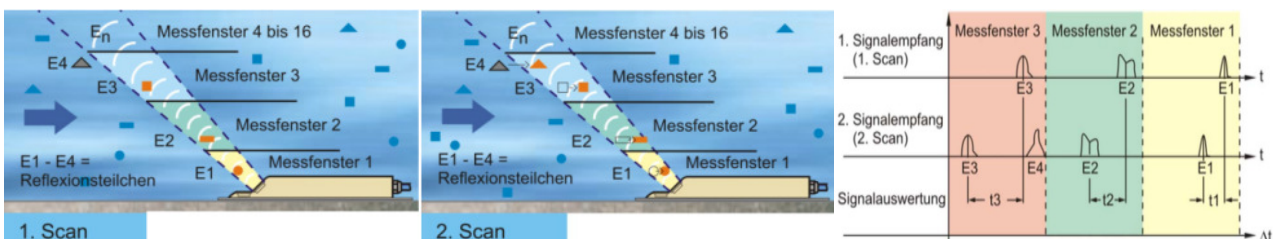


Abbildung 57: Methodik der Kreuzkorrelation durch Doppelscan der Partikel (www.nivus.de, Zugriff: 2012-01-15)

Hydraulik-Messeinrichtung im Drosselkanal zum weiterführenden Hauptsammler

Für die Messung der durch die Drosselstrecke abfließenden Wassermenge (Q_2) konnte bis dato noch kein Messsystem ausfindig gemacht werden, welches den Durchfluss in dieser sehr schwierigen Messumgebung zuverlässig misst.

Sonstige Einrichtungen der Messstation MS Graz

Der Wasserstand in der Mischwasserkammer H_{CSO} wird über eine externe Luft-Ultraschallsonde gemessen.

Am bereits beschriebenen Ponton ist seit Sommer 2009 zusätzlich noch eine Leitfähigkeitssonde installiert, welche neben der Leitfähigkeit $Cond_{\text{ponton}}$ auch die Abwassertemperatur $Temp_{\text{ponton}}$ misst. Da die Leitfähigkeit eine temperaturabhängige Größe ist, wird dadurch die Temperaturabhängigkeit kompensiert.

Für die Kontrolle und Beobachtung des Pontons und zur Aufzeichnung von Entlastungsereignissen sind in der Mischwasserkammer eine explosionsgeschützte Videokamera und ein leistungsstarker Scheinwerfer zur Ausleuchtung der Kammer installiert.



Abbildung 58: Videokamera und Beleuchtung zur Kontrolle und Aufzeichnung von Mischwasserereignissen der MS Graz

Simulationsmodelle im Untersuchungsgebiet 1

Für das betrachtete Untersuchungsgebiet Graz-West R05 stehen mittlerweile unterschiedliche, kalibrierte Abfluss- und Schmutzfrachtsimulationsmodelle zur Verfügung (Schneider, 2007; Gamerith et al., 2008 und Veit, 2009).

Abbildung 59 zeigt die 44 Teileinzugsgebiete und 41 Haltungen des hydrologischen Schmutzfrachtmodells SMUSI, mit welchem durchschnittliche Jahresentlastungsfrachten aus dem Einzugsgebiet Graz West in die Mur simuliert werden können.

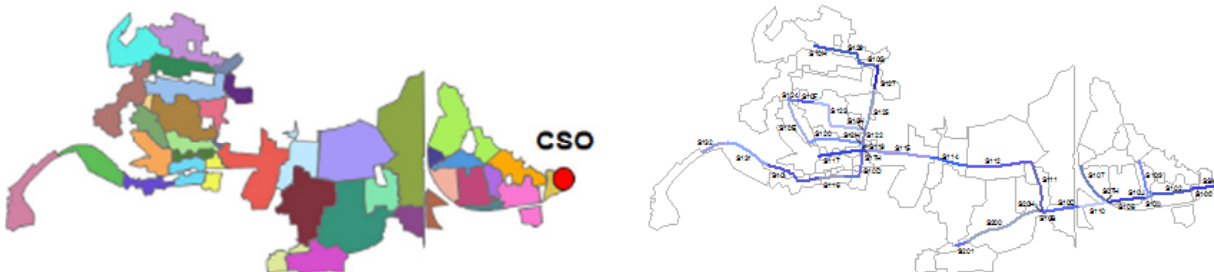


Abbildung 59: Die 44 Teileinzugsgebiete (links) und 41 Haltungen (rechts) des hydrologischen Schmutzfrachtmodells SMUSI für das Einzugsgebiet Graz-West R05 (Schneider, 2007)

Neben diesem konzeptionellen, hydrologischen Modell, welches vor allem für Langzeitsimulationen bestens geeignet ist, gibt es vom Einzugsgebiet in der Zwischenzeit aber auch zwei hydrodynamische Abflussmodel-

le, die mit den Programmen Mike Urban (DHI) und SWMM (EPA) aufgebaut wurden. Diese bilden insbesondere die hydraulischen Verhältnisse im Einzugsgebiet deutlich genauer und auch haltungsgerecht ab.

Abbildung 60 zeigt die 1164 Teileinzugsflächen und 1363 Haltungen des hydrodynamischen SWMM-Modells des Einzugsgebietes Graz-West.

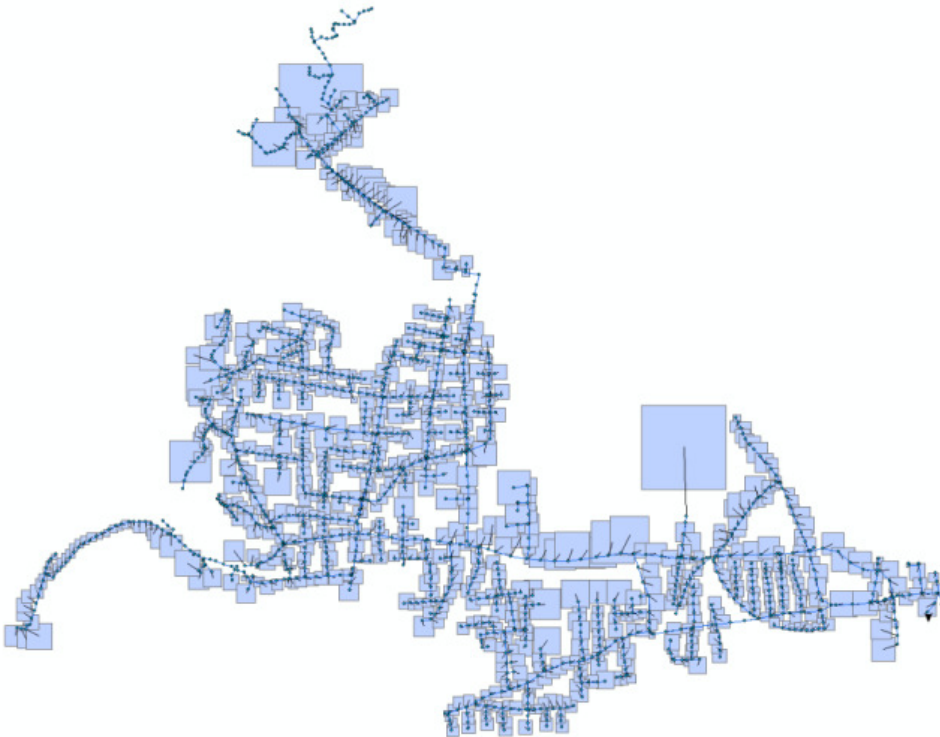


Abbildung 60: Hydrodynamisches Abflussmodell des Einzugsgebietes Graz-West R05 in der Software Mike Urban (Veit, 2009)

Depositionsproben

Zur Messung des Niederschlags sind im Einzugsgebiet insgesamt drei automatische Niederschlagsmesssysteme (Wippensysteme) installiert, welche die Erfassung des Niederschlags in einer hohen zeitlichen Auflösung ermöglichen.

Auch Niederschlags-Langzeitkontinua von mehr als 10 Jahren sind für Graz verfügbar. Die durchschnittliche Jahresniederschlagshöhe in Graz beträgt ca. 830 mm.

Bei der Sammlung von Depositionsproben im Untersuchungsgebiet Graz soll der geografische Einfluss durch das Aufstellen der Sammeleinrichtungen an drei verschiedenen Standorten in Graz analysiert und verglichen werden. Die Standorte wurden so ausgewählt, dass zusätzlich auch die Möglichkeit besteht, den Niederschlag über vor Ort installierte Niederschlagsmesssysteme zu messen. Zum Einsatz kommen dabei digitale Niederschlagswippen, welche über eine DFÜ-Anbindung verfügen und kontinuierlich Messdaten direkt auf einen Datenserver der TU Graz übermitteln. Um Abweichungen durch betrieblich bedingte Einflüsse möglichst gering zu halten, werden diese regelmäßig (wöchentlich) entleert und gewartet.

Abbildung 61 zeigt die Aufstellungsorte von vier im Bereich des Untersuchungsgebietes 1 installierten Niederschlagsmesssystemen. Die Sammlung von Depositionsproben (Gesamtdeposition) findet davon nur an den 3 Standorten Karl-Morre-Straße, Klusemannstraße und Stremayrgasse – TU Graz statt.

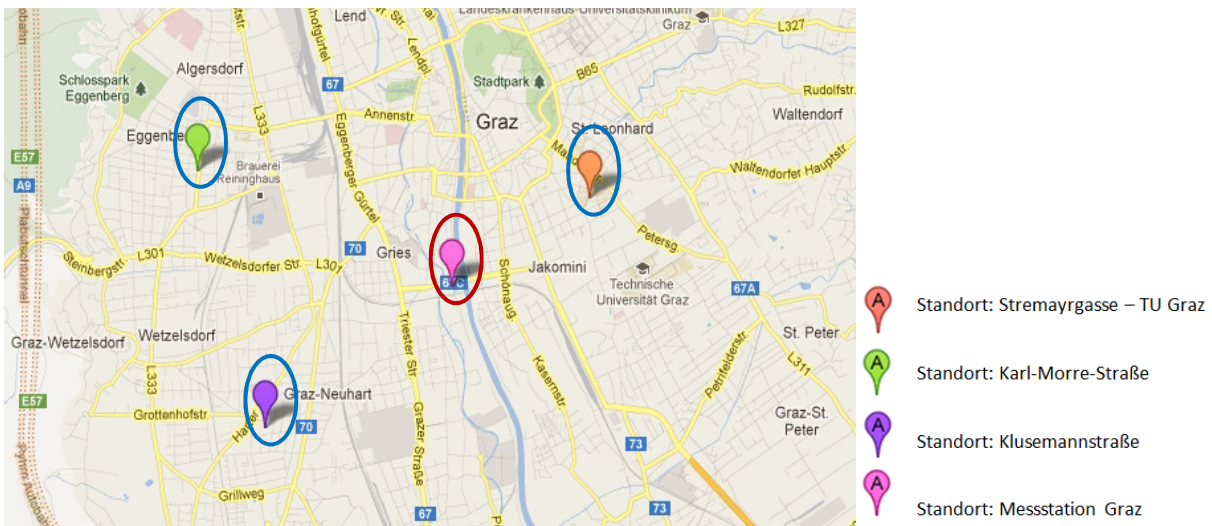


Abbildung 61: Orthofoto mit den Standorten zur Sammlung von Niederschlag in Graz (maps.google.at, Zugriff: 2012-09-18)

Die nachfolgende Abbildung 62 enthält für die Stadt Graz eine Übersicht des Jahresniederschlages für die Jahre 2009 bis 2011.

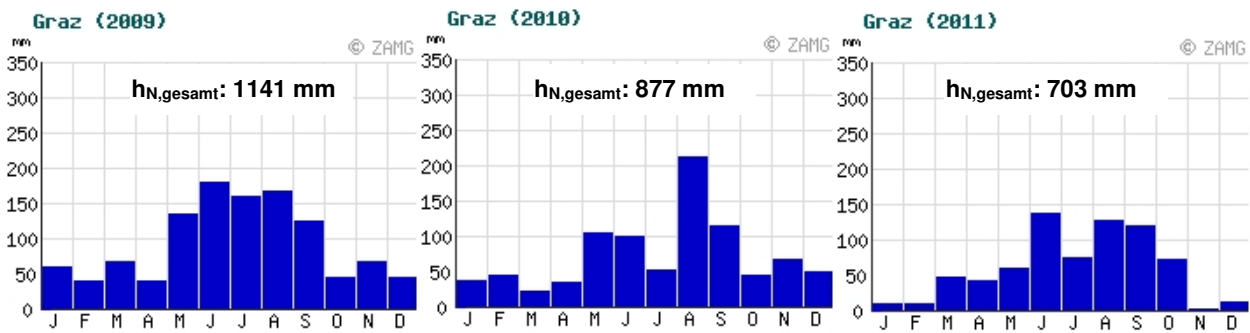


Abbildung 62: Jahresniederschlag von Graz für die Jahre 2009 - 2011 (www.zamg.ac.at, Zugriff: 2012-09-18)

Standort Karl-Morre-Straße

Am Standort Karl-Morre-Straße befindet sich der Auffangbehälter für die Deposition auf dem Flachdach der dort ansässigen Schule. Es wird die Gesamtdeposition erfasst. Dieser Standort befindet sich im Nordwesten von Graz und bietet die Möglichkeit der Datenverfügbarkeit einer ebenfalls auf dem Dach installierten Niederschlagswippe sowie einen Zugang zu den beiden Messsystemen (siehe Abbildung 63).

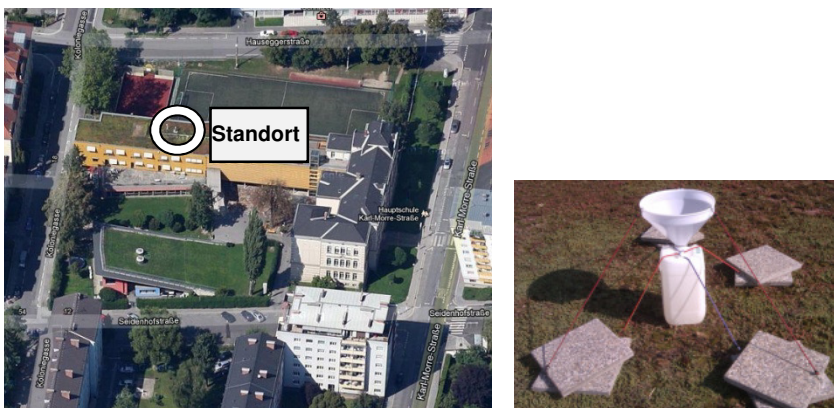


Abbildung 63: Orthofoto und Standort der Depositionssammeleinrichtung in der Karl-Morre-Straße (maps.google.at, Zugriff: 2012-09-18)

Standort Klusemannstraße

Am Standort Klusemannstraße befindet sich der Auffangbehälter auf der Grünfläche der dort ansässigen Mittelschule. Der Standort befindet sich im Südwesten von Graz und wurde gewählt, weil die Entfernung zur TU Graz groß genug ist, um geografische Einflüsse auf die Niederschlagsqualität erfassen zu können. Auch hier wird die Gesamtdeposition erfasst. Zusätzlich besteht die Möglichkeit der Datennutzung der in unmittelbarer Nähe situierten Niederschlagswippe und auch hier ist der Zugang zum Gelände jederzeit möglich.

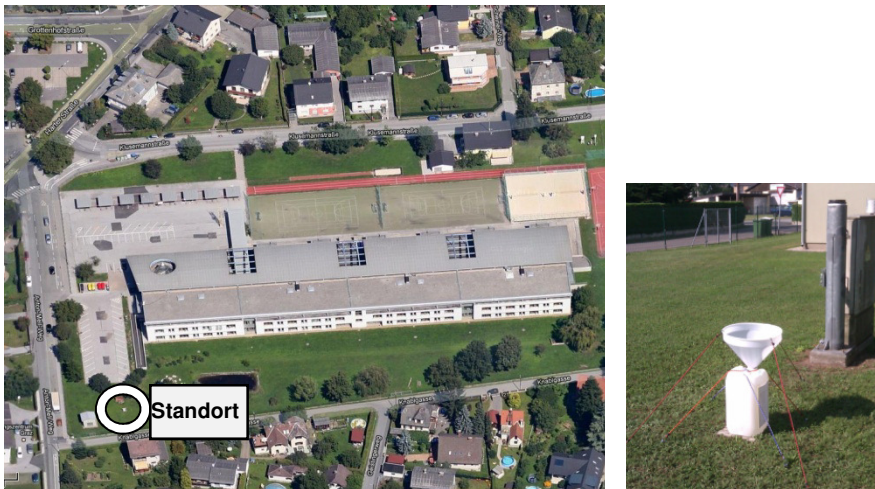


Abbildung 64: Orthofoto und Standort der Depositionssammeleinrichtung in der Klusemannstraße
(maps.google.at, Zugriff: 2012-09-18)

Standort Stremayrgasse – TU Graz

Der dritte Auffangbehälter wurde im Osten von Graz in direkter Nähe zum Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau am Gelände der TU Graz aufgestellt. Auch hier wird die Gesamtdeposition erfasst. Für diesen Standort können ebenfalls die Daten einer installierten Niederschlagswippe mitgenutzt werden.

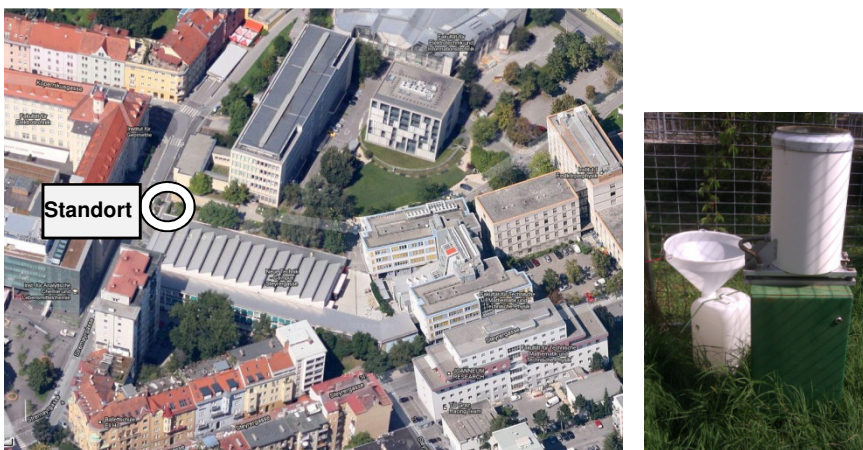


Abbildung 65: Orthofoto und Standort der Depositionssammeleinrichtung in der Stremayrgasse
(maps.google.at, Zugriff: 2012-09-18)

Simulationsmodelle im Untersuchungsgebiet 1

Für das betrachtete Untersuchungsgebiet Graz-West R05 stehen unterschiedliche, kalibrierte Abfluss- und Schmutzfrachtsimulationsmodelle zur Verfügung (Schneider, 2007; Gamerith et al., 2008 und Veit, 2009). In der Zwischenzeit existieren auch zwei hydrodynamische Abflussmodelle, die mit den Programmen Mike Urban (DHI) und SWMM (EPA) erstellt wurden. Diese bilden insbesondere die hydraulischen Verhältnisse im

Einzugsgebiet deutlich genauer und auch haltungsgerecht ab. *Abbildung 66* zeigt die 1.164 Teileinzugsflächen und 1363 Haltungen des hydrodynamischen SWMM-Modells des Einzugsgebietes Graz-West R05.

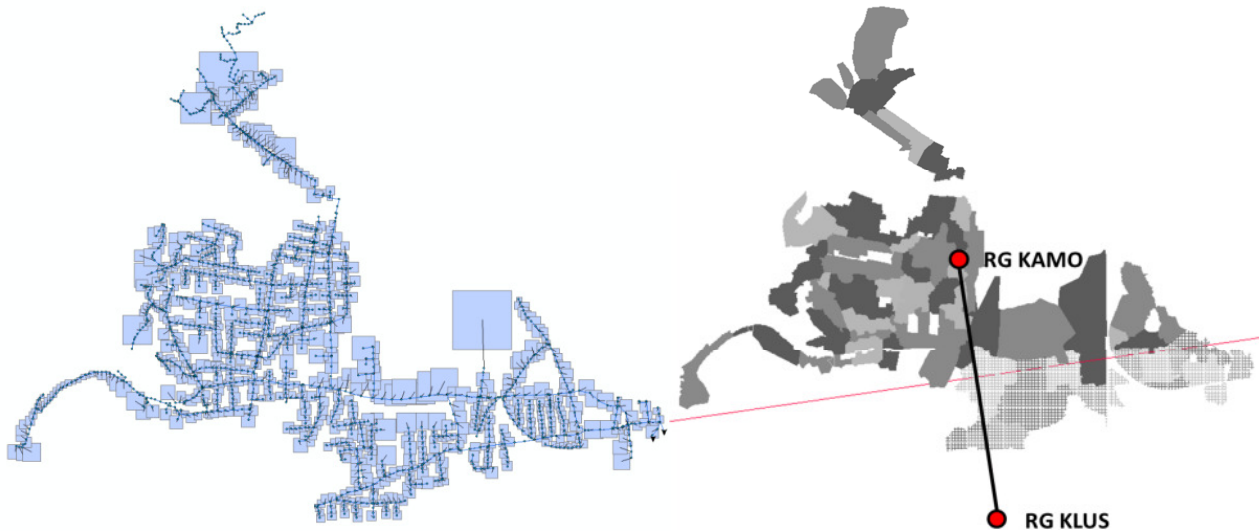


Abbildung 66: Links: Hydrodynamisches Abflussmodell des Einzugsgebietes Graz-West R05, rechts: Einzugsgebiet inkl. der beiden Niederschlagsmessstationen KAMO und KLUS (Veit, 2009 bzw. Gamerith, 2011)

Das vorhandene SWMM-Modell wurde für das Projekt mit einem Schmutzfrachtansatz für den Parameter AFS erweitert, um mittels Langzeitsimulation die Variabilität des AFS-Schmutzstofftransportes und – austrages am CSO-R05 abzuschätzen. Dafür erfolgte zunächst eine Neuordnung des Einzugsgebietes zu den beiden Niederschlagsmessstationen KAMO (Standort Karl-Morre-Straße) und KLUS (Standort Klusemannstraße). Danach erfolgte die Kalibrierung des hydrodynamischen Modells (getrennt für Trockenwetter und Regenwetterabfluss) mittels der beiden nachfolgenden Schritte:

- i) Kalibrierung der Hydraulik und des Schmutzfrachttransportes für AFS im Zulaufkanal zur Mischwasserentlastung CSO-R05
- ii) Kalibrierung der Hydraulik und des Schmutzfrachttransportes für AFS im Entlastungskanal (Entlastungsabfluss) der Mischwasserentlastung CSO-R05 zur Mur

Als Kalibrierungszeitraum für das Jahres-Entlastungsvolumen wie auch für die Jahres-Entlastungsfracht für AFS wurden zeitlich hoch aufgelöste Messdaten (1 min Intervall) für das gesamte Jahr 2009 verwendet. Im SWMM-Modell wurden die im Jahr 2009 gemessenen Niederschlagsdaten der Messstationen KLUS und KAMO als Regenserie angesetzt. Im Modell wurde ein maximal möglicher Drosselabfluss definiert, wodurch das Rückstauverhalten des Hauptsammlers näherungsweise mitberücksichtigt werden konnte. Entlastungsereignisse mit einer Abflussspitze von mehr als $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ wurden dabei nicht berücksichtigt, da größere Abflüsse vom verwendeten Durchflussmengenmesssystem analog nicht erfasst werden konnten. Nach jedem Simulationsdurchlauf für das Jahr 2009 wurden die Entlastungsvolumina der einzelnen Ereignisse aufsummiert und mit den Messdaten verglichen. Schließlich lieferten die Simulationsberechnungen bezogen auf das jährliche Entlastungsvolumen für das Jahr 2009 mit einem maximal möglichen Drosselabfluss von $0,46 \text{ m}^3/\text{s}$ im Vergleich zu den gemessenen Volumina ein sehr zufriedenstellende Übereinstimmung. Nach Abschluss der Kalibrierung für das Jahr 2009 erfolgte eine Validierung der sensitiven Modellparameter anhand der ebenfalls vorhandenen Zeitreihen für die Jahre 2006 und 2010. Bei der hydraulischen Kalibrierung der Jahres-Entlastungsvolumina konnte mit dieser Vorgehensweise schließlich eine Abweichung von den gemessenen Entlastungsvolumina von unter 5 % erreicht werden (siehe Tabelle 33).

Tabelle 33: Ergebnisse der hydraulischen Kalibrierung und Validierung des hydrodynamischen Modells des Einzugsgebietes Graz-West R05 an der Mischwasserentlastung CSO-R05 für die Jahre 2006, 2009 und 2010.

Jahr	Anzahl der Mischwasserereignisse	Entlastungsvolumina (m³)		Relative Abweichung (%)
		Simulation SWMM	Online-Messung	
2006	20	65.806	65.207	0,92
2009	20	76.103	72.970	4,29
2010	23	37.246	37.828	-1,54

Nach Abschluss der hydraulischen Kalibrierung erfolgte eine Kalibrierung des Schmutzfrachtmodells für die AFS-Frachtabschätzung. Hierbei erfolgte zunächst für den Trockenwetterfall eine Kalibrierung für AFS im Zulaufkanal zur Mischwasserentlastung CSO-R05. Über entsprechende Verteilungskoeffizienten KD können in weiterer Folge an AFS adsorbierte Anteile ausgewählter Spurenstoffe abgeschätzt werden (siehe Abbildung 67).

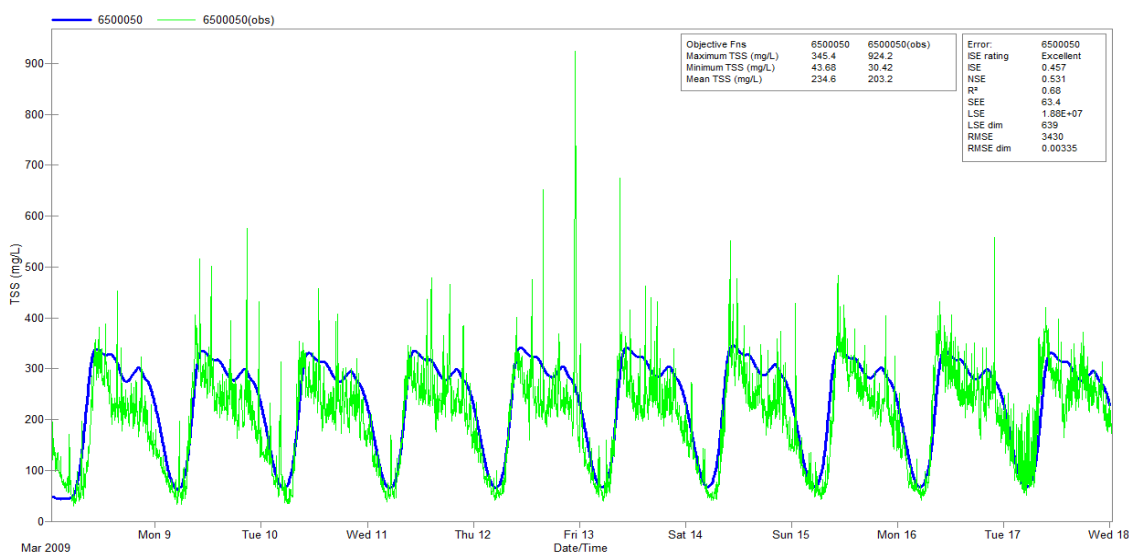


Abbildung 67: Vergleich der gemessenen (grün) und simulierten (blau) AFS-Konzentrationen in einer repräsentativen Trockenwetterperiode.

Für die Abschätzung der jährlich entlasteten AFS-Schmutzfrachten wurde der Ansatz einer durchschnittlichen konstanten Niederschlagswasserkonzentration von 140 mg/L gewählt. Die Kalibrierung erfolgte analog zur hydraulischen Kalibrierung für das Jahr 2009. Die Validierung wurde wiederum für die Jahre 2006 und 2010 durchgeführt. Damit konnten im Vergleich zu den parallel durchgeführten Messungen Abweichungen in den entlasteten AFS-Jahresfrachten von ca. 8 % erreicht werden (siehe Tabelle 34).

Tabelle 34: Ergebnisse der Schmutzfracht-Kalibrierung und -Validierung für AFS für das hydrodynamische Schmutzfrachtmodell im Einzugsgebietes Graz-West an der Mischwasserentlastung CSO-R05 für die Jahre 2006, 2009 und 2010.

Jahr	Anzahl der Mischwasserereignisse	Entlastungsvolumina (m³)		Relative Abweichung (%)
		Simulation SWMM	Online-Messung	
2006	20	9.447	8.735	8,14
2009	20	5.376	5.831	-7,80
2010	23	11.112	10.703	3,82

8.3.2 Siedlungsgebiet 2: Einzugsgebiet des Abwasserverbandes Region Hofsteig / Vorarlberg

ARA Hofsteig

Die ARA Hofsteig mit einer Ausbaugröße von 138.150 EW_{BSB5-60} ist eine kommunale Kläranlage mit hohem Indirekteinleiteranteil in der Nähe des Bodenseeufer der Gemeinde Hard. Die Reinigung der Abwässer erfolgt nach der Vorklärung (Volumen 1.320 m³) in der einstufigen Biologie in drei längsdurchströmten Umlaufbecken mit Membran-Tiefenbelüftung (Gesamtvolumen 17.000 m³) und anschließender Nachklärung in zwei Becken (Gesamtvolumen 9.000 m³). Phosphor wird durch eine Simultanfällung eliminiert. Die Bemessungswerte für BSB₅ und CSB betragen 8.288 kg/d bzw. 14.400 kg/d. Die hydraulische Bemessungswassermenge bei Trockenwetter liegt bei 29.000 m³/d. Die Anlage ist im Mittel zu 99 % bezüglich BSB₅, 116 % bezogen auf CSB und zu 63 % bei der hydraulischen Belastung ausgelastet. Die gereinigten Abwässer werden in den Mündungsbereich der Dornbirnerach eingeleitet. Die Anlage ist insbesondere durch hohe CSB-Zulaufmengen überlastet. Eine Erweiterung ist im Bau.

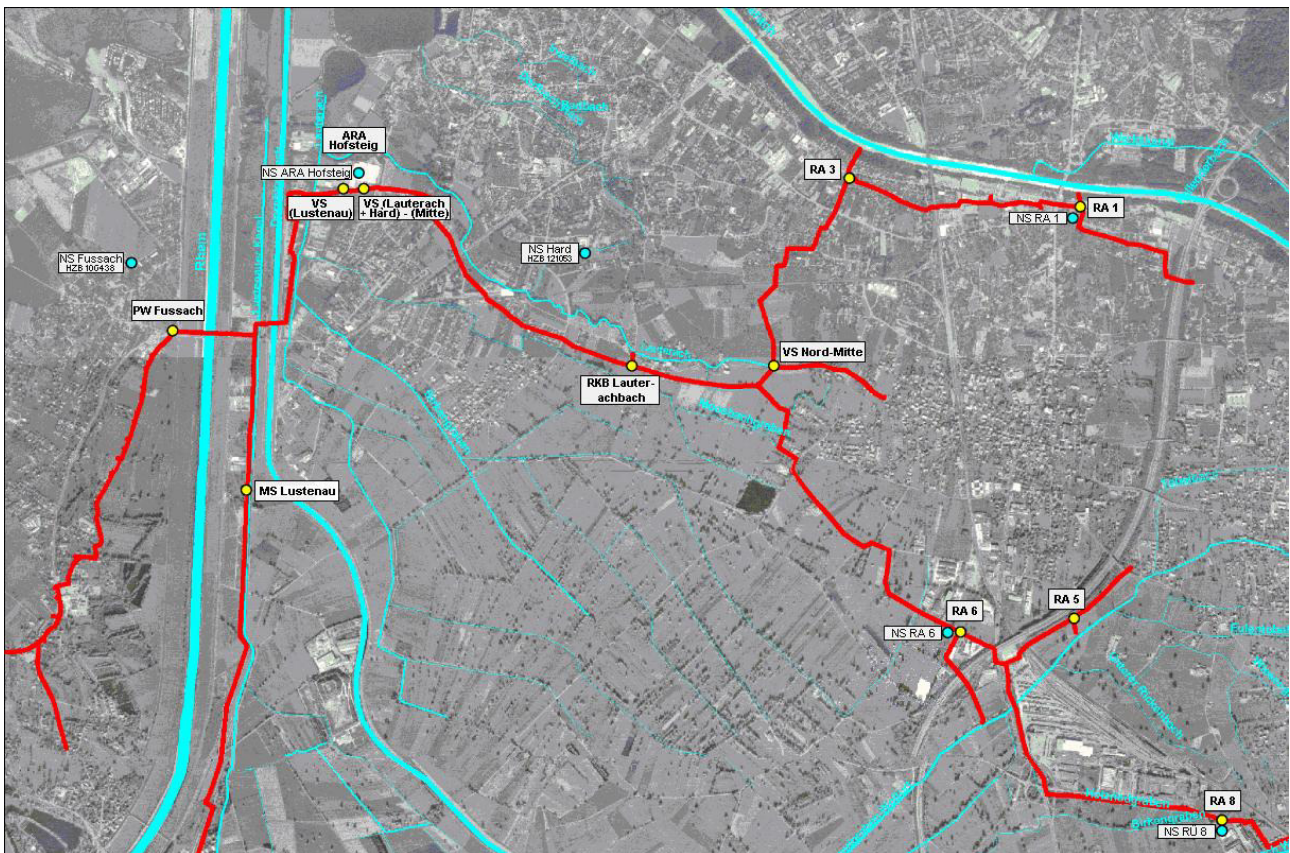


Abbildung 68: Abbildung eines Ausschnitts des Einzugsgebietes der ARA Hofsteig

Im Einzugsgebiet der ARA Hofsteig befinden sich sieben Gemeinden im unteren Rheintal mit insgesamt 62.000 Einwohnern, die zum Abwasserverband Hofsteig zusammengeschlossen sind. Die Abwässer weisen einen hohen Indirekteinleiteranteil (60-70 %) auf. Durch das große Einzugsgebiet und viele kleine bis mittlere Betriebe wird der Zulauf nicht von einem einzelnen Indirekteinleiter dominiert. Maßgeblich sind Abwässer aus der Abfallwirtschaft, Textilveredelung, Getränkeabfüllung, Metalloberflächenbehandlung sowie Wäschereien.

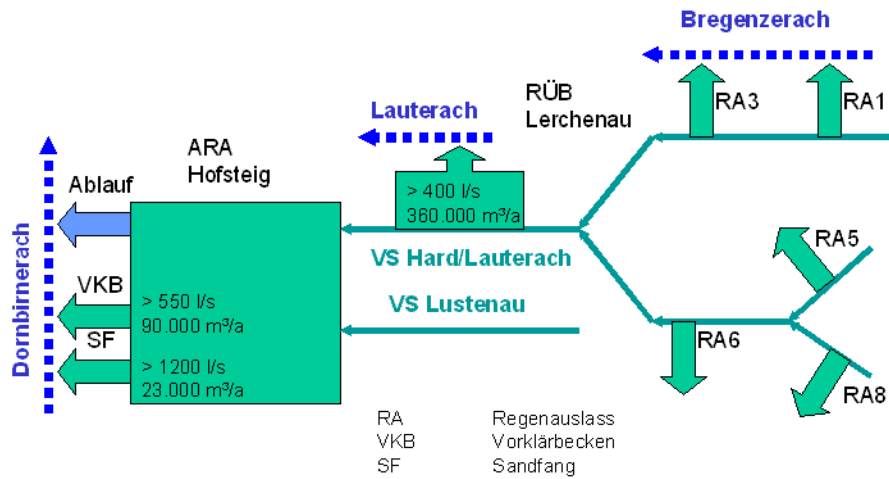


Abbildung 69: Schematische Darstellung eines Ausschnitts des Einzugsgebiets der ARA Hofsteig

Der Wasserverband Hofsteig besitzt eine Modellierung des betrachteten Teils des Verbandsnetzes aus dem Jahre 2005. Der Anschlussgrad beträgt 89,1 %. Die Ergebnisse der Entwässerungsplanung zeigen die Möglichkeiten der Kanalraumbewirtschaftung. Alle Verbandssammler sind als Mischwasserkanäle ausgeführt. Trennkanalisationen sind bei den Verbandsgemeinden vorhanden.



Abbildung 70: Übersicht der Probenahmestelle im Einzugsgebiet der ARA Hofsteig

Mischwasserüberlaufbecken Lerchenau

Im Einzugsgebiet des Abwasserverbandes Region Hofsteig befindet sich in der Gemeinde Lauterach das Mischwasserüberlaufbecken Lerchenau (Abbildung 71). Die drei Durchlaufbecken sind im Nebenschluss mit insgesamt 1950 m³ und einem spezifischen Beckenvolumen von 13 m³/ha_{red} ausgeführt. Im Auslauf der Becken sind automatische Rechenanlagen installiert. Die vorhandenen Mengenmessungen eignen sich zur Ansteuerung eines mengenproportionalen Probenahmeegerätes am Auslauf des Entlastungskanal.

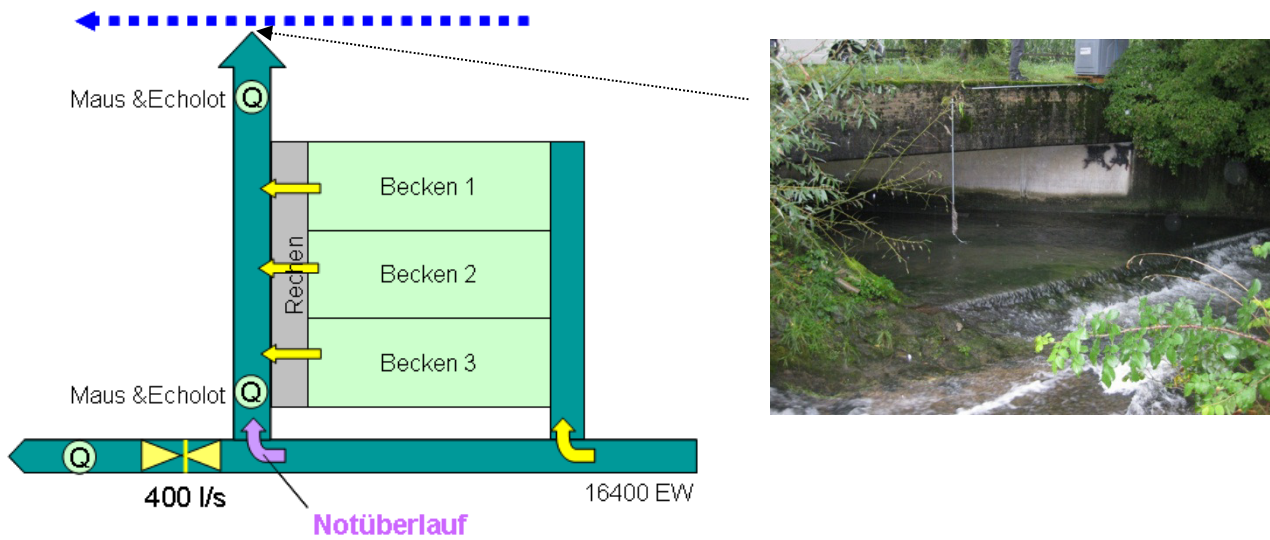


Abbildung 71: Schematische Darstellung des Mischwasserüberlaufbeckens Lerchenau

Für die ereignis-/mengenproportionale Ansteuerung des Probenahmegerätes wurde wegen der geographischen Gegebenheiten eine für diesen Zweck optimierte Funkstrecke entwickelt. Im Zeitraum Mai bis August 2011 wurden an dieser Probenahmestelle vorbereitend mehrere mengenproportionale Probenahmen durchgeführt und die typischen Kläranlagenparameter untersucht. Dabei konnten wichtige Informationen über die Dynamik in hydraulischer Hinsicht und die Konzentrationsbereiche wichtiger Referenzparameter gewonnen werden.

Niederschlagswassereinleitung Pumpwerk Birkengraben

Im Einzugsgebiet der ARA Hofsteig in Hard liegt ca. 1 km westlich von der Mischwasserentlastung Lerchenau entfernt das Pumpwerk Birkengraben. An dieser Stelle werden die Niederschlagswässer aus der Trennkanalisation des Ortsteils Erlach mit ca. 1.250 Einwohnern in einem Sammelbecken vereinigt. Das Trennkanalsystem dient insbesondere der Straßenentwässerung (vgl. Punkt 4.2) und der Ableitung von Dachabwässern. Die geschätzte abflussrelevante Fläche liegt bei ca. 16 ha. Das Siedlungsgebiet ist relativ neu, wodurch Fehlanlüsse zwar nicht auszuschließen aber eher unwahrscheinlich sind.



Abbildung 72: Birkengraben und schematische Darstellung der Trennkanalisation im Harder Ortsteil Erlach

Die Kanäle werden im Rückstau betrieben. Am Sammelpunkt aller Niederschlagswasserkanäle im Bereich des Baches befindet sich ein Becken (siehe Abbildung 73), aus welchem im Regenwetterfall mittels Niveausteuern das Wasser in den Bach gepumpt wird, da bei hoher Wasserführung der Wasserpegel über dem

Niveau des Sammelbeckens liegen kann. Im Pumpwerk sind zwei Pumpen mit einer Leistung von je 400 m³/h und zwei mit einer Leistung von je 2.300 m³/h installiert.

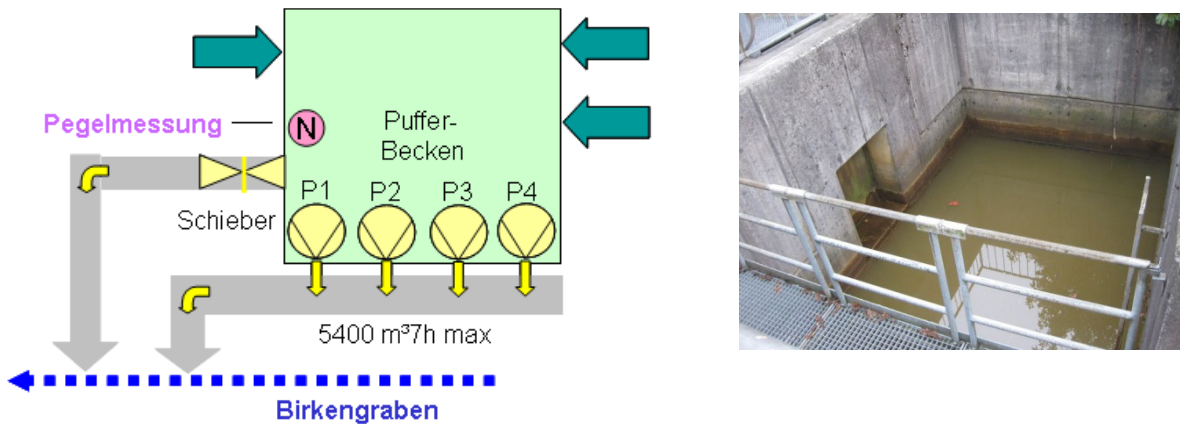


Abbildung 73: Schematische Darstellung des Pumpwerks Birkengraben und Abbildung des Sammelbeckens

Niederschlagsproben

Für die Gewinnung der Niederschlagsproben wurden zwei Strategien angewendet. Im ersten Fall wurden auf dem Gelände der ARA Hofsteig in Hard alle Niederschläge von Juli bis Dezember 2012 gesammelt und fortlaufend akkumulierend in einem großen Kunststoffkanister eingefroren.

Zusätzlich wurden fünf Niederschlagsereignisse beprobt. Hierzu wurden die Niederschläge an zwei Standorten in Hard, Erlach (Entwässerungsgebiet des Pumpwerks Hard) und Lauterach, Unterdorf (Im Einzugsgebiet der Mischwasserentlastung Lerchenau) mit Glastrichtern mit einem Durchmesser von je 30 cm und Glasflaschen (je 5l) gesammelt und zu einer Mischprobe vereinigt. Insgesamt wurden acht Sammler aufgestellt, um die erforderliche Probenmenge zu erhalten.

Für die quantitative Erfassung der Niederschläge wurden die Daten der automatischen Messstation in Hard, Rotachstraße verwendet. Diese Station liegt ziemlich genau in der Mitte der Probenstellen.

Die Verteilung der Niederschlagsprobenahmestellen im Untersuchungsgebiet Hard/Lauterach ist in *Abbildung 70* dargestellt.

8.3.3 Siedlungsgebiet 3: Einzugsgebiet Linz und Umgebung - Regionalkläranlage Linz Asten

Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Das Untersuchungsgebiet für den Großraum Linz bezieht sich auf das Einzugsgebiet der Regionalkläranlage (RKL) Linz-Asten, welches sich auf eine Fläche von rund 900 km² erstreckt (siehe *Abbildung 74*).

Die RKL Linz-Asten ist auf eine Kapazität von 950.000 EW_{BSB5-60} ausgelegt und wird von der Linz AG Abwasser betrieben. Es wird hier die Reinigung des Abwassers der Stadt Linz und zusätzlich von 39 Umlandgemeinden inkl. einiger größerer Industrie- und Gewerbebetriebe durchgeführt.



Abbildung 74: Hauptsammelkanäle im Einzugsgebiet der Regionalkläranlage Linz-Asten, (www.linzag.at, Zugriff: 2012-09-18), (Wendner, 2011, modifiziert)

Messstandort im Untersuchungsgebiet 3

Der Messstandort befand sich direkt auf dem Gelände der RKL Linz-Asten. Im Trockenwetterfall ist die Kläranlage hydraulisch auf 2,2 m³/s ausgelegt. Die maximale Mischwassermenge, die von der RKL über die vier Förderschnecken mit einer Förderkapazität von jeweils 2,2 m³/s übernommen werden kann, beträgt 8,8 m³/s (momentan nur 8,0 m³/s wegen baulicher Einschränkungen möglich), wovon aber nur maximal 4,8 m³/s der biologischen Reinigungsstufe zugeleitet werden können. Die restlichen Mischwassermengen werden im Regenwetterfall nach den beiden Vorklärbecken (VKB) über eine Mischwasserentlastung Richtung Donau abgeworfen, die mit einem durchschnittlichen Abfluss von 2.000 m³/s ein sehr leistungsfähiges Gewässer ist.

Auf Grund einer behördlichen Auflage müssen die an dieser Mischwasserentlastung im Regenwetterfall abgeschlagenen Schmutzfrachten mengenproportional beprobt werden, weshalb die Abwurfstelle mit einem mengenproportional angesteuerten und gekühltem Probenahmegerät ausgestattet ist.

Im Rahmen des EU-FP7-Projektes SUDPLAN (www.sudplan.eu) wurde im Bereich der Vorklärbecken ein Sensornetzwerk betrieben, mit welchem der CSB- und AFS-Rückhalt in den Linzer Vorklärbecken abgeschätzt werden sollte. Dabei war insbesondere der Feststoff-Rückhalt für den erforderlichen AFS-Weiterleitungswirkungsgrad nach dem ÖWAV Regelblatt 19 (2007) in den beiden Vorklärbecken von Interesse.

Die Auswahl der RKL Linz-Asten bot die Möglichkeit, an drei unterschiedlichen Stellen Proben zu gewinnen. Die Probenahme konnte im Zulauf und im Ablauf der Kläranlage sowie im Ablauf der Vorklärbecken unmittelbar vor der Schwelle des Mischwasserüberlaufs durchgeführt werden. Dabei konnte davon ausgegangen werden, dass die Abwasserqualität dieser Probenahmestelle mit jener der am Mischwasserüberlauf abgeschlagenen Abwasserqualitäten weitestgehend identisch sein wird (siehe Abbildung 75).

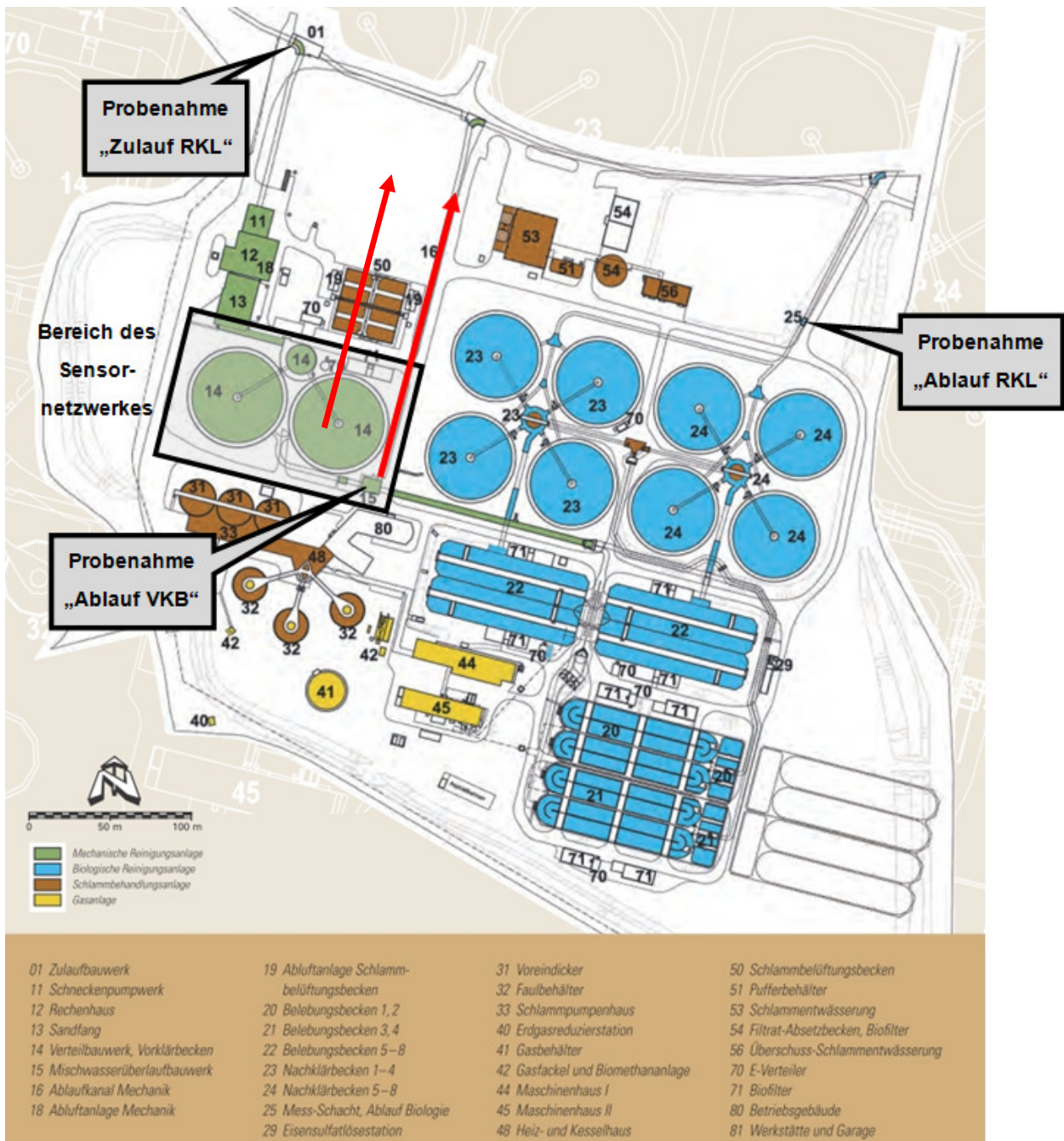


Abbildung 75: Lageplan der RKL Linz-Asten mit den 3 Standorten der Probenahme (www.linzag.at, Zugriff: 2012-09-18)

Die Durchflussdaten an verschiedenen Stellen auf der RKL wurden einmal täglich über E-Mail auf einen Server der TU Graz übermittelt und konnten somit für jedes Ereignis ausgewertet werden. Es standen die folgenden Durchflussdaten zur Verfügung:

- $Q_{\text{Zulauf_RKL}}$ Durchfluss im Zulauf zur RKL vor dem Schneckenpumpwerk
- $Q_{\text{Mischwasserüberlauf}}$ Durchfluss im Entlastungskanal des Mischwasserüberlaufes
- $Q_{\text{Industrie_Nettingsdorf}}$ Durchfluss in der Zuleitung der Nettingsdorfer Papierfabrik vor Biologie
- $Q_{\text{Industrie_voest}}$ Durchfluss in der Zuleitung der Voest vor Biologie
- $Q_{\text{Zulauf_Biologie}}$ Durchfluss im Zulauf zur Biologie (Industrieabwässer bereits enthalten)
- $Q_{\text{Ablauf_Biologie}}$ Durchfluss im Ablauf der Biologie

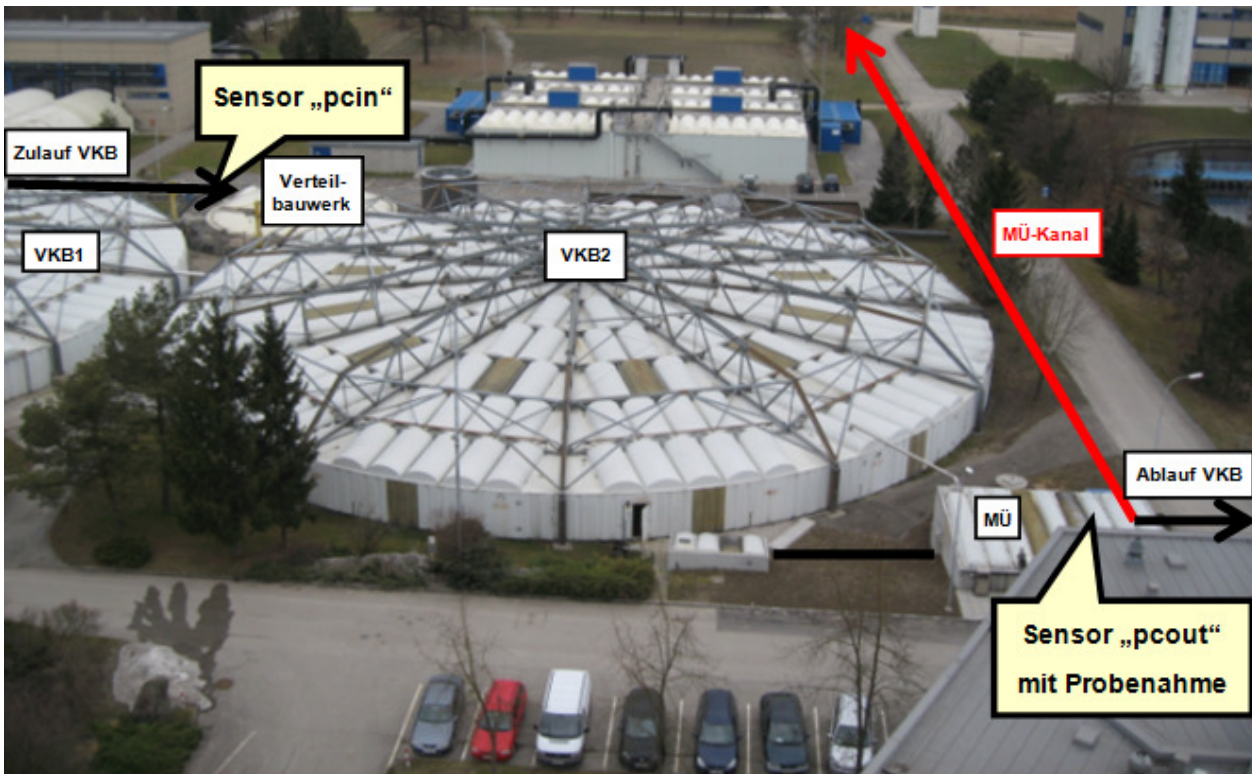


Abbildung 76: Übersicht des SUDPLAN-Sensornetzwerkes im Bereich der Vorklärung auf der RKL Linz-Asten

Vergleichbar mit den eingesetzten Messsystemen an der MS Graz bot das installierte Sensornetzwerk auch für den Standort Linz die Möglichkeit, Wasserqualitäten und –mengen bei unterschiedlichen Abflussverhältnissen mit einer hohen zeitlichen Auflösung online zu erfassen. Es kamen hier ähnlich wie an der MS Graz zwei baugleiche UV/VIS-Spektrometersonden der Firma s::can zum Einsatz (Beschreibung siehe Abschnitt 8.3.1). Die erste Sonde war starr im Zulauf zu den Vorklärbecken vor dem Verteilbauwerk installiert (Standort „pcin“ ... primary clarifier inflow, Abbildung 77). Die zweite Sonde war ähnlich wie in Graz im Ablaufbauwerk der Vorklärbecken schwimmend auf einem abgehängten Ponton direkt neben der Schwelle des Mischwasserüberlaufs installiert (Standort „pcout“ ... primary clarifier outflow, Abbildung 78).

Zusätzlich wurde in unmittelbarer Nähe zu beiden Sonden jeweils auch der Wasserstand mittels Ultraschallmesssysteme gemessen.

Folgende Konzentrationen von Qualitätsparametern wurden mithilfe der beiden Spektrometersonden kontinuierlich gemessen:

- AFSeq Abfiltrierbare Stoffe (mg/L)
- CSBeq Chemischer Sauerstoffbedarf (homogenisiert) (mg/L)
- CSBfeq Chemischer Sauerstoffbedarf (filtriert) (mg/L)
- BSB₅eq Biochemischer Sauerstoffbedarf (mg/L)
- TOCe_q gesamter organischer Kohlenstoff (mg/L)
- DOCe_q gelöster organischer Kohlenstoff (mg/L)
- NO₃-Neq Nitrat-Stickstoff (mg/L)

Für die Auswertung von erfolgreich beprobten Ereignissen standen somit auch die Verläufe von Äquivalenzkonzentrationen für einzelne Summenparameter und daraus ermittelte Frachtsummenlinien zur Verfügung.



Abbildung 77: Sensorstandort „pcin“ im Zulauf zur Vorklärung der RKL Linz-Asten



Abbildung 78: Sensorstandort „pcout“ im Ablauf der Vorklärung der RKL Linz-Asten im Bereich der Mischwasserentlastung

Der Sensor im Ablauf der Vorklärung war in unmittelbarer Nähe zum Mischwasserüberlauf (siehe *Abbildung 78*) angeordnet. Für die Zielsetzungen des Projektes konnten somit Äquivalenzkonzentrationen ermittelt werden, die auch auf den abgeschlagenen Abfluss im Entlastungskanal während eines Mischwasserereignisses übertragen werden konnten. Da im Mischwasserfall zum Großteil nur die im oberen Teil des Abflussquerschnittes befindlichen Stoffe zur Entlastung gelangen, war es durchaus zulässig, die berechneten Spektrometerwerte als Referenz zu verwenden, da dieser an der Unterseite eines Pontons befestigt war und sich damit immer in der Nähe des Wasserspiegels befand.



Abbildung 79: Mischwasserüberlaufbauwerk am Sensorstandort „pcout“ im Ablauf der Vorklärung der RKL Linz-Asten

In der folgenden Abbildung ist das schwimmende Ponton und im Hintergrund der Probenahmeschlauch des fix-installierten Probenahmegerätes zur Erfassung der entlasteten Abwasserqualitäten zu sehen.



Abbildung 80: Schwimmendes Ponton und Probenahmeschlauch des Probenahmegerätes im Hintergrund an der Probenahmestelle „pcout“ im Ablauf der Vorklärbecken

Betriebsprobleme mit den beiden Spektrometersonden:

Im Betriebszeitraum von Jänner bis Oktober 2012 musste leider ein wesentlicher Mangel im installierten Sensornetzwerk festgestellt werden. Um im Dauerbetrieb plausible Daten zu garantieren, ist es erforderlich, die Messfenster der beiden eingesetzten Spektrometersonden frei von Ablagerungen und Belägen zu halten.

Das sollte durch eine regelmäßige Druckluftspülung sichergestellt werden, wofür jeweils zwei Kompressoren zum Einsatz kamen. Die vom Lieferanten des Sensornetzwerkes gelieferten beiden Kompressoren waren offensichtlich für den erforderlichen Dauerbetrieb an diesen Messstellen nur eingeschränkt geeignet, da sie während des Messbetriebes bereits mehrfach ausgefallen und ausgetauscht werden mussten. Beim Ausfall eines Kompressors baut sich bei der sehr speziellen Beschaffenheit des Linzer Abwassers relativ schnell ein Belag auf den Messfenstern auf, der in weiterer Folge eine stete Drift der Messwerte nach oben zur Folge hat, der die Datenqualität stark beeinträchtigte. Da es bei den beiden verwendeten Messstationsrechnern im Sensornetz leider nicht möglich war, den Kompressordruck als analoges Messsignal in die Datenerfassung miteinzubinden, erhielt man während des Betriebes leider auch keine Information über den Ausfall eines Kompressors. Daher konnte der Zeitpunkt eines beginnenden Datendriffs nicht genau festgestellt werden. Dieser essentiellen betrieblichen Notwendigkeit wurde an der MS Graz schon vor längerer Zeit Rechnung getragen, in dem man den Kompressordruck kontinuierlich mitaufzeichnet und bei einem Absinken des Kompressordrucks sofort eine Alarmierung für den Betreiber auslösen kann.

Vorhandenes Simulationsmodell im Untersuchungsgebiet

Nachdem im Rahmen des SUDPLAN-Projektes auf Basis von in die Zukunft extrapolierten Klimaszenarien der Stoffaustrag aus dem gesamten Einzugsgebiet der RKL abgeschätzt wurde, wurde von der TU Graz, welche den Piloten Linz im Rahmen des SUDPLAN-Projektes betreute, ein kalibriertes Simulationsmodell des gesamten Einzugsgebietes mit der Software SWMM (U.S. EPA) erstellt (siehe *Abbildung 81*).

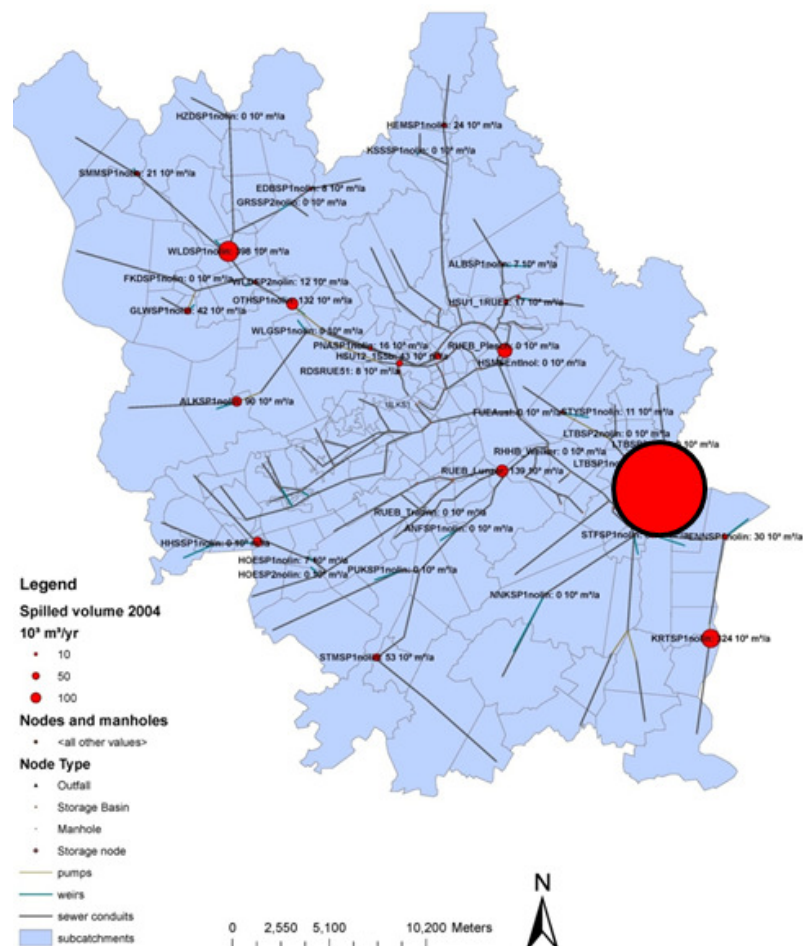


Abbildung 81: SWMM-Modell des Einzugsgebietes der RKL Linz-Asten mit den durchschnittlichen jährlichen Entlastungsmengen für das Jahr 2004

Dabei wurden in einem aggregierten Grobnetz alle Mischwasserentlastungsbauwerke und -speicher im gesamten Einzugsgebiet zur Kläranlage abgebildet und modelliert. In *Abbildung 81* sind die durchschnittlichen jährlichen Entlastungsmengen für das Jahr 2004 dargestellt. Demnach werden im Jahresdurchschnitt ca.

60 % der bei Regenwetter im Kanal abfließenden Niederschlagswassermengen nach den beiden Linzer Vorklärbecken abgeschlagen.

Nachdem diese abgeschlagenen Mengen sowohl mit einem automatischen mengenproportionalen Probenahmesystem regelmäßig beprobt und im Labor der RKL auf die klassischen Abwasserinhaltsstoffe hin analysiert werden als auch mittels dem von der TU Graz erstellten SWMM-Modell mittels Langzeitsimulationen simuliert werden können, war das Einzugsgebiet der RKL auch bestens als Untersuchungsgebiet für das gegenständliche Projekt geeignet.

Depositionsproben

Bei der Sammlung von Niederschlag im Untersuchungsgebiet Linz sollte der jahreszeitliche Einfluss auf die Zusammensetzung der darin enthaltenen Stoffe an einem Standort abgeschätzt werden. Es wurde die Gesamtdeposition erfasst. Die nachfolgende *Abbildung 82* enthält eine Übersicht des Jahresniederschlages in Linz für die Jahre 2009 bis 2011.

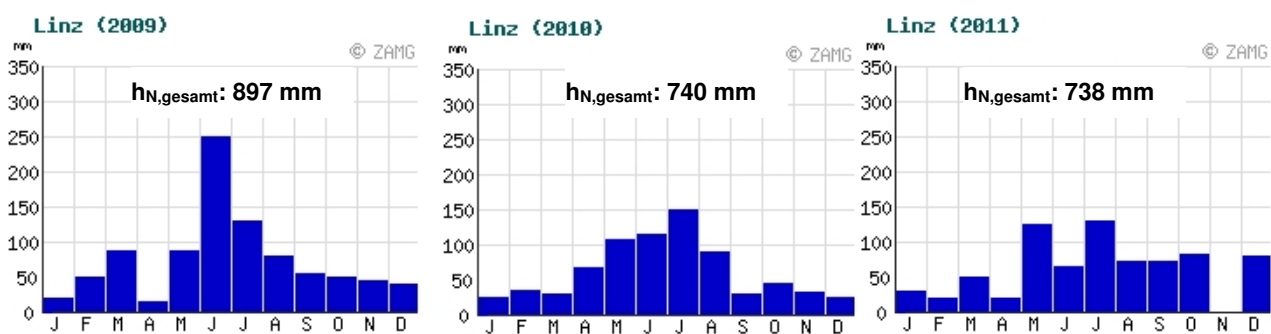


Abbildung 82: Jahresniederschlag von Linz für die Jahre 2009 - 2011 (www.zamg.ac.at, Zugriff: 2012-09-18)

Als Standort für die Sammlung der Depositionsproben wurde das Freigelände der RKL Linz-Asten gewählt. Gründe dafür waren vor allem die Möglichkeit der Mitnutzung der Messdaten des auf der RKL betriebenen Regendistrometers (Fa. Ott, Typ Parsivel) und die Bereitschaft des Betriebspersonals der Kläranlage, die wöchentliche Entleerung des Sammelbehälters sowie die Protokollierung der gewonnenen Depositionsproben durchzuführen. Der Aufstellort wurde in direkter Nähe zum vorhandenen Distrometer gewählt, um die gesammelten Regenwassermengen mit den Messdaten vergleichen zu können (siehe *Abbildung 83*).



Abbildung 83: Orthofoto und Standort der Niederschlagsammeleinrichtung auf der RKL Linz-Asten (maps.google.at, Zugriff: 2012-09-18)

8.3.4 Siedlungsgebiet 4: Niederschlagswasserableitung aus der Trennkanalisation in einem Siedlungsgebiet im Osten Österreichs

Beschreibung des Untersuchungsgebietes 4

Im Untersuchungsgebiet eines Siedlungsgebietes im Osten Österreichs wurden die anfallenden Abwässer in einem klassischen Trennsystem mit Schmutz- und Niederschlagswasserkanälen gesammelt und abgeleitet. Einer der größeren Niederschlagswasserkanäle im Untersuchungsgebiet dient gleichzeitig auch als Vorflut für einen kleineren Bach, der ebenfalls in die Niederschlagswasserkanalisation eingeleitet wird. Zur Bearbeitung der projektrelevanten Fragestellungen wurden alle Beprobungen an einem Niederschlagswasserkanal im Einzugsgebiet durchgeführt, an dem folgende Voraussetzungen gewährleistet werden konnten:

- Einfache Erreichbarkeit der Probenahmestelle
- Begehbarkeit des Kanalquerschnitts möglich
- Sicherer Einbau des Probenehmers und des erforderlichen Durchflussmesssystems möglich

Das an den Niederschlagswasserkanal angeschlossene Einzugsgebiet weist eine Gesamtfläche von etwa 64 ha auf, wovon rund 26 ha versiegelt sind.

Messtandorte im Untersuchungsgebiet 4

Im Niederschlagswasserkanal wurden vom Kanalnetzbetreiber für die Dauer der Untersuchungen dankenswerterweise ein mobiles Durchflussmengenmessgerät und ein mobiles Probenahmegerät (Untersatz mit 24 Flaschen je 1,0 Liter) für die mengenproportionale Beprobung der abgeleiteten Niederschlagswässer zur Verfügung gestellt. Zudem unterstützte der Kanalnetzbetreiber das Projektteam bei dieser Probenahmestelle auch bei der Wartung und bei der Probenahme im Regenereignisfall.

Zusätzlich konnten auch die Niederschlagsdaten eines ca. 1,5 km entfernten Niederschlagsmesssystems für die Auswertung der Ereignisse zur Verfügung gestellt sowie auch wieder Depositionsproben (Gesamtdeposition) gesammelt werden.

In der nachfolgenden Abbildung sind das Profil des beprobten Niederschlagswasserkanals, in dem auch ein kleiner Bach geführt wird, das an der Kanalsohle installierte Durchflussmesssystem sowie der Ansaugschlauch des mobilen Probenehmers dargestellt.



Abbildung 84: Profil des untersuchten Niederschlagswasserkanals mit installiertem Durchflussmesssystem und Probenahmeschlauch

Depositionsproben

Bei der Sammlung der Depositionsproben im Untersuchungsgebiet 4 sollte in Anlehnung an das Untersuchungsgebiet Graz ebenfalls der geografische Einfluss auf die Zusammensetzung der in der Deposition enthaltenen Inhaltsstoffe an 3 unterschiedlichen Niederschlagsammelstellen im Untersuchungsgebiet Osten abgeschätzt werden.

Nachfolgend (Abbildung 85) wird der Jahresniederschlag im Untersuchungsgebiet für den Zeitraum von 2009 bis 2011 dargestellt.

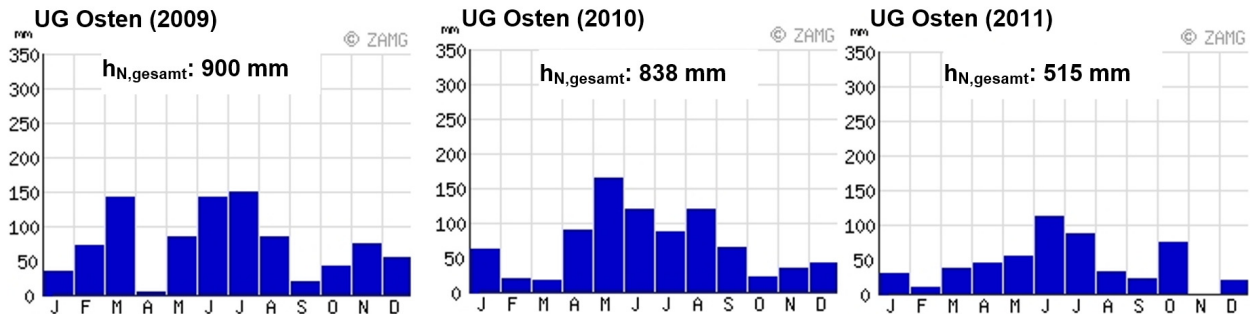


Abbildung 85: Jahresniederschlag in einem Siedlungsgebiet im Osten Österreichs für die Jahre 2009 - 2011 (www.zamg.ac.at, Zugriff: 2012-09-18)

Standort A

Am Standort A befand sich der Sammelbehälter etwa 1,5 km von der bereits beschriebenen Messstelle im Niederschlagswasserkanal entfernt, im Süden des Untersuchungsgebietes. Da in unmittelbarer Nähe zum Aufstellort eine Niederschlagsmesseinrichtung installiert ist, bestand die Möglichkeit, diese Daten für die Auswertung des Niederschlags zu verwenden (siehe Abbildung 86). Es wird die Gesamtdeposition erfasst.



Abbildung 86: Standort der Sammeleinrichtung am Standort A des Untersuchungsgebietes Osten

Standort B

Am Standort B befand sich der Sammelbehälter auf der Dachterrasse eines mehrgeschossigen Gebäudes. Der Standort lag im Norden des Untersuchungsgebietes. Damit sollte eine Abschätzung des geografischen Einflusses auf die Inhaltsstoffe des gesammelten Niederschlags möglich werden. Es wird die Gesamtdeposition erfasst.



Abbildung 87: Standort der Sammeleinrichtung am Standort B des Untersuchungsgebietes Osten

Standort C

Am Standort C befand sich der Sammelbehälter ebenfalls auf der Dachterrasse eines mehrgeschossigen Gebäudes. Der Standort lag ebenfalls im Norden des Untersuchungsgebietes etwa 3 km westlich vom Standort B entfernt. Es wird die Gesamtdeposition erfasst.

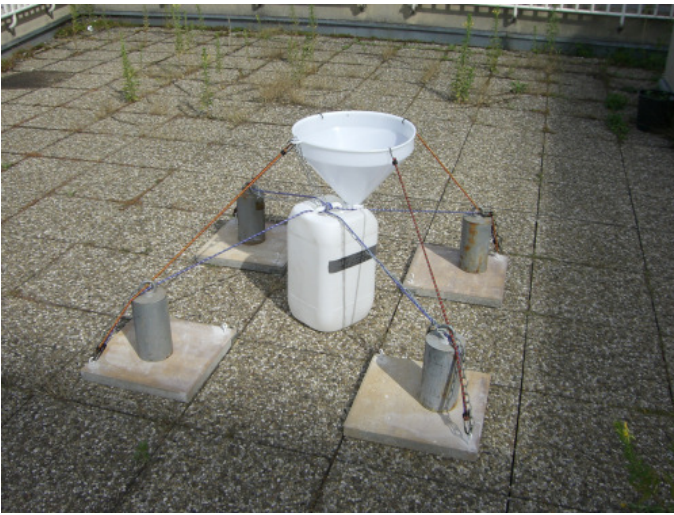


Abbildung 88: Standort der Sammeleinrichtung am Standort C des Untersuchungsgebietes Osten

8.3.5 Straßenabschnitt 1: Autobahnbrücke der A2 über die Mur

Beim betrachteten Untersuchungsgebiet handelt es sich um einen Autobahnabschnitt der A2-Südautobahn südlich der Stadt Graz, der sich zwischen den Abfahrten Knoten Graz-Ost (km 173) und Feldkirchen (km 183) befindet.

Durchschnittlich passieren täglich etwa 60.000 Kraftfahrzeuge diesen Autobahnabschnitt, der somit zu einem der meistbefahrenen in Österreich zählt. Beide Richtungsfahrbahnen weisen drei Fahrstreifen auf.

An die untersuchte Autobahntwässerung an der linken Muruferseite waren im betrachteten Abschnitt einerseits die Richtungsfahrbahnen nach Wien (km 181,100 bis km 179,750) und der Knoten Graz Ost mit einer Fläche von 4,25 ha, eine befestigte Parkplatzentwässerung nördlich der Autobahn mit einer Fläche von 5,60 ha und eine nicht befestigte (Schotter) Parkplatzfläche südlich der Autobahn mit 2,20 ha angeschlossen. Die am Kanal angeschlossene Gesamtfläche betrug somit 12,05 ha.

Im Regenwetterfall erfolgt die Ableitung des Straßenabwassers über einen Niederschlagswasserkanal, der an der Einleitungsstelle in die Mur einen lichten Durchmesser von 1.370 mm aufweist. Am Ende des Kanals befindet sich eine Drosselklappe, welche die Einleitung von Straßenabwasser in die Mur nur bei einem entsprechend hohen Abflussaufkommen und nur gedrosselt sicherstellt. Bei Trockenwetter befindet sich das Ende des Niederschlagswasserkanals auf einer Länge von ca. 120 m in einem dauerhaft eingestauten Zustand.

Unmittelbar vor der Einleitungsstelle in die Mur befindet sich ein Kontrollschacht, der sich zur Probenahme von Straßenabwässern gut eignet (siehe *Abbildung 89*). Eine detaillierte Beschreibung der Probenahmestelle erfolgt im nachfolgenden Abschnitt 8.3.5.

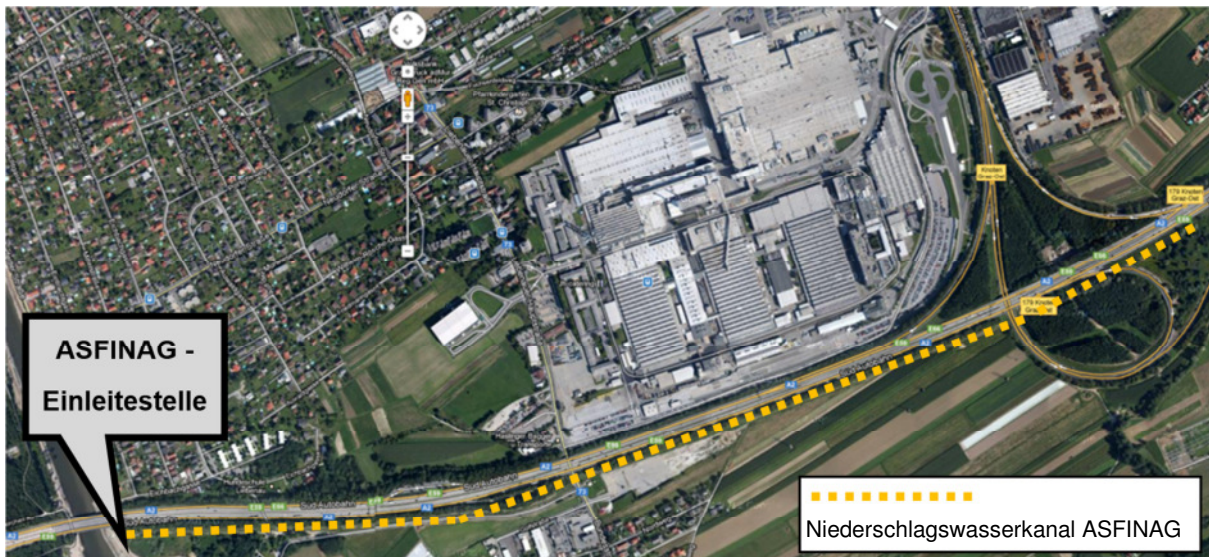


Abbildung 89: Orthofoto des Einzugsgebietes und Lage des Niederschlagswasserkanals zur Ableitung von Straßenabwasser von der A2 (maps.google.at, Zugriff: 2012-09-18)

8.3.6 Straßenabschnitt 2: Retentionsfilterbecken L202 in Hard/Lauterach

Die Straßenwässer der Brücke über die Bregenzerach und der zugehörigen südwestlichen Rampenstrecke der L202 werden nach einer Vorreinigung durch ein Retentionsfilterbecken in die Bregenzerach in Hard eingeleitet. Der durchschnittliche Jahresverkehr liegt bei ca. 26.000 KFZ/d. Davon entfallen 5 % auf den Schwerverkehr. Die gesammelten Niederschlagswässer der entwässerten Fläche (3.300 m²) werden über einen Schlammfang (6,6 m³ Nutzvolumen) in ein Filterbecken mit 330 m² Fläche geleitet. Die Zu- und Abflussmengen werden über ein Venturigerinne mit Echolotmessung erfasst. Diese Probenahmestelle wurde bereits bei früheren Projekten verwendet, weshalb zahlreiche Erfahrungswerte vorhanden waren.

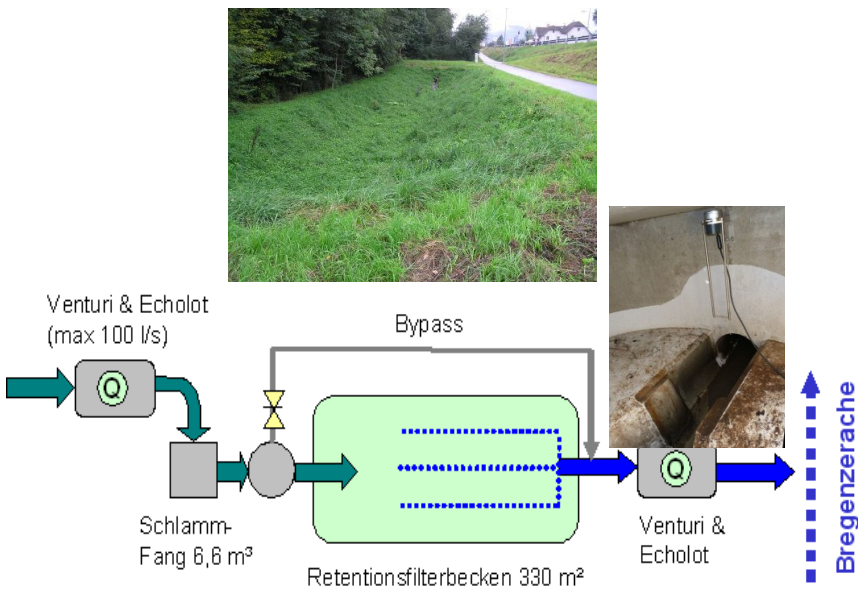


Abbildung 90: Schematische Darstellung des Retentionsfilterbeckens an der Bregenzerachbrücke an der L202 in Hard

8.3.7 Straßenabschnitt 3: A1 Autobahnregenbecken Mönchgraben

Das untersuchte Becken liegt bei km 163,920 an der Westautobahn (A1) östlich von Linz beim so genannten Ebelsberger Berg. Im Jahr 2000 lag das durchschnittliche tägliche Verkehrsaufkommen bei rund 60.500 Kraftfahrzeugen und der Schwerverkehranteil betrug rund 22 %. Damit zählt dieses Teilstück zu einem der am stärksten befahrenen Straßenabschnitte in Oberösterreich. Die Fahrbahn besteht seit der Sanierung aus Beton und in jede Richtung sind drei Fahrstreifen und ein Pannestreifen vorhanden.

Der mittlere Jahresniederschlag für den Einzugsbereich des Beckens beträgt zwischen 800 und 900 mm. Das Einzugsgebiet des Retentionsbeckens besteht aus den Flächen der beiden Richtungsfahrbahnen der A1 und beträgt in Summe 4,988 ha.

Das Retentionsbecken besteht aus einem Sedimentationsbecken und einem Bodenfilter. Das Sedimentationsbecken ist ein Erdbecken und Boden sowie der untere Bereich der Seitenwände sind zum Zwecke der besseren Räumbarkeit mit einer Asphaltschicht überzogen. Im Sedimentationsbecken verbleibt nach jedem Regenereignis eine geringe Menge Wasser samt abgesetztem Schlamm. Der Großteil des Beckeninhaltes wird langsam zum nachgeschalteten Bodenfilterbecken entleert. Der Bodenfilter besteht aus einem begrünten Becken, dessen Beckensohle unterhalb des Filterkörpers drainiert ist. Diese Drainagen laufen in einem Ablaufschacht zusammen.



Abbildung 91: Autobahnregenbecken Mönchgraben – Sedimentationsbecken, Durchflussmessung im Zulauf zum Sedimentationsbecken und installierter Probenehmer.

Die Probenahme erfolgte im Zulauf zum Sedimentationsbecken sowie im Ablaufschacht. Dazu war im Zulauf zum Verteilbauwerk des Sedimentationsbeckens sowie im Ablauf eine registrierende Mengen-, Leitfähigkeits- und pH-Messung installiert sowie automatische Probenehmer.

Die Betreuung der Probenahmemessstelle sowie die Durchführung der Probenahme erfolgte durch das Amt der Oberösterreichischen Landesregierung.

8.3.8 Grundwasser

Für die Untersuchungen im Grundwasser wurden vier Messstellen im Einzugsgebiet von Straßen sowie eine von Straßenabwässern unbeeinflusste Hintergrundmessstelle ausgewählt.

An den ausgewählten Grundwassermessstellen erfolgte ein Screening auf alle Projektstoffe, um eine erste Datengrundlage zum Vorkommen dieser Stoffe im Grundwasser zu schaffen. Die folgenden fünf Grundwassermessstellen wurden in das Untersuchungsprogramm aufgenommen und einmalig beprobt:

- PG32100242 (Niederösterreich)
- PG53100172 (Salzburg) - Hintergrundmessstelle
- PG54100342 (Salzburg)
- PG54205822 (Salzburg)
- PG80128152 (Vorarlberg)

Grundwasserpegel 1 - PG32100242

Die Grundwassermessstelle PG32100242 liegt im Grundwasserkörper Tullnerfeld [DUJ] (GK100026) in der Gemeinde Königsbrunn am Wagram. Sie liegt etwa 1,5 km nordwestlich der Ortschaft Utzenlaa in einem kleinen Waldstück direkt neben der Stockerauer Schnellstraße (S5).



Abbildung 92: Lage und oberflügender Ausbau der GZÜV-Messstelle PG32100242

Die Grundwassermessstelle wurde im Jahr 1972 von der VERBUND-Austrian Hydro Power AG (früher: Österreichische Donaukraftwerke AG) als Beobachtungspegel errichtet. Die Bezeichnung der Messstelle lautet „NTF 43, Sonde Utzenlaa 1972,003“.

Die Sonde ist 8 m tief, wurde oberflurig ausgebaut und weist einen Durchmesser von 80 mm auf.

In der nachfolgenden Abbildung ist der Verlauf des Grundwasserspiegels ausgehend von den Abstichmessungen der GZÜV dargestellt.

Seit dem Beginn der Messungen lässt sich ein leichter Anstieg des Grundwasserspiegels beobachten.

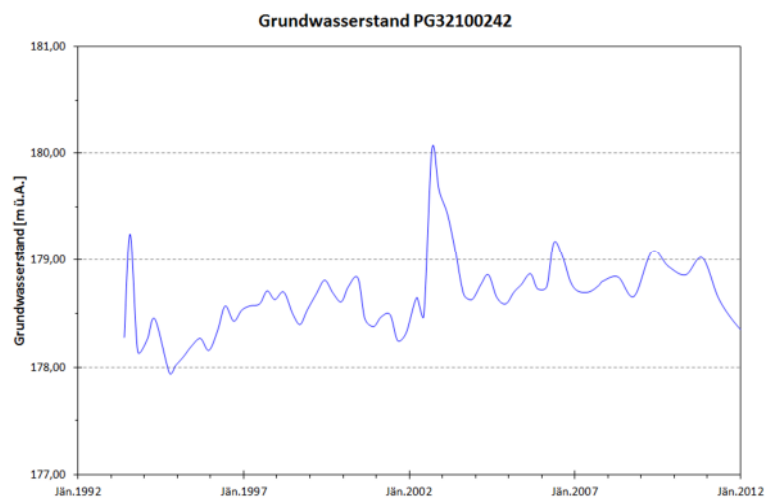


Abbildung 93: Verlauf des Grundwasserspiegels bei der GZÜV-Messstelle PG32100242

Grundwasserpegel 2 - PG54100342

Die GZÜV-Messstelle PG54100342 befindet sich im Grundwasserkörper Unteres Salzachtal [DBJ] (GK100006) an der B 155 Richtung Grenze Walserberg nach der Abzweigung nach Gois.

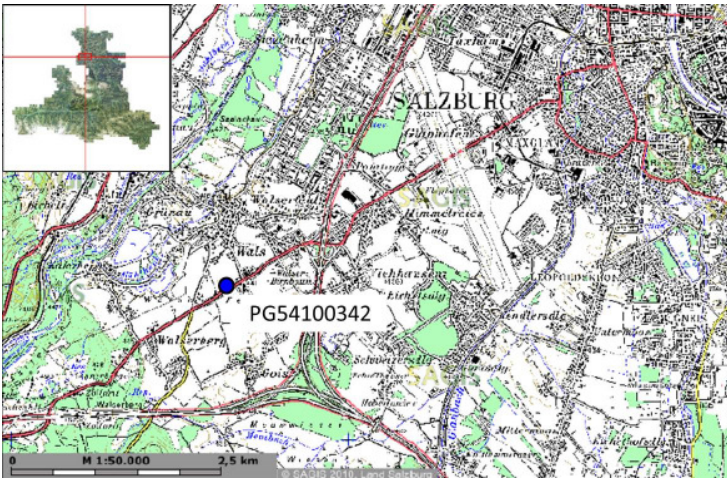


Abbildung 94: Lage der GZÜV-Messstelle PG54100342

Die Messstelle wurde im Jahr 1961 als 11,6 m tiefer Schachtbrunnen mit einem Durchmesser von 1 m errichtet.

Der Schachtbrunnen befindet sich im Keller einer Pension und wird als Hausbrunnen genutzt. Die Probenahme erfolgte über einen Hahn an der Außenseite der Pension.

Im Bereich des Schachtbrunnens wird die Wäsche gelagert und gewaschen. Die Abdeckung des Brunnens besteht aus einem geteilten Betondeckel. Eine Beeinflussung durch die im Bereich des Brunnens gelagerten Gegenstände kann nicht ausgeschlossen werden.



Abbildung 95: Schachtbrunnen im Waschkeller der GZÜV-Messstelle und Probenahmestelle.

Der Verlauf des Grundwasserspiegels zeigt einen Jahresgang. Ein Auf- oder Abwärtstrend ist jedoch nicht zu beobachten. In der nachfolgenden Abbildung ist der Verlauf des Grundwasserstands ausgehend von den GZÜV-Abstichmessungen dargestellt.

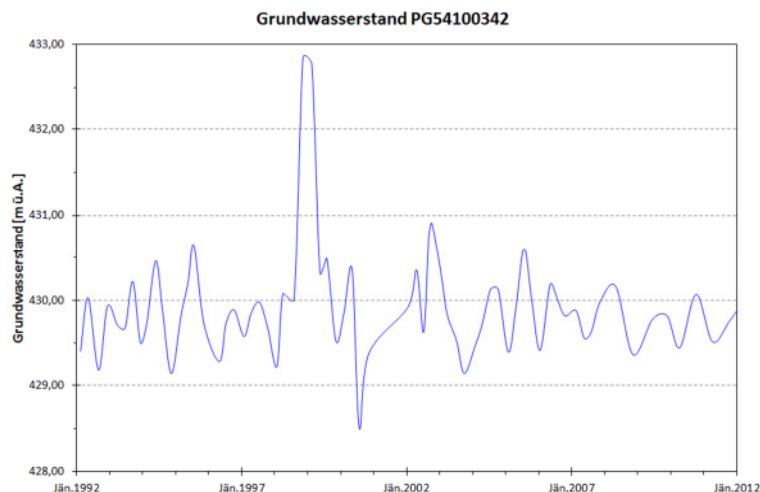


Abbildung 96: Verlauf des Grundwasserspiegels bei der GZÜV-Messstelle PG54100342

Grundwasserpegel 3 - PG54205822

Die GZÜV-Messstelle PG54205822 befindet sich im Grundwasserkörper Salzburger Alpenvorland [DUJ] (GK100054) in der Gemeinde Thalgau gleich neben der Landstraße L103.

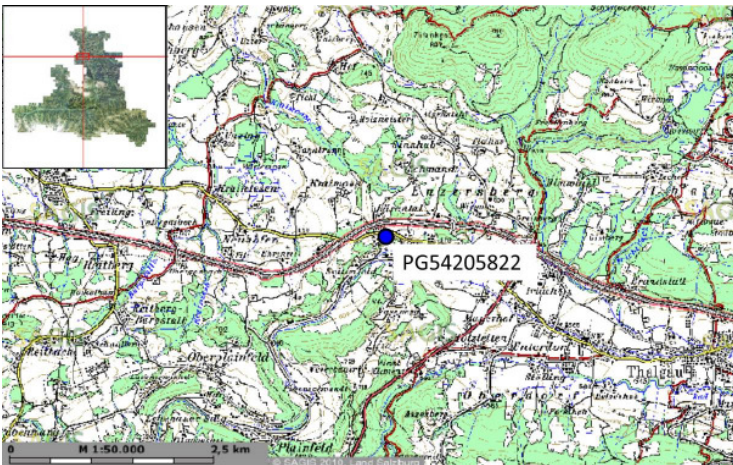


Abbildung 97: Lage der GZÜV-Messstelle PG54205822

Die Messstelle wurde 1967 als 9 m tiefer Schachtbrunnen errichtet. Der Durchmesser des Brunnens beträgt 1,2 m. Der Schachtbrunnen befindet sich in einer wetterfesten Hütte und ist durch einen Holzdeckel verschlossen. Da der Brunnen für Trinkwasserzwecke genutzt wird, erfolgte die Probenahme nicht mittels mobiler Pumpe direkt aus dem Schachtbrunnen, sondern über einen Wasserhahn im Haus.



Abbildung 98: Schachtbrunnen der GZÜV-Messstelle PG54205822 und Probenahmestelle

Aus den Abstichmessungen, die im Rahmen der GZÜV durchgeführt werden, lässt sich der Verlauf des Grundwasserspiegels bei der Messstelle rekonstruieren. Die Ganglinie ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt. Es lässt sich ein deutlicher Abwärtstrend mit einem ausgeprägten Jahresgang erkennen.

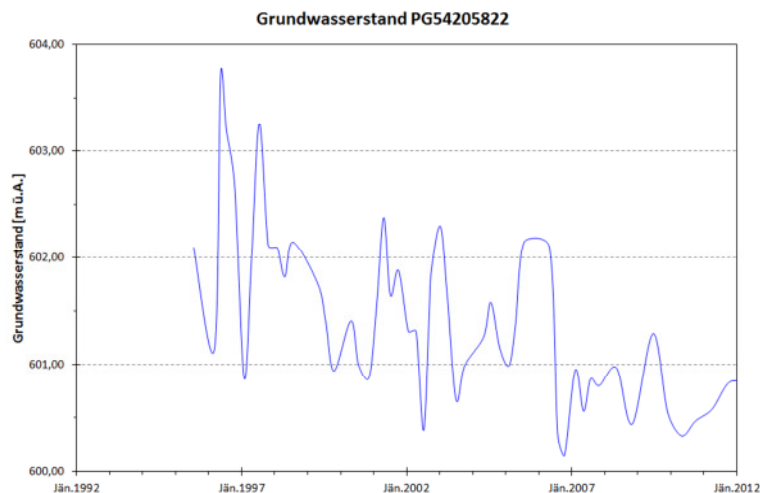


Abbildung 99: Verlauf des Grundwasserspiegels bei der GZÜV-Messstelle PG54205822

Grundwasserpegel 4 - PG80128152

Die Grundwassermessstelle PG80128152 befindet sich in der Grundwasserkörpergruppe Kristallin [RHE] (GK100152) in der Gemeinde Tschagguns. Es handelt sich dabei um einen im Jahr 1991 errichteten Grundwasserpegel direkt neben der L188 Silvrettastraße von Schruns ins Montafon.



Abbildung 100: Lage der GZÜV-Messstelle PG80128152

Die Grundwassermessstelle ist 14,5 m tief, oberflüchtig ausgebaut und weist einen Durchmesser von 120 mm auf. Sie ist Bestandteil des Messnetzes des Hydrografischen Dienstes. Die Bezeichnung der Messstelle lautet "Tschagguns, Bl 17.02.06" (HZB-Nummer: 379123).

In der nachfolgenden Abbildung ist der aus den Abstichmessungen im Rahmen der GZÜV ermittelte Grundwasserstand den Messungen des Hydrografischen Dienstes gegenübergestellt. Die Messreihe des Hydrografischen Dienstes basiert auf Monatsmittel und ist nur für den Zeitraum von 2007 bis 2010 verfügbar.

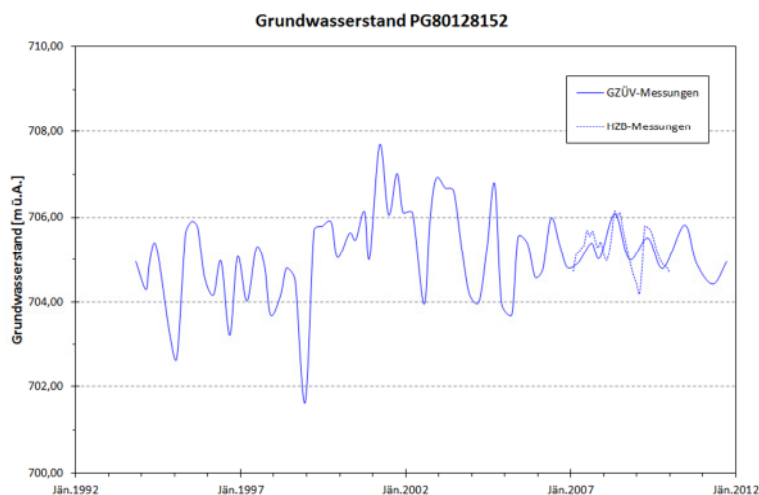


Abbildung 101: Verlauf des Grundwasserspiegels bei der GZÜV-Messstelle PG80128152

Grundwasserpegel 5 - PG53100172

Die Grundwassermessstelle PG53100172 befindet sich im Grundwasserkörper Unteres Salzachtal [DBJ] (GK100006) in der Gemeinde Scheffau am Tennengebirge.

Die GZÜV-Messstelle liegt südlich der Lammer innerhalb einer Wiesenfläche und wird nicht durch Straßenabwässer beeinflusst.



Abbildung 102: Lage und Probenahme bei der GZÜV-Messstelle PG53100172

Die Messstelle wurde 1977 als Bohrbrunnen mit einem Durchmesser von 400 mm ausgebaut. Der Brunnen ist 55 m tief und durchgehend verfiltert.

Die Messstelle war Bestandteil der untersuchten Messstellen des Unteren Salzachtals im Projekt „Grundwasseralter“. Dabei wurden für diese GZÜV-Messstelle mittlere Verweilzeiten des Grundwassers zwischen 11 und 25 Jahren ermittelt.

Der Grundwasserstand bei dieser Messstelle zeigt einen ausgeprägten Jahrgang ohne erkennbaren Auf- oder Abwärtstrend. Womöglich wird die Messstelle durch die Lammer beeinflusst.

In der nachfolgenden *Abbildung 103* ist der Verlauf des Grundwasserstandes bei der Messstelle dargestellt. Als Basis dafür dienen die Abstichmessungen, die im Zuge der GZÜV-Untersuchungen vor der jeweiligen Probenahme durchzuführen sind.

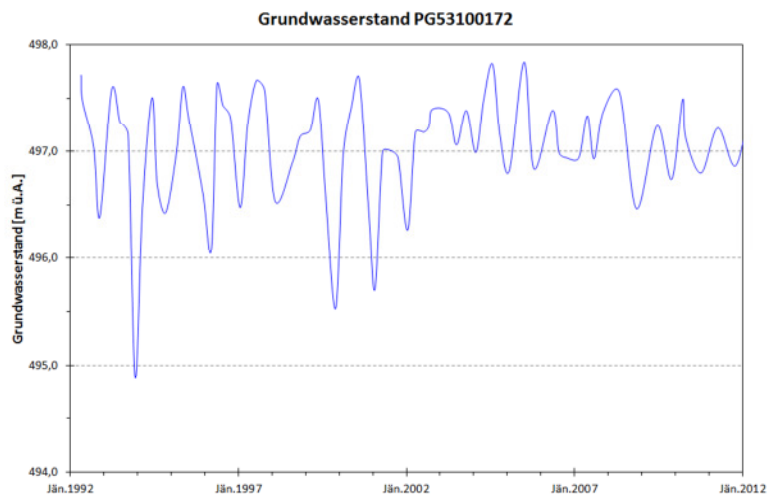


Abbildung 103: Verlauf des Grundwasserspiegels bei der GZÜV-Messstelle PG53100172

8.4 Annex IV: Probenahme

Die repräsentative Entnahme von Abwasserproben ist insbesondere bei partikelhaltigen Rohabwasserproben der wichtigste und fehleranfälligste Arbeitsschritt bei der Bestimmung von Abwasserinhaltsstoffen. Im Unterschied zur Analytik im Labor ist dieser Arbeitsschritt für den betrachteten Zeitpunkt bzw. Zeitraum auch nicht mehr wiederholbar.

Gemäß der Allgemeinen Abwasseremissionsverordnung (AAEV, 1996) sind die Konzentrationen und Frachten von Abwasserinhaltsstoffen (Eigenschaften) der Anlage A an Hand mengenproportionaler nicht abgesetzter homogenisierter Tagesmischproben zu bestimmen.

Ausgenommen davon sind die Parameter Temperatur, abfiltrierbare Stoffe, absetzbare Stoffe, pH-Wert, Chrom-VI, freies Chlor, Gesamtchlor, Cyanid, Nitrit, Sulfid, Sulfid, POX und BTX der Anlage A. Bei diesen Abwasserinhaltsstoffen sind Stichproben zu ziehen. Tägliche Häufigkeit und Intervalle der Stichprobennahmen sind in Abhängigkeit vom Abflussverhalten der Abwasserinhaltsstoffe (Eigenschaften) festzulegen.

Konzentrationen und Frachten sind gleichfalls mengenproportional (in Ausnahmefällen zeitproportional) zu ermitteln.

Nachdem im gegenständlichen Projekt eine frachtmäßige Abschätzung von in die Oberflächengewässer eingetragenen Spurenstoffen erfolgen sollte, sollten demnach alle chemischen Analysen an mengenproportional gezogenen Mischproben analysiert werden, insoweit dies möglich war. War die Entnahme mengenproportionaler Proben aufgrund lokaler Gegebenheiten nicht möglich, so waren die Proben zeitproportional zu ziehen.

Für die ereignisabhängige, mengenproportionale Probenahme über die gesamte Dauer eines Niederschlags- bzw. Entlastungsereignisses waren ereignisgesteuerte, automatische Probenahmegeräte und für die mengenproportionale Ansteuerung geeignete Durchflussmesseinrichtungen erforderlich, welche die gesamte mögliche Variabilität des Abflussgeschehens messtechnisch erfassen konnten.

Entsprechende Anforderungen an automatische Probenahmesysteme sind in den folgenden Normenwerken formuliert:

- ÖNORM M 6258 (1992): Richtlinien für die Probenahme-Technik – Probenahme von Abwasser
- ÖNORM M 5891 (2003): Automatisierte Entnahme von Wasser- und Abwasserproben - Allgemeines
- ÖNORM M 5892 (2003): Automatische Probenentnahmestationen für die Entnahme von Wasser- und Abwasserproben – Anforderungen und Prüfung
- ÖNORM M 5893 (2003): Automatische Probenentnahmegeräte (Sampler) für die Entnahme von Wasser- und Abwasserproben – Anforderungen Prüfung und Normkonformität
- ÖNORM M 5894 (2003): Abnahmeprüfung und wiederkehrende Prüfung automatischer Probenentnahmegeräte (Sampler)

8.4.1 Arten der Probenahme

Prinzipiell unterscheidet die ÖNORM M 5891 (2003) zwischen einer kontinuierlichen und einer diskontinuierlichen Probenahme und versteht unter der kontinuierlichen Probenahme eine Probenentnahme eines dem Volumenstrom im Untersuchungswasser durchflussproportionalen Teilstroms und unter einer diskontinuierlichen Probenahme eine Probenentnahme im Rahmen eines zeit-, volumen- oder durchflussproportionalen bzw. ereignisgesteuerten Entnahmeprogramms.

Die kontinuierliche Probenahme ist theoretisch die genaueste Art der Probenahme und immer dann vorrangig zu verwenden, wenn sowohl der Volumenstrom als auch die Konzentration der gesuchten Inhaltsstoffe

signifikant und beliebig schwanken, was bei den zu untersuchenden Stofffrachtflüssen dieses Projektes zu meist auch zu erwarten war.

Auf Grund der beschriebenen niederschlagsbedingten Dynamik und Variabilität des Abflussgeschehens ist eine kontinuierliche, mengenproportionale Probenahme praktisch nicht zuverlässig durchführbar, weshalb in der Praxis nur diskontinuierliche Probenahmen zur Anwendung kommen.

Dabei unterscheidet die ÖNORM M 5891 (2003) zwischen:

- Zeitproportionale Probenahme
- Mengenproportionale Probenahme
 - Volumenproportionale Probenahme
 - Durchflussproportionale Probenahme
- Ereignisgesteuerte Probenahme

Zeitproportionale Probenahme

Es werden in konstanten Zeitabständen ebenfalls konstante Probenvolumina entnommen und danach gemischt. Die Anwendung dieser Methode ist nur bei gleich bleibenden bzw. gering schwankenden Volumenströmen möglich.

Mengenproportionale Probenahme

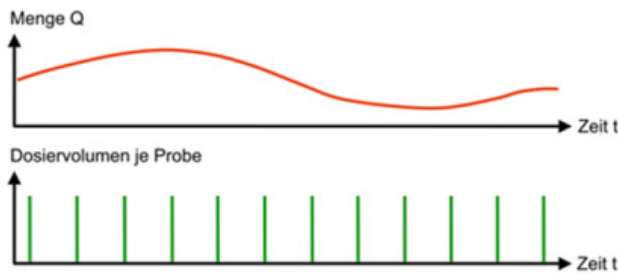
Es kann zwischen einer volumenproportionalen und einer durchflussproportionalen Probenahme unterschieden werden. Bei Anwendung einer volumenproportionalen Probenahme erfolgt die Entnahme von konstanten Teilprobenvolumina nach Durchfluss einer ebenfalls konstanten Wassermenge.

Im Gegensatz dazu werden bei einer durchflussproportionalen Probenahme in konstanten Zeitabständen im Verhältnis zum jeweiligen Durchfluss stehende Teilprobenvolumina entnommen. Dieses kann theoretisch als genaueres Verfahren bezeichnet werden, ist aufgrund der variablen Teilprobenentnahme in der Praxis aber deutlich schwieriger umzusetzen, da eine Beschränkung des aufnehmbaren Gesamtprobenvolumens durch das vorhandene Volumen des Auffangbehälters besteht.

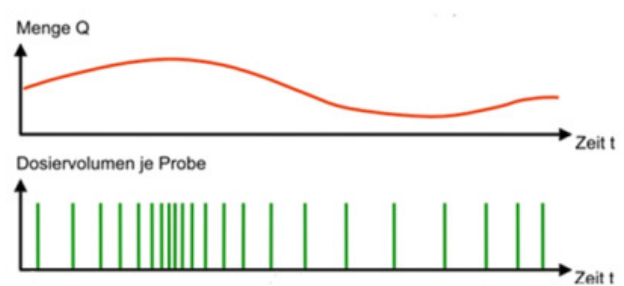
Ereignisgesteuerte Probenahme

Die Probenentnahme wird in Abhängigkeit eines Ereignisses durchgeführt. Der Beginn und das Ende eines Ereignisses werden dabei durch die Festlegung von Grenzwerten definiert. Es erfolgt die Entnahme von konstanten Probenvolumina bezogen auf ein ebenfalls konstantes Zeitintervall.

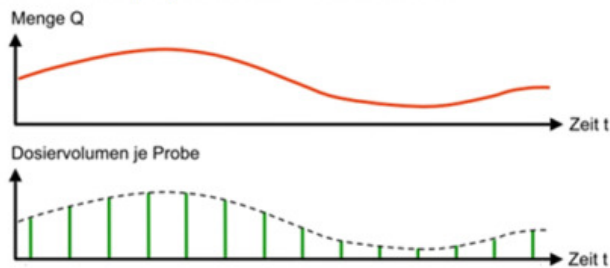
Zeitproportionale Probenahme



Volumenproportionale Probenahme



Durchflussproportionale Probenahme



Ereignisgesteuerte Probenahme

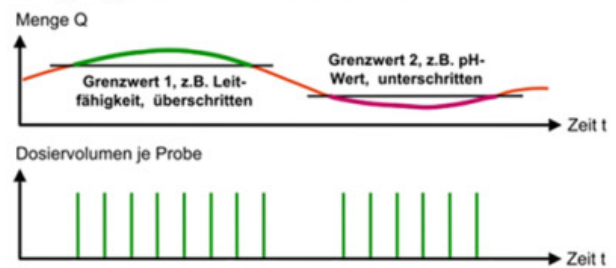


Abbildung 104: Arten der diskontinuierlichen Probenahme nach ÖNORM M 5891 (2003) (Pfund, 2005)

Die durchflussproportionale Probenentnahme wäre die theoretisch genauere und vollständigere Methode, sie ist jedoch auf Grund der dafür erforderlichen variablen Teilvolumenentnahmen deutlich schwieriger technisch zuverlässig umzusetzen, als die volumenproportionale Probenentnahme, weshalb man diese in der Praxis bei den gängigen automatischen Probenahmegerätehersteller zumeist antrifft.

Dabei ist man zumeist auf maximal 24 Probenahmeflaschen beschränkt, was bei der zu erwartenden Dynamik bei den zu untersuchenden Abflussgeschehen die Parametrierung der ereignisgesteuerten Probenahmegeräte schwierig macht.

Für die Teilprobenentnahme und -förderung sind entweder schöpfende (z. B. Dr. Haider) oder saugende Systeme (Vakuum oder Peristaltik) am Markt, wobei die Vakuumsysteme generell die Teilproben nur volumenproportional ziehen können, da bei ihnen die automatische Entnahme von durchflussproportionalen, variablen Teilproben praktisch nicht möglich ist.

Probenahme mit Peristaltiksystemen

Eine Peristaltikpumpe (Schlauchquetschpumpe) funktioniert nach dem Verdrängungsprinzip. Dabei wird das zu fördernde Medium mithilfe äußerlicher, mechanischer Verformung durch einen Schlauch gedrückt, der sich außen im Gehäuse der Pumpe abstützt und von innen durch einen rotierenden Gleitschuh abgeklemt wird (siehe Abbildung 105).

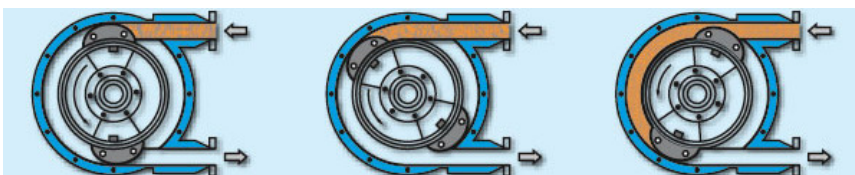


Abbildung 105: Funktionsprinzip eines Peristaltiksystems (steinle-pumpen.de, Stand 2012-02-07)

Die Entnahme einer Teilprobe erfolgt in vier Schritten. Zunächst muss die Leitung freigeblasen werden. Dies geschieht durch ein kurzes Rückwärtslaufen der Pumpe. Nach der Registrierung eines Impulssignals läuft die Pumpe vorwärts und saugt das Fördermedium an. Nach der Abfüllung des erforderlichen Teilprobenvo-

lumens erfolgt ein erneutes Freiblasen der Leitung. Eine Darstellung des Funktionsablaufs kann *Abbildung 106* entnommen werden.

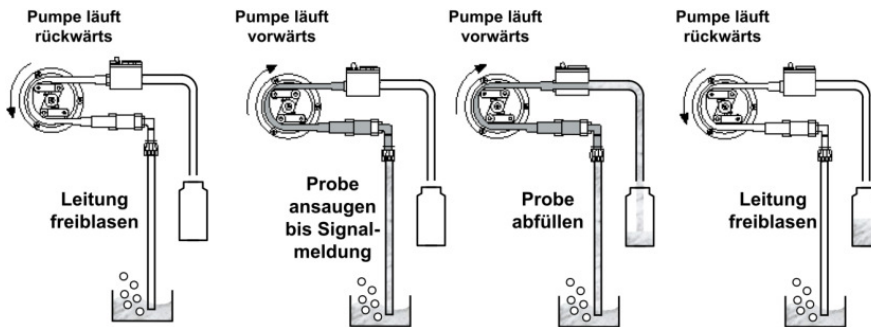


Abbildung 106: Probenahmeablauf eines Peristaltiksystems (Pfund, 2005)

Probenahme mittels Vakuumsystemen

Beim Einsatz einer Vakuumpumpe erfolgt die Entnahme einer Teilprobe diskontinuierlich über ein Vakuumsystem. Im Bereich der Abwassertechnik besteht dieses Probenahmesystem aus einer Vakuum-Membranpumpe, einem Pneumatikschrittschalter und dem Dosiersystem (*Abbildung 107*).

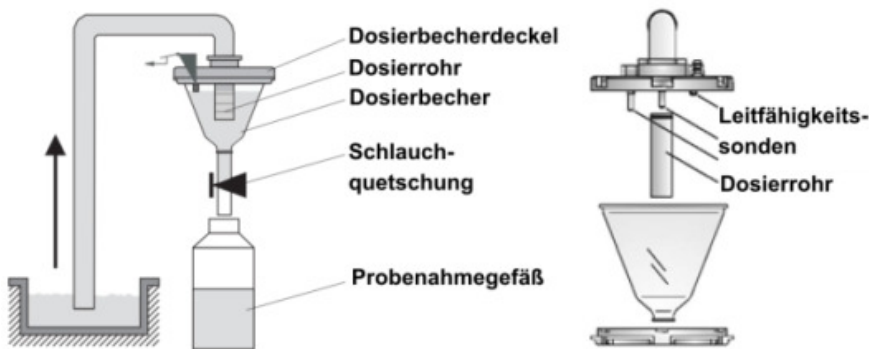


Abbildung 107: Dosiersystem eines Vakuumsystems (www.at.endress.com, Stand 2012-02-09)

Die Entnahme einer Teilprobe kann in vier Arbeitsschritte unterteilt werden (*Abbildung 108*). Zunächst erfolgt ein Freiblasen der Ansaugleitung durch die Membranpumpe über das Dosiersystem. Danach wird durch den Pneumatikschrittschalter der Luftweg der Membranpumpe auf Ansaugen umgestellt, wodurch die Förderung des Untersuchungsmediums in den Dosierbecher erfolgt.

Im Deckel des Dosierbechers sind zumeist drei Leitfähigkeitssonden angeordnet. Beim Ansaugvorgang erreicht das Fördermedium zunächst die ersten beiden Leitfähigkeitssonden, wodurch die Füllung des Dosierbechers erkannt und der Ansaugvorgang unterbrochen wird. Bei einem Ausfall dieser Sonden sorgt die dritte angeordnete Leitfähigkeitssonde für eine Sicherheitsabschaltung des Systems.

In Abhängigkeit der Stellung des Dosierrohres fließt das überschüssige Probenvolumen zur Entnahmestelle zurück (das erforderliche Teilprobenvolumen kann durch eine Verschiebung des Dosierrohres eingestellt werden). Danach wird die Schlauchquetschung geöffnet und somit das vordefinierte Teilprobenvolumen in das Probenahmegefäß abgelassen und gesammelt.

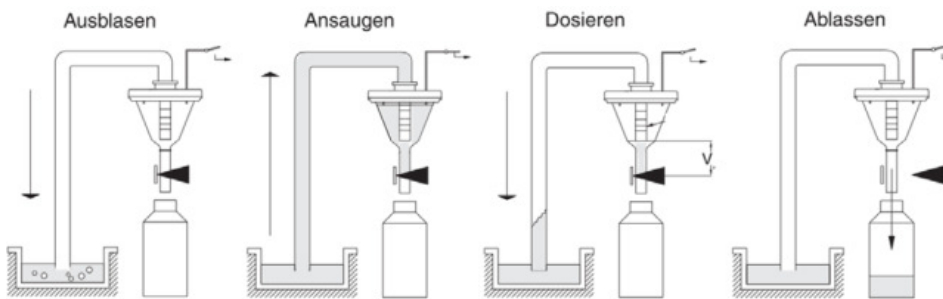


Abbildung 108: Probenahmeablauf eines Vakuumsystems (www.at.endress.com, Stand 2012-02-09)

Für die Durchführung einer automatisierten Probenahme gelten für die verwendeten Probenahmegeräte (Sampler) laut ÖNORM M 5891 – 5894 (2003) sinngemäß folgende Grundsätze:

- Zeitintervall zwischen zwei Entnahmen sollte 15 Minuten nicht überschreiten (Gilt vor allem für die automatische Probenahme von Tagesmischproben auf Kläranlagen; bei der Beprobung von kurzen Regenereignissen können die Zeitintervalle zwischen den Teilprobenentnahmen auch unter 15 min betragen).
- Die zu erfassenden Inhaltsstoffe dürfen durch den Entnahmevorgang und die Aufbewahrung im Sampler nicht verändert werden. Dies gilt besonders bei leicht flüchtigen oder instabilen Inhaltsstoffen.
- Proben sind nach Erfordernis zu konservieren (Kühlen auf $4\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, Ansäuern oder Vergiften).
- Sicherstellung einer ausreichenden Durchmischung am Entnahmepunkt bei hohem Feststoffgehalt.
- Verhinderung einer Fraktionierung oder Verzopfung im Probenahmesystem.
- Schlaucheinbau und Fixierung des Ansaugpunktes sind von Bedeutung.
- Der Ansaugpunkt sollte nicht an der Gerinnesohle liegen und die Ausrichtung der Entnahmeöffnung muss in Fließrichtung erfolgen.
- Bei Anbringung eines Siebkorb ist bei stark zur Verzopfung neigenden Inhaltsstoffen auf ein beschleunigtes Zuwachsen des Ansaugpunktes zu achten.
- Es ist auf eine höhere Entnahmegeschwindigkeit im Ansaugschlauch im Vergleich zur Fließgeschwindigkeit am Entnahmepunkt zu achten.
- Es muss die Entnahme eines Teilprobenvolumens von mind. 20 ml ($\pm 5\% = 1\text{ ml}$) sichergestellt werden.
- Der Innendurchmesser des Entnahmeschlauchs sollte mind. 9,5 mm betragen.
- Die optimale, mittlere Entnahmegeschwindigkeit liegt bis zu einer Förderhöhe von 7 m bei mindestens 0,6 m/s.
- Eine Variabilität des Zuflusses von 1:12 soll bewältigbar sein (Variabilität kann bei Mischwasserkämen deutlich höher liegen).
- Die erforderliche Messgenauigkeit der Durchflussmessung ist über folgende Verkehrsfehlergrenzen nach ÖNORM M 5892 (2003) definiert:
 - Durchflussmessung kleiner 30 % von Q_{\max} → Fehlergrenze $\leq 8\%$
 - Durchflussmessung größer 30 % von Q_{\max} → Fehlergrenze $\leq 6\%$

Automatische Probenehmer haben sehr oft auch technische Probleme (Brombach und Fuchs, 2002). Ist die Ansaughöhe groß, weil z. B. der Kanal tief unten in der Erde liegt, das Probenahmegerät aber über Flur auf-

gestellt ist, lässt sich beobachten, dass es im langen, vertikalen Ansaugschlauch zu Klassierungseffekten kommt. Schnell absinkende Partikel, z. B. Sandkörner, lassen sich nicht vollständig bis in den Probenehmer hochsaugen. Es bilden sich auch bei großer Ansaughöhe auch manchmal Pfropfen aus absinkenden Stoffen, die wiederum als Filter für das nachgesaugte Wasser wirken.

Es ist auch bekannt, dass häufig die Einsaugöffnung des Probenahmeschlauches durch Toilettenpapier verlegt wird, welches wie ein Filter wirkt. Auch gibt es gelegentlich Verstopfungen in der Saugleitung. All diese Effekte sind im Nachhinein schwer zu erkennen.

Nach der Lösung der zuvor beschriebenen Probleme beim Probenehmen bleibt zum Schluss dann noch die ganz konkrete Frage, wo genau im Fließquerschnitt soll man eigentlich die Proben entnehmen? Von der Oberfläche, tief am Boden, nahe der Seitenwand oder mehr in Strömungsmitte? Dabei kommen Brombach und Fuchs (2002) zum Schluss, dass es keinen Punkt im Fließquerschnitt gibt, der für alle Stoffklassen eine repräsentative Konzentration liefert.

Die zuverlässige Probenahme aus Abwasserkanälen zur Messung von Schmutzstoffkonzentrationen wird bei der vorhandenen Variabilität des Stofftransportes in diesen Transportsystemen immer ein sehr schwieriges Problem und eine große Herausforderungen bleiben und damit aber ganz wesentlich die Genauigkeit und die Schlussfolgerungen betreffend der transportierten und emittierten Stofffrachten mitbestimmen.

Für die Frachtermittlung ist eine mengenproportionale Probenahme mit einem (sofern möglich) gekühlten Probenahmegerät Voraussetzung und es wurden dafür auch mengenproportionale Probenahmen angestrebt. Da dies aufgrund der lokalen Gegebenheiten jedoch nicht überall möglich war, wurden an diesen Probenahmestellen zeitproportionale Probenahmen durchgeführt.

Die Ansteuerung der Probenahmegeräte muss über eine (möglichst stationäre) Durchflussmengenmessung erfolgen. Der Start der Probenahme erfolgt ereignisgesteuert. Das Probenahmesystem sollte sofort bei Eintreffen eines relevanten Niederschlagsereignisses einen Alarm (z. B. via GSM Modem) an die betreuenden Personen versenden können. Wegen der zu erwartenden hohen hydraulischen Dynamik musste spätestens nach 24 Stunden das Probenahmegerät gewartet werden und die ersten (Teil-) Proben entnommen werden. Die Teilproben wurden unter richtiger Gewichtung vereinigt. Der Impulsteiler im Probenahmegerät kann in der Regel nicht variabel programmiert werden. Die optimale Ansaugung der Probe sollte den Konzentrationsverlauf über die gesamte Probe repräsentieren. Im Idealfall gelingt dies durch den Einsatz eines flexibel gelagerten Schlauchs, der beim Ausblasen während des Spülvorgangs aufschwimmt und dann während der eigentlichen Probenahme absinkt.

8.4.2 Randbedingung zur Durchführung von angestrebten, volumenproportionalen Probenahmen

Um eine repräsentative Probenahme für jeden Standort in den unterschiedlichen Untersuchungsgebieten zu gewährleisten, war es von entscheidender Bedeutung, alle relevanten Randbedingungen sorgfältig zu betrachten. Obwohl sich diese naturgemäß für jeden Standort unterscheiden, können nachfolgend doch einige Hauptkriterien beschrieben werden, von denen eine erfolgreiche automatisierte Probenahme abhängt (Hofer, 2012).

Vorgegebenes Mindestprobenvolumen

Nach Auswahl der zu untersuchenden Parameter für die Laboranalytik musste festgelegt werden, welches Mindestprobenvolumen dafür erforderlich ist, um eine vollständige Analytik gewährleisten zu können. Nur damit konnte sichergestellt werden, dass eine Analyse und Auswertung aller im Projektantrag vordefinierten Inhaltsstoffe möglich war.

Volumen des Probenahmegefäßes

Nach oben hin ist das Gesamtprobevolumen durch die Größe des verwendeten Probenahmebehälters im Probenahmegerät begrenzt. Da während eines Ereignisses allerdings die Möglichkeit des Wechsels des Behälters besteht, sollte in der zeitgleich zur Probenahme stattfindenden Ereignisanalyse der Zeitpunkt der Vollenfüllung des Behälters abgeschätzt werden, um ein rechtzeitiges Reagieren und Austauschen des Probenahmebehälters zu ermöglichen.

Dauer der Teilprobenahme

Die Dauer der Teilprobenahme ist einerseits vom festgelegten Teilprobenvolumen und andererseits von der Ansaughöhe und dem Typ des Probenahmesystems abhängig. Die Berücksichtigung der Dauer einer Teilprobenentnahme ist für die Gewinnung einer vollständigen volumenproportionalen Probe entscheidend. Es ist darauf zu achten, dass das Zeitintervall zwischen zwei gesendeten Impulsen zum Start der Teilprobenentnahme diese Mindestdauer nicht unterschreitet.

Festlegung des konstanten Teilprobenvolumens

Das förderbare Teilprobenvolumen ist von der Ansaughöhe und dem Typ des Probenahmesystems abhängig. Wenn eine Abschätzung der Größe eines Ereignisses (Maximalabfluss, Abflussvolumen) möglich ist, kann das erforderliche Teilprobenvolumen mit der Kenntnis der folgenden Komponenten abgeschätzt werden:

- Vorgegebenes Mindestprobenvolumen für die Analytik
- Maximal beprobbarer Abfluss während eines Ereignisses
- Dauer einer Teilprobenentnahme
- Zu erwartendes Abflussvolumen des zu beprobenden Ereignisses

Festlegung des Impulsteilers

Als Impulsteiler wird bei einer volumenproportionalen Probenahme das konstante Abflussvolumen zwischen zwei Teilproben bezeichnet. Dadurch wird der Auslösezeitpunkt für die Entnahme der Teilproben gesteuert. Die Größe des Impulsteilers ist von folgenden Komponenten abhängig:

- Maximal beprobbarer Abfluss während eines Ereignisses
- Dauer einer Teilprobenentnahme

Berechnung der Teilprobenanzahl

Durch die Vorgabe eines minimalen bzw. maximalen Probevolumens kann nach der Festlegung des konstanten Teilprobenvolumens die minimale bzw. maximale Anzahl von möglichen Teilprobenahmen abgeschätzt werden. Dazu wird das zu erreichende Gesamtprobevolumen durch das festgelegte Teilprobenvolumen dividiert. Bevor die dadurch festgelegte maximale Teilprobenanzahl erreicht wird, muss der Probenahmebehälter rechtzeitig gewechselt werden, da ansonsten durch das Überlaufen des Behälters Probevolumen verloren gehen kann.

Nichtberücksichtigung des Abflussvolumens am Ende eines Ereignisses

Der Endzeitpunkt eines Ereignisses wird zumeist mit der Unterschreitung eines vorab definierten Durchflusses festgelegt. Da ab diesem Endzeitpunkt keine Teilprobenentnahme mehr erfolgt, kann der danach noch abfließende Anteil von der Probenahme nicht mehr erfasst werden. Im Verhältnis zum Gesamtabfluss eines Ereignisses spielt dieser durch die Probenahme nicht mehr erfassbare Anteil jedoch zumeist eine untergeordnete Rolle und betrifft auch zumeist einen stark mit Niederschlagswasser verdünnten Anteil. Das bedeutet, dass somit bei jeder Probenahme am Ende ein kleiner Erfassungsfehler auftritt, der aber immer kleiner als das Abflussvolumen des Impulsteilers ist.

8.4.3 Art und Anzahl der Probenahmen im Projekt

Die nachfolgende *Tabelle 35* enthält alle durch die Projektpartner vordefinierten Probenahmen in den ausgewählten Untersuchungsgebieten. Daraus kann die Probenanzahl je Probenahmestelle entnommen werden. Das erforderliche Mindestprobenvolumen zur Durchführung einer vollständigen Analytik beträgt für alle Proben mindestens 10 Liter.

Tabelle 35: Art und Anzahl der analysierten Proben je Untersuchungsgebiet

Art und Anzahl von Probenahmen je Untersuchungsgebiet		
Untersuchungsgebiet	Art der Probe	Probenanzahl
Graz	Mischwasserproben (filtriert)	3
	Mischwasserproben (unfiltriert)	3
	Depositionsproben	3
	Straßenabwasserproben	3
		12
Hofsteig	Mischwasserproben (Lerchenau)	3
	Mischwasserproben (Lerchenau Becken 1)	2
	Niederschlagswasserproben aus Trennkanalisation	3
	Trockenwetter-Tagesmischproben (Zulauf)	3
	Trockenwetter-Tagesmischproben (Ablauf)	3
	Depositionsproben	4
	Straßenabwasserproben	6
		24
Linz	Mischwasserproben (nach Vorklärung)	3
	Mischwasserproben (Gesamtzulauf zur Kläranlage)	3
	Trockenwetter-Tagesmischproben (Zulauf)	3
	Trockenwetter-Tagesmischproben (Ablauf)	3
	Depositionsproben	3
	Straßenabwasserproben	6
		21
Siedlungsgebiet im Osten Österreichs	Niederschlagswasserproben aus Trennkanalisation	3
	Depositionsproben	3
		6
Grundwasser	Grundwassermessstellen	5
		5

8.4.4 Mischwasserentlastung

Im Zuge des Projektes sollten Ereignisse von Mischwasserentlastungen in den Untersuchungsgebieten Graz, Hofsteig und Linz volumenproportional beprobt werden. Die Beschreibung der einzelnen Einzugsgebiete sowie der Messstandorte, an denen eine Probenahme durchgeführt wird, kann dem Abschnitt 8.3 (Annex III) entnommen werden. Nachfolgend werden die Randbedingungen für die Probenahme sowie die verwendeten Geräte an den unterschiedlichen Messstandorten näher beschrieben.

Als Probenahmegefäße wurden unabhängig von der Art der Probenahme Kunststoffbehälter aus PE-HD mit einem Fassungsvermögen von 25 Litern verwendet. Bei der Auswahl der Behälter wurde darauf geachtet, dass diese bereits mehrfach in Verwendung waren. Dadurch wurde eine Verunreinigung der Proben durch etwaige Stoffe, die von neuwertigen Behältern in die Abwasserproben abgegeben werden könnten, verhindert.

Untersuchungsgebiet 1: Graz

In Graz wurde die Probenahme von Mischwasserentlastungen im Hauptgerinne der Mischwasserkammer in direkter Nähe zur Überlaufschwelle des Mischwasserüberlaufs CSO-R05 am Ende des Einzugsgebiets Graz-West R05 durchgeführt. Eine detaillierte Beschreibung des Einzugsgebiets sowie der Messstation kann Abschnitt 8.3.1 entnommen werden.

Für die drei in Graz zu beprobenden Mischwasserereignisse bestand das Ziel, die Analytik von Spurenstoffen jeweils sowohl an filtrierten als auch an unfiltrierten Proben durchzuführen. Daher bestand hier die Notwendigkeit, ein Mindestprobenvolumen von mindestens 20 Litern je Ereignis zu sammeln. Neben den Mischwasserproben war analog zu den anderen Untersuchungsgebieten auch die Deposition zu erfassen.

Analysen von vergangenen Ereignissen haben ergeben, dass eine Entlastung des Mischwasserüberlaufes ab einer Zuflussmenge zur Mischwasserkammer von etwa 500 l/s stattfindet. Dieser Zufluss weist eine sehr hohe Variabilität auf, was bei Starkregenereignissen auch zu Abflussspitzen von deutlich über 6 m³/s führen kann. Bei Betrachtung des möglichen Fördervermögens des vorhandenen Profilquerschnitts ist ein theoretischer Zufluss zur Mischwasserkammer von bis zu 15 m³/s möglich, was auch die Simulationsergebnisse bei extremen Starkregenereignissen bestätigen.

Diese sehr hohe Variabilität des Abflusses stellte an dieser Probenahmestelle für die Gewinnung von volumenproportionalen Probenahmen eine ganz besondere Herausforderung dar. Daher musste bereits vor Beginn der Ereignisse der möglicherweise auftretende Maximalabfluss sowie das Abflussvolumen auf Basis von Regenwetterprognosen vorab abgeschätzt werden, um den Probenehmer entsprechend parametrieren zu können. Dafür wurde auch das Wetterradar-System der ZAMG (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik) genutzt, mit dessen Hilfe es möglich war, die zu erwartende Niederschlagsintensität bis zu zwei Stunden in die Zukunft prognostizieren zu können.

Probenehmer und Durchflusssystem:

Zur Durchführung der Probenahme kam ein automatisches, aktiv gekühltes und stationäres Probenahmesystem der Marke American Sigma 900 MAX zum Einsatz (Peristaltiksystem), der im Inneren des Containers der Messstation Graz installiert war. Der Probenahmeschlauch war direkt am Heck des Pontons in der Mischwasserkammer befestigt (siehe *Abbildung 109*).

Als Durchflusssystem zur Ansteuerung des Probenehmers wurde ein Ultraschallmesssystem der Marke Nivus OCM Pro mit externer Ultraschall-Wasserstandsmessung verwendet. Da die Übertragung des Abflusses durch die analoge Einbindung der Sonde in den Messstationsrechner mit maximal 2500 L/s definiert und damit begrenzt war, wurden zusätzlich auch noch die verfügbaren digitalen Daten des Messsystems direkt auf eine Speicherkarte des Messumformers gespeichert. Somit war es nach einem Ereignis möglich, diese auszulesen und für die nachfolgenden Auswertungen zu verwenden.



Abbildung 109: Probenahmegerät American Sigma 900 MAX und am Pontonheck installierter Ansaugschlauch der Messstation Graz

Definition eines Ereignisses – Start- und Endzeitpunkt der Probenahme

Ein Abfluss im Entlastungskanal des Mischwasserüberlaufs findet im Normalfall nur während eines entsprechenden Ereignisses statt. Die Analyse von vorangegangenen Ereignissen der Jahre 2009 bis 2011 ergab jedoch, dass auch im Trockenwetterfall regelmäßig Messwerte zwischen 0 und 4 L/s auftreten können. Diese sind durch Ungenauigkeiten im Messsystem sowie auch durch einen zeitweisen Rückstau der Mur in den Entlastungskanal bei auftretenden Mur-Hochwässern zu erklären.

Der Beginn eines Beprobungsereignisses wurde somit mit einer Überschreitung des Abflusses von 5 L/s im Entlastungskanal definiert, was gleichzeitig auch den Start des Probenahmeprogramms darstellte. Die erste Teilprobenentnahme erfolgte unmittelbar nach dem Überschreiten dieses Abflusses und die weiteren dann nach dem Erreichen des Abflussvolumens, welches durch den Impulsteiler definiert wurde. Der Endzeitpunkt eines Ereignisses wurde mit einer Abflussunterschreitung von 5 L/s definiert.

Untersuchungsgebiet 2: Hofsteig - Mischwasserüberlaufbecken Lerchenau

Der Auslauf in die Lauterach und das erste von drei Becken der Mischwasserentlastungsanlage Lerchenau wurden volumenproportional beprobt. Es wurde das gleiche Probenahmesystem verwendet wie in Graz (siehe vorhergehenden Abschnitt). Die Ansteuerung der aktiv gekühlten Probenahmegeräte erfolgte digital (Impulsteiler 1:10) über die im Auslauf installierte Mengenmessung mit Echolot und Fließgeschwindigkeitsmessung („Kanalmaus“). Das Ansteuersignal (1 Impuls/10 m³) wurde über eine eigens errichtete Funkstrecke vom Schaltschrank zum Probenahmegerät über ein bidirektionales, fehlerkorrigierendes Protokoll übertragen. Der Sender protokollierte gleichzeitig die Impulse mit Zeitstempel. Daraus konnte der zeitliche Verlauf des Abflusses rekonstruiert werden. Der Beginn der Einleitung wurde über ein GSM-Modem durch das Versenden einer Mitteilung signalisiert, um bei Ereignissen mit hohem Abfluss die Probenahmebehälter rechtzeitig vor dem Überlaufen tauschen zu können. Nur so konnte die hohe hydraulische Dynamik an dieser Messstelle bei der volumenproportionalen Probenahme berücksichtigt werden.



Abbildung 110: Probenahme beim Auslauf und beim Becken1 des Mischwasserüberlaufbeckens Lerchenau

Die Beprobung des Beckens 1, das als erstes der drei Becken befüllt wird, erfolgte analog zum Auslauf. Die Probe wurde in der mittleren Höhe des vollgefüllten Beckens entnommen. Der Impulsteiler wurde auf 1:5 eingestellt. Die Probenahme wurde somit früher als beim Auslauf beendet, um die zeitliche Differenz zwischen Zulauf (Becken 1) und Auslauf berücksichtigen zu können.

Untersuchungsgebiet 3: Linz (Regionalkläranlage Linz-Asten)

Auf der Regionalkläranlage Linz-Asten wird bei Regenwetter die etwa vierfache Menge des maximalen Trockenwetterabflusses von maximal 8,8 m³/s über die Vorklärung geführt und erst nach der Vorklärung erfolgt zum Schutze der biologischen Stufe der Kläranlage (Weiterleitung von maximal 4,8 m³/s möglich) der Abschlag des überschüssigen, allerdings mechanisch vorgeklärten Abflusses über den Mischwasserüberlauf ins Gewässer. Im Jahresdurchschnitt werden derzeit ca. 60 % der gesamten im Linzer Einzugsgebiet entlasteten Mischwassermengen an diesem Mischwasserüberlaufbauwerk nach der Vorklärung abgeschlagen. Das an dieser Stelle abgeschlagene Mischwasser ist entsprechend einer Behördenvorgabe zu beproben und auf Standardparameter zu untersuchen. Eine detaillierte Beschreibung des Einzugsgebiets sowie des Messstandortes der RKL Linz-Asten ist in Abschnitt 8.3.3 beschrieben.

Im Rahmen des Projektes sollten Mischwasserproben bei insgesamt vier Entlastungsereignissen nach unterschiedlich langen, vorangegangenen Trockenwetterperioden sowie bei zwei Mischwasserentlastungsproben auch die dazugehörigen korrespondierenden Tagesmischproben des Gesamtzulaufes gewonnen und analysiert werden. Damit sollte auch eine Abschätzung des Spurenstoffrückhaltes in den Vorklärbecken möglich sein. Zusätzlich wurden auf der RKL Linz-Asten im Bereich des Niederschlagmesssystems auch noch der Niederschlag mit einem Auffangsystem gesammelt, um eventuelle jahreszeitliche Veränderungen in der Deposition feststellen zu können.

Probenehmer und Durchflusssystem:

Für die Probenahme am Mischwasserüberlauf kam ein gekühltes, stationäres Probenahmesystem der Marke MAXX SP5 A zum Einsatz (Vakuumsystem), das im Freien an der Außenseite des Ablaufbauwerks der Vorklärung situiert war. Die Probenahme erfolgte direkt aus dem Ablaufstrom der Vorklärbecken in unmittelbarer Nähe der Mischwasserüberlaufschwelle. Dies bot eine ähnliche Konstellation der Probenahme wie im Untersuchungsgebiet Graz.

Am Ort der Probenahme war kein Durchflussmesssystem vorhanden, weshalb die Ansteuerung des Probenahmesystems über einen stationär im Entlastungskanal installierten OCM Pro der Fa. Nivus erfolgt.



Abbildung 111: Probennehmer MAXX SP5 A beim Ablaufbauwerk der Vorklärung auf der RKL Linz-Asten

Definition eines Ereignisses – Start- und Endzeitpunkt der Probenahme

Zur Ansteuerung der Probenahme wurde ein Ultraschall-Durchflussmesssystem OCM Pro (Fa. Nivus) verwendet, welches im Entlastungskanal eingebaut ist. Der maximal weiterleitbare Abfluss zur Biologie ist mit 4800 l/s limitiert. Ab einer Überschreitung dieser Menge wird in den Mischwasserüberlauf entlastet, womit auch Start- und Endzeitpunkt der Probenahme definiert wurden.

8.4.5 Niederschlagswasserkanalisation

Durch die Probenahme an verschiedenen Standorten mit Niederschlagswasserkanälen sollte der Gehalt an Spurenstoffen im Niederschlagswasserabfluss von Straßen und abflusswirksamen befestigten Flächen von Trennkanalisationen untersucht werden. Neben einem Niederschlagswasserkanal im Einzugsgebiet Hofsteig in Vorarlberg wurden auch die Wasserqualitäten und Frachten eines Niederschlagswasserkanals in einem Siedlungsgebiet im Osten Österreichs beprobt und untersucht.

Untersuchungsgebiet 2: Hofsteig – Niederschlagswassereinleitung Pumpwerk Birkengraben

Das Mengensignal für die Probenahme wurde aus den Laufzeiten der vier Pumpen und der jeweiligen Pumpenkennlinie ($404 \text{ m}^3 - 2600 \text{ m}^3$) unter Berücksichtigung der hydraulischen Verluste gewonnen. Die leistungsschwächste Pumpe ist auch bei Trockenwetter täglich für durchschnittlich 40 Minuten aktiv. Daher musste das Regenereignis definiert werden, was durch eine Auswertung der mitprotokollierten Daten von Voruntersuchungen möglich war. Als Startschwelle für ein Ereignis wurde eine Laufzeit von 80 Minuten oder die Aktivierung von mehr als einer Pumpe festgelegt. In der folgenden Stunde wurde die Probe dann zeitproportional genommen. Dies war möglich, da im Pufferbecken bereits eine Mischprobe vorlag. Das Ansteuersignal für das Probenahmegerät wurde mit einem gemäß der vorgegebenen Probenahmestrategie programmierten Microcontroller errechnet und die Daten protokolliert. Beim Start eines Ereignisses erfolgte eine Alarmierung mittels SMS. An dieser Probenahmestelle wurde auch ein Online-Spektrometer eingesetzt. Allerdings konnten keine Daten gewonnen werden, weil die Messfenster nach kurzer Zeit trotz periodischer Reinigung mit Pressluft zu schnell verschmutzt waren.

Für die Erarbeitung der sehr speziellen Methodik waren im Vorhinein Vorbereitungsarbeiten inkl. zusätzlicher Sachkosten zwingend erforderlich.



Abbildung 112: Einleitung nach starken Regenfällen beim Pumpwerk Birkengraben in Hard

Untersuchungsgebiet 4: Siedlungsgebiet im Osten Österreichs

In einem Siedlungsgebiet im Osten Österreichs sollten insgesamt drei Ereignisse aus einem Niederschlagswasserkanal einer Trennkanalisation beprobt und untersucht werden.

Probenehmer und Durchflusssystem:

Zur Durchführung der Probenahme kam ein mobiles automatisches Probenahmesystem der Marke American Sigma 900 MAX zum Einsatz (Peristaltiksystem), das direkt unter einem Schachtdeckel eines Kanalzugangsschachtes installiert wurde. Bei diesem Probenahmesystem bestand keine Möglichkeit einer aktiven Kühlung der Proben während und nach einem Ereignis. Aus diesem Grund wurden die gesammelten Proben unmittelbar nach dem Ereignisende vom Kanalnetzbetreiber sofort aus dem Probenahmesystem entnommen und einem Analyselabor zur Bestimmung der Standardparameter überbracht bzw. vom UBA zur Bestimmung der Spurenstoffe abgeholt.

Das erforderliche mobile Durchflusssystem zur Gewinnung von volumenproportionalen Proben befand sich an der Sohle des Niederschlagswasserkanals in direkter Nähe zum Ansaugschlauch des Probenehmers (siehe *Abbildung 113*).



Abbildung 113: Probenehmer Sigma 900 MAX (portable) im Schacht eines Niederschlagswasserkanals in einem Siedlungsgebiet im Osten Österreichs

Definition eines Ereignisses – Start- und Endzeitpunkt der Probenahme

Der Start- und Endzeitpunkt der Probenahme wurde über den Wasserstand im Kanal gesteuert. Bei Trockenwetter beträgt der Wasserstand maximal 3 cm. Für das erfolgreich beprobte Ereignis am 20.06.2012 wurde daher die Schwelle zur Definition von Start- und Endzeitpunkt des Ereignisses mit 4 cm festgelegt. Da in den Sommermonaten 2012 der maximale Wasserstand bei Trockenwetter auch auf knapp über 4 cm gestiegen war, wurde für das zweite erfolgreich beprobte Ereignis vom 12.-13.09.2012 ein Schwellenwert zur Definition des Ereignisses von 4,5 cm festgelegt.

Bei Durchsicht der vorliegenden Datenfiles war auch erkennbar, dass erst ab diesem Niveau eine vernünftige Durchflussmessung stattfand, da bei niedrigeren Wasserständen durch Verwirbelungen am Sensor ("Kehr-wasser") ein negativer Durchfluss detektiert wurde. Der Sensor selbst ist 2 cm hoch.

8.4.6 Kläranlagenzu- und ablauf

Die Beprobung des Zu- und Ablaufes von Kläranlagen fand in Bezug auf die Spurenstoffe aus zwei Gründen statt. Zum einen sollte das Reinigungs- und Rückhaltevermögen der untersuchten Kläranlagen in Bezug auf Spurenstoffe untersucht werden und zum anderen der kontinuierliche Eintrag von Spurenstoffen an Trockenwettertagen in die Oberflächengewässer abgeschätzt werden.

Als geeignete Standorte der Probenahme wurden dafür in den untersuchten Einzugsgebieten die Kläranlage Hofsteig und die Regionalkläranlage Linz-Asten ausgewählt.

Untersuchungsgebiet 2: Abwasserverband Region Hofsteig

Für die Probenahme der Trockenwetterproben des Zu- und Ablaufs der ARA Hofsteig wurden die beiden mengenproportional angesteuerten stationären und gekühlten Probenahmegeräte verwendet.

Untersuchungsgebiet 3: Regionalkläranlage Linz-Asten

Der Standort der RKL Linz-Asten bietet mit Hilfe der bereits vorhandenen Probenahmesysteme im Zulauf zur Kläranlage (vor den Schneckenpumpen) und im Ablauf der Kläranlage die erforderlichen Voraussetzungen. Daher wurde der Entschluss gefasst, dass für die Probenahme der drei Tagesmischproben bei Trockenwetterabfluss (TW) unterschiedliche jahreszeitliche Verhältnisse vorherrschen sollten. Man einigte sich darauf, die drei TW-Beprobungen innerhalb der folgenden 3 Perioden durchzuführen:

- TW-Tagesmischproben 1 in der Sommerferienzeit bis spätestens Ende August 2012
- TW-Tagesmischproben 2 nach Schulbeginn im Monat September 2012
- TW-Tagesmischproben 3 im Oktober 2012

Da zur Durchführung einer vollständigen Analytik ein Mindestprobenvolumen von 10 Litern notwendig war, musste für die durchzuführenden Probenahmen die Standardparametrierung der beiden Probenahmesysteme entsprechend angepasst werden, damit dieses Probenvolumen auch bei TW-Bedingungen gesichert zur Verfügung stand. Diese wurde vom zuständigen Betriebspersonal der RKL Linz-Asten dankeswerterweise vor jeder geplanten TW-Probenahme durchgeführt.

Probenehmer und Durchflusssystem:

Zur Durchführung der Probenahme kommen sowohl im Zulauf als auch im Ablauf der Kläranlage aktiv gekühlte, stationäre Probenahmesysteme der Type MAXX SP5 A zum Einsatz (Vakuumsysteme).

Volumenproportional angesteuert wurden die beiden Probenahmesysteme von NIVUS-Durchflusssystemen der Type OCM Pro. Die Durchflussmessung zur Ansteuerung des Probenehmers im Zulauf zur RKL ist direkt im Kanalabschnitt neben dem Probenahmestandort installiert. Zur Ansteuerung des Probenehmers im Ablauf der RKL wird im Normalfall die Durchflussmessung Biologie 1-8 verwendet. Ist diese

durch eine etwaige Störung oder Ausfall nicht verfügbar, wird zur Ansteuerung automatisch auf die Durchflussmessung Biologie 1-4 umgeschaltet.



Abbildung 114: Standorte der Probenehmer der RKL Linz-Asten beim Zulauf (links) und beim Ablauf der Kläranlage – Durchflussmessung Biologie 1-8 (rechts)

8.4.7 Deposition

Zur Abschätzung der Deposition von Spurenstoffen aus der Atmosphäre wurde in allen Untersuchungsgebieten die Sammlung von Niederschlag in eigenen Niederschlagssammelsystemen durchgeführt. Dafür sollte das Material der Sammelsysteme nach Möglichkeit die Wasserqualität der gesammelten Niederschlagsmengen nicht beeinträchtigen.

Für die Untersuchungsgebiete in Graz und Linz sowie in einem Siedlungsgebiet im Osten Österreichs wurden dafür Kunststoff-Sammelbehälter aus PE-HD mit einem Fassungsvermögen von 25 Litern in Kombination mit Kunststofftrichtern aus dem gleichen Material mit einem Durchmesser von 60 cm verwendet, welche bereits mehrmals eingesetzt wurden, wodurch nur mehr ein minimaler Anteil an löslichen Bestandteilen enthalten sein sollte.

Für die Durchführung einer vollständigen Analytik musste auch für die Niederschlagsproben ein Mindestprobenvolumen von 10 Litern gesammelt werden. Da dieses Mindestvolumen im Zuge eines einzelnen Niederschlagsereignisses nur sehr schwer erreichbar ist, wurde entschieden, dass das zu untersuchende Regenwasser von mehreren Ereignissen gesammelt, wöchentlich entnommen, die Mengen gemessen und diese kumulierten Proben bis zur Analyse eingefroren wurden. Dafür wurden die wöchentlich gewonnenen Regenwasservolumina in ein vorgegebenes Probenahmeprotokoll eingetragen, um die gesammelten Mengen in der nachfolgenden Analyse mit Hilfe der Daten der vorhandenen Niederschlagsmessenrichtungen auf Plausibilität überprüfen zu können. Es wurde somit die Gesamtdeposition (trockene und nasse Deposition) bestimmt.

Alle wöchentlich entnommenen Teilproben wurden solange in einem Behälter gesammelt und eingefroren, bis das Mindestprobenvolumen von 10 Litern erreicht wurde. Danach konnte die Sammelprobe zum UBA nach Wien transportiert und für die Analytik freigegeben werden.

Im Untersuchungsgebiet Hard/Lauterach wurden fünf einzelne Niederschlagsereignisse (nasse Deposition) beprobt sowie eine kumulierte Niederschlagsprobe (Gesamtdeposition) gesammelt. Von diesen fünf einzelnen Niederschlagsproben wurden drei zur Spurenstoffanalyse freigegeben. Diese Vorgehensweise wurde gewählt, um die Variabilität zwischen verschiedenen Niederschlagsereignissen zu untersuchen. Für die Emissionsbewertungen wurden Jahresfrachten abgeschätzt. Die Ergebnisse erlaubten eine Gegenüberstel-

lung und einen Vergleich der zufolge zwei unterschiedlichen Probenahmestrategien abgeschätzten Stoffeinträge für den Niederschlag.

Beschreibung der Probenahme

Zur Befestigung des Trichters auf den Niederschlagssammelbehältern wurden Spannseile (Gepäckspanner) verwendet, die je nach Beschaffenheit des Untergrundes entweder mit Befestigungshaken direkt im Erdboden oder an Betonplatten mit Hakenvorrichtungen zum Aufstellen der Behälter auf Flachdächern oder Terrassen befestigt werden konnten. Die Bestandteile einer Niederschlagssammeleinrichtung bestanden neben dem Auffangbehälter und dem Trichter noch aus fünf Spannseilen, sieben Befestigungshaken und einem Schaumstoffdichtring (siehe *Abbildung 115*).



Abbildung 115: Bestandteile der verwendeten Niederschlagssammeleinrichtungen inklusive Aufstellvarianten

Bei der Standortauswahl wurde generell darauf geachtet, dass nach Möglichkeit ein bestehendes Niederschlagsmesssystem in der unmittelbaren Umgebung vorhanden war. Damit wurde sichergestellt, dass auch eine entsprechende Datengrundlage zur Analyse der Zeiträume während der Probengewinnung zur Verfügung stand. Um auch einen geografischen Einfluss auf die Niederschlagsproben abschätzen zu können, wurden in Graz und in einem Siedlungsgebiet im Osten Österreichs jeweils drei Standorte zur Sammlung des Niederschlags ausgewählt, welche möglichst gleichmäßig auf die Fläche des Einzugsgebietes verteilt waren. Im Gegensatz dazu wurde für das Untersuchungsgebiet Linz nur ein Standort für die Sammlung von Niederschlag gewählt, der sich direkt auf dem Gelände der RKL Linz-Asten befand. Damit konnten in Graz und im Osten die unterschiedlichen geografischen Aufstellungsorte miteinander verglichen werden. In Linz konnte ein etwaiger jahreszeitlicher Unterschied in der Deposition festgestellt werden.

8.4.8 Straßenabwasserproben

Straßenabschnitt 1: Autobahnbrücke der A2 über die Mur

Der Messstandort zur Beprobung von Straßenabwasser befand sich in einem Kontrollschacht unmittelbar vor der Drosselklappe, über welche die Einleitung der Straßenabwässer im Regenwetterfall in die Mur erfolgt. Über einen Schachtdeckel war sowohl der Zugang in den Kontrollschacht als auch die Installation eines Durchflussmesssystems und eines Probenahmeschlauches zur Gewinnung von volumenproportionalen Abwasserproben möglich (siehe *Abbildung 116*).

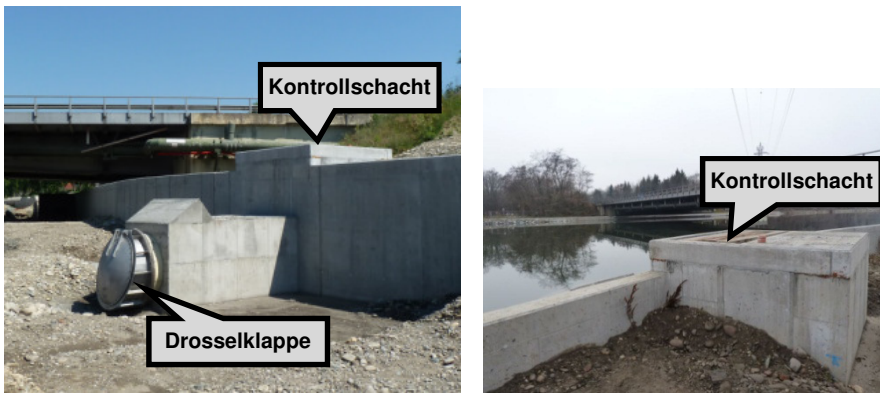


Abbildung 116: Probenahmestelle im Untersuchungsgebiet 5 mit Kontrollschacht und Drosselklappe

Da der Straßenabwasserkanal auch bei Trockenwetter durchgehend mit einem Wasserstand im Kontrollschacht von mehr als 2,5 m eingestaut ist, stellte der Einbau des Durchflussmesssystems (Ultraschallsonde Nivus PCM Pro) und des Ultraschall-Höhenstandssensors eine besondere Herausforderung dar. Dafür wurde zunächst der im Schacht vorhandene Schieber hinter der Drosselklappe geschlossen. Da der anfängliche Einsatz von zwei Schmutzwasser-Tauchpumpen zum Auspumpen des Kanals mit einer Förderleistung von 10 m³/h nach einer Dauer von vier Stunden kein nennenswertes Absinken des Wasserspiegels im Schacht erkennen ließ, wurde schließlich ein Saugwagen der Holding Graz Services – Abwasser für das Auspumpen des Kanals angefordert. Mit Hilfe der deutlich leistungsstärkeren Pumpe des Saugwagens mussten bis zur vollständigen Entleerung des gesamten Kanals insgesamt etwa 180 m³ Straßenabwasser abgepumpt werden. Erst danach war ein Einsteigen in den Schacht zur Installation der Sensoren möglich (siehe Abbildung 117).



Abbildung 117: Vorarbeiten vor der Sensorinstallation im Kontrollschacht des Straßenabwasserkanals vor der Einleitung in die Mur. Links: erforderlicher Saugwagen zum Auspumpen des eingestauten Kanals. Mitte und rechts: Ausgepumpter Kontrollschacht mit Zulaufkanal.

Nach dem Auspumpen des Kanals mussten im Sohlbereich des Zulaufkanals Sedimentablagerungen mit einer Mächtigkeit von ca. 40 cm festgestellt werden. Da angenommen werden konnte, dass solche Ablagerungen im Betrieb ständig auftreten, wurde diese Querschnittsverengung bei der Parametrierung des Durchflussmesssystems, das im Scheitelbereich des im Betrieb ständig eingestauten Zulaufkanals installiert wurde, mitberücksichtigt. Der externe, ebenfalls einstaubare Höhenstandssensor wurde an der Unterseite der Schachtdecke montiert.

Abbildung 118 stellt schematisch einen Schnitt durch den Kontrollschacht mit dem Zulauf des Straßenabwasserkanals und den Ablauf zur Drosselklappe in die Mur dar. Die Anordnung der Sensoren ist darin rot gekennzeichnet. In der Abbildung eingetragen ist auch der Schwankungsbereich des Wasserstandes bei Regenwetter (Minimalstand = 2,19 m, Maximalstand = 2,43 m). Der Wasserstand bei Trockenwetter, im eingestauten Zustand des Zulaufkanals, beträgt 2,26 m.

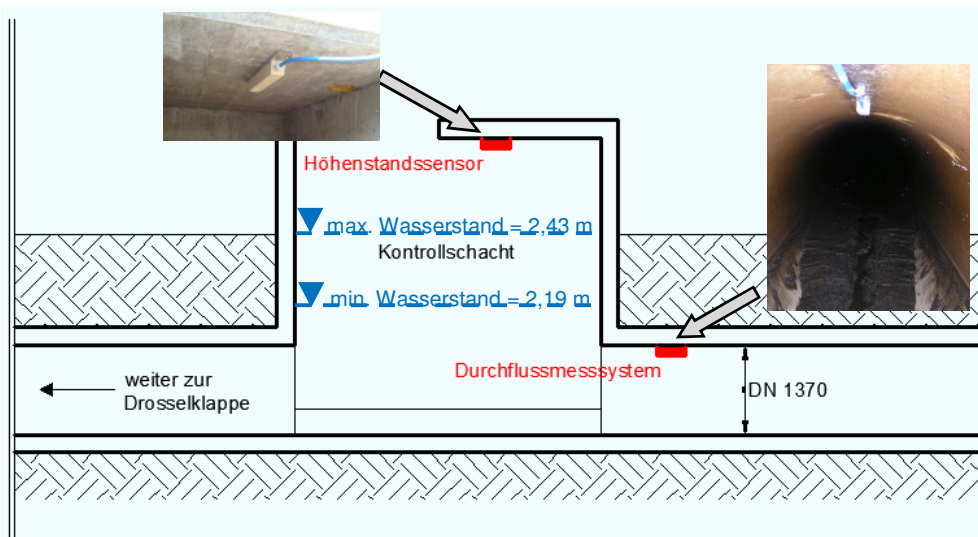


Abbildung 118: Systemskizze der Einleitungsstelle des Straßenabwasserkanals von der A2 in die Mur (Zulaufkanal und Kontrollschacht)

Um alle benötigten elektronischen Geräte wie auch das Probennahmesystem der Messstation unterzubringen und vor Witterung sowie Diebstahl zu schützen, wurde eine versperrbare Kunststoffbox neben dem Kontrollschacht installiert. Der zum Betrieb der Messstation erforderliche Stromanschluss wurde im Zuge der Bauarbeiten dankeswerterweise durch die Verlegung eines Kabels von einem etwa 60 m entfernten Verteilerschrank bis zur Messstation hergestellt (siehe Abbildung 119).



Abbildung 119: Arbeiten zur Herstellung eines Stromanschlusses (links) und Kunststoffbox mit den Geräten der Messstation (mitte und rechts) im Untersuchungsgebiet 5

Straßenabschnitt 2: Retentionsfilterbecken L202 in Hard/Lauterach

Die Straßenabwässer der Brücke über die Bregenzer Ach der Landesstraße L202 werden zur Reinigung in ein Retentionsfilterbecken eingeleitet. Die Proben wurden beim Zulauf vor dem Schlammfang und beim Ablauf nach der Reinigung vor der Einleitung in die Bregenzer Ach genommen. Die Probenahme erfolgte mengenproportional (volumenproportional) mit zwei mobilen automatischen Probenehmern (MAXX TP2) in 15 l Glasbehälter. Für die Ansteuerung wurden die von der jeweiligen stationären Durchflussmengenmessung (Venturi & Echolot) gelieferten potenzialfreien Impulse (1 Impuls/100l) mit einem Impulsteiler von 1:5 ausgewertet.

Straßenabschnitt 3: A1 Autobahnregenbecken Mönchgraben

Die Messung wurde im Zulauf mittels ISCO Flow-Logger mit Doppler Ultraschall realisiert (Abbildung 120) und die Probenahme mengenproportional durchgeführt.



Abbildung 120: Probenahme beim Autobahnregenbecken Mönchgraben an der A1 (Zulauf)

Im Ablauf war ein betonierter ca. 5 m tiefer Schacht, worin das behandelte Straßenabwasser erst ca. 1,5 m aufgestaut wurde, um dann durch ein Rohr ablaufen zu können. Aufgrund der baulichen Gegebenheit war hier der Einbau einer Mengensmessung unmöglich. Darum wurde die Aufstauhöhe ständig mittels Ultraschall überwacht und erst ab einer Höhe von 1,5 m der Probenehmer aktiviert. Die Probenahme erfolgte hier zeitproportional (Abbildung 121).



Abbildung 121: Probenahme beim Autobahnregenbecken Mönchgraben an der A1 (Ablauf)

8.4.9 Grundwasser

Die Probenahme in Vorarlberg erfolgte durch das Umweltinstitut Vorarlberg. Die Grundwassermessstellen in Salzburg und Niederösterreich wurden vom Umweltbundesamt beprobt.

Bei der Probenahme wurde auf die Einhaltung des hydraulischen Kriteriums geachtet. Damit sollte sichergestellt werden, dass die entnommene Probe kein Wasser enthielt, das sich vor dem Abpumpen im Filterrohr oder dem Ringraum der Grundwassermessstelle befand.

Bei Sonden bzw. Bohrbrunnen wurde die Probe mittels einer Unterwasserpumpe entnommen. Die Probenahmen aus Schachtbrunnen erfolgten über die eingebauten Pumpvorrichtungen.

Neben dem hydraulischen Kriterium, das bei der Probenahme aus Schachtbrunnen oder Bohrbrunnen mit großer Tiefe und großem Durchmesser nur schwer eingehalten werden kann, war das Beschaffenheitskriterium für die Probenahme entscheidend. Dabei wurden während des Abpumpens die Leitkennwerte Wassertemperatur und elektrischen Leitfähigkeit beobachtet. Die Konstanz dieser Leitkennwerte zeigt ein gleichbleibendes Mischungsverhältnis der durch den Abpumpvorgang erfassten Grundwässer an und gibt somit einen Hinweis auf das Erreichen eines sinnvollen Abpumpvolumens.

Die Proben wurden erst dann entnommen, wenn sich innerhalb von zwei Minuten die jeweilige Grundwassertemperatur um nicht mehr als 0,1 °C und die elektrische Leitfähigkeit um nicht mehr als 1 µS/cm geändert hatte.

8.5 Annex V: Bestimmungs- und Nachweisgrenzen sowie Güteziele der untersuchten Spurenstoffe

Tabelle 36 enthält eine Gegenüberstellung der Bestimmungs- und Nachweisgrenzen der angewandten analytischen Methoden für die untersuchten Spurenstoffe sowie der Umweltqualitätsnormen, falls solche Güteziele für die untersuchten Spurenstoffe verfügbar waren. Es sind die Umweltqualitätsnormen für den Jahresdurchschnitt (JD-UQN) angegeben.

Tabelle 36: Gegenüberstellung der Bestimmungsgrenzen der untersuchten Stoffe und der jeweiligen Güteziele (JD-UQN). Die Güteziele für die prioritären Stoffe geben den Status gemäß Richtlinie 2013/39/EU wieder. Die Güteziele für die sonstigen Stoffe sind der QZV Chemie OG entnommen.

Stoff / Stoffgruppe	Umweltqualitätsnorm [$\mu\text{g/l}$]	BG [$\mu\text{g/l}$]	NG [$\mu\text{g/l}$]
Blei	1,2	5	0,5
Cadmium	0,08-0,25	0,05	0,005
Chrom	8,5	5	0,5
Kupfer	1,1-8,8	1	0,1
Nickel	4	2	0,2
Zink	7,8-52	5	0,5
Quecksilber	20 ¹	0,001	0,0005
Nonylphenole	0,3	0,1	0,05
Nonylphenoethoxylate (NP _{1,2} EO)	-	0,1	0,05
Nonylphenolcarboxylate (NP _{1,2} EC)	-	0,1	0,05
Octylphenole	0,1	0,05	0,025
Bisphenol-A	1,6	0,1	0,05
Tributylzinn	0,0002	0,0002	0,0001
Dibutylzinn	0,01	0,0002	0,0001
Tetrabutylzinn	-	0,0002	0,0001
Diphenylzinn	-	0,0002	0,0001
Triphenylzinn	-	0,0002	0,0001
Perfluoroktansulfonsäure	0,00065	0,002	0,001
Perfluoroktansäure	-	0,002	0,001
17 α -Ethinylöstradiol (EE2)	-	0,0004	0,0002
Östron (E1)	-	0,0004	0,0002
17 β -Östradiol (E2)	-	0,0004	0,0002
Östriol (E3)	-	0,0004	0,0002
Benzylbutylphthalat (BBP)	-	0,05	0,03
Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	1,3	0,35	0,18
Bis(2-methoxyethyl)phthalat	-	0,1	0,05
Dicyklohexylphthalat (DCHP)	-	0,05	0,03
Diethylphthalat (DEP)	-	0,05	0,03
Diisobutylphthalat (DiBP)	-	0,05	0,03
Diisodecylphthalat (DiDP)	-	0,35	0,18
Diisoheptylphthalat	-	0,35	0,18
Diisononylphthalat	-	0,35	0,18
Diisopentylphthalat	-	0,05	0,03
Dimethylphthalat (DMP)	-	0,05	0,03
Di-n-butylphthalat (DBP)	-	0,05	0,03

Stoff / Stoffgruppe	Umweltqualitätsnorm [$\mu\text{g/l}$]	BG [$\mu\text{g/l}$]	NG [$\mu\text{g/l}$]
Di-n-octylphthalat (DOP)	-	0,05	0,03
Di-n-pentylphthalat	-	0,05	0,03
Dipropylphthalat	-	0,05	0,03
n-Pentyl-isopentyl Phthalat	-	0,05	0,03
BDE 28	$\Sigma=0,0085^1$	0,000029	0,000000085-0,000014
BDE 47		0,00014	0,0000002-0,0000076
BDE 99		0,00014	0,00000051-0,00001
BDE 100		0,000026	0,00000041-0,000011
BDE 153		0,00011	0,00000043-0,0001
BDE 154		0,000057	0,00000037-0,000011
BDE 49	-	0,000017	0,00000023-0,0000049
BDE 66	-	0,000023	0,00000038-0,0000083
BDE 77	-	0,000015	0,0000002-0,0000027
BDE 85	-	0,000013	0,0000018-0,000067
BDE 118	-	0,000007	0,0000011-0,000031
BDE 126	-	0,000007	0,0000012-0,000036
BDE 139	-	0,0000078	0,00000055-0,000021
BDE 175 + BDE 181	-	0,00007	0,00000039-0,00022
BDE 183	-	0,0016	0,00000033-0,000059
BDE 196	-	0,0013	0,00000065-0,000022
BDE 197	-	0,0015	0,00000066-0,000021
BDE 203	-	0,0016	0,00000078-0,000023
BDE 207	-	0,014	0,0000022-0,000068
BDE 209	-	0,18	0,000013-0,0006
Acenaphthen	-	0,0099	0,0050
Acenaphthylen	-	0,0086	0,0043
Anthracen	0,1	0,033	0,017
Benzo(a)anthracen	-	0,0013	0,00066
Benzo(a)pyren	0,00017	0,020	0,0099
Benzo(b)fluoranthren	-	0,0066	0,0033
Benzo(g,h,i)perylene	-	0,001	0,0005
Benzo(k)fluoranthren	-	0,0066	0,0033
Chrysen	-	0,0020	0,00099
Dibenzo(a,h)anthracen	-	0,0046	0,0023
Fluoranthren	0,0063	0,033	0,017
Fluoren	-	0,011	0,0056
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	-	0,001	0,0005
Naphthalin	2,0	1,3	0,66
Phenanthren	-	0,0026	0,0013
Pyren	-	0,0066	0,0033
Diuron	0,2	0,05	0,025
Chloridazon	-	0,05	0,025
Chloridazon-desphenyl	-	0,05	0,025
Chloridazon-methyl-desphenyl	-	0,05	0,025
Clothianidin	-	0,05	0,04
Carbendazim	-	0,05	0,025

Stoff / Stoffgruppe	Umweltqualitätsnorm [$\mu\text{g/l}$]	BG [$\mu\text{g/l}$]	NG [$\mu\text{g/l}$]
Ethofumesate	-	0,05	0,025
Isoproturon	0,3	0,05	0,025
Metazachlor	-	0,05	0,025
Metolachlor	-	0,05	0,025
N,N-Dimethylsulfamide	-	0,05	0,025
Propazin	-	0,05	0,025
Terbuthylazine	-	0,05	0,025
Terbuthylazine-desethyl	-	0,05	0,025
Terbuthylazine-2-hydroxy-desethyl	-	0,05	0,025
Terbuthylazine-2-hydroxy	-	0,05	0,025
Thiamethoxam	-	0,05	0,025
MTBE	-	0,2	0,1
ETBE	-	0,2	0,1
Chloride	150	0,083	0,025

¹...gilt für Biota und ist auf Frischgewicht bezogen [$\mu\text{g/kg}$] (RL 2013/39/EU), derzeit noch gültige JD UQN beträgt 0,0005 $\mu\text{g/l}$

8.6 Annex VI: Abflussberechnung

8.6.1 Methodik

Um die oben erwähnten Eintragspfade in die Gewässer entsprechend abschätzen bzw. quantifizieren zu können, sind eine Vielzahl an Grundlagendaten erforderlich. Neben der Eingrenzung des relevanten Untersuchungs- bzw. Bezugsgebietes sind Informationen zum Abwasseranfall sowie zur vorhandenen abwassertechnischen Infrastruktur nötig. Auf die einzelnen Aspekte wird in den folgenden Unterkapiteln genauer eingegangen.

Die Ausführungen in diesem Kapitel stellen im Wesentlichen eine adaptierte Wiedergabe der Inhalte der im Zuge dieses Projektes ausgearbeiteten Masterarbeit von Kolla (2014) bzw. des vom Projektteam beim ÖWAV Kanalmanagement 2013 vorgestellten Beitrags (Kretschmer et al., 2013) dar.

8.6.1.1 Untersuchungsgebiete

Die wesentlichen Bezugspunkte bei der Definition des jeweiligen Untersuchungsgebietes sind in erster Linie der Standort und das Einzugsgebiet einer Kläranlage. Die Standorte aller kommunalen österreichischen Kläranlagen mit einer Ausbaugröße von mindestens 2.000 EW sind georeferenziert bekannt (Umweltbundesamt, 2012, EEA, 2012a). Auf die einzelnen Einzugsgebiete kann über die an die jeweilige Kläranlage angeschlossenen Gemeinden rückgeschlossen werden. Diesbezügliche Informationen sind bei den Landesregierungen verfügbar. Im Projekt wurden zudem auf Daten kommunaler Kläranlagen (Ausbaugröße, Auslastungsgrad) aus dem Emissionsregister Oberflächenwasserkörper (EMREG-OV) sowie in eingeschränktem Maße auch auf entsprechende Informationen der Kanal- und Kläranlagennachbarschaft (ÖWAV, 2010) zurückgegriffen.

Das einzelne Einzugsgebiet stellt bei den im beschriebenen Forschungsprojekt durchgeführten Untersuchungen die kleinste Bezugsgröße dar. Über eine kumulierte Betrachtung der Einzeleinzugsgebiete kann das untersuchte Gebiet auch entsprechend ausgeweitet werden (Flusseinzugsgebiete, Bundesländer, österreichweite Betrachtung, etc.).

Um bei der Datenbearbeitung eine eindeutige Identifikation der Kläranlagen sicherzustellen, wurde im Projekt auf die Codierung, die bei den Kläranlagennachbarschaften (ÖWAV, 2010) Anwendung findet, zurückgegriffen. Diese Codes setzen sich aus der Bundeslandkennung, der ein- bzw. zweistelligen Nachbarschaftsnummer sowie der durch einen Punkt getrennten zweistelligen Kläranlagennummer zusammen (z. B. Kläranlage RHV Großraum Salzburg S1.01). Jene Kläranlagen, welche über keine Codierung verfügten, wurden vom Projektteam mit einer entsprechenden Kennung versehen. Allerdings wurden hier für die leichtere Identifizierbarkeit dreistellige Kläranlagennummern (beginnend mit 901) verwendet.

Die Zuordnung der einzelnen Gemeindegebiete zu den jeweiligen Kläranlagen erfolgte basierend auf den Daten der einzelnen Landesregierungen manuell unter Zuhilfenahme eines geografischen Informationssystems (GIS). Jene Gemeindegebiete, die an ausländische Kläranlagen angeschlossen sind bzw. die keiner konkreten Kläranlage zugeordnet werden konnten, wurden in den weiteren Betrachtungen nicht berücksichtigt.

Insgesamt wurden 790 Kläranlageneinzugsgebiete berücksichtigt (623 kommunale Kläranlagen mit einer Kapazität von zumindest 2.000 EW und 167 kommunale Kläranlagen mit einer Kapazität von weniger als 2.000 EW). Alle Auswertungen wurde für diese 790 Kläranlageneinzugsgebiete durchgeführt und diese 790 Siedlungsgebiete stellen auch die Basis für die Frachtberechnungen dar.

8.6.1.2 Abwasseranfall

Zur hydraulischen Quantifizierung der drei untersuchten Eintragspfade ist es notwendig, die jährlich anfallende Schmutzwassermenge, die jährlich anfallende Niederschlagswassermenge sowie die jährliche Menge an Fremdwasser, die in den Kläranlageneinzugsgebieten auftritt, abzuschätzen. Nachstehend werden die methodischen Ansätze zur Bestimmung der einzelnen Jahresmengen beschrieben.

Schmutz- und Fremdwasseranfall

Als Schmutzwasser werden das kommunale Abwasser aus den Haushalten sowie das Abwasser aus Gewerbe- und Industriebetrieben zusammengefasst. Es gibt verschiedene Ansätze, um den Schmutzwasseranfall in einem Einzugsgebiet zu ermitteln (Bilanzierungen über den Wasserverbrauch, Auswertungen des Kläranlagenzulaufes, etc.). Bei den Auswertungen der Kläranlagenzulaufe ist zu beachten, dass darin auch die Fremdwasseranteile enthalten sind. Eine wesentliche Grundlage hierbei sind jedenfalls Informationen über die Einwohnerzahl im Einzugsgebiet bzw. Daten zum Auslastungsgrad der jeweiligen Kläranlage. Informationen zu Ersterem sind prinzipiell über die Statistik Austria (2011) verfügbar, Informationen zu Letzterem können aus dem Emissionsregister Oberflächenwasserkörper (EMREG-OW) abgeleitet werden. Die aktuellen Auslastungsgrade der Kläranlagen beinhalten neben dem häuslichen Schmutzwasseranfall allerdings auch jenen aus Industrie und Gewerbe sowie auch den Fremdwasseranfall. Aus diesem Grund wurde im Projekt auf diese (im Gegensatz zu den Einwohnerzahlen viel detailliertere) Datengrundlagen zurückgegriffen. Informationen zur Ausbaugröße der einzelnen Kläranlagen können ebenfalls dem Emissionsregister Oberflächenwasserkörper (EMREG-OW) entnommen werden. Darüber hinaus stehen hier auch die Informationen der Kanal- und Kläranlagennachbarschaften (ÖWAV, 2010) zur Verfügung.

Basierend auf den aktuellen Auslastungsgraden der Kläranlagen und einer spezifischen hydraulischen Schmutzwassertagesfracht kann die jährlich anfallende Schmutzwassermenge inkl. der Fremdwasseranteile in den einzelnen Einzugsgebieten bestimmt werden.

Für eine Grobabschätzung der anfallenden Schmutz- bzw. Abwasserwassermenge wurde in einem ersten Schritt eine pauschale Schmutzwasserfracht ($I/(EW \cdot d)$) für Gesamtösterreich angenommen. Im weiteren Verlauf der Untersuchungen wurde aber versucht, die Frachten entsprechend zu konkretisieren (bundeslandspezifisch, einzugsgebietspezifisch).

Die Daten des Emissionsregisters beinhalten nur Informationen zu Kläranlagen ≥ 2.000 EW. Während der Einzugsgebietsermittlung wurden aber teilweise auch Kläranlagen < 2.000 EW berücksichtigt, allerdings sind für diese Anlagen keine aktuellen Auslastungsgrade verfügbar. Als Bezugsgröße für die Berechnung der anfallenden Schmutzwassermenge wurde hier auf die Einwohnerzahl zurückgegriffen. Diese wurden mit der angenommenen hydraulischen Schmutzwasserfracht je EW und dem entsprechenden Schmutzwasseranschlussgrad des jeweiligen Einzugsgebietes multipliziert. Somit konnte auch für diese Kläranlagen der jährliche Schmutzwasseranfall inkl. der Fremdwasseranteile abgeschätzt werden.

Niederschlagswasseranfall

Unter Niederschlagswasseranfall werden hier jene Niederschlagswassermengen zusammengefasst, die auf den befestigten Flächen (Dach- und Verkehrsflächen) anfallen (Oberflächenabfluss) und von dort in die Kanalisation gelangen und abgeleitet werden oder vor Ort im Boden versickern.

Obwohl die abflusswirksame Fläche einen zentralen Parameter in der abwassertechnischen Planung darstellt, sind in der Regel nur unzureichende Datengrundlagen vorhanden. Der Grund dafür liegt vor allem darin, dass eine umfassende Ermittlung und Untersuchung aller in einem bestimmten Einzugsgebiet an die Kanalisation angeschlossenen Teilflächen in der Praxis wirtschaftlich oft nicht umsetzbar ist und letztendlich auch nur messtechnisch ermittelt werden könnten. Aus diesem Grund mussten bei den aktuellen Untersuchungen die vorhandenen Flächen entsprechend abgeschätzt werden.

Bezüglich der Niederschläge sind in Österreich prinzipiell gute Datengrundlagen verfügbar. Die österreichischen Niederschlagsmessstellen und die dort aufgezeichneten Daten werden prinzipiell vom BMLFUW (2012a) über die eHYD-Homepage je Messstelle in Listenform zur Verfügung gestellt. Um die Datenverarbeitung im Projekt zu vereinfachen, wurden die relevanten Daten (mittlere Jahresniederschläge, Bemessungsregen $r_{D=720, n=1}$, Standorte der Regenmessstellen) vom BMLFUW (2012b) auch in gesammelter Form (dat, csv, shp) zur Verfügung gestellt.

Nachfolgend werden die methodischen Ansätze zur Ermittlung der Dach- und Verkehrsflächen (befestigte Flächen) sowie der relevanten Niederschlagsmengen beschrieben.

Ermittlung der Dachflächen

Die in den Einzugsgebieten vorhandenen Dachflächen wurden aus Gebäudedaten der Statistik Austria (2012), die auf Flächennutzungsdaten des Bundesamts für Eich- und Vermessungswesen basieren, abgeleitet. Im Projekt wurde vereinfachend angenommen, dass die Dachflächen in einer Gemeinde ident mit den angeführten Gebäudeflächen sind. Damit konnten die in einen Kläranlageneinzugsgebiet vorhandenen Dachflächen entsprechend abgeschätzt werden.

Ermittlung der Straßenflächen

Die ebenfalls bei der Statistik Austria (2012) verfügbaren Daten zu den Straßenfläche in den Gemeinden waren für die geplanten Untersuchungen allerdings nicht geeignet, da hierbei nicht klar ersichtlich war, welche Flächenanteile in Orts- bzw. in Freilandgebieten liegen. Darüber hinaus wird auch nicht zwischen befestigten und unbefestigten Straßen unterschieden. Dies ist vor allem aus dem Grund relevant, da letztere in der Regel nicht an eine Kanalisation angeschlossen sind. Auch von anderen Quellen (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Ämter der Landesregierungen) konnten keine besser verwertbaren Daten erhoben werden, weshalb die Straßenflächen vom Projektteam ebenfalls selbst ermittelt bzw. abgeschätzt werden mussten.

Hierzu wurde einerseits auf die Corine Land Cover Daten (EEA, 2012b) und andererseits auf Straßendaten des Umweltbundesamtes zurückgegriffen.

Die Corine Daten beinhalten georeferenzierte Flächendaten, in denen unter anderem die dichte und lose verbauten Siedlungsgebiete sowie die Gewerbe- und Industriegebiete in Österreich ersichtlich sind. Die verfügbaren Straßendaten beinhalten die georeferenzierten Lagen von allen österreichischen Autobahnen, Bundes-, Landes- und Gemeindestraßen (als Liniendaten) sowie sogenannte Points of Interest (POI) wie beispielsweise Parkplatzflächen (als Punktdaten).

Die verwendeten Datensätze sind:

- Straßendaten im Shape-Format als Linien oder Punkte (Navteq 2007)
 - Autobahnen und Schnellstraßen (Linien)
 - Bundes- und Landesstraßen (Linien)
 - Gemeindestraßen (Linien)
 - Points of Interest (Punkte)
- Daten der ZAMG im Raster-Format (KLIMA_ZAMG_61-90)
 - Niederschlagsdaten im Raster von 1x1 km (rrsum-jahr-korr)
- Administrative Grenzen im Shape-Format
 - Bundesländergrenzen als Flächen (Polygon)
 - Grenzen der Planungsräume als Flächen (Polygon)
- Orthofotos als Rasterinformation in der geometrischen Auflösung von 0,2 x 0,2 m (schätzen/messen der unterschiedlichen Straßenbreiten)

Für die einzelnen Straßenkategorien wurden jeweils spezifische Straßenbreiten, für die POI spezifische Durchmesser angenommen, um anschließend unter Zuhilfenahme eines GIS die dazugehörigen Straßenflächen und die Flächen der POI ermitteln zu können. Dadurch konnten für Gesamtösterreich Straßenflächen abgeschätzt werden. Die Bestimmung der mittleren Straßenbreiten erfolgte durch Messungen bei Orthofotos und Abgleich dieser Information mit den Regelquerschnitten der ASFINAG. Die angenommenen Straßenbreiten sind in *Tabelle 37* ersichtlich. Hierbei gilt es anzumerken, dass in Abhängigkeit der Spuranzahl der einzelnen Autobahnen und Schnellstraßen unterschiedliche Breiten gewählt wurden, weshalb die Breiten von 24 bis 35 m variieren. Bei den POI wurden die angesetzten Durchmesser auch in Abhängigkeit von der Nutzungsart gewählt, weshalb hierbei die Durchmesserangaben von 20 bis 200 m variieren.

Tabelle 37: Verwendete Straßenbreiten zur Straßenflächenermittlung

Straßentyp:	Straßenbreite:
Autobahnen und Schnellstraßen (AS)	von 24 bis 35 Meter
Bundes- und Landesstraßen (BL)	generell 8 Meter
Gemeindestraßen (GEM)	generell 6 Meter
POI (Points of interest)	Durchmesser: von 20 bis 200 Meter

Das Prinzip der Ermittlung der Straßenflächen soll anhand nachstehender Grafiken kurz erklärt werden. *Abbildung 122* zeigt unterschiedliche Straßentypen (im konkreten Fall Autobahnen und Gemeindestraßen). Diese werden unter Zuhilfenahme eines GIS mit den vorhandenen Linien- und Punktdaten überlagert. Nach der Zuordnung von entsprechenden Straßenbreiten können in weitere Folge daraus Straßenflächen generiert werden (*Abbildung 123*).



Abbildung 122: Straßen innerhalb eines Gemeindegebietes

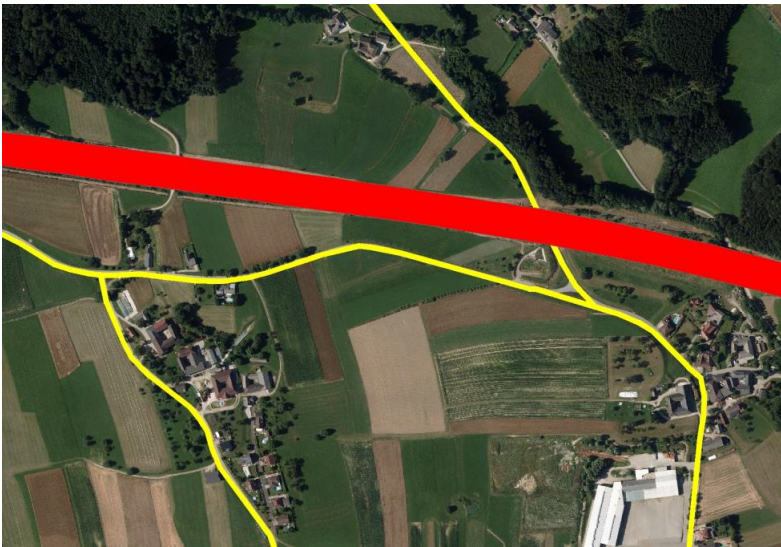


Abbildung 123: GIS-generierte Straßenflächen

Die so ermittelten Straßenflächen konnten anschließend mit den Corine Flächendaten verschnitten werden, um die Straßenflächen, welche sich innerhalb von dichte und lose verbauten Siedlungs- sowie Gewerbe- und Industriegebiete befinden, zu erhalten. Somit war es möglich, für jedes Kläranlageneinzugsgebiet die Straßenflächen im urbanen Gebiet zu ermitteln. Befestigte Hauseinfahrten wurden bei denn hier angeführten Überlegungen nicht extra berücksichtigt.

Niederschlagsermittlung

Der mittlere Jahresniederschlag ist die wesentliche Eingangsgröße zur Ermittlung des jährlichen Oberflächenabflusses. Der Jahresniederschlag stellt bei jeder der über 900 österreichischen Niederschlagsmessstelle die Gesamtsumme des Niederschlags innerhalb eines Jahres dar und liegt für jedes Jahr seit Beginn der jeweiligen Messungen vor. Für die Untersuchungen im Projekt wurde für jede Messstelle aus den vorhandenen Jahreswerten ein mittlerer Jahresniederschlag errechnet und dieser dann für die weiteren Abschätzungen verwendet.

In einem nächsten Schritt mussten die einzelnen Messstellen den jeweiligen Kläranlageneinzugsgebieten zugeordnet werden. Basis für die Zuordnung waren neuerlich GIS-Anwendungen, bei denen die Zugehörigkeit der Messstellen zu den einzelnen Einzugsgebieten grafisch erhoben wurde. Gab es im jeweiligen Einzugsgebiet eine Niederschlagsmessstelle, so wurde der entsprechende mittlere Jahresniederschlag entsprechend zugeordnet. Bei zwei oder mehr Niederschlagsmessstellen wurde der Mittelwert aus den einzelnen Messstellen berechnet und dieser dem Einzugsgebiet zugeordnet. Auf eine „Flächengewichtung“ der einzelnen Messstellen wurde hier aber aufgrund des damit verbundenen Mehraufwandes, der in keiner Relation zu einer verbesserten Aussagekraft steht, bewusst verzichtet. In den Fällen, in denen es in einem Einzugsbereich einer Kläranlage keine Niederschlagsmessstelle gibt, wurde der mittlere Jahresniederschlag des jeweiligen Bezirkes, in welchem sich die Kläranlage befindet, zugeordnet.

Um die Plausibilität der abgeleiteten Jahresniederschlagsdaten zu prüfen, wurden diese auch mit anderen Niederschlagsdaten, im konkreten Fall mit Daten der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG, 2013), verglichen.

Verdunstung

Bei der Berechnung der abflussrelevanten Niederschlagsmenge muss auch eine mögliche Verdunstung Berücksichtigung finden. In Anlehnung an BMLFUW (2013) kann festgehalten werden, dass rund 45 % des österreichischen Jahresniederschlags verdunsten. Es gilt aber zu beachten, dass dieser Wert für das ge-

samte österreichische Staatsgebiet und nicht nur für die Siedlungsräume ermittelt wurde. In diesem Zusammenhang merkt Harlaß (2008) an, dass die Verdunstung von versiegelten im Vergleich zu bewachsenen Oberflächen aufgrund der fehlenden Zwischenspeicherung des Wassers stark reduziert ist (rund 10 bis max. 20 % der Jahresniederschlagsmenge), da für die Verdunstung hier nur das Wasser aus der Benetzung der Oberflächen und dem Rückhalt auf Unebenheiten zur Verfügung steht.

Bei den Berechnungen im Rahmen dieser Arbeit wurde die Verdunstungsrate aufgrund ihrer geringen Bedeutung für den Gesamtabfluss von befestigten Flächen nicht extra ausgewiesen, sondern vielmehr pauschal in die Versickerungsmengen, welche ja ebenfalls nicht in die Kanalisation geleitet werden, integriert.

Fremdwasseranfall

Als Fremdwasseranfall werden in der Regel jene Abflussanteile bezeichnet, die über Undichtigkeiten oder Fehllanschlüsse in die Kanalisation gelangen (in Gebieten mit Trennkanalisation auch der Niederschlagswasserabfluss im Schmutzwasserkanal). Derartige Abflüsse kommen in der Praxis immer wieder vor, allerdings sollten sie in einer entsprechend gewarteten Kanalisation in Hinblick auf den Gesamtabfluss nur eine sehr untergeordnete Rolle spielen. Bei den in diesem Projekt angeführten Schmutzwassermengen wurde die Fremdwassermenge in den einzelnen Einzugsgebieten nicht eigens abgeschätzt sondern ist in der angesetzten Schmutzwassermenge pauschal enthalten.

8.6.1.3 Vorhandene Kanalisationsanlagen

Misch- und Trennsystem

Der Bestand an Misch- bzw. Trennkanalisationen in einem Einzugsgebiet stellt in Hinblick auf die Quantifizierung des Abflusses eine sehr wichtige Bezugsgröße dar, da, wie bereits erwähnt wurde, Mischwasserentlastungen bzw. Niederschlagswasserkanäle als wesentliche Eintragspfade in die Gewässer gelten. Informationen über den aktuellen Bestand der abwassertechnischen Infrastruktur in den einzelnen Einzugsgebieten sind bei mehreren Landesregierungen bereits in einem sehr hohen Detaillierungsgrad (Kläranlageneinzugsgebietsebene, Gemeindegebietsebene) verfügbar (z. B. NÖ LR, 2003). Darüber hinaus stellt hier auch ein von der Kommunalkredit Public Consult zur Verfügung gestellter bezirksbezogener Auszug, von dem auf die einzelnen Kläranlageneinzugsgebiete geschlossen werden kann, aus der aktuellen Investkostenerhebung (KPC, 2012) eine wertvolle Informationsquelle dar.

Es muss aber festgehalten werden, dass die zentral verfügbaren Daten nur das Verhältnis zwischen Misch- und Trennsystem im jeweils betrachteten Gebiet darstellen, Informationen zu Leitungslängen in entsprechendem Detaillierungsgrad sind derzeit weder auf Gemeindeebene noch auf gesamtösterreichischer Ebene verfügbar.

Im Wesentlichen wurde basierend auf den verfügbaren Daten versucht, in allen Kläranlageneinzugsgebieten das Verhältnis von Misch- zu Trennsystem zu definieren. Wenn über die Kanalnetzsysteme Informationen auf Gemeindeebene verfügbar waren, wurden diese entsprechend zugeordnet. Der ungewichtete Mittelwert aus den einzelnen Gemeindewerten ergab dann die jeweilige Verteilung im entsprechenden Kläranlageneinzugsgebiet. Sofern keine Gemeindedaten verfügbar waren, wurde für die Verteilung im Einzugsgebiet der Wert aus jenem politischen Bezirk übernommen, in dem sich das Einzugsgebiet befindet (bei bezirksübergreifenden Einzugsgebieten wurde ein einfacher Mittelwert errechnet).

Bei der kumulierten, österreichweiten Betrachtung stellt die Verteilung von Misch- und Trennsystem den flächengewichteten Mittelwert der einzelnen Kläranlageneinzugsgebiete dar.

Für die weiteren Berechnungen wurde dann vereinfachend davon ausgegangen, dass in einem Einzugsgebiet das Niederschlagswasser von Dach- und Verkehrsflächen sowie das Schmutzwasser jeweils anteilig gemäß der vorhandenen Verteilung von Misch- und Trennsystem abgeleitet werden.

Anschlussgrade

Ähnlich wie beim Bestand an Misch- und Trennsystemen sind auch die Informationen über den Anschlussgrad an eine öffentliche Kanalisation in den jeweiligen Einzugsgebieten bei vielen Landesregierungen zentral verfügbar bzw. können diese aus den Erhebungen der KPC (2012) abgeleitet werden. Allerdings beziehen sich die vorhandenen Daten nur auf die angeschlossenen Gebäude (Wohngebäude, Gewerbe, Industrie) bzw. das dort anfallende Schmutzwasser.

Schmutzwasseranschlussgrad

Als Referenzwerte für die in den jeweiligen Einzugsgebieten anfallenden Schmutzwassermengen standen, wie erwähnt, die Daten aus dem EMREG-OW zur Verfügung. Dezentral behandelte Schmutzwassermengen sind in diesen Datensätzen nicht inkludiert. Da sie zum Gesamtschmutzwasseranfall in Österreich auch nur einen vernachlässigbar kleinen Beitrag leisten, wurden sie hier nicht extra berücksichtigt. Somit wurde im Projekt vereinfachend davon ausgegangen, dass das gesamte anfallende Schmutzwasser zu Kläranlagen geleitet wird und der Schmutzwasseranschlussgrad daher bei 100 % liegt.

Niederschlagswasseranschlussgrad

Die bei den Behörden zentral verfügbaren Schmutzwasseranschlussgrade müssen natürlich nicht zwangsläufig dem Anschlussgrad der Dachflächen dieser Gebäude entsprechen. Vielmehr gab es ja vor allem in den letzten Jahren vermehrt Tendenzen hin zu Entkopplungen und einer dezentralen Niederschlagswasserbewirtschaftung. An zentraler Stelle sind diesbezügliche Daten derzeit in Österreich aber noch nicht verfügbar. Gleiches gilt für den Anschlussgrad der öffentlichen Straßen.

Bei den im Projekt durchgeführten Untersuchungen mussten daher v. a. auch in Bezug auf die Anschlussgrade der Dach- und Straßenflächen entsprechende Annahmen getroffen werden:

- Für eine erste grobe Abschätzung der unterschiedlichen Abflüsse wurden für die Dachflächenanschlussgrade die Werte der Schmutzwasseranschlussgrade übernommen. In weiteren Szenarien wurde insbesondere der damit tendenziell sicherlich zu hoch angenommene Dachflächenanschlussgrad an die Kanalisationsanlagen sensitiv untersucht, in dem bei manchen Abschätzungen auch noch 50 % Szenarien für die angeschlossenen Dachflächen zusätzlich untersucht wurden. Bei den verbleibenden Flächen wird immer davon ausgegangen, dass sie dezentral bewirtschaftet werden.
- Da sich alle für die Untersuchungen relevanten Straßen im urbanen Gebiet (dichte und lose Siedlungsgebiete, Gewerbe- und Industriegebiete) befinden, wurde vereinfachend angenommen, dass sämtliche urbanen Straßenflächen auch an die öffentliche Kanalisation angeschlossen sind.

Sofern in einem Einzugsgebiet mehrere „Gemeindeanschlussgrade“ verfügbar waren, wurde auch hier wieder ein ungewichteter Mittelwert aus den Einzelwerten errechnet. Gegebenenfalls wurde der Anschlussgrad im Einzugsgebiet auch hier wieder aus den Bezirksdaten abgeleitet.

Bei der kumulierten, österreichweiten Betrachtung wurde auf eine Gewichtung der Mittelwert der einzelnen Kläranlageneinzugsgebiete verzichtet, vielmehr wurde durch eine pauschale Variation des Anschlussgrades von Dach- und Straßenflächen die Sensitivität dieses Parameters dargestellt.

Weiterleitungsgrad

Bei Mischwassersystemen stellt der erforderliche Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung des abgeleiteten Niederschlagswassers eine wesentliche Kenngröße bei der einzugsgebietsbezogenen Systembetrachtung

gemäß aktuellem ÖWAV Regelblatt 19 (2007) dar. Er errechnet sich im Wesentlichen aus der Ausbaugröße der Kläranlage im betrachteten Untersuchungsgebiet sowie des im Einzugsgebietes maßgeblichen Bemessungsregens $r_{D=720,n=1}$. Beide Informationen sind, wie bereits oben erwähnt, über die eHYD Homepage des BMLFUW (2012a) verfügbar. Die Niederschlagsdaten können den jeweiligen Kläranlagen bzw. dem jeweiligen Untersuchungsgebiet zugeordnet und unter Berücksichtigung der im Gebiet vorhandenen Ausbaugrößen der erforderliche Weiterleitungsgrad für die gelösten Stoffe (= hydraulischer Weiterleitungsgrad) berechnet werden.

Österreichweit gibt es knapp 2.800 „Messstellen“, welche innerhalb eines Rasters von 6x6 km über das gesamte Staatsgebiet verteilt sind. Die jeweiligen Daten wurden, wie bereits erwähnt, vom BMLFUW (2012b) zur Verfügung gestellt. Auch hier erfolgte die Zuordnung der „Messstellen“ zu den einzelnen Kläranlageneinzugsgebieten wieder mit Hilfe von GIS-Anwendungen. Allerdings wurden bei diesen Betrachtungen immer nur die Daten jener „Messstelle“ berücksichtigt, die sich am nächsten zum jeweiligen Kläranlagenstandort befindet. Der entsprechende Bemessungsregen der so ermittelten „Messstelle“ wurde dem jeweiligen Einzugsgebiet zugeordnet und für die weiteren Berechnungen herangezogen.

Kleineren Einzugsgebieten, die über keine eigene „Messstelle“ verfügen, wurden die Daten der jeweils nächstgelegenen zugeordnet.

Nach Zuordnung der jeweiligen Bemessungsregenspenden und unter Berücksichtigung der jeweiligen Kläranlagenausbaugröße wurden für alle Einzugsgebiete die entsprechenden Mindestweiterleitungsgrade gemäß ÖWAV-RB 19 (2007) ermittelt. Daraus abgeleitet wurden auch die dazugehörigen jährlichen Entlastungsraten.

An dieser Stelle soll ergänzend angemerkt werden, dass davon auszugehen ist, dass die tatsächlichen Weiterleitungsgrade in den einzelnen Einzugsgebieten von den hier errechneten abweichen werden. Die Mindestanforderungen des ÖWAV RB 19 (2007) werden in der aktuellen Praxis über- aber teilweise wohl auch unterschritten werden. Die genaue Ermittlung der einzelnen Weiterleitungsgrade würde numerische Simulationen in jedem der Einzugsgebiete erfordern, welche aufgrund des damit verbundenen Aufwandes nicht Teil des Projektes waren. Die Verwendung der für jedes Kläranlageneinzugsgebiet ermittelten erforderlichen Weiterleitungswirkungsgrade gemäß dem ÖWAV-RB 19 (2007) war für diese Abschätzung der einzig gangbare Weg.

Für die kumulative, österreichweite Betrachtung wurden der Mittelwert der Bemessungsregenspenden der einzelnen Einzugsgebiete sowie der österreichische Gesamtausbaugrad herangezogen.

Sonderbauwerke

Mit Ausnahme der ermittelten erforderlichen Mindestweiterleitungsgrade bei Mischwassersystemen für die gelösten Inhaltsstoffe sind bei den in diesem Bericht angeführten Quantifizierungen keine Einflüsse von etwaigen zusätzlichen Sonderbauwerken (Überlaufbecken, Rückhaltebecken, etc.) berücksichtigt. Die Recherchen lieferten auch keinen Hinweis, dass derartige Daten derzeit an zentraler Stelle verfügbar sind. Damit wurden auch keinerlei Sedimentationswirkungen von AFS in den installierten Speicherbauwerken berücksichtigt.

8.6.1.4 Quantifizierung der Eintragspfade

Um die unterschiedlichen hydraulischen Ströme bzw. die Eintragspfade in die Gewässer entsprechend ermitteln zu können, mussten in einem ersten Schritt die zuvor angeführten Grundlagendaten in eine geordnete Form gebracht werden. Dafür wurden alle Daten in Excel-Tabellen eingetragen. Danach erfolgten ebendort die tabellarischen Auswertungen.

Um die hydraulischen Ströme auch grafisch darstellen zu können, wurde das an der TU Wien entwickelte Stoffflussanalyseprogramm STAN (<http://www.stan2web.net/>) verwendet.

Nachstehend soll ein Überblick über die Arbeitsschritte gegeben werden, welche nötig waren, um sowohl die tabellarischen als auch die grafischen Auswertungen durchführen zu können.

Tabellarische Auswertungen

Der erste Schritt der tabellarischen Auswertung war die Definition und Benennung der einzelnen Untersuchungs- bzw. Bezugsgebiete. Hierfür wurden die einzelnen österreichischen Gemeinden bestmöglich den entsprechenden Kläranlagen zugeordnet und damit die jeweiligen Einzugsgebiete festgelegt.

Anschließend wurde den einzelnen Einzugsgebieten die zur Berechnung des Abwasseranfalls notwendigen Daten zugeordnet. Für die Bestimmung des Schmutzwasseranfalls wurden die mittleren Belastungen sowie die einwohnerwertspezifischen Abwassermengen angesetzt. Zur Ermittlung des Niederschlagswasserabflusses wurden einerseits die vorhandenen Dachflächen den einzelnen Gemeinden zugeordnet und anschließend auf Einzugsgebietsebene aufsummiert, andererseits die vorhandenen Straßenflächen den einzelnen Kläranlageneinzugsgebieten zugeteilt. Weiters mussten die mittleren Jahresniederschläge zugeordnet werden.

Danach wurden die zur Bestimmung der Verteilung des Abwasseranfalls benötigten Daten (Verteilung Mischwasser-/Trennsystem, Anschlussgrad, Weiterleitungsgrad) in die Excel-Liste eingepflegt und den jeweiligen Kläranlageneinzugsgebieten bzw. den Gemeinden eines Einzugsgebietes zugeordnet.

Darüber hinaus wurden auch noch zusätzliche Informationen, die für die Berechnung zwar nicht unmittelbar relevant sind, aber hilfreiche Kontextinformationen darstellen, in die Excel-Liste entsprechend eingearbeitet. Zu diesen Daten zählen beispielsweise die Bevölkerungsdichte, die Wohnbevölkerung, die Gebäudeanzahl sowie die Größe des Gemeindegebietes.

Nach der Zusammenführung der erhobenen Daten erfolgten die Auswertungen der hydraulischen Stoffströme. Hierzu wurden zuerst die anfallenden Abwassermengen (Schmutz- und Niederschlagswasser) sowie die dazugehörigen Fließ- und Verteilungswege für jedes einzelne untersuchte Einzugsgebiet berechnet. Anschließend wurden diese Einzelergebnisse in einem weiteren Arbeitsschritt dahingehend aufbereitet, dass auch kumulative Aussagen (Bundesland, Gesamtösterreich, Planungsräume) gemacht werden konnten.

Grafische Auswertung

Die grafische Auswertung erfolgte, wie schon erwähnt, durch das Stoffflussanalyseprogramm STAN. Ziel der grafischen Auswertung war es, ein Fließschema zu erstellen, welches die unterschiedlichen hydraulischen Ströme (Schmutz-, Niederschlags- und Mischwasser, gereinigtes Abwasser) vom Anfallort bis zum Gewässer auf anschauliche Art und Weise wiedergibt. In dem gewählten Fließschema sind folgende Punkte ersichtlich:

- Menge des Schmutzwasserabflusses, die über Misch- bzw. Trennkanalisationen zur Kläranlage gelangt.
- Menge des von Dach- und Straßenflächen stammenden Niederschlagswassers,
 - o die über Misch- bzw. Trennkanalisationen abgeleitet wird,
 - o die an Ort und Stelle versickert wird.
- Menge des Mischwasserabflusses,
 - o die zur Kläranlage weitergeleitet wird,
 - o die über Entlastungsbauwerke in die Gewässer gelangt.

8.6.1.5 Datenunsicherheit

Die Zuverlässigkeit der Datenquelle sowie die Genauigkeit der Eingangsdaten, die zur Quantifizierung der unterschiedlichen Eintragspfade herangezogen wurden, wurden ebenfalls abgeschätzt. Folgende Grundlagendaten wurden bewertet:

- Jahresschmutzwasseranfall im Einzugsgebiet, welcher aus folgenden Daten abgeleitet wird:
 - o EMREG-OW Daten
 - o Schmutzwassermenge ($I/(EW \cdot d)$)
- Niederschlagswasserabfluss im Einzugsgebiet, welcher aus folgenden Daten abgeleitet wird:
 - o Dachflächen
 - o Straßenflächen
 - o Mittlerer Jahresniederschlag im Einzugsgebiet
- Kanalisationsanlagen
 - o Verteilung Mischwasser-/Trennsystem
 - o Anschlussgrad
- Erforderlicher Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung für gelöste Stoffe, welcher aus folgenden Daten abgeleitet wird:
 - o Ausbaugröße der Kläranlage
 - o Bemessungsniederschlag $r_{D=720, n=1}$

Grundlage für die Beurteilung der Datenunsicherheit ist ein Konzept, das die International Water Association (IWA) in Zusammenhang von Kennzahlenermittlungen zur Leistungsbeurteilung in der Siedlungswasserwirtschaft veröffentlicht hat (Matos et al., 2003). Diesem Konzept zur Folge ist es wesentlich, dass die Aussagekraft von Kennzahlen ganz wesentlich von der Qualität ihrer Eingangsdaten abhängt. Hierbei werden zwei Bewertungsklassen unterschieden:

- **Vertrauensklassen:**
 - o **A - Sehr zuverlässig:** Daten, die auf genauen Aufzeichnungen, Verfahren, Untersuchungen oder Analysen basieren, dokumentiert werden und dem Stand der Technik bzw. der besten verfügbaren Methode entsprechen.
 - o **B - Zuverlässig:** Generell wie in Punkt A, allerdings mit geringen Defiziten. Beispielsweise teilweise fehlende Dokumentation, ältere Aufzeichnungen oder Daten, die auf unbestätigten Berichten oder Hochrechnung basieren.
 - o **C - Unzuverlässig:** Daten, die auf Hochrechnungen mit einer begrenzten Probenanzahl basieren.
 - o **D - Sehr unzuverlässig:** Daten, die auf unbestätigten mündlichen Aussagen und/oder oberflächlichen Analysen beruhen.
- **Genauigkeitsklassen:** Die Genauigkeit wird als Grad der Übereinstimmung zwischen dem gemessenen Wert und dem wahren Wert definiert. Die Genauigkeit bezieht sich dabei immer auf die Messung und nicht auf die Messausrüstung. Wenn nämlich genau arbeitenden Messgeräte falsch eingesetzt werden, liefern diese auch falsche Ergebnisse. Die einzelnen Klassen sind wie folgt definiert:
 - o 1. Genauer oder gleich **+/- 1 %**
 - o 2. Nicht Klasse 1, aber genauer oder gleich **+/- 5 %**
 - o 3. Nicht Klasse 1 oder 2, aber genauer oder gleich **+/- 10 %**
 - o 4. Nicht Klasse 1,2 oder 3, aber genauer oder gleich **+/- 25 %**
 - o 5. Nicht Klasse 1,2,3 oder 4, aber genauer oder gleich **+/- 50 %**
 - o 6. Nicht Klasse 1,2,3,4 oder 5, aber genauer oder gleich **+/- 100 %**

- X. Werte, die aus dem gültigen Bereich fallen

Werden die Kürzel der Vertrauensklassen und der Genauigkeitsklassen kombiniert, lassen sich daraus die so genannten Konfidenzgrade in Form eines alphanummerischen Codes abbilden (siehe *Tabelle 38*).

Tabelle 38: Matrix der Konfidenzgrade (Matos et al., 2003)

Genauigkeits- klassen (%)	Vertrauensklassen			
	A	B	C	D
[0; 1]	A1	++	++	++
]1; 5]	A2	B2	C2	++
]5; 10]	A3	B3	C3	D3
]10;25]	A4	B4	C4	D4
]25; 50]	++	++	C5	D5
]50; 100]	++	++	++	D6

++ bezeichnet jene Konfidenzgrade, welche nicht vereinbar sind

Nur die wenigsten Daten dürfen mit A1 klassifiziert werden. Damit Daten mit diesem Konfidenzgrad bewertet werden dürfen, müssen diese ordentlich geprüft und idealerweise von einem Computersystem verarbeitet sein. Beispiele für Daten, welche mit A1 bewertet werden können, sind Investitionskosten, die Anzahl an eingelangten Beschwerden oder Erlöse (Matos et al., 2003).

Informationen können zwar auf gut dokumentierten Aufzeichnungen basieren aber aufgrund von ungenauen Messungen nur mit A2 bis A4 bewertet werden. Ein Beispiel hierfür wären Daten über das behandelte Klärschlammvolumen (Matos et al., 2003).

Kennzahlen zur Beschreibung von erdverlegten Anlagen dürfen generell nur den Zuverlässigkeitsgrade B, C oder D zugeordnet werden. Grund hierfür ist, dass die wesentlichen Datengrundlagen (Länge, Material oder Alter) dieser Anlagen meist auf unsicheren Aufnahmen, unbestätigten Berichten oder Hochrechnungen basieren (Matos et al., 2003).

Für den Fall, dass einzelne Kennzahlen aufgrund fehlender Datengrundlagen noch nicht bestimmt, diese aber aus anderen Informationen hochgerechnet werden können, sind die berechneten Werte mit D3 oder schlechter zu bewerten (Matos et al., 2003).

Es kann vorkommen, dass eine Kennzahl aus mehreren Datenelementen besteht, welche einzeln bewertet werden. In diesem Fall richtet sich die Beurteilung nach dem am schlechtesten beurteilten Datenelement (Matos et al., 2003).

Die Ergebnisse dieser Bewertung zeigen auch gleichzeitig die jeweiligen Schwankungsbereiche und damit die Unsicherheiten der einzelnen Daten, welche im Rahmen dieser Arbeit ermittelt wurden.

8.6.1.6 Plausibilitätsprüfung

Nach der Quantifizierung der einzelnen Eintragspfade war es wesentlich, die berechneten hydraulischen Abflüsse auf Plausibilität zu überprüfen. Da derzeit in Österreich keine flächendeckenden Daten zu Durchflussmessungen in den Kanalisationen vorhanden sind, verblieben als Referenzwert nur die Kläranlagenabläufe aus dem EMREG-OW.

Für jedes einzelne Kläranlageneinzugsgebiet wurden die errechneten Ablaufmengen (Ist-Wert) mit den tatsächlichen Ablaufmengen der Kläranlage (Soll-Wert) verglichen. Um von aussagekräftigen Rechenergebnissen ausgehen zu können, sollte dabei die Abweichung von Soll- und Ist-Werten jeweils nicht außerhalb ei-

nes bestimmten Bereiches, der aus der Analyse der Unsicherheiten der Grundlagendaten abgeleitet wurde, liegen. Jene Kläranlagen, deren Berechnungsergebnis außerhalb der vorgegebenen Toleranz lag (darunter oder darüber), wurden in drei „Abweichungsklassen“ unterteilt (bis 50 %, bis 100 %, über 100 % Abweichung). In weiterer Folge wurde für jede Abweichungsklasse die Anzahl der in ihr befindlichen Kläranlagen sowie deren Ausbaugröße bzw. der Prozentanteil an der Gesamtausbaugröße in Österreich bestimmt. Damit konnten einerseits die siedlungswasserwirtschaftliche Relevanz der abweichenden Kläranlagen dargestellt und gegebenenfalls konkrete Fälle identifiziert und im Detail betrachtet werden. Andererseits war es damit auch möglich, die Verteilungen der Kläranlagenanzahl und -ausbaugröße unterhalb bzw. oberhalb des Toleranzbereichs direkt gegenüberzustellen.

Wie schon weiter oben erwähnt, wurde für eine erste Grobabschätzung der anfallenden Schmutz- bzw. Abwasserwassermenge eine pauschale einwohnerwertspezifische Schmutzwasserfracht ($I/(EW \cdot d)$) inkl. Fremdwasser für Gesamtösterreich angenommen. Da die Schmutzwasserfrachten auch in Abhängigkeit der darin enthaltenen Fremdwassermengen in der Praxis von Einzugsgebiet zu Einzugsgebiet durchaus variieren können, wurde in weiterer Folge versucht, diesen Eingangsparameter immer weiter „regionalspezifisch“ zu adaptieren. Dadurch konnte eine Verbesserung der Rechenergebnisse erzielt werden.

Auf eine Variation der Niederschlagswasserabflüsse (z. B. über geänderte Anschlussgrade), die prinzipiell natürlich auch zum Gesamtabfluss beitragen, wurde hier bewusst verzichtet. Der Grund dafür war, dass dieser Parameter noch in weit höherem Ausmaß einzugsgebietspezifischen Randbedingungen unterworfen ist, und damit sinnvolle Adaptierung hierbei nur auf sehr lokaler Ebene passend erscheinen.

Allerdings wurde der Einfluss von unterschiedlichen Niederschlagswasserabflussmengen auf die Gesamtabflussmengen im Rahmen von Sensitivitätsanalysen, bei der die Anschlussgrade der Dach- und Straßenflächen variiert wurden, untersucht.

8.6.1.7 Sensitivitätsanalyse

Wie bereits erwähnt wurde, müssen die Anschlussgrade der Dachflächen nicht zwangsläufig den Schmutzwasseranschlussgraden entsprechen. Vielmehr gab es ja vor allem in den letzten Jahren vermehrt Tendenzen hin zu einer Abkoppelung dieser Flächen von der Kanalisation und zu verstärkten Anstrengungen im Bereich der dezentralen Niederschlagswasserbewirtschaftung. Auch in Bezug auf den Anschlussgrad der urbanen Straßenflächen sind keine genauen Informationen verfügbar.

Um diesen Punkten Rechnung zu tragen, wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, bei der die Anschlussgrade der Dach- und Straßenflächen variiert wurden. Damit sollte dargestellt werden, welchen Einfluss Abkopplungsmaßnahmen bzw. dezentrales Niederschlagswassermanagement auf die Abflüsse bei den unterschiedlichen Eintragungspfad haben.

Es soll noch erwähnt werden, dass die Verdunstungsrate bei den hydraulischen Analysen schlussendlich nicht direkt sondern bei der Variation der Anschlussgrade indirekt berücksichtigt wurde. Durch den Anschlussgrad wird festgelegt, welcher Anteil des Gesamtniederschlags in die Kanalisation gelangt. Ob die übrige Wassermenge nun dezentral bewirtschaftet wird oder verdunstet, ist für die hydraulische Betrachtung der Eintragungspfade irrelevant. Der Einfachheit halber wurde die Verdunstung daher gemeinsam mit der Versickerung kombiniert mitberücksichtigt.

8.6.2 Ergebnisse

Im nachfolgenden Kapitel werden die Ergebnisse der Abflussberechnungen präsentiert. Es wird ein Überblick über die Untersuchungsgebiete gegeben, sowie die Abschätzung des Abwasseranfalles und die Erhebungsergebnisse zu den vorhandenen Kanalisationssystemen präsentiert. Diese Ergebnisse werden allerdings nicht für alle untersuchten Einzugsgebiete einzeln angeführt, sondern auf Bundesland- und Planungsebene bzw. für Gesamtösterreich kumulativ dargestellt. Damit kann auf übersichtliche Art und Weise ein Eindruck über die Relevanz der unterschiedlichen Eintragspfade gewonnen werden.

Im Anschluss daran werden die Quantifizierungen der einzelnen Eintragspfade und Informationen zu den Datenunsicherheiten angeführt. Abgeschlossen wird das Kapitel mit Ausführungen zur Plausibilitätsprüfung und Aussagen zu den durchgeführten Sensitivitätsanalysen.

Die Ausführungen in diesem Kapitel stellen im Wesentlichen wieder eine adaptierte Wiedergabe der Inhalte der im Zuge dieses Projektes ausgearbeiteten Masterarbeit von Kolla (2014) bzw. des vom Projektteam beim ÖWAV Kanalmanagement 2013 vorgestellten Beitrags (Kretschmer et al., 2013) dar.

8.6.2.1 Untersuchungsgebiete

Wie bereits erwähnt stellt im Projekt das Einzugsgebiet einer Einzelkläranlage die kleinste Bezugsgröße dar. Es wurden insgesamt 790 Kläranlageneinzugsgebiete ausgewertet. Durch eine kumulierte Betrachtungsweise können auch größere Untersuchungsgebiete definiert werden (Flusseinzugsgebiete, Bundesländer, Bundesgebiet, etc.). In diesem Bericht beziehen sich die Ausführungen im Wesentlichen auf Gesamtösterreich, wobei die Darstellung der verwendeten Eingangsdaten auch auf Landes- und Planungsebene erfolgt.

In *Abbildung 124* sind 623 österreichische Kläranlagen mit einer Ausbaugröße von mindestens 2.000 EW als Punkte dargestellt (laut aktuellem Lagebericht zur kommunalen Abwasserrichtlinie (BMLFUW, 2012c) sind es bereits 635 Anlagen). Über die angeschlossenen Gemeinden konnte jeder Kläranlage ein Einzugsgebiet zugewiesen werden. Diese Flächen sind farblich hinterlegt. Darüber hinaus konnten weiteren 167 Kläranlagen unter 2.000 EW ebenfalls entsprechende Einzugsgebiete zugewiesen werden. Diese Flächen sind ebenfalls farblich hinterlegt, die Ausweisung der Kläranlage fehlt hier allerdings. Die weißen Flächen verfügen nur über Kläranlagen mit einer Ausbaugröße unter 2.000 EW, zu denen keine weiteren Informationen verfügbar waren bzw. sind diese Gebiete an Kläranlagen im Ausland angeschlossen (in den Bundesländern Burgenland, Niederösterreich, Oberösterreich und Tirol).

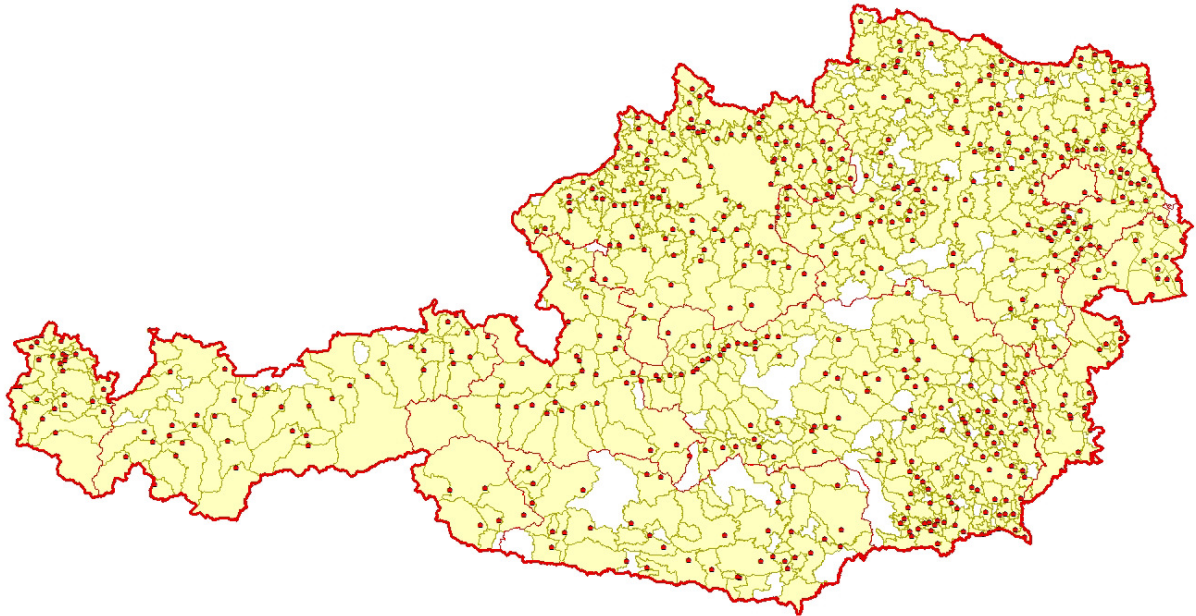


Abbildung 124: Kläranlagenstandorte ab 2.000 EW Ausbaugröße und deren Einzugsgebiete (Kretschmer et al., 2013)

Im Rahmen der Auswertungen wurde auch ermittelt, dass in Summe nur etwa 180.000 Einwohner (rund 2 % der österreichischen Gesamtbevölkerung) keinem Einzugsgebiet zugeordnet werden konnten. Deren Abwässer werden beispielsweise über Kleinkläranlagen, Senkgruben, Hauskläranlagen oder ähnliches entsorgt.

8.6.2.2 Aktueller Abwasseranfall

Schmutzwasseranfall

Wie bereits oben erwähnt, sind für die Kläranlagen mit einer Ausbaugröße von mindestens 2.000 EW die aktuellen Belastungen bezogen auf 120 g CSB/(EW·d) bekannt. Für kommunale Kläranlagen mit einer Kapazität von weniger als 2.000 EW sind keine Daten zur Belastung verfügbar. Für diese kleinen Siedlungsgebiete wurde die mittlere Belastung aus der Wohnbevölkerung und dem Anschlußgrad an die Kanalisation berechnet und angenommen, dass industrielle Einträge vernachlässigbar sind.

Für eine erste grobe Abschätzung der jährlich anfallenden Schmutzwassermengen inkl. Fremdwasseranteil wurde in einem ersten Schritt ein einwohnerwertspezifischer Abwasseranfall von 150 l/(EW·d) bzw. danach von 200 l/(EW·d) für Gesamtösterreich angenommen. Im Rahmen der Plausibilitätsprüfung zeigte sich allerdings, dass ein aus den verfügbaren und gemessenen Jahrestrockenwettermengen abgeleiteter spezifischer Schmutzwasseranfall zu den besten Rechenergebnissen führte.

In *Tabelle 39* sind der Ausbaugrad, die mittlere tägliche Belastung sowie die entsprechend abgeschätzten jährlichen Schmutzwassermengen je Bundesland und für Gesamtösterreich angeführt. Dabei muss angemerkt werden, dass die Gesamtmenge des Schmutzwasseranfalls in dieser Tabelle nicht die Summe der Einzelwerte der Bundesländer ist, sondern das Produkt aus der österreichweiten mittleren EW_{120} -Belastung und dem Medianwert der verfügbaren einwohnerwertspezifischen Schmutzwasserfrachten [l/EW/d]. Die Auswertungen berücksichtigen die 790 Kläranlageneinzugsgebiete.

Tabelle 39: Abgeschätzter jährlicher Schmutzwasseranfall inkl. Fremdwasseranteil in Österreich

Bundesland	Kläranlagen		
	Ausbaugröße [EW ₆₀]	Mittlere Belastung [EW ₁₂₀]	Schmutzwasser [m ³ /a]
Burgenland	803.780	408.344	38.603.000
Kärnten	1.226.395	811.866	51.265.000
Niederösterreich	3.967.030	2.193.348	146.505.000
Oberösterreich	3.472.786	1.897.800	112.910.000
Salzburg	1.558.188	979.835	47.924.000
Steiermark	2.731.641	1.504.826	95.022.000
Tirol	2.135.927	1.290.102	88.527.000
Vorarlberg	1.459.663	747.943	35.763.000
Wien	4.000.000	2.716.575	193.352.000
Gesamt	21.355.410	12.550.639	792.510.000

Niederschlagswasseranfall

Ermittelte Flächen – Dachflächen

In Hinblick auf die Dachflächen kann, wie bereits erwähnt, festgehalten werden, dass die Statistik Austria (2012) u. a. über ein Verzeichnis der Gebäudeflächen aller österreichischen Gemeinden verfügt. Da keine genaueren Daten zu den Dachflächen bekannt sind, wurden im Projekt diese der Einfachheit halber den Gebäudeflächen gleichgesetzt. Jene Gemeinden, die keinem Kläranlageneinzugsgebiet zugeordnet werden konnten, weil sie beispielsweise ins Ausland entwässern, wurden bei der Ermittlung der Dachflächen nicht berücksichtigt. In *Tabelle 40* sind die den Berechnungen zu Grunde gelegten Dachflächen für die einzelnen Bundesländer sowie für Gesamtösterreich ersichtlich.

Tabelle 40: Dachflächen in österreichischen Kläranlageneinzugsgebieten

Bundesland	Dachfläche [ha]
Burgenland	3.380
Kärnten	3.850
Niederösterreich	16.920
Oberösterreich	12.625
Salzburg	3.239
Steiermark	10.175
Tirol	4.695
Vorarlberg	2.163
Wien	5.112
Gesamt	62.160

Ermittelte Flächen – Straßenflächen

Einen Überblick der berechneten Straßenflächen zeigt *Abbildung 125*. Für Österreich beträgt die Gesamtlänge der Straßensegmente rund 112.123 km und die abgeschätzte Gesamtfläche dieser Straßensegmente rund 918,69 km² (rund 1,11 % der Gesamtfläche Österreichs). Die durchschnittliche Niederschlagswassermenge auf Verkehrsflächen beträgt rund 928 Millionen Kubikmeter pro Jahr.

Die Ergebnisse sind auf Bundesländerebene und auf Planungsraumbene aggregiert. Die relevanten Flächen und die aus den Flächen und den Niederschlagsdaten errechneten durchschnittlichen Abflüsse sind in *Tabelle 41* und in *Tabelle 42* zusammengefasst.

Tabelle 41: Zusammenfassung der Verkehrsflächen [km²] und der durchschnittlichen Niederschlagsmengen NS [Mio. m³] auf die Verkehrsflächen für die Bundesländer

Bundesland	Autobahnen/ Schnellstraßen		Bundes- / Landesstraßen		Gemeindestraßen		POI	
	Fläche [km ²]	NS [Mio. m ³]	Fläche [km ²]	NS [Mio. m ³]	Fläche [km ²]	NS [Mio. m ³]	Fläche [km ²]	NS [Mio. m ³]
Burgenland	4,58	3,16	13,63	10,04	23,34	17,11	5,54	3,84
Kärnten	9,61	10,49	20,53	23,51	37,92	43,25	6,54	7,19
Niederösterreich	19,89	15,22	104,32	82,33	94,87	77,63	32,00	23,38
Oberösterreich	12,42	14,26	45,73	50,08	110,26	120,81	14,53	15,65
Salzburg	5,57	7,73	10,16	14,27	30,90	44,48	8,94	12,72
Steiermark	16,09	15,79	37,69	39,35	103,92	105,35	12,43	12,32
Tirol	7,37	7,63	17,60	21,52	36,25	44,23	8,79	10,19
Vorarlberg	2,63	4,03	5,91	10,62	15,17	25,77	5,51	9,05
Wien	2,23	1,43	2,12	1,38	17,79	11,75	15,90	10,50
Gesamt	80,39	79,73	257,69	253,11	470,42	490,37	110,19	104,84

Tabelle 42: Zusammenfassung der Verkehrsflächen [km²] und der durchschnittlichen Niederschlagsmengen NS [Mio. m³] auf die Verkehrsflächen für die Planungsräume (DbJ...Donau bis Jochenstein, DuJ...Donau unterhalb Jochenstein, LRR...Leitha-Raab-Rabnitz)

Bundesland	Autobahnen/ Schnellstraßen		Bundes- / Landesstraßen		Gemeindestraßen		POI	
	Fläche [km ²]	NS [Mio. m ³]	Fläche [km ²]	NS [Mio. m ³]	Fläche [km ²]	NS [Mio. m ³]	Fläche [km ²]	NS [Mio. m ³]
Rhein	2,63	4,03	5,68	10,07	14,72	24,70	5,28	8,51
Elbe	-	-	4,67	3,52	4,12	3,15	0,92	0,67
Donau	77,76	75,7	247,35	239,5	451,57	462,52	103,99	95,67
DbJ	12,21	14,05	34,69	43,24	77,35	99,66	18,47	23,76
DuJ	32,20	30,27	114,15	106,86	189,51	187,28	55,03	45,05
March	-	-	20,33	13,01	11,75	7,34	2,56	1,60
Mur	12,42	12,22	23,81	23,97	63,60	63,91	9,33	9,02
Drau	9,61	10,49	23,27	26,57	42,68	48,36	7,07	7,75
LRR	11,32	8,67	31,10	25,85	66,68	55,97	11,53	8,49
Gesamt	80,39	79,73	257,69	253,11	470,42	490,37	110,19	104,84

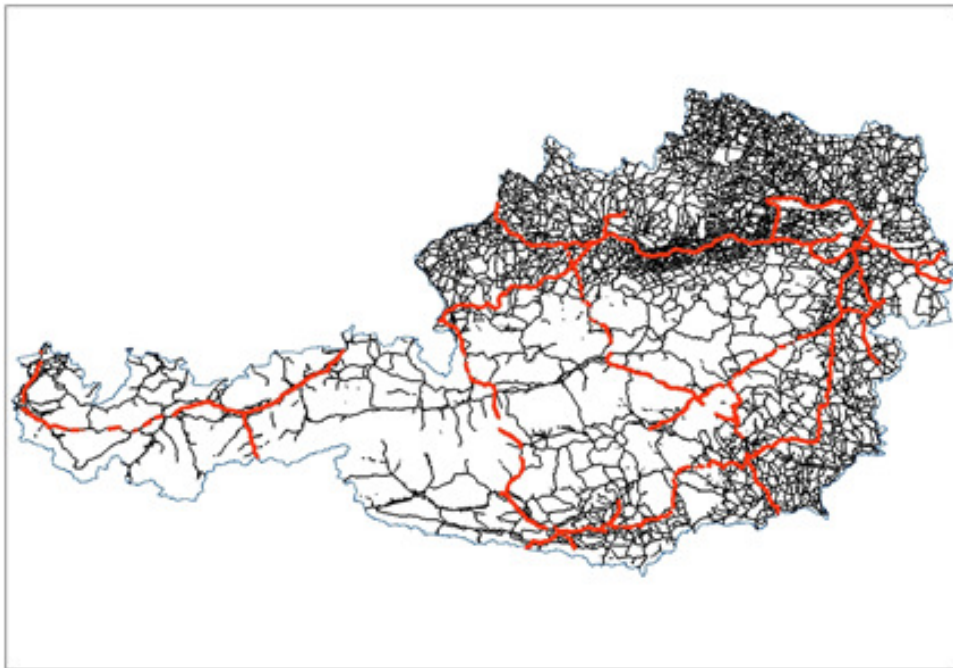


Abbildung 125: Darstellung der berechneten Straßenflächen für Österreich

Zu den in den Siedlungsgebieten vorhandenen Verkehrs- bzw. Straßenflächen waren, wie bereits erwähnt, keine für die Projektbearbeitung geeigneten Daten erhebbar. Aus diesem Grund mussten diese Flächen vom Projektteam selbst abgeschätzt werden. Um die Flächen der einzelnen Straßenkategorien (Autobahnen, Bundesstraßen, Gemeindestraßen) zu ermitteln, wurden mittels GIS-Bearbeitung die kumulierten Straßenlängen je Straßenkategorie bestimmt und mit angenommenen Straßenbreiten multipliziert. Auf diese Weise konnten für Gesamtösterreich GIS-fähige Straßenflächen generiert werden. Um zwischen urbanen und außerurbanen Straßenflächen unterscheiden zu können, wurden diese mit einer Flächennutzungskarte, die dichte und lose verbaute Siedlungsgebiete sowie Gewerbe- und Industriegebiete beinhaltet (EEA, 2012b), überlagert. In Abbildung 126 ist die verwendete Flächennutzungskarte abgebildet.

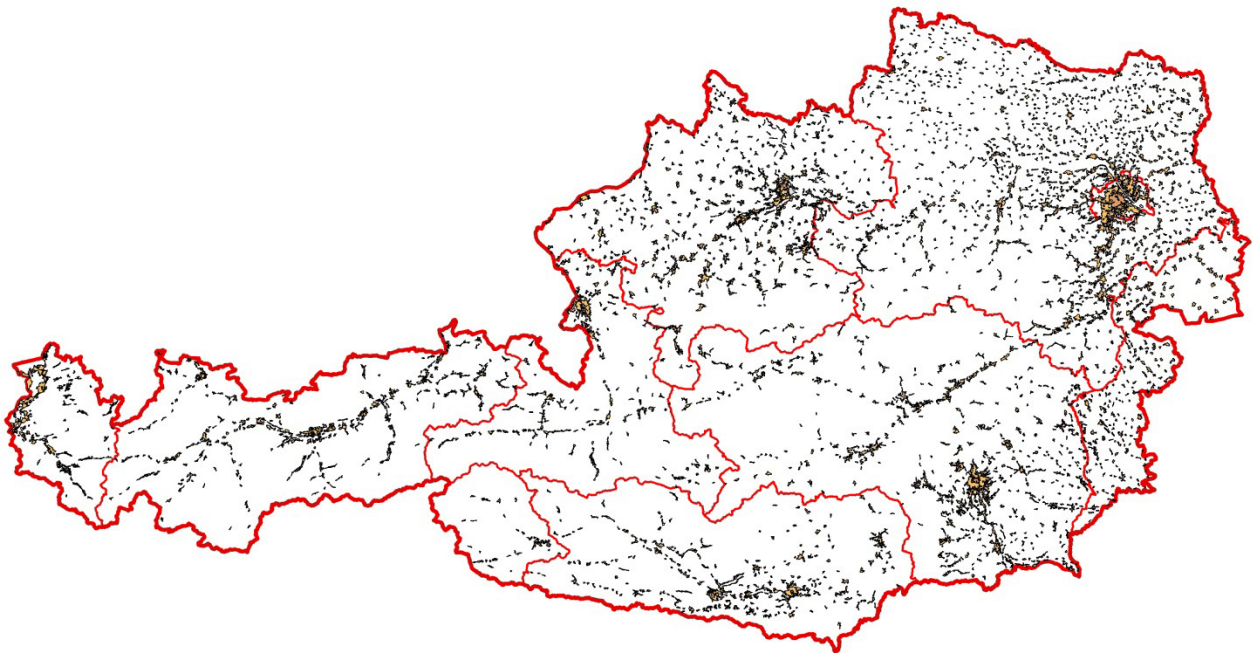


Abbildung 126: Dicht und lose verbaute Siedlungs- sowie Gewerbe- und Industriegebiete in Österreich (Kretschmer et al., 2013)

Urbane Verkehrsflächen

Durch diese Überlagerung konnten jene Straßenflächen ermittelt werden, die in urbanem bzw. außerurbanem Gebiet liegen. Durch eine Verschneidung dieser Informationen mit den einzelnen Kläranlageneinzugsgebieten wurden dann für jedes einzelne Einzugsgebiet die Straßenflächen ermittelt. In *Tabelle 43* sind die abgeschätzten Flächen der einzelnen Straßenkategorien für die einzelnen Bundesländer sowie Gesamtösterreich aufsummiert. *Tabelle 44* fasst die Verkehrsflächen auf Planungsebene zusammen.

Es soll nochmals festgehalten werden, dass jene Straßen, die sich außerhalb der oben dargestellten urbanen Gebiete befinden, bei den hier angeführten Betrachtungen nicht erfasst sind.

Tabelle 43: Urbane Straßenflächen [ha] in österreichischen Kläranlageneinzugsgebieten für die Bundesländer

Bundesland	Autobahn & Schnellstraßen	Bundes- & Landesstraßen	Gemeindestraßen	Point of Interest	Gesamt
Burgenland	5,6	383,5	962,9	358,2	1.710,1
Kärnten	78,6	426,2	1.390,5	259,2	2.154,6
Niederösterreich	201,2	2.145,1	4.513,6	2.391,6	9.251,4
Oberösterreich	118,0	1.000,5	3.317,0	771,1	5.206,5
Salzburg	70,6	292,7	1.130,3	441,1	1.934,7
Steiermark	237,0	970,4	2.804,2	546,7	4.558,2
Tirol	134,2	575,8	1.777,3	441,9	2.929,2
Vorarlberg	67,3	281,9	928,7	360,9	1.638,9
Wien	133,7	219,0	1.706,5	1.285,5	3.344,6
Gesamt	1.046,2	6.295,1	18.531,0	6.856,1	32.728,4

Tabelle 44: Urbane Straßenflächen [ha] in österreichischen Kläranlageneinzugsgebieten für die Planungsräume

Bundesland	Autobahn & Schnellstraßen	Bundes- & Landesstraßen	Gemeindestraßen	Point of Interest	Gesamt
Donau	978,9	5942,9	17493,3	6450,9	30865,9
March		400,5	712,0	189,3	1.301,8
Donau b J	194,2	947,6	3.057,5	965,4	5.164,7
Drau	78,6	478,7	1.545,6	282,4	2.385,4
Donau u J	444,1	2.600,9	7.992,1	3.827,9	14.864,9
LRR	39,6	821,5	2.117,6	757,4	3.736,1
Mur	222,4	693,7	2.068,5	428,5	3.413,0
Elbe		82,5	132,2	59,5	274,2
Rhein	67,3	269,9	905,5	345,7	1.588,4
Gesamtergebnis	1.046,2	6.295,1	18.531,0	6.856,1	32.728,4

In *Tabelle 45* sind die den Berechnungen zu Grunde gelegten Dach- und Straßenflächen als befestigte Flächen für die einzelnen Bundesländer sowie für Gesamtösterreich nochmals zusammengefasst. Das prozentuale Verhältnis zwischen Dach- und Verkehrsflächen beträgt in Österreich im urbanen Raum (im urbanen Bereich) rund 66 zu 34 %.

Tabelle 45: Befestigte urbane Dach- und Straßenflächen [ha] in österreichischen Kläranlageneinzugsgebieten

Bundesland	befestigte Fläche	
	Dach [ha]	Straße [ha]
Burgenland	3.380	1.710
Kärnten	3.850	2.155
Niederösterreich	16.920	9.251
Oberösterreich	12.625	5.207
Salzburg	3.239	1.935
Steiermark	10.175	4.558
Tirol	4.695	2.929
Vorarlberg	2.163	1.639
Wien	5.112	3.345
Gesamt	62.160	32.728

Außerurbane Verkehrsflächen

Die außerurbanen Verkehrsflächen werden aus der Differenz der Gesamtverkehrsflächen und der berechneten urbanen Verkehrsflächen in den Siedlungsgebieten bestimmt. Die Ergebnisse dieser Berechnung sind in *Tabelle 46* für die Bundesländer und in *Tabelle 47* für die Planungsräume zusammengefasst.

Tabelle 46: Außerurbane Straßenflächen [ha] in österreichischen Kläranlageneinzugsgebieten für die Bundesländer

Bundesland	Autobahn & Schnellstraßen	Bundes- & Landesstraßen	Gemeindestraßen	Point of Interest	Gesamt
Burgenland	452,3	979,2	1.371,1	196,0	2.998,5
Kärnten	882,4	1.627,0	2.401,5	394,6	5.305,4
Niederösterreich	1.787,7	8.287,1	4.973,4	808,0	15.856,2
Oberösterreich	1.124,4	3.572,5	7.709,0	682,1	13.088,0
Salzburg	486,2	723,1	1.959,7	453,0	3.622,0
Steiermark	1.372,0	2.798,6	7.587,8	696,5	12.454,9
Tirol	603,3	1.184,1	1.847,7	437,2	4.072,3
Vorarlberg	195,3	309,3	588,3	190,2	1.283,1
Wien	89,1	-	71,5	304,9	458,7
Gesamt	6.992,7	19.480,9	28.510,0	4.162,5	59.145,9

Tabelle 47: Außerurbane Straßenflächen [ha] in österreichischen Kläranlageneinzugsgebieten für die Planungsräume

Bundesland	Autobahn & Schnellstraßen	Bundes- & Landesstraßen	Gemeindestraßen	Point of Interest	Gesamt
Rhein	195,3	298,2	566,5	182,4	1.242,5
Elbe	-	384,1	279,8	32,3	696,2
Donau	6.797,40	18.798,50	27.663,70	3.947,80	57.207,20
Donau b J	1.027,2	2.521,6	4.677,5	882,1	9.108,2
Donau u J	2.776,2	8.820,8	10.958,9	1.674,8	24.230,6
March	-	1.632,9	463,0	66,5	2.162,4
Mur	1.019,3	1.686,8	4.291,5	504,1	7.501,7
Drau	882,4	1.848,2	2.722,4	424,9	5.877,9
LRR	1.092,3	2.288,2	4.550,4	395,4	8.326,4
Gesamtergebnis	6.992,7	19.480,9	28.510,0	4.162,5	59.145,9

Für die Frachtberechnungen wird die Annahme getroffen, dass der gesamte Niederschlag abflusswirksam ist. Somit wird von einem worst-case Szenarium ausgegangen, weil in der Realität ein Teil des Niederschlags immer zurückgehalten und ein Teil immer verdunsten wird.

Die Straßenabwässer werden entweder direkt in ein Gewässer eingeleitet oder über die Dammschulter abgeleitet und versickert. Laut ASFINAG (ASFINAG, 2014) kann für die Frachtabschätzung von Autobahnen und Schnellstraßen derzeit von der folgenden Verteilung ausgegangen werden:

- Prozent [%] der Straßenabwässer (Autobahnen/Schnellstraßen), die direkt in ein Oberflächengewässer eingeleitet werden: 40 %.
- Prozent [%] der Autobahn-/Schnellstraßenflächen, die nach einer Gewässerschutzanlage in ein Oberflächengewässer entwässert werden: 25 %.
- Prozent [%] der Autobahn-/Schnellstraßenflächen, die über eine Gewässerschutzanlage oder über die Dammschulter versickert werden: 35 %.

Für die Bundes-, Landes- und Gemeindestraßen liegt keine Abschätzung vor. Es wurde davon ausgegangen, dass an diesen Straßen keine Gewässerschutzanlagen vorhanden sind und in Analogie zur Verteilung bei Autobahnen und Schnellstraßen wurde für die Berechnung angenommen, dass 40 % der Abflüsse von diesen Straßen direkt in ein Oberflächengewässer eingeleitet werden und 60 % über die Dammschulter versickert werden.

Ermittelte Niederschlagshöhen

In Abbildung 127 sind 918 Messstellen dargestellt, an denen der mittlere Jahresniederschlag aufgezeichnet wird (BMLFUW, 2012a). Oftmals sind mehrjährige Daten vorhanden. Um den mittleren Jahresniederschlag in den einzelnen Kläranlageneinzugsgebieten definieren zu können, wurden die Einzugsgebiete, wie bereits erwähnt, mit den Standorten der Regenmessstellen überlagert, und dann alle verfügbaren Daten je Einzugsgebiet gemittelt. Daraus lassen sich in weiterer Folge beispielsweise die mittleren Jahresniederschläge für andere Bezugsgebiete errechnen (z. B. je Bundesland oder Flusseinzugsgebiet). Aus den vorhandenen Einzugsgebietsdaten ergibt sich für Österreich ein mittlerer Jahresniederschlag von 948 mm/a (siehe auch *Tabelle 48*). Dieser Wert wird auch für die weiteren österreichweiten Berechnungen zugrunde gelegt.

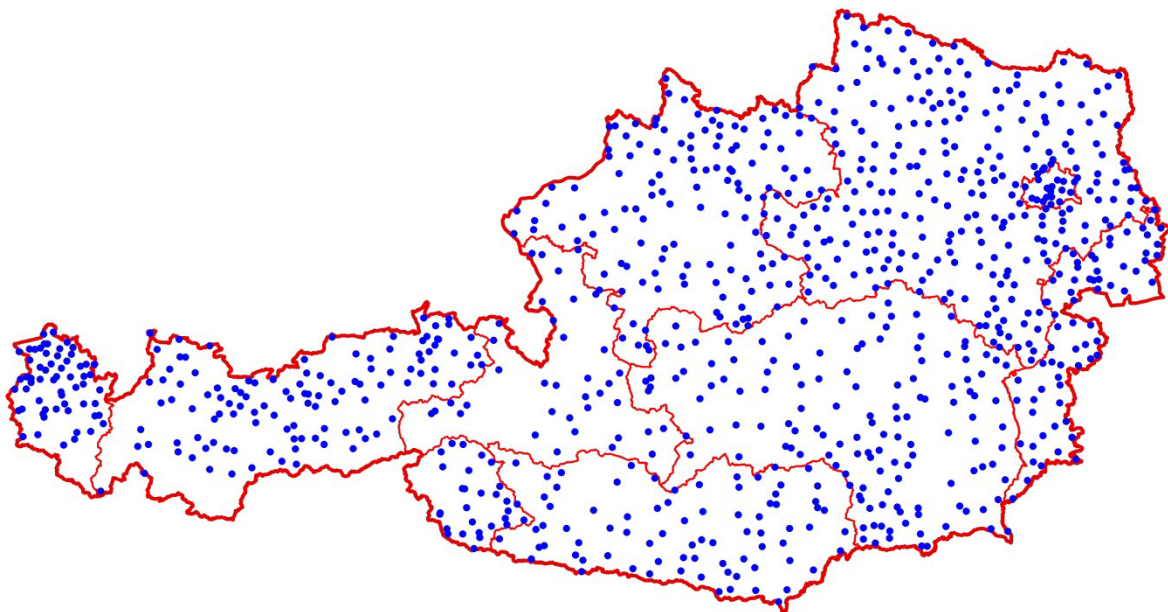


Abbildung 127: Messstellen für den mittleren Jahresniederschlag in Österreich (Kretschmer et al., 2013)

Allerdings sollen hier nur die mittleren Jahresniederschläge der einzelnen Bundesländer dargestellt werden. Hierzu wurde der Mittelwert der einzelnen Kläranlageneinzugsgebiete des jeweiligen Bundeslandes gebildet.

In *Tabelle 48* ist neben dem gesamtösterreichischen Jahresniederschlag auch jener der einzelnen Bundesländer angeführt. Der Vollständigkeit halber sei hier noch erwähnt, dass der gesamtösterreichische Niederschlag nicht der Mittelwert der in der Tabelle angeführten Niederschläge der einzelnen Bundesländer sondern jener aller Kläranlageneinzugsgebiete ist. Zusätzlich wurden die im Projekt errechneten Daten mit Niederschlagsdaten der ZAMG (2013) verglichen. Die diesbezüglichen Jahresniederschläge der einzelnen Bundesländer wurden im Projekt berechnet und stellen jeweils das rechnerische Mittel der jährlichen Niederschlagssummen aller Messstellen in einem Bundesland dar. Die Abweichungen der beiden Datensätze waren in der Regel deutlich unter 15 %.

Tabelle 48: Mittlerer Jahresniederschlag in Österreich

Bundesland	SCHTURM-Daten [mm]	ZAMG-Daten [mm]
Burgenland	643,5	686,1
Kärnten	1.075,9	1.041,0
Niederösterreich	718,2	700,7
Oberösterreich	1.016,9	1.168,6
Salzburg	1.283,5	1.201,0
Steiermark	976,6	963,0
Tirol	1.160,4	988,0
Vorarlberg	1.781,4	1.528,0
Wien	704,7	606,1
Gesamt	948,0	986,9

Ermittelte Niederschlagsmengen

Bezogen auf die einzelnen befestigten Gesamtflächen in den Kläranlageneinzugsgebieten und den jeweiligen mittleren Jahresniederschlägen ergeben sich die in *Tabelle 49* dargestellte Niederschlagsmengen für die einzelnen Bundesländer bzw. für Gesamtösterreich. Die angegebenen Werte stellen hierbei jeweils den Mittelwert der Daten aller Einzugsgebiete im jeweiligen Bundesland bzw. für Gesamtösterreich und nicht einfach das Produkt der Flächen aus *Tabelle 45* und der Niederschlagshöhen aus *Tabelle 48* dar. Dadurch können mögliche Ungenauigkeiten, die bei Verwendung von einfachen Mittelwerten entstehen, vermieden werden, weil bei der gewählten Berechnungsart die jeweiligen Abflussmengen flächen- und niederschlagsproportional richtig erfasst werden.

Mulden-, Benetzungs- und Verdunstungsverluste wurden bei den angeführten Berechnungen nicht berücksichtigt. Diese sind aber bei der Sensitivitätsanalyse, wie erwähnt, zumindest pauschal beinhaltet.

Tabelle 49: Mittlerer Jahresniederschlag und abgeschätzte Niederschlagsmengen

Bundesland	Niederschlag [mm]	Jahresniederschlag [m ³ /a]
Burgenland	643,5	32.753.000
Kärnten	1.075,9	64.604.000
Niederösterreich	718,2	187.964.000
Oberösterreich	1.016,9	181.333.000
Salzburg	1.283,5	66.407.000
Steiermark	976,6	143.886.000
Tirol	1.160,4	88.473.000
Vorarlberg	1.781,4	67.725.000
Wien	704,7	59.594.000
Gesamt	948,0	899.538.000

Fremdwasser

Wie bereits erwähnt, wurde die Fremdwassermenge in den einzelnen Einzugsgebieten nicht eigens abgeschätzt sondern ist in der abgeschätzten Schmutzwassermenge enthalten.

8.6.2.3 Vorhandene Kanalisationsanlagen

Mischwasser- und Trennsystem

Im Rahmen des Projektes wurde jedem Kläranlageneinzugsgebiet eine prozentuelle Verteilung von Mischwasser- und Trennsystem zugeordnet. Die Ergebnisse für die einzelnen Bundesländer sowie Gesamtösterreich sind in *Tabelle 50* ersichtlich.

Um die Einzugsgebietsgrößen bei dieser kumulativen Betrachtung entsprechend berücksichtigen zu können, wurden die einzelnen Anschlussgrade über die jeweiligen befestigten Flächen bzw. Niederschlagswasserabflussmengen gewichtet. Der Vollständigkeit soll angemerkt werden, dass sich die gewichteten Verteilungen prinzipiell auch nur unwesentlich von den einfachen Mittelwerten unterscheiden (maximal 7 % Abweichung).

Tabelle 50: Verteilung Entwässerungssysteme

Bundesland	Entwässerungssystem	
	Mischsystem [%]	Trennsystem [%]
Burgenland	75	25
Kärnten	17	83
Niederösterreich	48	52
Oberösterreich	51	49
Salzburg	25	75
Steiermark	10	90
Tirol	37	63
Vorarlberg	22	78
Wien	76	24
Gesamt	38	62

Anschlussgrad

Bezüglich des Anschlussgrades von Wohn-, Gewerbe- und Industrieanlagen an die öffentliche Kanalisation kann festgehalten werden, dass dieser zum heutigen Zeitpunkt in Österreich bereits sehr hoch ist. Die Auswertungen der einzelnen Einzugsgebiete ergaben allerdings, dass es regional durchaus zu großen Unterschieden kommen kann, welche vor allem topografisch bedingt sind.

Der Schmutzwasseranfall wird, wie oben erwähnt, auf Basis des EMREG-OW ermittelt. Da diese Datengrundlagen ohnehin nur jenen Teil des Schmutzwassers beinhalten, der zur Kläranlage geleitet wird, ist der Schmutzwasseranschlussgrad für die Berechnungen hier ohne Bedeutung. Die angesetzte Jahresschmutzwassermenge entspricht dem an die öffentliche Kanalisation angeschlossenen Gesamtschmutzwasseranteil. Jener Anteil, der nicht an eine öffentliche Kanalisation angeschlossen ist, sondern lokal gesammelt bzw. dezentral behandelt wird, wird bei den durchgeführten Berechnungen folglich nicht berücksichtigt.

Ein Anschlussgrad wurde nur bei der Ermittlung des in der Kanalisation zum Abfluss kommenden Niederschlagswassers berücksichtigt. Da konkrete Daten zu den Anschlussgraden von Dach- und Straßenflächen derzeit nicht verfügbar sind, wurde für eine erste Berechnung als Anschlussgrad der Dachflächen in einem Gemeinde- bzw. Kläranlageneinzugsgebiet der jeweilige Schmutzwasseranschlussgrad angenommen. Für die Straßenflächen wurde vereinfachend ein pauschaler Anschlussgrad von 100 Prozent definiert, da bei den Untersuchungen ja nur jene Flächen Berücksichtigung fanden, die in urbanen Bereichen liegen.

Um die Relevanz des Anschlussgrades der Dach- und Straßenflächen darzustellen, wurde in weiterer Folge eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Hierbei wurden pauschale Anschlussgrade von 100, 75 und 50 % für Dach- und Straßenflächen angenommen und die dabei entstehenden Abflussmengen berechnet und anschließend miteinander verglichen. Die entsprechenden Ergebnisse sind in Kapitel 8.6.2.7 dargestellt und beschrieben.

Weiterleitungsgrad

Für die Bestimmung des erforderlichen Mindestweiterleitungsgrades für gelöste Stoffe gemäß ÖWAV RB 19 (2007) ist neben der Bemessungsgröße (Ausbaugröße) der jeweiligen Kläranlage die charakteristische Regenspende $r_{D=720, n=1}$ eines Einzugsgebietes von Bedeutung. Erstere ist in Tabelle 51 dargestellt. Letzterer kann ähnlich dem mittleren Jahresniederschlag aus einem Bemessungsniederschlagsnetz (BMLFUW (2012b)) entnommen werden. Dieses Netz ist in Abbildung 128 dargestellt.

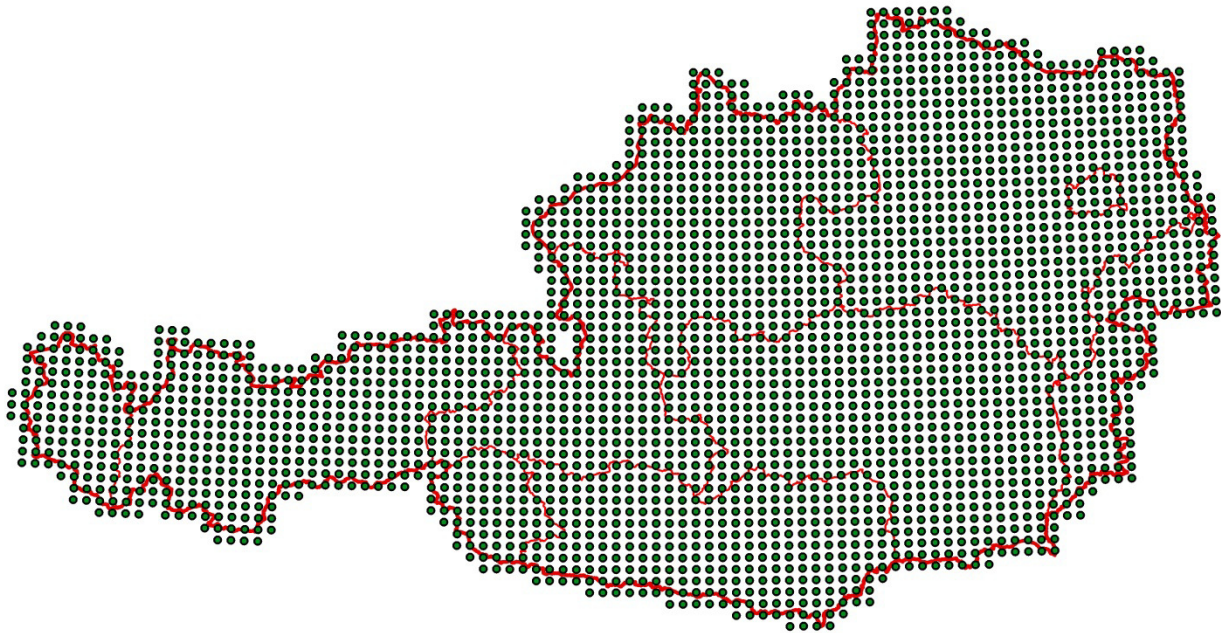


Abbildung 128: Bemessungsniederschlagsnetz in Österreich (Kretschmer et al., 2013)

Um den für die einzelnen Kläranlageneinzugsgebiete relevanten Bemessungsniederschlag definieren zu können, wurden die Einzugsgebiete mit dem Bemessungsniederschlagsnetz überlagert. Jener Datenpunkt, welcher innerhalb eines Einzugsgebietes am nächsten zur entsprechenden Kläranlage lag, wurde für die weitere Bearbeitung herangezogen. Daraus wurden dann für die einzelnen Einzugsgebiete die erforderlichen Mindestweiterleitungsgrade (für gelöste Stoffe) berechnet.

In Tabelle 51 sind die damit ermittelten Mindestwirkungsgrade der Weiterleitung der einzelnen Bundesländer sowie für Gesamtösterreich angeführt. Der Bemessungsniederschlag der einzelnen Bundesländer bzw. von Gesamtösterreich stellt dabei den Mittelwert der Daten aus den jeweils relevanten Kläranlageneinzugsgebieten dar.

Tabelle 51: Kläranlagenausbaugröße, Bemessungsniederschlag und daraus berechneter erforderlicher Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung für gelöste Stoffe gemäß ÖWAV-RB 19 (2007)

Bundesland	Ausbaugröße [EW _{BSB-60}]	$r_{720, n=1}$ [mm]	Weiterleitungsgrad [%]
Burgenland	803.780	38	56
Kärnten	1.226.395	48	51
Niederösterreich	3.967.030	38	56
Oberösterreich	3.472.786	41	54
Salzburg	1.558.188	46	52
Steiermark	2.731.641	45	52
Tirol	2.135.927	44	53
Vorarlberg	1.459.663	53	50
Wien	4.000.000	35	57
Gesamt	21.355.410	42	54

Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass das Einzugsgebiet „Österreich“ theoretisch über eine Ausbaugröße von über 21 Mio. EW verfügt. Bei einem Bemessungsniederschlag $r_{720, n=1}$ von 42 mm würde dies einen Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung von 54 % erfordern. Das bedeutet, dass im Jahresdurchschnitt 54 % des in der Mischkanalisation abgeleiteten Jahresniederschlagwassers zur Kläranlage weitergeleitet werden muss und die verbleibenden 46 % in die Gewässer entlastet werden können.

8.6.2.4 Quantifizierte Eintragspfade

Die oben angeführten Eingangsdaten wurden in weiterer Folge dazu benutzt, die hydraulischen Stoffströme für die einzelnen Kläranlageneinzugsgebiete entsprechend zu quantifizieren. In diesem Abschnitt wird ein Überblick über die Abschätzungen für Gesamtösterreich gegeben. Dadurch kann ein erster guter Eindruck über die hydraulische Relevanz der einzelnen Eintragspfade gewonnen werden. Auf die Darstellung sämtlicher untersuchten Einzeleinzugsgebiete wird aus Gründen der Übersichtlichkeit jedoch verzichtet.

Wie erwähnt, wurde neben einer tabellarischen Auswertung auch eine grafische Auswertung der hydraulischen Ströme durchgeführt, da durch letztere die einzelnen Ergebnisse anschaulicher dargestellt werden können.

Für die österreichweite Betrachtung mit dem Stoffflussanalyseprogramm STAN wurden u. a. die unterschiedlichen hydraulischen Ströme (Schmutz-, Niederschlags- und Mischwasser, gereinigtes Abwasser), die Abwassermengen (Schmutzwasser, Niederschlagswasser) und die entsprechenden Kanaldaten (Verteilung Misch-/Trennsystem, Anschlussgrad, Weiterleitungsgrad) visuell aufbereitet. Darüber hinaus wurden dabei auch die aus den Untersuchungen zur Datenunsicherheit resultierenden Fehlerabschätzungen bei den Eingangsdaten berücksichtigt. Nach der korrekten Eingabe des Fließschemas kann die Software die hydraulischen Frachten berechnen und die Unsicherheiten der Eingangsdaten über Fehlerfortpflanzung in der Kalkulation automatisch mitberücksichtigen und auch ausweisen.

In *Abbildung 129* ist das erstellte Fließschema dargestellt. Der Jahresniederschlag sowie die Jahresschmutzwassermenge stellen auf der linken Seite die beiden Inputdaten (I) dar. Die Rechtecke definieren die einzelnen „Prozesse“:

- Aufteilung des Jahresniederschlages auf Dach- und Straßenflächen
 - o Definition des Anteils, der in die Kanalisation gelangt
 - o Definition des Anteils, der lokal bewirtschaftet wird (Versickerung bzw. Grundwasseranreicherung) bzw. verdunstet
- Aufteilung des Dach- und Straßenabflusses auf Misch- und Trennsystem (Niederschlagswasserkanal)
 - Niederschlagswasserkanal mündet direkt ins Gewässer
- Aufteilung des Jahresschmutzwasseranfalles auf Misch- und Trennsystem (Schmutzwasserkanal)
 - o Schmutzwasserkanal mündet direkt in die Kläranlage
- Aufteilung des Mischwasserabflusses
 - o Schmutzwasseranteil (hydraulisch) mündet direkt in Kläranlage
 - o Niederschlagswasseranteil (hydraulisch) aufgeteilt in weitergeleitete und entlastete Menge
 - o Weiterleitung mündet direkt in die Kläranlage, Entlastung in das Gewässer
 - o Kläranlagenablauf mündet direkt in das Gewässer
- In das Gewässer münden damit drei Eintragspfade: Niederschlagswasserkanal, Mischwasserentlastung und Kläranlagenablauf

Die einzelnen Prozesse sind durch Fließpfeile verbunden. Die Gesamtabflussmenge, die in die Gewässer gelangt, wird als Output (E) bezeichnet.

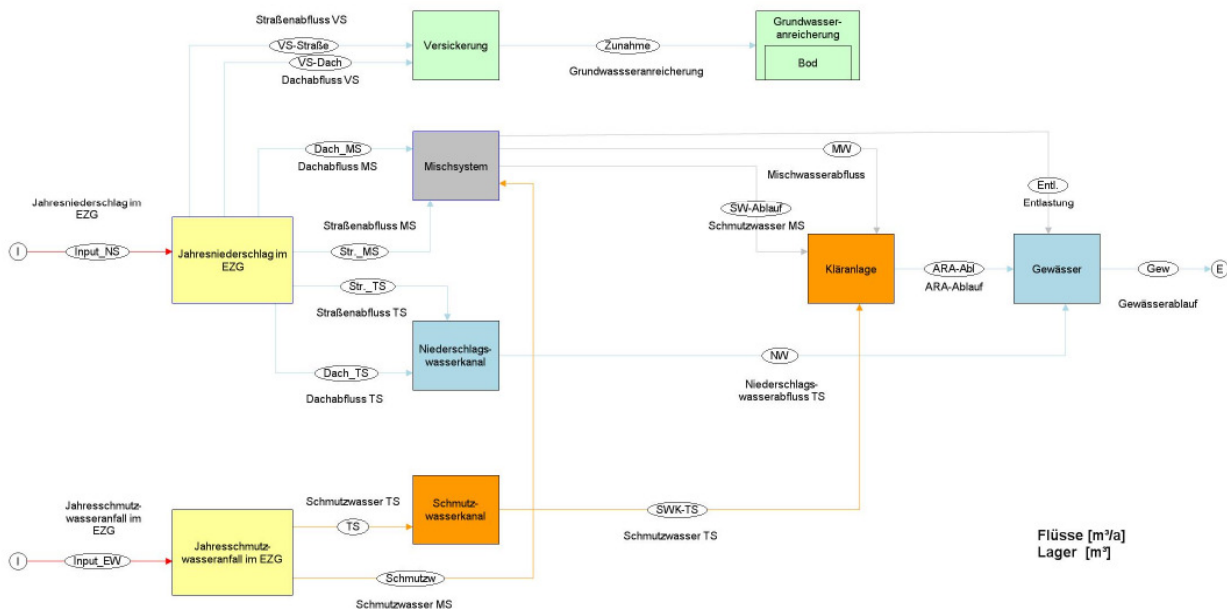


Abbildung 129: Schema des Fließmodells

In *Abbildung 130* sind die Berechnungsergebnisse für Gesamtösterreich dargestellt. In den einzelnen Fließpfeilen sind die jeweiligen Abflussmengen sowie deren Fehlerbandbreite (Schwankungsbereich) dargestellt. Je dicker dabei ein Pfeil ist, desto größer ist die jeweilige Abflussmenge.

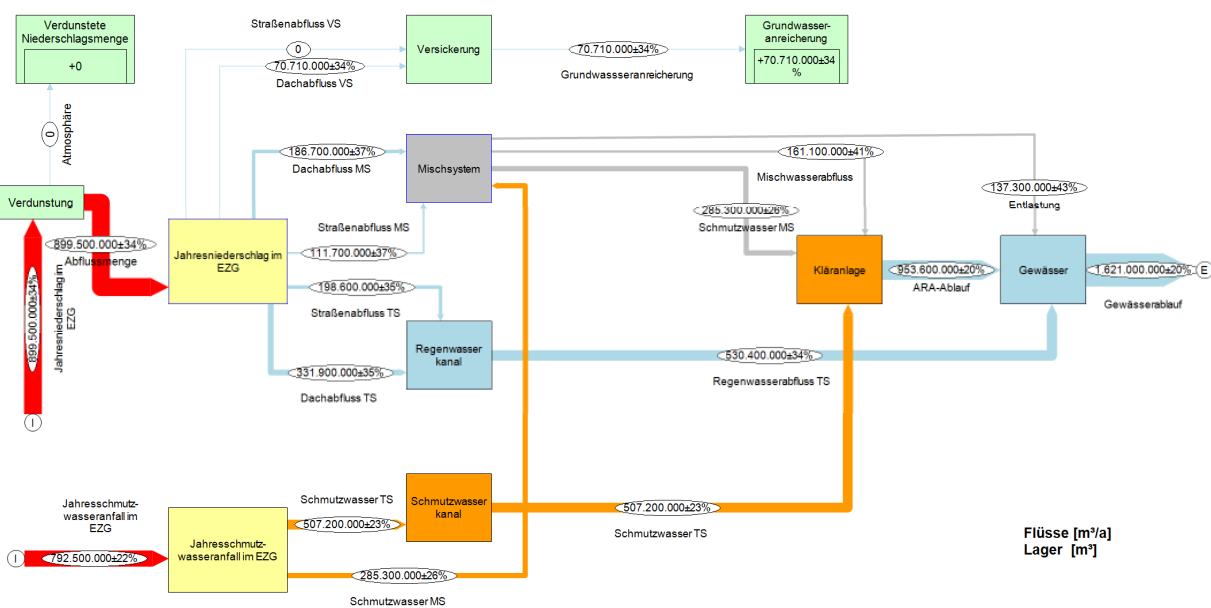


Abbildung 130: Quantifizierung der Eintragspfade des Grundwasseranreicherungs für Gesamtösterreich

Die Berechnungsergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Der jährlich auf die urbanen Flächen fallende Niederschlag beträgt ca. 900 Mio. m³. Dieser Niederschlag trägt hier zu 100 % zum Oberflächenabfluss bei, weil die Verdunstung pauschal bei der Versickerung mitberücksichtigt wird. Von diesen 900 Mio. m³ fallen ca. 66 % (knapp 589 Mio. m³/a) auf Dachflächen und 34 % (knapp 310 Mio. m³/a) auf urbane Straßenflächen.
 - o Entsprechend des sich hier am Schmutzwasseranschlussgrad orientierenden Dachflächenanschlussgrades, gelangen ca. 519 Mio. m³/a des Dachflächenabflusses in eine öffentliche Kanalisation. Die verbleibende Menge wird vor Ort versickert. Von den knapp 519 Mio. m³/a gelangen ca. 332 Mio. m³/a in ein Trennsystem und damit direkt ins Gewässer. Rund 187 Mio. m³/a werden über ein Mischsystem abgeleitet.

- 100 % (rund 310 Mio. m³/a) des urbanen Straßenabflusses gelangt in eine Kanalisation. Von den in die öffentliche Kanalisation fließenden Straßenabflüssen gelangen ca. 198 Mio. m³/a in ein Trennsystem und ca. 112 Mio. m³/a in ein Mischsystem.
- Von der gesamten Abflussmenge in der Höhe von ca. 900 Mio. m³/a gelangen insgesamt rund 530 Mio. m³/a (ca. 59 %) in ein Trennsystem und damit unmittelbar ins Gewässer.
- Vom jährlich anfallenden Schmutzwasser in der Höhe von rund 793 Mio. m³ gelangen ca. 285 Mio. m³/a in ein Mischsystem und ca. 507 Mio. m³/a in ein Trennsystem und damit direkt zur Kläranlage.
- 285 Mio. m³/a Schmutzwasser und ca. 298 Mio. m³/a Niederschlagswasser gelangen in eine Mischkanalisation. Zur Vereinfachung wird angenommen, dass 100 % des hydraulisch anfallenden Schmutzwassers direkt zur Kläranlage gelangen. Vom abgeleiteten Niederschlagswasser werden gemäß dem bundesweit abgeschätzten Weiterleitungsgrad für gelöste Stoffe 54 % (ca. 161 Mio. m³/a) zur Kläranlage geleitet. Die verbleibenden 46 % (ca. 137 Mio. m³/a) werden demnach entlastet und gelangen direkt in die Oberflächengewässer.
- Von den ca. 1.621 Mio. m³ urbane Abflüsse, die gemäß der hier angestellten Abschätzungen jedes Jahr in die Gewässer gelangen, kommen ca. 954 Mio. m³/a (59 %) aus den Kläranlagenabläufen, ca. 530 Mio. m³/a (32 %) aus Niederschlagswassereinleitungen und rund 137 Mio. m³/a (9 %) aus Mischwasserentlastungen.
 - Der Schwankungsbereich der Kläranlagenablaufmenge liegt dabei bei etwa ±20 %, jener für die Einleitungen aus Niederschlagswasserkanälen bei rund ±34 % und die Menge, die über Mischwasserentlastungen ins Gewässer gelangt, weist einen möglichen Schwankungsbereich von etwa ±43 % auf.

Die Zusammensetzung der jährlich ins Gewässer gelangenden urbanen Abflüsse ist in *Abbildung 131* auch noch grafisch dargestellt. Das linke Diagramm stellt dabei die Prozentanteile der drei Eintragspfade dar, im rechten Diagramm sind die entsprechenden Anteile des Kläranlagenablaufes (ARA-Ablauf) noch im Detail angeführt. Die rechts angegebenen Prozentsätze beziehen sich dabei allerdings auch auf den Gesamteintrag und nicht nur auf den Kläranlagenablauf. Betrachtet man rein letzteren, dann kann festgehalten werden, dass dieser Eintragspfad hydraulisch zu 82 % vom Schmutzwasserabfluss (aus Schmutz- und Mischwasserkanälen) und nur zu 18 % vom Niederschlagswasserabfluss (weitergeleiteter Mischwasseranteil) beeinflusst wird.

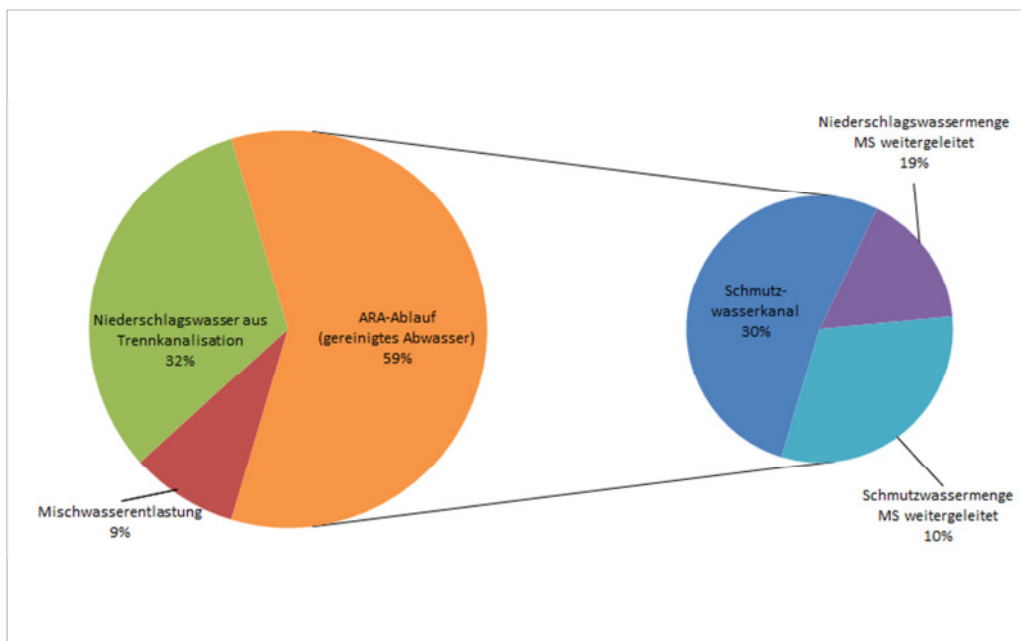


Abbildung 131: Zusammensetzung der in Gesamtösterreich in die Gewässer gelangenden urbanen Abflüsse

8.6.2.5 Datenunsicherheit

Die im Rahmen des Projektes durchgeführte Bewertung der Datenunsicherheiten ist in *Tabelle 52* zusammengefasst. Als Inputdaten werden dabei jene Daten bezeichnet, die für die Darstellung und Berechnung der Abflüsse herangezogen werden (Fließpfeile und Prozesse in STAN). Unter Verwendung der Grundlagendaten werden die Inputdaten für jedes einzelne Kläranlageneinzugsgebiet berechnet. Allen Grundlagendaten wurden im Rahmen der Projektarbeit mögliche Konfidenzgrade gemäß IWA (Matos et al., 2003) zugeordnet, um damit die Datengenauigkeiten bzw. -unsicherheiten entsprechend darstellen und bewerten zu können.

Mit Hilfe der Fehlerfortpflanzungsberechnung wurden die Unsicherheiten der Inputdaten ermittelt. Die Unsicherheiten der Kläranlagenzu- und -abläufe sowie jene der Gewässereinträge und der (theoretischen) Gewässerausträge wurden von der Software, wie bereits erwähnt, automatisch berechnet. Wie in *Abbildung 130* ersichtlich ist, schwanken die Kläranlagenablaufmengen in einem Bereich von ca. $\pm 19\%$. An diesem Wert orientiert sich der bei der Plausibilitätsprüfung zu Grunde gelegte Toleranzbereich des Kläranlagenabflusses von $\pm 20\%$.

Tabelle 52: Bewertung der Datenunsicherheiten

Inputdaten	Grundlagendaten	Unsicherheit der Daten		Berechnete Unsicherheit der Inputdaten
		nach IWA	in %	
Jahresniederschlagsmenge im Einzugsgebiet				± 34
	mittlerer Jahresniederschlag	A3 - A4	± 10	
	Dachflächen	B4	± 20	
	Straßenflächen	C4 - C5	± 25	
Jahresschmutzwassermenge im Einzugsgebiet				± 22
	EMREG-OW Daten	B3	± 10	
	Schmutzwasseranfall/ EW	C4	± 20	
Kanalnetzdaten				
	Verteilung Misch-/Trennsystem	C2 - C3	± 5	± 5
Weiterleitungsgrad				± 11
	$r_{720,n=1}$	A3 - A4	± 10	
	Anschlussgrad	A2 - A3	± 5	

8.6.2.6 Plausibilitätsprüfung

Nach der Berechnung der hydraulischen Abflüsse der einzelnen Eintragspfade wurden diese auf Plausibilität geprüft. Als Referenzwert für die einzelnen Einzugsgebiete wurde der jeweilige Kläranlagenablauf gemäß dem EMREG-OW herangezogen und die berechneten Ablaufmengen (Ist-Wert) dabei mit den tatsächlich gemessenen Ablaufmengen (Soll-Wert) verglichen. Die Berechnungen wurden im Projekt dann als hinreichend genau angesehen, wenn diese in dem frei definierten Toleranzbereich von $\pm 20\%$ lagen.

Da bei der Jahresschmutzwassermenge keine Grundlagendaten auf Einzugsgebietsebene vorlagen, wurde diese in einem ersten Schritt für Gesamtösterreich pauschal angenommen. Diese Annahme stellte klarer-

weise die größte Unsicherheit bei den Berechnungen dar, weshalb dieser Parameter im Rahmen der Plausibilitätsprüfung immer weiter „regionalspezifisch“ adaptiert wurde.

Auf eine Variation der Anschlussgrade der befestigten Flächen wurde hier, wie erwähnt, verzichtet, da dieser Parameter noch in weit höherem Ausmaß einzugsgebietspezifischen Randbedingungen unterworfen ist, und damit sinnvolle Adaptierungen nur auf sehr lokaler Ebene passend erschienen. Eine Variation der Anschlussgrade wurde allerdings im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse durchgeführt.

Als erste pauschale einwohnerwertsspezifische Schmutzwasserfracht inkl. Fremdwasseranteile wurden 150 l/(EW·d) angesetzt. Da damit die tatsächlichen Abwassermengen allerdings tendenziell unterschätzt wurden, wurde dieser Wert bei den nächsten Berechnungen auf 200 l/EW/d erhöht.

Insgesamt konnten dabei 612 Rechenwerte mit vorhandenen Messdaten aus dem EMREG-OW verglichen werden.

Mit diesem Ansatz lagen 243 Kläranlagenabflüsse innerhalb der erlaubten Toleranz von $\pm 20\%$ und galten somit als „tolerabel“ berechnet. Allerdings wurden damit bei 203 Kläranlagen die Ablaufmengen überschätzt und bei 166 unterschätzt. Die Über- und Unterschätzungen wurden darüber hinaus noch drei verschiedenen Abweichungsklassen (AKL) zugeordnet:

- AKL1 bis 50 % Abweichung
- AKL2 bis 100 % Abweichung
- AKL3 über 100 % Abweichung

In *Tabelle 53* sind die Ergebnisse dieses Vergleiches ersichtlich. Den einzelnen Abweichungsklassen wurden jeweils die Anzahl der in dieser Klasse befindlichen Kläranlagen (ARA) sowie deren prozentueller Anteile an der Gesamtzahl von Anlagen sowie an der Gesamtausbaugröße zugeordnet.

Tabelle 53: Vergleich von berechneten und tatsächlichen Kläranlagenablaufwerten bei einer Schmutzwasserfracht von 200 l/EW/d)

	200 l/EW/d		
	Anzahl ARA	%-Anteil ARA	%-Anteil Gesamt-EW
AKL3	27	4 %	1 %
AKL2	65	11 %	8 %
AKL1	111	18 %	21 %
Überschätzt	203	33 %	31 %
Tolerabel	243	40 %	55 %
Unterschätzt	166	27 %	14 %
AKL1	118	19 %	11 %
AKL2	48	8 %	3 %
AKL3	0	0 %	0 %

Mit diesem pauschalen Ansatz konnte prinzipiell bereits über die Hälfte der Kläranlagenabflüsse hinreichend genau berechnet werden und die restlichen lagen vor allem in der ersten Abweichungsklasse.

Allerdings zeigte sich auch, dass der pauschale Ansatz von 200 l/EW/d in manchen Bundesländer zu schlechteren Ergebnissen führte als die oben stehenden Daten vermuten ließen. Aus diesem wurde in einem nächsten Berechnungsschritt auf bundeslandspezifische Abwassermengen zurückgegriffen (Spatzierer, 2012). In *Tabelle 54* sind die Abwassermengen je Bundesland angeführt.

Tabelle 54: Abwassermengen gemäß Leistungsvergleich (Spatzierer, 2012) auf der Ebene der Bundesländer

Abwasserfrachten gemäß Leistungsvergleich 2012		
	m ³ /EW/a	l/EW/d
Burgenland	95	260
Kärnten	63	173
Niederösterreich	81	222
Oberösterreich	62	170
Salzburg	60	164
Steiermark	50	137
Tirol	51	140
Vorarlberg	62	170
Wien	71	195
Mittelwert	-	179
Median	-	170

Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass die Abwassermengen der Bundesländer Steiermark und Tirol deutlich niedriger sind als jene der anderen Bundesländer. Da damit die Ablaufmengen bei den Kläranlagen nun eher unterschätzt wurden, wurde für diese beiden Bundesländer der Medianwert (170 l/EW/d) als bundeslandspezifische Abwassermenge angesetzt. Die Ergebnisse der Berechnungen mit bundeslandspezifischen Abwassermengen sind in *Tabelle 55* ersichtlich.

Tabelle 55: Vergleich von berechneten und tatsächlichen Kläranlagenablaufwerten bei einem Abwasseranfall gemäß Leistungsvergleich (Spatzierer, 2012)

	Leistungsvergleich (Spatzierer, 2012)			Gesamt-EW
	Anzahl ARA	%-Anteil	%-Anteil	
AKL3	24	4%	1%	
AKL2	50	8%	7%	
AKL1	87	14%	14%	
Überschätzt	161	26%	22%	
Tolerabel	248	41%	61%	
Unterschätzt	203	33%	17%	
AKL1	156	25%	13%	
AKL2	47	8%	4%	
AKL3	0	0%	0%	

Die Ergebnisse zeigen prinzipiell gewisse Verbesserungen vor allem in Hinblick auf die EW-Anteile in den einzelnen Abweichungsklassen. Allerdings findet hier tendenziell eine etwas stärkere Unterschätzung der Abflüsse statt.

Das Hauptproblem mit den angesetzten Zahlen des Leistungsvergleiches war jedoch, dass diese Daten auch Niederschlagswasserabflüsse enthielten und daher als Schmutzwasseransatz eigentlich nicht geeignet sind. Allerdings zeigte sich auch, dass dieser Ansatz auf Ebene der einzelnen Bundesländer prinzipiell zu einer Vergleichmäßigung der Berechnungsergebnisse führte.

Um den Schmutzwasseranfall in den einzelnen Kläranlageneinzugsgebieten möglichst realistisch ansetzen zu können, wurde schlussendlich auf Daten einer Umfrage, die 2006 im Rahmen der Kanalnachbarschaften zum Thema Fremdwasser durchgeführt wurde, zurückgegriffen. Aus diesen Datensätzen konnten für 108 Kläranlagen die entsprechenden Jahrestrockenwettermengen (JTWM), die sinngemäß dem Jahres-schmutzwasseranfall entsprechen, entnommen werden. In *Tabelle 56* ist die Verteilung der Kläranlagen auf die einzelnen Bundesländer ersichtlich. Diesen wurde die Gesamtzahl der für Vergleichszwecke zur Verfü-

gung stehenden Kläranlagen des EMREG-OW gegenübergestellt. In den Bundesländern Burgenland und Salzburg sind für mehr als 80 % der Kläranlagen die entsprechenden JTWM verfügbar. Für die Bundesländer Kärnten, Steiermark und Wien sind in der Umfrage allerdings keine Daten vorhanden.

Tabelle 56: Verfügbarkeit von Daten zu Jahrestrockenwettermengen JTWM in den Bundesländern

Bundesland	Anzahl ARA	
	JTWM	Gesamt
Burgenland	29	35
Kärnten	-	35
Niederösterreich	18	186
Oberösterreich	13	113
Salzburg	30	33
Steiermark	-	136
Tirol	16	47
Vorarlberg.	2	26
Wien	-	1
Summe	108	612

In einem nächsten Arbeitsschritt wurden die vorhandenen JTWM den jeweiligen Einzugsgebieten zugeordnet. Die tägliche Schmutzwasserfracht eines EW wurde dabei aus der Jahrestrockenwettermenge und der aktuellen Belastung gemäß EMREG-OW ermittelt. Denjenigen Kläranlagen, für die keine JTWM verfügbar waren, wurde der Medianwert des jeweiligen Bundeslandes in $l/(EW \cdot d)$ zugeordnet. In Tabelle 57 sind die ermittelten Jahrestrockenwettermengen (Mediane der einzelnen Bundesländer) dargestellt. Da in den Bundesländern Kärnten, Steiermark und Wien, wie erwähnt, keine eigenen JTWM verfügbar waren, wurde für die betroffenen Einzugsgebiete jeweils der Median der Mediane der anderen Bundesländer angesetzt.

Tabelle 57: Aus der JTWM abgeleitete Schmutzwassermengen

Bundesland	Schmutzwasserfracht
	$l/(EW/d)$
Burgenland	259
Kärnten	173
Niederösterreich	183
Oberösterreich	163
Salzburg	134
Steiermark	173
Tirol	188
Vorarlberg.	131
Wien	195
Österreich (Median)	173

Die Ergebnisse der Berechnungen mit den adaptierten bundeslandspezifischen Abwasserfrachten sowie des anschließenden Vergleiches mit den EMREG-OW Daten sind in *Tabelle 58* ersichtlich.

Tabelle 58: Vergleich von berechneten und tatsächlichen Kläranlagenablaufwerten bei einem Abwasseranfall gemäß JTWM

	JTWM Anzahl ARA	%-Anteil	%-Anteil Gesamt- EW
AKL3	15	2%	1%
AKL2	41	7%	4%
AKL1	70	11%	7%
Überschätzt	126	21%	12%
Tolerabel	251	41%	67%
Unterschätzt	235	38%	21%
AKL1	186	30%	17%
AKL2	49	8%	3%
AKL3	0	0%	-

Aus der oben angeführten Tabelle wird ersichtlich, dass durch die Adaptierung der Schmutzwasserfrachten die Berechnungsergebnisse verbessert wurden. Die Anzahl und der EW-Anteil der Kläranlagen, die nun tolerabel berechnet wurden, ist weiter gestiegen, die Überschätzungen wurden dadurch logischerweise stark reduziert. Allerdings ist nun bei diesem Ansatz die Anzahl der Unterschätzungen wieder gestiegen.

Prinzipiell kann aber festgehalten werden, dass mit diesem Ansatz Kläranlagen mit einem Anteil von über zwei Drittel der Gesamt-EW tolerabel berechnet wurden. Die Über- und Unterschätzungen bewegen sich primär in der AKL 1, die Anteile der AKL 3 sind in der gesamtösterreichischen Betrachtung vernachlässigbar.

Aus der Sicht des Projektteams waren damit nun die erzielten Berechnungsergebnisse hinreichend genau. Daher wurden die gewählten bundeslandspezifischen Schmutzwasserfrachten den hydraulischen Berechnungen der Eintragspfade zu Grunde gelegt.

Entsprechende Adaptierungen auf lokaler Ebene erscheinen für Detailbetrachtungen natürlich prinzipiell als sinnvoll. Darauf wurde im Rahmen der hier durchgeführten Untersuchungen aber verzichtet.

Der Vollständigkeit halber soll an dieser Stelle noch erwähnt werden, dass die verfügbaren JTWM nur anonymisiert dargestellt werden können, da die Daten einer unveröffentlichten Publikation entnommen wurden.

8.6.2.7 Sensitivitätsanalyse

Wie bereits erwähnt, wurde die Sensitivitätsanalyse durchgeführt, um den Einfluss von Abkopplungsmaßnahmen bzw. dezentralem Niederschlagswassermanagement auf die Abflüsse bei den unterschiedlichen Eintragspfaden abzuschätzen.

Die hier durchgeführten Analysen gehen wieder von einer österreichweiten Betrachtung aus. Der einzige Parameter der im Rahmen der durchgeführten Sensitivitätsanalysen variiert wurde, war der Anschlussgrad der befestigten Flächen. Auf eine zusätzliche Differenzierung zwischen Dach- und Straßenflächen wurde hier verzichtet. Alle anderen Daten blieben allesamt unverändert.

Im Zuge der Sensitivitätsanalyse wurden Anschlussgrade der befestigten Flächen an die Kanalisation von 100, 75 und 50 % angenommen, und damit die Abflüsse in den jeweiligen Eintragspfaden bestimmt. Nachstehend werden die Ergebnisse der einzelnen „Szenarien“ dargestellt.

100 % Anschlussgrad

Bei 100 % Anschlussgrad der befestigten Flächen gelangt das gesamte anfallende Niederschlagswasser in das Kanalnetz. Das Ergebnis der hydraulischen Berechnung der einzelnen Eintragspfade ist in *Abbildung 132* ersichtlich. Die ausgewiesenen Prozentzahlen stellen dabei den jeweiligen Anteil des Eintragspfades am Gesamteintrag in die Gewässer dar.

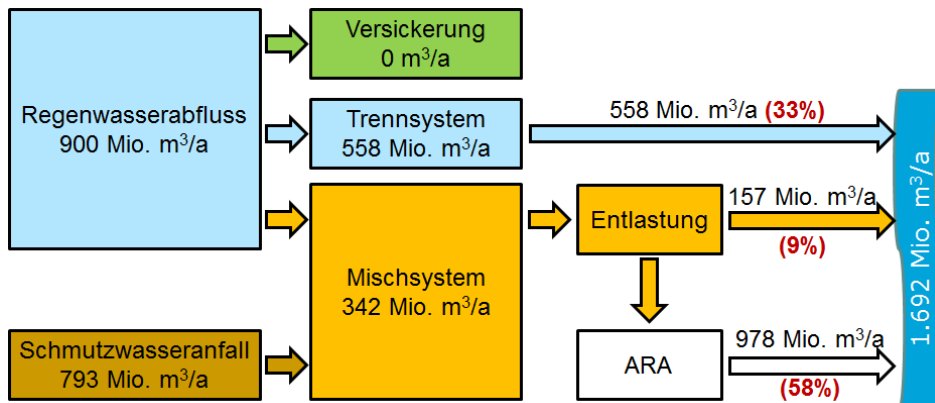


Abbildung 132: Gewässereinträge bei 100 % Anschlussgrad der befestigten Flächen

Dabei gelangen rund 1.692 Mio. m³/a urbane Abflüsse über die drei Eintragspfade im Jahresdurchschnitt in die Gewässer:

- Rund 33 % (etwa 558 Mio. m³/a) stammen aus Niederschlagswasserkanälen.
- Rund 9 % (etwa 157 Mio. m³/a) stammen aus Mischwasserentlastungen.
- Rund 58 % (etwa 978 Mio. m³/a) stammen aus Kläranlagenabläufen.

75 % Anschlussgrad

Bei 75 % Anschlussgrad der befestigten Flächen gelangt eben dieser Anteil des gesamten anfallenden Niederschlagswasser in die Kanalisation. Die restlichen 25 % werden dezentral bewirtschaftet (Versickerung) bzw. verdunsten anteilig. Letzteres wird hier aber, wie bereits erwähnt, nicht als eigener Punkt angeführt sondern in der dezentralen Bewirtschaftung pauschal berücksichtigt. In *Abbildung 133* sind die hydraulischen Berechnungen wieder entsprechend dargestellt.

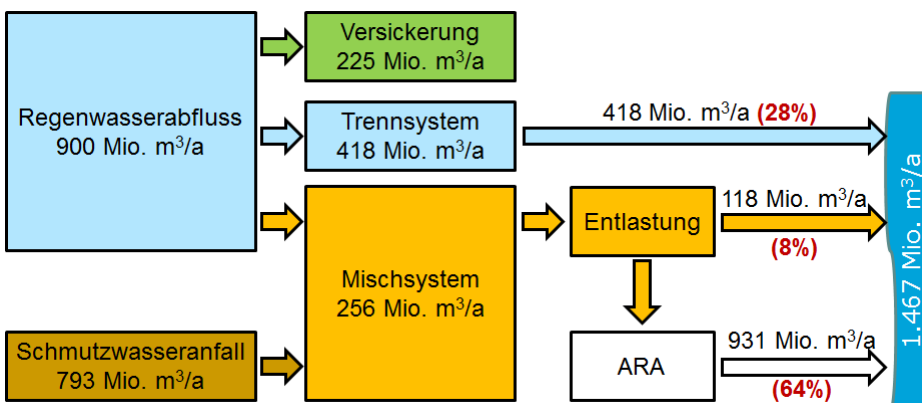


Abbildung 133: Gewässereinträge bei 75 % Anschlussgrad der befestigten Flächen

Rund 1.467 Mio. m³/a urbane Abflüsse gelangen dabei über die drei Eintragspfade im Jahresdurchschnitt in die Gewässer:

- Rund 28 % (etwa 418 Mio. m³/a) stammen aus Niederschlagswasserkanälen.
- Rund 8 % (etwa 118 Mio. m³/a) stammen aus Mischwasserentlastungen.
- Rund 64 % (etwa 931 Mio. m³/a) stammen aus Kläranlagenabläufen.

50 % Anschlussgrad

Bei 50 % Anschlussgrad gelangt jeweils die Hälfte des anfallenden Niederschlagswassers in die Kanalisation bzw. in eine dezentrale Bewirtschaftung. In *Abbildung 134* sind die hydraulischen Berechnungen wieder entsprechend dargestellt.

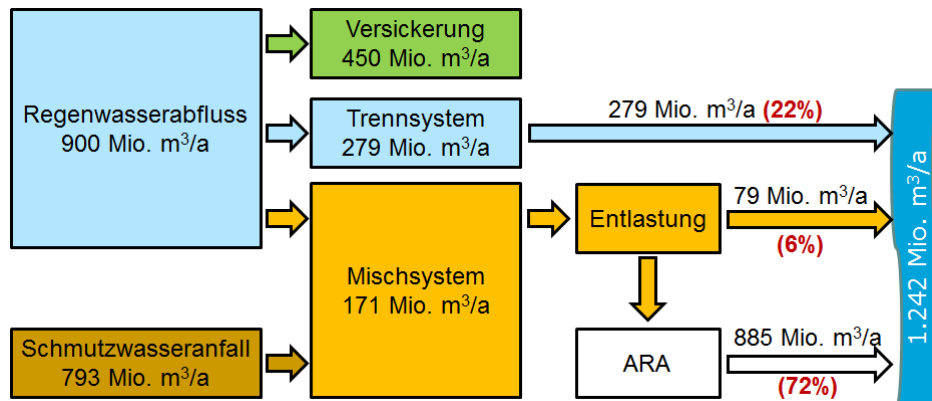


Abbildung 134: Gewässereinträge bei 50 % Anschlussgrad der befestigten Flächen

Rund 1.242 Mio. m³/a urbane Abflüsse gelangen dabei über die drei Eintragspfade im Jahresdurchschnitt in die Gewässer:

- Rund 22 % (etwa 279 Mio. m³/a) stammen aus Niederschlagswasserkanälen.
- Rund 6 % (etwa 79 Mio. m³/a) stammen aus Mischwasserentlastungen.
- Rund 72 % (etwa 885 Mio. m³/a) stammen aus Kläranlagenabläufen.

Zusammenfassend werden in *Tabelle 59* nochmals die Abflussmengen in den einzelnen Eintragspfaden bei den unterschiedlichen Anschlussgraden gegenübergestellt. Die Prozentangaben stellen dabei immer den jeweiligen Abflussanteil bezogen auf den Gesamtabfluss bei 100 Prozent Anschlussgrad dar.

Tabelle 59: Auswirkungen der Veränderung des Anschlussgrades auf die einzelnen Eintragspfade

	Kläranlagenablauf		Niederschlagswasserkanal		Entlastungen		Gewässereintrag	
	[Mio. m³/a]	%	[Mio. m³/a]	%	[Mio. m³/a]	%	[Mio. m³/a]	%
100% Anschlussgrad	977		558		157		1.692	
75% Anschlussgrad	931	95 %	418	75 %	118	75 %	1.467	87 %
50% Anschlussgrad	885	91 %	279	50 %	79	50 %	1.242	73 %

Die Abflussmengen der Niederschlagswasserkanäle sowie der Mischwasserentlastungen sind direkt proportional zu den in die Kanalisation gelangenden Niederschlagswassermengen und damit auch zum Anschlussgrad der befestigten Flächen. Eine Reduktion des Anschlussgrades führt daher zu einer entsprechenden Reduktion der jeweiligen Abflüsse.

Da die Kläranlagenabläufe prinzipiell von den Schmutzwassermengen dominiert werden (nur jener Anteil des Niederschlagswasserabflusses, der über Mischkanalisationen geführt wird und gemäß Weiterleitungsgrad zur Kläranlage geleitet werden muss, gelangt zu ebendieser) fallen hier verringerte Anschlussgrade weitaus weniger ins Gewicht. Eine Reduktion des Anschlussgrades um 25 bzw. 50 % (und damit einhergehend eine Reduktion des Niederschlagsabflusses um 25 bzw. 50%) führt zu einer Verringerung des Kläranlagenablaufs um nur 5 bzw. 9 %.

Betrachtet man die gesamten urbanen Abflüsse, die in die Gewässer gelangen, wird deutlich, dass eine Verringerung der Anschlussgrade um 25 bzw. 50 % nur zu einer Reduktion der Gesamteintragsmengen um

rund 13 bzw. 27 % führt. Damit wird deutlich, dass die angesetzten Anschlussgrade der befestigten Flächen natürlich eine Auswirkung auf die Gesamtmenge der in die Gewässer gelangenden urbanen Abflüsse haben. Allerdings ist dieser Einfluss geringer, als man im ersten Moment vermuten würde, wodurch der Anschlussgrad der befestigten Flächen bei einer Bewertung der mengenmäßigen Relevanz der einzelnen Eintragspfade keine besonders große Bedeutung hat.

8.6.2.8 Schlussfolgerungen Abflussberechnungen

Die dargestellten Ergebnisse stellen eine hydraulischen Quantifizierung der gewässerrelevanten Eintragspfade aus urbanen Siedlungsgebieten in Österreich dar (Niederschlagswassereinleitungen, Mischwasserentlastungen, Kläranlagenabläufe). Der in diesem Bericht präsentierte gesamtösterreichische Überblick soll einen Eindruck über die Relevanz der einzelnen Eintragspfade vermitteln.

Die Ergebnisse zeigen sehr gut, dass vor allem Niederschlagswassereinleitungen als Eintragspfad in die Gewässer aus quantitativer Sicht eine wesentliche Rolle spielen. Im Vergleich dazu stammt aus Mischwasserentlastungen nur ein weitaus geringerer Anteil der gesamten emittierten hydraulischen Fracht.

Die hydraulischen Quantifizierungen stellen gemeinsam mit den im Projekt durchgeführten Messkampagnen die Grundlage für die Beurteilung der spurenstofffrachtabhängigen Eintragspfade dar. Die qualitativen Untersuchungen und Frachtabschätzungen liefern wertvolle Hinweise für weiterführende Maßnahmen beim Gewässerschutz, worauf aber an anderer Stelle in diesem Bericht eingegangen wird.

Die Datenerhebung hat gezeigt, dass in Österreich heute eine Vielzahl an siedlungswasserwirtschaftlich relevanten Daten auch außerhalb der „branchenüblichen“ Institutionen verfügbar ist (Straßenbauabteilungen, Raumplanungsabteilungen, etc.). Der Aufbau von fachgebietsübergreifenden geografischen Informationssystemen ist heute bereits vielerorts im Gange. Diese zunehmend miteinander vernetzbaren Systeme könnten in Zukunft eine wertvolle Datenquelle und Basis für interdisziplinäre Planungsprozesse und -vorgaben darstellen. Es wäre wünschenswert, wenn sich die verantwortlichen Stellen bereits heute auf eine einheitliche und österreichweit gültige Vorgehensweise bei der Erstellung dieser Informationssysteme sowie auf klare Anforderungen an die Datenqualität verständigen könnten.

8.7 Annex VII: Vorkommen organischer und anorganischer Spurenstoffe in unterschiedlichen Eintragspfaden

8.7.1 Deposition

Niederschlagsproben wurden verteilt über Österreich in vier Gebieten gesammelt. Insgesamt wurden 13 Niederschlagsproben gesammelt:

- Untersuchungsgebiet Graz (SÜD / Steiermark): In diesem Untersuchungsgebiet wurden 3 Sammelproben an drei unterschiedlichen Standorten gezogen. Die drei Sammelproben umfassten den Zeitraum von Mitte Juli bis Mitte Dezember 2012.
- Untersuchungsgebiet Hofsteig (WEST / Vorarlberg): In diesem Untersuchungsgebiet wurden fünf Niederschlagsereignisse beprobt, wovon drei für die Spurenstoffanalyse ausgewählt wurden. Zusätzlich zu diesen Einzelereignisproben wurde bei der ARA Hofsteig auch eine Sammelprobe über ein halbes Jahr gezogen.
- Untersuchungsgebiet Linz (NORD / Oberösterreich): In diesem Untersuchungsgebiet wurden mehrere Sammelproben gezogen. Insgesamt lagen drei Niederschlagsproben vor. Probe 1 umfasste den Zeitraum vom 11.07. bis 04.09.2012, Probe 2 den Zeitraum vom 05.09.-05.12.2012 und Probe 3 den Zeitraum vom 06.12.2012 bis zum 09.01.2013.
- Untersuchungsgebiet im Osten Österreichs (OST): Wie in Graz wurden auch in diesem Untersuchungsgebiet 3 Sammelproben an drei unterschiedlichen Standorten gezogen. Die drei Sammelproben umfassten den Zeitraum von Mitte Juli bis Mitte Dezember 2012.

Es wurden unterschiedliche Beprobungsstrategien angewandt. In Hard/Lauterach wurden sowohl einzelne Niederschlagsereignisse als auch eine kumulierte Niederschlagsprobe gezogen, um die Variabilität zwischen einzelnen Niederschlagsereignissen zu erfassen. In Linz wurden drei Proben an einem Standort untersucht, wobei diese drei Proben jeweils einen längeren Zeitraum abdeckten und damit das Ziel verfolgt wurde, eine allfällige zeitliche Variabilität an einem Standort festzustellen. Die Beprobungen in Graz und im Untersuchungsgebiet im Osten Österreichs sollten eine Aussage über die räumliche Variabilität erlauben.

Für die Einzelniederschlagsproben aus dem Untersuchungsgebiet 2 in Vorarlberg liegen auch Daten zu den Referenzparametern vor. Diese Werte sind in Tabelle 60 zusammengefasst.

Tabelle 60: Zusammenfassung der Referenzparameter für die Einzelniederschlagsproben aus Hard/Lauterach

Parameter	Einheit	Niederschlagsproben Hofsteig							
		#1	#2	#3	#4	#5	MW	Min	Max
Abf. Stoffe	[mg/l]	9,0	2,0	10	4,0	-	5,0	-	10
pH	[-]	7,0	7,0	6,9	7,1	7,2	7,0	6,9	7,2
Lf	[µS/cm]	18	12	19	17	23	18	12	23
TOC	[mg/l]	1,4	0,92	1,7	1,3	1,8	1,4	0,92	1,8
CSB	[mg/l]	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15
CSB-filt.	[mg/l]	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15
KW-Index	[mg/l]	0,12	0,18	0,29	0,16	-	0,19	0,12	0,29
N _{geb}	[mg/l]	0,69	0,64	0,85	0,87	0,60	0,73	0,60	0,87
NH ₄ -N	[mg/l]	0,18	0,25	0,39	0,46	0,20	0,30	0,18	0,46
NO ₃	[mg/l]	<1,0	<1,0	1,2	1,1	<1,0	-	<1,0	1,2
NO ₃ -N	[mg/l]	<0,23	<0,23	0,27	0,25	<0,23	-	<0,23	0,27
SO ₄	[mg/l]	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Cl	[mg/l]	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
P _{ges}	[mg/l]	0,018	0,013	0,014	0,016	0,028	0,018	0,013	0,028
PO ₄ -P	[mg/l]	0,0070	0,0050	-	0,0030	0,020	0,0088	0,0030	0,020

Bei den Referenzparametern ist nur eine geringe Variabilität zwischen verschiedenen Niederschlagsereignissen zu beobachten. Eine Ausnahme bildet Orthophosphat in der Niederschlagsprobe 5. Die gemessene Konzentration in dieser Probe Nr. 5 liegt deutlich über den Konzentrationen, die in den anderen Proben gemessen wurden.

Dieser geringe Schwankungsbereich deutet auf nur geringfügige Unterschiede zwischen den einzelnen Niederschlagsereignissen hin. Für die Spurenstoffanalytik wurden daher die Niederschlagsproben #3, #4 und #5 ausgewählt. Die Trockenwetterperioden vor den beprobten Niederschlagsereignissen lagen bei der Niederschlagsprobe #3 bei rund 10 Tagen und bei der Niederschlagsprobe #4 und #5 bei rund 6 Tagen. Die Niederschlagsmenge betrug beim Niederschlagsereignis #3 rund 37 mm, beim Niederschlagsereignis #4 rund 59 mm und beim Niederschlagsereignis #5 rund 32 mm.

Zur Zuordnung dieser ausgewählten Niederschlagsereignisse zur Niederschlagsverteilung im Untersuchungsgebiet sind in *Abbildung 135* sowohl die Stundenmittelwerte in mm/h als auch akkumulierten Niederschläge in mm für die Messstation Rotachstraße in Hard grafisch dargestellt. Diese Messwerte vermitteln einen Überblick über die Regensituation im Beobachtungszeitraum im Untersuchungsgebiet vom 01.06.2012 bis 30.09.2012.

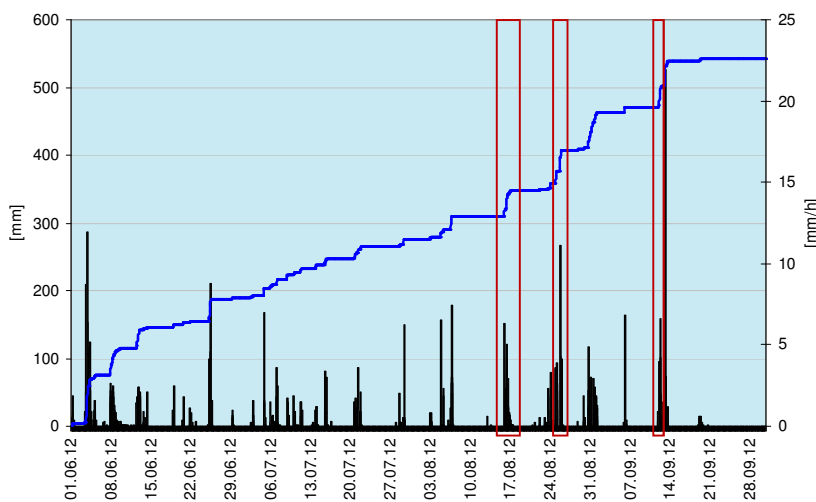


Abbildung 135: Niederschlagsdaten der Messstation Rotachstraße in Hard und Kennzeichnung der für Spurenstoffanalyse ausgewählten Niederschlagsperioden

In den anderen drei Untersuchungsgebieten wurden Sammelproben des Niederschlags generiert. Für diese Proben liegen keine Referenzparameter vor.

Es wurden insgesamt 13 Niederschlagsproben aus den vier Untersuchungsgebieten analysiert. Tabelle 61 zeigt eine Zusammenfassung der Analyseergebnisse in den Niederschlagsproben. Die Zusammenfassung enthält alle Stoffe, die in zumindest einer der verfügbaren Proben nachweisbar waren. Mit Ausnahme der Hormone und der Pflanzenschutzmittel waren Vertreter aller untersuchten Stoffgruppen in zumindest einer der analysierten Depositionsproben nachweisbar.

Tabelle 61: Zusammenfassung der Analyseergebnisse in den Niederschlagsproben

Parameter	Anzahl				Mittelwert [µg/l]	Minimum [µg/l]	Maximum [µg/l]
	Gesamt	n.n.	<BG	>BG			
Blei	13	3	10	-	0,38-4,0	n.n.	<5,0
Cadmium	13	1	10	2	0,019-0,047	n.n.	0,055
Chrom	13	11	2	-	0,077-1,2	n.n.	<5,0
Kupfer	13	-	1	12	5,5	<1,0	15

Parameter	Anzahl				Mittelwert [µg/l]	Minimum [µg/l]	Maximum [µg/l]
	Gesamt	n.n.	<BG	>BG			
Nickel	13	1	10	2	3,1-4,5	n.n.	35
Zink	13	-	1	12	47-48	<0,5	300
Quecksilber	13	-	-	13	0,014	0,0055	0,046
Nonylphenol (NP)	13	10	1	2	0,13-0,17	n.n.	1,3
Nonylphenolmonoethoxylat	13	12	-	2	0,010-0,056	n.n.	0,13
Nonylphenoldiethoxylat	13	11	2	-	0,0077-0,058	n.n.	<0,10
Nonylphenolmonocarboxylat	13	11	1	1	0,024-0,070	n.n.	0,26
Octylphenol (OP)	13	10	1	1	0,015-0,036	n.n.	0,10
Bisphenol-A	13	8	2	3	0,044-0,082	n.n.	0,18
Tributylzinn (TBT)	13	3	-	10	0,0019-0,0020	n.n.	0,011
Dibutylzinn (DBT)	13	6	2	5	0,0013	n.n.	0,0072
Diphenylzinn	13	7	3	3	0,00011-0,00019	n.n.	0,00062
Triphenylzinn	13	10	-	3	0,00014-0,00022	n.n.	0,0012
Perfluoroktansulfonsäure (PFOS)	13	12	-	1	0,00020-0,0011	n.n.	0,0026
Perfluoroktansäure (PFOA)	13	10	2	1	0,00041-0,0013	n.n.	0,0033
Benzylbutylphthalat (BBP)	13	12	1	-	0,0023-0,032	n.n.	<0,050
Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	13	8	4	1	0,11-0,27	n.n.	0,73
Dicyklohexylphthalat (DCHP)	13	12	1	-	0,0023-0,032	n.n.	<0,050
Diethylphthalat (DEP)	13	5	5	3	0,031-0,050	n.n.	0,096
Diisobutylphthalat (DiBP)	13	4	-	9	0,11-0,12	n.n.	0,24
Dimethylphthalat (DMP)	13	9	2	2	0,014-0,038	n.n.	0,068
Di-n-butylphthalat (DBP)	13	6	2	5	0,036-0,053	n.n.	0,11
BDE 28	13	10	1	2	0,0000090-0,000012	n.n.	0,000067
BDE 47	13	1	3	9	0,00086-0,00089	n.n.	0,0049
BDE 49	13	9	1	3	0,000015-0,000017	n.n.	0,000078
BDE 66	13	12	-	1	0,0000036-0,0000047	n.n.	0,000047
BDE 85	13	10	-	3	0,0000035-0,0000094	n.n.	0,000031
BDE 99	13	2	3	8	0,00043-0,00046	n.n.	0,0024
BDE 100	13	3	1	9	0,000086-0,000089	n.n.	0,00046
BDE 153	13	12	1	-	0,000000070-0,0000095	n.n.	<0,00011
BDE 154	13	11	2	-	0,00000017-0,0000094	n.n.	<0,000057
BDE 196	13	12	1	-	0,00000026-0,00010	n.n.	<0,0013
BDE 207	13	12	1	-	0,00000085-0,0011	n.n.	<0,014
Acenaphthen	13	9	4	-	0,0015-0,0065	n.n.	<0,0099
Benzo(a)anthracen	13	9	1	3	0,00042-0,00093	n.n.	0,0019
Benzo(g,h,i)perylen	13	9	3	1	0,00026-0,00072	n.n.	0,0019
Chrysen	13	4	6	3	0,0012-0,0020	n.n.	0,0043
Fluoren	13	11	2	-	0,00086-0,0065	n.n.	<0,011
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	13	9	3	1	0,00027-0,00073	n.n.	0,0020
Phenanthren	13	5	3	5	0,0028-0,0036	n.n.	0,0092
Pyren	13	9	3	1	0,0013-0,0044	n.n.	0,0071
MTBE	12	6	-	6	16	n.n.	130
Chloride	13	-	-	13	0,54	0,092	1,7

Mit wenigen Ausnahmen waren die untersuchten Spurenstoffe zumeist nur in einzelnen Proben nachweisbar. Nur Blei, Cadmium, Kupfer, Nickel, Zink, Quecksilber, Tributylzinnverbindungen, Dibutylzinnverbindungen, Diethylphthalat (DEP), Diisobutylphthalat (DiBP), Di-n-butylphthalat (DBP), wenige Kongenere der polybromierten Diphenylether (BDE 47, BDE 99 nd BDE 100), Chrysen, Phenanthren und MTBE waren in zumindest 50 % der Proben nachweisbar. Kupfer, Zink, Quecksilber, Tributylzinnverbindungen, Diisobutylphthalat (DiBP) sowie BDE 99 und BDE 100 wurden in fast allen Proben in Konzentrationen größer der analytischen Bestimmungsgrenze nachgewiesen.

Vergleich der Einzelproben mit der Sammelprobe im Einzugsgebiet der ARA Hofsteig

Der Vergleich der Einzelproben aus Hofsteig/Hard mit der Sammelprobe aus Hofsteig zeigt bei einigen Stoffen (z. B. bei den Metallen) eine gute Übereinstimmung zwischen dem Mittelwert der Einzelproben und der Sammelprobe. Bei anderen Stoffen streuen die Ergebnisse deutlich und einige Stoffe (z. B. Phthalate oder polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe) wurden zwar in der Sammelprobe nachgewiesen, waren jedoch in den Einzelproben nicht nachweisbar. Eine Gegenüberstellung der Ergebnisse der Untersuchungen der Einzelproben mit der Sammelprobe zeigt *Abbildung 136*.

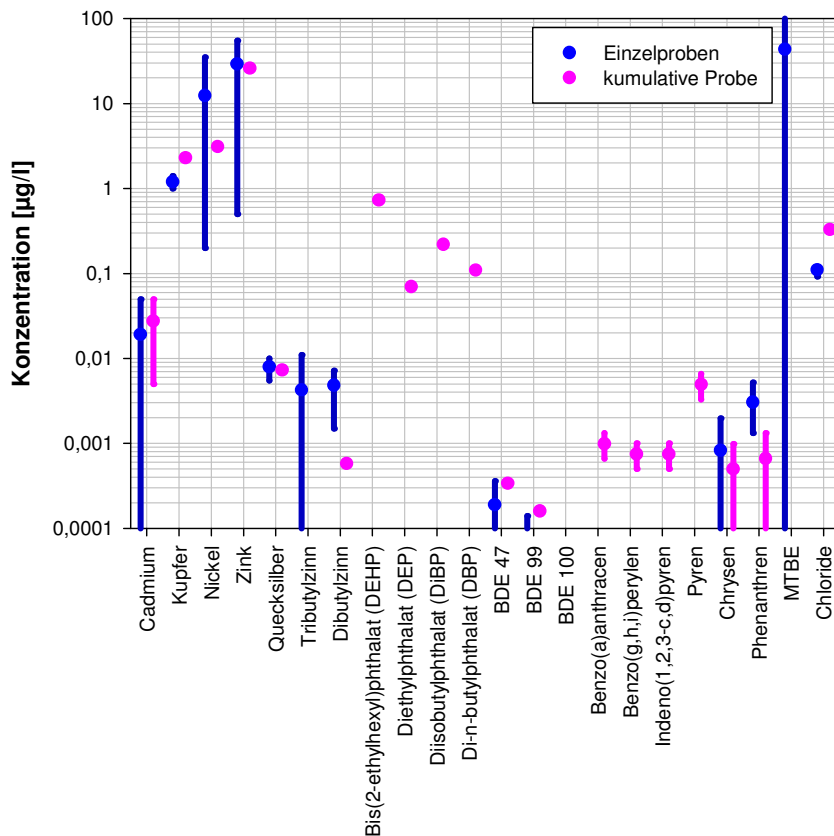


Abbildung 136: Gegenüberstellung der Ergebnisse der Untersuchungen der Einzelproben mit der Sammelprobe

Auffällig ist, dass die Stoffe, für die die größten Abweichungen beobachtet wurden, vor allem an Partikel gebunden vorkommen. Eine mögliche Erklärung für die Abweichungen ist, dass die kumulative Probe die Gesamtdeposition über einen längeren Zeitraum berücksichtigt, wohingegen die Einzelproben einzelne Niederschlagsereignisse (nasse Deposition) wiedergeben. Aufgrund ihrer Affinität zur Anreicherung an Partikeln könnte somit die trockene Deposition in stärkerem Ausmaß zur Gesamtdeposition beitragen als die nasse Deposition.

Vergleich der gemessenen Konzentrationen in den Depositionsproben mit dem Niederschlag

Vergleich der Konzentration in der nassen Deposition mit den Niederschlagssummen der Einzelereignisse:

Im Untersuchungsgebiet 2 in Vorarlberg wurden drei einzelne Niederschlagsereignisse beprobt. Dazu wurden an verschiedenen Orten im Einzugsgebiet Niederschlagsproben gezogen und zu einer Gesamtprobe vereint. Diese Proben umfassen jeweils ein Niederschlagsereignis und geben somit die nasse Deposition wieder. Bei den drei verfügbaren Proben ist für die meisten der untersuchten Spurenstoffe kein Zusammenhang zwischen der gemessenen Niederschlagssumme und der gemessenen Konzentrationen zu beobachten (siehe *Abbildung 137*). Bei Quecksilber sinken die Konzentrationen in der nassen Deposition mit steigender Niederschlagssumme.

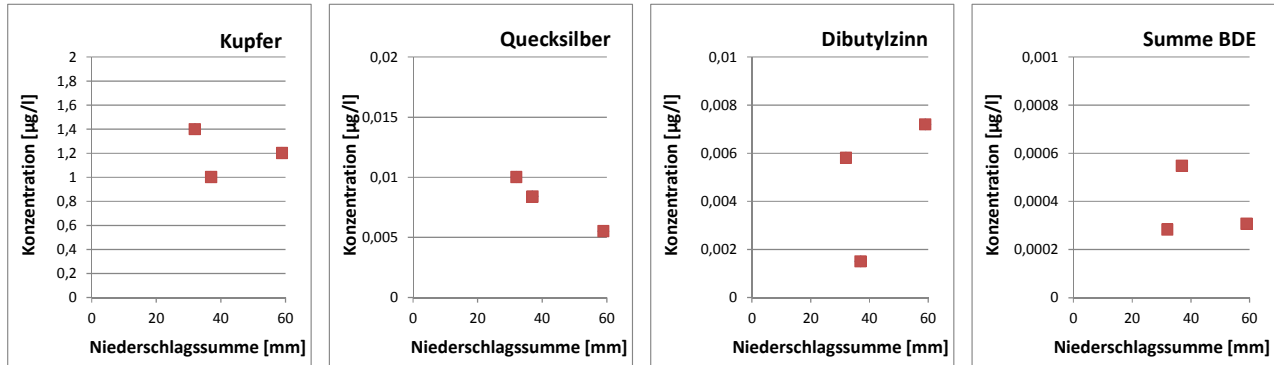


Abbildung 137: Gemessene Konzentration (Maximalbewertung) in der nassen Deposition in Abhängigkeit von der Niederschlagssumme der beprobten Regenereignisse

Vergleich der gemessenen Konzentrationen in der Gesamtdosition mit den Niederschlagssummen während der Beprobungsperiode

In allen Untersuchungsgebieten wurden kumulative Niederschlagsproben gezogen. Dabei wurden die Niederschlagssammler regelmäßig entleert und die Teilproben zu einer Sammelprobe vereinigt und jeweils gestapelt zur Konservierung tiefgefroren. Dabei wurde die Gesamtdosition berücksichtigt, weil über die Probenahme neben der nassen Deposition auch die trockene Deposition miterfasst wurde. Eine Gegenüberstellung der gemessenen Konzentrationen ausgewählter Spurenstoffe und der Niederschlagssummen über den jeweiligen Probenahmezeitraum zeigt *Abbildung 138*.

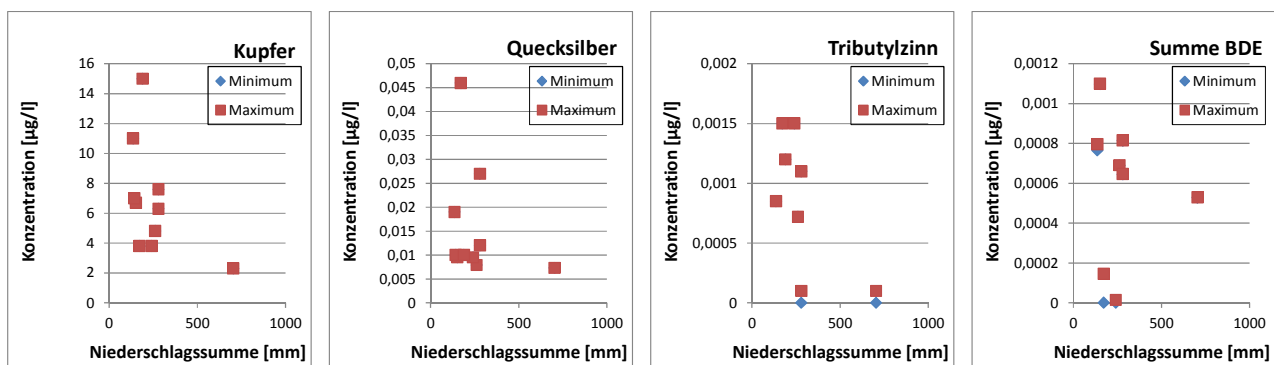


Abbildung 138: Gemessene Konzentrationen (Minimal- und Maximalbewertung) in der Gesamtdosition in Abhängigkeit von den jeweiligen Niederschlagssummen über den Probenahmezeitraum

Es ist kein Zusammenhang zwischen den einzelnen Proben und den jeweiligen Niederschlagssummen zu beobachten, sondern bei ähnlichen Niederschlagssummen schwanken die gemessenen Konzentrationen nur geringfügig. Bei den meisten Spurenstoffen, die in den Depositionsproben nachweisbar sind, wird die niedrigste Konzentration in der kumulativen Probe aus dem Untersuchungsgebiet 2 (Westen) gemessen, wo in der Regel auch die höchsten Jahresniederschlagssummen auftreten.

Regionale Verteilung der Spurenstoffe in der Deposition

Depositionsproben wurden in allen 4 Untersuchungsgebieten im Westen, im Norden, im Osten und im Süden gezogen. Eine Gegenüberstellung der gemessenen Konzentrationen für ausgewählte Spurenstoffe zeigt *Abbildung 139*.

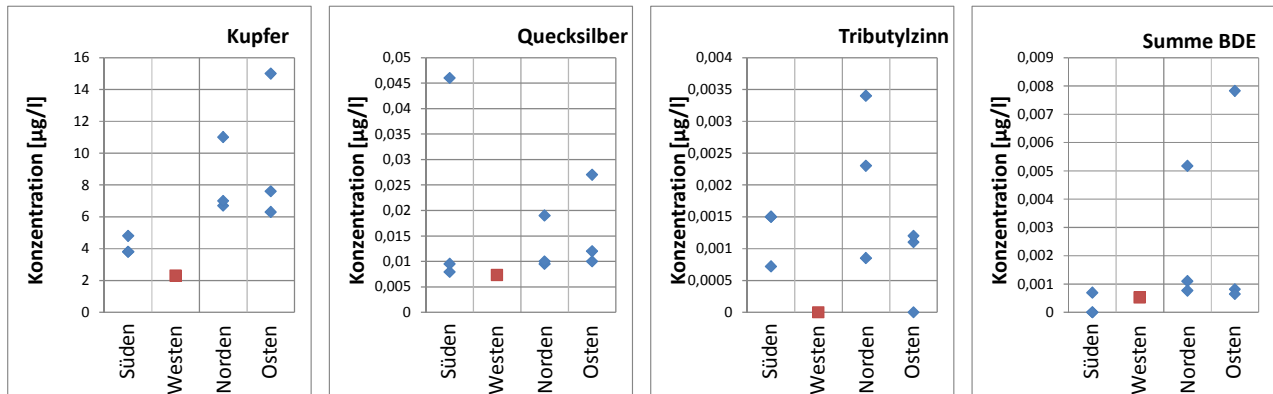


Abbildung 139: Gemessene Konzentrationen ausgewählter Spurenstoffe in den Depositionsproben in Abhängigkeit vom Untersuchungsgebiet

Die gemessenen Spurenstoffkonzentrationen schwanken z. T. sehr stark in Abhängigkeit vom Ort der Probenahme. Bei Kupfer werden die höchsten Konzentrationen im Osten und im Norden gemessen, wohingegen bei Quecksilber die gemessenen Konzentrationen ähnlich sind. Bei Quecksilber ist aber ein Extremwert im Untersuchungsgebiet im Süden auffällig. Aufgrund der begrenzten Probenzahl ist keine Aussage darüber möglich, ob dieser Wert ein Ausreißer oder ein Extremwert ist.

Ableitung von Depositionsraten [g/ha/a]

Aus den gemessenen Konzentrationen, den Niederschlagssummen über die Probenahmeperioden und unter Bezug auf die durchschnittlichen Jahresniederschlagssummen in den beprobten Gebieten wurden Näherungswerte für die Gesamtdeposition berechnet (siehe *Abbildung 140*).

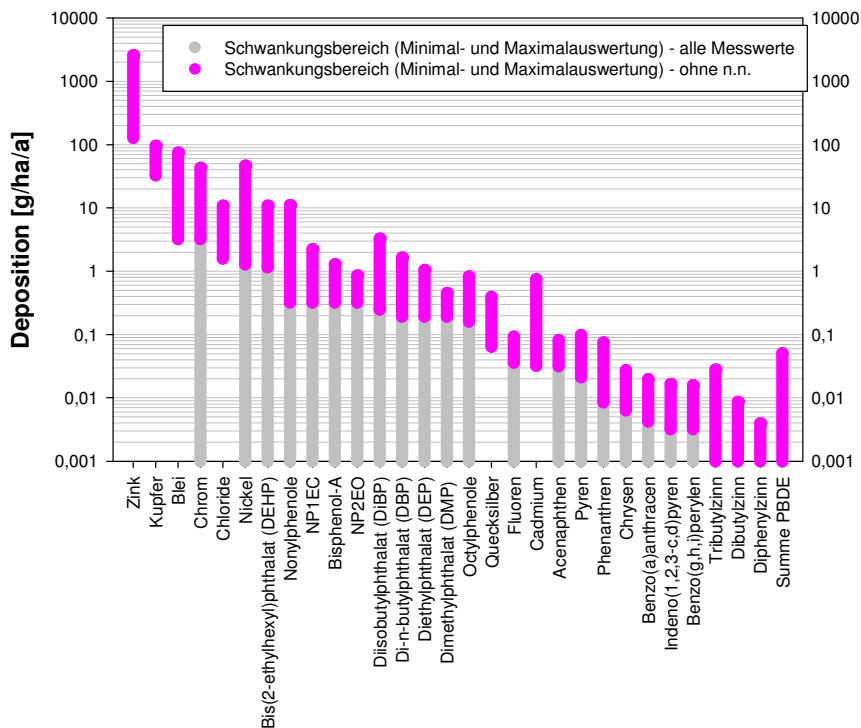


Abbildung 140: Depositionsraten [g/ha/a] für die untersuchten Spurenstoffe

Es sind die Ergebnisse der Minimal- und der Maximalbewertung dargestellt. Bei Berücksichtigung aller Messwerte ergibt sich ein sehr starker Schwankungsbereich, weil die meisten der untersuchten Spurenstoffe zumindest in einer Probe nicht nachweisbar waren. Daher sind in der Darstellung die Ergebnisse auch ohne Berücksichtigung der nicht nachweisbaren Spurenstoffe dargestellt. Zudem ist bei allen Spurenstoffen, die in zumindest einer Probe nicht nachweisbar waren auch diese Information angegeben (grauer Balken). Eine tabellarische Zusammenfassung dieser Depositionsraten enthält *Tabelle 62*.

Tabelle 62: Tabellarische Zusammenfassung der berechneten Depositionsraten [g/ha/a]. Die Tabelle gibt die Minimal- und Maximalwerte, sowie die Mittelwerte der Minimal- und der Maximalauswertung wieder

Parameter	Deposition [g/ha/a]			
	Minimum	Maximum	MW-Minimalauswertung	MW-Maximalauswertung
Zink	130	2600	450	450
Kupfer	33	96	53	53
Blei	3,2	75	4,2	42
Chloride	1,6	11	4,9	4,9
Quecksilber	0,064	0,40	0,13	0,13
Cadmium	0,032	0,75	0,19	0,43
Nickel	-	47	5,9	17
Chrom	-	43	0,85	12
Nonylphenole	-	11	1,4	1,8
Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHF)	-	11	1,6	2,9
Diisobutylphthalat (DiBP)	-	3,3	1,3	1,3
NP1EC	-	2,2	0,27	0,65
Di-n-butylphthalat (DBP)	-	1,7	0,44	0,54
Bisphenol-A	-	1,3	0,43	0,74
Diethylphthalat (DEP)	-	1,1	0,34	0,48
NP2EO	-	0,86	0,075	0,50
Octylphenole	-	0,83	0,15	0,32

Parameter	Deposition [g/ha/a]			
	Minimum	Maximum	MW-Minimalauswertung	MW-Maximalauswertung
Dimethylphthalat (DMP)	-	0,46	0,13	0,33
Pyren	-	0,099	0,014	0,040
Fluoren	-	0,093	0,0093	0,057
Acenaphthen	-	0,082	0,015	0,058
Phenanthren	-	0,076	0,021	0,029
Summe PBDE	-	0,051	0,013	0,013
Tributylzinn	-	0,028	0,010	0,010
Chrysen	-	0,028	0,011	0,017
Benzo(a)anthracen	-	0,020	0,0043	0,0085
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	-	0,017	0,0031	0,0069
Benzo(g,h,i)perylene	-	0,016	0,0030	0,0068
Dibutylzinn	-	0,0087	0,0018	0,0024
Diphenylzinn	-	0,0040	0,0011	0,0017

Stauffer und Ort (2012) geben Depositionsdaten für Nonylphenole, bromierte Diphenylether und die Summe der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe an. Die angegebenen Werte für Nonylphenole und für die Summe PAK sind ähnlich. Im Vergleich zu den in *Tabelle 26* angeführten Depositionsdaten sind die berechneten Werte zumeist niedriger oder liegen im unteren Bereich des angegebenen Schwankungsbereiches. Vor allem für die Metalle sind die berechneten Werte ähnlich den Literaturwerten. Deutlich geringere Werte als in der Literatur wurden für Tributylzinnverbindungen aber auch für PAKs bestimmt.

8.7.2 Niederschlagswasserkanal bei Trennkansalisationen

In zwei Untersuchungsgebieten (Hofsteig (Vorarlberg / WEST) und Siedlungsgebiet im Osten Österreichs (OST)) wurden Niederschlagswasserkanäle von Trennsystemen beprobt und jeweils drei Proben gezogen. Für die Niederschlagswasserproben aus Trennkansalisation liegen auch Daten zu den Referenzparametern vor. Diese Werte sind in *Tabelle 60* zusammengefasst.

Tabelle 63: Zusammenfassung der Referenzparameter für die untersuchten Niederschlagswasserproben aus Trennkansalisationen

Parameter	Einheit	Niederschlagswasser aus Trennkansalisation					
		WEST 1	WEST 2	WEST 3	OST 1	OST 2	OST 3
Abf. Stoffe	[mg/l]	21	12	7,0	43	35	10
pH		7,2	7,7	7,5	8,3	8,4	8,1
Lf	[µS/cm]	560	460	400	260	110	140
TOC	[mg/l]	9,6	7,8	8,0	24	11	13
CSB	[mg/l]	26	24	<15	150	128	130
CSB-filt	[mg/l]	<15	23	<15	100	110	130
Summe KW	[mg/l]	-	-	-	2,8	1,9	2,1
KW-Index	[mg/l]	0,2	0,6	-	-	-	-
N _{geb}	[mg/l]	2,3	1,9	1,6	4,8	2,7	2,8
NH ₄ -N	[mg/l]	1,3	0,90	0,59	0,80	0,10	0,31
NO ₃ -N	[mg/l]	0,32	0,50	0,38	2,1	0,77	1,5
SO ₄	[mg/l]	2,4	3,9	4,2	-	-	-
Cl	[mg/l]	13	11	8,5	-	-	-

Parameter	Einheit	Niederschlagswasser aus Trennkanalisation					
		WEST 1	WEST 2	WEST 3	OST 1	OST 2	OST 3
P _{ges}	[mg/l]	0,059	0,040	0,059	0,39	0,26	0,19
PO ₄ -P	[mg/l]	0,0050	0,0070	0,0040	0,15	0,02	0,12

Die Messergebnisse der Spurenstoffe sind in Tabelle 64 zusammengefasst. Es sind nur Stoffe ausgewiesen, die in zumindest einer der sechs untersuchten Proben nachweisbar waren. Es erfolgte eine Minimal- und eine Maximalauswertung. Bei der Minimalauswertung wurden nicht nachweisbare Stoffe gleich null gesetzt und Messergebnisse kleiner der analytischen Bestimmungsgrenze mit der Nachweisgrenze berücksichtigt. Bei der Maximalauswertung wurden nicht nachweisbare Stoffe gleich der Nachweisgrenze gesetzt und Messergebnisse kleiner der analytischen Bestimmungsgrenze mit der Bestimmungsgrenze berücksichtigt. Diese zwei Auswertungen können dazu führen, dass für den Mittelwert ein Bereich angegeben wird.

Tabelle 64: Zusammenfassung der Analyseergebnisse in den Proben aus Niederschlagswasserkanälen aus Trennsystemen

Parameter	Anzahl				Mittelwert [µg/l]	Minimum [µg/l]	Maximum [µg/l]
	Gesamt	n.n.	<BG	>BG			
Blei	6	-	5	1	1,5-5,2	<5	6,4
Cadmium	6	1	1	2	0,077-0,085	n.n.	0,14
Chrom	6	3	3	-	0,25-2,8	n.n.	<5,0
Kupfer	6	-	-	6	22	14	39
Nickel	6	-	3	3	1,7-2,6	<2	4
Zink	6	-	-	6	120	27	240
Quecksilber	6	-	-	6	0,017	0,0043	0,033
Nonylphenole	6	1	-	5	0,76-0,77	n.n.	2
Nonylphenolmonoethoxylat	6	5	-	1	0,037-0,078	n.n.	0,22
Nonylphenoldiethoxylat	6	5	-	1	0,037-0,078	n.n.	0,22
Nonylphenolmonocarboxylat	6	1	3	2	0,095-0,13	n.n.	0,3
Octylphenole	6	2	2	2	0,13-0,15	n.n.	0,58
Bisphenol-A	6	-	-	6	0,94	0,17	3,1
Tributylzinn	6	2	1	3	0,00067-0,00072	n.n.	0,0022
Dibutylzinn	6	-	1	5	0,0015	<0,0002	0,0049
Tetrabutylzinn	6	5	-	1	0,00060-0,00068	n.n.	0,0036
Triphenylzinn	6	4	-	2	0,00011-0,00017	n.n.	0,00042
Perfluoroktansulfonsäure	6	-	-	6	0,0051	0,0027	0,015
Perfluoroktansäure	6	-	-	6	0,0098	0,005	0,016
Östron	6	4	-	2	0,00060-0,00074	n.n.	0,0027
Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	6	-	2	4	0,78-0,84	<0,35	1,9
Diisodecylphthalat (DiDP)	6	4	-	2	0,58-0,70	n.n.	2,1
Diisononylphthalat	6	3	1	2	0,73-0,85	n.n.	3,7
BDE 47	6	-	3	3	0,00025-0,00029	<0,00014	0,0007
BDE 49	6	4	2	-	0,00000030-0,0000062	n.n.	<0,000017
BDE 99	6	1	4	1	0,000069-0,00014	n.n.	0,00027
BDE 100	6	2	2	2	0,000018-0,000027	n.n.	0,000071
BDE 153	6	3	3	-	0,0000021-0,000056	n.n.	<0,00011
BDE 154	6	5	1	-	0,00000052-0,000011	n.n.	<0,000057
BDE 181	6	5	-	1	0,000011-0,000067	n.n.	0,00022
BDE 183	6	5	1	-	0,00000057-0,000028	n.n.	<0,0016

Parameter	Anzahl				Mittelwert [µg/l]	Minimum [µg/l]	Maximum [µg/l]
	Gesamt	n.n.	<BG	>BG			
BDE 196	6	4	1	1	0,00057-0,00079	n.n.	0,0034
BDE 197	6	5	-	1	0,00042	n.n.	0,0025
BDE 203	6	4	1	1	0,00083-0,0011	n.n.	0,005
BDE 207	6	5	-	1	0,0043	n.n.	0,026
BDE 209	6	4	2	-	0,000053-0,060	n.n.	<0,18
Acenaphthen	6	3	3	-	0,0025-0,0074	n.n.	<0,0099
Benzo(a)anthracen	6	4	-	2	0,00053-0,00097	n.n.	0,0017
Benzo(g,h,i)perylene	6	4	-	2	0,00063-0,00097	n.n.	0,0027
Chrysen	6	1	3	2	0,0014-0,0020	n.n.	0,0029
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	6	5	-	1	0,00035-0,00077	n.n.	0,0021
Phenanthren	6	1	1	4	0,0049-0,0054	n.n.	0,0083
Pyren	6	2	1	3	0,0047-0,0060	n.n.	0,0091
Metolachlor	4	3	1	-	0,00625-0,03125	n.n.	<0,05
N,N-Dimethylsulfamide	4	-	-	4	0,09425-0,09425	0,058	0,14
Terbutylazine	4	3	1	-	0,00625-0,03125	n.n.	<0,05
Terbutylazine-desethyl	4	3	-	1	0,0325-0,05125	n.n.	0,13
Terbutylazine-2-hydroxy-desethyl	4	3	1	-	0,00625-0,03125	n.n.	<0,05

Die gemessenen Konzentrationen lagen zumeist im unteren Bereich der verfügbaren Daten in der Literatur (siehe *Tabelle 29*). Während für einige Metalle (Kupfer, Zink, Quecksilber) oder für Octylphenole die Konzentrationen ähnlich sind, wurden für PAKs deutlich niedrigere Konzentrationen gemessen. Stauer und Ort (2012) führen auch für die Metalle deutlich höhere Konzentrationen in einer Niederschlagswassereinleitung an.

Vertreter der Hormone, der Phthalate, der polybromierten Diphenylether, der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe sowie die meisten der untersuchten Pflanzenschutzmittel waren in keiner der analysierten Proben nachweisbar.

Die Metalle (Blei, Kupfer, Nickel, Zink und Quecksilber), Bisphenol-A, Dibutylzinn, die perfluorierten Tenside (PFOS und PFOA), Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP), Kongener BDE47 der polybromierten Diphenylether und der Pflanzenschutzmittel-Metabolit N,N-Dimethylsulfamide waren in allen 6 analysierten Proben nachweisbar. Für ausgewählte Stoffe sind die gemessenen Konzentrationen in den unterschiedlichen Niederschlagswasserkanalproben in *Abbildung 141* dargestellt.

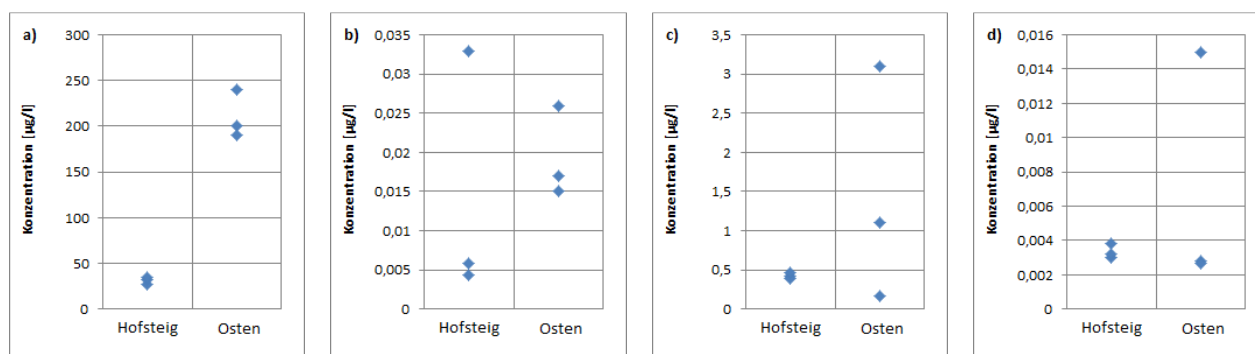


Abbildung 141: Gemessene Konzentrationen für a) Zink, b) Quecksilber, c) Bisphenol-A und d) PFOS in den Niederschlagswasserkanalproben aus den zwei Untersuchungsgebieten Hofsteig (Westen) und Osten.

Bei den meisten Stoffen sind die gemessenen Konzentrationen in den Proben aus Hofsteig (Westen) deutlich niedriger als in den Proben aus einem Siedlungsgebiet im Osten Österreichs (Osten). Sehr stark ausge-

prägt ist dieser Unterschied bei Zink. Bei den anderen Stoffen ist dieser Unterschied weniger stark ausgeprägt. Die Mittelwerte der Messungen aus Hofsteig (Westen) liegen jedoch zumeist unterhalb der Mittelwerte aus dem Siedlungsgebiet im Osten. Diese Mittelwerte sind häufig von einem Extremwert stark beeinflusst. Zu diesen Extremwerten ist festzuhalten, dass diese nicht für alle Stoffe in ein und derselben Probe zu beobachten sind, sondern unterschiedlichen Proben zuzuordnen sind. Aufgrund der begrenzten Probenanzahl ist eine nähere Bewertung nicht möglich, ob die beobachteten Konzentrationen Extremwerte oder Ausreißer sind. Der Konzentrationsunterschied zwischen den Proben aus Vorarlberg und aus dem Osten Österreichs ist auch in den Referenzparametern zu beobachten. Die Konzentrationen der gemessenen Referenzparameter sind im Siedlungsgebiet im Osten Österreichs deutlich höher als im Westen und stehen in ähnlichem Verhältnis zueinander wie bei den untersuchten Spurenstoffen. Eine Begründung dafür könnte sein, dass bei einem vergleichbaren Flächenpotenzial die geringere Konzentrationen im Niederschlagswasserabfluss im Westen durch die höhere Verdünnung aufgrund der deutlich höheren Jahresniederschlagssummen im Westen bedingt sind. So beträgt das Verhältnis der durchschnittlichen Jahresniederschlagssummen von rund 1500 mm im Westen und rund 600 mm im Osten in etwa 3. Ein ähnliches Verhältnis zeigen auch die mittleren Konzentrationen in den zwei Untersuchungsgebieten (siehe *Abbildung 142*).

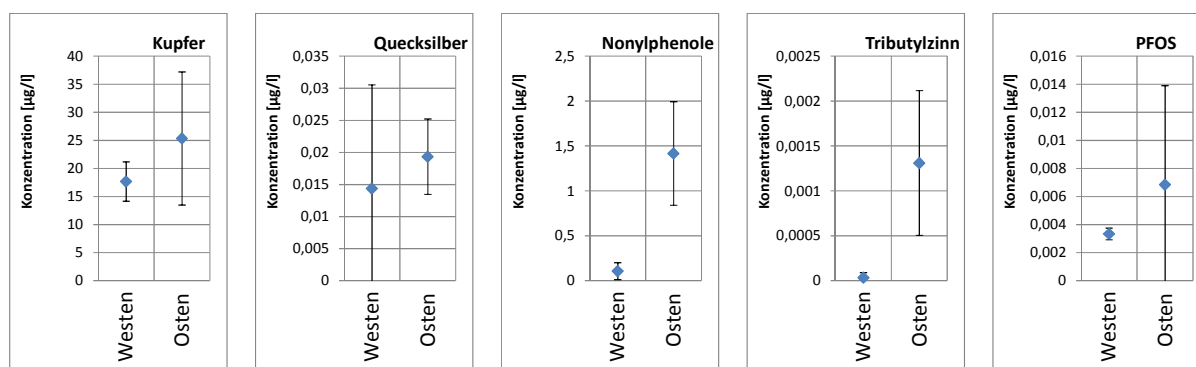


Abbildung 142: Gegenüberstellung der mittleren Konzentrationen für ausgewählte Spurenstoffe in den Untersuchungsgebieten Westen und Osten.

Eine weitere Begründung kann jedoch auch eine Verdünnung sein. Das beprobte Trennsystem endet in einer Pumpstation und die Pumpen werden über den Wasserstand in einem Schacht gesteuert. Auch bei Trockenwetter schalten sich die Pumpen für das Niederschlagswasser täglich ein und es erfolgt eine Einleitung in den Birkengraben. Es scheint daher auch „Fremdwasser“ über die Niederschlagswasserkanalisation bei Trockenwetter abgeleitet zu werden. Falls dies der Fall ist, ist auch davon auszugehen, dass bei Regenwetter ein verstärkter Fremdwasserzutritt aus Drainagen erfolgt und die aus den Pumpenkennlinien bestimmten Abflüsse auch stark von diesem beeinflusst sind.

Aus den gemessenen Konzentrationen und den aufgezeichneten Niederschlagssummen während der beprobten Ereignisse wird unter Bezug auf den theoretischen Jahresabfluss eine flächenspezifische Fracht [g/(ha·a)] für die auswertbaren Spurenstoffe berechnet. Der theoretische Jahresabfluss wird aus der mittleren Jahresniederschlagssumme (mm), der abflusswirksamen Fläche und unter Annahme eines Abflussbeiwertes von 1 berechnet. Eine Plausibilisierung erfolgt dadurch, dass auch für die beprobten Niederschlagswasserereignisse ein Vergleich der aufgezeichneten eingeleiteten Niederschlagswassermengen mit den berechneten Niederschlagswassermengen erfolgt (siehe *Tabelle 65*). Diese Berechnung ist nur für das Untersuchungsgebiet Osten möglich. Beim Siedlungsgebiet im Westen ist die Berechnung nicht möglich. Eine Zuordnung von Abflussmengen ist dort nicht möglich.

Tabelle 65: Gegenüberstellung der aufgezeichneten und der berechneten Abflüsse während der drei beprobten Ereignisse im Siedlungsgebiet Osten

Parameter	Niederschlagssumme Einzelereignis [mm]	Abfluss [m ³]	
		berechnet	aufgezeichnet
Ereignis 1	2,8	728	542
Ereignis 2	20,8	5408	5305
Ereignis 3	3,7	962	1033
Jahresmittel	640	166.400	-

Bei zwei der drei beprobten Ereignisse zeigen die berechneten und die aufgezeichneten Abwassermengen eine sehr gute Übereinstimmung. Auch beim ersten Ereignis ist die Übereinstimmung akzeptabel. Die gemessenen Frachten in der Niederschlagswassereinleitung werden über die aufgezeichneten Abflussmengen und den theoretischen Jahresabwasseranfall sowie der abflusswirksamen Fläche von rund 26 ha in flächen-spezifische Frachten umgerechnet. Die Ergebnisse sind in *Abbildung 143* dargestellt und in *Tabelle 66* zusammengefasst.

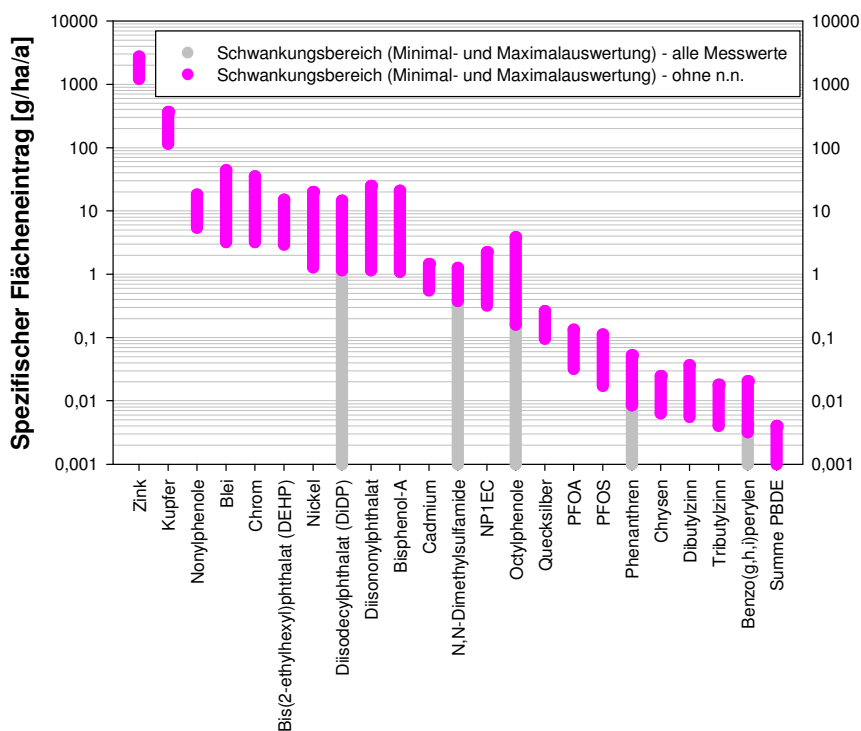


Abbildung 143: Spezifische Frachten [g/ha/a] der untersuchten Spurenstoffe, die aus der Fläche in die Niederschlagswasserkanalisation eingebracht werden

Tabelle 66: Spezifische Frachten [g/ha/a] der untersuchten Spurenstoffe, die aus der Fläche in die Niederschlagswasserkanalisation eingebracht werden

Parameter	Spezifischer Frachteintrag in die Niederschlagswasserkanalisation [g/ha/a]			
	Minimum	Maximum	MW-Minimalauswertung	MW-Maximalauswertung
Zink	1.200	1.500	1.300	1.300
Kupfer	120	250	160	160
Nonylphenole	5,4	13	9,1	9,1
Blei	3,2	41	16	35
Chrom	3,2	32	3,2	32
Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHF	2,9	12	7,6	7,6
Nickel	1,3	19	13	16

Parameter	Spezifischer Frachteintrag in die Niederschlagswasserkanalisation [g/ha/a]			
	Minimum	Maximum	MW-Minimalauswertung	MW-Maximalauswertung
Diisononylphthalat	1, 2	24	9,4	9,7
Bisphenol-A	1,1	20	9,3	9,3
Cadmium	0,56	0,90	0,76	0,76
NP1EC	0,32	1,9	1,0	1,1
Quecksilber	0,096	0,17	0,12	0,12
PFOA	0,032	0,10	0,057	0,057
PFOS	0,017	0,096	0,044	0,044
Chrysen	0,0063	0,019	0,013	0,015
Dibutylzinn	0,0056	0,031	0,017	0,017
Tributylzinn	0,0040	0,014	0,0084	0,0084
Summe PBDE	0,0000086	0,0040	0,00077	0,0026
Diisodecylphthalat (DiDP)	-	13	7,5	7,9
Octylphenole	-	3,7	1,6	1,6
N,N-Dimethylsulfamide	-	0,90	0,42	0,42
Phenanthren	-	0,044	0,018	0,023
Benzo(g,h,i)perylen	-	0,017	0,0081	0,0092

Fuchs et al. (2010) berichten Schmutzstoffpotenziale für Schwermetalle auf versiegelten Flächen, die ähnlich den angeführten spezifischen Frachten sind. Die Werte von Fuchs et al. (2010) sind zwar bei allen Metallen geringfügig höher, stammen jedoch aus dem Jahr 2005 und der ebenfalls angegebene Trend ist bei allen Metallen seither sinkend. Die Schmutzstoffpotenziale liegen bei 1,6 g/ha/a für Cadmium, bei 11 g/ha/a für Chrom, bei 204 g/ha/a für Kupfer, bei 0,6 g/ha/a für Quecksilber, bei 22 g/ha/a für Nickel, bei 88 g/ha/a für Blei und bei 1630 g/ha/a für Zink (Fuchs et al., 2010).

Vergleich der gemessenen Konzentrationen in den Niederschlagswasserkanalproben mit den Niederschlagssummen des jeweiligen Niederschlagsereignisses und mit den jeweils vorhergehenden Trockenperioden

Die gemessenen Konzentrationen werden den Niederschlagssummen der beprobten Abflussereignisse gegenübergestellt. Die Ergebnisse der Gegenüberstellung zeigt Abbildung 144. Es ist kein Zusammenhang zwischen den gemessenen Konzentrationen in den Proben aus den Niederschlagswasserkanälen und den jeweiligen Niederschlagssummen festzustellen. Ebenso wenig ist ein Zusammenhang mit den Gesamtabflussmengen der jeweiligen Ereignisse festzustellen. Da ein Zusammenhang zwischen Niederschlag und Abfluss, jedoch kein Zusammenhang zwischen Niederschlag und gemessener Konzentration zu beobachten ist, ist die fehlende Korrelation mit dem Abfluss auch plausibel. Es besteht auch kein Zusammenhang zwischen gemessenen Konzentrationen in den Niederschlagswasserkanalproben und den Trockenwetterperioden, die den jeweiligen Niederschlagsereignissen vorangegangen sind (siehe Abbildung 145).

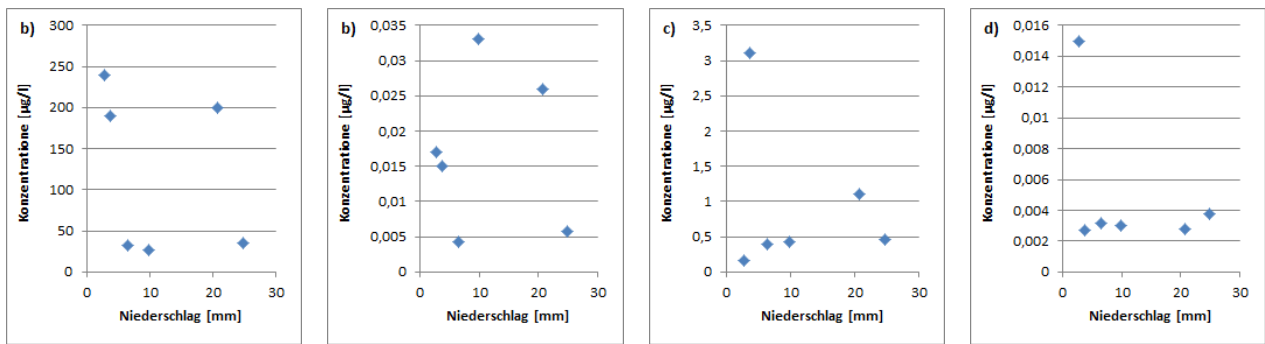


Abbildung 144: Vergleich der gemessenen Konzentrationen für a) Zink, b) Quecksilber, c) Bisphenol-A und d) PFOS in den Niederschlagswasserkanalproben mit den Niederschlagssummen der entsprechenden Ereignisse

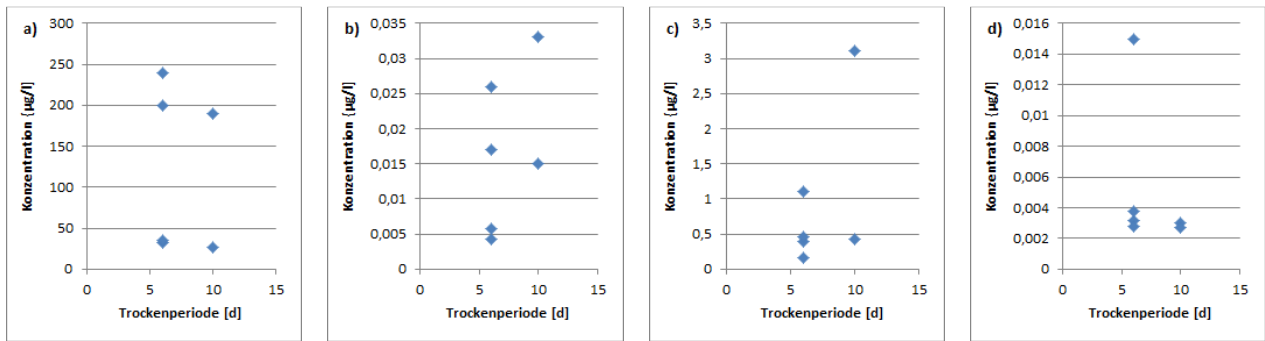


Abbildung 145: Vergleich der gemessenen Konzentrationen für a) Zink, b) Quecksilber, c) Bisphenol-A und d) PFOS in den Niederschlagswasserkanalproben mit den vorhergehenden Trockenwetterperioden

8.7.3 Mischwasser

In drei Untersuchungsgebieten (Hofsteig, Linz und Graz) wurden Mischwasserentlastungen beprobt:

- Untersuchungsgebiet Graz (SÜD / Steiermark): In Graz wurde eine Mischwasserentlastung beprobt, wo insgesamt drei Proben vollständig gezogen wurden. Diese drei Mischwasserproben werden ebenfalls als unbehandelte (rohe) Mischwasserproben bezeichnet und mit den Proben aus dem Becken 1 in der Lerchenau im Untersuchungsgebiet Hofsteig verglichen. Zudem wurde in Graz ein größeres Probenvolumen gezogen und die Proben sowohl filtriert als auch unfiltriert analysiert, um Rückschlüsse über das Verteilungsverhalten der untersuchten Spurenstoffe zu gewinnen.
- Untersuchungsgebiet Hofsteig (WEST / Vorarlberg): In diesem Untersuchungsgebiet wurde das Mischwasserüberlaufbecken Lerchenau beprobt. Es wurden drei Proben aus der Mischwasserentlastung in das Oberflächengewässer gezogen. Diese drei Proben werden als behandelte Mischwasserproben bezeichnet. Zudem wurden zwei Proben aus dem ersten der drei Becken genommen. Der Vergleich der zwei Proben soll es ermöglichen, Aussagen über die Rückhaltewirkung in Bezug auf die untersuchten Spurenstoffe zu treffen, wobei angenommen wird, dass die Konzentration in Becken 1 der Zulaufmischwasserkonzentration entspricht. Diese zwei Proben werden daher als unbehandelte (rohe) Mischwasserproben bezeichnet.
- Untersuchungsgebiet Linz (NORD / Oberösterreich): Die Vorklärung der Regionalkläranlage Linz-Asten ist auf die vierfache Trockenwetterabwassermenge ausgelegt und der Abschlag in das Gewässer erfolgt nach der Vorklärung. In Linz war geplant, sowohl den Zulauf zur Kläranlage als auch die damit korrespondierende Mischwasserentlastung nach der Vorklärung zu beproben. Der Vergleich der zwei Proben sollte eine Aussage über die Rückhaltewirkung der Vorklärung in Bezug auf die untersuchten Spurenstoffe ermöglichen. Es wurden zwei Zulaufproben (rohe Mischwasserproben) und vier Proben aus der Mischwasserentlastung gezogen (behandeltes Mischwasser). Zu die-

sen vier Mischwasserproben aus der Entlastung ist jedoch anzumerken, dass es aufgrund der gewonnenen Probenvolumina nicht in allen Proben möglich war, alle Stoffe zu analysieren.

Für die unbehandelten Mischwasserproben liegen auch Daten zu den Referenzparametern vor. Diese Werte sind in *Tabelle 67* zusammengefasst.

Tabelle 67: Zusammenfassung der Referenzparameter für die untersuchten unbehandelten Mischwasserproben

Parameter	Einheit	Mischwasser						
		WEST 1	WEST 2	NORD 1	NORD 2	SÜD 1	SÜD 2	SÜD 3
Abf. Stoffe	[mg/l]	190	120	200	99	72	160	100
pH		7,3	7,3	7,8	7,7	7,5	7,2	1,6
Lf	[µS/cm]	220	210	1050	490	240	350	280
TOC	[mg/l]	34	34	87	35	23	23	39
CSB	[mg/l]	150	140	290	97	98	120	140
CSB-filt	[mg/l]	25	30	46	32	48	28	29
Summe KW	[mg/l]	-	-	<0,80	<0,80	-	-	-
KW-Index	[mg/l]	0,50	0,40	-	-	0,031	0,072	0,98
N _{geb}	[mg/l]	9,1	8,7	29	14	4,3	3,2	6,7
NH ₄ -N	[mg/l]	3,8	3,4	15	5,9	2,0	1,2	3,5
NO ₃ -N	[mg/l]	0,43	<0,23	0,30	0,30	0,99	1,3	1,1
SO ₄	[mg/l]	6,3	7,6	-	-	-	-	-
Cl	[mg/l]	16	12	-	-	-	-	-
P _{ges}	[mg/l]	1,8	1,7	3,9	1,5	1,1	1,2	1,6
PO ₄ -P	[mg/l]	0,32	0,55	1,7	0,70	0,52	0,090	0,70

Die Untersuchungsergebnisse der Spurenstoffanalysen für die unbehandelten Mischwasserproben sind in *Tabelle 68* zusammengefasst. Es sind nur Stoffe ausgewiesen, die in zumindest einer der untersuchten Proben nachweisbar waren.

Tabelle 68: Zusammenfassung der Analyseergebnisse in den unbehandelten Mischwasserproben

Parameter	Anzahl				Mittelwert [µg/l]	Minimum [µg/l]	Maximum [µg/l]
	Gesamt	n.n.	<BG	>BG			
Blei	7	-	6	1	2,1-6,0	<5,0	12
Cadmium	7	-	-	7	0,074	0,055	0,12
Chrom	7	-	7	-	0,5-5	<5,0	<5,0
Kupfer	7	-	-	7	23	12	30
Nickel	7	-	3	4	2,2-3,0	<2,0	5,4
Zink	7	-	-	7	140	36	340
Quecksilber	6	-	-	6	0,037	0,014	0,083
Nonylphenole	7	-	-	7	1,0	0,2	3,6
Nonylphenolmonoethoxylat	7	1	1	5	0,43-0,44	n.n.	0,93
Nonylphenoldiethoxylat	7	3	1	3	0,18-0,21	n.n.	0,56
Nonylphenolmonocarboxylat	7	1	-	6	0,22	n.n.	0,66
Octylphenole	6	2	-	5	0,12-0,13	n.n.	0,29
Bisphenol-A	7	-	-	7	0,38	0,17	0,84
Tributylzinn	7	-	-	7	0,00071	0,00026	0,0018
Dibutylzinn	7	-	-	7	0,0041	0,00046	0,0065
Tetrabutylzinn	7	5	2	-	0,000029-0,00013	n.n.	<0,0002

Parameter	Anzahl				Mittelwert	Minimum	Maximum
	Gesamt	n.n.	<BG	>BG	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]
Diphenylzinn	7	2	2	3	0,00020-0,00025	n.n.	0,00063
Triphenylzinn	7	4	-	3	0,00027-0,00032	n.n.	0,0013
Perfluoroktansulfonsäure	7	-	-	7	0,0062	0,0025	0,016
Perfluoroktansäure	7	-	-	7	0,0095	0,0038	0,014
Östron	7	5	-	2	0,0025-0,0026	n.n.	0,016
17b-Östradiol	7	4	1	3	0,0013-0,0014	n.n.	0,0053
Östriol	6	5	-	2	0,0063-0,0065	n.n.	0,038
Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	7	-	2	5	0,60-0,65	<0,35	0,98
Dicyklohexylphthalat (DCHP)	7	5	1	1	0,012-0,036	n.n.	0,053
Diethylphthalat (DEP)	7	2	-	5	0,15	n.n.	0,37
Diisobutylphthalat (DiBP)	7	5	-	2	0,059-0,080	n.n.	0,22
Diisodecylphthalat (DiDP)	7	6	-	1	0,59-0,74	n.n.	4,1
Diisoheptylphthalat	7	6	-	1	0,051-0,21	n.n.	0,36
Diisononylphthalat	7	-	1	6	1,1	<0,35	2,2
Di-n-butylphthalat (DBP)	7	5	-	2	0,016-0,037	n.n.	0,057
BDE 28	7	5	1	1	0,000013-0,000018	n.n.	0,000094
BDE 47	7	-	-	7	0,0014	0,00023	0,0046
BDE 49	7	2	3	5	0,000016-0,000024	n.n.	0,000071
BDE 66	7	5	1	1	0,0000036-0,0000088	n.n.	0,000024
BDE 85	7	5	-	2	0,000018-0,000027	n.n.	0,00011
BDE 99	7	-	1	6	0,0012-0,0013	<0,00014	0,0048
BDE 100	7	-	-	7	0,00023	0,000032	0,00082
BDE 153	7	2	4	1	0,000064-0,00012	n.n.	0,00043
BDE 154	7	4	2	1	0,000049-0,000064	n.n.	0,00033
BDE 183	7	6	1	-	0,00000026-0,00023	n.n.	<0,0016
BDE 196	7	5	2	-	0,00000090-0,00038	n.n.	<0,0013
BDE 197	7	6	1	-	0,00000049-0,00022	n.n.	<0,0015
BDE 203	7	5	2	-	0,0000011-0,00046	n.n.	<0,0016
BDE 207	6	4	2	-	0,0000046-0,0047	n.n.	<0,014
BDE 209	6	3	3	-	0,000067-0,090	n.n.	<0,18
Acenaphthen	7	4	1	2	0,0058-0,0093	n.n.	0,021
Anthracen	7	5	2	-	0,0047-0,021	n.n.	<0,033
Benzo(a)anthracen	7	1	-	6	0,0056-0,0057	n.n.	0,019
Benzo(b)fluoranthen	7	5	1	1	0,0017-0,0045	n.n.	0,0085
Benzo(g,h,i)perylene	7	1	-	6	0,0025-0,0026	n.n.	0,0047
Benzo(k)fluoranthen	7	4	3	-	0,0014-0,0047	n.n.	<0,0066
Chrysen	7	-	-	7	0,010	0,0025	0,044
Fluoranthen	7	4	3	-	0,0071-0,024	n.n.	<0,033
Fluoren	7	4	1	2	0,0046-0,0086	n.n.	0,014
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	7	2	-	5	0,0017-0,0019	n.n.	0,0039
Phenanthren	7	-	-	7	0,018	0,006	0,032
Pyren	7	-	1	6	0,015	<0,0066	0,043
Diuron	4	-	-	7	0,15	0,11	0,21
Chloridazon-desphenyl	4	2	-	2	0,080-0,0925	n.n.	0,22
Chloridazon-methyl-desphenyl	4	2	2	-	0,013-0,038	n.n.	<0,05

Parameter	Anzahl				Mittelwert [µg/l]	Minimum [µg/l]	Maximum [µg/l]
	Gesamt	n.n.	<BG	>BG			
Clothianidin	4	3	1	-	0,0063-0,031	n.n.	<0,05
Carbendazim	4	1	-	3	0,050-0,056	n.n.	0,077
Ethofumesate	4	2	1	1	0,046-0,065	n.n.	0,16
Metolachlor	4	2	-	2	0,055-0,068	n.n.	0,12
N,N-Dimethylsulfamide	4	2	-	2	0,039-0,052	n.n.	0,1
Terbutylazine	4	2	-	2	0,075-0,088	n.n.	0,16
Terbutylazine-desethyl	4	1	3	-	0,019-0,044	n.n.	<0,05
Terbutylazine-2-hydroxy-desethyl	4	2	2	-	0,013-0,038	n.n.	<0,05
Terbutylazine-2-hydroxy	4	2	-	2	0,034-0,046	n.n.	0,083
Thiamethoxam	4	2	-	2	0,033-0,046	n.n.	0,076

Im Vergleich zu den Literaturangaben (siehe *Tabelle 28*) liegen die gemessenen Konzentrationen für die meisten Spurenstoffe im unteren Bereich. Während bei einigen Metallen, aber auch bei Industriechemikalien ähnliche Konzentrationen berichtet werden, sind die gemessenen Konzentrationen für Blei oder Tributylzinnverbindungen deutlich niedriger als die Literaturwerte. Stauer und Ort (2012) geben für Carbendazim und Diuron ähnliche Konzentrationen im Mischwasserüberlauf an, wohingegen die in der Literatur angegebenen Metallkonzentrationen teilweise um den Faktor 10 über den gemessenen Konzentrationen liegen.

Die meisten der untersuchten Stoffe waren zumindest in einer Probe nachweisbar. Nur wenige der untersuchten Stoffe waren in keiner der untersuchten Mischwasserproben nachweisbar. Zu diesen nicht nachweisbaren Stoffen zählen 17 α -Ethinylöstradiol, Vertreter der Phthalate und der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe, mehrere Kongenere der polybromierten Diphenylether sowie die Pflanzenschutzmittelwirkstoffe Chloridazon, Isoproturon, Metazachlor und Propazin.

Demgegenüber wurden die Metalle (Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Zink und Quecksilber), die Industriechemikalien (Nonylphenole und Bisphenol-A), Organozinnverbindungen (Tributylzinn- und Dibutylzinnverbindungen), perfluorierte Tenside (PFOS und PFOA), Phthalate (DEHP und DinP), die Kongenere BDE 47, BDE 99 und BDE 100 der polybromierten Diphenylether, die polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe Chrysen, Phenantren und Pyren, sowie der Pflanzenschutzmittelwirkstoff Diuron in allen Proben nachgewiesen. In über 80 % der untersuchten Proben waren zudem Nonylphenolmonoethoxylat und Nonylphenolmonocarboxylat, Benzo(a)anthracen und Benzo(g,h,i)perylen, sowie Carbendazim und Terbutylazine-desethyl nachweisbar.

Für einige ausgewählte Stoffe sind die gemessenen Konzentrationen in den unbehandelten Mischwasserproben in Abbildung 146 dargestellt. Die Konzentrationen sind in den beprobten Siedlungsgebieten zum Teil sehr unterschiedlich, ein einheitliches Muster ist aber nicht erkennbar. So sind bei einigen Stoffen die gemessenen Konzentrationen in den Mischwasserproben aus Graz deutlich über jenen in den Proben aus Hofsteig, bei anderen Stoffen ist dies umgekehrt. Generell ist aber festzuhalten, dass die gemessenen Konzentrationen der analysierten Stoffe in einem begrenzten Bereich schwanken und dieser Schwankungsbereich zumeist kleiner als eine Zehnerpotenz beträgt. Ähnliches zeigen auch die Referenzparameter. So sind die Ergebnisse der Referenzanalytik in den einzelnen Proben ähnlich und auch der Schwankungsbereich ist ähnlich. Im Gegensatz zu den Niederschlagswasserproben aus Trennkanalesationen sind bei den unbehandelten Mischwasserproben keine stark ausgeprägten regionalen Unterschiede festzustellen. Werden nur Stoffe bewertet, die in allen Proben nachweisbar sind, so beträgt das Verhältnis zwischen Maximal- zu Minimalkonzentration zumeist weniger als zehn. Die gemessenen Konzentrationen schwanken bei den meisten Stoffen innerhalb einer Größenordnung.

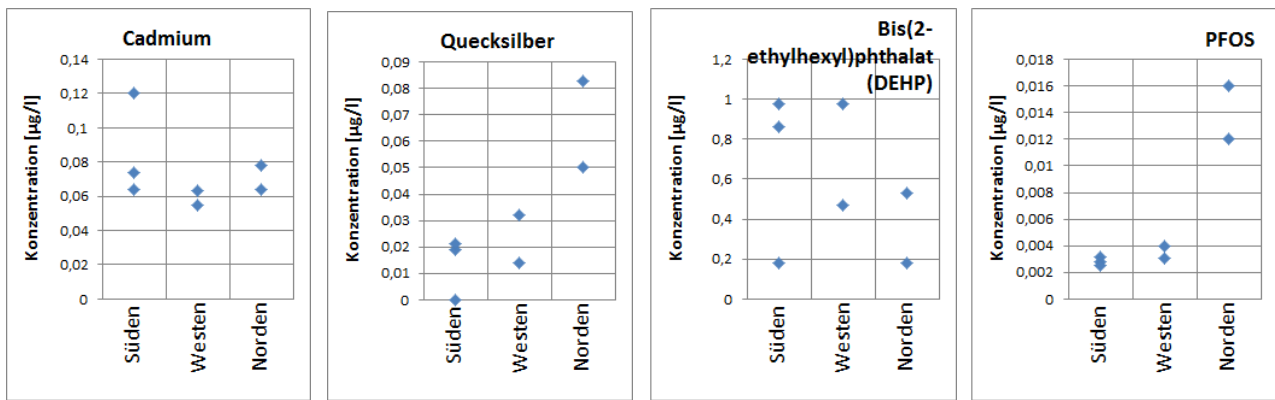


Abbildung 146: Gemessene Konzentrationen für a) Cadmium, b) Quecksilber, c) DEHP und d) PFOS in den unbehandelten Mischwasserproben (Süden = Graz, Westen = Hofsteig, Norden = Linz).

Für die behandelten Mischwasserproben liegen ebenfalls Daten zu den Referenzparametern vor. Diese Werte sind in *Tabelle 69* zusammengefasst. Auffällig ist die erste Probe aus Linz (NORD 1). Diese Probe weicht sehr stark von den anderen Proben ab und weist eine hohe Belastung auf. Ähnliches zeigen die Ergebnisse der Spurenstoffuntersuchungen. Auch bei den Spurenstoffen wurden die höchsten Konzentrationen zumeist in dieser Probe gemessen.

Tabelle 69: Zusammenfassung der Referenzparameter für die untersuchten behandelten Mischwasserproben

Parameter	Einheit	Mischwasser							
		WEST 1	WEST 2	WEST 3	NORD 1	NORD 2	NORD 3	NORD 4	
Abf. Stoffe	[mg/l]	43	68	26	510	150	120	95	
pH		7,3	7,3	7,5	7,9	7,5	7,9	7,6	
Lf	[µS/cm]	150	160	140	1620	630	620	470	
TOC	[mg/l]	5,8	16	13	150	61	59	29	
CSB	[mg/l]	42	90	29	500	210	180	110	
CSB-filt	[mg/l]	<15	27	<15	110	60	53	25	
Summe KW	[mg/l]	-	-	-	1,6	0,55	<0,80	<0,80	
KW-Index	[mg/l]	0,20	0,20	0,20	-	-	-	-	
N _{geb}	[mg/l]	3,3	5,5	4,8	47	17	23	14	
NH ₄ -N	[mg/l]	1,3	1,8	1,8	22	8,3	11	6,3	
NO ₃ -N	[mg/l]	0,43	<0,23	0,50	0,21	<0,60	0,30	0,30	
SO ₄	[mg/l]	5,0	6,5	6,9	-	-	-	-	
Cl	[mg/l]	8,3	8,1	5,9	-	-	-	-	
P _{ges}	[mg/l]	0,64	0,95	0,66	6,9	2,6	3,5	1,9	
PO ₄ -P	[mg/l]	0,15	0,26	0,24	3,1	1,3	1,8	0,90	

Die Untersuchungsergebnisse für das behandelte Mischwasser (Mischwasserüberlaufbecken in Vorarlberg und mechanische Vorbehandlung in Linz) sind in *Tabelle 70* zusammengefasst. Es sind nur Stoffe ausgewiesen, die in zumindest einer der untersuchten Proben nachweisbar waren.

Tabelle 70: Zusammenfassung der Analyseergebnisse in den behandelten Mischwasserproben

Parameter	Anzahl				Mittelwert [µg/l]	Minimum [µg/l]	Maximum [µg/l]
	Gesamt	n.n.	<BG	>BG			
Blei	7	-	5	2	5,5-8,7	<5,0	23
Cadmium	7	-	2	5	0,094-0,11	<0,05	0,29
Chrom	7	-	5	2	7,6-11	<5,0	40
Kupfer	7	-	-	7	32	14	75

Parameter	Anzahl				Mittelwert	Minimum	Maximum
	Gesamt	n.n.	<BG	>BG	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]
Nickel	7	-	2	5	6,1-6,6	<2,0	20
Zink	7	-	-	7	110	42	300
Quecksilber	7	-	-	7	0,15	0,0053	0,67
Nonylphenole	7	-	-	7	0,46	0,16	1
Nonylphenolmonoethoxylat	7	1	1	5	0,34-0,36	n.n.	1,2
Nonylphenoldiethoxylat	7	5	2	-	0,014-0,064	n.n.	<0,1
Nonylphenolmonocarboxylat	7	-	-	7	0,23	0,14	0,34
Octylphenole	7	3	1	3	0,053-0,067	n.n.	0,17
Bisphenol-A	7	-	-	7	0,30	0,12	0,78
Tributylzinn	7	-	1	6	0,033	<0,0002	0,23
Dibutylzinn	7	-	-	7	0,0044	0,0011	0,0067
Tetrabutylzinn	7	5	1	1	0,00011-0,00020	n.n.	0,00068
Diphenylzinn	7	5	-	2	0,0022	n.n.	0,015
Triphenylzinn	7	4	2	1	0,0000063-0,00015	n.n.	0,00024
Perfluoroktansulfonsäure	6	-	-	6	0,011	0,0024	0,036
Perfluoroktansäure	6	-	-	6	0,0073	0,0025	0,012
17a-Ethinylöstradiol	7	6	1	-	0,000029-0,00023	n.n.	<0,0004
Östron	7	3	1	3	0,0030-0,0031	n.n.	0,018
17b-Östradiol	7	6	-	1	0,00059-0,00076	n.n.	0,0041
Östriol	6	4	-	2	0,0041-0,0043	n.n.	0,019
Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	7	-	1	6	1,7	<0,35	5,1
Bis(2-methoxyethyl)phthalat	7	6	1	-	0,0071-0,057	n.n.	<0,1
Dicyklohexylphthalat (DCHP)	7	5	-	2	0,016-0,038	n.n.	0,063
Diethylphthalat (DEP)	7	5	-	2	0,059-0,080	n.n.	0,25
Diisobutylphthalat (DiBP)	7	5	-	2	0,11-0,13	n.n.	0,5
Diisodecylphthalat (DiDP)	7	6	-	1	0,11-0,27	n.n.	0,79
Diisononylphthalat	7	2	-	5	0,92-0,98	n.n.	3
Di-n-butylphthalat (DBP)	7	4	2	1	0,031-0,054	n.n.	0,16
Di-n-octylphthalat (DOP)	7	6	1	-	0,0043-0,033	n.n.	<0,05
BDE 28	7	4	2	1	0,0000071-0,000018	n.n.	0,000049
BDE 47	7	-	-	7	0,0011	0,00024	0,0039
BDE 49	7	3	-	4	0,000023-0,000024	n.n.	0,000088
BDE 66	7	3	3	1	0,0000050-0,000016	n.n.	0,00003
BDE 85	7	4	-	3	0,000025-0,000035	n.n.	0,00011
BDE 99	7	-	2	5	0,00071-0,00076	<0,00014	0,0022
BDE 100	7	1	-	6	0,00014	n.n.	0,00044
BDE 118	7	6	-	1	0,0000056-0,000010	n.n.	0,000039
BDE 153	7	4	1	2	0,000047-0,000066	n.n.	0,00021
BDE 154	7	4	1	2	0,000028-0,000038	n.n.	0,00012
BDE 181	7	6	-	1	0,0000064-0,000012	n.n.	0,000045
BDE 196	7	5	2	-	0,00019-0,00037	n.n.	<0,0013
BDE 197	7	6	1	-	0,00000036-0,00022	n.n.	<0,0015
BDE 203	7	5	1	1	0,00031-0,00055	n.n.	0,0022
BDE 207	7	5	2	-	0,0000093-0,0051	n.n.	<0,022
BDE 209	7	4	2	1	0,044-0,096	n.n.	0,31

Parameter	Anzahl				Mittelwert [µg/l]	Minimum [µg/l]	Maximum [µg/l]
	Gesamt	n.n.	<BG	>BG			
Acenaphthen	5	3	1	1	0,0031-0,0070	n.n.	0,010
Benzo(a)anthracen	5	1	-	4	0,0022-0,0024	n.n.	0,0039
Benzo(b)fluoranthren	5	4	1	-	0,00066-0,0040	n.n.	<0,0066
Benzo(g,h,i)perylene	5	1	-	4	0,0016-0,0017	n.n.	0,0035
Chrysen	5	-	2	3	0,0027-0,0031	<0,0020	0,0058
Fluoranthren	5	4	1	-	0,0033-0,020	n.n.	<0,033
Fluoren	5	3	2	-	0,0022-0,0079	n.n.	<0,011
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	5	1	-	4	0,0014-0,0015	n.n.	0,0026
Phenanthren	5	-	1	4	0,015	<0,0026	0,030
Pyren	5	1	1	3	0,012-0,014	n.n.	0,03
Diuron	6	-	1	5	0,11-0,12	<0,050	0,22
Chloridazon-desphenyl	6	2	-	4	0,10-0,11	n.n.	0,21
Chloridazon-methyl-desphenyl	6	2	4	-	0,017-0,042	n.n.	<0,05
Clothianidin	6	5	1	-	0,0042-0,029	n.n.	<0,05
Carbendazim	6	2	-	4	0,068-0,076	n.n.	0,18
Ethofumesate	6	4	1	1	0,014-0,035	n.n.	0,058
Metolachlor	6	4	-	2	0,033-0,050	n.n.	0,1
N,N-Dimethylsulfamide	6	-	1	5	0,096-0,10	<0,050	0,18
Terbutylazine	6	4	-	2	0,043-0,060	n.n.	0,13
Terbutylazine-desethyl	6	4	1	1	0,013-0,034	n.n.	0,053
Terbutylazine-2-hydroxy-desethyl	6	5	1	-	0,0042-0,029	n.n.	<0,05
Terbutylazine-2-hydroxy	6	5	1	-	0,0042-0,029	n.n.	<0,05
Thiamethoxam	6	3	1	2	0,039-0,056	n.n.	0,15

Die meisten der untersuchten Stoffe waren zumindest in einer Probe nachweisbar. Nur wenige der untersuchten Stoffe waren in keiner der untersuchten Mischwasserproben nachweisbar. Zu diesen nicht nachweisbaren Stoffen zählen Vertreter der Phthalate und der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe, mehrere Kongenere der polybromierten Diphenylether sowie die Pflanzenschutzmittelwirkstoffe Chloridazon, Isoproturon, Metazachlor und Propazin.

Demgegenüber waren die Metalle (Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Zink und Quecksilber), die Industriechemikalien (Nonylphenole, Nonylphenolmonocarboxylate und Bisphenol-A), Organozinnverbindungen (Tributylzinn- und Dibutylzinnverbindungen), perfluorierte Tenside (PFOS und PFOA), Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP), die Kongenere BDE 47 und BDE 99 der polybromierten Diphenylether, die polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe Chrysen und Phenanthren, sowie der Pflanzenschutzmittelwirkstoff Diuron und der Metabolit N,N-Dimethylsulfamid in allen Proben nachweisbar. In über 80 % der untersuchten Proben waren zudem Nonylphenolmonoethoxylat, BDE 100, Benzo(a)anthracen, Benzo(g,h,i)perylene, Indeno(1,2,3-cd)pyren sowie Pyren nachweisbar.

Vergleich der gemessenen Konzentrationen in den unbehandelten Mischwasserproben mit den Niederschlagssummen des jeweiligen Niederschlagsereignisses und mit den jeweils vorhergehenden Trockenwetterperioden

Die gemessenen Konzentrationen werden den Niederschlagssummen der beprobten Mischwasserentlastungsereignisse gegenübergestellt. Die Ergebnisse der Gegenüberstellung zeigt Abbildung 147. Es besteht kein Zusammenhang zwischen den gemessenen Konzentrationen in den unbehandelten Mischwasserpro-

ben und den Niederschlagssummen oder der Länge der den Probenahmen vorhergehenden Trockenwetterperioden (siehe Abbildung 148).

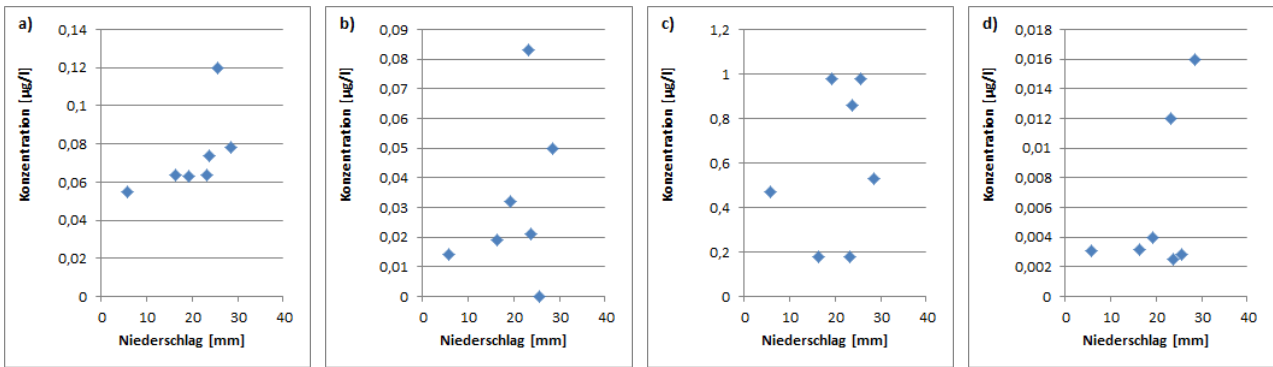


Abbildung 147: Vergleich der gemessenen Konzentrationen für a) Cadmium, b) Quecksilber, c) DEHP und d) PFOS in den unbehandelten Mischwasserproben mit den Niederschlagssummen der entsprechenden Ereignisse

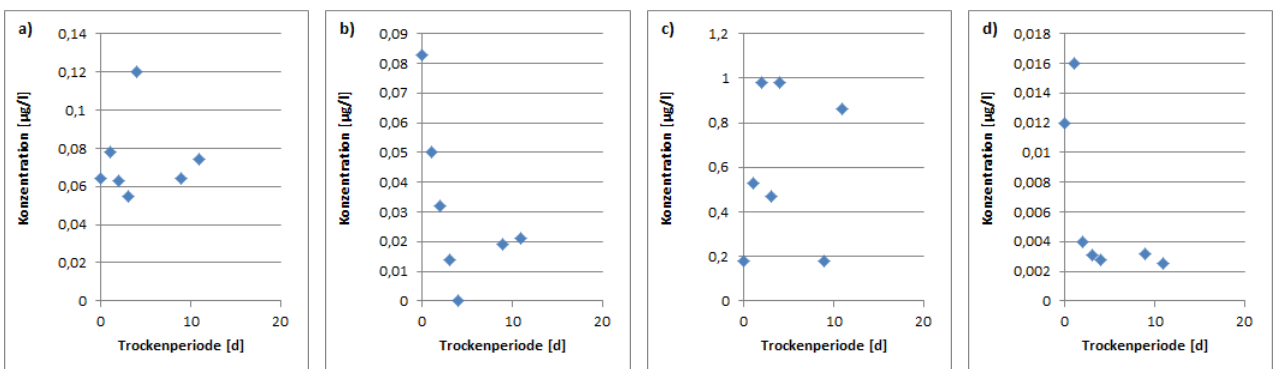


Abbildung 148: Vergleich der gemessenen Konzentrationen [µg/l] für a) Cadmium, b) Quecksilber, c) DEHP und d) PFOS in den unbehandelten Mischwasserproben mit den vorhergehenden Trockenwetterperioden

Verteilungsverhalten – Vergleich der unfiltrierten und der filtrierten Mischwasserproben

Im Einzugsgebiet Graz wurden die gezogenen Mischwasserproben sowohl unfiltriert als auch filtriert analysiert. Aus den gemessenen Konzentrationen können Verteilungskoeffizienten (flüssig-fest Verteilungskoeffizient K_D) berechnet werden. Für diese Berechnung wird angenommen, dass die filtrierte Probe die gelöste Konzentration wiedergibt. Dies ist zwar nicht ganz korrekt, weil die filtrierte Probe auch Kolloide enthält, aber für eine Näherung ist die Vorgehensweise annehmbar. Die Berechnung des Verteilungskoeffizienten K_D [l/kg] erfolgte nach der Formel:

$$K_D \left[\frac{l}{kg} \right] = \frac{c_{\text{adsorbiert}} \left[\frac{\mu g}{g} \right]}{c_{\text{gelöst}} \left[\frac{\mu g}{l} \right]} \times 1000 = \frac{(c_{\text{unfiltriert}} - c_{\text{filtriert}})}{c_{\text{filtriert}}} \times 1000$$

K_D ...flüssig/fest Verteilungskoeffizient [l/kg]

$c_{\text{adsorbiert}}$...an Feststoffe gebundene Masse [µg/g]

$c_{\text{filtriert}}$...gelöste Konzentration [µg/l]

AFS...Abfiltrierbare Stoffe [g/l]

In Tabelle 71 sind die gemessenen Konzentrationen in den unfiltrierten und den filtrierten Proben gegenübergestellt. Die Tabelle enthält nur jene Stoffe, die in zumindest einer der untersuchten Proben nachweis-

bar waren. Alle Stoffe, die in keiner der sechs Proben (3 unfiltrierte und drei korrespondierende filtrierte Proben) nachweisbar waren, sind in Tabelle 71 nicht angeführt.

Tabelle 71: Gegenüberstellung der gemessenen Konzentrationen [$\mu\text{g/l}$] in den unfiltrierten und den filtrierten Proben

Parameter	Probe 1		Probe 2		Probe 3	
	unfiltriert	filtriert	unfiltriert	filtriert	unfiltriert	filtriert
Blei	<5,0	<5,0	12	n.n.	<5,0	n.n.
Cadmium	0,064	<0,05	0,12	n.n.	0,074	n.n.
Chrom	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	n.n.
Kupfer	21	11	28	16	12	8,2
Nickel	<2,0	<2,0	5,4	4,4	3,5	<2,0
Zink	110	55	340	90	210	50
Quecksilber	0,019	0,008	n.a.	0,013	0,021	0,03
Nonylphenole	0,26	0,19	0,2	0,12	0,55	0,16
Nonylphenolmonoethoxylat	<0,1	<0,1	n.n.	n.n.	0,61	0,25
Nonylphenoldiethoxylat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,56	0,15
Nonylphenolmonocarboxylat	0,18	0,19	0,16	0,28	0,12	0,12
Octylphenole	0,16	0,15	0,23	0,19	n.a.	0,059
Bisphenol-A	0,38	0,44	0,38	0,46	0,36	0,28
Tributylzinn	0,00043	n.n.	0,00026	0,00022	0,00041	<0,00020
Dibutylzinn	0,0035	0,00062	0,00046	<0,00020	0,0015	n.n.
Tetrabutylzinn	n.n.	n.n.	<0,00020	n.n.	n.n.	n.n.
Diphenylzinn	n.n.	n.n.	<0,00020	n.n.	0,00022	n.n.
Triphenylzinn	0,0013	n.n.	n.n.	n.n.	0,00021	n.n.
PFOS	0,0032	0,0024	0,0028	0,0040	0,0025	0,0024
PFOA	0,01	0,0078	0,014	0,013	0,0039	0,0037
Östron	n.n.	n.n.	0,0014	n.n.	0,016	0,011
17 β -Östradiol	n.n.	n.n.	0,0034	n.n.	0,0053	0,0059
Östriol	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,038	0,036
Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	<0,35	<0,35	0,98	<0,35	0,86	<0,35
Dicyklohexylphthalat (DCHP)	n.n.	0,084	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Diethylphthalat (DEP)	n.n.	n.n.	0,12	n.n.	n.n.	n.n.
Diisobutylphthalat (DiBP)	n.n.	1,7	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Diisoheptylphthalat	n.n.	n.n.	0,36	<0,35	n.n.	n.n.
Diisononylphthalat	1,4	0,43	0,44	n.n.	1,2	n.n.
Di-n-butylphthalat (DBP)	n.n.	0,31	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
BDE 28	<0,000029	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
BDE 47	0,0025	n.n.	0,00023	<BG	0,00038	0,00014
BDE 49	0,000041	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
BDE 66	0,000024	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
BDE 85	0,00011	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
BDE 99	0,0048	<0,00014	0,00037	<0,00014	<0,00014	<0,00014
BDE 100	0,00082	<0,000026	0,00006	<0,000026	0,000032	<0,000026
BDE 153	0,00043	n.n.	<0,00011	0,00078	<0,00011	n.n.
BDE 154	0,00033	n.n.	n.n.	0,00011	n.n.	n.n.
BDE 183	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<0,0016	n.n.
BDE 196	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<0,0013	n.n.
BDE 197	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<0,0015	n.n.

Parameter	Probe 1		Probe 2		Probe 3	
	unfiltriert	filtriert	unfiltriert	filtriert	unfiltriert	filtriert
BDE 203	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<0,0016	n.n.
BDE 207	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<0,014	n.n.
BDE 209	n.n.	n.a.	<0,18	n.n.	n.n.	n.n.
Benzo(a)anthracen	0,002	n.n.	0,0034	n.n.	0,0018	<0,0013
Benzo(b)fluoranthen	n.n.	n.n.	<0,0066	n.n.	n.n.	n.n.
Benzo(g,h,i)perylene	n.n.	n.n.	0,0047	n.n.	0,0022	0,0017
Benzo(k)fluoranthen	n.n.	n.n.	<0,0066	n.n.	n.n.	n.n.
Chrysen	0,0025	n.n.	0,0069	n.n.	0,0031	0,0033
Fluoranthen	<0,033	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<0,033
Fluoren	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<0,011
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	n.n.	n.n.	0,0039	n.n.	0,0018	0,0016
Phenanthren	0,02	0,01	0,006	0,024	0,01	0,057
Pyren	0,016	n.n.	0,0073	n.n.	0,013	0,015
Diuron	0,13	0,16	0,21	0,2		
Carbendazim	n.n.	<0,05	0,077	0,079		
Terbutylazine-desethyl	<0,05	<0,05	n.n.	n.n.		
Terbutylazine-2-hydroxy-desethyl	<0,05	<0,05	<BG	<BG		
Terbutylazine-2-hydroxy	0,083	<0,05	0,052	0,052		

Bei den Analysen konnten einige der untersuchten Stoffe in den Proben nicht nachgewiesen werden oder die Messergebnisse lagen unter der analytischen Bestimmungsgrenze. Zur Berücksichtigung dieser Ergebnisse und der damit verbundenen Unsicherheiten werden bei den Auswertungen zwei Fälle unterschieden. Bei der Minimalbewertung werden nicht nachweisbare Stoffe gleich null gesetzt und Ergebnisse kleiner der Bestimmungsgrenze mit der Nachweisgrenze berücksichtigt. Bei der Maximalbewertung werden nicht nachweisbare Stoffe mit der Nachweisgrenze und Ergebnisse kleiner Bestimmungsgrenze mit der Bestimmungsgrenze berücksichtigt. Für die Berechnung der Bandbreite der Verteilungskoeffizienten K_D [l/kg] der ausgewählten Stoffe in *Tabelle 72* werden sowohl die Ergebnisse der Minimalbewertung, als auch die Ergebnisse der Maximalbewertung berücksichtigt.

Bei den meisten Stoffen sind die beobachteten Verteilungskoeffizienten mit Literaturwerten vergleichbar. Bei den perfluorierten Tensiden (PFOS und PFOA) liegen die berechneten Werte allerdings deutlich über den Literaturwerten. Dazu ist jedoch anzumerken, dass in der Literatur hauptsächlich Daten zum Verteilungsverhalten zwischen Wasser und Sedimenten bzw. Schwebstoffen oder zur Verteilung zwischen Abwasser und Belebtschlamm zu finden sind. Es liegen nahezu keine Informationen zum Verteilungsverhalten im kommunalen Rohabwasser vor.

Tabelle 72: Verteilungskoeffizienten $K_{D,app}$ [l/kg] für ausgewählte Stoffe

Parameter	Log $K_{D,app}$ [l/kg]	Literatur
Cadmium	3,6-5,2	4,2-5,4 ¹ (Wasser-Schwebstoff)
Kupfer	3,7-4,1	3,4-5,8 ² (Wasser-Sediment)
Nickel	3,2-5,2	3,2-3,4 ³ (Rohabwasser-Feststoffe)
Zink	4,1-4,5	4,7-5,2 ⁴ (Wasser-Sediment)
Quecksilber	4,3	2,7-3,9 ⁵ (Wasser-Sediment)
Nonylphenole	3,6-4,4	2,7-3,8 ⁶ (Abwasser-Belebtschlamm)
Nonylphenolmonoethoxylat	4,1	2,9-3,4 ⁶ (Abwasser-Belebtschlamm)
Nonylphenoldiethoxylat	4,4	2,0-3,3 ⁶ (Abwasser-Belebtschlamm)

Parameter	Log K _{D,app} [l/kg]	Literatur
Octylphenole	3,0-3,1	2,7-3,2 ⁶ (Abwasser-Belebtschlamm)
Bisphenol-A	3,4	2,4 ⁷ (Abwasser-Belebtschlamm)
Tributylzinn	3,1-4,7	-
Dibutylzinn	3,9-5,1	-
PFOS	2,6-3,7	0,3-1,6 ⁸
PFOA	2,7-3,6	1,1-1,6 ⁸ (Abwasser-Belebtschlamm)
Östron	3,6-4,6	-
Östriol	2,7	-
Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	4,1-4,6	5,2 ⁹ (Abwasser-Belebtschlamm)
Diisoheptylphthalat	2,3-3,8	-
Diisononylphthalat	4,0-4,7	-
PBDE (S 28, 47, 99, 100, 153, 154)	4,0-7,9	4,2-6,1 ¹⁰
Benzo(a)anthracen	3,5-4,5	-
Benzo(g,h,i)perylene	3,5-4,7	4,4 ¹¹ (Wasser-Sediment)
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	3,1-4,6	4,8 ¹¹ (Wasser-Sediment)
Phenanthren	4,1	-
Diuron	2,5	<1,1 (Wasser-Sediment)
Terbutylazine-2-hydroxy	4,0-4,5	-

¹...EU RAR (2007); ²... EU RAR (2008a); ³...EU RAR (2008b); ⁴...EU RAR (2010); ⁵...Umweltbundesamt (2010b); ⁶...Clara et al. (2007); ⁷...EU RAR (2008c); ⁸...EFSA (2008); ⁹...Clara et al. (2010); ¹⁰...PBDE (2011); ¹¹...PAH (2011);

Basierend auf der durch die Probenahme bekannten Verteilung der absorbierten und gelösten Fraktionen ausgewählter Spurenstoffe wurde mithilfe des unter Abschnitt 8.3.1 beschriebenen kalibrierten hydrodynamischen Schmutzfrachtmodells für das Untersuchungsgebiet Graz-West R05 eine Langzeitsimulation auf Basis der 18-jährigen Regenserie „Graz-Universität“ des ÖWAV-Leitfadens „Niederschlagsdaten zur Anwendung der ÖWAV-Regelblätter 11 und 19“ (ÖWAV, 2007b) für den Zeitraum 1989 bis 2006 durchgeführt. In Abbildung 149 ist die Variabilität des Jahresniederschlags innerhalb dieser 18-jährigen Simulationsperiode dargestellt.

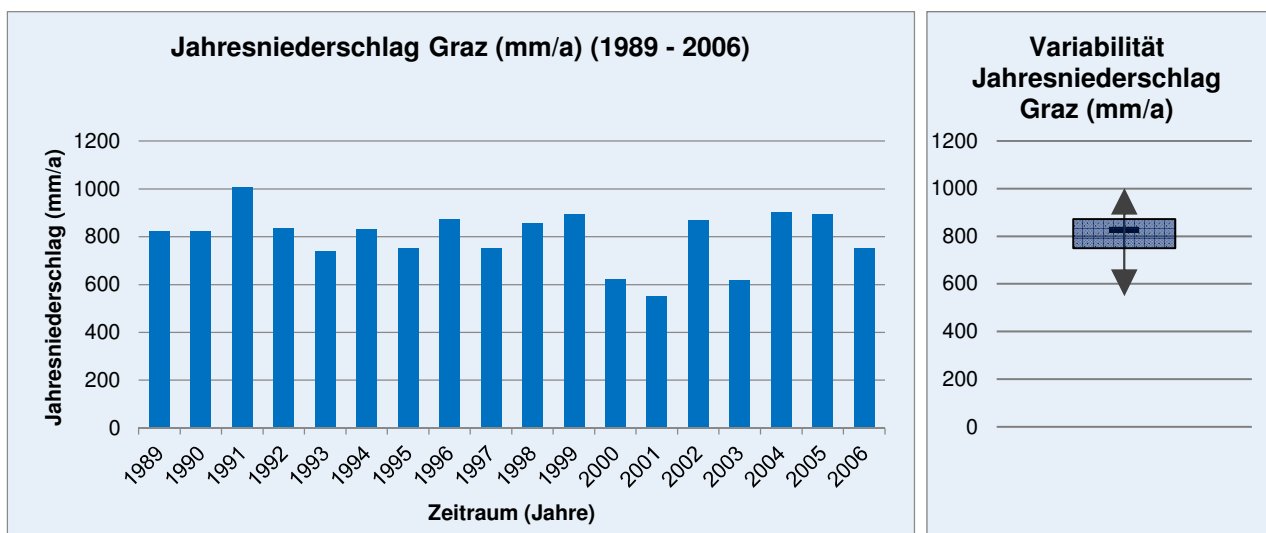


Abbildung 149: Variabilität des Jahresniederschlags an der Messstation „Graz-Universität“ (1989 – 2006)

Als Ergebnis der durchgeführten Langzeitsimulation sind die simulierten Jahres-Entlastungsvolumina (m³/a) und Jahres-Entlastungsfrachten für AFS (kg/a) an der Mischwasserentlastung CSO-R05 in Abbildung 150 dargestellt.

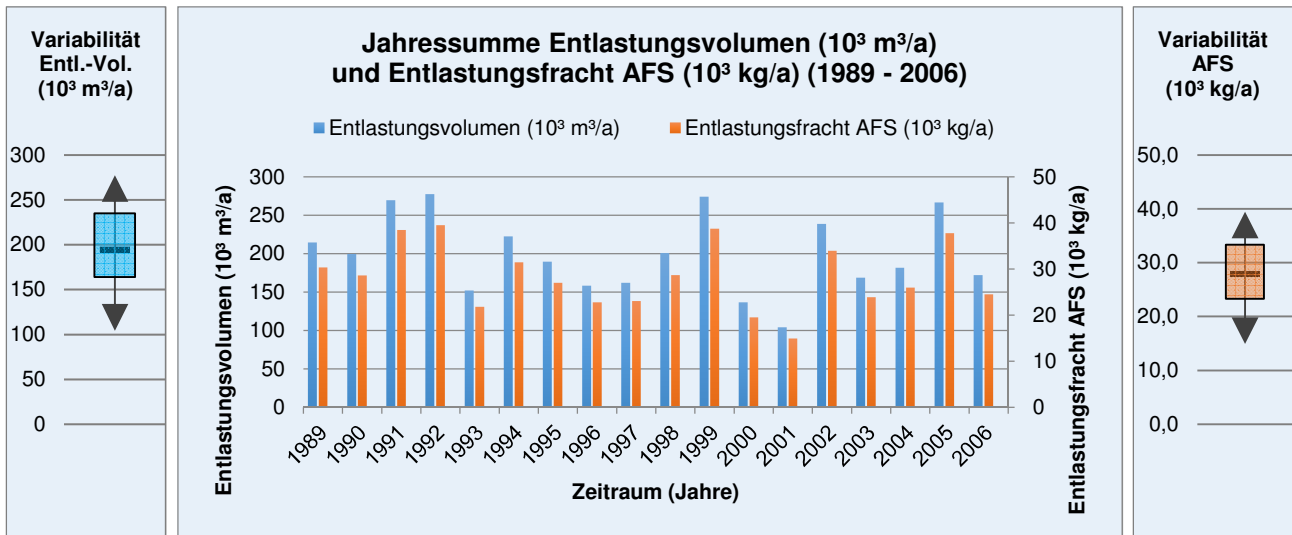


Abbildung 150: Variabilität der simulierten Jahres-Entlastungsvolumina (m^3/a) und der simulierten Jahres-Entlastungsfrachten für AFS (kg/a) (1989 – 2006)

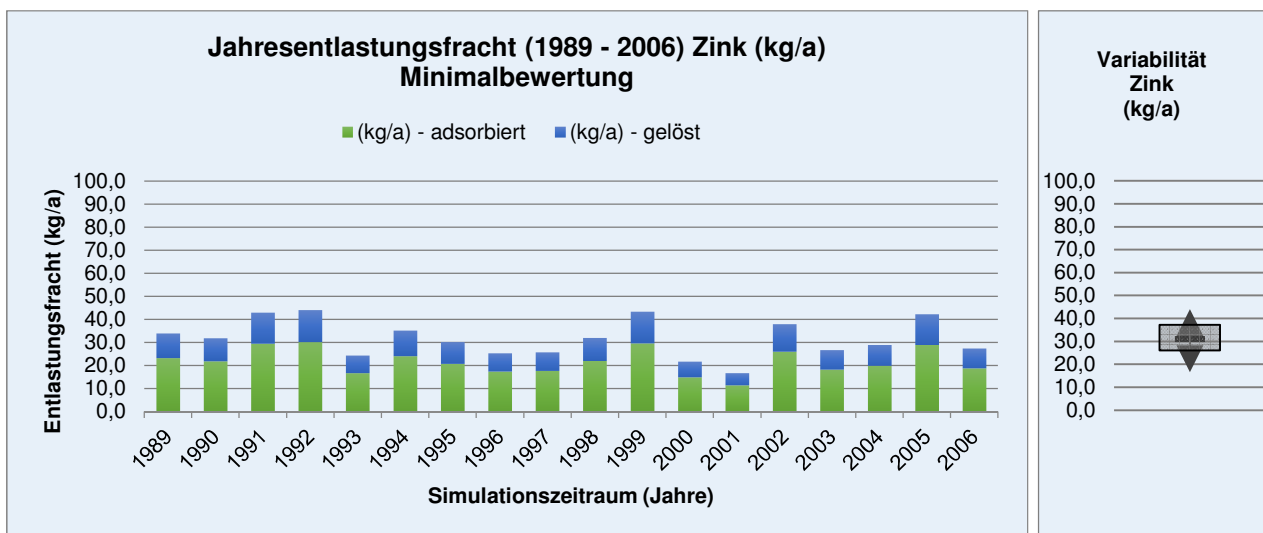
Die entlasteten Frachten der betrachteten Spurenstoffe wurden für die gelösten Fraktionen auf Basis der hydraulischen Jahres-Entlastungsvolumina und für die adsorbierten Fraktionen auf Basis der Jahres-Entlastungsfrachten für AFS ermittelt.

$$\text{Anteil adsorbiert} \left[\frac{\text{kg}}{\text{a}} \right] = \text{AFS} \left[\frac{\text{kg}}{\text{a}} \right] \times C_{\text{adsorbiert}} \left[\frac{\mu\text{g}}{\text{g}} \right]$$

$$\text{Anteil gelöst} \left[\frac{\text{kg}}{\text{a}} \right] = V_{\text{Entlastung}} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{a}} \right] \times C_{\text{gelöst}} \left[\frac{\text{g}}{\text{m}^3} \right] \times 10^{-3}$$

Es wurden in der Langzeitsimulation alle Spurenstoffe berücksichtigt, welche in *Tabelle 72* enthalten sind. Um den Einfluss des Verteilungskoeffizienten K_D auf die Frachtermittlung der einzelnen Spurenstoffe darzustellen, wurden nach Möglichkeit jeweils die Simulationsergebnisse unter Verwendung des Verteilungskoeffizienten resultierend aus der Minimalbewertung und aus der Maximalbewertung gegenübergestellt. Beispielsweise wurde für das Schwermetall Cadmium für die Frachtabschätzung aus der Minimalbewertung ein K_D -Wert von 3,6 bzw. für die Frachtabschätzung aus der Maximalbewertung ein K_D -Wert von 5,2 verwendet.

Nachfolgend werden die Simulationsergebnisse unter Berücksichtigung der Minimal- und Maximalbetrachtungen für die Spurenstoffe Zink, PFOS, PBDE, Tributylzinn und Quecksilber dargestellt.



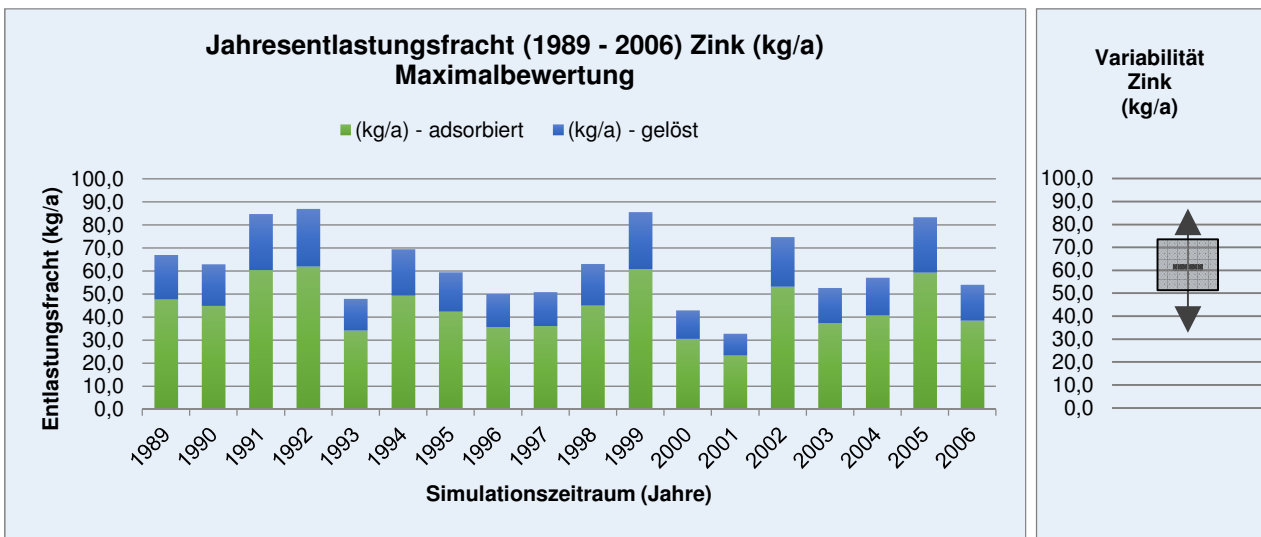


Abbildung 151: Variabilität der simulierten Jahres-Entlastungsfrachten für Zink (kg/a) für Minimal- und Maximalbetrachtungen an der Mischwasserentlastung CSO-R05 (1989 – 2006)

Die in Abbildung 151 dargestellten aus der Simulation resultierenden Jahresfrachten für Zink schwanken in Bandbreiten von 20 – 40 kg/a (Minimalbewertung) bzw. 30 – 85 kg/a (Maximalbewertung). Die adsorbierten Jahresfrachten sind in der Maximalbewertung um einen Faktor 2 höher als in der Minimalbewertung. Dies gilt analog für den Vergleich der gelösten Jahresfrachten.

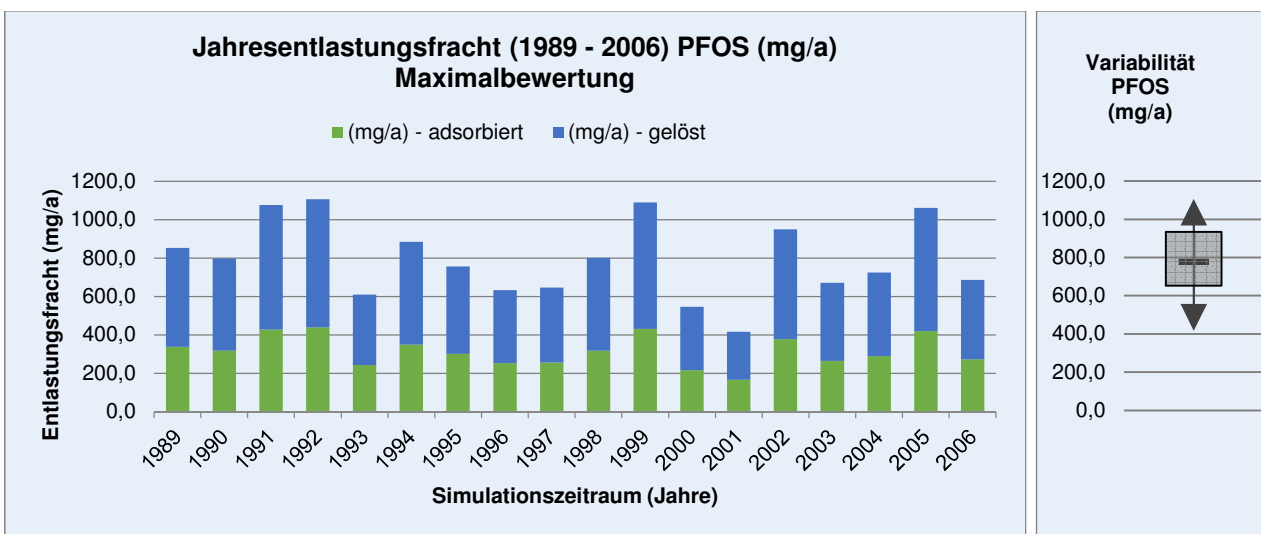
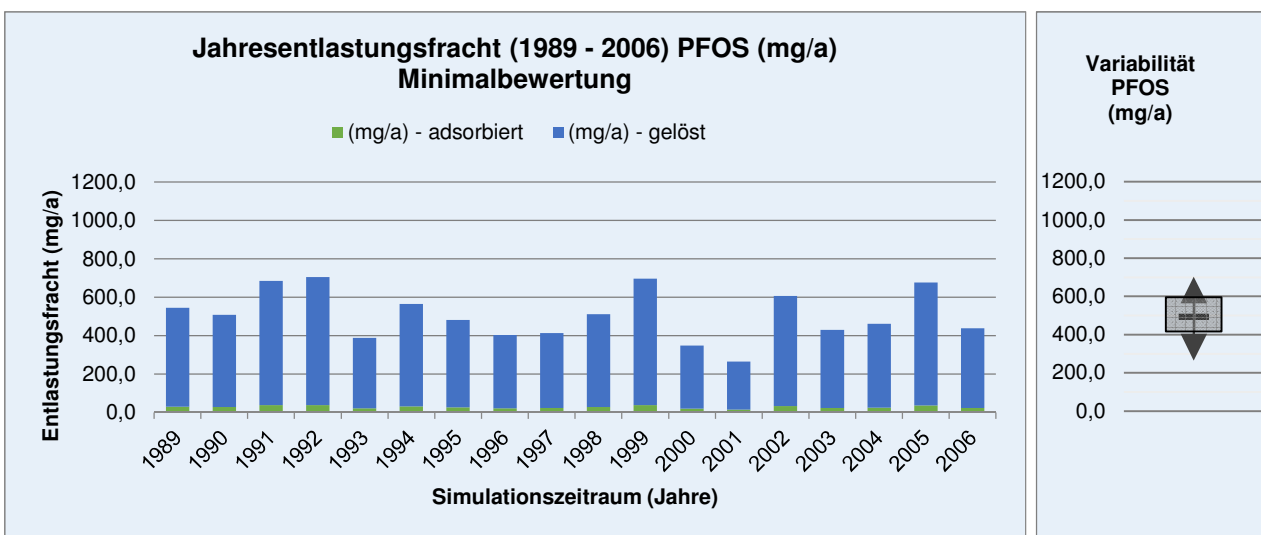


Abbildung 152: Variabilität der simulierten Jahres-Entlastungsfrachten für PFOS (mg/a) für Minimal- und Maximalbetrachtungen an der Mischwasserentlastung CSO-R05 (1989 – 2006)

Die in *Abbildung 152* dargestellten aus der Simulation resultierenden Jahresfrachten für PFOS schwanken in Bandbreiten von 300 – 700 mg/a (Minimalbewertung) bzw. 400 – 1100 mg/a (Maximalbewertung). Unabhängig von der Bewertungsmethode sind die gelösten Jahresfrachten in beiden Fällen weitgehend gleich. Im Gegensatz dazu sind die adsorbierten Jahresfrachten in der Maximalbewertung um einen Faktor 10 höher als in der Minimalbewertung.

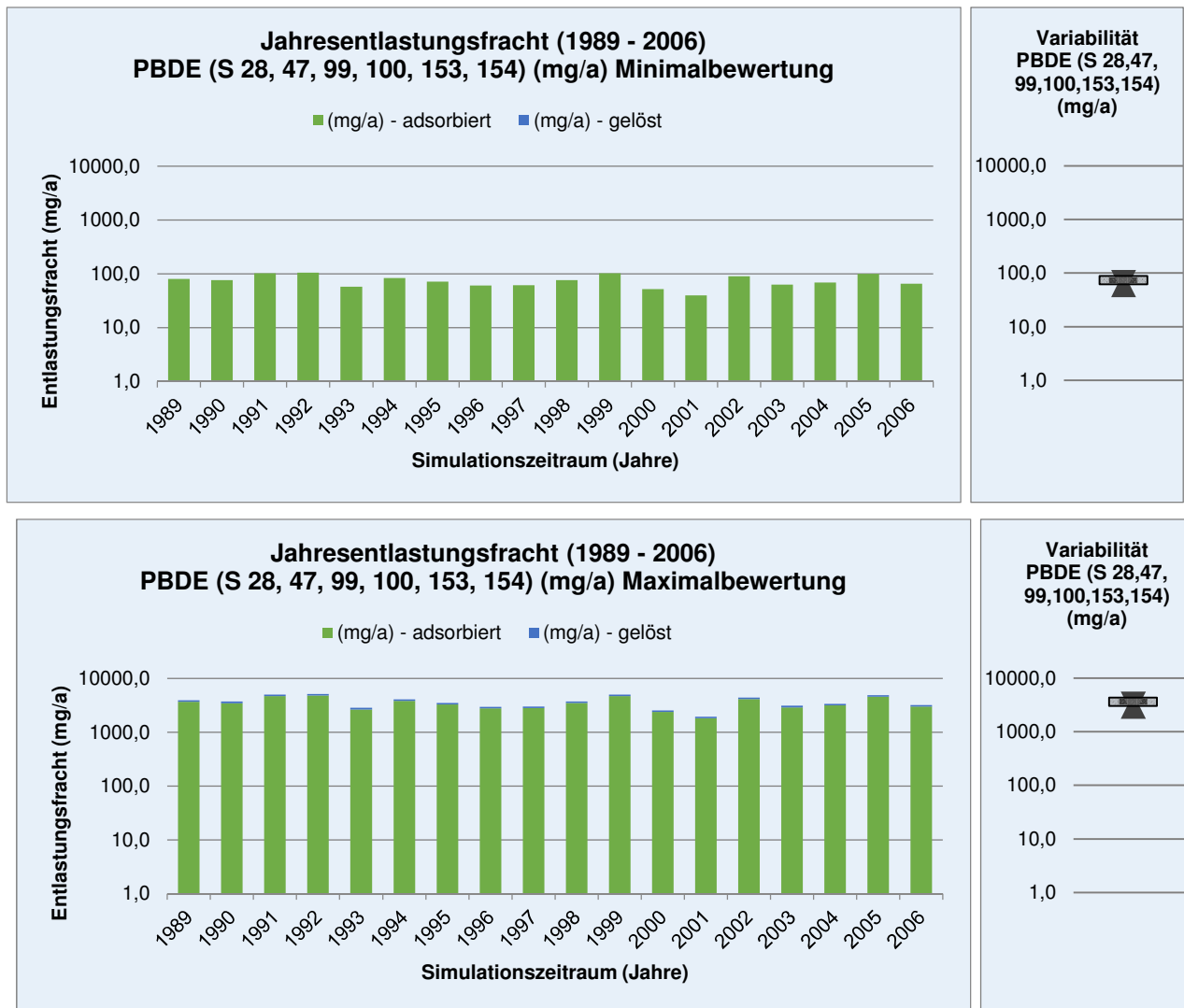


Abbildung 153: Variabilität der simulierten Jahres-Entlastungsfrachten für PBDE (mg/a) für Minimal- und Maximalbetrachtungen an der Mischwasserentlastung CSO-R05 (1989 – 2006)

Die in *Abbildung 153* dargestellten aus der Simulation resultierenden Jahresfrachten für PBDE schwanken in Bandbreiten von 40 – 100 mg/a (Minimalbewertung) bzw. 2.000 – 5.000 mg/a (Maximalbewertung). In der Minimalbewertung werden im Gegensatz zur Maximalbewertung keine gelösten Jahresfrachten ausgewiesen. Die adsorbierten Jahresfrachten sind in der Maximalbewertung um einen Faktor 50 höher.

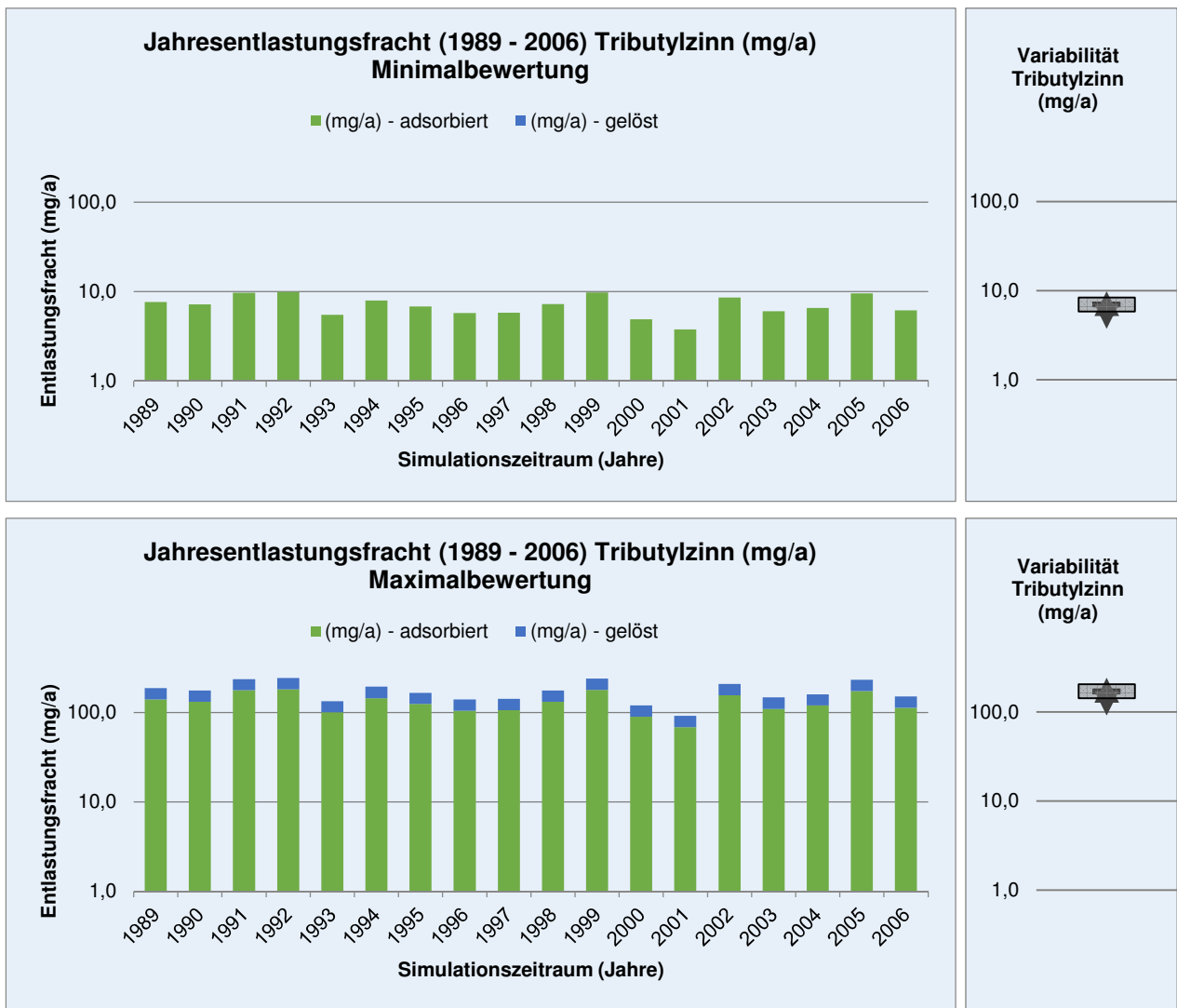


Abbildung 154: Variabilität der simulierten Jahres-Entlastungsfrachten für Tributylzinn (mg/a) für Minimal- und Maximalbetrachtungen an der Mischwasserentlastung CSO-R05 (1989 – 2006)

Die in *Abbildung 154* dargestellten aus der Simulation resultierenden Jahresfrachten für Tributylzinn schwanken in Bandbreiten von 4 – 10 mg/a (Minimalbewertung) bzw. 100 – 240 mg/a (Maximalbewertung). In der Minimalbewertung werden im Gegensatz zur Maximalbewertung keine gelösten Jahresfrachten ausgewiesen. Die adsorbierten Jahresfrachten sind in der Maximalbewertung um einen Faktor 20 höher.

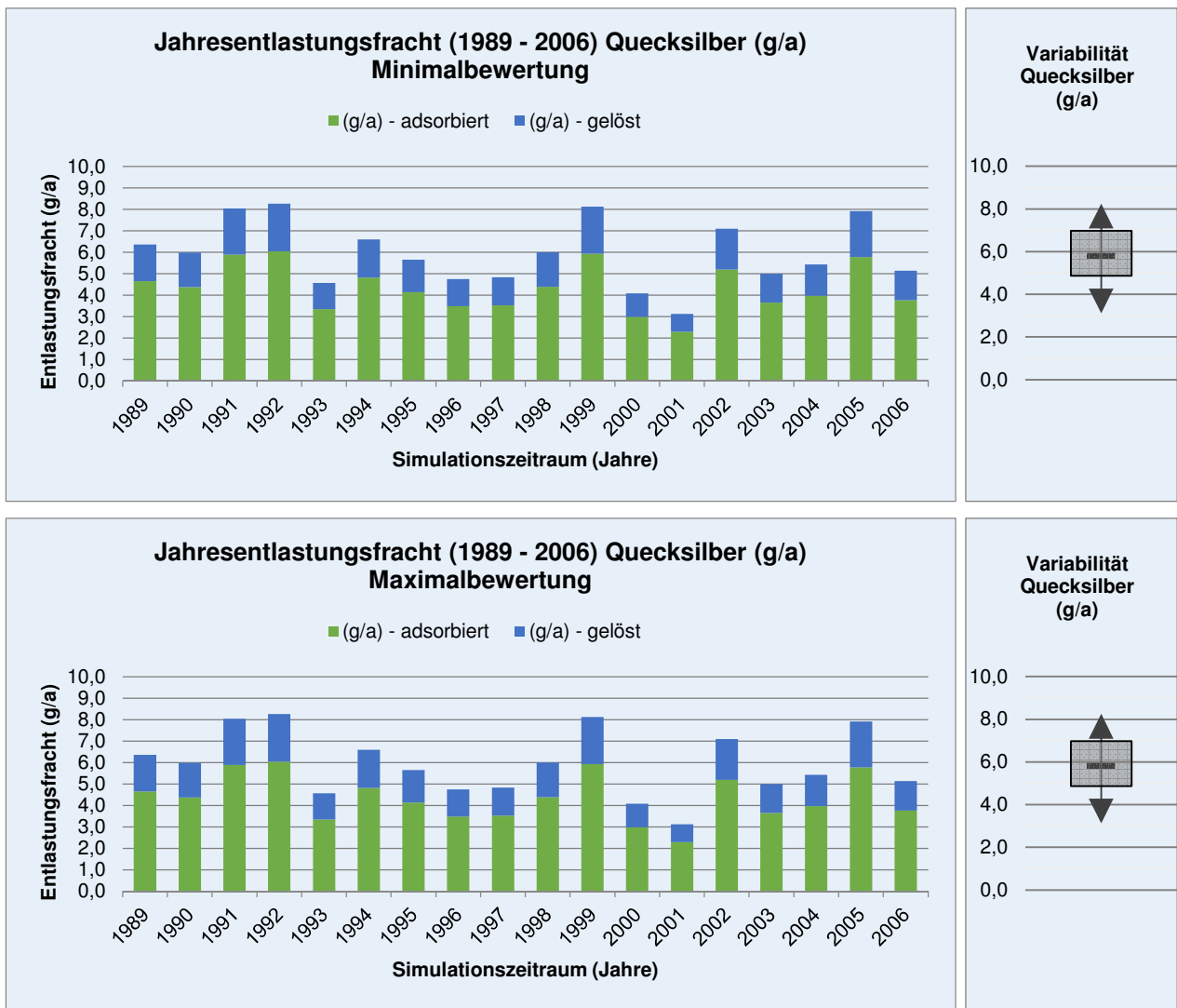


Abbildung 155: Variabilität der simulierten Jahres-Entlastungsfrachten für Quecksilber (mg/a) für Minimal- und Maximalbetrachtungen an der Mischwasserentlastung CSO-R05 (1989 – 2006)

Die in *Abbildung 155* dargestellten aus der Simulation resultierenden Jahresfrachten für Quecksilber schwanken in Bandbreiten von 3 – 8 g/a. Die Simulationsergebnisse aus der Minimal- bzw. Maximalbewertung sind für diesen Spurenstoff identisch. Das Verhältnis von adsorbierter zu gelöster Fraktion beträgt etwa 3 zu 1.

Basierend auf den Ergebnissen der Langzeitsimulation wurden theoretische Konzentrationsaufstockungen ausgewählter Spurenstoffkonzentrationen (Zink, PFOS, PBDE, Tributylzinn und Quecksilber) in der Mur durch die Mischwasserentlastung CSO-R05 bei theoretischer Annahme einer ganzjährigen Niedrigwasserführung NQ ohne dem Mühlkanal von 13,9 m³/s und bei theoretischer Annahme einer ganzjährigen Mittelwasserführung MQ ohne dem Mühlkanal von 107,6 m³/s abgeschätzt. In *Abbildung 156* ist die Variabilität der Wasserführung der Mur (Messstelle HZB-Nr. 211573 – Graz/Mur ohne Mühlkanal) für NQ und MQ auf Basis der zur Verfügung stehenden Messwerte des hydrografischen Dienstes Österreich im Zeitraum von 1989 bis 2006 dargestellt (Quelle: <http://ehyd.gv.at>).

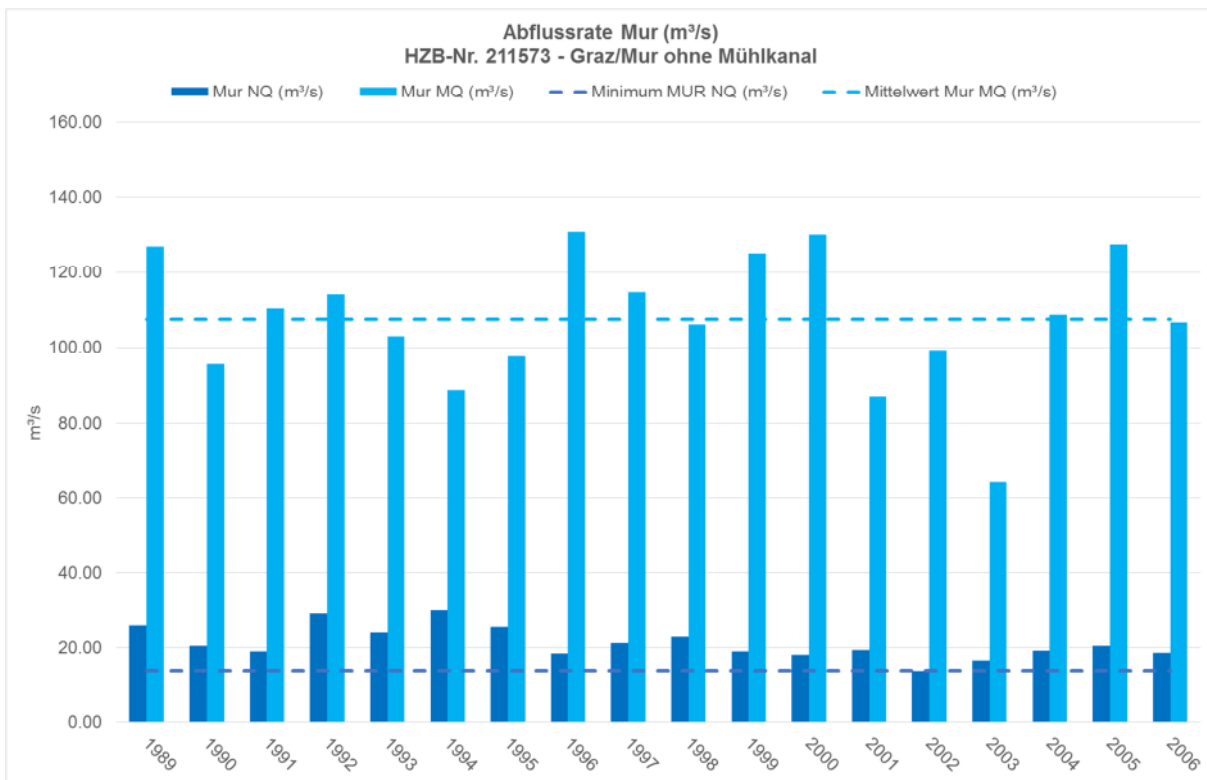


Abbildung 156: Variabilität der Niedrigwasserführung NQ und Mittelwasserführung MQ an der Mur ohne Mühlkanal (Messstelle HZB-Nr. 211573) (1989 – 2006)

Eine Bandbreite der sehr grob abgeschätzten, mittleren theoretischen Konzentrationsaufstockungen für einige ausgewählte Spurenstoffe ($\mu\text{g/L}$) bei theoretischer Annahme eines ganzjährigen NQ von $13,9 \text{ m}^3/\text{s}$ bzw. eines mittleren MQ von $107,6 \text{ m}^3/\text{s}$ der Mur ohne den Mühlkanal und verursacht nur durch die Mischwasserentlastung CSO-R05 ist in *Tabelle 73* dargestellt und den Jahresdurchschnitts-Umweltqualitätsnormwerten (JD-UQN) gemäß QVZ Chemie OG (2006) gegenübergestellt.

Tabelle 73: Bandbreite der abgeschätzten theoretischen Konzentrationsaufstockungen für die Spurenstoffe Nickel, Quecksilber und Diuron bei theoretischer Annahme eines mittleren NQ = $13,9 \text{ m}^3/\text{s}$ und MQ = $107,6 \text{ m}^3/\text{s}$ der Mur ohne Mühlkanal und verursacht nur durch die Mischwasserentlastung CSO-R05

Parameter	Zeitraum 1989 – 2006				JD-UQN ($\mu\text{g/L}$)
	Niedrigwasserführung NQ = $13,9 \text{ m}^3/\text{s}$		Mittelwasserführung MQ = $107,6 \text{ m}^3/\text{s}$		
	Minimale Aufstockung ($\mu\text{g/L}$)	Maximale Aufstockung ($\mu\text{g/L}$)	Minimale Aufstockung ($\mu\text{g/L}$)	Maximale Aufstockung ($\mu\text{g/L}$)	
Nickel	$1,16 \cdot 10^{-3}$	$3,08 \cdot 10^{-3}$	$1,50 \cdot 10^{-4}$	$3,98 \cdot 10^{-4}$	20,3
Quecksilber	$7,12 \cdot 10^{-6}$	$1,89 \cdot 10^{-5}$	$9,20 \cdot 10^{-7}$	$2,44 \cdot 10^{-6}$	0,055
Diuron	$4,98 \cdot 10^{-5}$	$1,32 \cdot 10^{-4}$	$6,44 \cdot 10^{-6}$	$1,04 \cdot 10^{-5}$	0,2

Um einen groben Vergleich mit den JD-UQN in der Mur für das gesamte Stadtgebiet von Graz anstellen zu können, wurden die theoretische Konzentrationsaufstockungen auf die befestigte Fläche des angeschlossenen Einzugsgebiets am CSO-R05 auf das gesamte Einzugsgebiet Graz hochgerechnet. Dafür wurden zunächst die theoretischen Konzentrationsaufstockungen pro Hektar befestigter Fläche aus dem Einzugsgebiet des CSO-R05 abgeschätzt. Wie in Abschnitt 8.3.1 bereits beschrieben, entfallen im betrachteten Einzugsgebiet ca. 126 ha auf befestigte Flächen. Somit ergeben sich die theoretischen flächenspezifischen Konzentrationsaufstockungen pro Hektar befestigter Fläche nach der folgenden *Tabelle 74*:

Tabelle 74: Theoretische flächenspezifische Konzentrationsaufstockungen pro Hektar befestigter Fläche ($\mu\text{g}/(\text{L}\cdot\text{ha})$)

Parameter	Zeitraum 1989 – 2006			
	Niedrigwasserführung NQ = 13,9 m ³ /s		Mittelwasserführung MQ = 107,6 m ³ /s	
	Minimale Aufstockung ($\mu\text{g}/(\text{L}\cdot\text{ha})$)	Maximale Aufstockung ($\mu\text{g}/(\text{L}\cdot\text{ha})$)	Minimale Aufstockung ($\mu\text{g}/(\text{L}\cdot\text{ha})$)	Maximale Aufstockung ($\mu\text{g}/(\text{L}\cdot\text{ha})$)
Nickel	$9,22\cdot 10^{-6}$	$2,44\cdot 10^{-5}$	$1,19\cdot 10^{-6}$	$3,16\cdot 10^{-6}$
Quecksilber	$5,65\cdot 10^{-8}$	$1,50\cdot 10^{-7}$	$7,30\cdot 10^{-9}$	$1,93\cdot 10^{-8}$
Diuron	$3,96\cdot 10^{-7}$	$1,05\cdot 10^{-6}$	$5,11\cdot 10^{-8}$	$1,36\cdot 10^{-7}$

Im gesamten Einzugsgebiet Graz entfallen ca. 1800 ha auf befestigte Flächen. Mit den in *Tabelle 74* ermittelten flächenspezifischen Konzentrationsaufstockungen kann folglich auf das gesamte Einzugsgebiet Graz hochgerechnet werden. Die Ergebnisse der theoretischen Konzentrationsaufstockungen für das gesamte kanalisierte Einzugsgebiet der Stadt Graz und die Gegenüberstellung mit den JD-UQN sind der nachfolgenden *Tabelle 75* zu entnehmen.

Tabelle 75: Theoretische Konzentrationsaufstockung ($\mu\text{g}/\text{L}$) für das gesamte Einzugsgebiet Graz

Parameter	Zeitraum 1989 – 2006				JD-UQN ($\mu\text{g}/\text{L}$)
	Niedrigwasserführung NQ = 13,9 m ³ /s		Mittelwasserführung MQ = 107,6 m ³ /s		
	Minimale Aufstockung ($\mu\text{g}/\text{L}$)	Maximale Aufstockung ($\mu\text{g}/\text{L}$)	Minimale Aufstockung ($\mu\text{g}/\text{L}$)	Maximale Aufstockung ($\mu\text{g}/\text{L}$)	
Nickel	$1,66\cdot 10^{-2}$	$4,40\cdot 10^{-2}$	$2,14\cdot 10^{-3}$	$5,69\cdot 10^{-3}$	20,3
Quecksilber	$1,02\cdot 10^{-4}$	$2,69\cdot 10^{-4}$	$1,31\cdot 10^{-5}$	$3,48\cdot 10^{-5}$	0,055
Diuron	$7,12\cdot 10^{-4}$	$1,89\cdot 10^{-3}$	$9,20\cdot 10^{-5}$	$2,45\cdot 10^{-4}$	0,2

Unberücksichtigt bleiben dabei und auch beim Vergleich mit den JD-UQN-Werten allerdings die nicht bekannten durchschnittlichen jährlichen Hintergrundkonzentrationsbelastungen in der Mur bei Graz.

Rückhalt bei der Mischwasserbehandlung

In den Siedlungsgebieten Westen (Wasserverband Region Hofsteig) und Norden (Linz) wurde das Mischwasser vor und nach einer Behandlung beprobt und analysiert. Im Einzugsgebiet des Wasserverbandes Region Hofsteig wird das Mischwasser vor der Entlastung über ein Überlaufbecken bestehend aus drei Durchlaufbecken geführt. In Linz wird das Mischwasser bis zum vierfachen der maximalen Trockenwettermengen über die Vorklärung geführt und erst nach der Vorklärung durch Entlastung auf die ca. zweifache maximale Trockenwettermenge reduziert. In beiden Untersuchungsgebieten erfolgt somit eine grobe Vorbehandlung des Mischwassers vor der Entlastung durch Sedimentation.

Abbildung 157 zeigt eine Gegenüberstellung der mittleren Spurenstoffkonzentrationen in den Mischwasser- und in den entlasteten Mischwasserproben. Bei den meisten untersuchten Stoffen sind die Konzentrationen im entlasteten Mischwasser ähnlich den Konzentrationen im Zulauf und es erfolgte zumeist kein Rückhalt. Auffällig ist, dass bei einigen Stoffen die Ablaufkonzentrationen sogar deutlich höher waren als die Zulaufkonzentrationen. Dies ist zum Teil durch Extremwerte bedingt. So wurde die höchste Tributylzinnkonzentration des Untersuchungsprogrammes mit $0,23\ \mu\text{g}/\text{l}$ im entlasteten Mischwasser gemessen und diese Konzentration war einen Faktor 20 höher als die zweithöchste gemessene Konzentration. Aufgrund der beschränkten Probenanzahl ist keine Bewertung möglich, ob dieser Wert ein Ausreißer oder ein Extremwert

war. Ein weiterer Punkt ist, dass nicht für alle untersuchten Entlastungsereignisse auch Zulaufproben vorlagen.

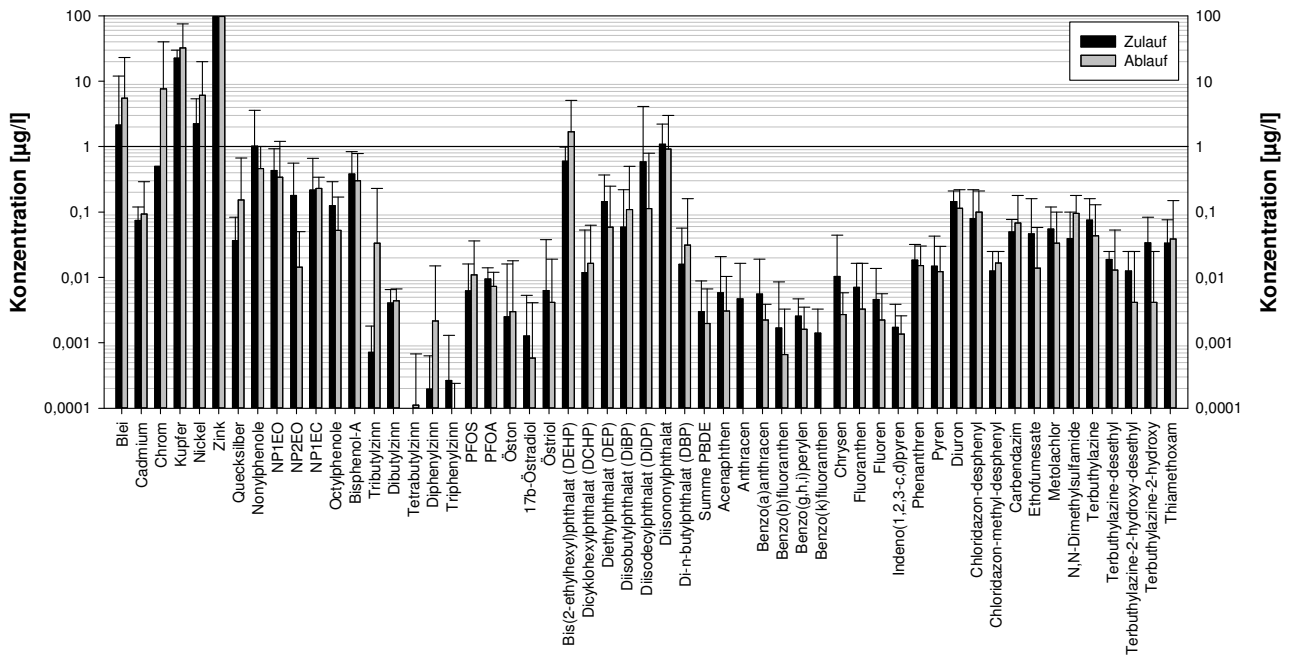


Abbildung 157: Gegenüberstellung der gemessenen Konzentrationen (Mittelwerte und Maxima der Minimalauswertung) in Mischwasserproben (Zulauf) und den behandelten Mischwasserproben (Ablauf) in den Entlastungen in Hofsteig und Linz.

Der Rückhalt dieser Vorbehandlung kann auf Konzentrationsbasis grob abgeschätzt werden, indem die Zu- und Ablaufkonzentrationen gegenübergestellt werden. Der Wirkungsgrad (Entfernung) in *Abbildung 158* wurde aus der Differenz der Zu- und Ablaufkonzentrationen errechnet. Mit wenigen Ausnahmen wurden nur zumeist nur geringe Entfernungen beobachtet, die für die meisten der untersuchten Spurenstoffe deutlich unter 50 % lagen. Nur für Chrysen, Nonylphenoldiethoxylat und Diisodecylphthalat wurde mit über 60 % ein hoher Rückhalt beobachtet. Das Rückhaltepotenzial der untersuchten Anlagen für Spurenstoffe ist somit als eher gering zu bewerten.

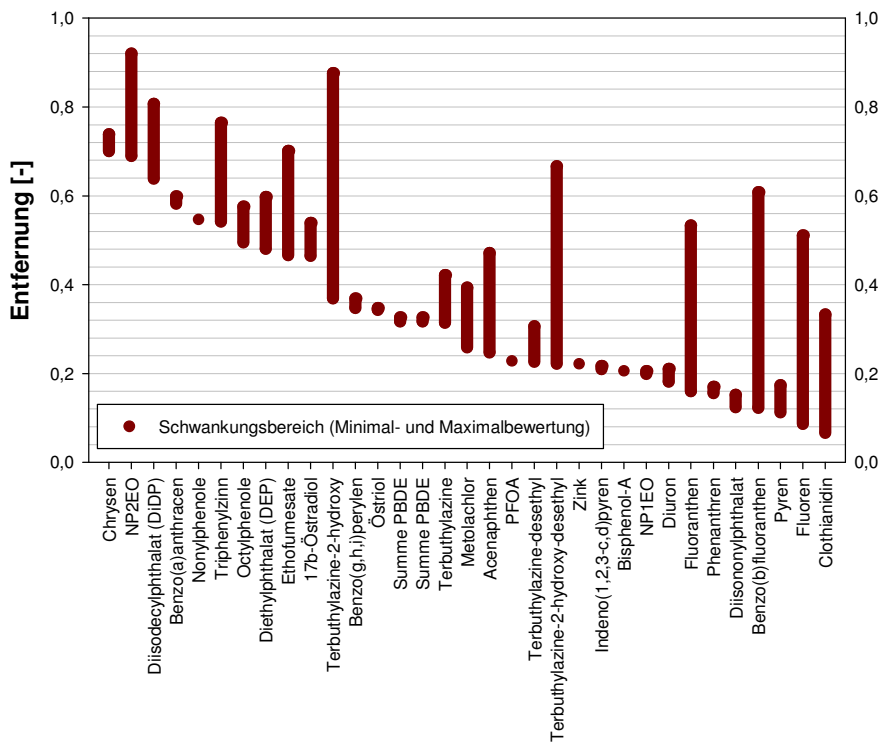


Abbildung 158: Schwankungsbereich der berechneten Entfernungen [-] in den zwei beprobten Mischwasserbehandlungsanlagen

Berechnung spezifischer Frachten [g/ha/a] aus der Oberfläche

In den zwei Untersuchungsgebieten im Westen und im Osten wurden sowohl das Mischwasser als auch der Trockenwetterzufluss zur Kläranlage beprobt. Unter der Annahme, dass der Trockenwetterzufluss der Schmutzfracht des Schmutzwassers entspricht, sollte die Differenz zur Fracht im Mischwasser von der Oberfläche (Dächer und Straßen) bzw. durch Remobilisierung von abgelagerten Schmutzstoffen im Kanal kommen. Diese Fracht wiederum kann auf die abflusswirksame Fläche umgelegt werden und somit eine flächenspezifische Fracht analog zur Niederschlagswassereinleitung berechnet werden. Die für die Berechnung verwendeten Parameter sind in der *Tabelle 76* zusammengestellt.

Tabelle 76: Parameter, die für die Berechnung flächenspezifischer Frachten verwendet wurden

Parameter	WESTEN (WV Region Hofsteig)	NORDEN (Linz)
Schmutzwasseranfall [m ³ /a]	5.405.000	39.353.000
Mischwasseranfall [m ³ /a]	7.202.000	60.975.000
Abflusswirksame Fläche [ha]	220	4.167

Für die meisten Spurenstoffe ist die Berechnung flächenspezifischer Emissionen nicht möglich, weil eine negative Fracht für den oberflächenbürtigen Eintrag berechnet wird. Eine mögliche Begründung für diese Beobachtung ist, dass die repräsentative Probenahme von Abwässern mit einem hohen Anteil von Feststoffen nur schwer möglich ist. Bei Untersuchungen von Metallen in Abwässern und Bilanzierungen von Kläranlagen für Metalle wird häufig darauf hingewiesen, dass die Summe der Frachten im Ablauf und im Schlamm höher ist als die Fracht im Kläranlagenzulauf und diese Beobachtung auf Schwierigkeiten bei der repräsentativen Erfassung der Feststoffe im Zulauf zurückgeführt (Clara et al., 2009). Je höher die Affinität eines Stoffes zur Akkumulation an Feststoffe ist, umso höher ist der erwartbare Fehler.

Für die Spurenstoffe, für die eine Berechnung flächenspezifischer Emissionen möglich war, sind die Ergebnisse in *Tabelle 77* zusammengefasst. Anzumerken ist jedoch, dass auch viele dieser Stoffe eine hohe Affini-

tät der Anreicherung an Feststoffen aufweisen. Es ist daher davon auszugehen, dass die flächenspezifischen Emissionen unterschätzt werden.

Tabelle 77: Berechnete flächenspezifische Emissionen [g/ha/a]

Parameter	flächenspezifische Emissionen [g/ha/a]	
	Minimum	Maximum
Blei	4,1	41
Quecksilber	0,15	0,16
Nonylphenole	9,2	9,2
NP1EC	4,1	4,1
NP2EO	1,8	3,1
Diisobutylphthalat (DiBP)	2,2	2,3
N,N-Dimethylsulfamide	0,79	1,0
Di-n-butylphthalat (DBP)	0,47	0,72
Diuron	0,67	0,67
Chrysen	0,052	0,31
Benzo(a)anthracen	0,10	0,10
Acenaphthen	0,059	0,059
Summe PBDE	0,051	0,052
Dibutylzinn	0,014	0,014
Benzo(b)fluoranthen	0,058	0,085
Benzo(k)fluoranthen	0,014	0,031
Benzog(g,h,i)perylen	0,052	0,052
Fluoren	0,0052	0,0052
Tributylzinn	0,0016	0,0016

8.7.4 Kommunales Abwasser bei Trockenwetter

In zwei Untersuchungsgebieten (WEST / Hofsteig und NORD / Linz) wurden sowohl Zu- als auch Ablauf der kommunalen Verbandskläranlagen bei Trockenwetter beprobt. In beiden Untersuchungsgebieten wurden jeweils drei Proben gewonnen.

Kläranlagenzulauf (Trockenwetter)

Für die Kläranlagenzuläufe bei Trockenwetter liegen Daten zu den Referenzparametern vor. Diese Werte sind in *Tabelle 78* zusammengefasst.

Tabelle 78: Zusammenfassung der Referenzparameter für die untersuchten Kläranlagenzulaufproben bei Trockenwetter

Parameter	Einheit	Abwasser Trockenwetter ARA Zulauf					
		WEST 1	WEST 2	WEST 3	NORD 1	NORD 2	NORD 3
Abf. Stoffe	[mg/l]	300	250	230	270	320	-
pH	[-]	7,6	7,7	7,6	7,8	7,7	7,1
Lf	[µS/cm]	1100	1200	900	2300	2100	-
TOC	[mg/l]	130	100	71	130	140	180
CSB	[mg/l]	590	480	430	450	490	630
CSB-filt	[mg/l]	270	250	190	180	210	250

Parameter	Einheit	Abwasser Trockenwetter ARA Zulauf					
		WEST 1	WEST 2	WEST 3	NORD 1	NORD 2	NORD 3
Summe KW	[mg/l]	-	-	-	2,2	0,85	-
KW-Index	[mg/l]	0,70	0,80	0,80	-	-	-
N _{geb}	[mg/l]	36	36	28	46	49	50
NH ₄ -N	[mg/l]	20	24	16	27	30	29
NO ₃ -N	[mg/l]	0,27	<0,23	<0,23	<0,1	<0,1	<0,14
SO ₄	[mg/l]	74	58	56	-	-	-
Cl	[mg/l]	90	110	68	-	-	-
P _{ges}	[mg/l]	6,4	6,1	5,4	5,9	5,8	6,1
PO ₄ -P	[mg/l]	2,5	3,0	1,7	2,9	2,7	2,5

Die Ergebnisse der Spurenstoffuntersuchungen sind in Tabelle 79 zusammengefasst. Es sind nur Stoffe ausgewiesen, die in zumindest einer der untersuchten Proben nachweisbar waren.

Tabelle 79: Zusammenfassung der Spurenstoff-Analyseergebnisse in den Kläranlagenzuläufen bei Trockenwetter

Parameter	Anzahl				Mittelwert [µg/l]	Minimum [µg/l]	Maximum [µg/l]
	Gesamt	n.n.	<BG	>BG			
Blei	6	-	3	3	4,9-7,2	<5,0	13
Cadmium	6	-	-	6	0,21	0,087	0,43
Chrom	6	-	1	5	9,2-10	<5,0	16
Kupfer	6	-	-	6	47	25	73
Nickel	6	-	-	6	6,2	3,4	9,5
Zink	6	-	-	6	150	120	180
Quecksilber	6	1	-	5	0,10	n.n.	0,34
Nonylphenole	6	-	-	6	3,4	1,2	6,3
Nonylphenolmonoethoxylat	6	-	-	6	3,4	1,1	9,5
Nonylphenoldiethoxylat	6	2	2	2	0,067-0,092	n.n.	0,13
Nonylphenolmonocarboxylat	6	-	-	6	0,28	0,14	0,42
Octylphenole	6	-	-	6	0,62	0,262	1,0
Bisphenol-A	6	-	-	6	6,6	0,71	13
Tributylzinn	2	-	-	2	0,00081	0,00064	0,00097
Dibutylzinn	2	-	-	2	0,0066	0,0041	0,009
Tetrabutylzinn	2	1	1	-	0,00005-0,00015	n.n.	<0,0002
Perfluoroktansulfonsäure	6	-	-	6	0,022	0,011	0,051
Perfluoroktansäure	6	-	-	6	0,021	0,015	0,028
17a-Ethinylöstradiol	6	2	-	4	0,010	n.n.	0,024
Östron	6	-	-	6	0,028	0,0032	0,052
17b-Östradiol	6	1	-	5	0,013	n.n.	0,027
Östriol	6	3	-	3	0,041	n.n.	0,14
Benzylbutylphthalat (BBP)	6	4	1	1	0,082-0,11	n.n.	0,46
DEHP	6	-	-	6	2,8	1,5	5,4
Diethylphthalat (DEP)	6	-	1	5	0,86	<0,05	1,7
Diisobutylphthalat (DiBP)	6	1	-	5	0,12-0,13	n.n.	0,20
Diisoheptylphthalat	6	3	-	3	0,52-0,61	n.n.	1,2
Diisononylphthalat	6	-	-	6	3,9	1,4	7,4
Dimethylphthalat (DMP)	6	4	-	2	0,028-0,048	n.n.	0,088

Parameter	Anzahl				Mittelwert [µg/l]	Minimum [µg/l]	Maximum [µg/l]
	Gesamt	n.n.	<BG	>BG			
Di-n-butylphthalat (DBP)	6	4	2	-	0,010-0,037	n.n.	<0,05
Di-n-octylphthalat (DOP)	6	4	1	1	0,030-0,053	n.n.	0,15
BDE 28	6	3	3	-	0,00000031-0,000015	n.n.	<0,000029
BDE 47	6	-	-	6	0,00086	0,0004	0,0016
BDE 49	6	1	2	3	0,000024-0,000030	n.n.	0,000083
BDE 66	6	4	-	2	0,000026-0,000028	n.n.	0,00013
BDE 77	6	5	-	1	0,000022	n.n.	0,00013
BDE 85	6	4	-	2	0,000063-0,000073	n.n.	0,00036
BDE 99	6	-	-	6	0,00086	0,00019	0,0020
BDE 100	6	1	-	5	0,00015	n.n.	0,00041
BDE 118	6	4	1	1	0,000059-0,000064	n.n.	0,00035
BDE 126	6	5	-	1	0,000040-0,000046	n.n.	0,00024
BDE 139	6	5	-	1	0,000035-0,000040	n.n.	0,00021
BDE 153	6	2	3	1	0,000050-0,00010	n.n.	0,00028
BDE 154	6	3	1	2	0,000068-0,000079	n.n.	0,00033
BDE 203	6	5	1	-	0,00000070-0,00027	n.n.	<0,0016
BDE 207	6	5	1	-	0,0000037-0,0024	n.n.	<0,014
BDE 209	3	1	2	3	0,00022-0,12	n.n.	0,18
Acenaphthen	6	-	-	6	0,023	0,016	0,033
Acenaphthylen	6	3	2	1	0,0033-0,0068	n.n.	0,011
Anthracen	6	4	-	2	0,016-0,027	n.n.	0,056
Benzo(a)anthracen	6	-	-	6	0,028	0,0021	0,088
Benzo(a)pyren	6	5	1	-	0,0017-0,012	n.n.	<0,020
Benzo(b)fluoranthren	6	3	2	1	0,0025-0,0053	n.n.	0,0085
Benzo(g,h,i)perylene	6	-	-	6	0,0032	0,0013	0,0071
Benzo(k)fluoranthren	6	5	1	-	0,00055-0,0039	n.n.	<0,0066
Chrysen	6	-	-	6	0,0051	0,0023	0,0097
Dibenzo(a,h)anthracen	6	5	1	-	0,00039-0,0027	n.n.	<0,0046
Fluoranthren	6	2	3	1	0,017-0,030	n.n.	0,05
Fluoren	6	-	-	6	0,019	0,015	0,028
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	6	-	-	6	0,0031	0,0014	0,0063
Phenanthren	6	-	-	6	0,048	0,030	0,078
Pyren	6	-	-	6	0,061	0,020	0,095
Diuron	4	-	-	6	0,096	0,070	0,12
Chloridazon-desphenyl	4	1	-	3	0,37	n.n.	0,83
Chloridazon-methyl-desphenyl	4	2	-	2	0,052-0,065	n.n.	0,11
Carbendazim	4	-	2	2	0,068-0,080	<0,05	0,13
N,N-Dimethylsulfamide	4	1	1	2	0,065-0,078	n.n.	0,14

Metalle (Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel und Zink), Industriechemikalien (Nonylphenole, Nonylphenolethoxylate, Nonylphenolmonocarboxylat, Octylphenole und Bisphenol-A), Organozinnverbindungen (Tributylzinn- und Dibutylzinnverbindungen), perfluorierte Tenside (PFOS und PFOA), Östron, Phthalate (Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP), Diethylphthalat (DEP) und Diisonylphthalat), Kongenere der polybromierten Diphenylether (BDE 47 und BDE 99), polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (Acenaphthen, Ben-

zo(a)anthracen, Benzo(g,h,i)perylen, Chrysen, Fluoren, Indeno(1,2,3-c,d)pyren, Phenanthren und Pyren) und Pflanzenschutzmittelwirkstoffe (Diuron und Carbendazim) waren in allen Proben nachweisbar.

Zusätzlich zu diesen Stoffen waren auch Quecksilber, 17 β -Östradiol, Diisobutylphthalat (DiBP), die Kongenere BDE 49, BDE 100 und BDE 209 sowie die Pflanzenschutzmittelmetaboliten Chloridazon-desphenyl und N,N-Dimethylsulfamid in fast allen Proben nachweisbar.

Kläranlagenablauf (Trockenwetter)

Für die Kläranlagenabläufe bei Trockenwetter liegen Daten zu den Referenzparametern vor. Diese Werte sind in *Tabelle 80* zusammengefasst.

Tabelle 80: Zusammenfassung der Referenzparameter für die untersuchten Kläranlagenabläufe bei Trockenwetter

Parameter	Einheit	Abwasser Trockenwetter ARA Zulauf					
		WEST 1	WEST 2	WEST 3	NORD 1	NORD 2	NORD 3
Abf. Stoffe	[mg/l]	3,5	3,9	1,5	3,5	6,5	6,0
pH		7,8	7,8	7,8	8,1	8,1	7,5
Lf	[μ S/cm]	1000	850	960	1600	1900	-
TOC	[mg/l]	9,4	7,4	9,4	12	16	14
CSB	[mg/l]	33	26	30	35	49	43
CSB-filt	[mg/l]	31	26	29	34	40	37
Summe KW	[mg/l]	-	-	-	<0,05	<0,05	-
KW-Index	[mg/l]	0,20	0,15	0,10	-	-	-
N _{geb}	[mg/l]	3,8	7,5	3,3	12	14	11
NH ₄ -N	[mg/l]	0,36	<0,50	1,0	0,44	0,30	0,5
NO ₃ -N	[mg/l]	2,7	7,0	1,4	9,6	11	8,7
SO ₄	[mg/l]	85	59	75	-	-	-
Cl	[mg/l]	98	62	85	-	-	-
P _{ges}	[mg/l]	0,26	0,28	0,40	0,22	0,30	0,20
PO ₄ -P	[mg/l]	0,14	0,20	0,10	0,098	<0,10	<0,10

Die Ergebnisse der Spurenstoffuntersuchungen sind in *Tabelle 81* zusammengefasst. Es sind nur Stoffe ausgewiesen, die in zumindest einer der untersuchten Proben nachweisbar waren. In den Ablaufproben waren deutlich weniger Stoffe nachweisbar als in den untersuchten Zulaufproben.

Tabelle 81: Zusammenfassung der Spurenstoff-Analyseergebnisse in den Kläranlagenabläufen bei Trockenwetter

Parameter	Anzahl				Mittelwert [μ g/l]	Minimum [μ g/l]	Maximum [μ g/l]
	Gesamt	n.n.	<BG	>BG			
Cadmium	6	5	1	-	0,00083-0,013	n.n.	<0,05
Chrom	6	-	6	-	0,5-5,0	<5,0	<5,0
Kupfer	6	-	-	6	5,5	1,5	9,4
Nickel	6	-	1	5	4,4-4,7	<2,0	8,5
Zink	6	-	-	6	23	16	32
Quecksilber	6	-	-	6	0,010	0,0045	0,021
Nonylphenole	6	1	1	4	0,32-0,33	n.n.	1,2
Nonylphenolmonoethoxylat	6	5	-	1	0,042-0,083	n.n.	0,25
Nonylphenoldiethoxylat	6	5	-	1	0,11-0,16	n.n.	0,68
Nonylphenolmonocarboxylat	6	-	-	6	0,71	0,14	1,7

Parameter	Anzahl				Mittelwert	Minimum	Maximum
	Gesamt	n.n.	<BG	>BG	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]
Octylphenole	6	-	3	3	0,081-0,093	<0,050	0,27
Bisphenol-A	6	2	2	2	0,20-0,24	n.n.	0,99
Tributylzinn	6	1	1	4	0,0011	n.n.	0,0053
Dibutylzinn	6	2	-	4	0,00037-0,00040	n.n.	0,0014
Diphenylzinn	6	5	1	-	0,000017-0,00012	n.n.	<0,00020
Triphenylzinn	6	3	-	3	0,00048-0,00053	n.n.	0,0021
Perfluoroktansulfonsäure	6	-	-	6	0,013	0,0075	0,021
Perfluoroktansäure	6	-	-	6	0,019	0,015	0,024
Östron	6	4	-	2	0,0012-0,0014	n.n.	0,0038
17b-Östradiol	6	5	-	1	0,00038-0,00055	n.n.	0,0023
Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	6	4	2	-	0,060-0,24	n.n.	<0,35
Diisobutylphthalat (DiBP)	6	5	1	-	0,0050-0,033	n.n.	<0,050
Dimethylphthalat (DMP)	6	5	-	1	0,023-0,048	n.n.	0,14
Di-n-butylphthalat (DBP)	6	5	1	-	0,0050-0,033	n.n.	<0,050
BDE 28	6	4	2	-	0,00000041-0,000011	n.n.	<0,000029
BDE 47	6	-	2	4	0,00032-0,00037	<0,00014	0,00063
BDE 49	6	5	1	-	0,00000014-0,0000044	n.n.	<0,000017
BDE 99	6	-	2	4	0,00016-0,00020	<0,00014	0,00033
BDE 100	6	1	1	4	0,000043-0,000048	n.n.	0,000076
BDE 153	6	5	-	1	0,00032	n.n.	0,0019
BDE 154	6	5	-	1	0,000092-0,000094	n.n.	0,00055
BDE 181	6	5	-	1	0,000016-0,000025	n.n.	0,000093
BDE 183	6	5	-	1	0,00058-0,00059	n.n.	0,0035
BDE 196	6	4	1	1	0,0013-0,0015	n.n.	0,0075
BDE 197	6	4	1	1	0,00088-0,0011	n.n.	0,0053
BDE 203	6	4	1	1	0,0011-0,0014	n.n.	0,0068
BDE 207	5	4	-	2	0,0036	n.n.	0,018
BDE 209	4	3	1	-	0,000017-0,045	n.n.	<0,18
Benzo(g,h,i)perylene	6	3	2	1	0,00045-0,00087	n.n.	0,0017
Chrysen	6	4	2	-	0,00033-0,0013	n.n.	<0,0020
Fluoren	6	3	3	-	0,002805-0,008415	n.n.	<0,011
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	6	4	-	2	0,00047-0,00080	n.n.	0,0015
Phenanthren	6	1	-	5	0,0092-0,0094	n.n.	0,016
Pyren	6	2	4	-	0,0022-0,0055	n.n.	<0,0066
Diuron	4	-	1	3	0,094	<0,050	0,17
Chloridazon-desphenyl	4	2	-	2	0,22-0,23	n.n.	0,47
Chloridazon-methyl-desphenyl	4	2	-	2	0,058-0,070	n.n.	0,13
Carbendazim	4	-	2	2	0,073-0,085	<0,050	0,13
Isoproturon	4	3	1	-	0,0063-0,031	n.n.	<0,050
N,N-Dimethylsulfamide	4	1	-	3	0,086-0,093	n.n.	0,16
Terbutylazine-2-hydroxy	4	3	1	-	0,0063-0,031	n.n.	<0,050
Thiamethoxam	4	2	2	-	0,013-0,038	n.n.	<0,050

Metalle (Chrom, Kupfer, Nickel, Zink und Quecksilber), die Industriechemikalien Nonylphenolmonocarboxylat und Octylphenol, die perfluorierten Tenside PFOS und PFOA, die Kongenere BDE 47 und BDE 99 der po-

lybromierten Diphenylether sowie die Pflanzenschutzmittelwirkstoffe Diuron und Carbendazim waren in allen Ablaufproben nachweisbar. Zusätzlich zu diesen Stoffen waren noch Nonylphenole, Tributylzinnverbindungen, BDE 100, Phenanthren und der Metabolit N,N-Dimethylsulfamid in fast allen Proben nachweisbar. Die gemessenen Konzentrationen zeigen eine gute Übereinstimmung mit Literaturdaten (siehe *Tabelle 27*).

Rückhalt von Spurenstoffen bei der biologischen Abwasserreinigung

Bei zwei Kläranlagen wurden bei Trockenwetter sowohl der Zu- als auch der Ablauf untersucht. Eine Gegenüberstellung der Zu- und der Ablaufkonzentrationen zeigt *Abbildung 159*. In den Ablaufproben sind weniger Stoffe nachweisbar als in den Zulaufproben und auch die gemessenen Konzentrationen sind in den Ablaufproben zumeist niedriger als in den Zulaufproben.

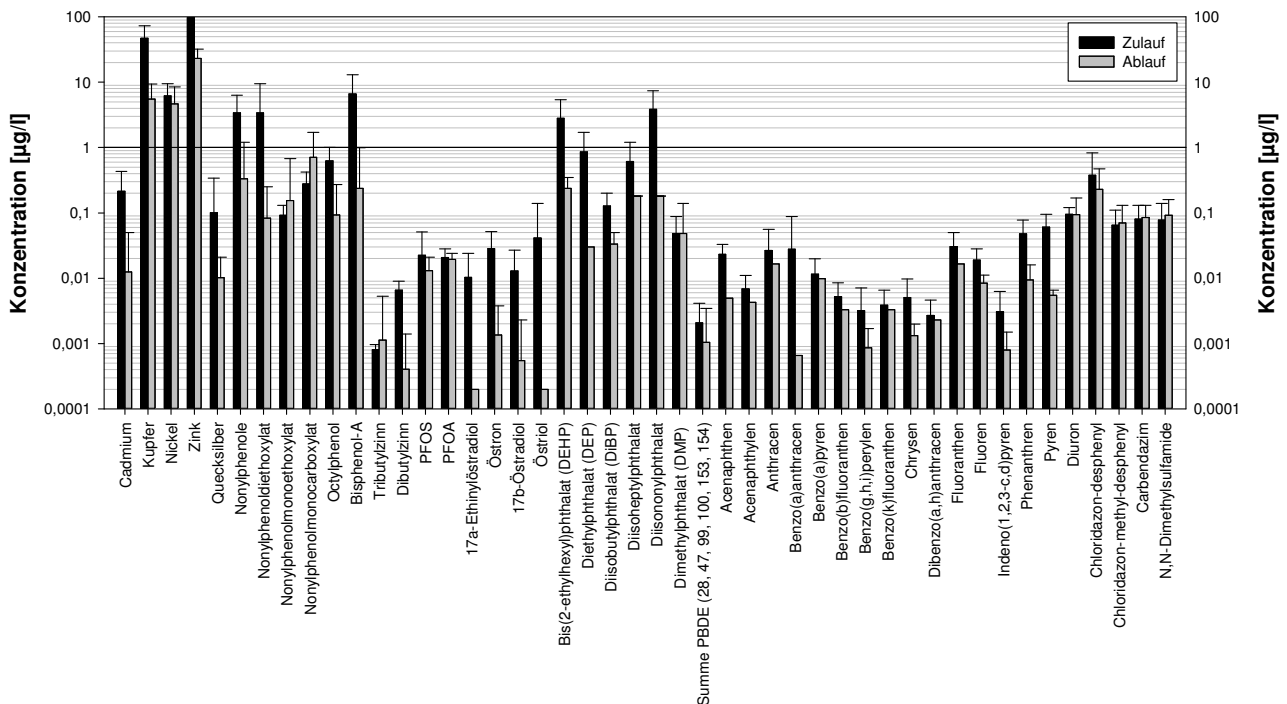


Abbildung 159: Gegenüberstellung der gemessenen Konzentrationen in den Zu- und Ablaufproben bei Trockenwetter (Mittelwerte, Minimal und Maximalwerter) der zwei beprobten Kläranlagen.

Aus den gemessenen Konzentrationen kann das Rückhaltepotenzial der Kläranlagen angenähert werden. Da jedoch keine Bilanzierung erfolgt, ist auch keine Angabe über den Entfernungspfad möglich. Das Entfernungspotenzial der zwei beprobten biologischen Kläranlagen für die untersuchten Spurenstoffe zeigt *Abbildung 160*.

Bei vielen der untersuchten Spurenstoffe wird in den Kläranlagen ein hoher Rückhalt erzielt. So liegt bei zahlreichen Metallen (z. B. Kupfer, Zink oder Quecksilber), bei den Industriechemikalien Bisphenol-A, Nonylphenolen und Nonylphenoethoxylaten sowie Octylphenolen, bei den Hormone und auch bei Phthalaten und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen der Rückhalt in den Kläranlagen bei über 75 %. Diese Beobachtungen stimmen gut mit Angaben in der Literatur überein (Clara et al., 2009). Nur bei wenigen Spurenstoffen erfolgt nur ein sehr geringer oder kein Rückhalt. Zu diesen Stoffen zählen die perfluorierten Tenside PFOA und PFOS sowie Vertreter der Pflanzenschutzmittel sowie Pflanzenschutzmittelwirkstoffmetaboliten.

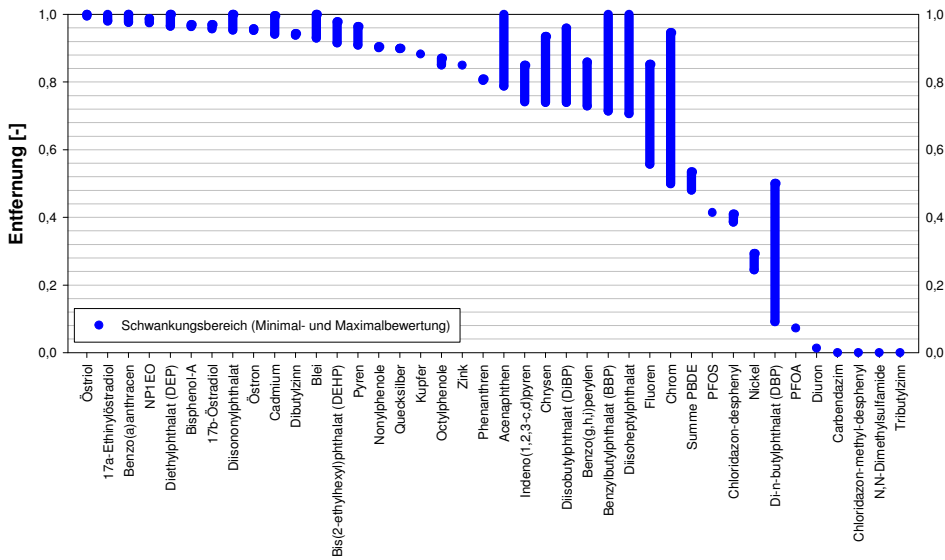


Abbildung 160: Rückhalt der untersuchten Spurenstoffe in den zwei beprobten biologischen Abwasserreinigungsanlagen bei Trockenwetter

Ableitung einwohnerwertspezifischer Emissionen

Für die zwei untersuchten Kläranlagen wurden aus den Untersuchungen bei Trockenwetter einwohnerwert-spezifische Emissionen berechnet. Dazu wurden für die drei beprobten Tage die Tagesfrachten bestimmt und unter Berücksichtigung der CSB Konzentrationen in den Proben die Belastung berechnet. Ausgehend von diesen Daten wurden einwohnerwert-spezifische Zulauffrachten abgeleitet, basierend auf einer spezifischen CSB-Tagesfracht von 120 g EW. Die Ergebnisse der Berechnungen sind in *Abbildung 161* dargestellt und in *Tabelle 82* tabellarisch zusammengestellt.

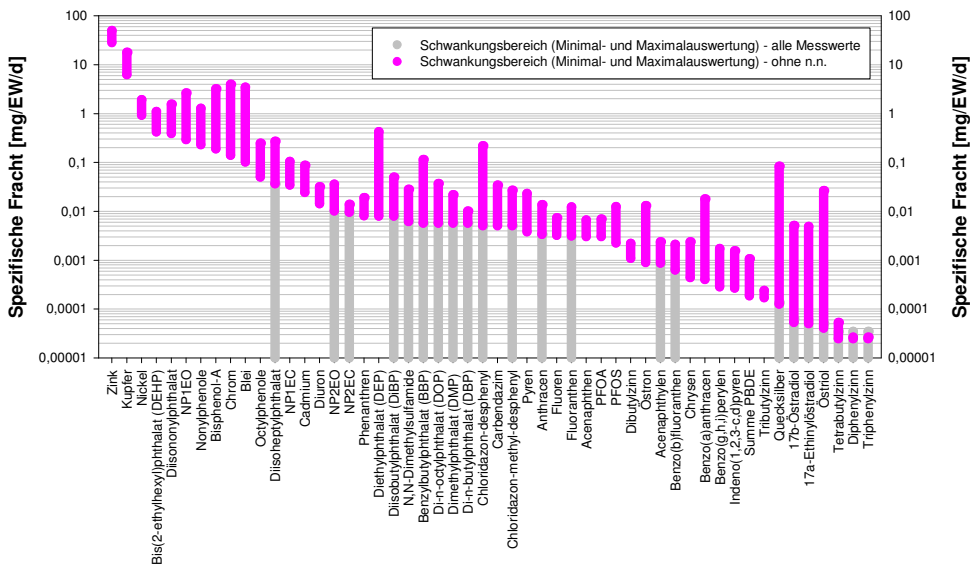


Abbildung 161: Einwohnerwert-spezifische Emissionen [mg/EW/d] im Zulauf der bei Trockenwetter beprobten Kläranlagen

Tabelle 82: Zusammenfassung der abgeleiteten einwohnerwertsspezifischen Emissionen in das Rohabwasser [mg/EW/d]

Parameter	Einwohnerwertsspezifische Emission ins Rohabwasser [mg/EW/d]			
	Minimum	Maximum	MW-Minimalauswertung	MW-Maximalauswertung
Zink	28	50	37	37
Kupfer	6,3	18	11	11
Nickel	0,93	1,9	1,4	1,4
Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHF)	0,42	1,1	0,63	0,63
Diisononylphthalat	0,39	1,6	0,89	0,89
NP1EO	0,29	2,7	0,85	0,85
Nonylphenole	0,23	1,3	0,80	0,80
Bisphenol-A	0,19	3,2	1,6	1,6
Chrom	0,14	4,0	2,2	2,4
Blei	0,10	3,5	1,2	1,7
Octylphenole	0,050	0,25	0,15	0,15
NP1EC	0,034	0,11	0,067	0,067
Cadmium	0,024	0,087	0,049	0,049
Diuron	0,014	0,032	0,023	0,023
Phenanthren	0,0081	0,019	0,011	0,011
Diethylphthalat (DEP)	0,0080	0,43	0,19	0,20
Carbendazim	0,0051	0,035	0,017	0,020
Pyren	0,0038	0,023	0,015	0,015
Fluoren	0,0032	0,0074	0,0045	0,0045
Acenaphthen	0,0031	0,0067	0,0055	0,0055
PFOA	0,0031	0,0069	0,0050	0,0050
PFOS	0,0022	0,013	0,0053	0,0053
Dibutylzinn	0,0011	0,0022	0,0017	0,0017
Östron	0,00089	0,013	0,0066	0,0066
Chrysen	0,00044	0,0024	0,0012	0,0012
Benzo(a)anthracen	0,00040	0,018	0,0065	0,0065
Benzo(g,h,i)perylen	0,00029	0,0018	0,00079	0,00079
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	0,00027	0,0016	0,00076	0,00076
Summe PBDE	0,00019	0,0011	0,00050	0,00052
Tributylzinn	0,00017	0,00024	0,00020	0,00020
Diisoheptylphthalat	-	0,27	0,12	0,14
Chloridazon-desphenyl	-	0,22	0,095	0,096
Benzylbutylphthalat (BBP)	-	0,12	0,021	0,026
Quecksilber	-	0,084	0,025	0,025
Diisobutylphthalat (DiBP)	-	0,050	0,028	0,030
Di-n-octylphthalat (DOP)	-	0,037	0,0071	0,013
NP2EO	-	0,036	0,016	0,022
N,N-Dimethylsulfamide	-	0,028	0,015	0,018
Chloridazon-methyl-desphenyl	-	0,027	0,013	0,016
Östriol	-	0,027	0,0089	0,0089
Dimethylphthalat (DMP)	-	0,022	0,0064	0,011
Anthracen	-	0,014	0,0035	0,0062
Fluoranthren	-	0,012	0,0041	0,0073
Di-n-butylphthalat (DBP)	-	0,010	0,0020	0,0085

Parameter	Einwohnerwertspezifische Emission ins Rohabwasser [mg/EW/d]			
	Minimum	Maximum	MW-Minimalauswertung	MW-Maximalauswertung
17b-Östradiol	-	0,0052	0,0028	0,0028
17a-Ethinylöstradiol	-	0,0049	0,0023	0,0023
Acenaphthylen	-	0,0024	0,00073	0,0016
Benzo(b)fluoranthen	-	0,0021	0,00060	0,0013

Zessner (1999) gibt spezifische Frachten für Schwermetalle im Kläranlagenzulauf an. Diese betragen für Zink 59-127 mg/(EW·d), für Kupfer 15-17 mg/EW/d, für Blei 2,5-3,9 mg/EW/d, für Cadmium 0,13-0,19 mg/EW/d, für Chrom 3-3,4 mg/EW/d, für Nickel 2,5-2,9 mg/EW/d und für Quecksilber 0,03-0,14 mg/EW/d. Die berechneten spezifischen Frachten sind zumeist niedriger als die Werte von Zessner (1999), sind jedoch ähnlich. Nur bei Kupfer und Cadmium wurden deutlich niedrigere spezifische Frachten berechnet. Die spezifischen Frachten für Phthalate liegen im unteren Bereich der jeweiligen Parameter in Clara et al. (2010).

Analog zur Vorgehensweise beim Kläranlagenzulauf wurden auch für den Kläranlagenablauf einwohnerwertspezifische Frachten berechnet. Diese sind in *Abbildung 162* dargestellt und in *Tabelle 84* tabellarisch zusammengefasst. Die berechneten spezifischen Emissionen sind vergleichbar mit Ergebnissen früherer Untersuchungen (Clara et al., 2012).

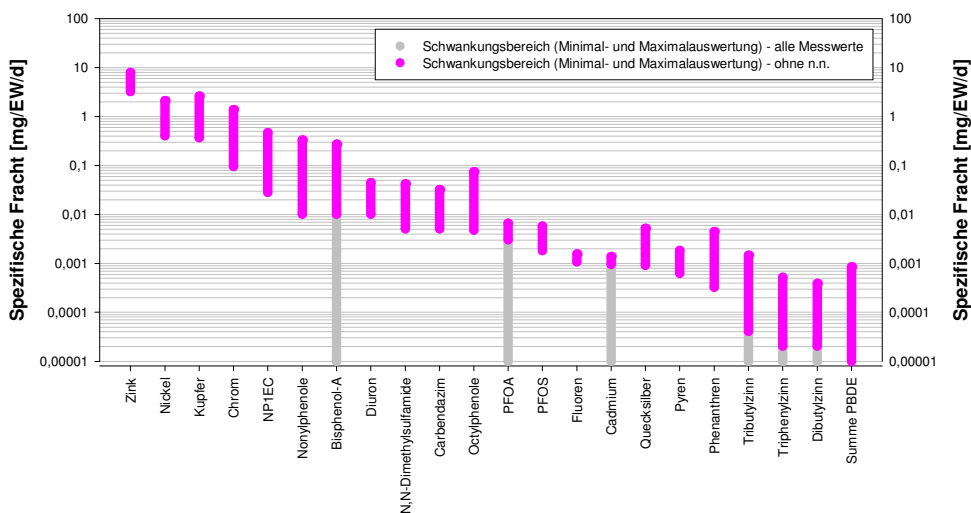


Abbildung 162: Einwohnerwertspezifische Emissionen [mg/EW/d] im Ablauf der bei Trockenwetter beprobten Kläranlagen

Tabelle 83: Zusammenfassung der abgeleiteten einwohnerwertspezifischen Emissionen [mg/EW/d] im gereinigten Abwasser

Parameter	Einwohnerwertspezifische Emission ins Rohabwasser [mg/EW/d]			
	Minimum	Maximum	MW-Minimalauswertung	MW-Maximalauswertung
Zink	3,3	8,0	5,2	5,9
Nickel	0,41	2,1	1,6	0,62
Kupfer	0,37	2,6	0,92	1,7
Chrom	0,096	1,4	0,12	1,2
NP1EC	0,028	0,47	0,28	0,050
Nonylphenole	0,010	0,33	0,051	0,11
Diuron	0,010	0,045	0,013	0,032
N,N-Dimethylsulfamide	0,0051	0,042	0,035	0,0098
Carbendazim	0,0051	0,033	0,0060	0,029

Parameter	Einwohnerwertspezifische Emission ins Rohabwasser [mg/EW/d]			
	Minimum	Maximum	MW-Minimalauswertung	MW-Maximalauswertung
Octylphenole	0,0048	0,075	0,0060	0,032
PFOA	0,0031	0,0067	0,0048	0,0045
PFOS	0,0018	0,0059	0,0025	0,0037
Fluoren	0,0011	0,0016	0,0013	0,0013
Quecksilber	0,00092	0,0053	0,0026	0,0023
Pyren	0,00063	0,0018	0,00079	0,0010
Phenanthren	0,00033	0,0045	0,0037	0,00081
Summe PBDE	0,00000064	0,00086	0,000094	0,00039
Bisphenol-A	-	0,28	0,014	0,090
Tributylzinn	-	0,0015	0,000044	0,00048
Cadmium	-	0,0014	0,00039	0,0012
Triphenylzinn	-	0,00053	0,000022	0,00022
Dibutylzinn	-	0,00039	0,00014	0,00047

8.7.5 Straßenabwasser

An drei Autobahn- bzw. Straßenabschnitten in Österreich wurden Proben gezogen. Bei zwei Untersuchungsgebieten (WEST L202 in Vorarlberg und NORD A1 in Oberösterreich) werden die Straßenabwässer über Gewässerschutzanlagen geleitet. Bei diesen zwei Gewässerschutzanlagen wurden sowohl die Zu- als auch die Abläufe untersucht. Beim Untersuchungsabschnitt (SÜD A2 in Graz) werden die Straßenabwässer in einem Straßenabwasserkanal gesammelt und über eine Drosselklappe in die Mur eingeleitet.

Straßenabwasser unbehandelt (Zulauf Gewässerschutzanlage)

Für die unbehandelten Straßenabwasserproben liegen Daten zu den Referenzparametern vor. Diese Werte sind in *Tabelle 84* zusammengefasst.

Tabelle 84: Zusammenfassung der Referenzparameter für die untersuchten unbehandelten Straßenabwasserproben (n.a...nicht auswertbar)

Parameter	Einheit	Straßenabwasser – Zulauf Gewässerschutzanlage					
		WEST 1	WEST 2	WEST 3	SÜD 1	SÜD 2	SÜD 3
Abf. Stoffe	[mg/l]	45	11	21	33	43	1300
pH	[-]	7,6	7,6	6,8	7,5	7,7	8,5
Lf	[µS/cm]	170	150	190	200	150	240
TOC	[mg/l]	21	23	9,2	5,5	9,8	40
CSB	[mg/l]	65	66	31	32	24	150
CSB-filt	[mg/l]	43	49	<15	15	9,3	21
KW-Index	[mg/l]	<0,10	0,20	0,10	<0,05	<0,05	0,21
N _{geb}	[mg/l]	2,5	2,3	2,3	n.a.	1,0	2,2
NH ₄ -N	[mg/l]	0,28	0,15	0,37	1,1	0,15	0,70
NO ₃ -N	[mg/l]	1,1	0,70	1,2	0,89	0,61	0,96
SO ₄	[mg/l]	3,5	3,8	2,5	-	-	-
Cl	[mg/l]	3,8	2,4	3,2	-	-	-
P _{ges}	[mg/l]	0,24	0,42	0,070	0,35	0,39	1,8
PO ₄ -P	[mg/l]	0,027	0,027	0,0050	0,13	0,15	0,94

Die Rohstraßenabwasserproben weisen vergleichbare Konzentrationen für die Referenzparameter auf und der Schwankungsbereich liegt zumeist innerhalb einer Größenordnung oder ist kleiner. Zudem sind die Proben der zwei Messstellen ähnlich und die Proben von der A2 liegen im Schwankungsbereich der Proben aus Vorarlberg von der L202. Eine Ausnahme bildet die dritte Probe von der A2 in Graz. Diese Probe weist eine sehr starke Belastung auf und resultiert aus einem sehr starken Niederschlagsereignis, bei dem sicherlich auch die unbefestigten Flächen des Einzugsgebietes zum Abfluss beigetragen haben und dadurch auch verstärkt Feststoffe miteingetragen wurden.

Die Ergebnisse der Spurenstoffuntersuchungen sind in *Tabelle 85* zusammengefasst. Es sind nur Stoffe ausgewiesen, die in zumindest einer der untersuchten Proben nachweisbar waren.

Tabelle 85: Zusammenfassung der Spurenstoff-Analyseergebnisse in den unbehandelten Straßenabwässern

Parameter	Anzahl				Mittelwert [µg/l]	Minimum [µg/l]	Maximum [µg/l]
	Gesamt	n.n.	<BG	>BG			
Blei	9	1	7	1	3,9-7,5	n.n.	32
Cadmium	9	-	6	3	0,046-0,076	<0,05	0,25
Chrom	9	-	6	3	11-14	<5,0	73
Kupfer	9	-	-	9	27	5,8	71
Nickel	9	-	5	4	5,1-6,1	<2,0	36
Zink	9	-	-	9	110	16	330
Quecksilber	9	-	-	9	0,021	0,0053	0,093
Nonylphenole	9	-	4	5	0,19-0,20	<0,10	0,78
Nonylphenoldiethoxylat	9	8	1	-	0,0056	n.n.	<0,10
Nonylphenolmonocarboxylat	9	2	1	6	0,17-0,18	n.n.	0,37
Octylphenole	9	5	1	3	0,059-0,076	n.n.	0,38
Bisphenol-A	9	1	3	5	0,16-0,19	n.n.	0,46
Tributylzinn	9	4	-	5	0,00086-0,00091	n.n.	0,0025
Dibutylzinn	9	-	-	9	0,021	0,0046	0,074
Diphenylzinn	9	8	-	1	0,000040-0,00013	n.n.	0,00036
Triphenylzinn	9	5	-	4	0,0036-0,0036	n.n.	0,02
Perfluoroktansulfonsäure	9	-	-	9	0,0096	0,0029	0,033
Perfluoroktansäure	9	-	-	9	0,013	0,006	0,039
Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	9	1	1	7	1,2	n.n.	3,3
Dicyklohexylphthalat (DCHP)	9	8	-	1	0,31-0,34	0	2,8
Diethylphthalat (DEP)	9	6	1	2	0,069-0,091	n.n.	0,36
Diisobutylphthalat (DiBP)	9	7	-	2	0,016-0,040	n.n.	0,095
Diisodecylphthalat (DiDP)	9	8	-	1	0,32-0,48	n.n.	2,9
Diisoheptylphthalat	9	7	-	2	0,15-0,29	n.n.	0,9
Diisononylphthalat	9	1	1	7	4,1-4,2	n.n.	12
Dimethylphthalat (DMP)	9	8	-	1	0,010-0,037	n.n.	0,093
Di-n-octylphthalat (DOP)	9	7	1	1	0,012-0,038	n.n.	0,081
BDE 28	9	5	4	-	0,0000017-0,000013	n.n.	<0,000029
BDE 47	9	-	-	9	0,0010	0,00024	0,0033
BDE 49	9	4	3	2	0,000010-0,000016	n.n.	0,000055
BDE 66	9	6	2	1	0,0000047-0,000011	n.n.	0,000039
BDE 85	9	5	1	3	0,000033-0,000049	n.n.	0,00024
BDE 99	9	-	3	6	0,00091-0,00095	<0,00014	0,0048

Parameter	Anzahl				Mittelwert [µg/l]	Minimum [µg/l]	Maximum [µg/l]
	Gesamt	n.n.	<BG	>BG			
BDE 100	9	-	2	7	0,00017-0,00017	<0,000026	0,00078
BDE 139	9	7	-	2	0,000011-0,000015	n.n.	0,000064
BDE 153	9	5	2	2	0,000089-0,00012	n.n.	0,00042
BDE 154	9	3	4	2	0,000057-0,000083	n.n.	0,00039
BDE 183	9	8	-	1	0,00058	n.n.	0,0052
BDE 196	9	8	-	1	0,00049	n.n.	0,0044
BDE 197	9	8	-	1	0,00043	n.n.	0,0039
BDE 203	9	8	-	1	0,00056	n.n.	0,005
BDE 207	9	8	-	1	0,0027	n.n.	0,024
BDE 209	9	8	1	-	0,0000044-0,020	n.n.	<0,18
Acenaphthen	9	8	1	-	0,00055-0,0055	n.n.	<0,0099
Benzo(a)anthracen	9	3	1	5	0,0051-0,0053	n.n.	0,035
Benzo(a)pyren	9	8	-	1	0,0038-0,013	n.n.	0,034
Benzo(b)fluoranthren	9	5	3	1	0,0048-0,0078	n.n.	0,034
Benzo(g,h,i)perylen	9	1	-	8	0,0053	n.n.	0,026
Benzo(k)fluoranthren	9	8	-	1	0,0021-0,0051	n.n.	0,019
Chrysen	9	-	2	7	0,0063-0,0065	<0,0020	0,031
Dibenzo(a,h)anthracen	9	8	-	1	0,00076-0,0028	n.n.	0,0069
Fluoranthren	9	5	2	2	0,016-0,029	n.n.	0,067
Fluoren	9	7	2	-	0,0012-0,0069	n.n.	<0,011
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	9	3	-	6	0,0037-0,0039	n.n.	0,021
Phenanthren	9	-	-	9	0,014	<0,0026	0,031
Pyren	9	-	4	5	0,019-0,020	<0,0066	0,056
Diuron	9	8	1	-	0,0028-0,028	n.n.	<0,050
Isoproturon	9	8	1	-	0,0028-0,028	n.n.	<0,050
Metolachlor	9	8	-	1	0,012-0,034	n.n.	0,11
Terbutylazine	9	8	-	1	0,011-0,033	n.n.	0,10
Terbutylazine-desethyl	9	8	-	1	0,020-0,042	n.n.	0,18
MTBE	9	6	-	3	5,0-5,1	n.n.	21
Chloride	9	-	-	9	20	1,8	67

Die Metalle Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Zink und Quecksilber, Nonylphenole, Dibutylzinnverbindungen, die perfluorierten Tenside PFOS und PFOA, die Kongenere BDE 47, BDE 99 und BDE 100 der polybromierten Diphenylether, die polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe Chrysen, Phenanthren und Pyren sowie Chloride waren in allen analysierten unbehandelten Straßenabwasserproben nachweisbar.

Zusätzlich zu diesen Stoffen waren auch Blei, Nonylphenolmonocarboxylate, Bisphenol-A, Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP), Diisononylphthalat und Benzo(g,h,i)perylen in fast allen Proben nachweisbar.

Bei vielen dieser Spurenstoffe wie z. B. bei den Metallen ist anzunehmen, dass diese vorwiegend partikelgebunden vorliegen. Dies wird durch die Untersuchungen jedoch nicht bestätigt. *Abbildung 163* zeigt den Zusammenhang zwischen den gemessenen Konzentrationen ausgewählter Spurenstoffe in den unbehandelten Straßenabwasserproben und den jeweiligen Gehalten an Abfiltrierbaren Stoffen.

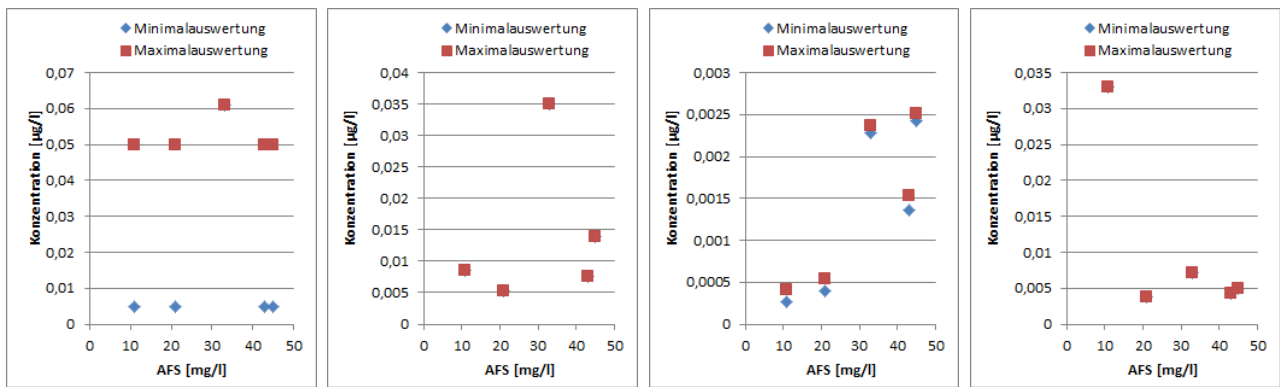


Abbildung 163: Gegenüberstellung der gemessenen Konzentrationen für a) Cadmium, b) Quecksilber, c) polybromierte Diphenylether (Summe der Kongenere BDE 28, BDE 47, BDE 99, BDE 100, BDE 153 und BDE 154) und d) PFOS in den unbehandelten Straßenabwasserproben und den jeweiligen Gehalten an Abfiltrierbaren Stoffen.

Ableitung flächenspezifischer Emissionen von Verkehrsflächen

Für die drei beprobten Straßenabschnitte wurden flächenspezifische Emissionen berechnet. Dazu wurden die entwässerten Flächen, die aufgezeichneten Niederschlagssummen, die gemessenen Straßenabwassermengen und die gemessenen Spurenstoffkonzentrationen verwendet. Zudem wurde aus der durchschnittlichen Jahresniederschlagssumme und den entwässerten Flächen die theoretischen durchschnittlichen Jahresstraßenabwassermengen bestimmt. Mittels der relativen Anteile der Einzelereignisabflüsse an den theoretischen Jahresabflüssen wurde eine Umlegung der Einzelergebnisse auf spezifische Jahresfrachten durchgeführt. Für die L202 wurde mit einer Fläche von 0,33 ha und einem mittleren Jahresniederschlag von rund 1500 mm, für die A1 in Oberösterreich wurde mit einer Fläche von 9,49 ha und einem mittleren Jahresniederschlag von rund 830 mm und für Graz und die A2 wurde mit einer entwässerten Fläche von 12,05 ha und einem mittleren Jahresniederschlag von rund 860 mm gerechnet.

Eine Plausibilisierung erfolgt dadurch, dass für die beprobten Niederschlagsereignisse ein Vergleich der aufgezeichneten Straßenabwassermengen mit den berechneten Abwassermengen durchgeführt wurde (siehe Tabelle 65). Bei den Untersuchungen in Vorarlberg (Westen) und in Graz (Süden) zeigen die berechneten und die aufgezeichneten Abwassermengen zumeist eine gute Übereinstimmung, wohingegen in Linz (Norden) deutliche Abweichungen zwischen den berechneten und den aufgezeichneten Abwassermengen festzustellen sind.

Tabelle 86: Gegenüberstellung der aufgezeichneten und der berechneten Abflüsse während der drei beprobten Ereignisse an den drei Straßenabschnitten

	Parameter	Niederschlagssumme Einzelereignis [mm]	Abfluss [m ³]	
			berechnet	aufgezeichnet
Westen	Ereignis 1	7,6	25	26
	Ereignis 2	16,2	53	70
	Ereignis 3	9,7	32	44
	Jahresmittel	1500	4.950	-
Norden	Ereignis 1	9,9	494	225
	Ereignis 2	17,6	878	504
	Ereignis 3	13,5	673	192
	Jahresmittel	830	41.400	-
Süden	Ereignis 1	21,3	2.567	2.596
	Ereignis 2	19,4	2.338	2.735
	Ereignis 3	58,8	7.085	11.999
	Jahresmittel	860	103.630	-

Aus den einzelnen beprobten Ereignissen wurden Jahreswerte abgeschätzt, wobei die Umrechnung auf dem Anteil der Abwassermenge des Ereignisses an der theoretischen Jahresabwassermenge basiert. Die Ergebnisse der Berechnung und der Schwankungsbereich der berechneten flächenspezifischen Emissionen [g/ha/a] sind in *Abbildung 164* dargestellt und in *Tabelle 87* zusammengefasst.

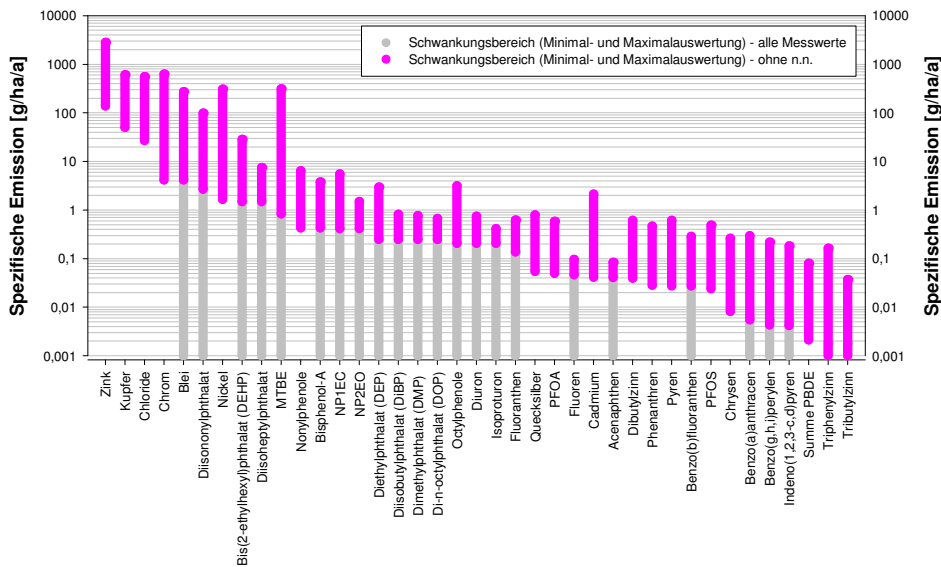


Abbildung 164: Spezifische Emissionen von Verkehrsflächen

Tabelle 87: Flächenspezifische Emissionen [g/ha/a] von Verkehrsflächen für die drei beprobten Straßenabschnitte

Parameter	Spezifischer Frachteintrag in die Straßenabwasserkanalisation [g/ha/a]			
	Minimum	Maximum	MW-Minimalauswertung	MW-Maximalauswertung
Zink	140	2.800	1.100	1.100
Kupfer	50	610	270	270
Chloride	27	560	170	170
Chrom	4,2	630	94	130
Blei	-	280	35	75
Diisononylphthalat	-	100	37	38
Nickel	1,7	310	49	59
Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHF)	-	29	12	12
Diisoheptylphthalat	-	7,5	1,2	2,8
MTBE	-	320	57	58
Nonylphenole	0,43	6,5	1,9	2,1
Bisphenol-A	-	3,8	1,5	1,8
NP1EC	-	5,6	2,0	2,2
NP2EO	-	1,5	0,083	0,62
Diethylphthalat (DEP)	-	3,0	0,57	0,83
Diisobutylphthalat (DiBP)	-	0,82	0,14	0,40
Dimethylphthalat (DMP)	-	0,77	0,086	0,38
Di-n-octylphthalat (DOP)	-	0,67	0,10	0,38
Octylphenole	-	3,2	0,55	0,73
Diuron	-	0,75	0,042	0,31
Isoproturon	-	0,42	0,023	0,29
Fluoranthen	-	0,63	0,18	0,31
Quecksilber	0,055	0,80	0,20	0,20

Parameter	Spezifischer Frachteintrag in die Straßenabwasserkanalisation [g/ha/a]			
	Minimum	Maximum	MW-Minimalauswertung	MW-Maximalauswertung
PFOA	0,050	0,59	0,15	0,15
Fluoren	-	0,096	0,011	0,070
Cadmium	0,042	2,2	0,40	0,76
Acenaphthen	-	0,085	0,0047	0,057
Dibutylzinn	0,040	0,61	0,22	0,22
Phenanthren	0,028	0,47	0,15	0,15
Pyren	0,027	0,62	0,21	0,23
Benzo(b)fluoranthen	-	0,29	0,046	0,078
PFOS	0,024	0,50	0,11	0,11
Chrysen	0,0082	0,26	0,064	0,066
Benzo(a)anthracen	-	0,30	0,047	0,050
Benzo(g,h,i)perylene	-	0,22	0,053	0,054
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	-	0,18	0,037	0,038
Summe PBDE	0,0021	0,080	0,021	0,022
Triphenylzinn	-	0,17	0,032	0,033
Tributylzinn	-	0,038	0,0096	0,010

*...Die Summe der polybromierten Diphenylether umfasst die Kongenere BDE 28, BDE 47, BDE 99, BDE 100, BDE 153 und BDE 154

Straßenabwasser behandelt (Ablauf Gewässerschutzanlage)

In Oberösterreich (NORD) an der A1 und in Vorarlberg (WEST) an der L202 wurden zusätzlich zu den Zulaufen zur Gewässerschutzanlage auch die Abläufe dieser Anlagen beprobt. An der L202 im Untersuchungsgebiet Hard/Lauterach wurden neben den Zu- auch die Ablaufproben zum Retentionsfilterbecken auf die Referenzparameter untersucht. Diese Referenzparameter sind in *Tabelle 88* zusammengefasst.

Tabelle 88: Zusammenfassung der Referenzparameter für die untersuchten behandelten Straßenabwasserproben im Ablauf der Gewässerschutzanlage an der L202 (n.a...nicht auswertbar)

Parameter	Einheit	Straßenabwasser – Ablauf Gewässerschutzanlage		
		WEST 1	WEST 2	WEST 3
Abf. Stoffe	[mg/l]	5,8	9,2	12
pH	[-]	7,9	7,8	7,2
Lf	[µS/cm]	300	180	280
TOC	[mg/l]	7,9	6,8	9,0
CSB	[mg/l]	25	19	23
CSB-filt	[mg/l]	<15	<15	<15
KW-Index	[mg/l]	<0,10	0,30	0,20
N _{geb}	[mg/l]	1,1	1,1	2,4
NH ₄ -N	[mg/l]	<0,10	<0,10	0,54
NO ₃ -N	[mg/l]	0,75	0,61	1,3
SO ₄	[mg/l]	5,1	2,6	5,5
Cl	[mg/l]	2,9	1,6	2,7
P _{ges}	[mg/l]	0,12	0,15	0,20
PO ₄ -P	[mg/l]	0,071	0,060	0,14

Bei einigen Parametern ist ein Rückhalt festzustellen, so z. B. für AFS, TOC und CSB. Die Leitfähigkeit ist im Ablauf jedoch deutlich höher als im Zulauf, was sich in den Chlorid-Konzentrationen jedoch nicht wieder-

spiegelt. Auch die Orthophosphat-Konzentrationen sind im Ablauf deutlich höher als im Zulauf. Dies wurde bereits bei früheren Untersuchungen beobachtet. Bei der Anlage des Retentionsfilterbeckens wurde Klärschlammkompost verwendet. Dieser Klärschlammkompost kann eine Quelle für den gegenüber dem Zulauf erhöhten Phosphorgehalt darstellen. Des Weiteren erfolgen im Filter eine Verdünnung und ein Rückhalt des Straßenabwassers und ein Teil wird gespeichert und erst bei einem darauffolgenden Niederschlagsereignis wieder aus dem Filter verdrängt. Diese verschiedenen Faktoren können eine Begründung für die beobachteten Auffälligkeiten darstellen.

Die Ergebnisse der Spurenstoffuntersuchungen sind in *Tabelle 89* zusammengefasst. Es sind nur Stoffe ausgewiesen, die in zumindest einer der untersuchten Proben nachweisbar waren.

Tabelle 89: Zusammenfassung der Spurenstoff-Analyseergebnisse in den behandelten Straßenabwässern (Ablauf der Gewässerschutzanlagen)

Parameter	Anzahl				Mittelwert [µg/l]	Minimum [µg/l]	Maximum [µg/l]
	Gesamt	n.n.	<BG	>BG			
Blei	6	3	3	-	0,25-2,8	n.n.	<5,0
Cadmium	6	-	5	1	0,018-0,056	<0,05	0,085
Chrom	6	-	6	-	0,50-5,0	<5,0	<5,0
Kupfer	6	-	-	6	11	6,3	14
Nickel	6	1	4	1	3,0-4,2	n.n.	17
Zink	6	-	-	6	18	11	30
Quecksilber	6	-	-	6	0,0056	0,0025	0,0083
NP	6	-	4	2	0,083-0,12	<0,10	0,18
NP1EC	6	1	5	-	0,042-0,092	n.n.	<0,10
OP	6	5	-	1	0,012-0,033	n.n.	0,070
BPA	6	3	2	1	0,043-0,085	n.n.	0,16
Tributylzinn	6	4	-	2	0,0017	n.n.	0,0057
Dibutylzinn	6	3	-	3	0,0037-0,0038	n.n.	0,014
Triphenylzinn	6	5	-	1	0,000078-0,00016	n.n.	0,00047
PFOS	6	-	-	6	0,0081	0,0028	0,017
PFOA	6	-	-	6	0,010	0,0054	0,017
Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	6	3	1	2	0,35-0,47	n.n.	1,2
Diisooheptylphthalat	6	5	1	-	0,030-0,21	n.n.	<0,35
Diisononylphthalat	6	2	2	2	0,49-0,61	n.n.	1,5
BDE 28	6	3	3	-	0,0000042-0,000015	n.n.	<0,000029
BDE 47	6	-	1	5	0,00061-0,00064	<0,00014	0,0014
BDE 49	6	4	1	1	0,0000041-0,0000074	n.n.	0,000024
BDE 99	6	1	1	4	0,00036-0,00038	n.n.	0,0012
BDE 100	6	1	-	5	0,000069-0,000071	n.n.	0,00018
BDE 154	6	5	1	-	0,0000060-0,000011	n.n.	<0,000057
Benzo(a)anthracen	6	3	1	2	0,0014-0,0019	n.n.	0,0063
Benzo(b)fluoranthren	6	5	-	1	0,0013-0,0041	n.n.	0,0080
Benzo(g,h,i)perylen	6	4	-	2	0,0012-0,0015	n.n.	0,0053
Benzo(k)fluoranthren	6	5	1	-	0,00055-0,0039	n.n.	<0,0066
Chrysen	6	3	-	3	0,0019-0,0024	n.n.	0,0057
Dibenzo(a,h)anthracen	6	5	1	-	0,00039-0,0027	n.n.	<0,0046
Fluoranthren	6	5	1	-	0,0028-0,019	n.n.	<0,033
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	6	4	-	2	0,0010-0,0014	n.n.	0,0042
Phenanthren	6	1	1	4	0,0060-0,0064	n.n.	0,013

Parameter	Anzahl				Mittelwert [µg/l]	Minimum [µg/l]	Maximum [µg/l]
	Gesamt	n.n.	<BG	>BG			
Pyren	6	3	1	2	0,0046-0,0068	n.n.	0,016
MTBE	6	2	-	4	7,0	n.n.	26
ETBE	6	5	1	-	0,017-0,12	n.n.	<0,20
Chloride	6	-	-	6	26	1,4	89

Die Metalle Cadmium, Chrom, Kupfer, Zink und Quecksilber, Nonylphenole, die perfluorierten Tenside PFOS und PFOA, das Kongener BDE 47 der polybromierten Diphenylether sowie Chloride waren in allen sechs untersuchten Straßenabwasserproben aus den Abläufen der Gewässerschutzanlagen nachweisbar.

Zusätzlich zu diesen Stoffen waren Nickel, Nonylphenolmonocarboxylate, BDE 99 und BDE 100 sowie Phenanthren in fast allen Abläufen der Gewässerschutzanlagen nachweisbar.

Rückhalt von Spurenstoffen in Gewässerschutzanlagen

In den Siedlungsgebieten Westen (Wasserverband Region Hofsteig) und Norden (Linz) wurde das Straßenabwasser vor und nach einer Behandlung in einer Gewässerschutzanlage beprobt und analysiert. Beide untersuchten Gewässerschutzanlagen bestehen aus einer Sedimentation und einem bepflanzten Bodenfilter. Eine Gegenüberstellung der Zu- und der Ablaufkonzentrationen zeigt *Abbildung 165*. In den Ablaufproben waren weniger Stoffe nachweisbar als in den Zulaufproben und auch die gemessenen Konzentrationen waren in den Ablaufproben zumeist niedriger als in den Zulaufproben.

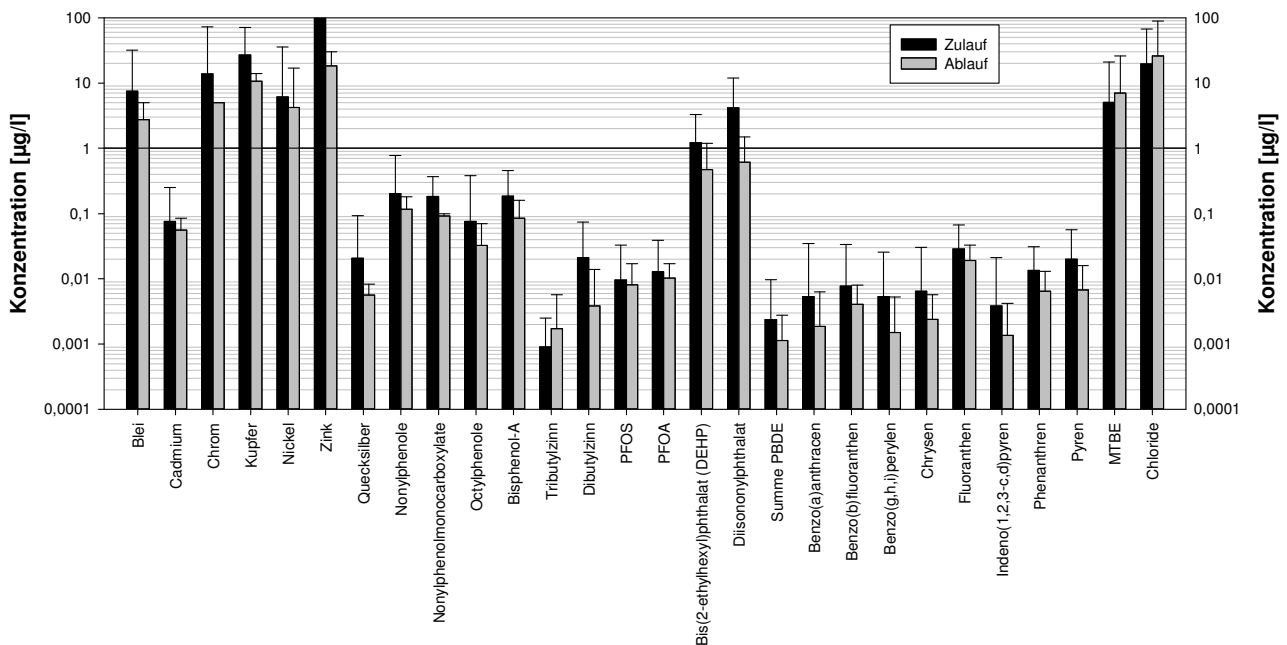


Abbildung 165: Gegenüberstellung der gemessenen Konzentrationen in den Zu- und Ablaufproben bei den untersuchten Gewässerschutzanlagen.

Der Rückhalt in den Gewässerschutzanlagen kann auf Konzentrationsbasis grob abgeschätzt werden, indem die Zu- und Ablaufkonzentrationen gegenübergestellt werden. Der Wirkungsgrad (Entfernung) in *Abbildung 166* wurde aus der Differenz der Zu- und Ablaufkonzentrationen errechnet.

Bei einigen der untersuchten Spurenstoffe erfolgte mit über 60 % ein hoher Rückhalt in den zwei untersuchten Gewässerschutzanlagen (siehe *Abbildung 166*). Dazu zählen vor allem Vertreter der Phthalate, der Organozinnverbindungen, der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe und Metalle. Kein Rückhalt war bei den perfluorierten Tensiden PFOS und PFOA zu beobachten.

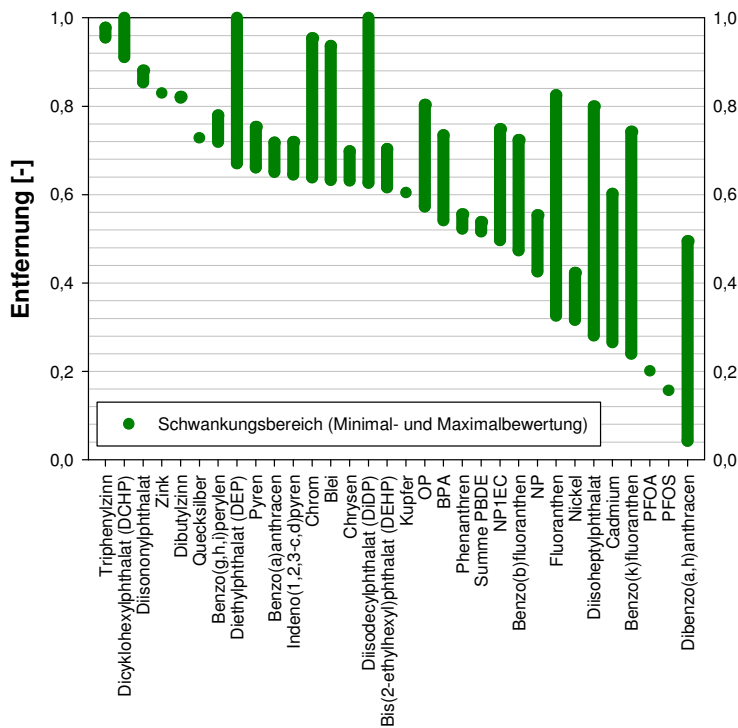


Abbildung 166: Rückhalt von Spurenstoffen in Gewässerschutzanlagen

8.7.6 Grundwasser

Fünf Grundwasserproben wurden während der Sommermonate 2012 (August und September) gezogen. Die Ergebnisse der Spurenstoffuntersuchungen sind in *Tabelle 90* zusammengefasst. Es sind nur Stoffe ausgewiesen, die in zumindest einer der untersuchten Proben nachweisbar waren.

Tabelle 90: Zusammenfassung der Spurenstoff-Analysergebnisse in den untersuchten Grundwasserproben

Parameter	Anzahl				Mittelwert [µg/l]	Minimum [µg/l]	Maximum [µg/l]
	Gesamt	n.n.	<BG	>BG			
Blei	5	4	-	1	2,4-2,8	n.n.	12
Cadmium	5	3	1	1	0,15-0,16	n.n.	0,72
Chrom	5	4	1	-	0,10-1,4	n.n.	<5,0
Kupfer	5	-	-	5	4,4	1,7	8,6
Nickel	5	1	3	1	1,5-2,6	n.n.	7
Zink	5	-	2	3	430	<5,0	2100
Quecksilber	5	2	1	2	0,0047-0,0050	n.n.	0,022
Tributylzinn	5	3	-	2	0,00024-0,00030	n.n.	0,00062
Dibutylzinn	5	3	-	2	0,0014-0,0015	n.n.	0,0036
Benzylbutylphthalat (BBP)	5	4	-	1	0,17-0,19	n.n.	0,85
Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	5	3	-	2	0,39-0,50	n.n.	1,1
Diethylphthalat (DEP)	5	4	-	1	0,034-0,058	n.n.	0,17
Diisobutylphthalat (DiBP)	5	1	-	4	0,33-0,33	n.n.	1,3
Di-n-butylphthalat (DBP)	5	3	-	2	0,24-0,26	n.n.	1,1
BDE 28	5	4	-	1	0,000011-0,000012	n.n.	0,000054
BDE 47	5	1	-	4	0,00048	n.n.	0,001
BDE 49	5	3	1	1	0,0000099-0,000014	n.n.	0,000049

Parameter	Anzahl				Mittelwert [µg/l]	Minimum [µg/l]	Maximum [µg/l]
	Gesamt	n.n.	<BG	>BG			
BDE 66	5	4	1	-	0,00000036-0,000006	n.n.	<0,000023
BDE 85	5	4	-	1	0,0000022-0,000014	n.n.	0,000025
BDE 99	5	1	1	3	0,00020-0,0002003	n.n.	0,00036
BDE 100	5	1	-	4	0,000051-0,000051	n.n.	0,000092
BDE 153	5	2	2	1	0,000073-0,00012	n.n.	0,00036
BDE 154	5	4	1	-	0,00000028-0,000013	n.n.	<0,000057
BDE 207	5	4	1	-	0,0000020-0,0028	n.n.	<0,014
Phenanthren	5	-	5	-	0,0013-0,0026	<0,0026	<0,0026
Chloridazon-desphenyl	5	3	-	2	0,071-0,086	n.n.	0,28
Chloridazon-methyl-desphenyl	5	4	1	-	0,0050-0,030	n.n.	<0,050
N,N-Dimethylsulfamide	5	4	-	1	0,014-0,034	n.n.	0,069
MTBE	5	4	-	1	0,80-0,88	n.n.	4,0
Chloride	5	-	-	5	41	2,9	140

Viele der untersuchten Spurenstoffe sind in keiner der untersuchten Grundwasserproben und nur Kupfer, Zink, Phenanthren und Chloride sind in allen Grundwasserproben nachweisbar. Zusätzlich zu diesen wenigen Stoffen, die in allen Proben nachgewiesen wurden, waren Nickel, Diisobutylphthalat (DiBP) und die Kongenere BDE 47, BDE 99 und BDE 100 der polybromierten Diphenylether in fast allen Proben nachweisbar.

In den nachfolgenden Abbildungen wurden die im Rahmen der GZÜV ermittelten Schwermetallgehalte (rechte Ordinatenachse) und die Chlorid-Konzentrationen (linke Ordinatenachse) in den beprobten Grundwassermessstellen gegenübergestellt.

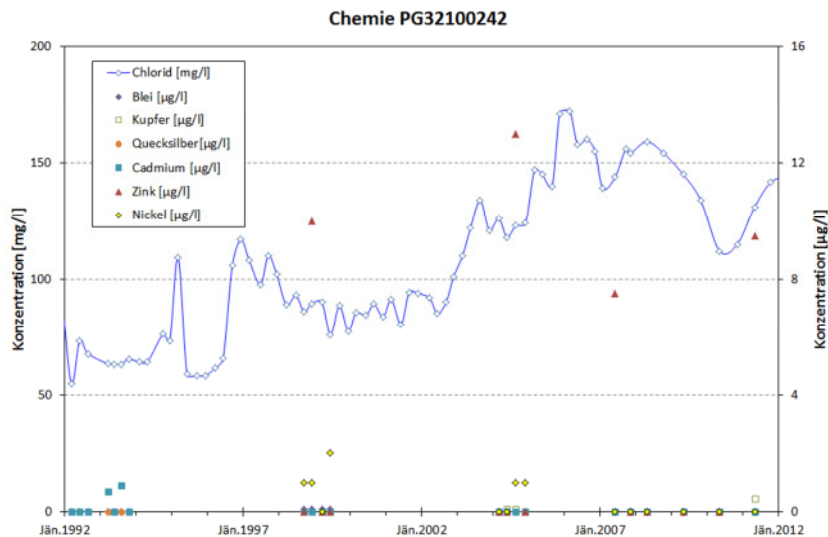


Abbildung 167: Schwermetallgehalte bei der Messstelle PG32100242 im Rahmen der GZÜV.

Für die Messstelle PG32100242 passen die gemessenen Werte im Wesentlichen zu den im Rahmen der GZÜV ermittelten Daten. Lediglich Zink konnte vereinzelt in höheren Konzentrationen (bis 13 µg/l) nachgewiesen werden.

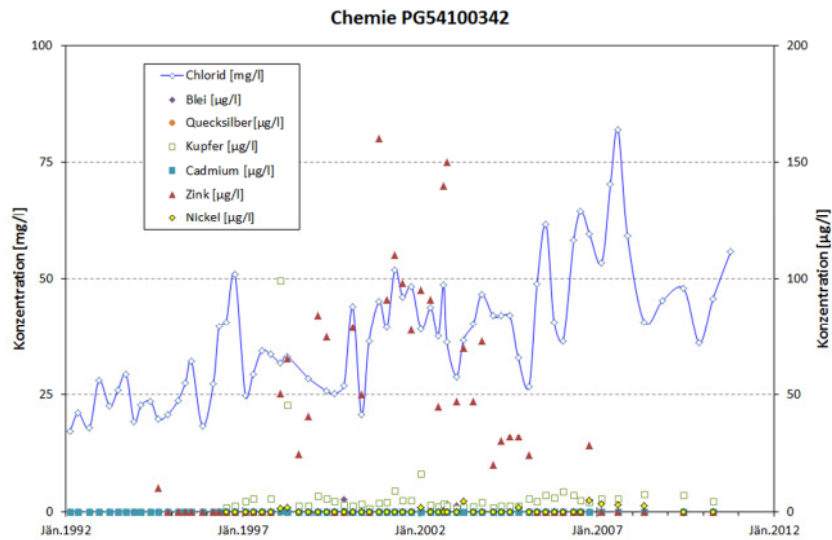


Abbildung 168: Schwermetallgehalte bei der Messstelle PG54100342 im Rahmen der GZÜV.

Bei der Messstelle PG54100342 bewegten sich die Zinkkonzentrationen von 1998 bis 2005 fast ausschließlich im Bereich zwischen 20 und 160 µg/l. Seither liegen die Werte unter 20 µg/l. Die nunmehr gemessenen Schwermetallkonzentrationen decken sich mit den Messwerten aus der GZÜV.

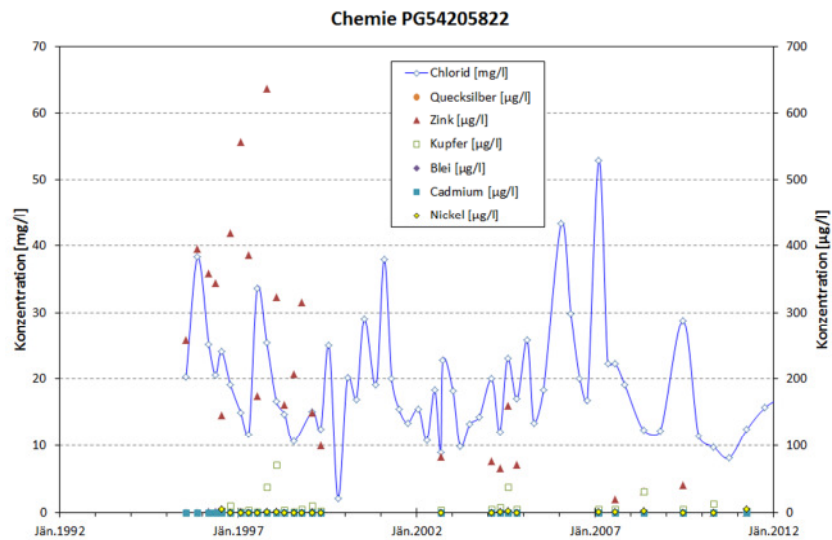


Abbildung 169: Schwermetallgehalte bei der Messstelle PG54205822 im Rahmen der GZÜV.

Ähnliches gilt auch für die Messstelle PG54205822. Hier wurden vor dem Jahr 2000 im Rahmen der GZÜV Zinkkonzentrationen bis zu 632 µg/l gemessen. Die nunmehr ermittelten Schwermetallgehalte liegen in etwa derselben Größenordnung wie jene die zuletzt bei den GZÜV-Untersuchungen gemessen wurden.

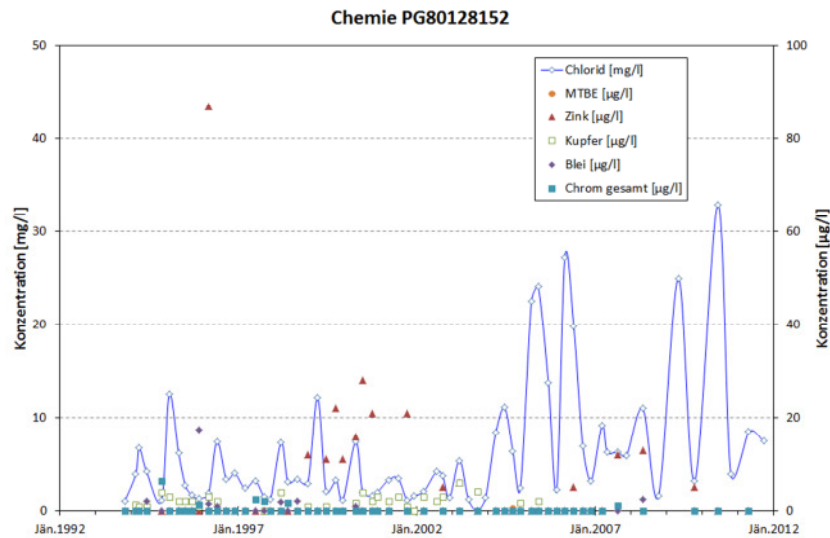


Abbildung 170: Schwermetallgehalte bei der Messstelle PG80128152 im Rahmen der GZÜV.

Bei der Messstelle PG80121152 lagen die im Rahmen der GZÜV gemessenen Zinkkonzentrationen vor allem im Zeitraum 1999 bis 2000 immer zwischen 10 und 30 µg/l. Seither liegen die Werte meist unter der Bestimmungsgrenze, vereinzelt wurden Zinkkonzentrationen zwischen 5 und 13 µg/l ermittelt. Die nunmehr gemessenen Schwermetallkonzentrationen decken sich mit den Messwerten aus der GZÜV.

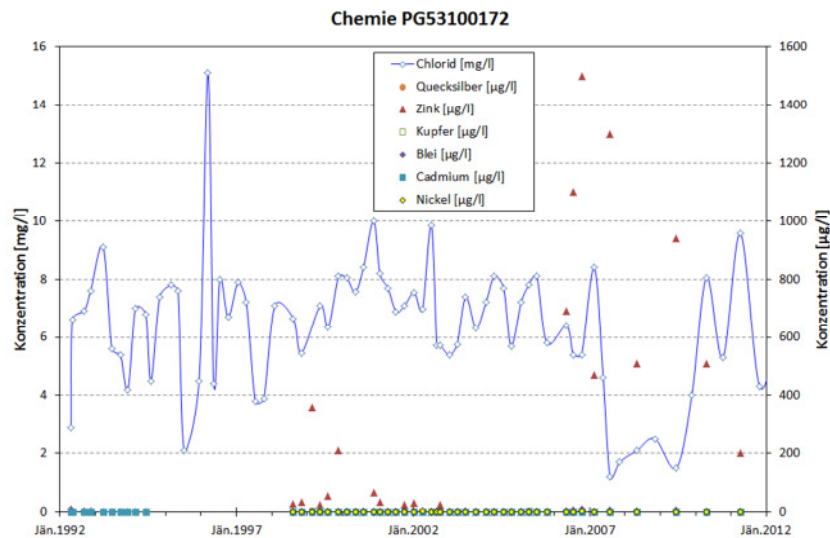


Abbildung 171: Schwermetallgehalte bei der Messstelle PG53100172 im Rahmen der GZÜV.

Bei der durch Straßenabwässer unbeeinflussten Messstelle PG53100172 wurden auch im Rahmen der GZÜV-Untersuchungen ungewöhnlich hohe Zinkkonzentrationen festgestellt. Dies könnte bei dieser Messstelle auf das zum Ausbau der Messstelle verwendete Material (verzinkter Sondenabschluss) zurückzuführen sein. Die Gehalte der anderen Schwermetalle decken sich ebenfalls mit den gemessenen Werten.

Für die anderen nachweisbaren Stoffe liegen keine Vergleichsdaten aus der GZÜV vor.

In zwei der fünf Messstellen waren Organozinnverbindungen, sowohl Tributylzinn- als auch Dibutylzinnverbindungen, nachweisbar. Die gemessenen Konzentrationen für Tributylzinnverbindungen betragen rund 0,0006 µg/l. Diese Konzentrationen liegen über der mittleren Konzentration, die im Zuge der Kläranlagenuntersuchungen im Ablauf kommunaler Kläranlagen beobachtet wurde (Umweltbundesamt, 2009). Die beiden Messstellen sind von Straßenabwässern beeinflusst und Organozinnverbindungen waren sowohl in den Zulaufproben als auch den Ablaufproben des Retentionsfilterbeckens an der L202 nachweisbar. Diese Stoffe wurden aber nicht in allen Straßenabwasserproben gefunden, weshalb auch andere Eintragspfade relevant sein könnten.

Mehrere Phthalate waren in den Grundwasserproben nachweisbar. Diisobutylphthalat (DiBP) wurde in vier der fünf beprobten Grundwassermessstellen gefunden und es wurde eine Maximalkonzentration von 0,24 µg/l gemessen. In einer Messstelle (PG32100242) wurden neben DiBP noch einige andere Phthalate nachgewiesen, die zumeist bei den anderen Grundwassermessstellen nicht gefunden wurden. Bei dieser Messstelle wurde mit 130 µg/l auch die höchste Konzentration für DEHP gemessen. Dies ist der höchste Messwert des gesamten Untersuchungsprogrammes!

In einzelnen Grundwassermessstellen wurden die Pflanzenschutzmittelwirkstoffe Chloridazon-desphenyl, Chloridazon-methyl-desphenyl und N,N-Dimethylsulfamide nachgewiesen. Die höchste Konzentration wurde mit 0,28 µg/l für Chloridazon-desphenyl bei der Messstelle PG32100242 beobachtet. Dies ist die Messstelle, bei der die höchsten DEHP und auch die höchsten Chlorid-Konzentrationen (140 µg/l) gemessen wurden.

8.7.7 Vergleich unterschiedlicher Eintragspfade

Die Mittelwerte der Messergebnisse der untersuchten Stoffe in den unterschiedlichen Eintragspfaden sind in der *Tabelle 91* zusammengefasst. Der angegebene Schwankungsbereich gibt die Mittelwerte aus der Minimal- und der Maximalbewertung wieder.

Nur Nonylphenoldicarboxylat, Diisopentylphthalat, Di-n-pentylphthalat, Dipropylphthalat, n-Pentyl-isopentyl Phthalat, Naphthalin, Chloridazon, Metazachlor und Propazin waren in keiner Probe nachweisbar. Alle anderen untersuchten Stoffe wurden zumindest in einer Probe nachgewiesen.

Am meisten Spurenstoffe (40) wurden in den Trockenwetterzulaufproben der zwei Kläranlagen nachgewiesen. Im Mischwasser wurden rund 28 der untersuchten Stoffe nachgewiesen und in den unbehandelten Straßenabwasserproben rund 23 Stoffe. In den behandelten Straßenabwasserproben und in den Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen wurden zwischen 15 und 18 Stoffe nachgewiesen. Am wenigsten Spurenstoffe waren in der Deposition (11) und im Grundwasser (9) nachweisbar.

Nur sehr wenige Stoffe waren in allen beprobten Eintragspfaden nachweisbar: Kupfer, Nickel, Zink und die Kongenere BDE 99 und BDE 100 der polybromierten Diphenylether. Zusätzlich zu diesen Stoffen waren Quecksilber, Nonylphenole, Nonylphenolmonoethoxylate, die perfluorierten Tenside PFOA und PFOS und Phenanthren in allen Abwasserproben nachweisbar. Quecksilber wurde nur in den Grundwasserproben und Phenanthren nur in der Deposition nicht gefunden. Die Industriechemikalien und die perfluorierten Tenside waren weder im Grundwasser noch in der Deposition, aber in allen Abwasserproben nachweisbar.

Die gemessenen Konzentrationen wiesen z. T. einen sehr hohen Schwankungsbereich auf. So schwankten die Konzentrationen im Kläranlagenablauf bei den polybromierten Diphenylethern über mehrere Zehnerpotenzen. Bei anderen Stoffen bzw. Eintragspfaden ist der Schwankungsbereich wiederum sehr gering. Die höchsten Konzentrationen werden zumeist im Rohabwasser oder im Mischwasser gemessen. Die Konzentrationen im Kläranlagenablauf sind zumeist deutlich niedriger als die Konzentrationen im Rohabwasser oder im Mischwasser. Eine Ausnahme bilden die perfluorierten Tenside oder auch die untersuchten Pflanzenschutzmittelwirkstoffe. Bei diesen Stoffen sind die Konzentrationen im Kläranlagenablauf ähnlich zu jenen im Kläranlagenzulauf. Die Konzentrationen im Kläranlagenablauf sind demnach bei einigen Stoffen im Vergleich zu den anderen Eintragspfaden hoch (z. B. bei den perfluorierten Tensiden). Bei vielen Stoffen sind aber die Konzentrationen in anderen Eintragspfaden deutlich höher als in den untersuchten Kläranlagenablaufproben, wie z. B. für Quecksilber oder Zink. Für diese Stoffe sind die Einträge in die Gewässer über andere Eintragspfade von Interesse und für eine frachtspezifische Betrachtung zur Identifikation von Haupteintragspfaden von Relevanz.

Tabelle 91: Mittlere Konzentrationen [$\mu\text{g/l}$] der untersuchten Stoffe in den verschiedenen Eintragspfaden (die untere Grenze stammt aus der Minimal-, die obere Grenze aus der Maximalbewertung unter Berücksichtigung der nicht nachweisbaren Stoffe sowie der Nachweise kleiner Bestimmungsgrenze) (ZU...Zulauf, AB...Ablauf, MW...Mischwasser, NWK...Niederschlagswasser aus Trennkanalisationen, GSA-ZU...Zulauf Gewässerschutzanlage, GSA-AB...Ablauf Gewässerschutzanlage, GW...Grundwasser).

Parameter	Deposition	Kläranlage (Trockenwetter)		MW	NWK	Straßenabwasser		GW
		ZU	AB			GSA-ZU	GSA-AB	
Blei	0,38-4,0	4,9-7,2	n.n.	2,1-6,0	1,5-5,2	3,9-7,5	0,25-2,8	2,4-2,8
Cadmium	0,019-0,047	0,21	0,00083-0,013	0,074	0,077-0,085	0,046-0,076	0,018-0,056	0,15-0,16
Chrom	0,077-1,2	9,2-10	n.n.-<5,0	n.n.-<5,0	0,25-2,8	11-14	n.n.-<5,0	0,1-1,4
Kupfer	5,5	47	5,5	23	22	27	11	4,4
Nickel	3,1-4,5	6,2	4,4-4,7	2,2-3,0	1,7-2,6	5,1-6,1	3,0-4,2	1,5-2,6
Zink	47	150	23	140	120	110	18	430
Quecksilber	0,014	0,10	0,010	0,037	0,017	0,021	0,0056	0,0047-0,0050
Nonylphenol	0,13-0,17	3,4	0,32-0,33	1,0	0,76-0,77	0,19-0,20	0,083-0,12	n.n.
Nonylphenolmonoethoxylat	0,010-0,056	3,4	0,042-0,083	0,43-0,44	0,037-0,078	n.n.	n.n.	n.n.
Nonylphenoldiethoxylat	0,0077-0,058	0,067-0,092	0,11-0,16	0,18-0,21	0,037-0,078	0,0056-0,056	n.n.	n.n.
Nonylphenolmonocarboxylat	0,024-0,070	0,28	0,71	0,22	0,095-0,13	0,17-0,18	0,042-0,0917	n.n.
Nonylphenoldicarboxylat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Octylphenol	0,015-0,036	0,62	0,081-0,093	0,12-0,13	0,13-0,15	0,059-0,076	0,012-0,033	n.n.
Bisphenol-A	0,044-0,082	6,6	0,20-0,24	0,38	0,94	0,16-0,19	0,043-0,085	n.n.
Tributylzinn	0,0019	0,00081	0,0011	0,00071	0,00067-0,00072	0,00086-0,00091	0,0017	0,00024-0,0003
Dibutylzinn	0,0013	0,00655	0,00037-0,00040	0,0041	0,0015	0,021	0,0038	0,0014-0,0015
Tetrabutylzinn	n.n.	0,00005-0,00015	n.n.	0,000029-0,00013	0,0006-0,00068	n.n.	n.n.	n.n.
Diphenylzinn	0,00011-0,00019	n.n.	0,000017-0,00012	0,00020-0,00025	n.n.	0,00004-0,00013	n.n.	n.n.
Triphenylzinn	0,00014-0,00022	n.n.	0,00048-0,00053	0,00028-0,00032	0,00011-0,00017	0,0036-0,0036	0,000078-0,0001	n.n.
Perfluoroktansulfonsäure	0,00020-0,0011	0,022	0,013	0,0062	0,0051	0,0096	0,0081	n.n.
Perfluoroktansäure	0,00041-0,0013	0,021	0,019	0,0095	0,0098	0,013	0,010	n.n.
17a-Ethinylöstradiol	n.n.	0,010	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Östron	n.n.	0,028	0,0012-0,00135	0,0025-0,0026	0,00060-0,00074	n.n.	n.n.	n.n.
17b-Östradiol	n.n.	0,013	0,00038-0,00055	0,0013-0,0014	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Östriol	n.n.	0,041	n.n.	0,0063-0,0065	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

Parameter	Deposition	Kläranlage (Trockenwetter)		MW	NWK	Straßenabwasser		GW
		ZU	AB			GSA-ZU	GSA-AB	
Benzylbutylphthalat	0,0023-0,032	0,082-0,11	n.n.	0-0,03	n.n.	n.n.	n.n.	0,17-0,19
Bis(2-ethylhexyl)phthalat	0,11-0,27	2,8	0,060-0,24	0,60-0,65	0,78-0,84	1,2	0,35-0,47	0,39-0,50
Bis(2-methoxyethyl)phthalat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Dicyklohexylphthalat	0,0023-0,032	n.n.	n.n.	0,012-0,036	n.n.	0,31-0,34	n.n.	n.n.
Diethylphthalat	0,031-0,050	0,86	n.n.	0,15	n.n.	0,069-0,091	n.n.	0,034-0,058
Diisobutylphthalat	0,11-0,12	0,12-0,13	0,0050-0,033	0,059-0,08	n.n.	0,016-0,040	n.n.	0,33-0,33
Diisodecylphthalat	n.n.	n.n.	n.n.	0,59-0,74	0,58-0,70	0,32-0,48	n.n.	n.n.
Diisoheptylphthalat	n.n.	0,52-0,61	n.n.	0,051-0,21	n.n.	0,15-0,29	0,030-0,21	n.n.
Diisononylphthalat	n.n.	3,9	n.n.	1,1	0,73-0,85	4,1-4,2	0,49-0,61	n.n.
Diisopentylphthalat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Dimethylphthalat	0,014-0,038	0,028-0,048	0,023-0,048	n.n.	n.n.	0,010-0,037	n.n.	n.n.
Di-n-butylphthalat	0,036-0,053	0,010-0,037	0,005-0,033	0,016-0,037	n.n.	n.n.	n.n.	0,24-0,26
Di-n-octylphthalat	n.n.	0,030-0,053	n.n.	n.n.	n.n.	0,012-0,038	n.n.	n.n.
Di-n-pentylphthalat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Dipropylphthalat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
n-Pentyl-isopentyl Phthalat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
BDE 28	9×10^{-6} - $1,2 \times 10^{-5}$	$3,1 \times 10^{-7}$ - $1,5 \times 10^{-5}$	$4,1 \times 10^{-7}$ - $1,1 \times 10^{-5}$	0,000013-0,000018	n.n.	$1,7 \times 10^{-7}$ - $1,3 \times 10^{-5}$	$4,2 \times 10^{-7}$ - $1,5 \times 10^{-5}$	$1,1 \times 10^{-5}$ - $1,2 \times 10^{-5}$
BDE 47	0,00086-0,00089	0,00086	0,00032-0,00037	0,0014	0,00025-0,00029	0,0010	0,00061-0,00064	0,00048
BDE 49	$1,5 \times 10^{-5}$ - $1,7 \times 10^{-5}$	0,000024-0,000030	$1,4 \times 10^{-7}$ - $4,4 \times 10^{-6}$	0,000016-0,000024	$3,0 \times 10^{-7}$ - $6,2 \times 10^{-6}$	$1,0 \times 10^{-5}$ - $1,6 \times 10^{-5}$	$4,1 \times 10^{-6}$ - $7,4 \times 10^{-6}$	$9,9 \times 10^{-6}$ - $1,4 \times 10^{-5}$
BDE 66	$3,6 \times 10^{-6}$ - $4,7 \times 10^{-6}$	0,000026-0,000028	n.n.	$3,6 \times 10^{-6}$ - $8,8 \times 10^{-6}$	n.n.	$4,7 \times 10^{-6}$ - $1,1 \times 10^{-5}$	n.n.	$3,6 \times 10^{-7}$ - $6,7 \times 10^{-6}$
BDE 77	n.n.	0,000022	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
BDE 85	$3,5 \times 10^{-6}$ - $9,4 \times 10^{-6}$	0,000063-0,000073	n.n.	0,000018-0,000027	n.n.	$3,3 \times 10^{-5}$ - $4,9 \times 10^{-5}$	n.n.	$2,2 \times 10^{-6}$ - $1,4 \times 10^{-5}$
BDE 99	0,00043-0,00046	0,00086	0,00016-0,00020	0,0012-0,0013	0,000069-0,00014	0,00091-0,00095	0,00036-0,00038	0,0002
BDE 100	$8,6 \times 10^{-6}$ - $8,9 \times 10^{-5}$	0,00015	0,000043-0,000048	0,00023	0,000018-0,00002	0,00017	$6,9 \times 10^{-5}$ - $7,1 \times 10^{-5}$	0,000051
BDE 118	n.n.	0,000059-0,000064	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
BDE 126	n.n.	0,00004-0,000046	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
BDE 139	n.n.	$3,5 \times 10^{-5}$ - $4,0 \times 10^{-5}$	n.n.	n.n.	n.n.	$1,1 \times 10^{-5}$ - $1,5 \times 10^{-5}$	n.n.	n.n.
BDE 153	$7,0 \times 10^{-8}$ - $9,5 \times 10^{-6}$	0,000050-0,00010	0,00032	0,000064-0,00012	$2,1 \times 10^{-6}$ - $5,6 \times 10^{-5}$	$8,9 \times 10^{-5}$ -0,00012	n.n.	$7,3 \times 10^{-5}$ -0,00012

Parameter	Deposition	Kläranlage (Trockenwetter)		MW	NWK	Straßenabwasser		GW
		ZU	AB			GSA-ZU	GSA-AB	
BDE 154	1,7x10 ⁻⁷ -9,4x10 ⁻⁶	0,000068-0,000079	0,000092-0,000094	0,000049-0,000064	5,2x10 ⁻⁷ -0,000011	5,7x10 ⁻⁵ -8,3x10 ⁻⁵	6,0x10 ⁻⁷ -1,1x10 ⁻⁵	2,8x10 ⁻⁷ -1,3x10 ⁻⁵
BDE 175 + 181	n.n.	n.n.	0,000016-0,000025	n.n.	0,000011-0,000061	n.n.	n.n.	n.n.
BDE 183	n.n.	n.n.	0,00058	2,6x10 ⁻⁷ -0,00023	5,7x10 ⁻⁷ -0,00028	0,00058	n.n.	n.n.
BDE 196	2,6x10 ⁻⁷ -1,0x10 ⁻⁴	n.n.	0,0013-0,0015	9,0x10 ⁻⁷ -0,00038	0,00057-0,00079	0,00049	n.n.	n.n.
BDE 197	n.n.	n.n.	0,00088-0,0011	4,9x10 ⁻⁷ -0,00022	0,00042	0,00043	n.n.	n.n.
BDE 203	n.n.	0,0000007-0,00027	0,0011-0,0014	0,000011-0,00046	0,00083-0,0011	0,00056	n.n.	n.n.
BDE 207	8,5x10 ⁻⁷ -0,0011	0,0000037-0,0024	0,0036	0,0000046-0,0047	0,0043	0,0027-0,0027	n.n.	0,000002-0,0028
BDE 209	n.n.	0,00022-0,12	0,000017-0,045	0,000067-0,090	0,000053-0,060	0,0000044-0,020	n.n.	n.n.
Acenaphthen	0,0015-0,0065	0,023	n.n.	0,0058-0,0093	0,0025-0,0074	0,00055-0,0055	n.n.	n.n.
Acenaphthylen	n.n.	0,0033-0,0068	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Anthracen	n.n.	0,0155-0,0265	n.n.	0,0047-0,021	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Benzo(a)anthracen	0,00042-0,00093	0,028	n.n.	0,0056-0,0057	0,00053-0,00097	0,0051-0,0054	0,0014-0,0019	n.n.
Benzo(a)pyren	n.n.	0,0017-0,012	n.n.	n.n.	n.n.	0,0038-0,013	n.n.	n.n.
Benzo(b)fluoranthren	n.n.	0,0025-0,0053	n.n.	0,0017-0,0045	n.n.	0,0048-0,0078	0,0013-0,0041	n.n.
Benzo(g,h,i)perylene	0,00026-0,00072	0,0032	0,00045-0,00087	0,0025-0,0026	0,00063-0,00097	0,0053	0,0012-0,0015	0-0,0005
Benzo(k)fluoranthren	n.n.	0,00055-0,0039	n.n.	0,0014-0,0047	n.n.	0,0021-0,0051	0,00055-0,0039	n.n.
Chrysen	0,0012-0,0020	0,0051	0,00033-0,0013	0,010	0,0014-0,0020	0,0063-0,0065	0,0019-0,0024	0-0,00099
Dibenzo(a,h)anthracen	n.n.	0,00039-0,0027	n.n.	n.n.	n.n.	0,00076-0,0028	0,00039-0,0027	n.n.
Fluoranthren	n.n.	0,017-0,030	n.n.	0,0071-0,024	n.n.	0,016-0,029	0,0028-0,019	n.n.
Fluoren	0,00086-0,0065	0,019	0,0028-0,0084	0,0046-0,0086	n.n.	0,0012-0,0069	n.n.	n.n.
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	0,00027-0,00073	0,0031	0,00047-0,00080	0,0017-0,0019	0,00035-0,00077	0,0037-0,0039	0,0010-0,0014	n.n.
Naphthalin	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Phenanthren	0,0028-0,0036	0,048	0,0092-0,0094	0,018	0,0049-0,0054	0,014	0,0060-0,0064	0,0013-0,0026
Pyren	0,0013-0,0044	0,061	0,0022-0,0055	0,015	0,0044-0,0060	0,019-0,020	0,0046-0,0068	0-0,0033
Diuron	n.n.	0,096	0,094	0,15	n.n.	0,0028-0,028	n.n.	n.n.
Chloridazon	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Chloridazon-desphenyl	n.n.	0,37-0,37	0,22-0,23	0,080-0,093	n.n.	n.n.	n.n.	0,071-0,086
Chloridazon-methyl-desphenyl	n.n.	0,052-0,065	0,058-0,070	0,013-0,038	n.n.	n.n.	n.n.	0,0050-0,030

Parameter	Deposition	Kläranlage (Trockenwetter)		MW	NWK	Straßenabwasser		GW
		ZU	AB			GSA-ZU	GSA-AB	
Clothianidin	n.n.	n.n.	n.n.	0,0063-0,031	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Carbendazim	n.n.	0,068-0,080	0,073-0,085	0,050-0,056	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Ethofumesate	n.n.	n.n.	n.n.	0,046-0,065	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Isoproturon	n.n.	n.n.	0,0063-0,031	n.n.	n.n.	0,0028	n.n.	n.n.
Metazachlor	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Metolachlor	n.n.	n.n.	n.n.	0,055-0,068	0,0062-0,031	0,012-0,034	n.n.	n.n.
N,N-Dimethylsulfamide	n.n.	0,065-0,078	0,086-0,093	0,039-0,052	0,094	n.n.	n.n.	0,014-0,034
Propazin	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Terbuthylazine	n.n.	n.n.	n.n.	0,075-0,088	0,0063-0,031	0,011-0,033	n.n.	n.n.
Terbuthylazine-desethyl	n.n.	n.n.	n.n.	0,019-0,044	0,033-0,051	0,020-0,042	n.n.	n.n.
Terbuthylazine-2-hydroxy-dese	n.n.	n.n.	n.n.	0,013-0,038	0,0063-0,031	n.n.	n.n.	n.n.
Terbuthylazine-2-hydroxy	n.n.	n.n.	0,0063-0,031	0,034-0,046	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Thiamethoxam	n.n.	n.n.	0,013-0,038	0,033-0,046	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
MTBE	16	-	-	-	-	5,0-5,1	7,0	0,80-0,88
ETBE	n.n.	-	-	-	-	n.n.	0,017-0,12	n.n.
Chloride	0,53	-	-	-	-	20	26	41

8.8 Annex VIII: Frachtberechnungen

8.8.1 Bundesländer

Die Berechnung der emittierten Frachten aus den Eintragspfaden Kläranlagenablauf, Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen, Mischwasserentlastungen und außerurbanen befestigten Straßenflächen basiert auf den Abwassermengen der *Tabelle 11* und den Mittelwerten der gemessenen Konzentrationen in den jeweiligen Eintragspfaden. Dabei wurden sowohl die Mittelwerte aus der Minimal- als auch aus der Maximalbewertung berücksichtigt, um die mit dem Auswertemodus verknüpften Unsicherheiten darzustellen. Bei der Minimalbewertung werden nicht nachweisbare Stoffe gleich null gesetzt und Ergebnisse kleiner der Bestimmungsgrenze mit der Nachweisgrenze berücksichtigt. Bei der Maximalbewertung werden nicht nachweisbare Stoffe mit der Nachweisgrenze und Ergebnisse kleiner der Bestimmungsgrenze mit der Bestimmungsgrenze berücksichtigt. Der ausgewiesene Bereich gibt den Schwankungsbereich aufgrund dieser zwei Bewertungen wieder.

Die Ergebnisse der Frachtbeiträge aus den betrachteten Eintragspfaden zeigen die folgenden Tabellen für die neun Bundesländer.

*Tabelle 92: Relativer Frachtbeitrag zur Gesamtemission der bewerteten Eintragspfade für das **Burgenland** (ARA-AB...Kläranlagenablauf, NWK...Niederschlagswasser aus Trennkanalisationen, MW...Mischwasserentlastung, STR...Außerurbanes Straßenabwasser)*

Parameter	ARA-AB	NWK	MW	STR
Blei	0-11	14-22	37-52	30-34
Cadmium	2-20	25-35	33-43	20-23
Chrom	13-49	1-5	21-37	25-49
Kupfer	26	20	30	24
Nickel	61-64	5-7	17	14-15
Zink	26	26	25	22
Quecksilber	22	7	63	8
Nonylphenole	55	24	15	6
Nonylphenolmonoethoxylate	36-47	6-8	39-58	0-5
Nonylphenoldiethoxylate	80-91	6-8	2-6	1-6
Nonylphenolmonocarboxylate	87-88	2-3	6	4
Octylphenole	63-64	19-20	8-9	9-10
Bisphenol-A	43-47	35-38	12-13	6-7
Tributylzinn	14	2	82	2
Dibutylzinn	7	5	16	71-72
Tetrabutylzinn	0-35	45-84	13-16	0-7
Diphenylzinn	4-19	0-3	73-95	2-4
Triphenylzinn	42-43	2-3	1-2	52-55
PFOS	74	5	10	10
PFOA	78	7	5	10
17a-Ethinylöstradiol	0-62	0-12	14-100	0-12
Östron	63	6-7	28-31	0-2
17b-Östradiol	71-77	0-5	19-23	0-5
Östriol	0-20	0-3	73-100	0-4
Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	8-25	17-20	35-44	24-29
Bis(2-methoxyethyl)phthalat	0-62	0-12	14-100	0-12
Dicyclohexylphthalat (DCHP)	0-29	0-5	5-7	59-95

Parameter	ARA-AB	NWK	MW	STR
Diethylphthalat (DEP)	0-44	0-8	23-48	25-52
Diisobutylphthalat (DiBP)	17-46	0-8	36-73	10
Diisodecylphthalat (DiDP)	0-40	29-58	11-12	20-30
Diisoheptylphthalat	0-59	0-11	0-12	18-100
Diisononylphthalat	0-14	13	15-17	59-70
Dimethylphthalat (DMP)	72-93	0-9	0-9	7-11
Di-n-butylphthalat (DBP)	45-60	0-10	19-55	0-11
Di-n-octylphthalat (DOP)	0-61	0-12	13-27	15-73
Summe PBDE	52-53	4-5	20-22	22-23
Acenaphthen	0-59	17-47	12-43	10-13
Benzo(a)anthracen	0-31	8-9	15-23	46-69
Benzo(a)pyren	0-64	0-12	0-9	15-100
Benzo(b)fluoranthen	0-56	0-11	9	24-91
Benzo(g,h,i)perylene	26-38	7-8	10-13	43-55
Benzo(k)fluoranthen	0-62	0-12	0-9	18-100
Chrysen	16-40	12	13-18	36-54
Dibenzo(a,h)anthracen	0-64	0-12	0-9	15-100
Fluoranthen	0-59	0-11	10-14	19-86
Fluoren	71-84	0-9	9	7-11
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	33-43	5-8	11-14	38-48
Phenanthren	62	6-7	14	17
Pyren	27-45	9-10	16-21	30-42
Diuron	69-76	0-3	22-23	1-6
Chloridazon-desphenyl	85-90	0-2	10	0-3
Chloridazon-methyl-desphenyl	76-93	0-5	7-11	0-8
Clothianidin	0-56	0-11	16-100	0-16
Carbendazim	73-81	0-4	16-19	0-6
Ethofumesate	0-55	0-10	19-100	0-16
Isoproturon	62-89	0-9	0-12	11-16
Metolachlor	0-47	9-11	24-65	18-26
N,N-Dimethylsulfamide	65-67	13-14	18-19	0-5
Terbutylazine	0-45	8-11	27-72	17-20
Terbutylazine-desethyl	0-45	18-42	15-22	22-36
Terbutylazine-2-hydroxy-desethyl	0-55	13-53	16-47	0-16
Terbutylazine-2-hydroxy	62-86	0-9	14	0-14
Thiamethoxam	56-59	0-7	22-44	0-11

Tabelle 93: Relativer Frachtbeitrag zur Gesamtemission der bewerteten Eintragspfade für **Kärnten** (ARA-AB...Kläranlagenablauf, NWK...Niederschlagswasser aus Trennkanalesationen, MW...Mischwasserentlastung, STR...Außerurbanes Straßenabwasser)

Parameter	ARA-AB	NWK	MW	STR
Blei	0-5	37-49	8-14	37-50
Cadmium	1-10	56-69	7-8	22-27
Chrom	8-34	3-16	6-11	43-78
Kupfer	14	47	7	31
Nickel	45-50	17-22	5-6	27-28

Parameter	ARA-AB	NWK	MW	STR
Zink	13	56	5	26
Quecksilber	22	31	28	20
Nonylphenole	29-30	59	4	8
Nonylphenolmonoethoxylate	41	31-33	15-29	0-12
Nonylphenoldiethoxylate	61-76	21-26	1-2	2-10
Nonylphenolmonocarboxylate	77-80	9-12	2	8-9
Octylphenole	36	48-50	2	12-13
Bisphenol-A	18-21	70-73	2	7
Tributylzinn	22	11-12	56-57	9
Dibutylzinn	3-4	11	3	82
Tetrabutylzinn	0-13	78-98	2	0-6
Diphenylzinn	8-26	0-19	42-85	8-13
Triphenylzinn	23	4-6	0-1	70-73
PFOS	57	19	4	20
PFOA	56	24	2	18
17a-Ethinylöstradiol	0-41	0-35	4-100	0-20
Östron	58-61	26-27	11-13	0-4
17b-Östradiol	62-88	0-19	7-12	0-11
Östriol	0-27	0-19	42-100	0-13
Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	4-14	43-47	9-10	34-38
Bis(2-methoxyethyl)phthalat	0-41	0-35	4-100	0-20
Dicyklohexylphthalat (DCHP)	0-14	0-12	1-2	72-99
Diethylphthalat (DEP)	0-29	0-25	7-14	40-86
Diisobutylphthalat (DiBP)	23-38	0-29	13-44	21-33
Diisodecylphthalat (DiDP)	0-18	59-77	1-2	21-22
Diisoheptylphthalat	0-37	0-32	0-3	28-100
Diisononylphthalat	0-6	25-26	3	65-72
Dimethylphthalat (DMP)	51-84	0-27	0-3	16-19
Di-n-butylphthalat (DBP)	43-65	0-33	6-35	0-18
Di-n-octylphthalat (DOP)	0-39	0-34	4-6	23-94
Summe PBDE	38-39	12-16	6-7	39-42
Acenaphthen	0-35	44-83	3-7	9-18
Benzo(a)anthracen	0-16	16-21	4-5	60-79
Benzo(a)pyren	0-40	0-34	0-2	24-100
Benzo(b)fluoranthen	0-33	0-28	2	36-98
Benzo(g,h,i)perylene	13-21	16-20	2-3	57-68
Benzo(k)fluoranthen	0-38	0-32	0-2	27-100
Chrysen	7-21	26-28	3-4	48-63
Dibenzo(a,h)anthracen	0-40	0-34	0-2	23-100
Fluoranthen	0-37	0-31	3	29-97
Fluoren	50-80	0-28	3-4	16-19
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	19-24	12-20	3	53-66
Phenanthren	44-45	21-22	4-5	29-30
Pyren	15-27	25	4-5	44-55
Diuron	63-87	0-14	9-12	2-13
Chloridazon-desphenyl	82-95	0-8	4-5	0-6

Parameter	ARA-AB	NWK	MW	STR
Chloridazon-methyl-desphenyl	61-97	0-19	3-4	0-16
Clothianidin	0-37	0-32	5-100	0-27
Carbendazim	64-91	0-16	6-9	0-14
Ethofumesate	0-37	0-31	6-100	0-26
Isoproturon	42-78	0-28	0-4	22-26
Metolachlor	0-31	31-33	7-22	30-47
N,N-Dimethylsulfamide	46-49	40-45	5-6	0-9
Terbuthylazine	0-31	31-33	8-28	29-42
Terbuthylazine-desethyl	0-25	43-66	3-4	29-31
Terbuthylazine-2-hydroxy-desethyl	0-34	37-92	4-8	0-25
Terbuthylazine-2-hydroxy	42-93	0-29	4-7	0-24
Thiamethoxam	45-74	0-26	7-26	0-22

Tabelle 94: Relativer Frachtbeitrag zur Gesamtemission der bewerteten Eintragspfade für **Niederösterreich** (ARA-AB...Kläranlagenablauf, NWK...Niederschlagswasser aus Trennkanalisationen, MW...Mischwasserentlastung, STR...Außerurbanes Straßenabwasser)

Parameter	ARA-AB	NWK	MW	STR
Blei	0-8	22-34	26-38	33-40
Cadmium	1-14	39-50	22-28	21-25
Chrom	10-41	2-9	17-29	33-60
Kupfer	19	32	22	27
Nickel	53-57	9-12	14-15	19-20
Zink	18	40	17	24
Quecksilber	19	13	56	11
Nonylphenole	41	40-41	11	7
Nonylphenolmonoethoxylate	34-42	13-16	34-53	0-7
Nonylphenoldiethoxylate	72-85	12-15	2-6	1-8
Nonylphenolmonocarboxylate	82-84	5-6	5	6
Octylphenole	49-50	32-33	6-7	10-12
Bisphenol-A	29-32	53-56	8	7
Tributylzinn	14	3-4	79	3-4
Dibutylzinn	5	8	11	76-77
Tetrabutylzinn	0-22	63-92	8	0-7
Diphenylzinn	4-19	0-7	69-94	3-6
Triphenylzinn	31-32	3-4	1-2	62-65
PFOS	66	11	9	14
PFOA	68	14	4	13
17a-Ethinylöstradiol	0-52	0-22	11-100	0-15
Östron	58-60	12-13	26-28	0-3
17b-Östradiol	66-77	0-10	17-23	0-7
Östriol	0-19	0-7	68-100	0-6
Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	6-19	28-31	26-31	28-32
Bis(2-methoxyethyl)phthalat	0-52	0-22	11-100	0-15
Dicyklohexylphthalat (DCHP)	0-21	0-9	3-5	66-97
Diethylphthalat (DEP)	0-36	0-15	18-37	31-63
Diisobutylphthalat (DiBP)	16-40	0-15	30-69	14-15

Parameter	ARA-AB	NWK	MW	STR
Diisodecylphthalat (DiDP)	0-27	44-69	6-8	21-25
Diisoheptylphthalat	0-48	0-20	0-9	23-100
Diisononylphthalat	0-9	19	10-11	62-71
Dimethylphthalat (DMP)	62-89	0-16	0-7	11-14
Di-n-butylphthalat (DBP)	45-51	0-19	16-55	0-14
Di-n-octylphthalat (DOP)	0-50	0-21	10-19	19-81
Summe PBDE	44-45	7-9	17-18	29-31
Acenaphthen	0-47	29-64	9-26	10-15
Benzo(a)anthracen	0-23	11-14	11-15	52-73
Benzo(a)pyren	0-52	0-22	0-7	19-100
Benzo(b)fluoranthen	0-44	0-18	6-7	30-94
Benzo(g,h,i)perylene	18-29	11-13	8-9	50-62
Benzo(k)fluoranthen	0-50	0-21	0-7	22-100
Chrysen	11-30	19	10-12	42-59
Dibenzo(a,h)anthracen	0-52	0-22	0-7	19-100
Fluoranthen	0-48	0-20	8-9	24-91
Fluoren	61-81	0-17	8-9	10-15
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	25-33	8-13	8-10	46-57
Phenanthren	53	12-13	12	22-23
Pyren	20-35	16-17	12-15	37-48
Diuron	64-76	0-7	20-23	1-8
Chloridazon-desphenyl	83-90	0-4	10	0-4
Chloridazon-methyl-desphenyl	69-93	0-10	7-10	0-11
Clothianidin	0-47	0-19	13-100	0-21
Carbendazim	68-81	0-8	15-19	0-9
Ethofumesate	0-45	0-19	15-100	0-20
Isoproturon	52-84	0-17	0-10	16-20
Metolachlor	0-38	16-20	19-51	23-32
N,N-Dimethylsulfamide	55-58	23-26	15-16	0-7
Terbuthylazine	0-37	15-19	22-59	22-26
Terbuthylazine-desethyl	0-34	29-54	11-13	25-33
Terbuthylazine-2-hydroxy-desethyl	0-44	23-72	13-28	0-20
Terbuthylazine-2-hydroxy	52-86	0-17	12-14	0-19
Thiamethoxam	52-57	0-14	19-43	0-15

Tabelle 95: Relativer Frachtbeitrag zur Gesamtemission der bewerteten Eintragspfade für **Oberösterreich** (ARA-AB...Kläranlagenablauf, NWK...Niederschlagswasser aus Trennkanalisationen, MW...Mischwasserentlastung, STR...Außerurbanes Straßenabwasser)

Parameter	ARA-AB	NWK	MW	STR
Blei	0-6	22-34	24-36	36-43
Cadmium	1-11	40-50	22-27	22-27
Chrom	8-35	2-10	17-27	38-64
Kupfer	16	32	21	30
Nickel	47-50	10-14	15-16	23-24
Zink	15	41	17	27
Quecksilber	16	14	56	13

Parameter	ARA-AB	NWK	MW	STR
Nonylphenole	36	44	12	8-9
Nonylphenolmonoethoxylate	30-37	14-18	36-56	0-9
Nonylphenoldiethoxylate	67-82	14-18	2-6	2-10
Nonylphenolmonocarboxylate	79-81	6-7	6	7-8
Octylphenole	43-44	36-37	7	12-14
Bisphenol-A	25-27	57-59	8	8
Tributylzinn	12	4	80-81	4
Dibutylzinn	4	7	10	79
Tetrabutylzinn	0-18	66-92	8	0-7
Diphenylzinn	3-16	0-7	70-94	3-7
Triphenylzinn	25-26	3-4	1-2	68-71
PFOS	60	12	10	18
PFOA	62	16	5	17
17a-Ethinylöstradiol	0-46	0-24	12-100	0-18
Östron	53-55	14-15	28-31	0-3
17b-Östradiol	61-74	0-12	19-26	0-9
Östriol	0-17	0-7	69-100	0-7
Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	5-15	28-31	25-29	31-35
Bis(2-methoxyethyl)phthalat	0-46	0-24	12-100	0-18
Dicyklohexylphthalat (DCHP)	0-16	0-9	3-5	70-97
Diethylphthalat (DEP)	0-30	0-16	18-34	36-66
Diisobutylphthalat (DiBP)	14-35	0-17	32-69	17
Diisodecylphthalat (DiDP)	0-23	46-67	6-8	24-27
Diisoheptylphthalat	0-42	0-22	0-10	27-100
Diisononylphthalat	0-7	18	9-10	65-73
Dimethylphthalat (DMP)	56-86	0-18	0-8	14-17
Di-n-butylphthalat (DBP)	41-45	0-21	17-59	0-16
Di-n-octylphthalat (DOP)	0-44	0-23	11-17	22-83
BDE 209	0-33	0-35	24-100	0-8
Summe PBDE	38	7-10	17-19	34-36
Acenaphthen	0-41	32-65	9-25	10-18
Benzo(a)anthracen	0-18	11-14	11-14	57-75
Benzo(a)pyren	0-46	0-24	0-7	23-100
Benzo(b)fluoranthren	0-38	0-20	5-7	35-95
Benzo(g,h,i)perylen	15-23	11-14	7-9	56-66
Benzo(k)fluoranthren	0-44	0-23	0-7	27-100
Chrysen	8-24	18-20	9-11	47-62
Dibenzo(a,h)anthracen	0-46	0-24	0-8	22-100
Fluoranthren	0-42	0-22	8	28-92
Fluoren	55-77	0-19	8-10	13-18
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	20-27	8-14	8-10	51-62
Phenanthren	47	13-14	13	26-27
Pyren	16-30	17	12-15	42-52
Diuron	59-73	0-8	22-26	1-10
Chloridazon-desphenyl	79-88	0-5	11-12	0-5
Chloridazon-methyl-desphenyl	63-92	0-12	8-11	0-14

Parameter	ARA-AB	NWK	MW	STR
Clothianidin	0-41	0-21	14-100	0-24
Carbendazim	63-78	0-10	17-22	0-11
Ethofumesate	0-39	0-21	16-100	0-24
Isoproturon	46-80	0-19	0-11	20-24
Metolachlor	0-33	16-21	19-49	27-35
N,N-Dimethylsulfamide	50-53	26-30	16-17	0-8
Terbuthylazine	0-32	15-21	22-57	25-28
Terbuthylazine-desethyl	0-29	31-53	11-12	29-35
Terbuthylazine-2-hydroxy-desethyl	0-38	25-73	13-27	0-23
Terbuthylazine-2-hydroxy	46-84	0-19	13-16	0-22
Thiamethoxam	46-52	0-16	20-48	0-18

Tabelle 96: Relativer Frachtbeitrag zur Gesamtemission der bewerteten Eintragspfade für **Salzburg** (ARA-AB...Kläranlagenablauf, NWK...Niederschlagswasser aus Trennkanalisationen, MW...Mischwasserentlastung, STR...Außerurbanes Straßenabwasser)

Parameter	ARA-AB	NWK	MW	STR
Blei	0-5	40-53	9-16	32-44
Cadmium	1-9	60-72	8-9	18-23
Chrom	8-35	4-18	8-13	39-74
Kupfer	14	51	8	27
Nickel	45-50	19-24	6-7	24-25
Zink	12	60	6	22
Quecksilber	20	32	31	17
Nonylphenole	27	62	4	7
Nonylphenolmonoethoxylate	37-38	32-35	17-31	0-10
Nonylphenoldiethoxylate	59-74	23-29	1-3	1-9
Nonylphenolmonocarboxylate	76-79	10-13	3	8
Octylphenole	34	52-53	2-3	10-11
Bisphenol-A	17-19	73-75	2-3	5-6
Tributylzinn	20	12	60-61	7
Dibutylzinn	3-4	13	4	79
Tetrabutylzinn	0-12	80-98	2	0-5
Diphenylzinn	7-23	0-19	46-87	6-11
Triphenylzinn	24	5-8	0-1	67-71
PFOS	57	21	4	18
PFOA	55	27	2	16
17a-Ethinylöstradiol	0-40	0-39	5-100	0-17
Östron	55-58	28-29	13-15	0-3
17b-Östradiol	61-86	0-21	9-14	0-10
Östriol	0-24	0-20	46-100	0-11
Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	4-14	47-51	10-12	29-33
Bis(2-methoxyethyl)phthalat	0-40	0-39	5-100	0-17
Dicyklohexylphthalat (DCHP)	0-15	0-15	1-2	68-99
Diethylphthalat (DEP)	0-29	0-28	8-18	36-82
Diisobutylphthalat (DiBP)	22-36	0-31	15-49	18-29
Diisodecylphthalat (DiDP)	0-17	63-80	2-3	18

Parameter	ARA-AB	NWK	MW	STR
Diisoheptylphthalat	0-36	0-35	0-4	25-100
Diisononylphthalat	0-6	29-30	4	60-67
Dimethylphthalat (DMP)	50-85	0-30	0-3	15-16
Di-n-butylphthalat (DBP)	41-61	0-36	7-39	0-16
Di-n-octylphthalat (DOP)	0-38	0-37	4-8	20-92
Summe PBDE	38-39	14-19	8-9	36-39
Acenaphthen	0-33	48-84	3-8	8-16
Benzo(a)anthracen	0-17	19-24	4-6	55-75
Benzo(a)pyren	0-39	0-38	0-3	21-100
Benzo(b)fluoranthen	0-33	0-32	2-3	32-98
Benzo(g,h,i)perylene	13-21	18-23	3-4	53-65
Benzo(k)fluoranthen	0-37	0-36	0-3	24-100
Chrysen	7-21	30-32	4	43-58
Dibenzo(a,h)anthracen	0-39	0-38	0-3	20-100
Fluoranthen	0-36	0-35	3-4	26-96
Fluoren	48-81	0-31	3-5	14-17
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	19-25	14-23	3-4	49-62
Phenanthren	44	23-24	5	26-27
Pyren	15-27	28	5-6	40-51
Diuron	62-85	0-16	10-14	2-12
Chloridazon-desphenyl	81-94	0-9	5-6	0-6
Chloridazon-methyl-desphenyl	60-96	0-21	4-5	0-14
Clothianidin	0-36	0-35	6-100	0-23
Carbendazim	63-89	0-18	7-11	0-12
Ethofumesate	0-36	0-35	7-100	0-23
Isoproturon	41-79	0-32	0-4	21-23
Metolachlor	0-30	34-36	8-25	26-41
N,N-Dimethylsulfamide	43-45	43-48	6-7	0-8
Terbuthylazine	0-30	33-36	9-31	25-36
Terbuthylazine-desethyl	0-24	47-70	4	25-27
Terbuthylazine-2-hydroxy-desethyl	0-33	40-92	5-8	0-21
Terbuthylazine-2-hydroxy	41-92	0-32	5-8	0-21
Thiamethoxam	44-71	0-28	9-29	0-19

Tabelle 97: Relativer Frachtbeitrag zur Gesamtemission der bewerteten Eintragspfade für die **Steiermark** (ARA-AB...Kläranlagenablauf, NWK...Niederschlagswasser aus Trennkanalisationen, MW...Mischwasserentlastung, STR...Außerurbanes Straßenabwasser)

Parameter	ARA-AB	NWK	MW	STR
Blei	0-4	44-57	4-7	34-49
Cadmium	1-8	64-76	3-4	19-25
Chrom	7-31	5-21	3-6	45-82
Kupfer	11	56	3	29
Nickel	40-46	22-28	3	29
Zink	10	64	2	24
Quecksilber	20	42	16	22
Nonylphenole	23	68	2	7-8

Parameter	ARA-AB	NWK	MW	STR
Nonylphenolmonoethoxylate	37-39	43-44	8-17	0-12
Nonylphenoldiethoxylate	54-69	28-34	0-1	2-11
Nonylphenolmonocarboxylate	72-76	13-17	1	9-10
Octylphenole	29	57-59	1	11-13
Bisphenol-A	14-15	77-80	1	6
Tributylzinn	26-27	20-21	40-41	12
Dibutylzinn	3	14	2	82
Tetrabutylzinn	0-10	84-99	1	0-5
Diphenylzinn	11-27	0-29	27-75	14-16
Triphenylzinn	20	5-8	0	71-75
PFOS	52	25	2	21
PFOA	50	32	1	18
17a-Ethinylöstradiol	0-35	0-44	2-100	0-19
Östron	53-57	36	6-7	0-4
17b-Östradiol	58-93	0-26	4-7	0-12
Östriol	0-28	0-30	27-100	0-16
Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	3-12	52-56	4-5	32-36
Bis(2-methoxyethyl)phthalat	0-35	0-44	2-100	0-19
Dicyklohexylphthalat (DCHP)	0-12	0-15	1	72-99
Diethylphthalat (DEP)	0-25	0-31	3-8	40-92
Diisobutylphthalat (DiBP)	26-34	0-38	7-30	22-44
Diisodecylphthalat (DiDP)	0-13	66-81	1	18-19
Diisoheptylphthalat	0-31	0-40	0-2	27-100
Diisononylphthalat	0-5	30-31	1-2	63-69
Dimethylphthalat (DMP)	45-81	0-35	0-1	19
Di-n-butylphthalat (DBP)	37-75	0-42	3-25	0-18
Di-n-octylphthalat (DOP)	0-33	0-42	2-3	23-97
Summe PBDE	34-35	16-22	4	41-45
Acenaphthen	0-28	53-89	1-3	8-17
Benzo(a)anthracen	0-14	20-26	2	59-78
Benzo(a)pyren	0-33	0-42	0-1	23-100
Benzo(b)fluoranthen	0-28	0-35	1	35-99
Benzo(g,h,i)perylene	11-17	20-25	1	57-68
Benzo(k)fluoranthen	0-32	0-40	0-1	27-100
Chrysen	6-18	31-34	2	46-61
Dibenzo(a,h)anthracen	0-34	0-42	0-1	23-100
Fluoranthen	0-31	0-39	1	29-99
Floren	43-79	0-36	1-2	18-19
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	16-21	15-25	1-2	53-67
Phenanthren	39-40	27-28	2	30-31
Pyren	12-23	31	2-3	44-54
Diuron	60-91	0-20	5-7	2-15
Chloridazon-desphenyl	79-97	0-11	3	0-7
Chloridazon-methyl-desphenyl	56-98	0-25	2	0-17
Clothianidin	0-32	0-40	2-100	0-26
Carbendazim	60-94	0-22	4-6	0-15

Parameter	ARA-AB	NWK	MW	STR
Ethofumesate	0-31	0-40	3-100	0-26
Isoproturon	36-74	0-36	0-2	26
Metolachlor	0-26	40-41	3-11	29-48
N,N-Dimethylsulfamide	39-41	50-56	3	0-9
Terbuthylazine	0-26	41	4-15	28-44
Terbuthylazine-desethyl	0-20	51-71	2	27
Terbuthylazine-2-hydroxy-desethyl	0-29	45-97	2-3	0-24
Terbuthylazine-2-hydroxy	37-96	0-37	2-4	0-24
Thiamethoxam	40-83	0-34	4-17	0-22

Tabelle 98: Relativer Frachtbeitrag zur Gesamtemission der bewerteten Eintragspfade für **Tirol** (ARA-AB...Kläranlagenablauf, NWK...Niederschlagswasser aus Trennkanalisationen, MW...Mischwasserentlastung, STR...Außerurbanes Straßenabwasser)

Parameter	ARA-AB	NWK	MW	STR
Blei	0-9	30-42	24-38	25-33
Cadmium	1-15	47-59	20-25	15-18
Chrom	13-47	3-12	16-31	25-53
Kupfer	21	39	20	20
Nickel	57-61	11-15	13	14-15
Zink	20	48	15	18
Quecksilber	22	17	52	9
Nonylphenole	41	45	9	5
Nonylphenolmonoethoxylate	37-45	15-20	30-48	0-5
Nonylphenoldiethoxylate	73-85	13-17	2-5	1-5
Nonylphenolmonocarboxylate	84-86	5-7	4	4
Octylphenole	50	37-38	5-6	7-8
Bisphenol-A	28-31	58-61	6-7	4-5
Tributylzinn	16	5	76-77	3
Dibutylzinn	6-7	12	12	70
Tetrabutylzinn	0-21	68-94	6-7	0-4
Diphenylzinn	5-21	0-9	65-93	2-5
Triphenylzinn	39-40	4-6	1-2	52-56
PFOS	69	13	8	10
PFOA	70	17	4	9
17a-Ethinylöstradiol	0-54	0-25	10-100	0-11
Östron	61-62	14-15	22-24	0-2
17b-Östradiol	68-80	0-12	15-20	0-5
Östriol	0-22	0-9	65-100	0-5
Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	7-21	34-39	24-29	21-25
Bis(2-methoxyethyl)phthalat	0-54	0-25	10-100	0-11
Dicyklohexylphthalat (DCHP)	0-26	0-12	4-5	56-96
Diethylphthalat (DEP)	0-40	0-19	17-41	24-59
Diisobutylphthalat (DiBP)	20-44	0-18	27-68	10-12
Diisodecylphthalat (DiDP)	0-28	51-77	5-7	15-17
Diisoheptylphthalat	0-51	0-24	0-8	17-100
Diisononylphthalat	0-12	26-27	10-11	52-62

Parameter	ARA-AB	NWK	MW	STR
Dimethylphthalat (DMP)	65-92	0-19	0-6	8-10
Di-n-butylphthalat (DBP)	50-54	0-23	14-50	0-10
Di-n-octylphthalat (DOP)	0-53	0-25	9-22	13-78
Summe PBDE	50	8-12	16-17	22-24
Acenaphthen	0-48	34-72	8-22	7-11
Benzo(a)anthracen	0-27	17-19	11-17	43-66
Benzo(a)pyren	0-54	0-25	0-6	14-100
Benzo(b)fluoranthen	0-48	0-23	7	23-93
Benzo(g,h,i)perylene	23-34	15-18	8-9	41-52
Benzo(k)fluoranthen	0-53	0-25	0-6	16-100
Chrysen	13-34	24-25	9-12	33-49
Dibenzo(a,h)anthracen	0-55	0-26	0-6	14-100
Fluoranthen	0-51	0-24	7-11	18-89
Fluoren	63-85	0-20	7-8	7-10
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	31-38	11-17	8-10	36-48
Phenanthren	57-58	15	11	16-17
Pyren	24-40	20-22	11-15	28-39
Diuron	68-80	0-8	17-20	1-6
Chloridazon-desphenyl	85-91	0-4	8-9	0-3
Chloridazon-methyl-desphenyl	72-94	0-12	6-9	0-8
Clothianidin	0-50	0-23	12-100	0-15
Carbendazim	71-84	0-10	13-16	0-6
Ethofumesate	0-49	0-23	14-100	0-15
Isoproturon	55-89	0-21	0-9	11-15
Metolachlor	0-42	22-24	17-52	17-26
N,N-Dimethylsulfamide	56-58	27-29	12-13	0-5
Terbuthylazine	0-40	20-24	20-59	16-21
Terbuthylazine-desethyl	0-37	35-64	10-11	18-24
Terbuthylazine-2-hydroxy-desethyl	0-47	27-77	11-23	0-14
Terbuthylazine-2-hydroxy	55-88	0-21	11-12	0-14
Thiamethoxam	55-61	0-17	17-39	0-11

Tabelle 99: Relativer Frachtbeitrag zur Gesamtemission der bewerteten Eintragspfade für **Vorarlberg** (ARA-AB...Kläranlagenablauf, NWK...Niederschlagswasser aus Trennkanalisationen, MW...Mischwasserentlastung, STR...Außerurbanes Straßenabwasser)

Parameter	ARA-AB	NWK	MW	STR
Blei	0-5	47-60	17-29	18-25
Cadmium	1-8	66-75	14-15	9-12
Chrom	11-37	6-23	15-31	24-52
Kupfer	13	58	15	15
Nickel	45-50	22-29	12-13	14
Zink	11	67	10	12
Quecksilber	16	30	46	8
Nonylphenole	24-25	65-66	7	3-4
Nonylphenolmonoethoxylate	28-33	28-35	27-44	0-5
Nonylphenoldiethoxylate	57-71	26-33	2-5	1-5

Parameter	ARA-AB	NWK	MW	STR
Nonylphenolmonocarboxylate	75-79	12-16	5	4-5
Octylphenole	32	57-59	4	5-6
Bisphenol-A	15-17	76-78	4	3
Tributylzinn	13	9-10	74-75	3
Dibutylzinn	5	22	11	62-63
Tetrabutylzinn	0-11	83-97	3-4	0-3
Diphenylzinn	4-17	0-17	62-94	2-4
Triphenylzinn	34	8-12	1-2	52-57
PFOS	57	25	8	10
PFOA	56	32	3	9
17a-Ethinylöstradiol	0-39	0-44	8-100	0-9
Östron	48-49	28-30	21-23	0-2
17b-Östradiol	57-78	0-23	15-22	0-5
Östriol	0-18	0-17	61-100	0-4
Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	4-13	53-58	18-21	16-18
Bis(2-methoxyethyl)phthalat	0-39	0-44	8-100	0-9
Dicyklohexylphthalat (DCHP)	0-20	0-23	4-5	52-96
Diethylphthalat (DEP)	0-30	0-34	15-42	21-58
Diisobutylphthalat (DiBP)	17-33	0-34	24-71	9-12
Diisodecylphthalat (DiDP)	0-16	70-88	3-4	10
Diisoheptylphthalat	0-37	0-42	0-7	14-100
Diisononylphthalat	0-8	42-43	8-9	42-48
Dimethylphthalat (DMP)	50-91	0-35	0-6	9
Di-n-butylphthalat (DBP)	39-46	0-40	12-54	0-9
Di-n-octylphthalat (DOP)	0-38	0-43	8-23	11-77
Summe PBDE	40-42	17-23	15-17	21-24
Acenaphthen	0-32	54-84	6-12	4-8
Benzo(a)anthracen	0-20	29-33	10-15	37-56
Benzo(a)pyren	0-39	0-44	0-5	12-100
Benzo(b)fluoranthen	0-35	0-40	6-7	19-93
Benzo(g,h,i)perylene	17-25	28-32	7-8	36-47
Benzo(k)fluoranthen	0-38	0-43	0-5	14-100
Chrysen	9-24	41-42	8-10	27-39
Dibenzo(a,h)anthracen	0-39	0-44	0-5	11-100
Fluoranthen	0-37	0-42	6-11	15-89
Fluoren	48-83	0-36	6-9	8-9
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	25-29	21-32	7-10	32-45
Phenanthren	45-46	28-29	10	15-16
Pyren	17-29	36-38	10-13	25-32
Diuron	58-77	0-18	18-23	1-6
Chloridazon-desphenyl	78-90	0-10	9-10	0-3
Chloridazon-methyl-desphenyl	59-93	0-24	7-9	0-8
Clothianidin	0-36	0-41	10-100	0-13
Carbendazim	60-81	0-20	13-19	0-6
Ethofumesate	0-35	0-40	12-100	0-13
Isoproturon	41-87	0-38	0-8	13

Parameter	ARA-AB	NWK	MW	STR
Metolachlor	0-29	37-42	14-42	14-21
N,N-Dimethylsulfamide	40	46-49	10-11	0-4
Terbuthylazine	0-29	33-41	17-49	14-18
Terbuthylazine-desethyl	0-23	55-79	7-8	14
Terbuthylazine-2-hydroxy-desethyl	0-33	46-87	9-13	0-12
Terbuthylazine-2-hydroxy	41-86	0-37	9-14	0-12
Thiamethoxam	42-57	0-32	15-43	0-10

Tabelle 100: Relativer Frachtbeitrag zur Gesamtemission der bewerteten Eintragspfade für **Wien**
(ARA-AB...Kläranlagenablauf, NWK...Niederschlagswasser aus Trennkanalisationen,
MW...Mischwasserentlastung, STR... Außerurbanes Straßenabwasser)

Parameter	ARA-AB	NWK	MW	STR
Blei	0-31	16-21	47-81	2
Cadmium	6-45	20-35	34-58	1
Chrom	41-81	1-3	15-55	1-3
Kupfer	56	14	29	1
Nickel	86-87	2-3	11	0
Zink	56	19	24	1
Quecksilber	41	4	54	0
Nonylphenole	78	12	10	0
Nonylphenolmonoethoxylate	56-70	3-4	26-40	0
Nonylphenoldiethoxylate	93-97	2-3	1-3	0
Nonylphenolmonocarboxylate	96	1	3	0
Octylphenole	86	9	5	0
Bisphenol-A	70-73	19-21	8-9	0
Tributylzinn	27-28	1	71	0
Dibutylzinn	40-42	10	40-42	8
Tetrabutylzinn	0-62	27-80	11-20	0
Diphenylzinn	8-36	0-2	61-92	0
Triphenylzinn	93-95	1-2	1-2	2
PFOS	92	2	6	0
PFOA	94	3	3	0
17a-Ethinylöstradiol	0-86	0-6	9-100	0
Östron	80-81	3	16-17	0
17b-Östradiol	87-88	0-2	10-12	0
Östriol	0-38	0-2	60-100	0
Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	23-53	12-19	33-56	1-2
Bis(2-methoxyethyl)phthalat	0-86	0-6	9-100	0
Dicyklohexylphthalat (DCHP)	0-82	0-5	9-57	3-43
Diethylphthalat (DEP)	0-76	0-5	18-95	1-5
Diisobutylphthalat (DiBP)	34-71	0-4	24-65	0
Diisodecylphthalat (DiDP)	0-72	18-77	9-20	1-2
Diisoheptylphthalat	0-86	0-6	0-8	1-100
Diisononylphthalat	0-54	16-33	25-56	4-10
Dimethylphthalat (DMP)	91-100	0-4	0-5	0
Di-n-butylphthalat (DBP)	65-83	0-5	12-35	0

Parameter	ARA-AB	NWK	MW	STR
Di-n-octylphthalat (DOP)	0-86	0-6	8-90	0-10
Summe PBDE	82	2-3	14-15	1
Acenaphthen	0-84	8-45	7-54	0-1
Benzo(a)anthracen	0-74	7-18	17-72	2-10
Benzo(a)pyren	0-88	0-6	0-6	0-100
Benzo(b)fluoranthen	0-87	0-6	7-70	1-30
Benzo(g,h,i)perylene	74-82	6-7	10-16	2-3
Benzo(k)fluoranthen	0-88	0-6	0-6	1-100
Chrysen	54-79	8-14	12-28	1-4
Dibenzo(a,h)anthracen	0-88	0-6	0-6	0-100
Fluoranthen	0-87	0-6	7-78	1-22
Fluoren	91-95	0-4	5	0
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	79-84	4-5	10-14	1-2
Phenanthren	87	3	9	0
Pyren	66-81	6-9	12-23	1-2
Diuron	86-88	0-1	12	0
Chloridazon-desphenyl	94-95	0-1	5	0
Chloridazon-methyl-desphenyl	92-97	0-2	3-6	0
Clothianidin	0-83	0-5	11-100	0-1
Carbendazim	89-90	0-2	9-10	0
Ethofumesate	0-82	0-5	13-100	0
Isoproturon	87-100	0-5	0-8	0
Metolachlor	0-76	6-10	17-89	1-2
N,N-Dimethylsulfamide	84	6	10	0
Terbutylazine	0-74	6-8	20-91	1
Terbutylazine-desethyl	0-77	10-57	12-40	1-3
Terbutylazine-2-hydroxy-desethyl	0-82	7-46	11-54	0-1
Terbutylazine-2-hydroxy	86-93	0-4	7-9	0
Thiamethoxam	74-82	0-4	14-26	0

8.8.2 Planungsräume

Die Berechnung der emittierten Frachten aus den Eintragspfaden Kläranlagenablauf, Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen, Mischwasserentlastungen und außerurbanen befestigten Straßenflächen basiert auf den Abwassermengen der *Tabelle 11* und den Mittelwerten der gemessenen Konzentrationen in den jeweiligen Eintragspfaden. Dabei wurden sowohl die Mittelwerte aus der Minimal- als auch aus der Maximalbewertung berücksichtigt, um die mit dem Auswertemodus verknüpften Unsicherheiten darzustellen. Bei der Minimalbewertung werden nicht nachweisbare Stoffe gleich null gesetzt und Ergebnisse kleiner der Bestimmungsgrenze mit der Nachweisgrenze berücksichtigt. Bei der Maximalbewertung werden nicht nachweisbare Stoffe mit der Nachweisgrenze und Ergebnisse kleiner der Bestimmungsgrenze mit der Bestimmungsgrenze berücksichtigt. Der ausgewiesene Bereich gibt den Schwankungsbereich aufgrund dieser zwei Bewertungen wieder.

Die Ergebnisse der Frachtbeiträge aus den betrachteten Eintragspfaden zeigen die folgenden Tabellen für die jeweiligen Planungsräume.

Tabelle 101: Relativer Frachtbeitrag zur Gesamtemission der bewerteten Eintragspfade für den Planungsraum **March**
(ARA-AB...Kläranlagenablauf, NWK...Niederschlagswasser aus Trennkanalisationen,
MW...Mischwasserentlastung, STR...Außerurbanes Straßenabwasser)

Parameter	ARA-AB	NWK	MW	STR
Blei	0-5	25-39	30-43	26-32
Cadmium	1-9	46-54	26-30	15-19
Chrom	7-32	3-13	24-37	31-54
Kupfer	13	38	26	23
Nickel	43-46	13-18	20-22	19-20
Zink	12	48	20	20
Quecksilber	13	15	63	9
Nonylphenole	29	50-51	14	6
NP1EO	23-30	15-21	43-63	0-6
NP2EO	61-77	18-23	3-9	1-8
NP1EC	75-77	8-10	8-9	6-7
Octylphenole	37-38	43-45	8-9	10-11
BPA	19-22	63-66	9-10	5-6
Tributylzinn	8-9	4	85	2
Dibutylzinn	4	10-11	14	71-72
Tetrabutylzinn	0-14	71-92	8-9	0-5
Diphenylzinn	2-12	0-7	76-96	2-5
Triphenylzinn	26-27	4-6	1-3	64-68
PFOS	55	16	16	14
PFOA	58	22	7	13
17a-Ethinylöstradiol	0-40	0-30	16-100	0-14
Östron	45	17-18	35-38	0-2
17b-Östradiol	54-66	0-14	25-34	0-7
Östriol	0-11	0-8	78-100	0-4
Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	4-13	33-36	31-35	23-26
Bis(2-methoxyethyl)phthalat	0-40	0-30	16-100	0-14
Dicyklohexylphthalat (DCHP)	0-16	0-12	5-7	64-95
Diethylphthalat (DEP)	0-27	0-20	24-45	29-55
Diisobutylphthalat (DiBP)	10-29	0-19	39-78	12
Diisodecylphthalat (DiDP)	0-19	54-74	7-9	18-19
Diisoheptylphthalat	0-38	0-28	0-13	21-100
Diisononylphthalat	0-7	24	13-14	56-63
Dimethylphthalat (DMP)	52-87	0-24	0-11	13-14
Di-n-butylphthalat (DBP)	32-40	0-26	22-68	0-12
Di-n-octylphthalat (DOP)	0-39	0-29	15-25	17-75
Summe PBDE	35	9-13	24-25	28-30
Acenaphthen	0-34	37-60	16-34	6-13
Benzo(a)anthracen	0-16	13-18	20-26	46-61
Benzo(a)pyren	0-40	0-29	0-13	18-100
Benzo(b)fluoranthen	0-34	0-25	12-14	28-88
Benzo(g,h,i)perylene	14-22	14-18	14-16	46-56
Benzo(k)fluoranthen	0-38	0-28	0-13	21-100
Chrysen	7-22	23-24	17-21	37-49

Parameter	ARA-AB	NWK	MW	STR
Dibenzo(a,h)anthracen	0-40	0-29	0-14	17-100
Fluoranthren	0-36	0-27	15-17	22-83
Fluoren	48-70	0-24	15-19	11-14
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	19-25	10-18	15-19	42-52
Phenanthren	40	16-17	22-23	20-21
Pyren	14-26	20-21	21-26	32-40
Diuron	58-70	0-11	25-29	1-6
Chloridazon-desphenyl	78-87	0-6	12-13	0-3
Chloridazon-methyl-desphenyl	63-91	0-17	9-13	0-8
Clothianidin	0-40	0-30	16-100	0-14
Carbendazim	62-76	0-13	19-24	0-6
Ethofumesate	0-39	0-29	18-100	0-14
Isoproturon	46-87	0-27	0-12	13-14
Metolachlor	0-32	23-30	22-56	16-21
N,N-Dimethylsulfamide	45-46	34-37	16-17	0-4
Terbuthylazine	0-31	20-29	25-63	15-17
Terbuthylazine-desethyl	0-28	42-68	12-13	17-20
Terbuthylazine-2-hydroxy-desethyl	0-38	35-77	15-23	0-13
Terbuthylazine-2-hydroxy	46-82	0-27	14-18	0-13
Thiamethoxam	45-49	0-22	22-51	0-10

Tabelle 102: Relativer Frachtbeitrag zur Gesamtemission der bewerteten Eintragspfade für den Planungsraum **Donau oberhalb Jochenstein** (ARA-AB...Kläranlagenablauf, NWK...Niederschlagswasser aus Trennkanalisationen, MW...Mischwasserentlastung, STR...Außerurbanes Straßenabwasser)

Parameter	ARA-AB	NWK	MW	STR
Blei	0-7	32-45	19-30	29-38
Cadmium	1-12	51-63	16-19	17-21
Chrom	10-41	3-14	14-25	32-62
Kupfer	17	42	16	24
Nickel	51-56	14-18	11-12	19
Zink	16	52	12	21
Quecksilber	20	21	47	12
Nonylphenole	35	51	8	6
NP1EO	35-41	19-24	27-45	0-7
NP2EO	67-81	16-21	2-4	1-7
NP1EC	81-83	7-9	4	6
Octylphenole	43	42-43	4-5	9-10
Bisphenol-A	23-26	64-66	5	5-6
Tributylzinn	16	6	74	4
Dibutylzinn	5	12	9	75
Tetrabutylzinn	0-17	73-96	4-5	0-5
Diphenylzinn	5-21	0-11	62-92	3-7
Triphenylzinn	31-32	4-6	1	60-64
PFOS	63	15	8	14
PFOA	64	20	4	12
17a-Ethinylöstradiol	0-48	0-30	9-100	0-14

Parameter	ARA-AB	NWK	MW	STR
Östron	57-59	18-19	21-23	0-2
17b-Östradiol	65-81	0-15	14-19	0-7
Östriol	0-19	0-12	63-100	0-6
Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	5-17	38-42	19-23	25-29
Bis(2-methoxyethyl)phthalat	0-48	0-30	9-100	0-14
Dicyklohexylphthalat (DCHP)	0-20	0-13	3-4	63-97
Diethylphthalat (DEP)	0-34	0-22	14-32	30-68
Diisobutylphthalat (DiBP)	19-40	0-22	24-64	14-17
Diisodecylphthalat (DiDP)	0-23	55-77	4-5	17-19
Diisoheptylphthalat	0-45	0-28	0-7	21-100
Diisononylphthalat	0-9	26	8	58-66
Dimethylphthalat (DMP)	59-89	0-23	0-6	11-13
Di-n-butylphthalat (DBP)	48-50	0-27	12-50	0-13
Di-n-octylphthalat (DOP)	0-46	0-29	8-16	17-84
Summe PBDE	44-45	10-14	14-15	28-31
Acenaphthen	0-40	38-71	9-22	7-13
Benzo(a)anthracen	0-21	16-19	12-17	48-68
Benzo(a)pyren	0-47	0-29	0-7	17-100
Benzo(b)fluoranthen	0-40	0-25	7-8	27-93
Benzo(g,h,i)perylen	17-27	15-19	8-10	46-58
Benzo(k)fluoranthen	0-45	0-28	0-7	20-100
Chrysen	10-27	25-26	10-13	38-53
Dibenzo(a,h)anthracen	0-47	0-29	0-7	17-100
Fluoranthen	0-43	0-27	8-10	22-90
Fluoren	56-80	0-23	8-10	10-13
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	24-31	11-18	9-11	42-54
Phenanthren	49-50	17-18	13	20-21
Pyren	18-32	22-23	13-16	33-43
Diuron	69-83	0-11	14-16	1-6
Chloridazon-desphenyl	85-93	0-6	6-7	0-3
Chloridazon-methyl-desphenyl	70-96	0-16	4-7	0-7
Clothianidin	0-48	0-30	9-100	0-14
Carbendazim	71-87	0-13	10-13	0-6
Ethofumesate	0-47	0-29	10-100	0-14
Isoproturon	53-89	0-26	0-7	11-14
Metolachlor	0-40	31	13-42	16-27
N,N-Dimethylsulfamide	53-54	34-37	9	0-4
Terbutylazine	0-39	28-31	15-49	15-22
Terbutylazine-desethyl	0-34	43-73	7	16-20
Terbutylazine-2-hydroxy-desethyl	0-44	35-86	8-14	0-13
Terbutylazine-2-hydroxy	53-91	0-27	8-9	0-13
Thiamethoxam	54-67	0-23	13-33	0-11

Tabelle 103: Relativer Frachtbeitrag zur Gesamtemission der bewerteten Eintragspfade für den Planungsraum **Drau**
(ARA-AB...Kläranlagenablauf, NWK...Niederschlagswasser aus Trennkanalisationen,
MW...Mischwasserentlastung, STR...Außerurbanes Straßenabwasser)

Parameter	ARA-AB	NWK	MW	STR
Blei	0-6	36-48	10-16	37-49
Cadmium	1-10	55-68	8-10	22-27
Chrom	8-34	3-16	7-12	42-76
Kupfer	14	46	8	31
Nickel	45-50	16-21	6-7	26-27
Zink	13	56	6	26
Quecksilber	21	29	31	19
Nonylphenole	30	58	4	8
NP1EO	39-40	29-32	17-32	0-11
NP2EO	61-77	21-26	1-3	2-10
NP1EC	77-80	9-12	2-3	8-9
Octylphenole	36-37	48-49	2-3	12-13
Bisphenol-A	19-21	69-72	3	7
Tributylzinn	21	10-11	60-61	8
Dibutylzinn	3-4	11	4	82
Tetrabutylzinn	0-14	77-98	2-3	0-6
Diphenylzinn	7-24	0-17	46-86	7-12
Triphenylzinn	23-24	4-6	0-1	69-73
PFOS	57	19	5	19
PFOA	57	24	2	17
17a-Ethinylöstradiol	0-41	0-35	5-100	0-19
Östron	57-60	25-26	13-15	0-4
17b-Östradiol	62-87	0-19	8-13	0-11
Östriol	0-23	0-19	48-100	0-11
Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	4-14	42-47	10-12	33-37
Bis(2-methoxyethyl)phthalat	0-41	0-35	5-100	0-19
Dicyklohexylphthalat (DCHP)	0-15	0-12	1-2	71-99
Diethylphthalat (DEP)	0-29	0-24	8-16	39-84
Diisobutylphthalat (DiBP)	22-37	0-28	15-48	20-30
Diisodecylphthalat (DiDP)	0-18	58-77	2-3	21-22
Diisoheptylphthalat	0-37	0-31	0-4	27-100
Diisononylphthalat	0-6	25	3-4	65-72
Dimethylphthalat (DMP)	52-84	0-27	0-3	16-18
Di-n-butylphthalat (DBP)	43-62	0-32	7-38	0-18
Di-n-octylphthalat (DOP)	0-40	0-33	4-7	23-93
Summe PBDE	38-39	12-16	8	38-42
Acenaphthen	0-34	43-79	5-12	9-18
Benzo(a)anthracen	0-16	15-20	6-8	58-77
Benzo(a)pyren	0-40	0-33	0-4	23-100
Benzo(b)fluoranthen	0-33	0-28	3-4	35-97
Benzo(g,h,i)perylene	13-21	15-19	4-5	56-67
Benzo(k)fluoranthen	0-38	0-32	0-4	27-100
Chrysen	7-21	25-27	5-6	46-61

Parameter	ARA-AB	NWK	MW	STR
Dibenzo(a,h)anthracen	0-40	0-33	0-4	23-100
Fluoranthren	0-36	0-31	4-5	29-95
Fluoren	49-79	0-28	5-6	15-18
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	19-24	12-20	4-5	52-64
Phenanthren	44	20-21	7	28-29
Pyren	14-27	24	7-8	43-53
Diuron	67-88	0-15	8-11	1-9
Chloridazon-desphenyl	84-96	0-8	4	0-4
Chloridazon-methyl-desphenyl	66-97	0-20	3-4	0-11
Clothianidin	0-41	0-35	5-100	0-19
Carbendazim	68-92	0-17	6-8	0-9
Ethofumesate	0-41	0-34	6-100	0-19
Isoproturon	46-84	0-31	0-4	16-19
Metolachlor	0-35	36-38	7-24	22-38
N,N-Dimethylsulfamide	48-49	41-45	5	0-6
Terbuthylazine	0-35	36-37	8-30	21-33
Terbuthylazine-desethyl	0-28	48-73	3-4	21-23
Terbuthylazine-2-hydroxy-desethyl	0-38	40-93	4-7	0-18
Terbuthylazine-2-hydroxy	47-94	0-31	4-6	0-17
Thiamethoxam	50-76	0-28	7-24	0-15

Tabelle 104: Relativer Frachtbeitrag zur Gesamtemission der bewerteten Eintragspfade für den Planungsraum **Donau unterhalb Jochenstein** (ARA-AB...Kläranlagenablauf, NWK...Niederschlagswasser aus Trennkanalkanalisierungen, MW...Mischwasserentlastung, STR...Außerurbanes Straßenabwasser)

Parameter	ARA-AB	NWK	MW	STR
Blei	0-10	22-32	26-40	31-38
Cadmium	2-18	37-49	23-29	20-23
Chrom	13-49	2-8	16-29	27-56
Kupfer	25	29	22	24
Nickel	61-64	7-10	13	15-16
Zink	24	37	17	22
Quecksilber	24	12	54	10
Nonylphenole	49-50	34	10	6
NP1EO	41-49	11-14	31-49	0-6
NP2EO	78-89	9-12	2-5	1-6
NP1EC	87-88	4-5	4	4-5
Octylphenole	58	27-28	6	8-9
Bisphenol-A	36-40	47-50	7-8	6
Tributylzinn	17-18	3	76	3
Dibutylzinn	7	8	11	74
Tetrabutylzinn	0-28	57-92	8	0-6
Diphenylzinn	5-23	0-6	66-93	2-5
Triphenylzinn	40-41	3-4	1-2	54-57
PFOS	72	8	9	11
PFOA	75	11	4	10
17a-Ethinylöstradiol	0-60	0-18	10-100	0-12

Parameter	ARA-AB	NWK	MW	STR
Östron	65-66	10-11	22-24	0-2
17b-Östradiol	72-82	0-8	15-18	0-5
Östriol	0-22	0-6	68-100	0-4
Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	8-24	25-30	26-32	25-30
Bis(2-methoxyethyl)phthalat	0-60	0-18	10-100	0-12
Dicyklohexylphthalat (DCHP)	0-27	0-8	4-5	60-96
Diethylphthalat (DEP)	0-44	0-13	17-39	26-61
Diisobutylphthalat (DiBP)	21-48	0-13	28-66	12-13
Diisodecylphthalat (DiDP)	0-34	40-69	7	18-25
Diisoheptylphthalat	0-56	0-17	0-8	19-100
Diisononylphthalat	0-13	18-19	10-12	59-70
Dimethylphthalat (DMP)	70-92	0-13	0-6	8-11
Di-n-butylphthalat (DBP)	52-59	0-16	14-48	0-11
Di-n-octylphthalat (DOP)	0-58	0-17	9-21	15-79
Summe PBDE	53	6-8	15-16	24-25
Acenaphthen	0-53	24-57	11-35	8-12
Benzo(a)anthracen	0-28	11-12	15-22	45-67
Benzo(a)pyren	0-59	0-17	0-9	15-100
Benzo(b)fluoranthen	0-51	0-15	9	24-91
Benzo(g,h,i)perylen	23-35	10-12	10-12	43-54
Benzo(k)fluoranthen	0-57	0-17	0-8	18-100
Chrysen	14-36	16-17	12-17	35-52
Dibenzo(a,h)anthracen	0-59	0-17	0-9	15-100
Fluoranthen	0-55	0-16	10-13	19-87
Fluoren	67-83	0-13	9-10	7-11
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	31-40	7-11	11-13	38-49
Phenanthren	59	9-10	14	17
Pyren	25-42	13-14	15-20	30-41
Diuron	76-84	0-6	14-15	0-5
Chloridazon-desphenyl	89-94	0-3	6	0-2
Chloridazon-methyl-desphenyl	79-96	0-8	4-7	0-6
Clothianidin	0-60	0-18	10-100	0-12
Carbendazim	78-88	0-7	10-12	0-5
Ethofumesate	0-59	0-17	12-100	0-12
Isoproturon	65-92	0-15	0-8	8-12
Metolachlor	0-51	19-20	15-54	14-26
N,N-Dimethylsulfamide	66-67	20-22	10-11	0-4
Terbuthylazine	0-50	18-19	18-61	14-21
Terbuthylazine-desethyl	0-47	28-62	9-12	16-25
Terbuthylazine-2-hydroxy-desethyl	0-57	21-75	10-25	0-12
Terbuthylazine-2-hydroxy	65-91	0-15	9	0-11
Thiamethoxam	64-69	0-13	14-31	0-9

Tabelle 105: Relativer Frachtbeitrag zur Gesamtemission der bewerteten Eintragspfade für den Planungsraum **Elbe**
(ARA-AB...Kläranlagenablauf, NWK...Niederschlagswasser aus Trennkanalisationen,
MW...Mischwasserentlastung, STR... Außerurbanes Straßenabwasser)

Parameter	ARA-AB	NWK	MW	STR
Blei	0-5	21-33	25-35	37-44
Cadmium	1-10	40-49	23-27	23-28
Chrom	6-31	2-10	18-27	41-65
Kupfer	14	32	22	32
Nickel	42-46	11-14	17-18	26-27
Zink	13	41	17	29
Quecksilber	14	14	58	14
Nonylphenole	32	46	13	9
NP1EO	26-33	14-19	39-60	0-9
NP2EO	63-80	16-19	3-7	2-11
NP1EC	75-78	6-8	7	9
Octylphenole	39-40	38-39	7-8	14-15
Bisphenol-A	22-24	58-61	9	8-9
Tributylzinn	10	4	82-83	4
Dibutylzinn	3	7	10	80
Tetrabutylzinn	0-16	67-92	8-9	0-8
Diphenylzinn	3-13	0-7	72-94	3-7
Triphenylzinn	21-22	3-4	1-2	72-75
PFOS	55	13	13	19
PFOA	58	18	6	19
17a-Ethinylöstradiol	0-41	0-25	13-100	0-20
Östron	49-50	15-16	31-35	0-3
17b-Östradiol	56-70	0-13	22-30	0-10
Östriol	0-12	0-8	74-100	0-6
Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	4-13	28-30	26-30	32-36
Bis(2-methoxyethyl)phthalat	0-41	0-25	13-100	0-20
Dicyklohexylphthalat (DCHP)	0-14	0-8	3-5	73-97
Diethylphthalat (DEP)	0-26	0-16	19-33	38-67
Diisobutylphthalat (DiBP)	11-31	0-17	34-71	18
Diisodecylphthalat (DiDP)	0-20	47-66	6-8	25-28
Diisoheptylphthalat	0-37	0-23	0-10	29-100
Diisononylphthalat	0-6	17-18	9-10	67-74
Dimethylphthalat (DMP)	52-82	0-20	0-9	18-19
Di-n-butylphthalat (DBP)	36-41	0-23	19-64	0-18
Di-n-octylphthalat (DOP)	0-40	0-24	12-17	24-83
Summe PBDE	34	7-10	19-20	37-39
Acenaphthen	0-35	32-58	14-32	10-19
Benzo(a)anthracen	0-15	10-13	15-18	57-72
Benzo(a)pyren	0-40	0-25	0-11	24-100
Benzo(b)fluoranthen	0-32	0-20	7-11	37-93
Benzo(g,h,i)perylene	12-19	10-13	11-12	57-66
Benzo(k)fluoranthen	0-38	0-23	0-11	28-100
Chrysen	7-20	17-19	13-15	48-61

Parameter	ARA-AB	NWK	MW	STR
Dibenzo(a,h)anthracen	0-40	0-25	0-11	24-100
Fluoranthren	0-36	0-22	11-12	30-89
Fluoren	48-70	0-20	13-16	15-19
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	16-23	8-13	12-13	52-63
Phenanthren	40	13-14	18-19	28
Pyren	13-24	16	17-20	43-52
Diuron	60-74	0-10	21-25	1-9
Chloridazon-desphenyl	80-89	0-5	11	0-4
Chloridazon-methyl-desphenyl	64-93	0-14	7-11	0-11
Clothianidin	0-41	0-25	13-100	0-20
Carbendazim	64-79	0-11	16-21	0-9
Ethofumesate	0-40	0-25	16-100	0-19
Isoproturon	47-82	0-23	0-10	18-20
Metolachlor	0-33	20-26	19-49	22-31
N,N-Dimethylsulfamide	49-50	30-34	15-16	0-6
Terbuthylazine	0-32	18-25	22-57	21-25
Terbuthylazine-desethyl	0-29	37-60	11	24-29
Terbuthylazine-2-hydroxy-desethyl	0-39	30-77	13-23	0-19
Terbuthylazine-2-hydroxy	47-84	0-23	12-16	0-18
Thiamethoxam	47-54	0-19	19-46	0-15

Tabelle 106: Relativer Frachtbeitrag zur Gesamtemission der bewerteten Eintragspfade für den Planungsraum **Leitha-Raab-Rabnitz** (ARA-AB...Kläranlagenablauf, NWK...Niederschlagswasser aus Trennkanalisationen, MW...Mischwasserentlastung, STR... Außerurbanes Straßenabwasser)

Parameter	ARA-AB	NWK	MW	STR
Blei	0-7	25-37	21-32	35-43
Cadmium	1-13	43-55	18-23	21-26
Chrom	10-40	2-11	14-24	35-64
Kupfer	19	35	18	29
Nickel	52-56	11-14	12-13	21-22
Zink	17	44	14	25
Quecksilber	20	16	51	13
Nonylphenole	39	44-45	9	7-8
NP1EO	36-42	15-19	30-49	0-8
NP2EO	70-84	13-17	2-5	1-8
NP1EC	82-84	5-7	4-5	6-7
Octylphenole	47	36-37	5-6	11-12
Bisphenol-A	27-30	57-60	6-7	7
Tributylzinn	15	4-5	76	4
Dibutylzinn	4-5	8	9	78
Tetrabutylzinn	0-20	67-94	6-7	0-7
Diphenylzinn	4-20	0-8	64-93	3-7
Triphenylzinn	29-30	3-5	1	64-67
PFOS	64	12	9	15
PFOA	66	16	4	14
17a-Ethinylöstradiol	0-50	0-24	9-100	0-16

Parameter	ARA-AB	NWK	MW	STR
Östron	59-61	15-16	23-25	0-3
17b-Östradiol	66-80	0-12	15-20	0-8
Östriol	0-19	0-9	66-100	0-6
Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	6-18	31-35	22-26	29-34
Bis(2-methoxyethyl)phthalat	0-50	0-24	9-100	0-16
Dicyklohexylphthalat (DCHP)	0-19	0-9	3-4	67-97
Diethylphthalat (DEP)	0-35	0-17	15-32	33-68
Diisobutylphthalat (DiBP)	18-40	0-18	26-65	16-18
Diisodecylphthalat (DiDP)	0-25	47-71	5-6	21-25
Diisoheptylphthalat	0-46	0-22	0-8	24-100
Diisononylphthalat	0-9	20	8-9	63-72
Dimethylphthalat (DMP)	61-88	0-18	0-6	12-15
Di-n-butylphthalat (DBP)	49-50	0-22	14-51	0-15
Di-n-octylphthalat (DOP)	0-48	0-23	9-16	20-84
Summe PBDE	44	8-11	14-15	31-33
Acenaphthen	0-43	31-64	10-27	9-16
Benzo(a)anthracen	0-21	12-15	12-17	53-72
Benzo(a)pyren	0-48	0-23	0-8	20-100
Benzo(b)fluoranthen	0-41	0-20	7-8	31-93
Benzo(g,h,i)perylen	17-26	11-14	9-10	51-62
Benzo(k)fluoranthen	0-47	0-23	0-8	23-100
Chrysen	10-27	19-20	11-13	42-58
Dibenzo(a,h)anthracen	0-49	0-24	0-8	20-100
Fluoranthen	0-45	0-22	9-10	25-90
Fluoren	57-79	0-19	9-10	11-15
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	23-30	8-14	9-11	46-57
Phenanthren	50	13-14	14	23
Pyren	18-32	17	13-17	37-48
Diuron	70-83	0-9	15-17	1-7
Chloridazon-desphenyl	86-93	0-5	7	0-3
Chloridazon-methyl-desphenyl	72-95	0-12	5-7	0-8
Clothianidin	0-50	0-24	10-100	0-16
Carbendazim	72-87	0-10	11-13	0-7
Ethofumesate	0-49	0-24	11-100	0-16
Isoproturon	55-88	0-21	0-7	12-16
Metolachlor	0-42	25	14-45	19-30
N,N-Dimethylsulfamide	57-58	28-31	10-11	0-5
Terbuthylazine	0-41	22-25	16-53	18-25
Terbuthylazine-desethyl	0-36	36-65	8-9	20-26
Terbuthylazine-2-hydroxy-desethyl	0-47	28-81	9-19	0-15
Terbuthylazine-2-hydroxy	55-90	0-21	9-10	0-15
Thiamethoxam	56-66	0-18	14-34	0-12

Tabelle 107: Relativer Frachtbeitrag zur Gesamtemission der bewerteten Eintragspfade für den Planungsraum **Mur**
(ARA-AB...Kläranlagenablauf, NWK...Niederschlagswasser aus Trennkanalisationen,
MW...Mischwasserentlastung, STR...Außerurbanes Straßenabwasser)

Parameter	ARA-AB	NWK	MW	STR
Blei	0-5	48-61	4-8	30-44
Cadmium	1-8	67-79	4	16-21
Chrom	9-34	5-22	4-7	39-79
Kupfer	13	58	4	25
Nickel	44-49	23-29	3-4	24
Zink	11	66	3	20
Quecksilber	22	43	17	18
Nonylphenole	24	68	2	6
NP1EO	38-40	42-43	9-17	0-10
NP2EO	56-71	27-34	0-1	1-9
NP1EC	75-79	13-16	1	8
Octylphenole	31	58-59	1	9-10
Bisphenol-A	14-16	77-80	1	5
Tributylzinn	27-28	20-21	42-43	10
Dibutylzinn	3-4	16	2	78-79
Tetrabutylzinn	0-10	84-99	1	0-4
Diphenylzinn	11-29	0-29	29-78	11-14
Triphenylzinn	24	6-9	0	66-70
PFOS	55	25	2	17
PFOA	52	32	1	15
17a-Ethinylöstradiol	0-37	0-44	2-100	0-16
Östron	55-58	34-35	7	0-4
17b-Östradiol	60-93	0-26	4-7	0-10
Östriol	0-27	0-32	30-100	0-12
Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	4-13	54-59	5-6	28-31
Bis(2-methoxyethyl)phthalat	0-37	0-44	2-100	0-16
Dicyklohexylphthalat (DCHP)	0-15	0-17	1	67-99
Diethylphthalat (DEP)	0-28	0-33	4-10	35-90
Diisobutylphthalat (DiBP)	29-36	0-38	7-33	18-38
Diisodecylphthalat (DiDP)	0-15	68-84	1	16
Diisoheptylphthalat	0-34	0-41	0-2	23-100
Diisononylphthalat	0-6	34	2	58-65
Dimethylphthalat (DMP)	48-85	0-35	0-2	15-16
Di-n-butylphthalat (DBP)	39-75	0-42	3-25	0-15
Di-n-octylphthalat (DOP)	0-36	0-43	2-4	19-96
Summe PBDE	38-39	17-23	4	36-40
Acenaphthen	0-30	53-89	2-5	7-14
Benzo(a)anthracen	0-16	22-28	3-4	53-73
Benzo(a)pyren	0-36	0-43	0-2	20-100
Benzo(b)fluoranthen	0-31	0-37	2	30-98
Benzo(g,h,i)perylene	13-20	22-27	2	51-63
Benzo(k)fluoranthen	0-35	0-41	0-2	23-100
Chrysen	7-20	35-37	2-3	41-55

Parameter	ARA-AB	NWK	MW	STR
Dibenzo(a,h)anthracen	0-36	0-43	0-2	19-100
Fluoranthren	0-33	0-40	2-3	25-97
Fluoren	46-82	0-36	2-3	15-16
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	19-24	17-27	2-3	47-61
Phenanthren	42-43	27-29	4	25-26
Pyren	14-25	33	3-4	38-49
Diuron	66-93	0-21	4-6	1-8
Chloridazon-desphenyl	83-98	0-11	2	0-4
Chloridazon-methyl-desphenyl	62-99	0-26	1-2	0-10
Clothianidin	0-37	0-44	2-100	0-16
Carbendazim	66-95	0-23	3-5	0-8
Ethofumesate	0-37	0-44	3-100	0-16
Isoproturon	42-85	0-40	0-2	15-16
Metolachlor	0-31	47-53	3-12	18-35
N,N-Dimethylsulfamide	42	51-55	2	0-5
Terbuthylazine	0-31	47-53	4-16	18-32
Terbuthylazine-desethyl	0-24	58-82	1-2	17
Terbuthylazine-2-hydroxy-desethyl	0-34	50-97	2-3	0-15
Terbuthylazine-2-hydroxy	43-97	0-41	2-3	0-15
Thiamethoxam	46-86	0-37	4-14	0-13

Tabelle 108: Relativer Frachtbeitrag zur Gesamtemission der bewerteten Eintragspfade für den Planungsraum **Rhein** (ARA-AB...Kläranlagenablauf, NWK...Niederschlagswasser aus Trennkanalisationen, MW...Mischwasserentlastung, STR... Außerurbanes Straßenabwasser)

Parameter	ARA-AB	NWK	MW	STR
Blei	0-5	47-61	17-29	17-24
Cadmium	1-8	66-75	14-15	9-12
Chrom	11-37	6-24	15-31	24-52
Kupfer	13	58	15	15
Nickel	45-50	23-29	12-13	14
Zink	11	67	10	12
Quecksilber	16	30	46	7
Nonylphenole	24-25	65-66	7	3-4
NP1EO	28-33	28-35	27-44	0-5
NP2EO	57-71	26-33	2-5	1-5
NP1EC	75-79	12-16	5	4-5
Octylphenole	32	58-59	4	5-6
Bisphenol-A	15-17	76-78	4	3
Tributylzinn	13	9-10	74-75	3
Dibutylzinn	5	22	11	62
Tetrabutylzinn	0-11	83-97	3-4	0-3
Diphenylzinn	4-17	0-17	62-94	2-4
Triphenylzinn	34	9-13	1-2	52-57
PFOS	56	25	9	10
PFOA	55	32	4	9
17a-Ethinylöstradiol	0-38	0-44	8-100	0-9

Parameter	ARA-AB	NWK	MW	STR
Östron	48-49	28-30	21-23	0-2
17b-Östradiol	57-77	0-24	15-23	0-5
Östriol	0-15	0-18	63-100	0-4
Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	4-13	53-58	18-21	16-18
Bis(2-methoxyethyl)phthalat	0-38	0-44	8-100	0-9
Dicyklohexylphthalat (DCHP)	0-20	0-23	4-5	51-96
Diethylphthalat (DEP)	0-30	0-34	15-42	21-58
Diisobutylphthalat (DiBP)	17-33	0-34	25-71	9-12
Diisodecylphthalat (DiDP)	0-16	70-88	3-4	9-10
Diisoheptylphthalat	0-37	0-42	0-7	14-100
Diisononylphthalat	0-8	43	8-9	41-48
Dimethylphthalat (DMP)	50-91	0-35	0-6	9
Di-n-butylphthalat (DBP)	39-45	0-40	12-55	0-8
Di-n-octylphthalat (DOP)	0-38	0-43	8-23	11-77
Summe PBDE	40-42	17-23	15-17	21-23
Acenaphthen	0-31	53-80	8-17	3-8
Benzo(a)anthracen	0-19	28-32	13-19	36-53
Benzo(a)pyren	0-38	0-43	0-7	11-100
Benzo(b)fluoranthen	0-34	0-39	8-10	19-90
Benzo(g,h,i)perylen	17-25	27-31	9-11	35-45
Benzo(k)fluoranthen	0-37	0-42	0-7	13-100
Chrysen	9-23	40-41	10-13	26-37
Dibenzo(a,h)anthracen	0-38	0-44	0-7	11-100
Fluoranthen	0-36	0-41	8-15	15-85
Fluoren	47-80	0-36	8-12	8-9
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	24-28	20-31	10-13	31-43
Phenanthren	43-44	27-28	14	15
Pyren	16-28	35-36	13-17	23-31
Diuron	62-81	0-19	15-19	1-4
Chloridazon-desphenyl	81-92	0-10	7-8	0-2
Chloridazon-methyl-desphenyl	62-95	0-25	5-7	0-5
Clothianidin	0-38	0-44	9-100	0-9
Carbendazim	63-85	0-21	11-15	0-4
Ethofumesate	0-38	0-43	10-100	0-9
Isoproturon	44-91	0-40	0-7	9
Metolachlor	0-32	44-46	12-39	10-17
N,N-Dimethylsulfamide	41	48-51	8-9	0-3
Terbuthylazine	0-31	40-45	14-46	10-14
Terbuthylazine-desethyl	0-25	59-84	6	10
Terbuthylazine-2-hydroxy-desethyl	0-34	49-90	8-10	0-8
Terbuthylazine-2-hydroxy	44-89	0-40	8-11	0-8
Thiamethoxam	45-63	0-35	13-37	0-7

8.8.3 Karten

Die folgenden Abbildungen enthalten eine Karte mit der Darstellung der relativen Frachtbeiträge der vier Eintragspfade an der Gesamtemission für die Bundesländer und für die Planungsräume für die Spurenstoffe Kupfer, Zink, Quecksilber, Nonylphenole, Bisphenol-A, Tributylzinnverbindungen, Dibutylzinnverbindungen, PFOS, PFOA, DEHP und die Summe der polybromierten Diphenylether (BDE28, BDE47, BDE 99, BDE 100, BDE 153, BDE 154).

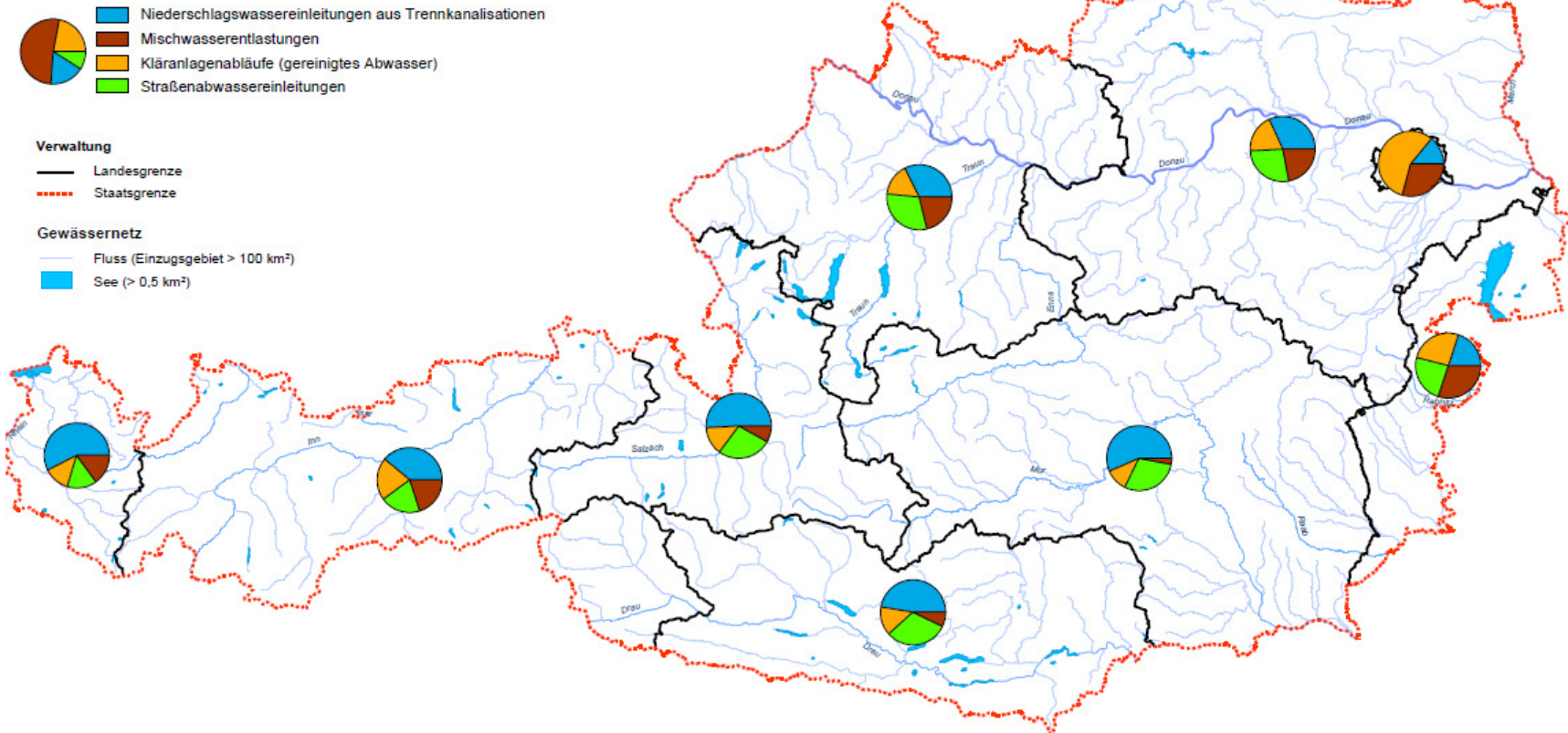
Ein Verzeichnis dieser Karten zeigt *Tabelle 109*.

Tabelle 109: Kartenverzeichnis

Abbildung	Aggregationsniveau	Spurenstoff
Abbildung 172	Bundesland	Kupfer
Abbildung 173	Bundesland	Zink
Abbildung 174	Bundesland	Quecksilber
Abbildung 175	Bundesland	Nonylphenole
Abbildung 176	Bundesland	Bisphenol-A
Abbildung 177	Bundesland	Tributylzinnverbindungen
Abbildung 178	Bundesland	Dibutylzinnverbindungen
Abbildung 179	Bundesland	Perfluoroktansulfonsäure (PFOS)
Abbildung 180	Bundesland	Perfluoroktansäure (PFOA)
Abbildung 181	Bundesland	Di(ethyl-hexyl)phthalat (DEHP)
Abbildung 182	Bundesland	Summe PBDE (Summe der Kongenere BDE 28, BDE 47, BDE 99, BDE 100, BDE 153 und BDE 154)
Abbildung 183	Planungsraum	Kupfer
Abbildung 184	Planungsraum	Zink
Abbildung 185	Planungsraum	Quecksilber
Abbildung 186	Planungsraum	Nonylphenole
Abbildung 187	Planungsraum	Bisphenol-A
Abbildung 188	Planungsraum	Tributylzinnverbindungen
Abbildung 189	Planungsraum	Dibutylzinnverbindungen
Abbildung 190	Planungsraum	Perfluoroktansulfonsäure (PFOS)
Abbildung 191	Planungsraum	Perfluoroktansäure (PFOA)
Abbildung 192	Planungsraum	Di(ethyl-hexyl)phthalat (DEHP)
Abbildung 193	Planungsraum	Summe PBDE (Summe der Kongenere BDE 28, BDE 47, BDE 99, BDE 100, BDE 153 und BDE 154)

Kupfer

Relative Frachtanteile [%] unterschiedlicher
Eintragspfade an der Gesamtemission je Bundesland
Auswertzeitraum: 2013



Quelle:
SCHTURM: Schadstoffemissionen von Verkehrsflächen
und urbanen Siedlungsgebieten (Kläranlagen,
Regen- und Mischwasserentlastungen)
Datenstand: 2013

Auswertung/Graphik: Umweltbundesamt GmbH, 2014

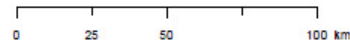
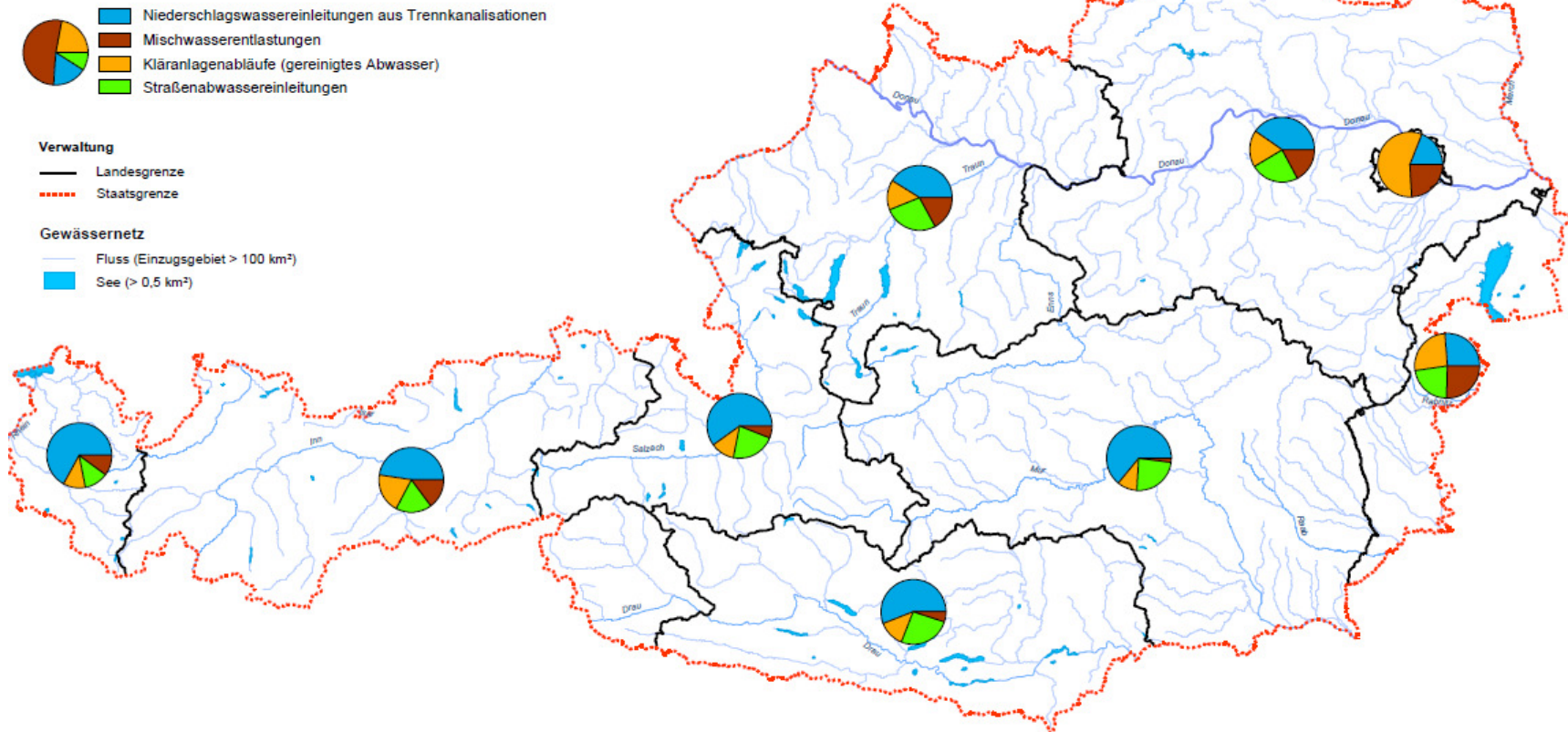


Abbildung 172: Relative Frachtanteile der vier Eintragspfade Kläranlagenablauf, Mischwassereinleitungen, Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen und Straßenabwassereinleitungen an der Gesamtemission dieser Einträge für Kupfer auf Basis der Bundesländer

Zink

Relative Frachtanteile [%] unterschiedlicher Eintragspfade an der Gesamtemission je Bundesland
Auswertzeitraum: 2013



Quelle:
SCHTURM: Schadstoffemissionen von Verkehrsflächen und urbanen Siedlungsgebieten (Kläranlagen, Regen- und Mischwasserentlastungen)
Datenstand: 2013

Auswertung/Graphik: Umweltbundesamt GmbH, 2014

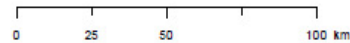
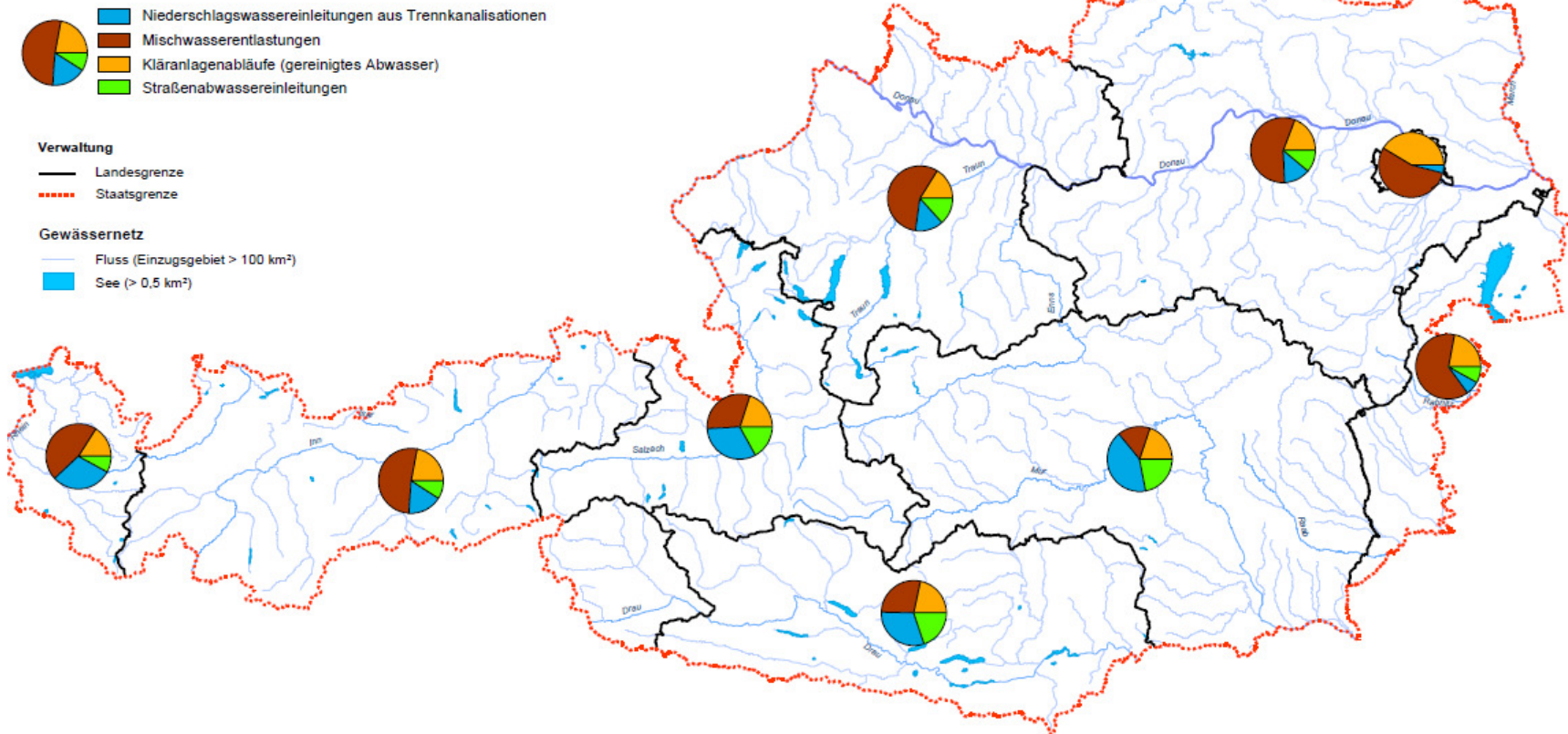


Abbildung 173: Relative Frachtanteile der vier Eintragspfade Kläranlagenablauf, Mischwassereinleitungen, Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen und Straßenabwassereinleitungen an der Gesamtemission dieser Einträge für Zink auf Basis der Bundesländer

Quecksilber

Relative Frachtanteile [%] unterschiedlicher
Eintragspfade an der Gesamtemission je Bundesland
Auswertzeitraum: 2013



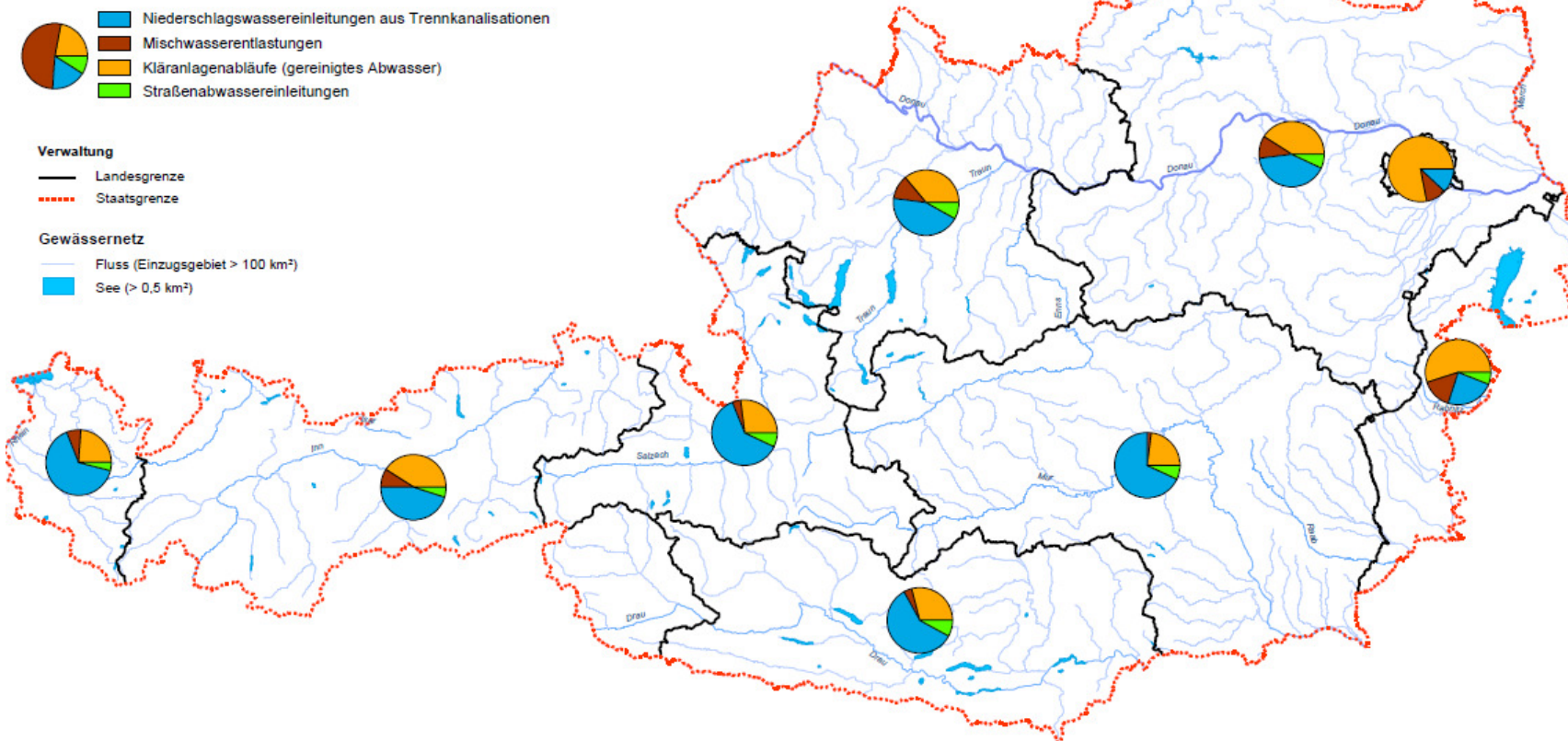
Quelle:
SCHTURM: Schadstoffemissionen von Verkehrsflächen
und urbanen Siedlungsgebieten (Kläranlagen,
Regen- und Mischwasserentlastungen)
Datenstand: 2013

Auswertung/Graphik: Umweltbundesamt GmbH, 2014

Abbildung 174: Relative Frachtanteile der vier Eintragspfade Kläranlagenablauf, Mischwassereinleitungen, Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen und Straßenabwassereinleitungen an der Gesamtemission dieser Einträge für Quecksilber auf Basis der Bundesländer

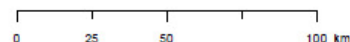
Nonylphenole

Relative Frachtanteile [%] unterschiedlicher Eintragspfade an der Gesamtemission je Bundesland
Auswertzeitraum: 2013



Quelle:
SCHTURM: Schadstoffemissionen von Verkehrsflächen
und urbanen Siedlungsgebieten (Kläranlagen,
Regen- und Mischwasserentlastungen)
Datenstand: 2013

Auswertung/Graphik: Umweltbundesamt GmbH, 2014



umweltbundesamt



Abbildung 175: Relative Frachtanteile der vier Eintragspfade Kläranlagenablauf, Mischwassereinleitungen, Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen und Straßenabwassereinleitungen an der Gesamtemission dieser Einträge für Nonylphenole auf Basis der Bundesländer

Bisphenol-A

Relative Frachtanteile [%] unterschiedlicher
Eintragspfade an der Gesamtemission je Bundesland
Auswertzeitraum: 2013

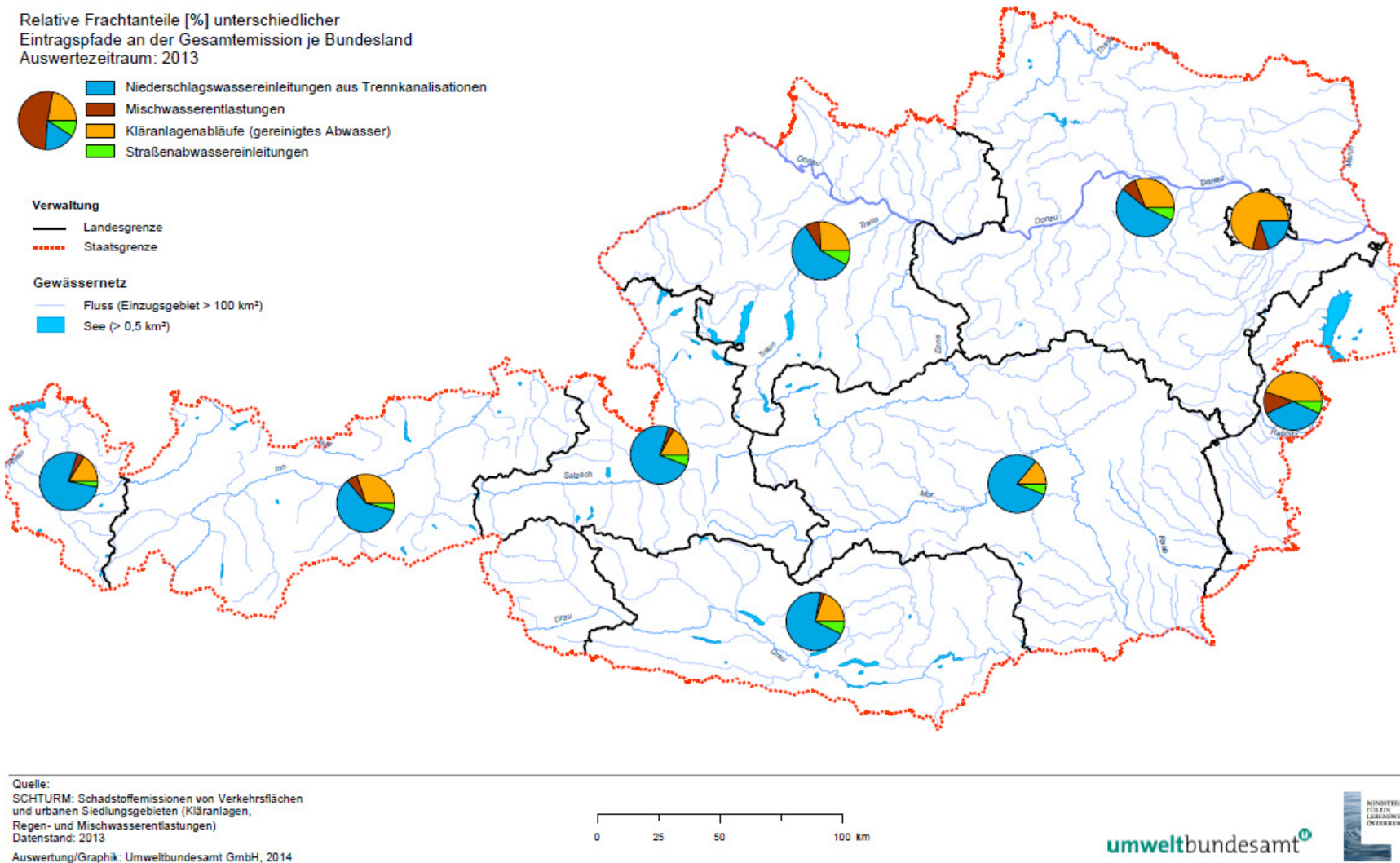
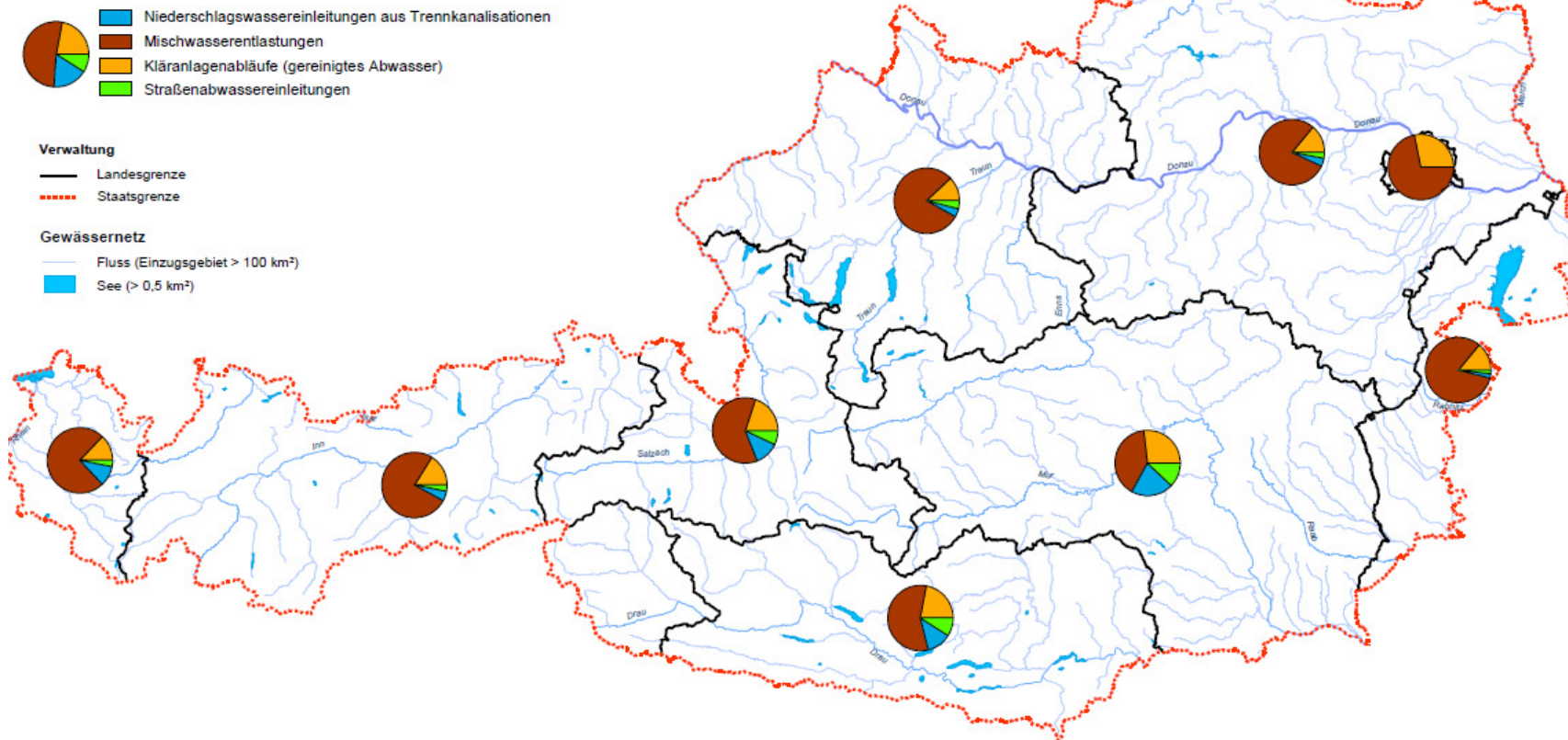


Abbildung 176: Relative Frachtanteile der vier Eintragspfade Kläranlagenablauf, Mischwassereinleitungen, Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen und Straßenabwassereinleitungen an der Gesamtemission dieser Einträge für Bisphenol-A auf Basis der Bundesländer

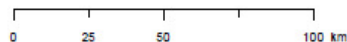
Tributylzinn

Relative Frachtanteile [%] unterschiedlicher Eintragspfade an der Gesamtemission je Bundesland
Auswertzeitraum: 2013



Quelle:
SCHTURM: Schadstoffemissionen von Verkehrsflächen und urbanen Siedlungsgebieten (Kläranlagen, Regen- und Mischwasserentlastungen)
Datenstand: 2013

Auswertung/Graphik: Umweltbundesamt GmbH, 2014



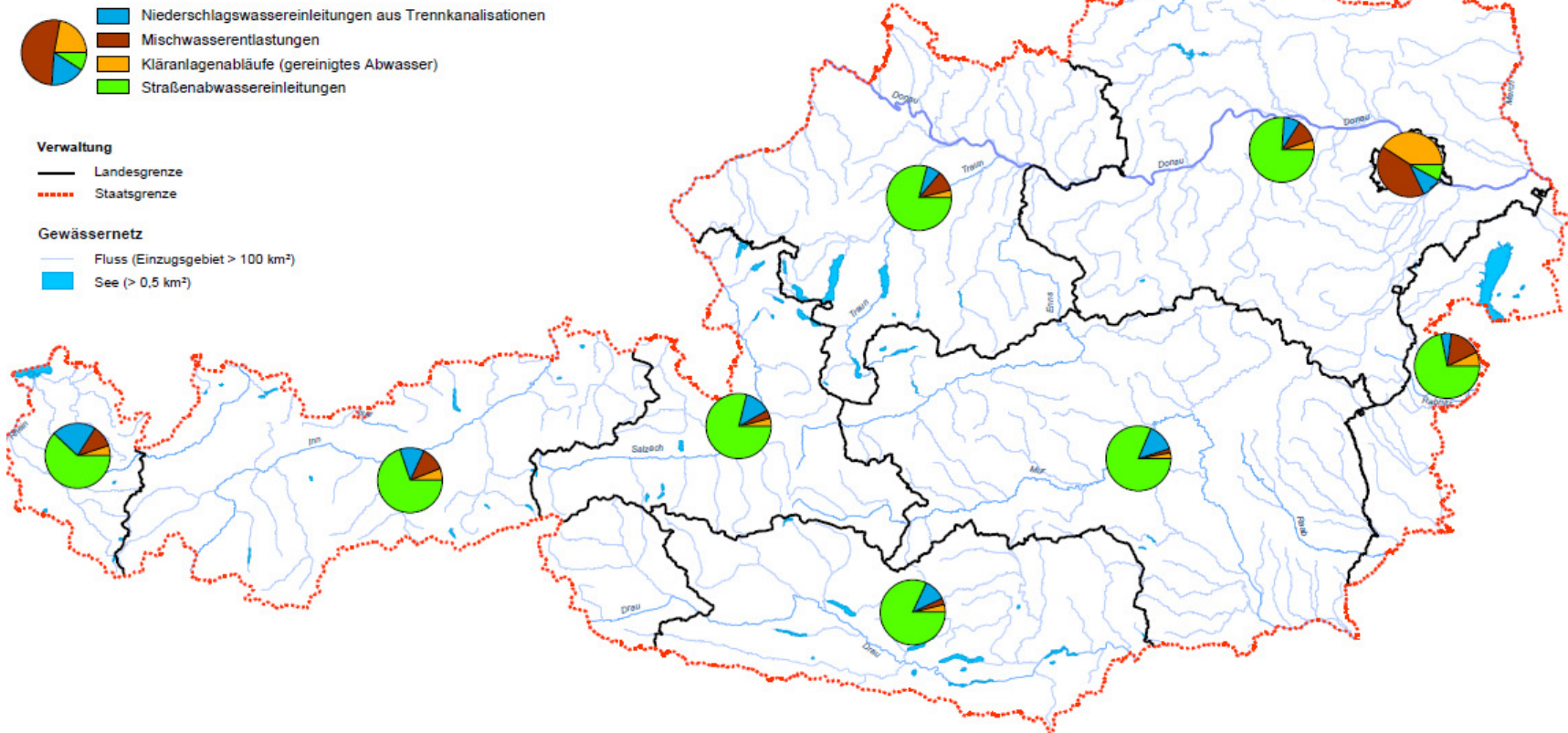
umweltbundesamt



Abbildung 177: Relative Frachtanteile der vier Eintragspfade Kläranlagenablauf, Mischwassereinleitungen, Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen und Straßenabwassereinleitungen an der Gesamtemission dieser Einträge für Tributylzinnverbindungen auf Basis der Bundesländer

Dibutylzinn

Relative Frachtanteile [%] unterschiedlicher
Eintragspfade an der Gesamtemission je Bundesland
Auswertzeitraum: 2013



Quelle:
SCHTURM: Schadstoffemissionen von Verkehrsflächen
und urbanen Siedlungsgebieten (Kläranlagen,
Regen- und Mischwasserentlastungen)
Datenstand: 2013

Auswertung/Graphik: Umweltbundesamt GmbH, 2014

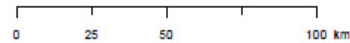
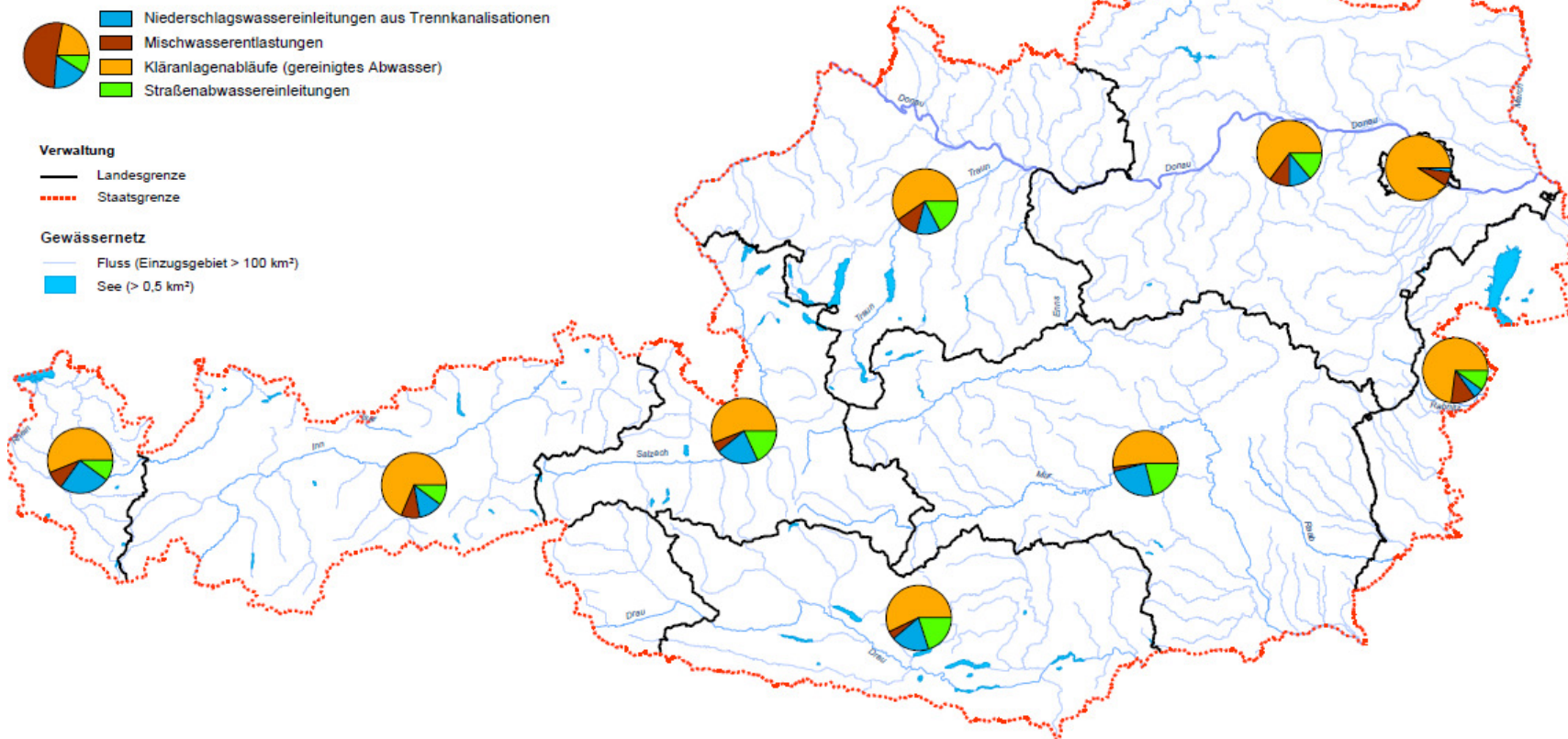


Abbildung 178: Relative Frachtanteile der vier Eintragspfade Kläranlagenablauf, Mischwassereinleitungen, Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen und Straßenabwassereinleitungen an der Gesamtemission dieser Einträge für Dibutylzinnverbindungen auf Basis der Bundesländer

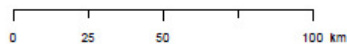
Perfluoroktansulfonsäure

Relative Frachtanteile [%] unterschiedlicher Eintragspfade an der Gesamtemission je Bundesland
Auswertzeitraum: 2013



Quelle:
SCHTURM: Schadstoffemissionen von Verkehrsflächen und urbanen Siedlungsgebieten (Kläranlagen, Regen- und Mischwasserentlastungen)
Datenstand: 2013

Auswertung/Graphik: Umweltbundesamt GmbH, 2014



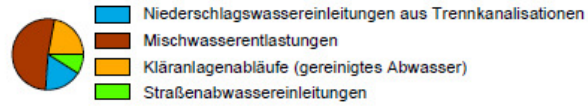
umweltbundesamt



Abbildung 179: Relative Frachtanteile der vier Eintragspfade Kläranlagenablauf, Mischwassereinleitungen, Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen und Straßenabwassereinleitungen an der Gesamtemission dieser Einträge für PFOS auf Basis der Bundesländer

Perfluoroktansäure

Relative Frachtanteile [%] unterschiedlicher Eintragspfade an der Gesamtemission je Bundesland
Auswertzeitraum: 2013

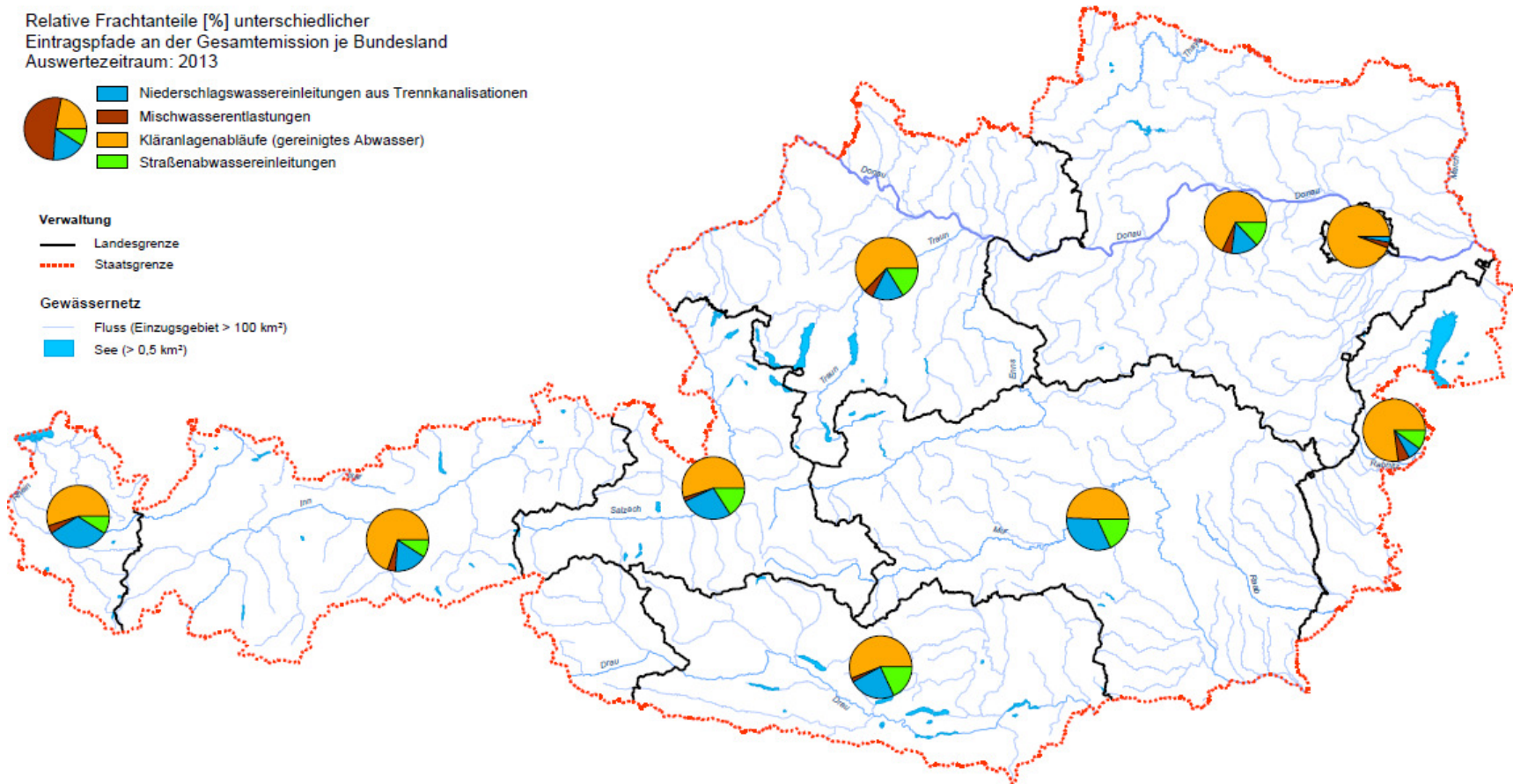


Verwaltung

- Landesgrenze
- Staatsgrenze

Gewässernetz

- Fluss (Einzugsgebiet > 100 km²)
- See (> 0,5 km²)



Quelle:
SCHTURM: Schadstoffemissionen von Verkehrsflächen und urbanen Siedlungsgebieten (Kläranlagen, Regen- und Mischwasserentlastungen)
Datenstand: 2013

Auswertung/Graphik: Umweltbundesamt GmbH, 2014

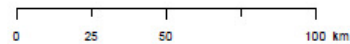
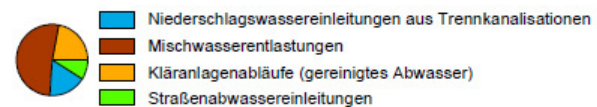


Abbildung 180: Relative Frachtanteile der vier Eintragspfade Kläranlagenablauf, Mischwassereinleitungen, Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen und Straßenabwassereinleitungen an der Gesamtemission dieser Einträge für PFOA auf Basis der Bundesländer

Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)

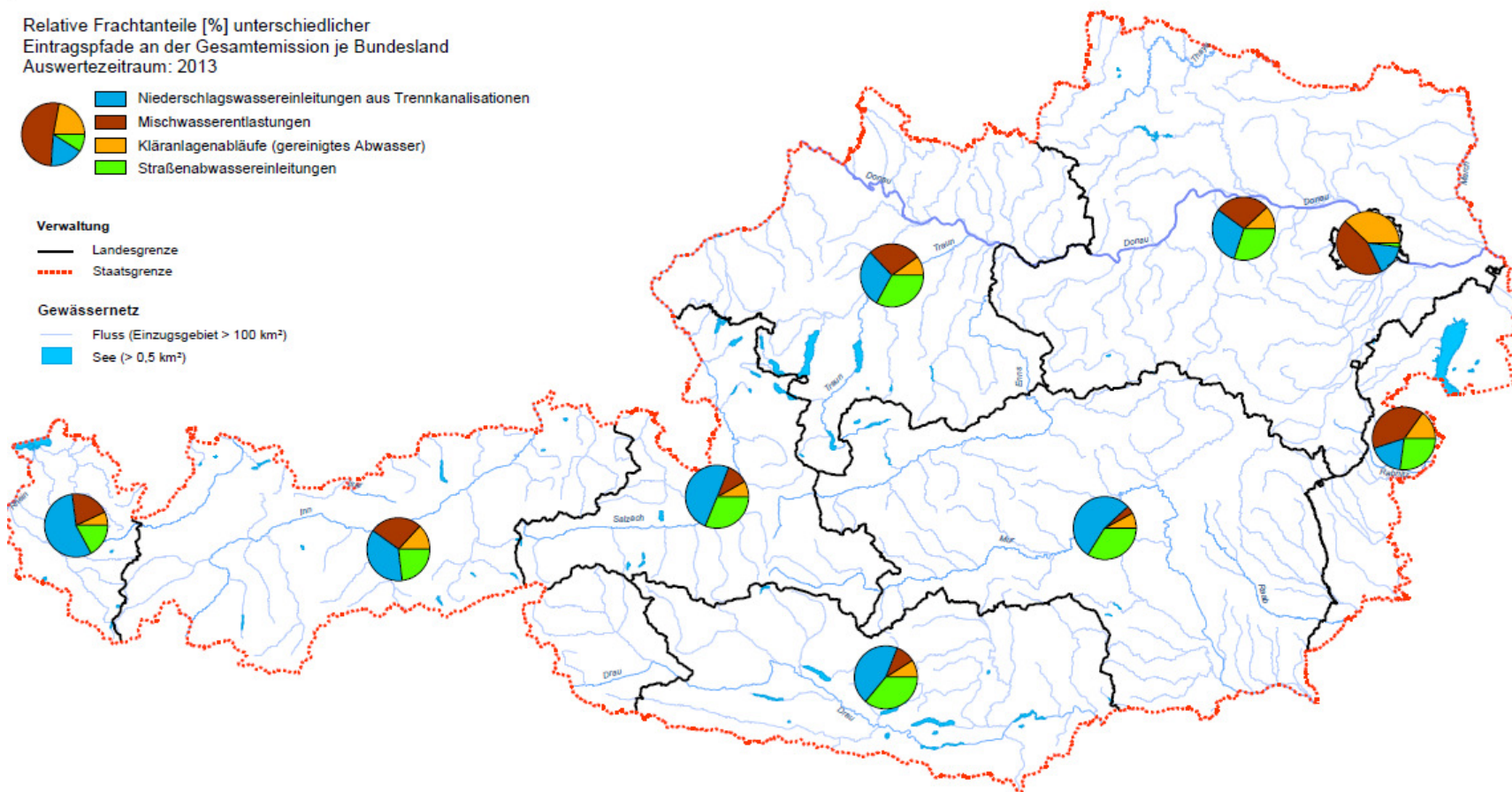
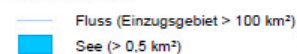
Relative Frachtanteile [%] unterschiedlicher
Eintragspfade an der Gesamtemission je Bundesland
Auswertzeitraum: 2013



Verwaltung

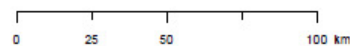


Gewässernetz



Quelle:
SCHTURM: Schadstoffemissionen von Verkehrsflächen
und urbanen Siedlungsgebieten (Kläranlagen,
Regen- und Mischwasserentlastungen)
Datenstand: 2013

Auswertung/Graphik: Umweltbundesamt GmbH, 2014



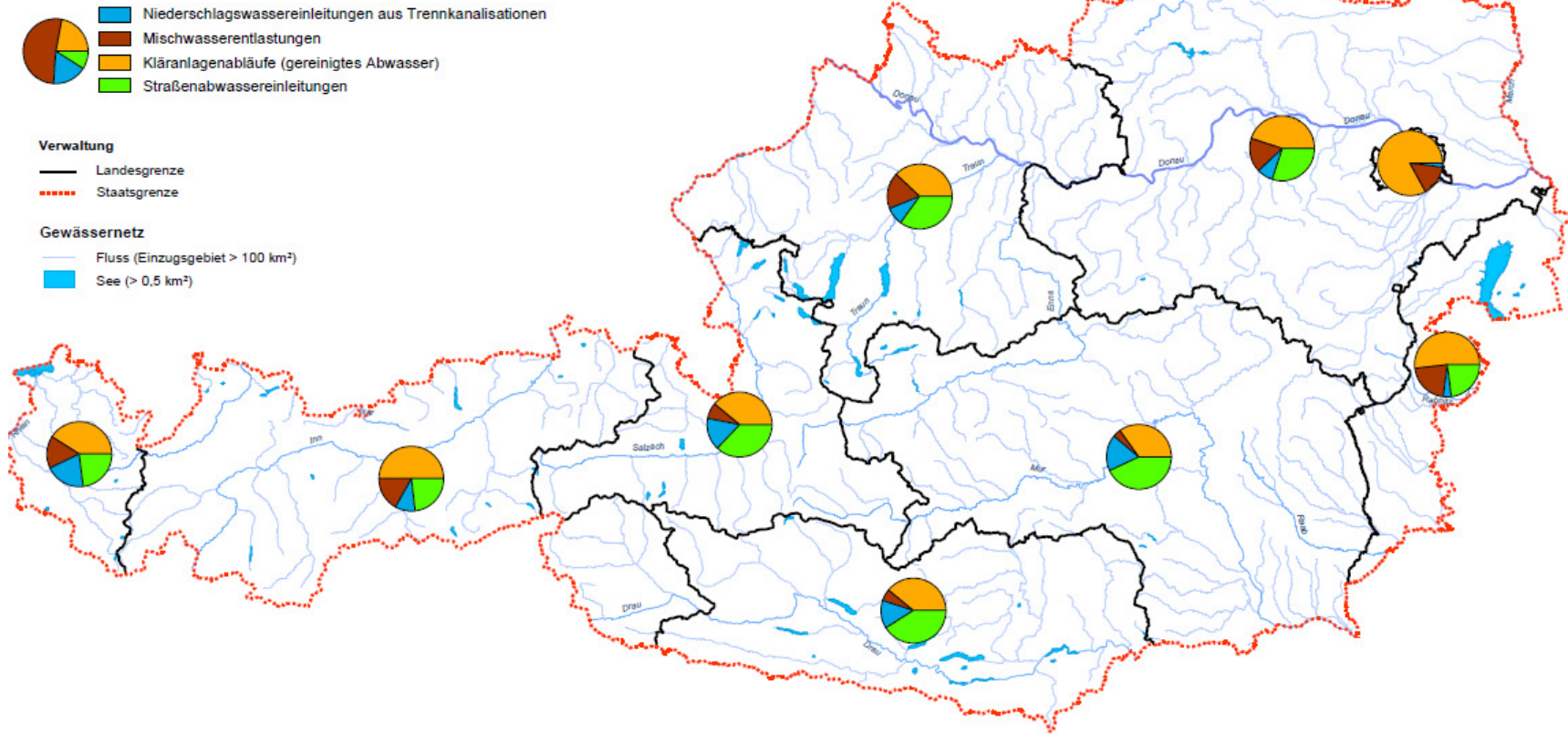
umweltbundesamt[®]



Abbildung 181: Relative Frachtanteile der vier Eintragspfade Kläranlagenablauf, Mischwassereinleitungen, Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen und Straßenabwassereinleitungen an der Gesamtemission dieser Einträge für DEHP auf Basis der Bundesländer

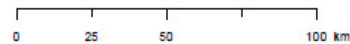
Summe polybromierte Diphenolether

Relative Frachtanteile [%] unterschiedlicher Eintragspfade an der Gesamtemission je Bundesland
Auswertzeitraum: 2013



Quelle:
SCHTURM: Schadstoffemissionen von Verkehrsflächen
und urbanen Siedlungsgebieten (Kläranlagen,
Regen- und Mischwasserentlastungen)
Datenstand: 2013

Auswertung/Graphik: Umweltbundesamt GmbH, 2014



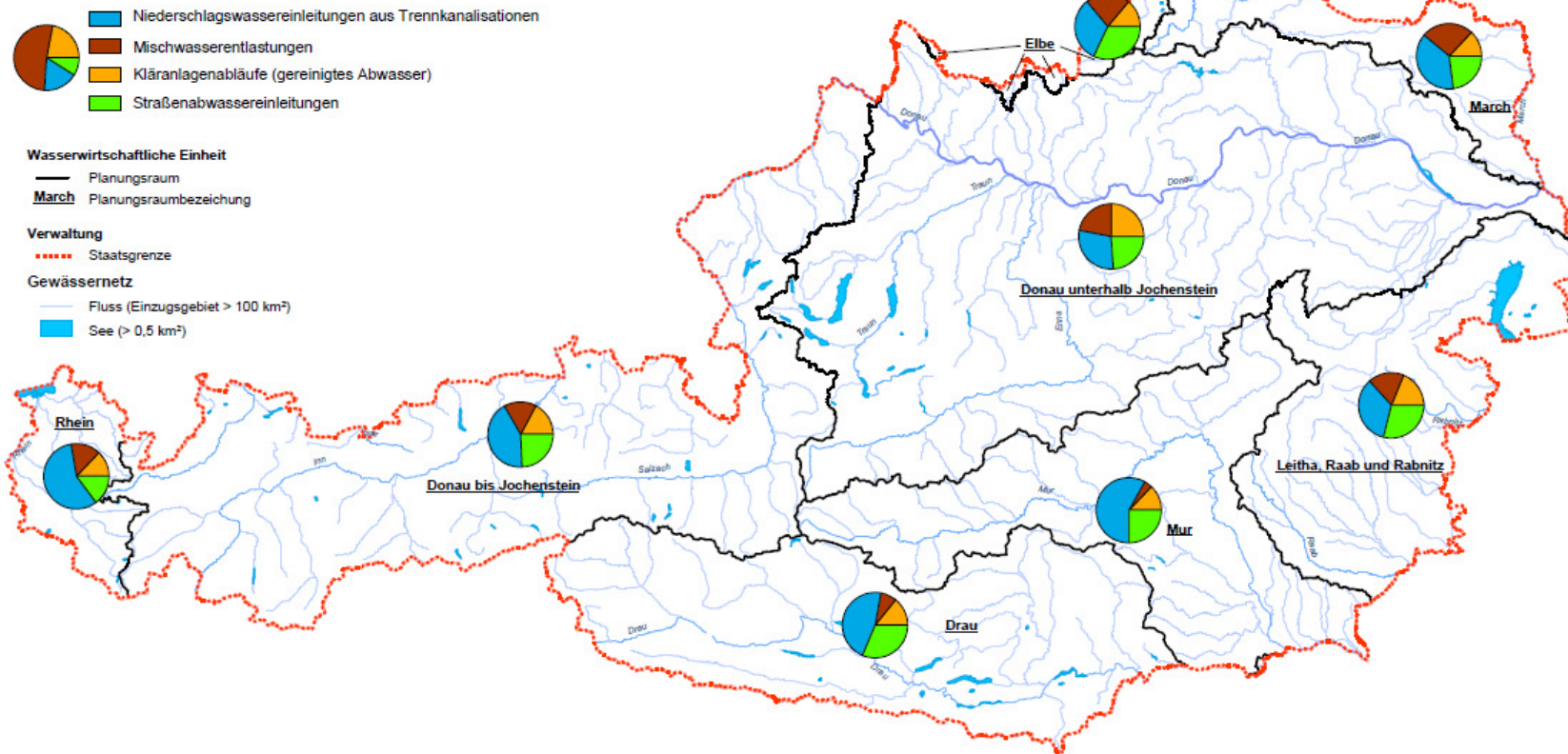
umweltbundesamt ^U



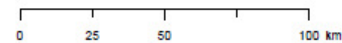
Abbildung 182: Relative Frachtanteile der vier Eintragspfade Kläranlagenablauf, Mischwassereinleitungen, Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen und Straßenabwassereinleitungen an der Gesamtemission dieser Einträge für die Summe PBDE auf Basis der Bundesländer

Kupfer

Relative Frachtanteile [%] unterschiedlicher Eintragungspfade an der Gesamtemission je Planungsraum
Auswertzeitraum: 2013



Quelle:
SCHTURM: Schadstoffemissionen von Verkehrsflächen und urbanen Siedlungsgebieten (Kläranlagen, Regen- und Mischwasserentlastungen)
Datenstand: 2013
Auswertung/Graphik: Umweltbundesamt GmbH, 2014



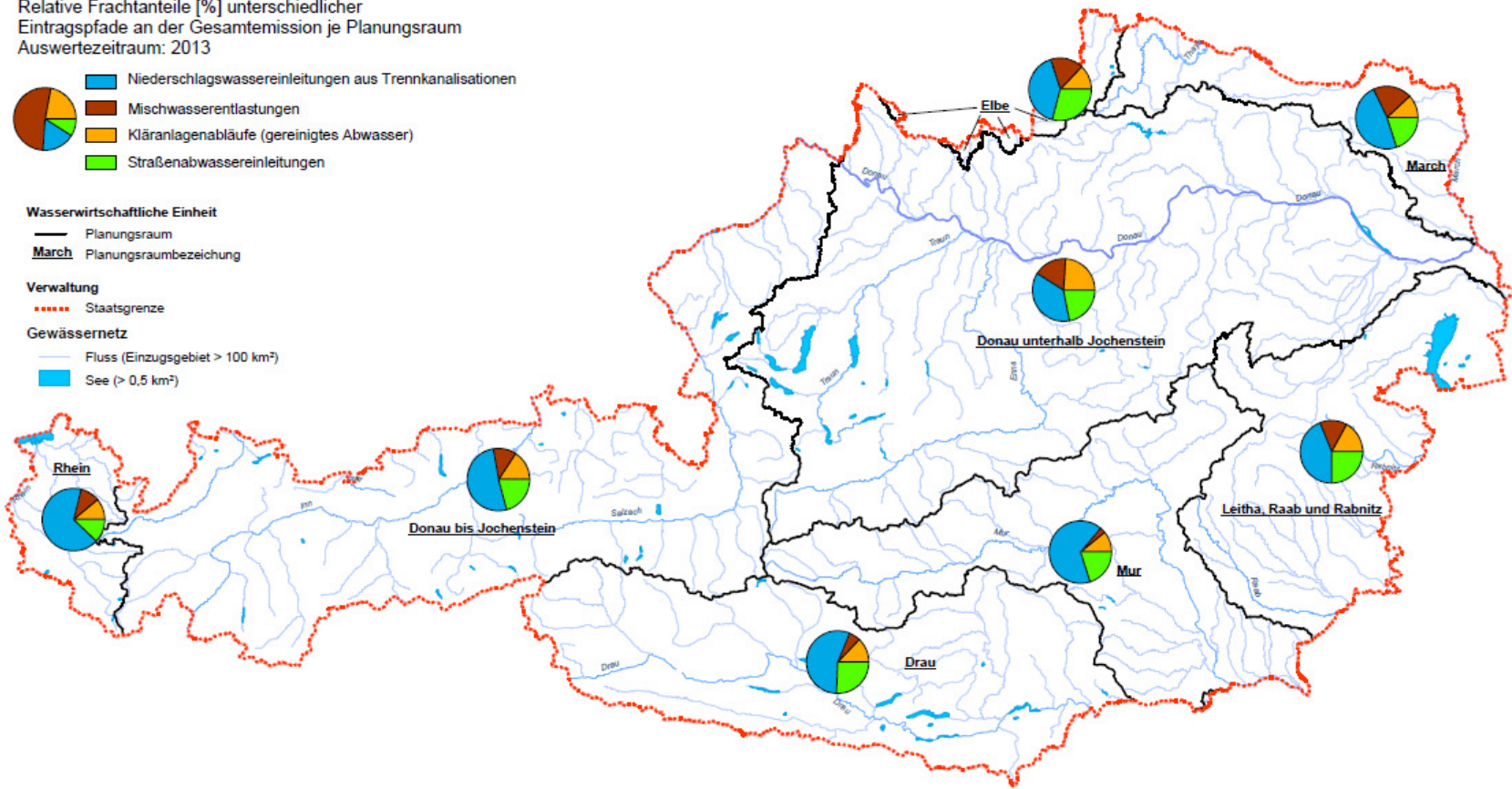
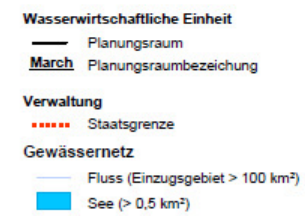
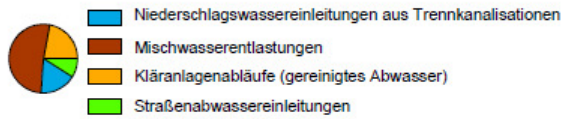
umweltbundesamt^o



Abbildung 183: Relative Frachtanteile der vier Eintragungspfade Kläranlagenablauf, Mischwassereinleitungen, Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen und Straßenabwassereinleitungen an der Gesamtemission dieser Einträge für Kupfer auf Basis der Bundesländer

Zink

Relative Frachtanteile [%] unterschiedlicher Eintragspfade an der Gesamtemission je Planungsraum
Auswertungszeitraum: 2013



Quelle:
SCHTURM: Schadstoffemissionen von Verkehrsflächen und urbanen Siedlungsgebieten (Kläranlagen, Regen- und Mischwasserentlastungen)
Datenstand: 2013
Auswertung/Graphik: Umweltbundesamt GmbH, 2014

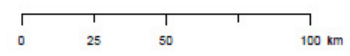
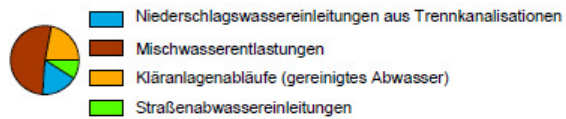


Abbildung 184: Relative Frachtanteile der vier Eintragspfade Kläranlagenablauf, Mischwassereinleitungen, Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen und Straßenabwassereinleitungen an der Gesamtemission dieser Einträge für Zink auf Basis der Bundesländer

Quecksilber

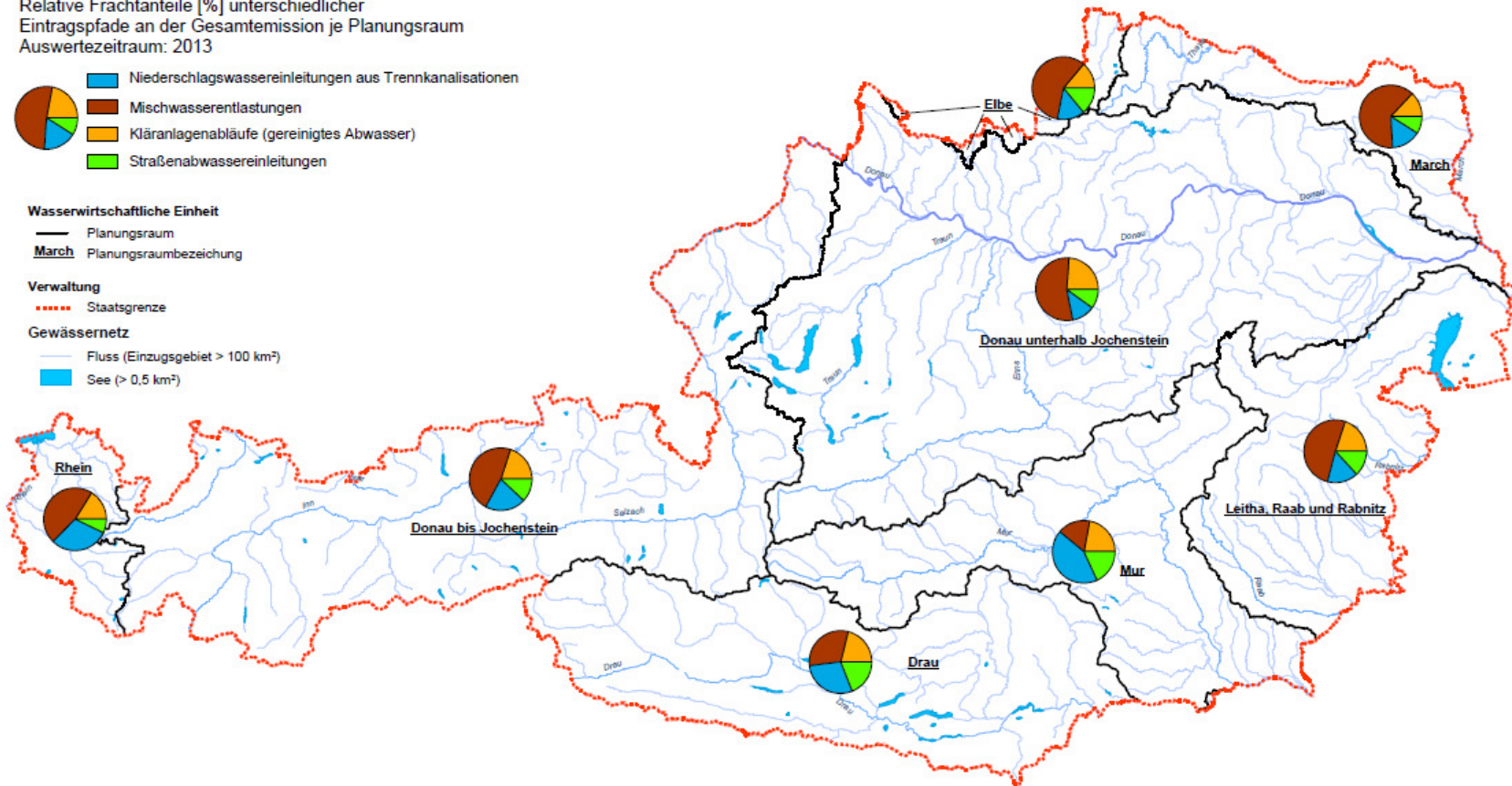
Relative Frachtanteile [%] unterschiedlicher Eintragspfade an der Gesamtemission je Planungsraum
Auswertungszeitraum: 2013



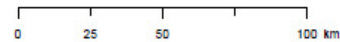
Wasserwirtschaftliche Einheit
 — Planungsraum
March Planungsraumbezeichnung

Verwaltung
 Staatsgrenze

Gewässernetz
 — Fluss (Einzugsgebiet > 100 km²)
 ■ See (> 0,5 km²)



Quelle:
 SHTURM: Schadstoffemissionen von Verkehrsflächen
 und urbanen Siedlungsgebieten (Kläranlagen,
 Regen- und Mischwasserentlastungen)
 Datenstand: 2013
 Auswertung/Graphik: Umweltbundesamt GmbH, 2014



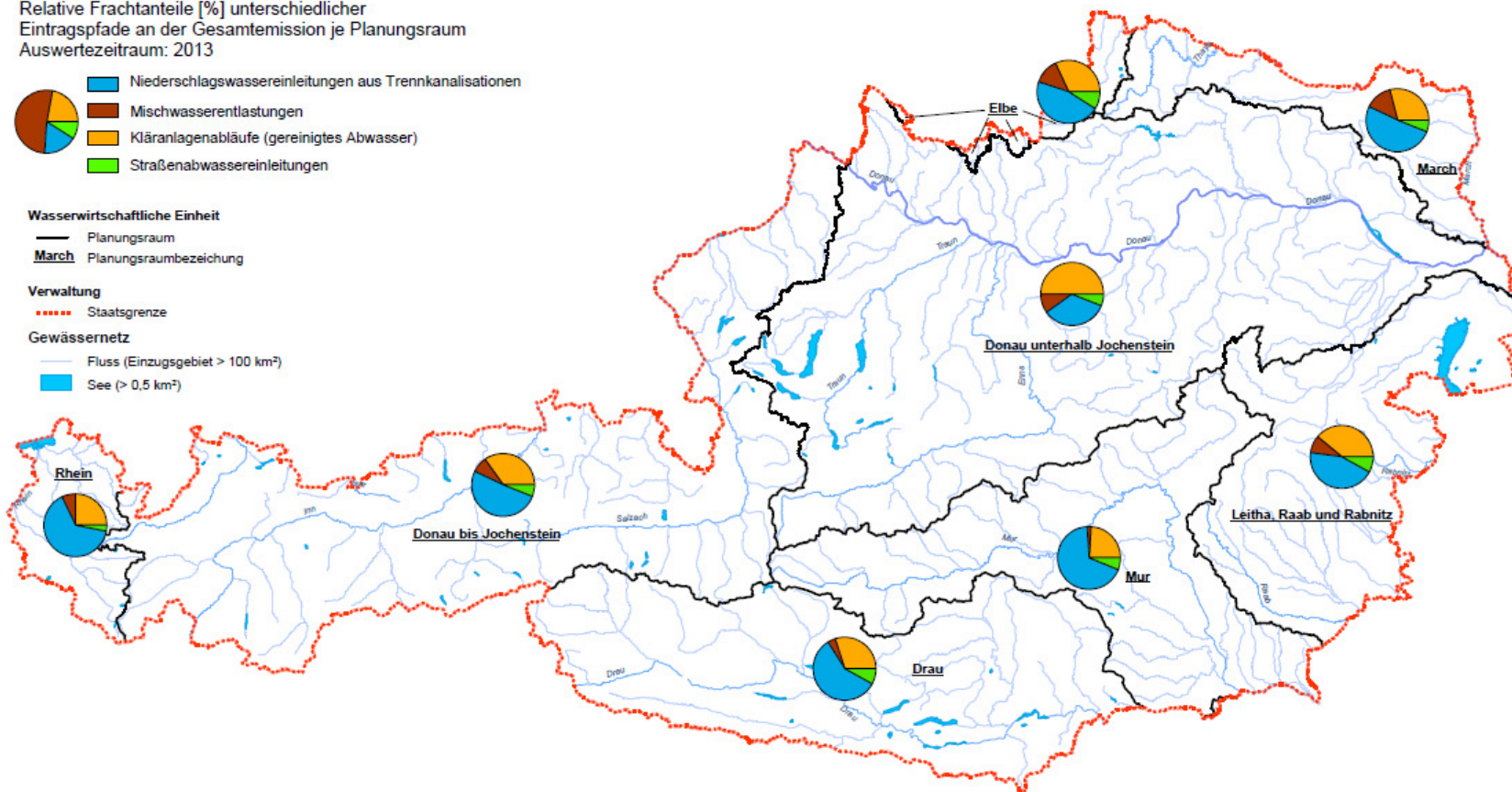
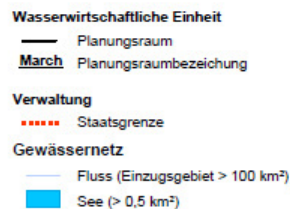
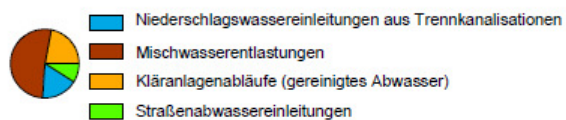
umweltbundesamt[®]



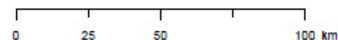
Abbildung 185: Relative Frachtanteile der vier Eintragspfade Kläranlagenablauf, Mischwassereinleitungen, Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen und Straßenabwassereinleitungen an der Gesamtemission dieser Einträge für Quecksilber auf Basis der Bundesländer

Nonylphenole

Relative Frachtanteile [%] unterschiedlicher Eintragungspfade an der Gesamtemission je Planungsraum
Auswertzeitraum: 2013



Quelle:
SCHTURM: Schadstoffemissionen von Verkehrsflächen und urbanen Siedlungsgebieten (Kläranlagen, Regen- und Mischwasserentlastungen)
Datenstand: 2013
Auswertung/Graphik: Umweltbundesamt GmbH, 2014



umweltbundesamt⁰



Abbildung 186: Relative Frachtanteile der vier Eintragungspfade Kläranlagenablauf, Mischwassereinleitungen, Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen und Straßenabwassereinleitungen an der Gesamtemission dieser Einträge für Nonylphenole auf Basis der Bundesländer

Bisphenol-A

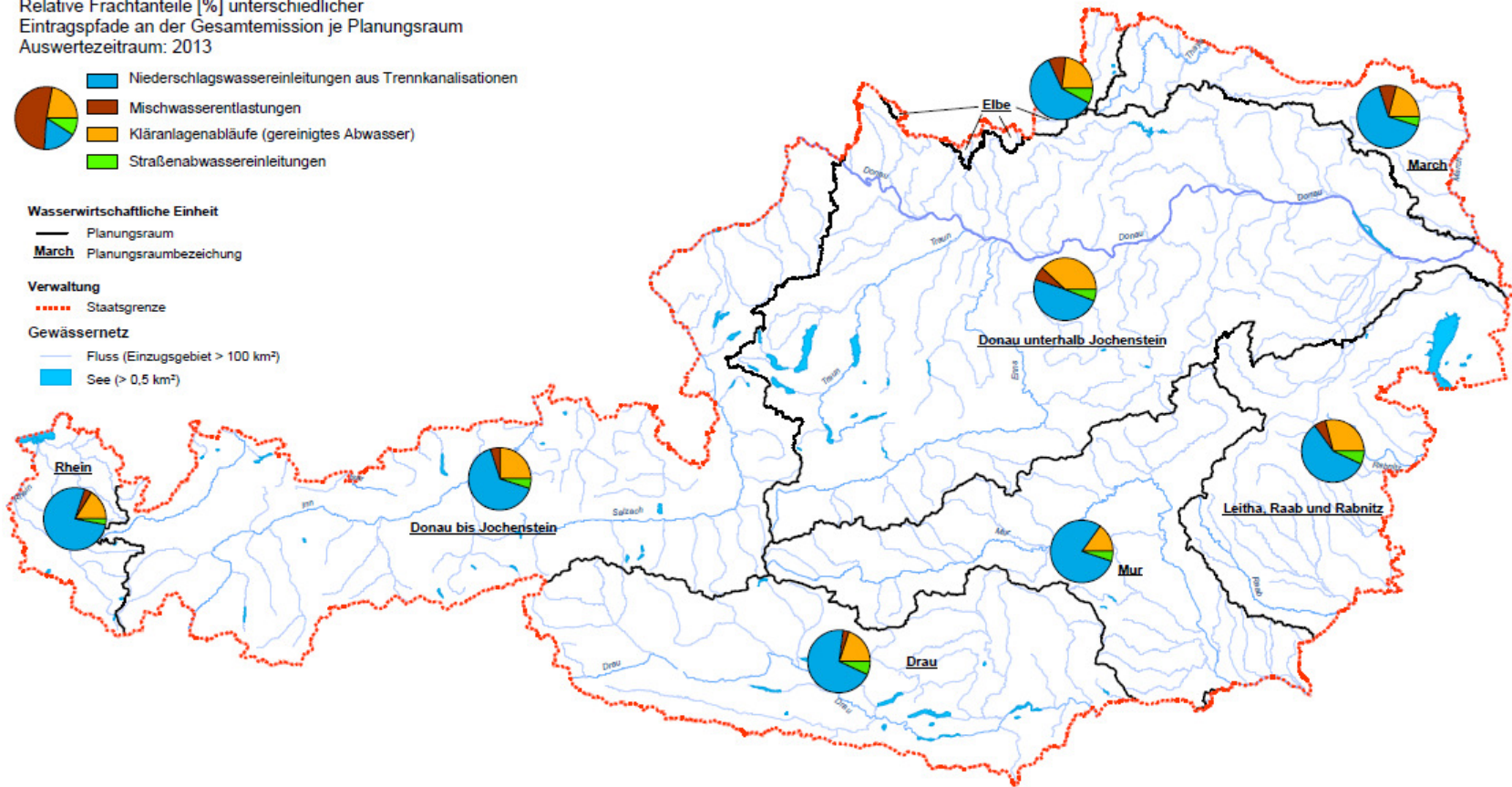
Relative Frachtanteile [%] unterschiedlicher Eintragspfade an der Gesamtemission je Planungsraum
Auswertzeitraum: 2013



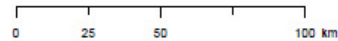
Wasserwirtschaftliche Einheit
 — Planungsraum
March Planungsraumbezeichnung

Verwaltung
 Staatsgrenze

Gewässernetz
 — Fluss (Einzugsgebiet > 100 km²)
 ■ See (> 0,5 km²)



Quelle:
 SCHTURM: Schadstoffemissionen von Verkehrsflächen und urbanen Siedlungsgebieten (Kläranlagen, Regen- und Mischwasserentlastungen)
 Datenstand: 2013
 Auswertung/Graphik: Umweltbundesamt GmbH, 2014



umweltbundesamt[®]



Abbildung 187: Relative Frachtanteile der vier Eintragspfade Kläranlagenablauf, Mischwassereinleitungen, Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen und Straßenabwassereinleitungen an der Gesamtemission dieser Einträge für Bisphenol-A auf Basis der Bundesländer

Tributylzinn

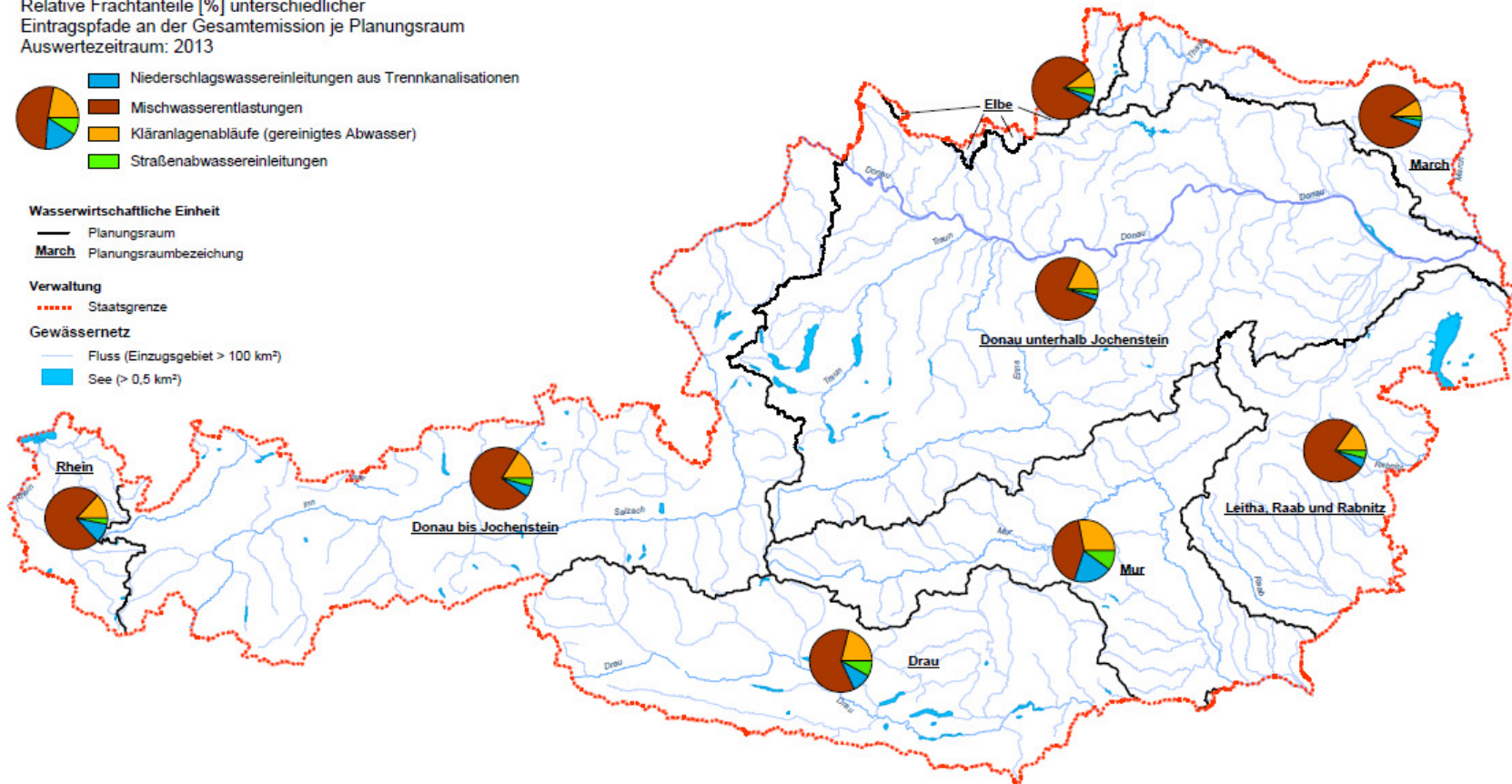
Relative Frachtanteile [%] unterschiedlicher Eintragspfade an der Gesamtemission je Planungsraum
Auswertungszeitraum: 2013



Wasserwirtschaftliche Einheit
 — Planungsraum
March Planungsraumbezeichnung

Verwaltung
 - - - Staatsgrenze

Gewässernetz
 — Fluss (Einzugsgebiet > 100 km²)
 ■ See (> 0,5 km²)



Quelle:
 SCHTURM: Schadstoffemissionen von Verkehrsflächen
 und urbanen Siedlungsgebieten (Kläranlagen,
 Regen- und Mischwasserentlastungen)
 Datenstand: 2013
 Auswertung/Graphik: Umweltbundesamt GmbH, 2014

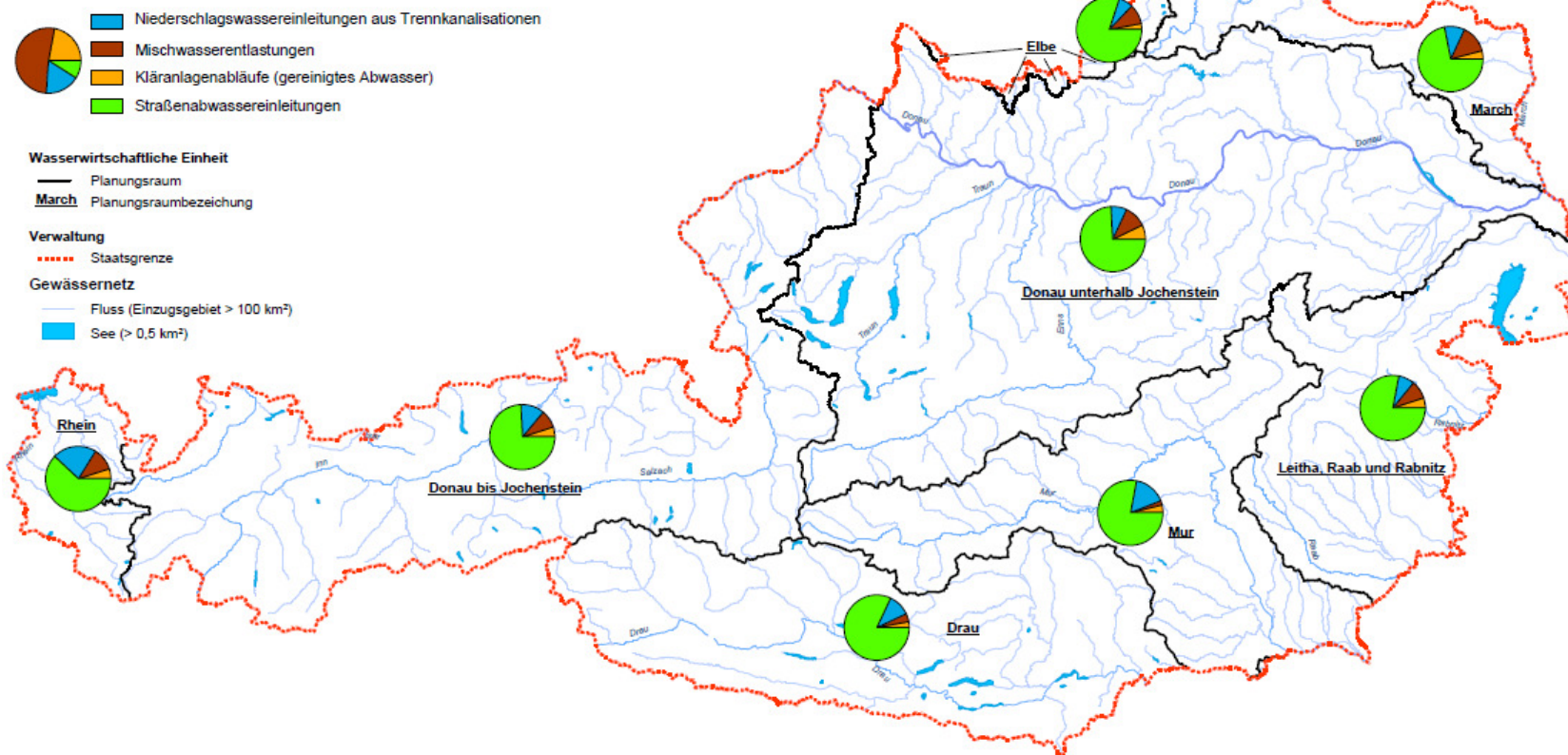
umweltbundesamt^U



Abbildung 188: Relative Frachtanteile der vier Eintragspfade Kläranlagenablauf, Mischwassereinleitungen, Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen und Straßenabwassereinleitungen an der Gesamtemission dieser Einträge für Tributylzinnverbindungen auf Basis der Bundesländer

Dibutylzinn

Relative Frachtanteile [%] unterschiedlicher Eintragspfade an der Gesamtemission je Planungsraum
Auswertzeitraum: 2013



Quelle:
SHTURM: Schadstoffemissionen von Verkehrsflächen
und urbanen Siedlungsgebieten (Kläranlagen,
Regen- und Mischwasserentlastungen)
Datenstand: 2013
Auswertung/Graphik: Umweltbundesamt GmbH, 2014

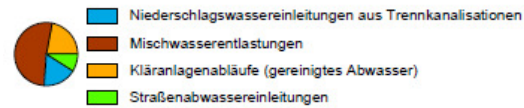
umweltbundesamt^U



Abbildung 189: Relative Frachtanteile der vier Eintragspfade Kläranlagenablauf, Mischwassereinleitungen, Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen und Straßenabwassereinleitungen an der Gesamtemission dieser Einträge für Dibutylzinnverbindungen auf Basis der Bundesländer

Perfluoroktansulfonsäure

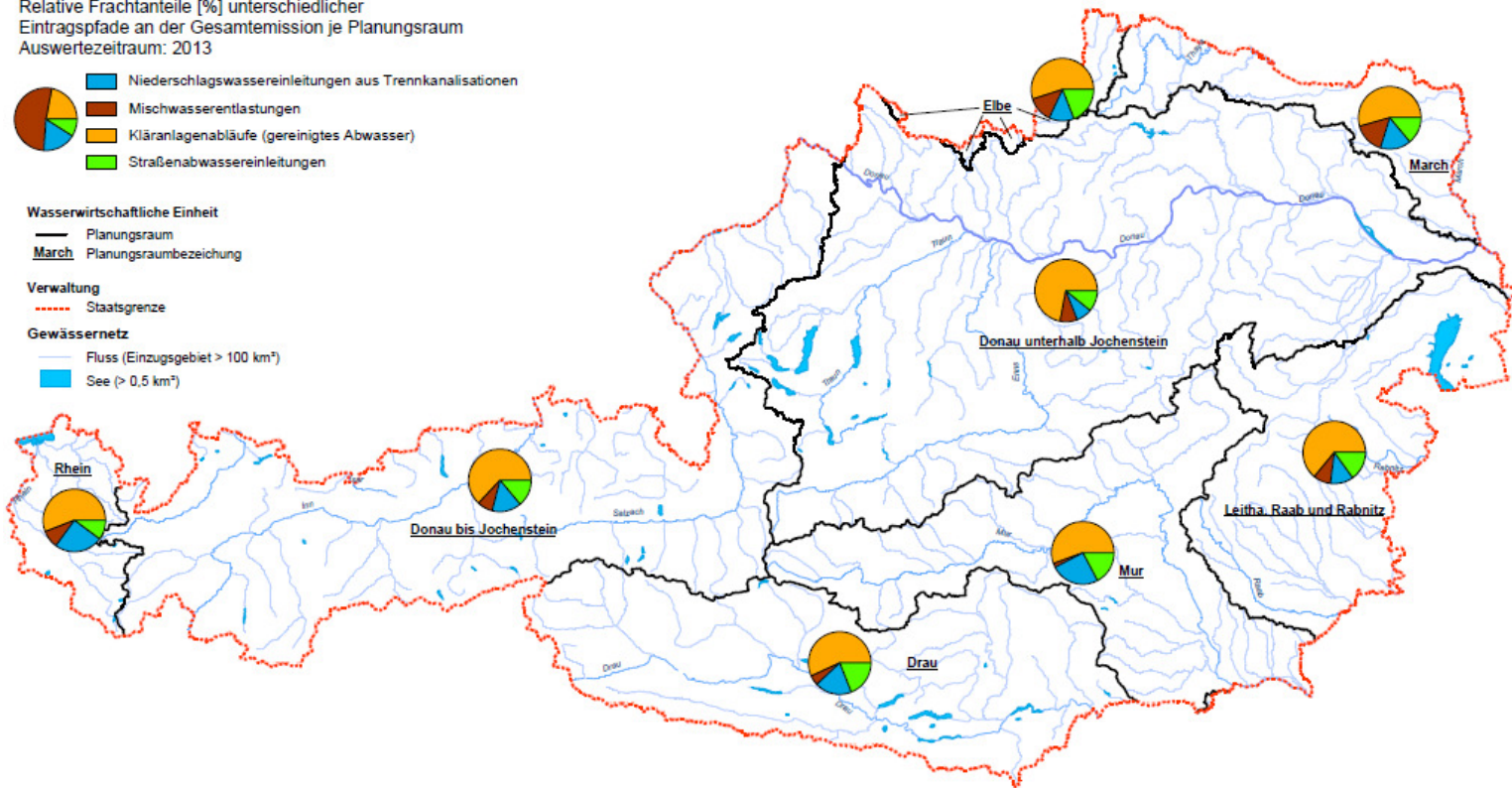
Relative Frachtanteile [%] unterschiedlicher Eintragspfade an der Gesamtemission je Planungsraum
Auswertzeitraum: 2013



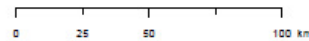
Wasserwirtschaftliche Einheit
 — Planungsraum
March Planungsraumbezeichnung

Verwaltung
 - - - Staatsgrenze

Gewässernetz
 — Fluss (Einzugsgebiet > 100 km²)
 ■ See (> 0,5 km²)



Quelle:
 SHTURM: Schadstoffemissionen von Verkehrsstächen
 und urbanen Siedlungsgebieten (Kläranlagen,
 Regen- und Mischwasserentlastungen)
 Datenstand: 2013
 Auswertung/Graphik: Umweltbundesamt GmbH, 2014



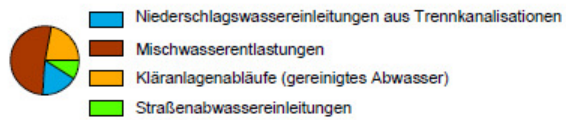
umweltbundesamt[®]



Abbildung 190: Relative Frachtanteile der vier Eintragspfade Kläranlagenablauf, Mischwassereinleitungen, Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen und Straßenabwassereinleitungen an der Gesamtemission dieser Einträge für PFOS auf Basis der Bundesländer

Perfluoroktansäure

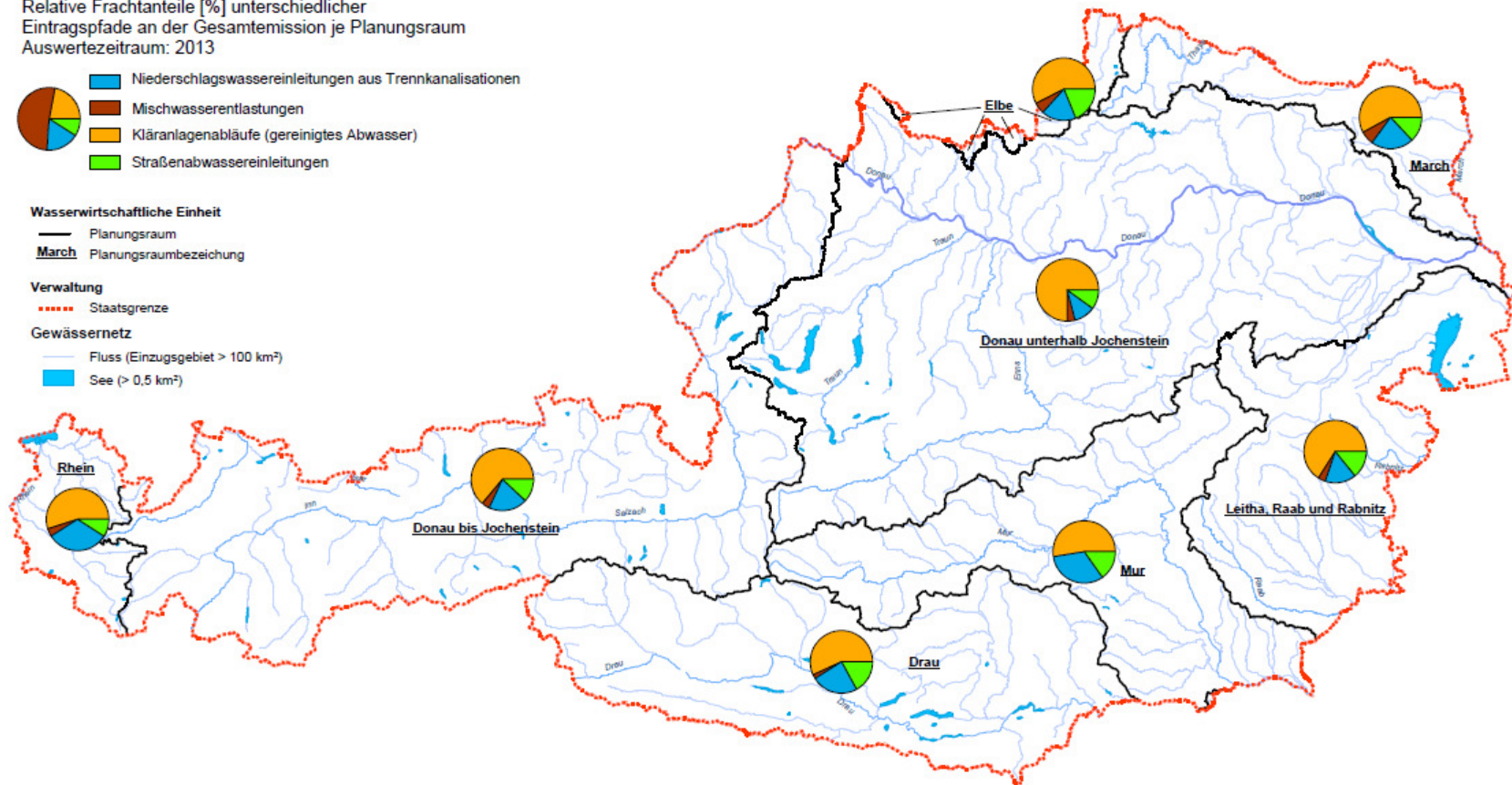
Relative Frachtanteile [%] unterschiedlicher Eintragungspfade an der Gesamtemission je Planungsraum
Auswertzeitraum: 2013



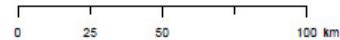
Wasserwirtschaftliche Einheit
 Planungsraum
 March Planungsraumbezeichnung

Verwaltung
 Staatsgrenze

Gewässernetz
 Fluss (Einzugsgebiet > 100 km²)
 See (> 0,5 km²)



Quelle:
 SCHTURM: Schadstoffemissionen von Verkehrsflächen
 und urbanen Siedlungsgebieten (Kläranlagen,
 Regen- und Mischwasserentlastungen)
 Datenstand: 2013
 Auswertung/Graphik: Umweltbundesamt GmbH, 2014



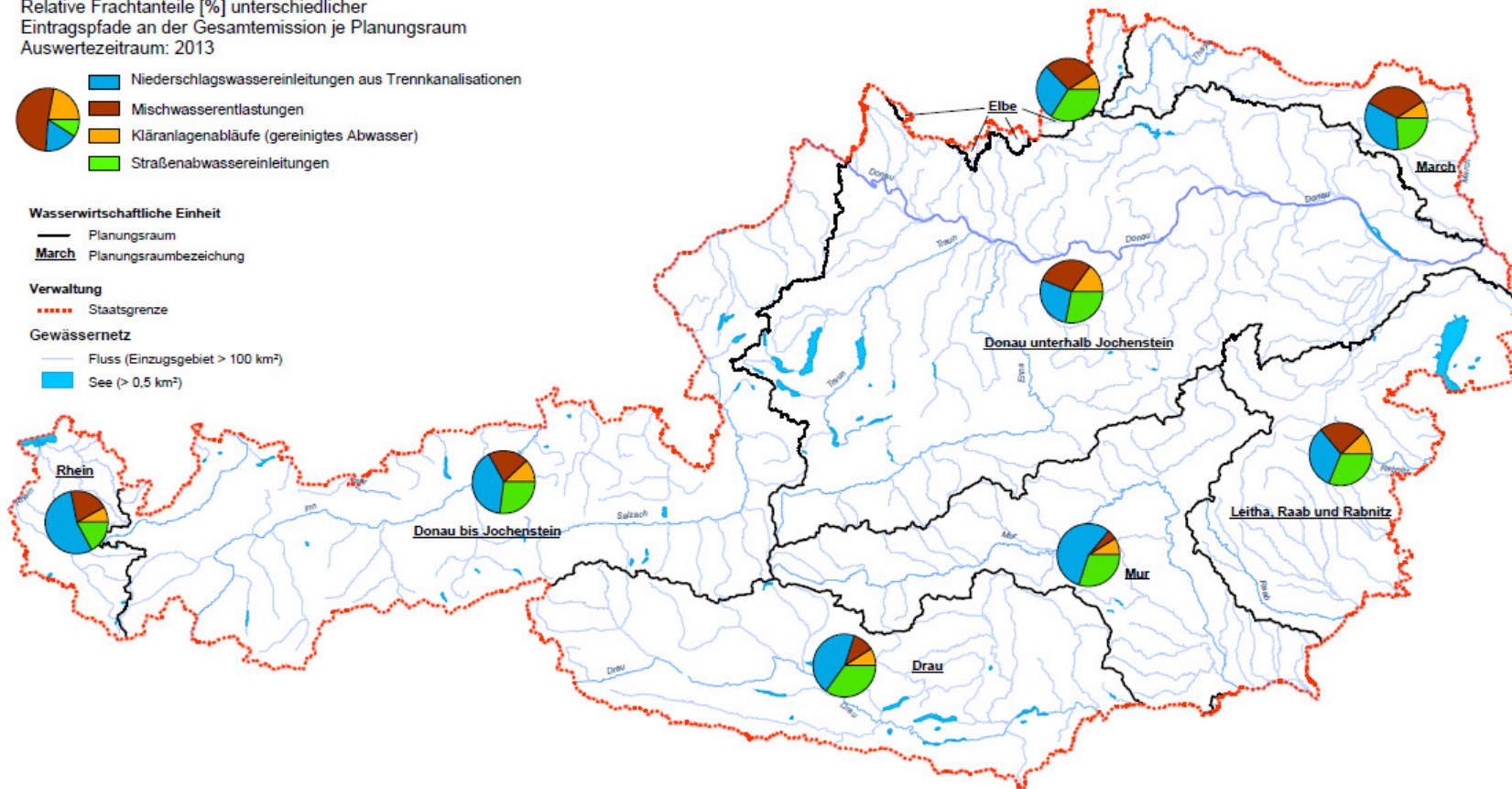
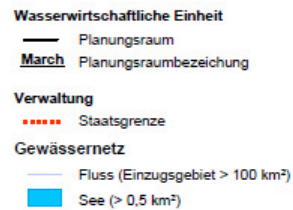
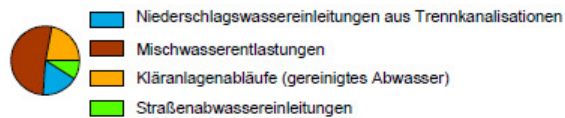
umweltbundesamt[®]



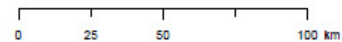
Abbildung 191: Relative Frachtanteile der vier Eintragungspfade Kläranlagenablauf, Mischwassereinleitungen, Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen und Straßenabwassereinleitungen an der Gesamtemission dieser Einträge für PFOA auf Basis der Bundesländer

Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)

Relative Frachtanteile [%] unterschiedlicher Eintragspfade an der Gesamtemission je Planungsraum
Auswertungszeitraum: 2013



Quelle:
SCHTURM: Schadstoffemissionen von Verkehrsflächen
und urbanen Siedlungsgebieten (Kläranlagen,
Regen- und Mischwasserentlastungen)
Datenstand: 2013
Auswertung/Graphik: Umweltbundesamt GmbH, 2014



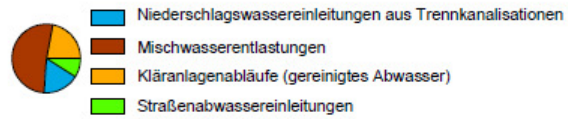
umweltbundesamt[®]



Abbildung 192: Relative Frachtanteile der vier Eintragspfade Kläranlagenablauf, Mischwassereinleitungen, Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen und Straßenabwassereinleitungen an der Gesamtemission dieser Einträge für DEHP auf Basis der Bundesländer

Summe polybromierte Diphenolether

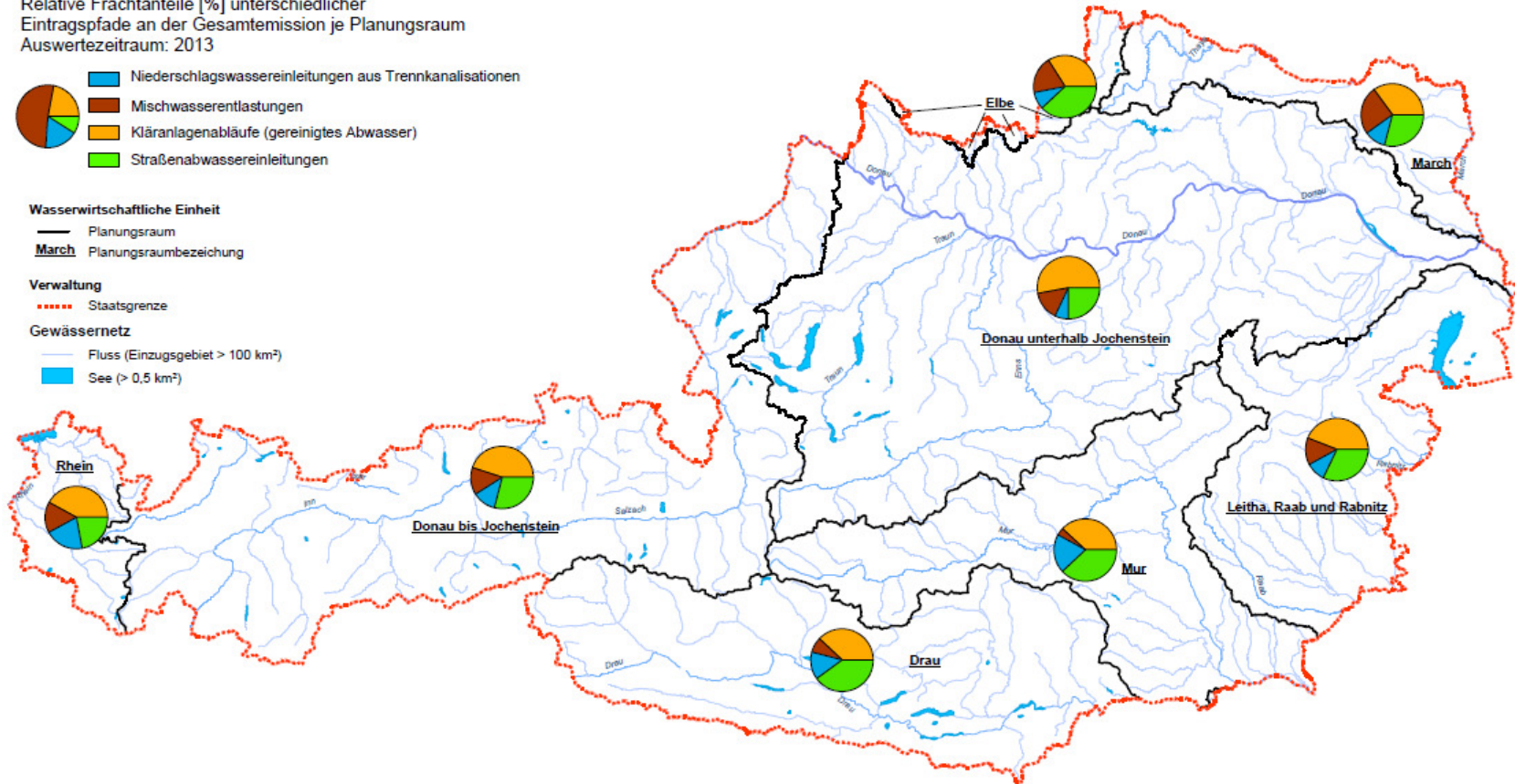
Relative Frachtanteile [%] unterschiedlicher Eintragspfade an der Gesamtemission je Planungsraum
Auswertzeitraum: 2013



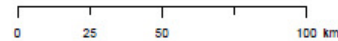
Wasserwirtschaftliche Einheit
— Planungsraum
March Planungsraumbezeichnung

Verwaltung
- - - Staatsgrenze

Gewässernetz
— Fluss (Einzugsgebiet > 100 km²)
■ See (> 0,5 km²)



Quelle:
SCHTURM: Schadstoffemissionen von Verkehrsflächen und urbanen Siedlungsgebieten (Kläranlagen, Regen- und Mischwasserentlastungen)
Datenstand: 2013
Auswertung/Graphik: Umweltbundesamt GmbH, 2014



umweltbundesamt[®]



Abbildung 193: Relative Frachtanteile der vier Eintragspfade Kläranlagenablauf, Mischwassereinleitungen, Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen und Straßenabwassereinleitungen an der Gesamtemission dieser Einträge für die Summe PBDE auf Basis der Bundesländer

8.9 Annex IX: Beschreibung der beprobten Ereignisse

8.9.1 Charakterisierung der beprobten Mischwasserereignisse im Untersuchungsgebiet Graz

Mischwasserentlastung – Ereignis 1 im UG Graz am 25.06.2012

Das Entlastungsereignis am 25.06.2012 stellte das erste erfolgreich beprobte Ereignis im Untersuchungsgebiet Graz dar, welches tags darauf mit Bahnexpress für die Spurenstoffanalytik an das Umweltbundesamt nach Wien versandt werden konnte.

Ereignischarakteristik:

- Startzeitpunkt: 25.06.2012 10:57 Uhr
- Endzeitpunkt: 25.06.2012 13:42 Uhr
- Ereignisdauer: 165 Minuten
- Dauer der regenlosen Vorperiode: 9 Tage
- Niederschlagssumme: 14,1 mm / 17,1 mm / 18,0 mm
(Karl-Morre-Straße, Annabach, Stremayrgasse)
- Maximal registrierte Niederschlagsintensität: 0,3 mm/min / 0,3 mm/min / 0,3 mm/min
(Karl-Morre-Straße, Annabach, Stremayrgasse)
- Gemessener Maximalabfluss während des Ereignisses: 1214 l/s
- Gemessenes Abflussvolumen des Ereignisses: 5.408 m³

Parametrierung des Probenahmesystems:

- Erforderliches Gesamtvolumen: 20,00 l
- Teilprobenvolumen: 1.000 ml
- Dauer einer Teilprobenentnahme: 74 s
- Impulsteiler: 250 m³
- Maximal beprobbarer Abfluss: 3.378 l/s
- Notwendiges Mindestabflussvolumen: 5.000 m³
- Notwendige Mindestanzahl von Teilprobenahmen: 20

Ergebnis der Probenahme:

- Probenvolumen – gesamt: 17,8 l
- Probenvolumen – Analytik Standardparameter: 1,0 l
- Probenvolumen – Analytik UBA: 16,8 l

In der folgenden Abbildung ist die Verteilung und Intensität des Niederschlags im Zeitraum des beprobten Ereignisses dargestellt. Es wurden dazu Niederschlagsdaten der Messstationen Karl-Morre-Straße, Annabach und Stremayrgasse verwendet.

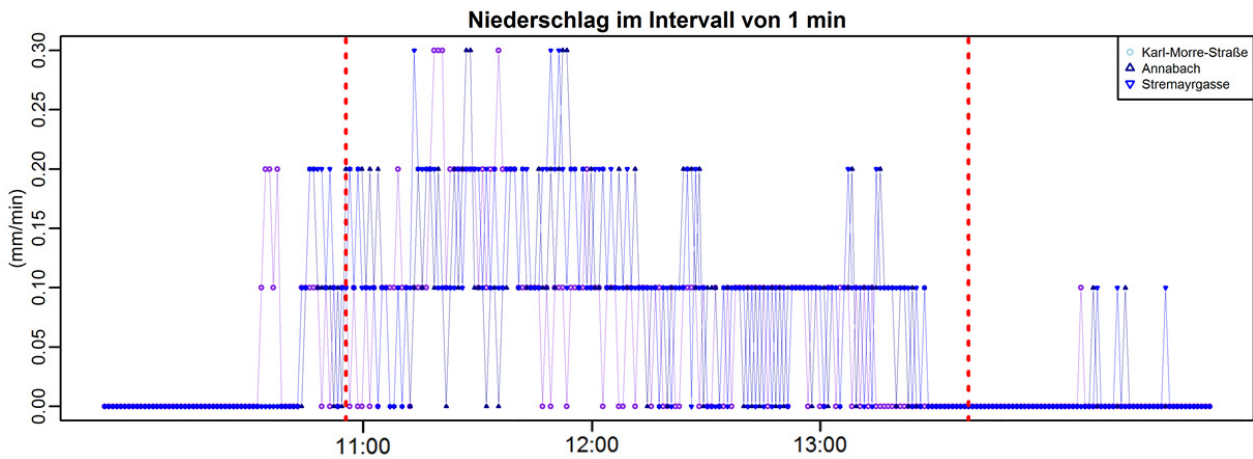


Abbildung 194: Zeitlicher Niederschlagsverlauf beim MW-Ereignis am 25.06.2012 im UG Graz

Bezogen auf die Charakteristik des Untersuchungsgebietes handelte es sich mit einer Dauer von mehr als 2,5 Stunden um ein eher langes Ereignis, wobei das Abflussverhalten auf einen zeitlich gleichmäßig verteilten Niederschlag hindeutet. In Kenntnis der Ergebnisse von Ereignisvoranalysen aus dem Zeitraum von 2009 bis 2011 kann das vorliegende Ereignis mit einem Maximalabfluss von etwa 1.200 l/s und einem Abflussvolumen von etwa 5400 m³ an dieser Probenahmestelle generell als mittleres Entlastungsereignis eingestuft werden.

Die Abflusscharakteristik sowie alle Entnahmezeitpunkte der 21 Teilproben sind in Abbildung 195 dargestellt.

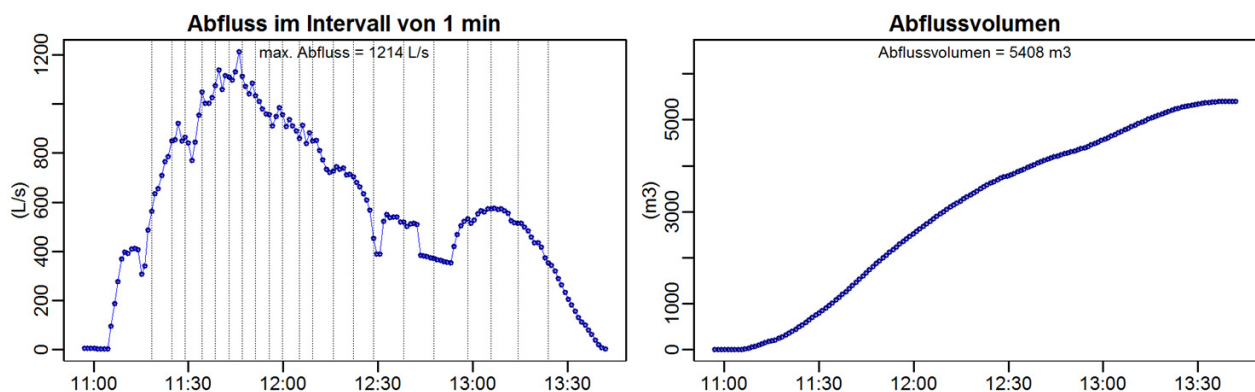


Abbildung 195: Abflussdynamik und Teilprobenentnahme beim MW-Ereignis am 25.06.2012 im UG Graz

Nachfolgend werden die mittleren Äquivalenzstoffkonzentrationen des Ereignisses (engl. Event Mean Concentration – EMC) und die sich daraus berechneten Frachtsummen je Parameter aufgelistet. In Abbildung 196 sind die Konzentrations- und Frachtverläufe der Parameter AFS_{eq} , CSB_{eq} und $CSB_{f,eq}$ der UV/VIS-Spektrometersonde dargestellt. Zusätzlich sind auch die Verläufe von Leitfähigkeit und Wassertemperatur während des Ereignisses enthalten.

Die Konzentrationen weisen einen stark wechselnden Verlauf im Bereich der ersten Abflussspitze des Ereignisses auf. Als Gründe dafür können die Inhomogenität des Abwassers während eines Ereignisses im Bereich der Spektrometersonde sowie die hohen auftretenden Turbulenzen im Abfluss angeführt werden.

Die Leitfähigkeit verringert sich bis zum Erreichen des Maximalabflusses stetig von etwa 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ auf unter 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Danach bleibt diese annähernd konstant und steigt bis zum Ende des Ereignisses wieder auf etwa 170 $\mu\text{S}/\text{cm}$ an.

In Tabelle 110 sind die errechneten Stofffrachten je Parameter sowie die mittleren Ereigniskonzentrationen (EMC) aufgelistet.

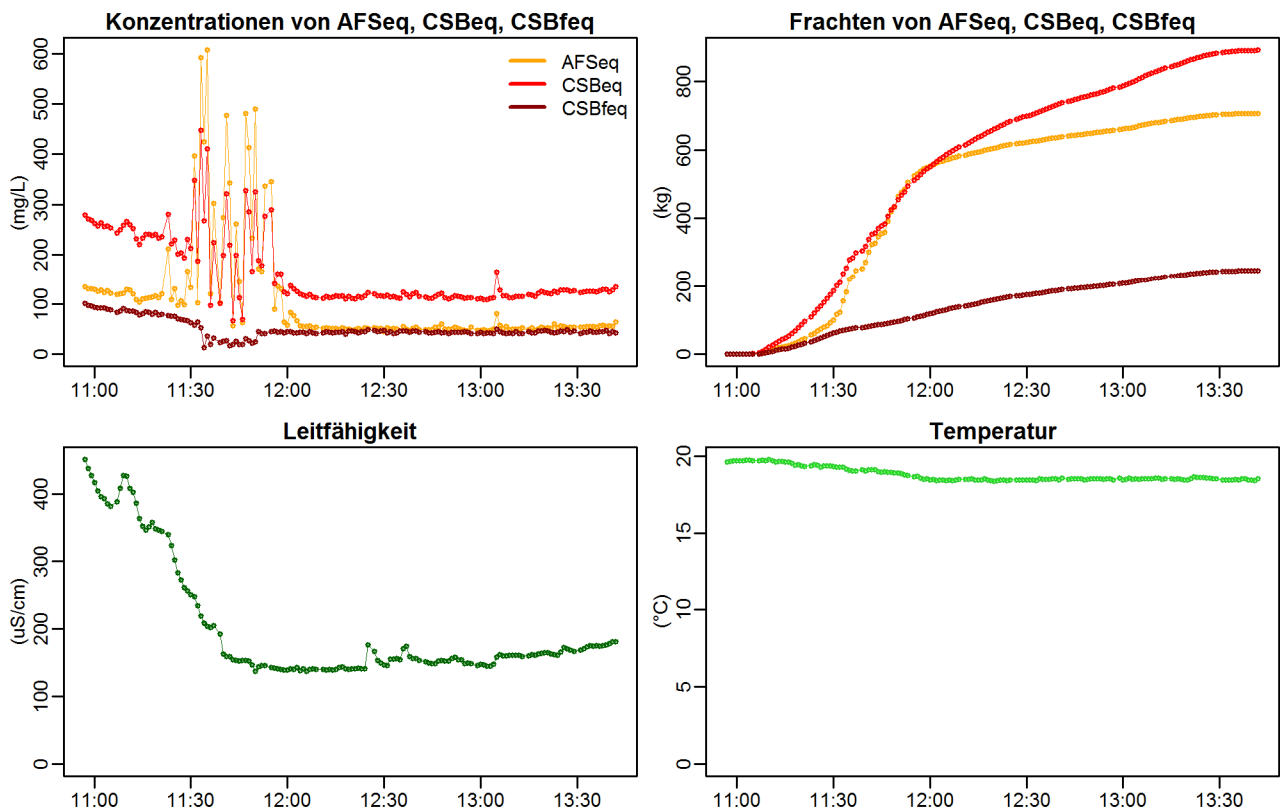


Abbildung 196: Abwasserqualitätsparameter der On-line-Sensoren beim MW-Ereignis am 25.06.2012 im UG Graz

In der Tabelle 110 sind die auf Basis der installierten On-line-Sensoren ermittelten Stofffrachten sowie auch die berechneten EMCs zusammengefasst. In der Tabelle 111 sind alle analysierten Standardparameter aus der Laboranalytik der TU Graz, die unmittelbar nach dem Ereignis durchgeführt wurde, angegeben. Für einen Großteil der Parameter wurde eine Dreifachbestimmung durchgeführt. Für diese sind auch die Mittelwerte und die Standardabweichungen in der Tabelle angegeben. Die Analyse der Summe der Kohlenwasserstoffe wurde von einem externen Labor durchgeführt und nur einmal bestimmt. Leitfähigkeit und pH-Wert wurden ebenfalls nur einmal bestimmt.

Tabelle 110: Stofffrachten und EMC für das Ereignis am 25.06.2012 im UG Graz auf Basis der On-line-Messungen

Ereignisauswertung: Stofffracht und EMC				
Bestimmung	AFSeq	CSBeq	CSBf,eq	Leitfähigkeit
Stofffracht (kg)	707	891	247	-
EMC (mg/L bzw. µS/cm)	130,7	164,8	45,6	201

Tabelle 111: Standardparameter der Laboranalytik für das Ereignis am 25.06.2012 im UG Graz

Ergebnisse der Laboranalytik für die festgelegten Standardparameter												
Bestimmung	AFS (mg/l)	CSB (mg/l)	CSBf (mg/l)	TOC (mg/l)	N-Ges (mg/l)	NH4-N (mg/l)	NO3-N (mg/l)	P-Ges (mg/l)	PO4-P (mg/l)	KW-Index (mg/l)	pH (-)	Leitf. (µS/cm)
1	71,0	96,0	48,0	24,3	4,36	1,92	0,96	1,09	0,52			
2	72,0	103,0	48,0	22,8	4,25	2,00	0,99	1,11	0,53	0,031	7,51	237,0
3	73,0	96,0	47,0	23,1	4,30	2,00	1,01	1,13	0,51			
Mittelwert	72,0	98,3	47,7	23,4	4,30	1,97	0,99	1,11	0,52	0,031	7,51	237,0
Standardabw.	1,0	4,0	0,6	0,8	0,05	0,05	0,03	0,02	0,01			

Mischwasserentlastung – Ereignis 2 im UG Graz am 09.-10.07.2012

Das Entlastungsereignis von 09.07.2012 bis 10.07.2012 stellte das zweite erfolgreich beprobte Ereignis im Untersuchungsgebiet Graz dar. Das Ereignis wies eine Dauer von 6,5 Stunden auf, wovon jedoch ein Großteil auf den im Entlastungskanal abflussfreien Mittelteil des Ereignisses fiel, in dem keine Entlastung stattgefunden hatte. Das Ereignis ist weiters durch einen steilen Anstieg des Abflusses am Beginn des Ereignisses auf rund 2.800 l/s gekennzeichnet. Am Ende konnte eine weitere Abflussspitze von rund 500 l/s festgestellt werden.

Ereignischarakteristik:

- Startzeitpunkt: 09.07.2012 19:41 Uhr
- Endzeitpunkt: 10.07.2012 02:15 Uhr
- Ereignisdauer: 394 Minuten
- Dauer der regenlosen Vorperiode: 4 Tage
- Niederschlagssumme: 20,8 mm / 26,7 mm / 29 mm
(Karl-Morre-Straße, Annabach, Stremayrgasse)
- Maximal registrierte Niederschlagsintensität: 2,1 mm/min / 1,3 mm/min / 1,9 mm/min
(Karl-Morre-Straße, Annabach, Stremayrgasse)
- Gemessener Maximalabfluss während des Ereignisses: 2.852 l/s
- Gemessenes Abflussvolumen des Ereignisses: 6.774 m³

Parametrierung der Probenahme:

- Erforderliches Gesamtvolumen: 20,00 l
- Teilprobenvolumen: 800 ml
- Dauer einer Teilprobenentnahme: 71 s
- Impulsteiler: 250 m³
- Maximal beprobbarer Abfluss: 3.521 l/s
- Notwendiges Mindestabflussvolumen: 5.000 m³
- Notwendige Mindestanzahl von Teilprobenahmen: 25

Ergebnis der Probenahme:

- Probenvolumen – gesamt: 20,5 l
- Probenvolumen – Analytik Standardparameter: 1,0 l
- Probenvolumen – Analytik UBA: 19,5 l

In der folgenden Abbildung ist die Verteilung und Intensität des Niederschlags im Zeitraum des beprobten Ereignisses dargestellt. Es wurden dazu Niederschlagsdaten der Messstationen Karl-Morre-Straße, Annabach und Stremayrgasse verwendet. Am Beginn des Ereignisses ist eine deutlich höhere Niederschlagsintensität festzustellen als am Ereignisende. Dies ist auch in der Ausprägung der Abflussganglinie in der Abbildung 198 erkennbar.

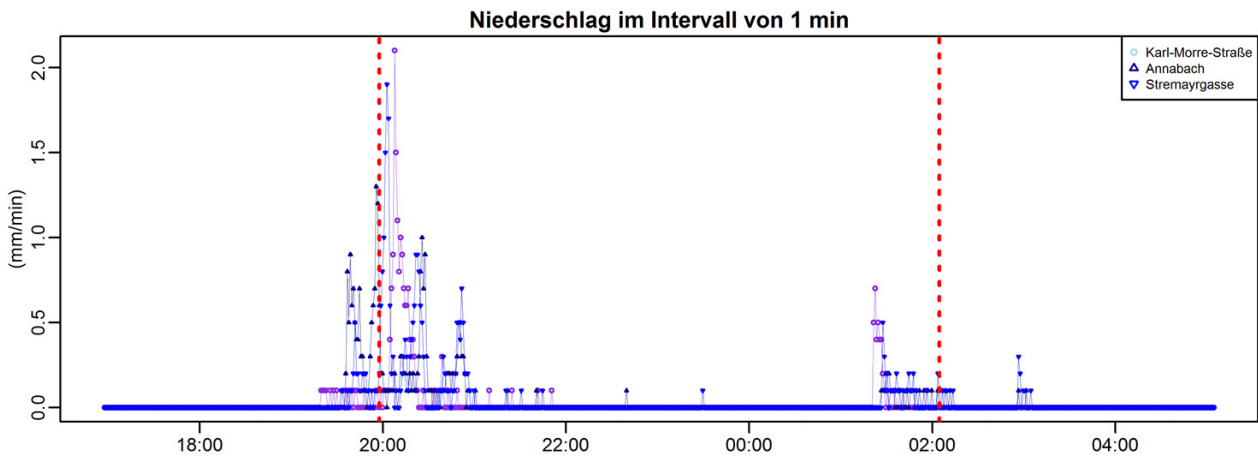


Abbildung 197: Zeitlicher Niederschlagsverlauf beim MW-Ereignis am 09.-10.07.2012 im UG Graz

Das Ereignis wies zu Beginn eine hohe Abflussspitze mit rund 2.700 l/s auf. Danach sank der Zufluss zur Mischwasserkammer soweit ab, dass für einen Zeitraum von etwa vier Stunden keine Entlastung mehr stattfand und in welchem auch keine Teilproben mehr entnommen wurden. Am Ende des Ereignisses trat eine weitere Entlastung mit rund 500 l/s im Entlastungskanal auf.

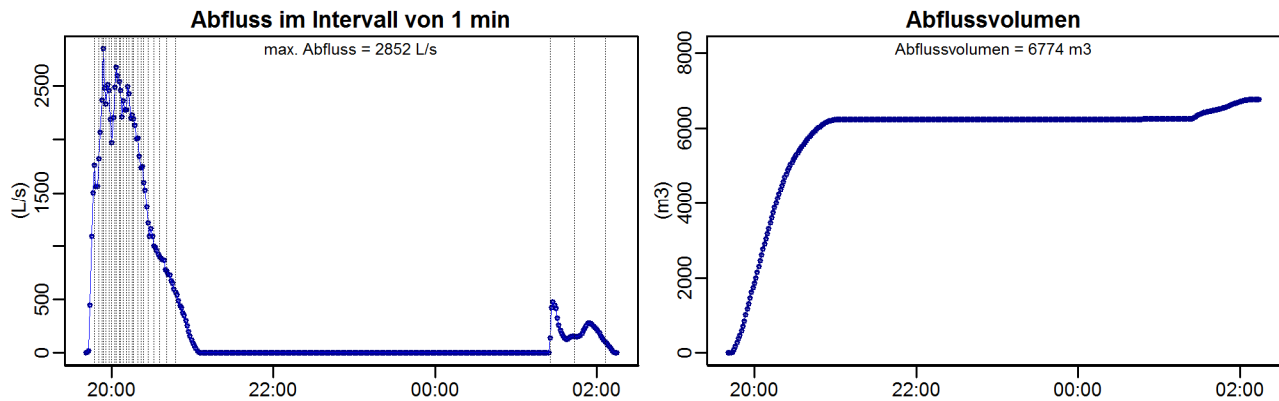


Abbildung 198: Abflussdynamik und Teilprobenentnahme beim MW-Ereignis am 09.-10.07.2012 im UG Graz

Die Leitfähigkeit verringerte sich bis zum Erreichen des Maximalabflusses stetig von etwa 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ auf unter 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Danach erfolgte ein stetiger Anstieg bis zum Ende des Ereignisses hin auf rund 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ganz am Ende wurde hervorgerufen durch den Entleerungsvorgang des im Einzugsgebiet installierten Stauraumkanals ein nochmaliger Anstieg auf knapp 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ registriert, der aber für das Ereignis nicht mehr relevant war, da in diesem Zeitraum keine Entlastung und auch keine Beprobung mehr stattgefunden hatten.

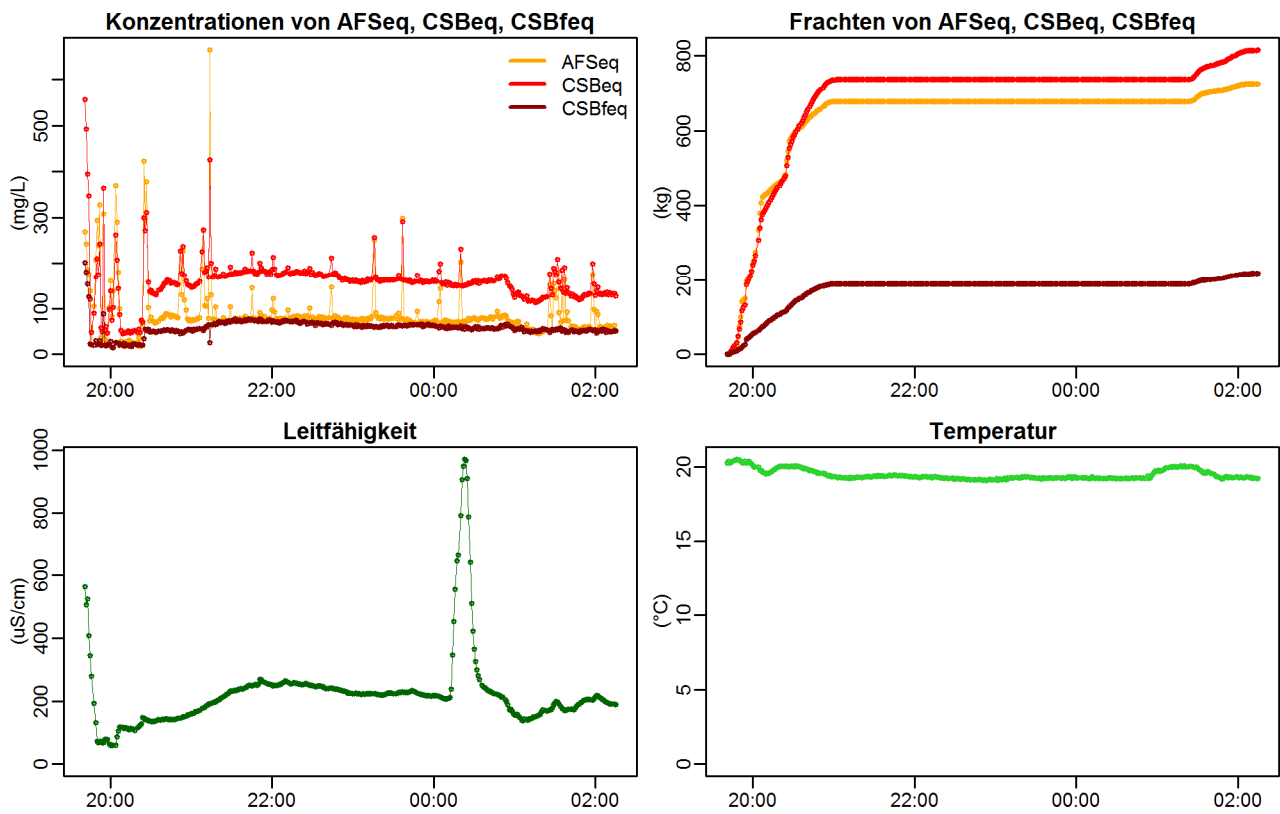


Abbildung 199: Abwasserqualitätsparameter der On-line-Sensoren beim MW-Ereignis am 09.-10.07.2012 im UG Graz

In der Tabelle 112 sind die auf Basis der installierten On-line-Sensoren ermittelten Stofffrachten sowie auch die berechneten EMCs und in Tabelle 113 die Laborergebnisse der Standardparameter dargestellt:

Tabelle 112: Stofffrachten und EMC für das Ereignis am 09.-10.07.2012 im UG Graz auf Basis der On-line-Sensoren

Ereignisauswertung: Stofffracht und EMC				
Bestimmung	AFSeq	CSBeq	CSBf,eq	Leitfähigkeit
Stofffracht (kg)	708	782	206	-
EMC (mg/L bzw. µS/cm)	107,1	120,3	32,2	223

Tabelle 113: Standardparameter der Laboranalytik für das Ereignis am 09.-10.07.2012 im UG Graz

Ergebnisse der Laboranalytik für die festgelegten Standardparameter												
Bestimmung	AFS	CSB	CSBf	TOC	N-Ges	NH4-N	NO3-N	P-Ges	PO4-P	KW-Index	pH	Leitf.
	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(-)	(µS/cm)
1	156,0	118,0	28,7	23,6	3,28	1,20	1,26	1,17	0,10			
2	161,0	119,0	27,1	22,7	3,11	1,24	1,28	1,19	0,08	0,072	7,21	345,0
3	161,0	116,0	28,7	22,3	3,13	1,24	1,28	1,17	0,08			
Mittelw.	159,3	117,7	28,2	22,8	3,17	1,23	1,27	1,18	0,09	0,072	7,21	345,0
Stand.-Ab.	2,9	1,5	0,9	0,7	0,09	0,02	0,01	0,01	0,01			

Mischwasserentlastung – Ereignis 3 im UG Graz am 27.10.2012

Das Entlastungsereignis am 27.10.2012 stellte das dritte erfolgreich beprobte Ereignis im Untersuchungsgebiet Graz dar. Das Ereignis wies eine Dauer von 3,5 Stunden sowie eine geringe und eher gleichmäßige Entlastungsdynamik auf, welche sich auch in der Abflussganglinie widerspiegelt.

Ereignischarakteristik:

- Startzeitpunkt: 27.10.2012 18:27 Uhr
- Endzeitpunkt: 27.10.2012 21:59 Uhr
- Ereignisdauer: 212 Minuten
- Dauer der regenlosen Vorperiode: 11 Tage
- Niederschlagssumme: 21,4 mm / 25,0 mm / 25,0 mm
(Karl-Morre-Straße, Annabach, Stremayrgasse)
- Maximal registrierte Niederschlagsintensität: 0,2 mm/min / 0,2 mm/min / 0,2 mm/min
(Karl-Morre-Straße, Annabach, Stremayrgasse)
- Gemessener Maximalabfluss während des Ereignisses: 778 l/s
- Gemessenes Abflussvolumen des Ereignisses: 6.974 m³

Parametrierung der Probenahme:

- Erforderliches Gesamtvolumen: 20,0 L
- Teilprobenvolumen: 900 ml
- Dauer einer Teilprobenentnahme: 72 s
- Impulsteiler: 300 m³
- Maximal beprobbarer Abfluss: 4.167 l/s
- Notwendiges Mindestabflussvolumen: 5.750 m³
- Notwendige Mindestanzahl von Teilprobenahmen: 23

Ergebnis der Probenahme:

- Probenvolumen – gesamt: 21,0 l
- Probenvolumen – Analytik Standardparameter: 1,0 l
- Probenvolumen – Analytik UBA: 20,0 l

In der folgenden Abbildung 200 ist die Verteilung und Intensität des Niederschlags im Zeitraum des beprobten Ereignisses dargestellt. Es wurden dazu Niederschlagsdaten der Messstationen Karl-Morre-Straße, Annabach und Stremayrgasse verwendet.

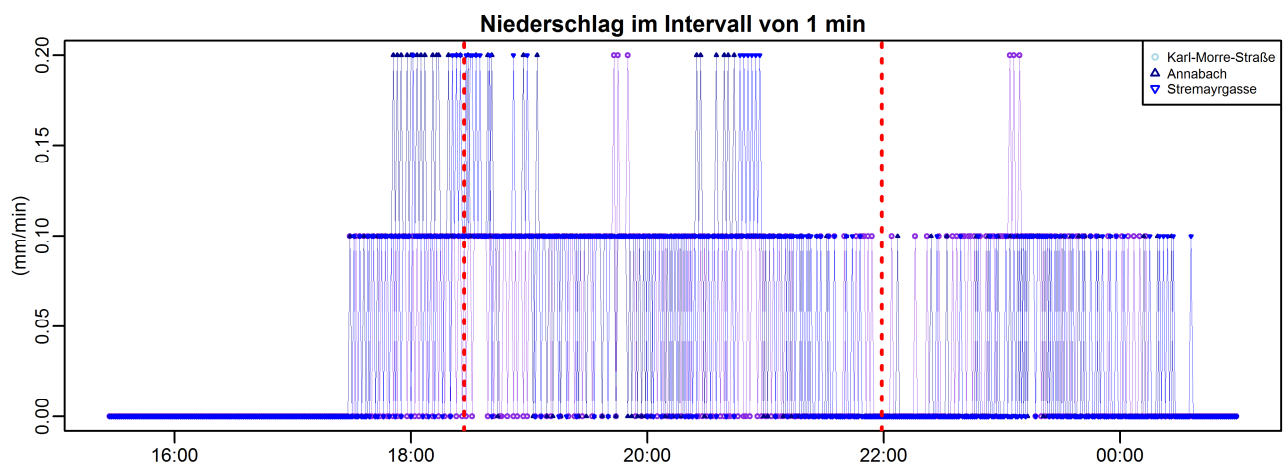


Abbildung 200: Zeitlicher Niederschlagsverlauf beim MW-Ereignis am 27.10.2012 im UG Graz

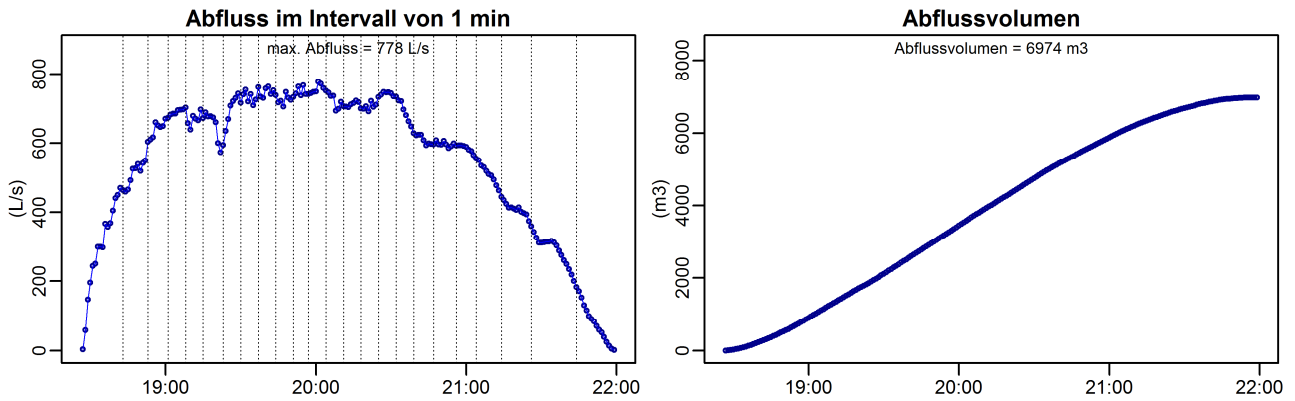


Abbildung 201: Abflussdynamik und Teilprobenentnahme beim MW-Ereignis am 09.-10.07.2012 im UG Graz

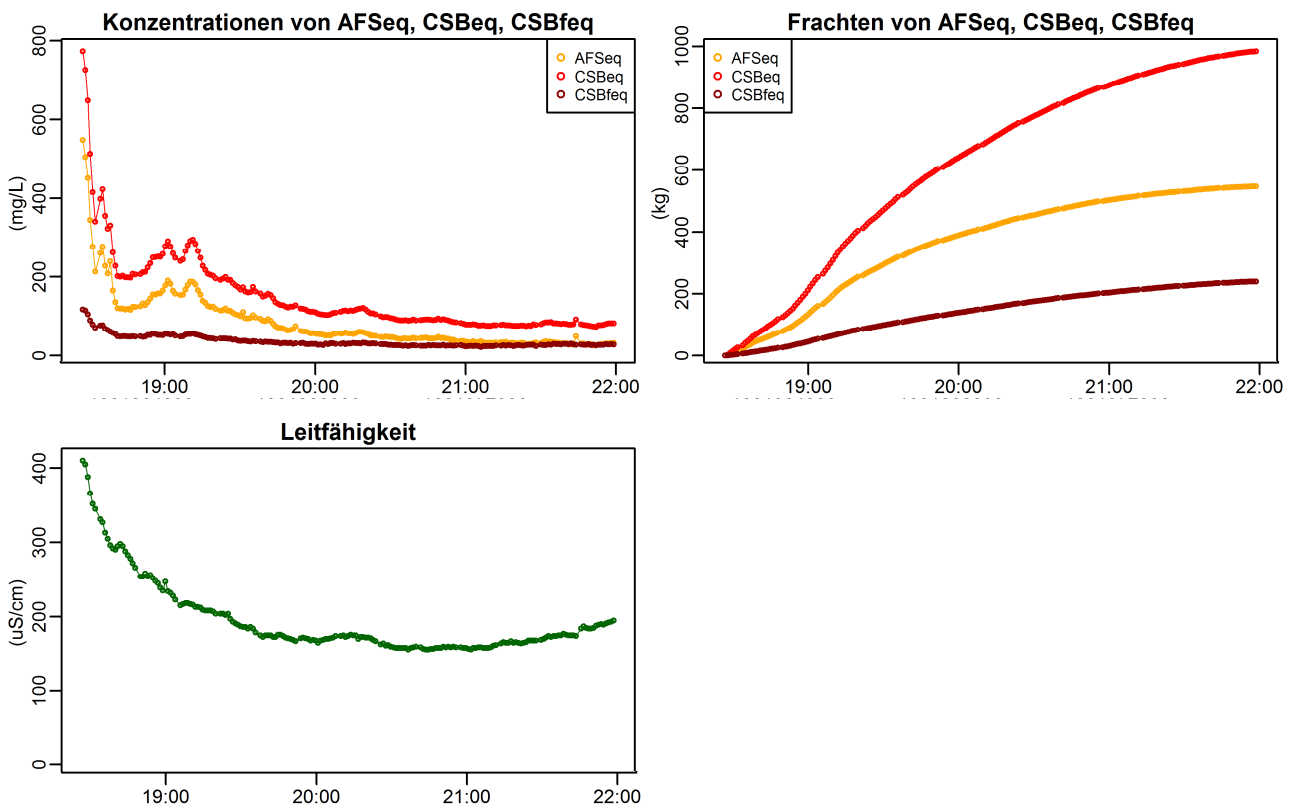


Abbildung 202: Abwasserqualitätsparameter der On-line-Sensoren beim MW-Ereignis am 27.10.2012 im UG Graz

In der Tabelle 114 sind die auf Basis der installierten On-line-Sensoren ermittelten Stofffrachten sowie auch die berechneten EMCs und in Tabelle 115 die Laborergebnisse der Standardparameter dargestellt:

Tabelle 114: Stofffrachten und EMC für das Ereignis am 09.-10.07.2012 im UG Graz

Ereignisauswertung: Stofffracht und EMC				
Bestimmung	AFSeq	CSBeq	CSBf,eq	Leitfähigkeit
Stofffracht (kg)	547	984	239	-
EMC (mg/L bzw. µS/cm)	78,5	141,1	34,4	195,1

Tabelle 115: Standardparameter der Laboranalytik für das Ereignis am 27.10.2012 im UG Graz

Ergebnisse der Laboranalytik für die festgelegten Standardparameter												
Bestimmung	AFS (mg/l)	CSB (mg/l)	CSBf (mg/l)	TOC (mg/l)	N-Ges (mg/l)	NH4-N (mg/l)	NO3-N (mg/l)	P-Ges (mg/l)	PO4-P (mg/l)	KW-Index (mg/L)	pH (-)	Leitf. (µS/cm)
1	99,0	142,9	28,9	38,7	6,68	3,51	1,03	1,68	0,70			
2	100,0	144,7	29,1	39,6	6,79	3,54	1,09	1,57	0,70	*	7,56	283,0
3	109,0	145,4	28,9	38,9	6,72	3,56	1,12	1,55	0,70			
Mittelw.	102,7	144,3	29,0	39,1	6,73	3,54	1,08	1,60	0,70	*	7,56	283,0
Stand.-Ab.	5,5	1,3	0,1	0,5	0,06	0,03	0,05	0,07	0,00			

*...Analysergebnis nicht verfügbar

8.9.2 Charakterisierung der beprobten Mischwasserereignisse im Untersuchungsgebiet Linz

Mischwasserentlastung – Ereignis 1 im UG Linz am 25.07.2012

Das Entlastungsereignis am 25.07.2012 stellt das erste erfolgreich beprobte Mischwasserereignis im Untersuchungsgebiet von Linz auf der Regionalkläranlage Linz-Asten dar.

Ereignischarakteristik:

- Startzeitpunkt: 25.07.2012 16:39 Uhr
- Endzeitpunkt: 25.07.2012 22:37 Uhr
- Ereignisdauer: 358 Minuten
- Dauer der regenlosen Vorperiode: 4 Tage
- Niederschlagssumme: 28,0 mm
- Maximal registrierte Niederschlagsintensität: 2,07 mm/min
- Gemessener Maximalabfluss während des Ereignisses: 3.222 l/s
- Gemessenes Abflussvolumen des Ereignisses: 53.629 m³

Parametrierung der Probenahme:

- Erforderliches Gesamtvolumen: 10,00 l
- Teilprobenvolumen: 50 ml
- Dauer einer Teilprobenentnahme: 20 s
- Impulsteiler: 200 m³
- Maximal beprobbarer Abfluss: 10.000 l/s
- Notwendiges Mindestabflussvolumen: 40.000 m³
- Notwendige Mindestanzahl von Teilprobenahmen: 200

Ergebnis der Probenahme:

- Probenvolumen – gesamt: 12,1 l
- Probenvolumen – Analytik Standardparameter: 2,5 l
- Probenvolumen – Analytik UBA: 9,6 l

In Abbildung 203 sind die Messdaten des Niederschlags vom Distrometer am Standort der RKL Linz-Asten dargestellt. Die vertikalen Linien definieren den Start- und Endzeitpunkt des beprobten Entlastungsereignisses. Es ist ein zeitlicher Versatz zwischen der maximalen gemessenen Niederschlagsintensität auf der RKL und dem Beginn der Mischwasserentlastung von etwa 1,5 Stunden zu erkennen.

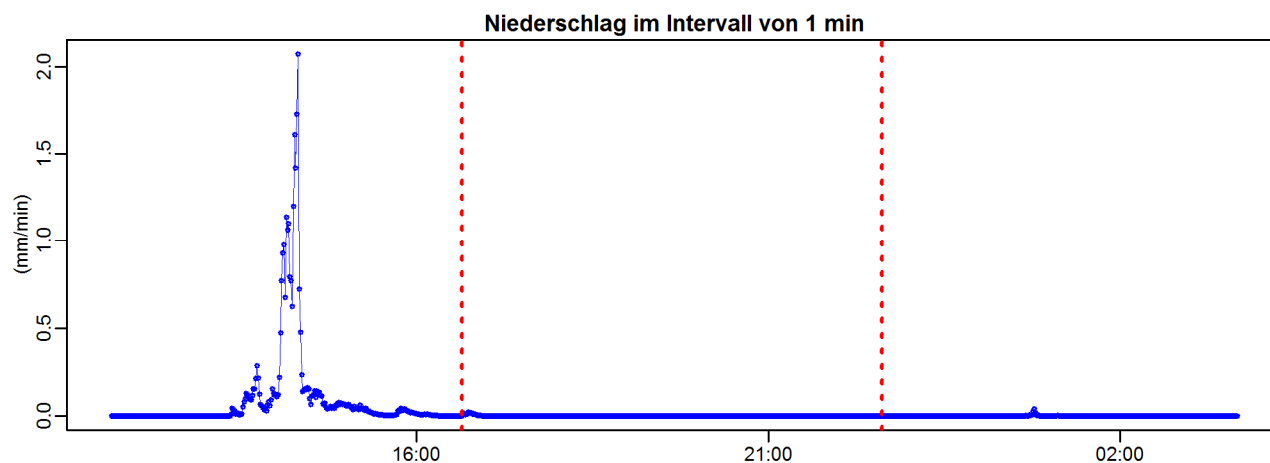


Abbildung 203: Zeitlicher Niederschlagsverlauf auf der RKL für das MW-Ereignis am 25.07.2012 im UG Linz

Das Ereignis wies zu Beginn einen raschen Abflussanstieg auf, der auf das sukzessive Zuschalten der Schneckenpumpen zurückzuführen ist. Deshalb kann man am Ende eines Ereignisses auch wieder ein abruptes Absinken des Abflusses beobachten, sobald die Schneckenpumpen wieder abgeschaltet werden. Der Maximalabfluss lag bei etwa 3.200 l/s. Das Ereignis wies nach Erreichen eines Abflusses von etwa 2.500 l/s einen stetigen, leicht ansteigenden Verlauf auf.

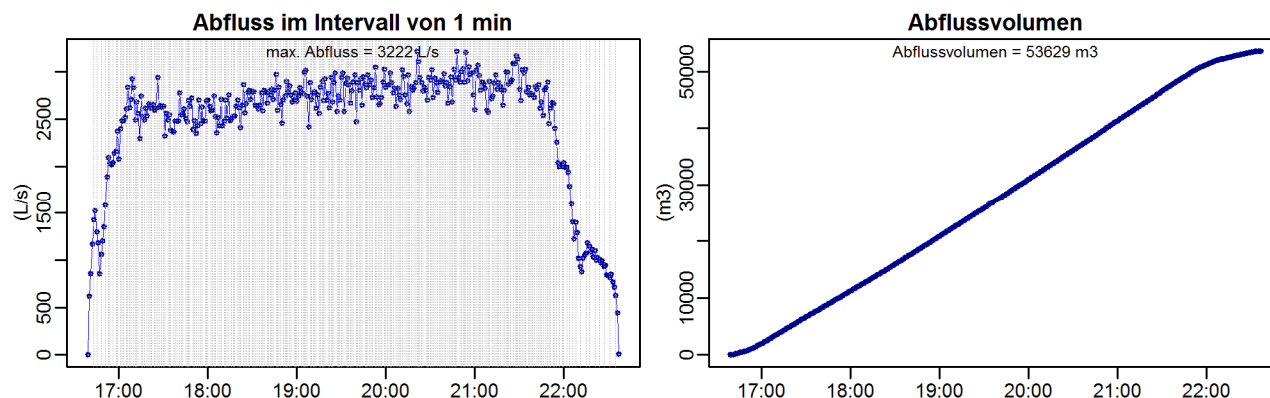


Abbildung 204: Abflussdynamik und Teilprobenentnahme beim MW-Ereignis am 25.07.2012 im UG Linz

Nachfolgend werden in der *Tabelle 116* auf Basis der Spektrometerwerte die mittleren Stoffkonzentrationen über das Ereignis (engl. Event Mean Concentration – EMC) und die Frachtsummen für jeden der Äquivalenzparameter aufgelistet. In *Abbildung 205* sind die Konzentrations- und Frachtverläufe der Parameter AFS_{eq}, CSB_{eq}, CSB_{f,eq}, TOC_{eq}, DOC_{eq}, NO₃-N_{eq} und BSB_{5,eq} dargestellt.

In *Tabelle 117* ist eine Übersicht der Laborergebnisse der Standardparameter-Analytik dargestellt.

Tabelle 116: Stofffrachten und EMC für das Ereignis am 25.07.2012 im UG Linz auf Basis der Spektrometerwerte

Ereignisauswertung: Stofffracht und EMC							
Bestimmung	AFS _{eq}	CSB _{eq}	CSB _{f,eq}	NO ₃ -N _{eq}	TOC _{eq}	DOC _{eq}	BSB _{5,eq}
Stofffracht* (kg)	17.049	61.579	22.140	1,4	6.899	3.154	21.567
EMC* (mg/L)	318,0	1148,0	413,0	0,03	129,0	59,0	402,0

*...Wegen der im Kapitel 2.3.2 angesprochenen Driftprobleme der Spektrometersonde müssen die angegebenen EMC und Stofffrachten für dieses Ereignis stark angezweifelt werden und sind sicherlich zu hoch. Auch der CSB_{eq}-Verlauf mit einem Messbereichsüberschreitungsplateau weist klar auf die Driftprobleme zufolge einer nicht funktionierenden Druckluftreinigung des Messfensters des Spektrometers hin.

Tabelle 117: Standardparameter der Laboranalytik für das Ereignis am 25.07.2012 im UG Linz

Ergebnisse der Laboranalytik für die festgelegten Standardparameter												
Bestimmung	AFS	CSB	CSB _f	TOC	N-Ges	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P-Ges	PO ₄ -P	Summe KW	pH	Leitf.
	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(-)	(µS/cm)
1	471,0	501,0	112,0	149,0	47,10	22,00	0,20	6,70	3,00	1,60	7,90	1.642,0
2	540,0	500,0	109,0	150,0	47,50	22,20	0,22	7,10	3,10	1,60	7,90	1.599,0
Mittelw.	505,5	500,5	110,5	149,5	47,30	22,10	0,21	6,90	3,05	1,60	7,90	1.620,5
Stand.-Ab.	48,8	0,7	2,1	0,7	0,28	0,14	0,01	0,28	0,07	0,00	0,0	30,4

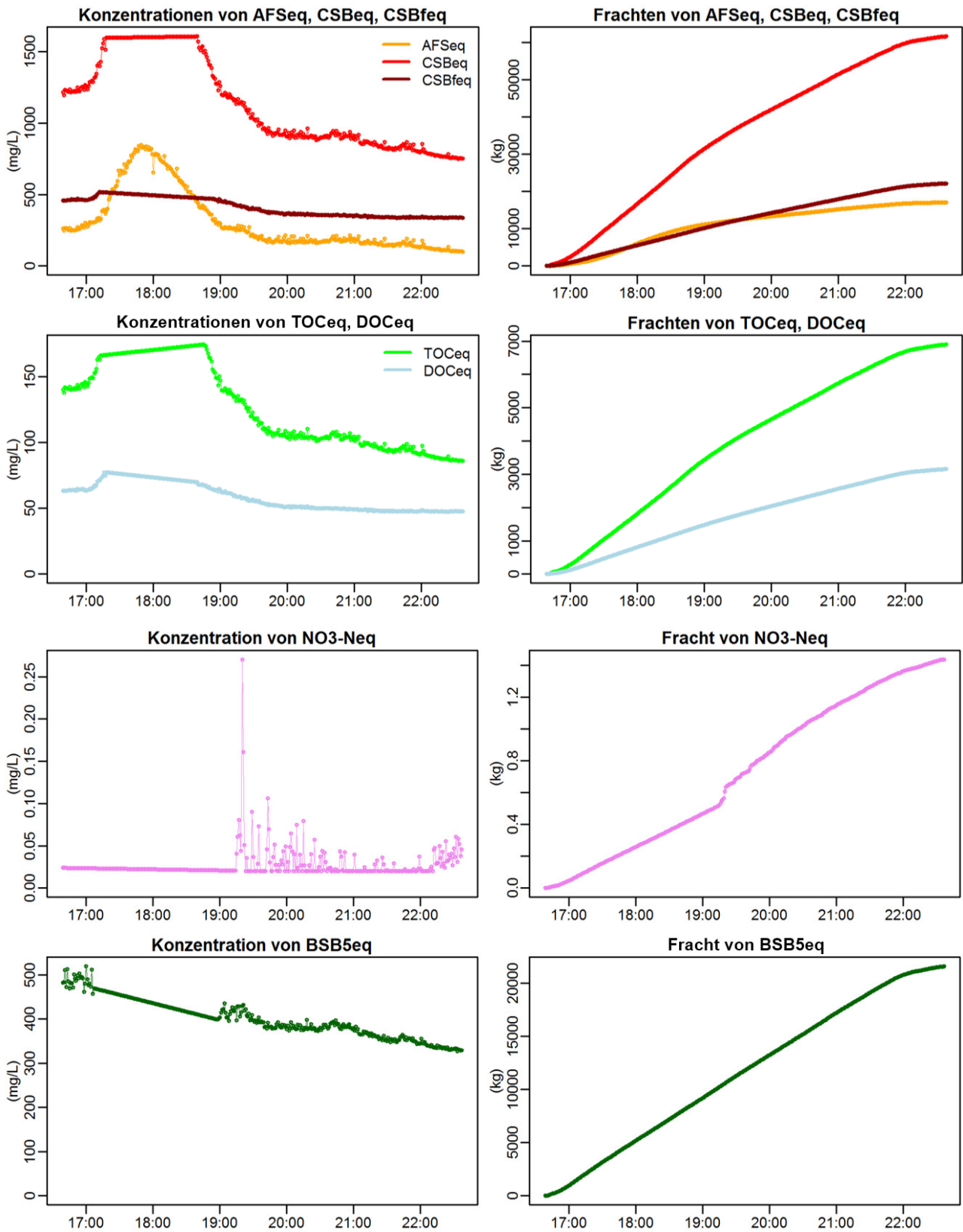


Abbildung 205: Abwasserqualitätsparameter der On-line-Sensoren beim MW-Ereignis am 25.07.2012 im UG Linz

Mischwasserentlastung – Ereignis 2 im UG Linz am 04.-05.08.2012

Das Entlastungsereignis am 04.-05.08.2012 stellt das zweite erfolgreich beprobte Ereignis im Untersuchungsgebiet von Linz auf der Regionalkläranlage Linz-Asten dar.

Ereignischarakteristik:

- Startzeitpunkt: 04.08.2012 22:41 Uhr
- Endzeitpunkt: 05.08.2012 12:52 Uhr
- Ereignisdauer: 851 Minuten
- Dauer der regenlosen Vorperiode: 5 Tage
- Niederschlagssumme: 14,7 mm
- Maximal registrierte Niederschlagsintensität: 0,79 mm/min
- Gemessener Maximalabfluss während des Ereignisses: 3.627 l/s
- Gemessenes Abflussvolumen des Ereignisses: 98.570 m³

Parametrierung der Probenahme:

- Erforderliches Gesamtvolumen: 10,00 l
- Teilprobenvolumen: 50 ml
- Dauer einer Teilprobenentnahme: 20 s
- Impulsteiler: 200 m³
- Maximal beprobbarer Abfluss: 10.000 l/s
- Notwendiges Mindestabflussvolumen: 40.000 m³
- Notwendige Mindestanzahl von Teilprobenahmen: 200

Ergebnis der Probenahme:

- Probenvolumen – gesamt: 17,9 l
- Probenvolumen – Analytik Standardparameter: 3,6 l
- Probenvolumen – Analytik UBA: 14,3 l

In Abbildung 206 sind die Messdaten des Niederschlags vom Distrometer am Standort der RKL Linz-Asten dargestellt. Die vertikalen Linien definieren den Start- und Endzeitpunkt des beprobten Entlastungsereignisses.

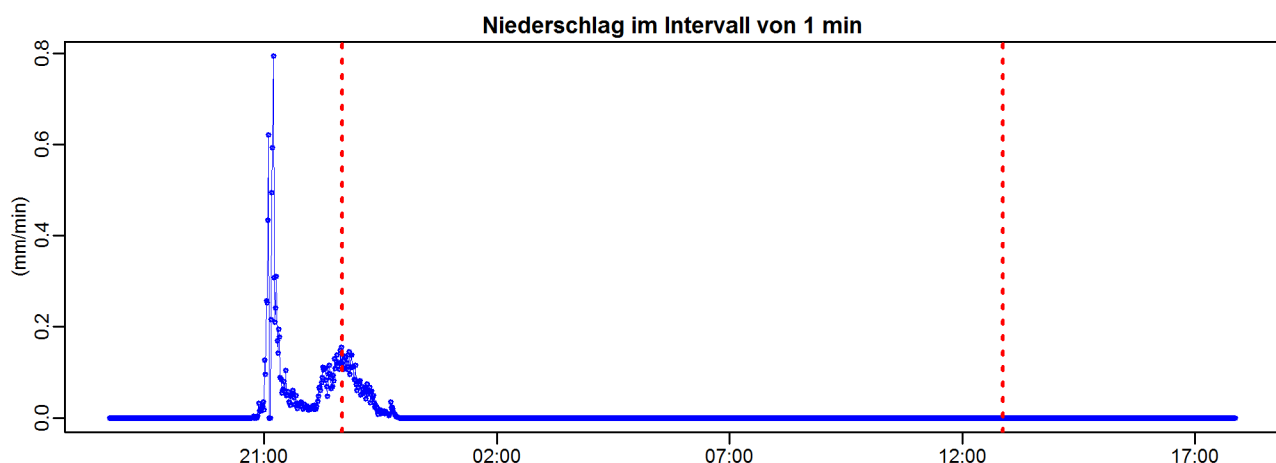


Abbildung 206: Zeitlicher Niederschlagsverlauf für das MW-Ereignis am 04.-05.08.2012 im UG Linz

Der Entlastungsabfluss steigt zu Beginn sehr rasch auf etwa 3.000 l/s an und verläuft danach stetig über einem Zeitraum von etwa sieben Stunden zwischen 2.700 l/s und 3.600 l/s, was auch den Maximalabfluss des Ereignisses darstellt. Danach sinkt der Abfluss kontinuierlich auf unter 500 l/s. Kurz vor dem Ende der Entlastung ist noch ein leichter Abflussanstieg erkennbar.

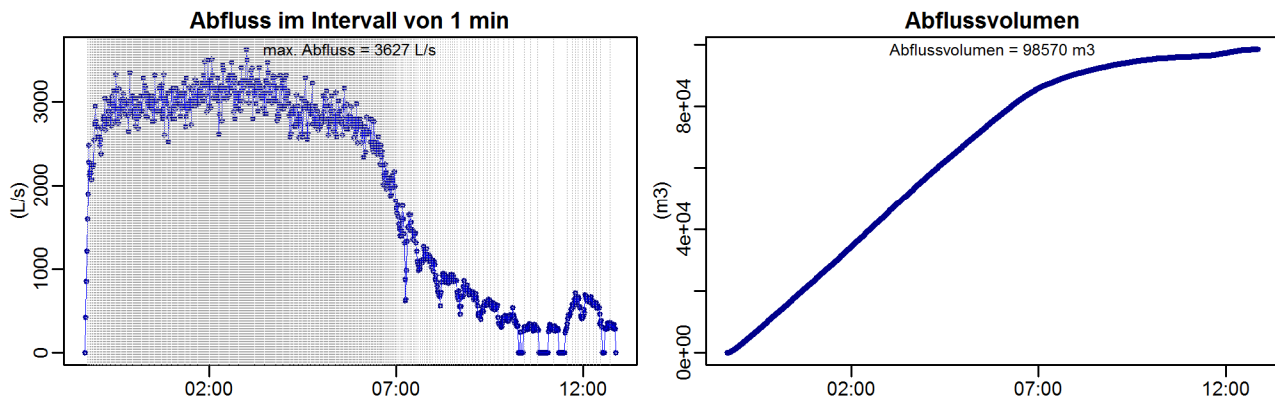


Abbildung 207: Abflussdynamik und Teilprobenentnahme beim MW-Ereignis am 04.-05.08.2012 im UG Linz

Nachfolgend werden in der Tabelle 118 die mittleren Stoffkonzentrationen für das Ereignis (engl. Event Mean Concentration – EMC) und die Frachtsummen auf Basis der Spektrometerwerte aufgelistet. In Abbildung 208 sind die Konzentrations- und Frachtverläufe der Parameter AFS_{eq} , CSB_{eq} , $CSB_{f,eq}$, TOC, DOC, NO_3-N_{eq} und $BSB5_{eq}$ dargestellt. Tabelle 119 enthält die Ergebnisse der Laboranalysen für die Standardparameter.

Tabelle 118: Stofffrachten und EMC für das Ereignis am 04.-05.08.2012 im UG Linz

Ereignisauswertung: Stofffracht und EMC							
Bestimmung	AFS	CSB	CSBf	NO3-N	TOC	DOC	BSB5
Stofffracht* (kg)	17.505	92.738	38.140	7,0	10.579	5.454	36.670
EMC* (mg/L)	177,6	940,8	386,9	0,07	107,0	55,0	372,0

*...Wegen der im Kapitel 2.3.2 angesprochenen Driftprobleme der Spektrometersonde müssen die angegebenen EMC und Stofffrachten für dieses Ereignis stark angezweifelt werden und sind sicherlich zu hoch.

Tabelle 119: Standardparameter der Laboranalytik für das Ereignis am 04.-05.08.2012 im UG Linz

Ergebnisse der Laboranalytik für die festgelegten Standardparameter												
Bestimmung	AFS	CSB	CSBf	TOC	N-Ges	NH4-N	NO3-N	P-Ges	PO4-P	Summe KW	pH	Leitf.
	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(-)	(μ S/cm)
1	145,0	179,0	63,0	62,0	16,80	8,20	< 0.6	2,50	1,30	0,80	7,50	634,0
2	151,0	236,0	57,0	60,0	-	8,40	< 0.6	2,70	1,30	0,30	-	-
Mittelw.	148,0	207,5	60,0	61,0	16,80	8,30	< 0.6	2,60	1,30	0,55	7,50	634,0
Stand.-Ab.	4,2	40,3	4,2	1,4	0,00	0,14	-	0,14	0,00	0,35	0,0	0,0

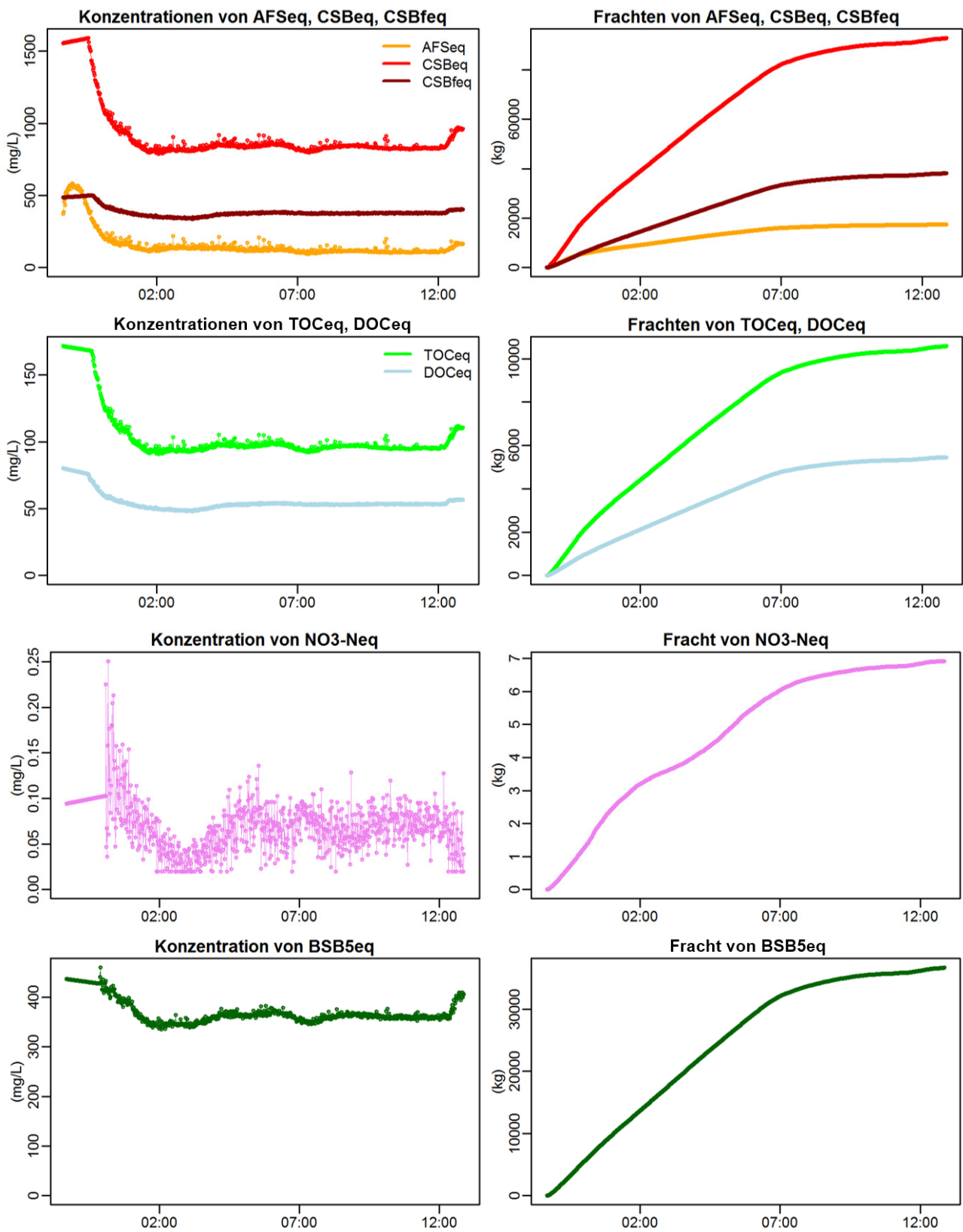


Abbildung 208: Konzentrationen und Stofffrachten für AFS_{eq} und CSB_{eq} beim MW-Ereignis am 04.08.2012 im UG Linz

Mischwasserentlastung – Ereignis 3 im UG Linz am 30.05.2013

Das Entlastungsereignis am 30.05.2013 stellte das dritte erfolgreich beprobte Ereignis im Untersuchungsgebiet Linz auf der Regionalkläranlage Linz-Asten dar. Es war auch das erste Ereignis, bei dem auch eine zugehörige, volumenproportionale Zulaufprobe zur Anlage gezogen wurde.

Ereignischarakteristik:

- Startzeitpunkt: 30.05.2013 18:38 Uhr
- Endzeitpunkt: 30.05.2013 23:59 Uhr
- Ereignisdauer: 321 Minuten
- Dauer der regenlosen Vorperiode: 1 Tage
- Niederschlagssumme: 28,62 mm
- Maximal registrierte Niederschlagsintensität: 0,21 mm/min

Parametrierung der Probenahme im Zulauf zur Regionalkläranlage:

- Erforderliches Gesamtvolumen: 10,00 l
- Teilprobenvolumen: 20 ml
- Dauer einer Teilprobenentnahme: 20 s
- Impulsteiler: 500 m³

Parametrierung der Probenahme im Mischwasserüberlauf:

- Notwendiges Gesamtvolumen: 10,00 l
- Teilprobenvolumen: 20 ml
- Dauer einer Teilprobenahme: 20 s
- Impulsteiler: 50 m³

Ergebnis der Probenahme im Zulauf zur Regionalkläranlage:

- Probenvolumen – gesamt: 10,5 l
- Probenvolumen – Analytik Standardparameter: 4,0 l
- Probenvolumen – Analytik UBA: 6,5 l

Ergebnis der Probenahme im Mischwasserüberlauf:

- Probenvolumen – gesamt: 4,7 l
- Probenvolumen – Analytik Standardparameter: 2,3 l
- Probenvolumen – Analytik UBA: 2,4 l

In der folgenden Abbildung 209 sind die Messdaten des Niederschlags vom Distrometer am Standort der RKL Linz-Asten dargestellt. Die vertikalen Linien definieren den Start- und Endzeitpunkt des beprobten Entlastungsereignisses.

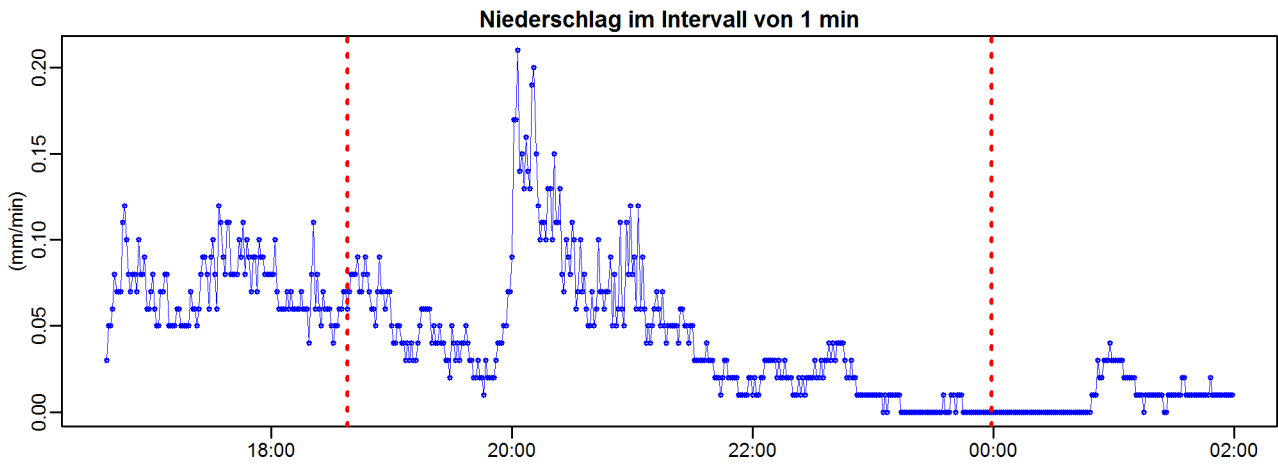


Abbildung 209: Zeitlicher Niederschlagsverlauf beim MW-Ereignis am 30.05.2013 im UG Linz

Nachfolgend sind die Hydrographen für den Zulauf bzw. für den Mischwasserüberlauf der RKL Linz-Asten darstellt.

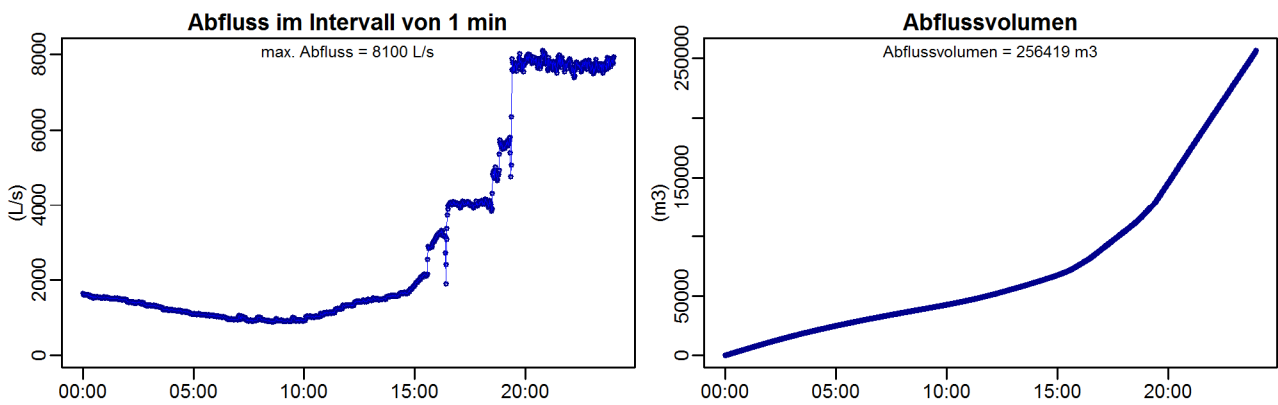


Abbildung 210: Abflussdynamik im Zulauf zur RKL Linz-Asten beim MW-Ereignis am 30.05.2013 im UG Linz

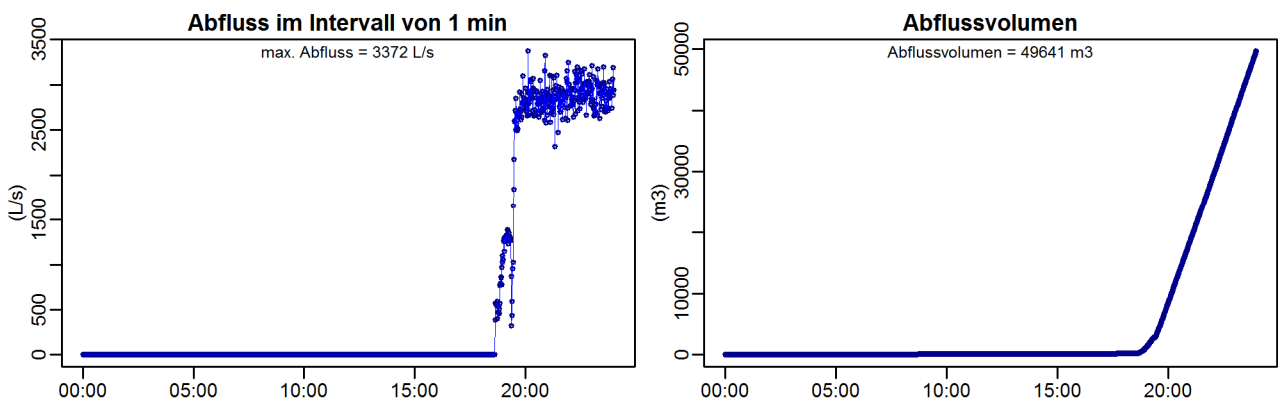


Abbildung 211: Abflussdynamik im Mischwasserüberlauf der RKL Linz-Asten beim MW-Ereignis am 30.05.2013 im UG Linz

Die Ergebnisse der unmittelbar nach der Probenahme durchgeführten Analytik der festgelegten Standardparameter kann aus den folgenden Tabellen entnommen werden.

Tabelle 120: Standardparameter der Laboranalytik im Zulauf zur RKL-Linz Asten für das Ereignis am 30.05.2013 im UG Linz

Ergebnisse der Laboranalytik für die festgelegten Standardparameter (Zulauf RKL Linz-Asten)												
Bestimmung	AFS (mg/l)	CSB (mg/l)	CSBf (mg/l)	TOC (mg/l)	N-Ges (mg/l)	NH4-N (mg/l)	NO3-N (mg/l)	P-Ges (mg/l)	PO4-P (mg/l)	Summe KW (mg/l)	pH (-)	Leitf. (µS/cm)
1	207,0	284,0	48,0	88,0	28,80	15,20	0,30	3,80	1,70	<0,80	7,80	1032,0
2	190,0	295,0	44,0	86,0	-	14,90	0,30	3,90	1,70	-	7,70	1036,0
Mittelw.	198,5	289,5	46,0	87,0	28,80	15,05	0,30	3,85	1,70	<0,80	7,75	1034,0
Stand.-Ab.	12,0	7,8	2,8	1,4	-	0,21	0,00	0,07	0,00	-	0,07	2,83

Tabelle 121: Standardparameter der Laboranalytik im Mischwasserüberlauf der RKL-Linz Asten für das Ereignis am 30.05.2013 im UG Linz

Ergebnisse der Laboranalytik für die festgelegten Standardparameter (Mischwasserüberlauf RKL Linz-Asten)												
Bestimmung	AFS (mg/l)	CSB (mg/l)	CSBf (mg/l)	TOC (mg/l)	N-Ges (mg/l)	NH4-N (mg/l)	NO3-N (mg/l)	P-Ges (mg/l)	PO4-P (mg/l)	Summe KW (mg/l)	pH (-)	Leitf. (µS/cm)
1	120,0	191,0	49,0	58,0	23,10	10,50	2,30	3,40	1,80	<0,80	7,90	616,0
2	110,0	172,0	57,0	59,0	-	10,50	2,30	3,50	1,80	-	7,90	618,0
Mittelw.	115,0	181,5	53,0	58,5	23,10	10,50	0,30	3,45	1,80	<0,80	7,90	617,0
Stand.-Ab.	7,1	13,4	5,7	0,7	-	0,00	0,00	0,07	0,00	-	0,00	1,41

Mischwasserentlastung – Ereignis 4 im UG Linz am 31.05.2013

Das Entlastungsereignis am 31.05.2013 stellte das vierte erfolgreich beprobte Ereignis im Untersuchungsgebiet Linz auf der Regionalkläranlage Linz-Asten dar. Es fand unmittelbar am Folgetag des vorangegangenen Ereignisses statt und ist das zweite Ereignis, bei dem auch eine zugehörige, volumenproportionale Zulaufprobe zur Anlage mitgezogen wurde.

Ereignischarakteristik:

- Startzeitpunkt: 31.05.2013 00:00 Uhr
- Endzeitpunkt: 31.05.2013 23:59 Uhr
- Ereignisdauer: 1440 Minuten
- Dauer der regenlosen Vorperiode: 0 Tage
- Niederschlagssumme: 23,10 mm
- Maximal registrierte Niederschlagsintensität: 0,15 mm/min

Parametrierung der Probenahme im Zulauf zur Regionalkläranlage:

- Erforderliches Gesamtvolumen: 10,00 l
- Teilprobenvolumen: 20 ml
- Dauer einer Teilprobenentnahme: 20 s
- Impulsteiler: 500 m³

Parametrierung der Probenahme im Mischwasserüberlauf:

- Notwendiges Gesamtvolumen: 10,00 l
- Teilprobenvolumen: 25 ml
- Dauer einer Teilprobenahme: 20 s
- Impulsteiler: 200 m³

Ergebnis der Probenahme im Zulauf zur Regionalkläranlage:

- Probenvolumen – gesamt: 23,3 l
- Probenvolumen – Analytik Standardparameter: 6,0 l
- Probenvolumen – Analytik UBA: 17,3 l

Ergebnis der Probenahme im Mischwasserüberlauf:

- Probenvolumen – gesamt: 17,9 l
- Probenvolumen – Analytik Standardparameter: 5,7 l
- Probenvolumen – Analytik UBA: 12,2 l

In der folgenden Abbildung sind die Messdaten des Niederschlags vom Distrometer am Standort der RKL Linz-Asten dargestellt. Die vertikalen Linien definieren den Start- und Endzeitpunkt des beprobten Entlastungsereignisses.

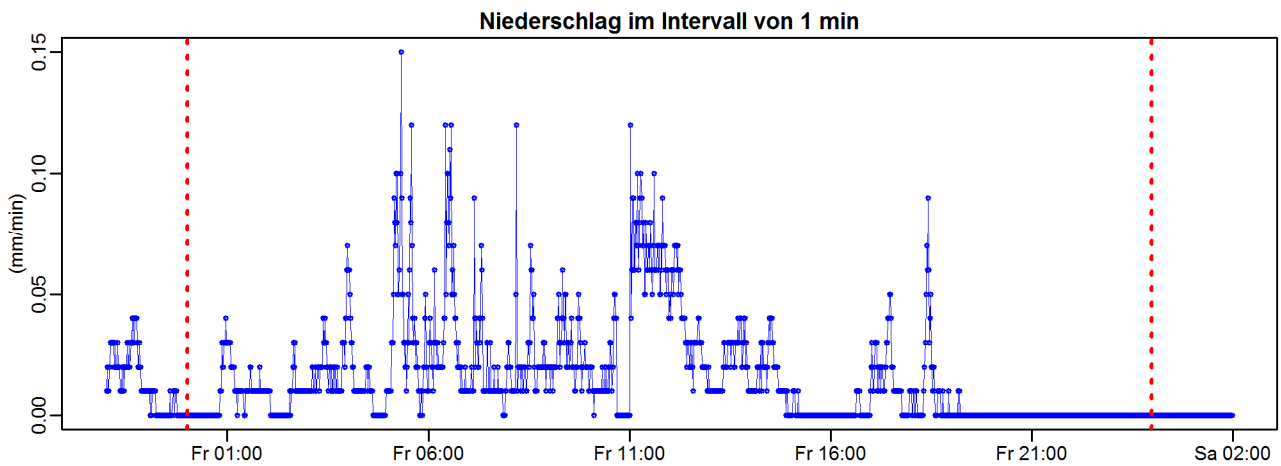


Abbildung 212: Zeitlicher Niederschlagsverlauf beim MW-Ereignis am 31.05.2013 im UG Linz

In den folgenden Abbildungen sind die Hydrographen für den Zulauf bzw. für den Mischwasserüberlauf der RKL Linz-Asten dargestellt.

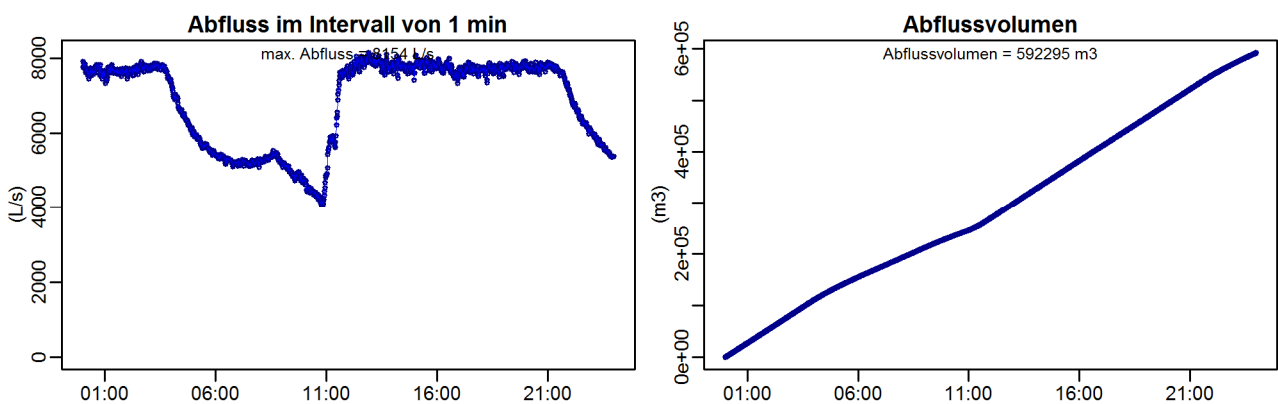


Abbildung 213: Abflussdynamik im Zulauf zur RKL Linz-Asten beim MW-Ereignis am 31.05.2013 im UG Linz

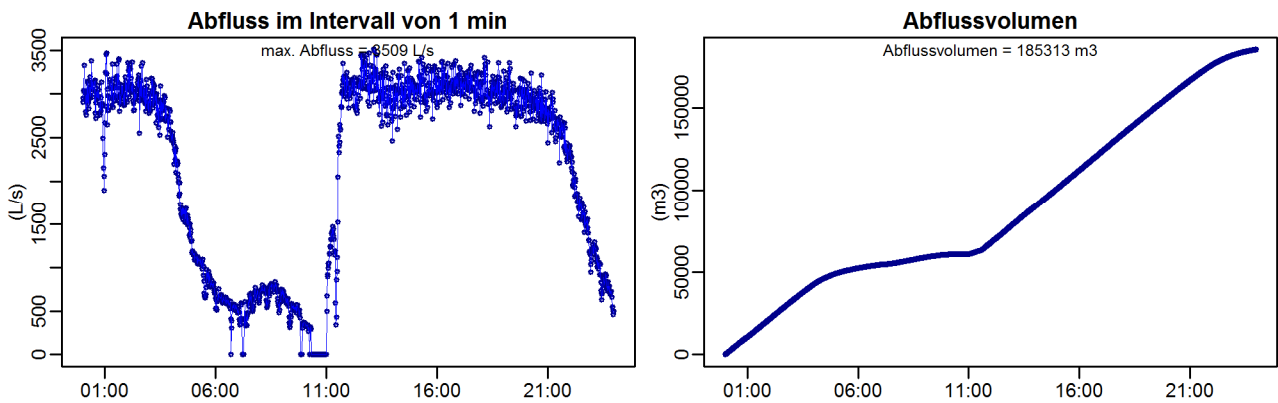


Abbildung 214: Abflussdynamik im Mischwasserüberlauf der RKL Linz-Asten beim MW-Ereignis am 31.05.2013 im UG Linz

Die Ergebnisse der unmittelbar nach der Probenahme durchgeführten Analytik der festgelegten Standardparameter kann aus den folgenden Tabellen entnommen werden.

Tabelle 122: Standardparameter der Laboranalytik im Zulauf zur RKL Linz-Asten für das Ereignis am 31.05.2013 im UG Linz

Ergebnisse der Laboranalytik für die festgelegten Standardparameter (Zulauf zur RKL Linz-Asten)												
Bestimmung	AFS (mg/l)	CSB (mg/l)	CSBf (mg/l)	TOC (mg/l)	N-Ges (mg/l)	NH4-N (mg/l)	NO3-N (mg/l)	P-Ges (mg/l)	PO4-P (mg/l)	Summe KW (mg/l)	pH (-)	Leitf. (µS/cm)
1	98,0	91,0	32,0	35,0	14,10	5,90	1,30	1,50	0,70	<0,80	7,70	487,0
2	100,0	103,0	32,0	35,0	-	5,90	1,30	1,50	0,70	-	7,70	488,0
Mittelw.	99,0	97,0	32,0	35,0	14,10	5,90	0,30	1,50	0,70	<0,80	7,70	487,5
Stand.-Ab.	1,4	8,5	0,0	0,0	-	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,71

Tabelle 123: Standardparameter der Laboranalytik im Mischwasserüberlauf der RKL Linz-Asten für das Ereignis am 31.05.2013 im UG Linz

Ergebnisse der Laboranalytik für die festgelegten Standardparameter (Mischwasserüberlauf der RKL Linz-Asten)												
Bestimmung	AFS (mg/l)	CSB (mg/l)	CSBf (mg/l)	TOC (mg/l)	N-Ges (mg/l)	NH4-N (mg/l)	NO3-N (mg/l)	P-Ges (mg/l)	PO4-P (mg/l)	Summe KW (mg/l)	pH (-)	Leitf. (µS/cm)
1	90,0	105,0	25,0	29,0	14,20	6,30	1,20	1,80	0,90	<0,80	7,60	468,0
2	100,0	108,0	25,0	29,0	-	6,20	1,20	1,90	0,90	-	7,60	468,0
Mittelw.	95,0	106,5	25,0	29,0	14,20	6,25	0,30	1,85	0,90	<0,80	7,60	468,0
Stand.-Ab.	7,1	2,1	0,0	0,0	-	0,07	0,00	0,07	0,00	-	0,00	0,00

8.9.3 Charakterisierung der beprobten Niederschlagswassereinleitungen aus der Trennkanalisation im Untersuchungsgebiet im Osten Österreichs

Niederschlagswasserkanal – Ereignis 1 am 20.06.2012

Das Ereignis im Niederschlagswasserkanal am 20.06.2012 stellte das erste erfolgreich beprobte Ereignis im Untersuchungsgebiet im Osten Österreichs dar.

Ereignischarakteristik:

- Startzeitpunkt: 20.06.2012 23:10 Uhr
- Endzeitpunkt: 21.06.2012 01:48 Uhr
- Ereignisdauer: 158 Minuten
- Dauer der regenlosen Vorperiode: 6 Tage
- Niederschlagssumme: 2,8 mm
- Maximal registrierte Niederschlagsintensität: 0,1 mm/min
- Gemessener Maximalabfluss während des Ereignisses: 130 l/s
- Gemessenes Abflussvolumen des Ereignisses: 542 m³

Parametrierung der Probenahme:

- Erforderliches Gesamtvolumen: 10,00 l
- Teilprobenvolumen: 950 ml
- Dauer einer Teilprobenentnahme: 117 s
- Impulsteiler: 50 m³
- Maximal beprobbarer Abfluss: 427 l/s
- Notwendiges Mindestabflussvolumen: 525 m³
- Notwendige Mindestanzahl von Teilprobenahmen: 11

Ergebnis der Probenahme:

- Probenvolumen – gesamt: 10,0 l
- Probenvolumen – Analytik Standardparameter: 1,0 l
- Probenvolumen – Analytik UBA: 9,0 l

In Abbildung 215 sind die Messdaten einer benachbarten Niederschlagsmessstation mit einer Entfernung von 1,5 km zum Probenahmeort im Niederschlagswasserkanal dargestellt. Es wurde hier eine Niederschlagswaage mit einer Auflösung von 0,1 mm verwendet. In der zentralen Messwertdatenbank des Betreibers wurden im Intervall von einer Minute die zugehörigen Minutensummen (mm/min) gespeichert.

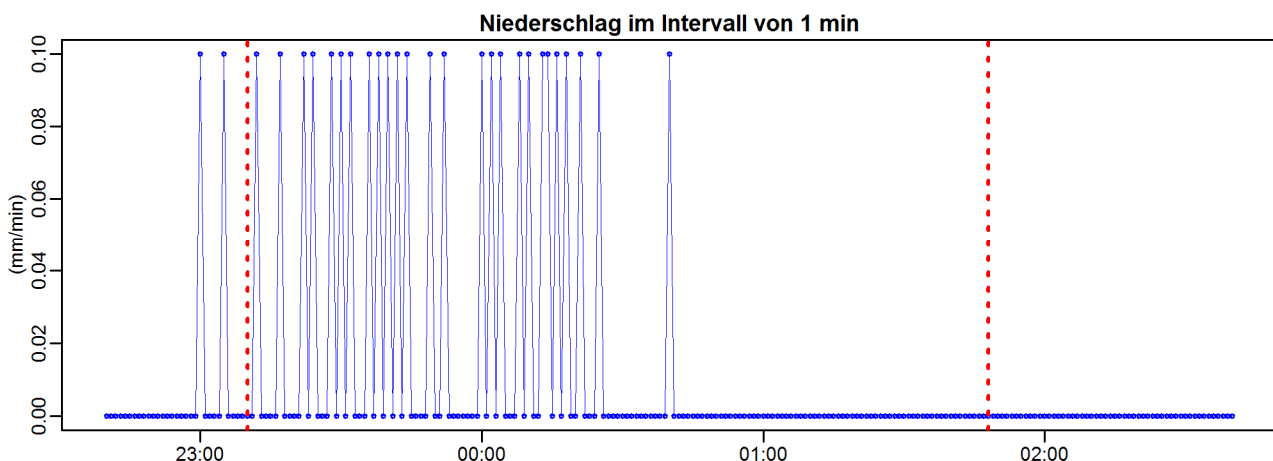


Abbildung 215: Zeitlicher Niederschlagsverlauf beim Regenerereignis am 20.06.2012 im UG Osten

Der Abfluss während eines Ereignisses ist hier aufgrund des relativ kleinen Einzugsgebiets deutlich kleiner als bei den Mischwasserereignissen in den anderen Untersuchungsgebieten. Während des Ereignisses hatten sich zwei Abflussspitzen ausgebildet. Der Maximalabfluss betrug ca. 130 l/s.

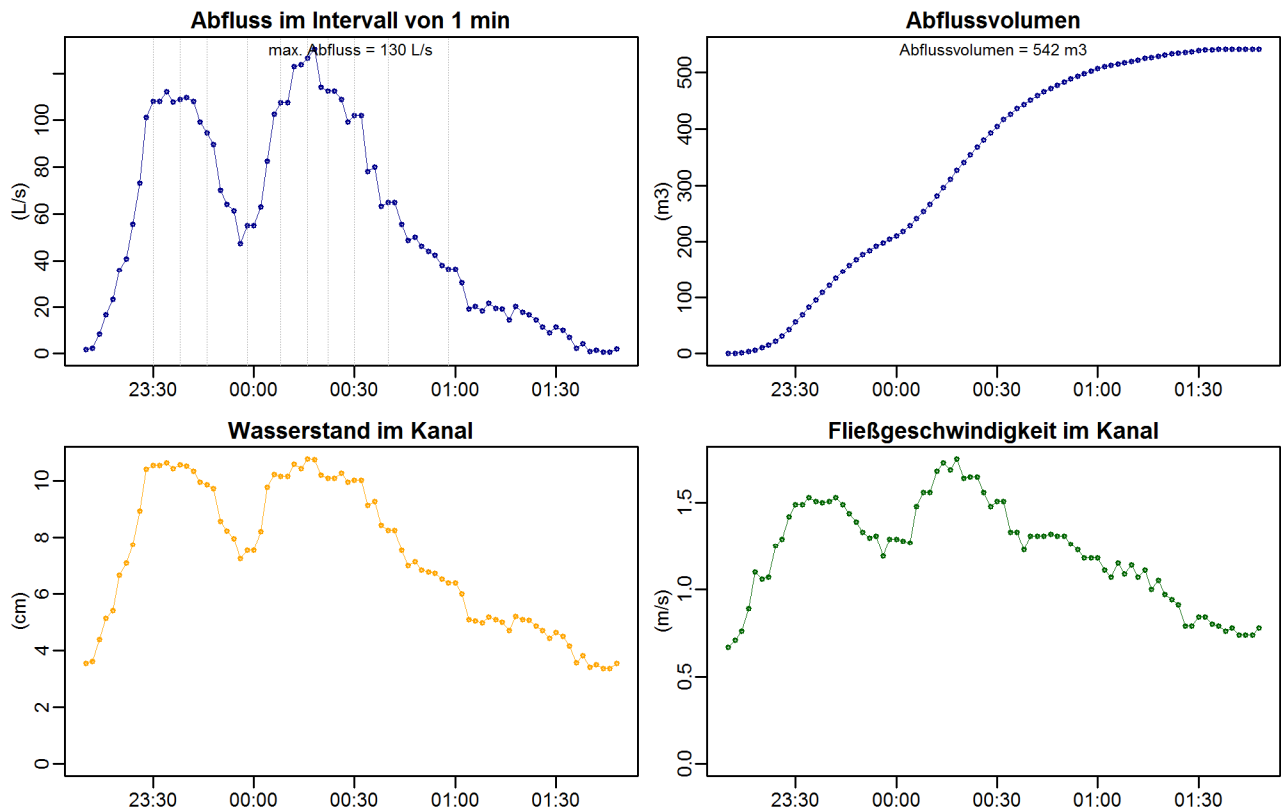


Abbildung 216: Abflussdynamik und Teilprobenentnahme beim Regenereignis am 20.06.2012 im UG Osten

In der folgenden Tabelle ist eine Übersicht der Laborergebnisse der Standardparameteranalytik dargestellt:

Tabelle 124: Standardparameter der Laboranalytik für das Ereignis am 20.06.2012 im UG Osten

Ergebnisse der Laboranalytik für die festgelegten Standardparameter												
Bestimmung	AFS (mg/l)	CSB (mg/l)	CSBf (mg/l)	TOC (mg/l)	N-Ges (mg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	P-Ges (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)	KW-Index (mg/l)	pH (-)	Leitf. (µS/cm)
1	43,3	153,0	103,0	23,5	4,80	0,80	2,10	0,39	0,15	2,80	8,30	255,0

Niederschlagswasserkanal – Ereignis 2 am 12.-13.09.2012

Das Ereignis im Niederschlagswasserkanal am 12.-13.09.2012 stellte das zweite beprobte Ereignis im Untersuchungsgebiet im Osten Österreichs dar. Dabei konnte allerdings nicht das gesamte Ereignis volumenproportional beprobt werden. Durch ein Problem bei der Benachrichtigung über die Teilprobenentnahmen per SMS an das Betriebspersonal traten Probleme auf, wodurch etwa die letzten 2.000 m³ des Ereignisses nicht mehr beprobt werden konnten.

Die Beprobung erfolgte im Zeitraum von 17:18 Uhr bis 21:11 Uhr mit einem Impulsteiler von 50 m³. Da danach der Untersatz mit 24 Flaschen bereits vollständig befüllt war, wurde danach der Impulsteiler auf einen Wert von 100 m³ erhöht. Die volumenproportionale Probenahme konnte schließlich bis 02:50 Uhr durchgeführt werden. Bis zum Ende des Ereignisses um 10:10 Uhr konnten danach keine Teilproben mehr entnommen werden, weshalb das sehr lange Ereignis nicht vollständig beprobt werden konnte.

Da aber das erforderliche Gesamtvolumen von 10 Litern erreicht werden konnte, wurde entschieden, die Probe dennoch an das Umweltbundesamt zur Spurenstoff-Analytik weiterzuleiten.

Ereignischarakteristik:

- Startzeitpunkt: 12.09.2012 17:18 Uhr
- Endzeitpunkt 13.09.2012 10:10 Uhr
- Ereignisdauer: 1.012 Minuten
- Dauer der regenlosen Vorperiode: 6 Tage
- Niederschlagssumme: 20,8 mm
- Maximal registrierte Niederschlagsintensität: 1,4 mm/min
- Gemessener Maximalabfluss während des Ereignisses: 307 l/s
- Gemessenes Abflussvolumen des gesamten Ereignisses: 5.305 m³ (wovon ca. 2.000 m³ am Ende des Ereignisses nicht mehr beprobt werden konnten)

Parametrierung der Probenahme:

- Erforderliches Gesamtvolumen: 10,00 l
- Teilprobenvolumen: 950 ml
- Dauer einer Teilprobenentnahme: 117 s
- Impulsteiler: 50 / 100 m³
- Maximal beprobbarer Abfluss: 427 / 855 l/s
- Notwendiges Mindestabflussvolumen: 525 / 1053 m³
- Notwendige Mindestanzahl von Teilprobenahmen: 27

Ergebnis der Probenahme:

- Probenvolumen - gesamt: 34,2 l
- Probenvolumen - Analytik Standardparameter: 1,0 l
- Probenvolumen – Analytik UBA: 15,0 l

In Abbildung 217 sind die Messdaten einer benachbarten Niederschlagsmessstation mit einer Entfernung von 1,5 km zur Probenahmestelle am Niederschlagswasserkanal dargestellt. Es handelte sich dabei um von einer Niederschlagswaage umgerechnete Wippenumschläge. Anhand der zeitlichen Abfolge der umgerechneten Wippenumschläge kann auf die Intensität und Dauer des Niederschlags geschlossen werden.

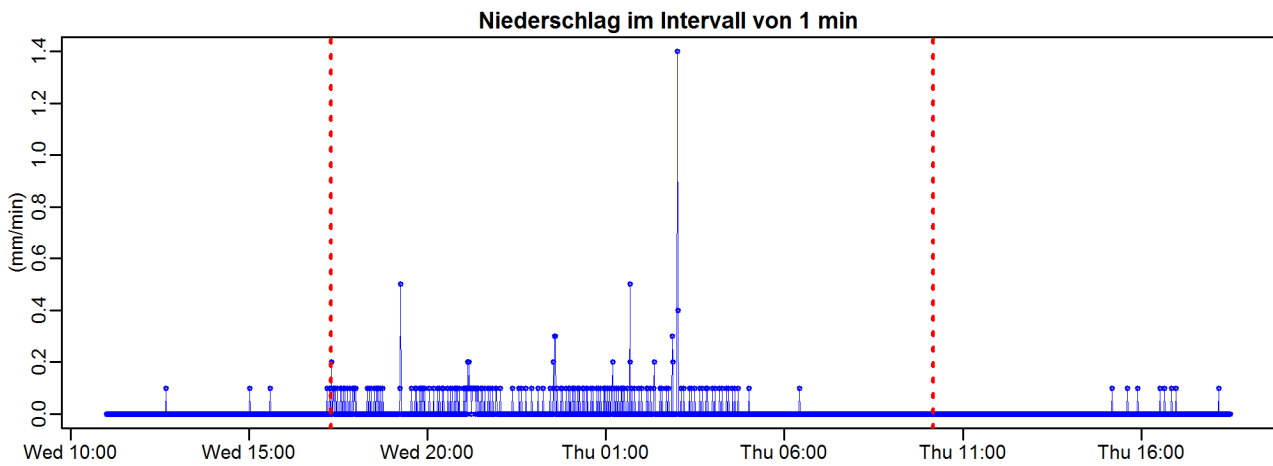


Abbildung 217: Zeitlicher Niederschlagsverlauf beim Regenereignis am 12.-13.09.2012 im UG Osten

Der Abfluss während des Ereignisses weist drei Spitzen auf, wobei der Maximalabfluss bei etwa 300 l/s lag. Alle genommenen Teilprobenentnahmen sind in der Abbildung durch schwarze vertikale Linien, die fehlenden Teilprobenentnahmen durch hellgraue dargestellt.

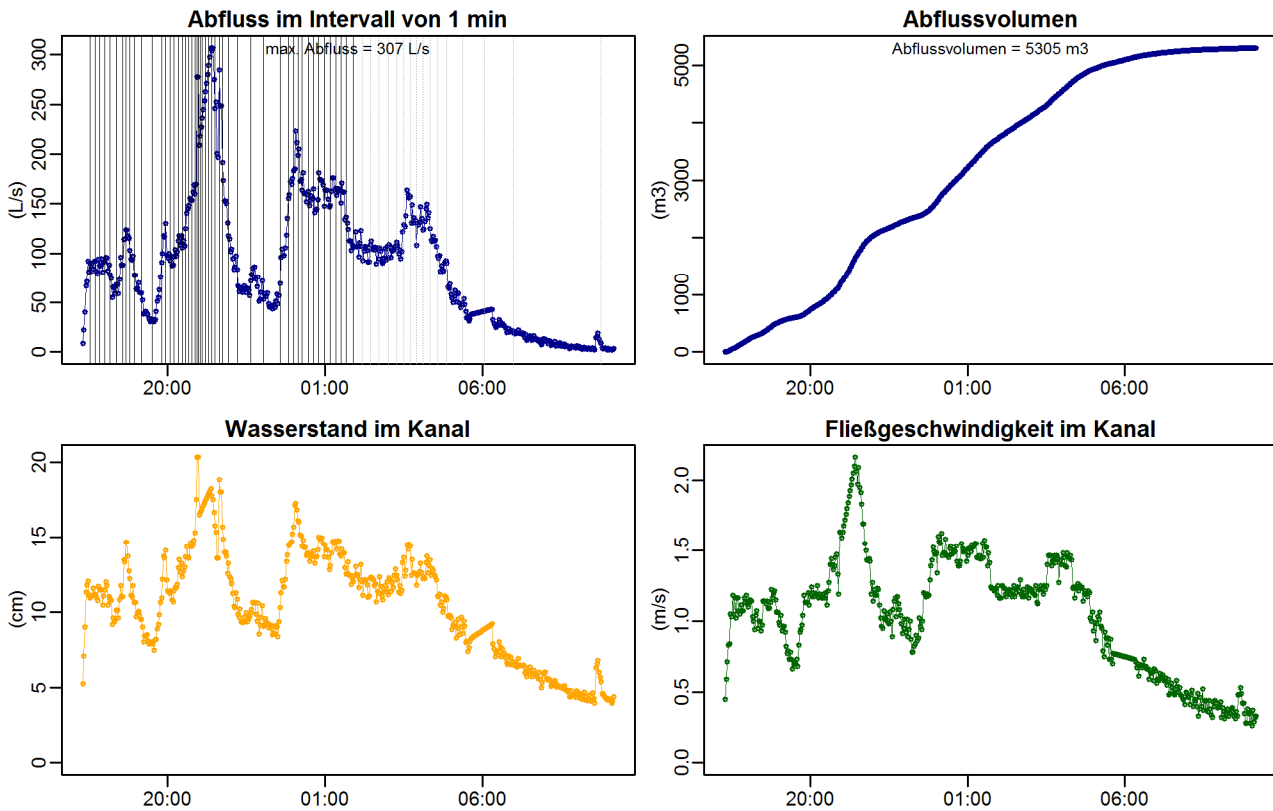


Abbildung 218: Abflussdynamik und Teilprobenentnahme beim Regenereignis am 12.-13.09.2012 im UG Osten

In der folgenden Tabelle ist eine Übersicht der Laborergebnisse der Standardparameteranalytik dargestellt:

Tabelle 125: Standardparameter der Laboranalytik für das Regenereignis am 12.-13.09.2012 im UG Osten

Ergebnisse der Laboranalytik für die festgelegten Standardparameter												
Bestimmung	AFS (mg/l)	CSB (mg/l)	CSBf (mg/l)	TOC (mg/l)	N-Ges (mg/l)	NH4-N (mg/l)	NO3-N (mg/l)	P-Ges (mg/l)	PO4-P (mg/l)	KW-Index (mg/l)	pH (-)	Leitf. (µS/cm)
1	35,0	128,0	111,0	11,3	2,69	0,10	0,77	0,26	0,02	1,90	8,40	114,0

Niederschlagskanal – Ereignis 3 am 27.10.2012

Das Ereignis im Niederschlagswasserkanal am 27.10.2012 stellte das dritte beprobte Ereignis im Untersuchungsgebiet im Osten Österreichs dar. Die Beprobung erfolgte im Zeitraum von 02:36 Uhr 09:58 Uhr mit einem Impulsteiler von 50 m³.

Ereignischarakteristik:

- Startzeitpunkt: 27.10.2012 02:36 Uhr
- Endzeitpunkt 27.10.2012 09:58 Uhr
- Ereignisdauer: 442 Minuten
- Dauer der regenlosen Vorperiode: 10 Tage
- Niederschlagssumme: 3,7 mm
- Maximal registrierte Niederschlagsintensität: 0,1 mm/min
- Gemessener Maximalabfluss während des Ereignisses: 86 l/s
- Gemessenes Abflussvolumen des gesamten Ereignisses: 1.033 m³

Parametrierung der Probenahme:

- Erforderliches Gesamtvolumen: 10,00 l
- Teilprobenvolumen: 950 ml
- Dauer einer Teilprobenentnahme: 117 s
- Impulsteiler: 50 m³
- Maximal beprobbarer Abfluss: 427 l/s
- Notwendiges Mindestabflussvolumen: 525 m³
- Notwendige Mindestanzahl von Teilprobenahmen: 27

Ergebnis der Probenahme:

- Probenvolumen – gesamt: 20,0 l
- Probenvolumen – Analytik Standardparameter: 1,0 l
- Probenvolumen – Analytik UBA: 19,0 l

In Abbildung 219 sind die Messdaten einer benachbarten Niederschlagsmessstation mit einer Entfernung von 1,5 km zur Probenahmestelle am Niederschlagswasserkanal dargestellt. Es handelt sich dabei um von einer Niederschlagswaage umgerechnete Wippenumschläge. Anhand der zeitlichen Abfolge der umgerechneten Wippenumschläge kann man auf die Intensität und Dauer des Niederschlags schließen.

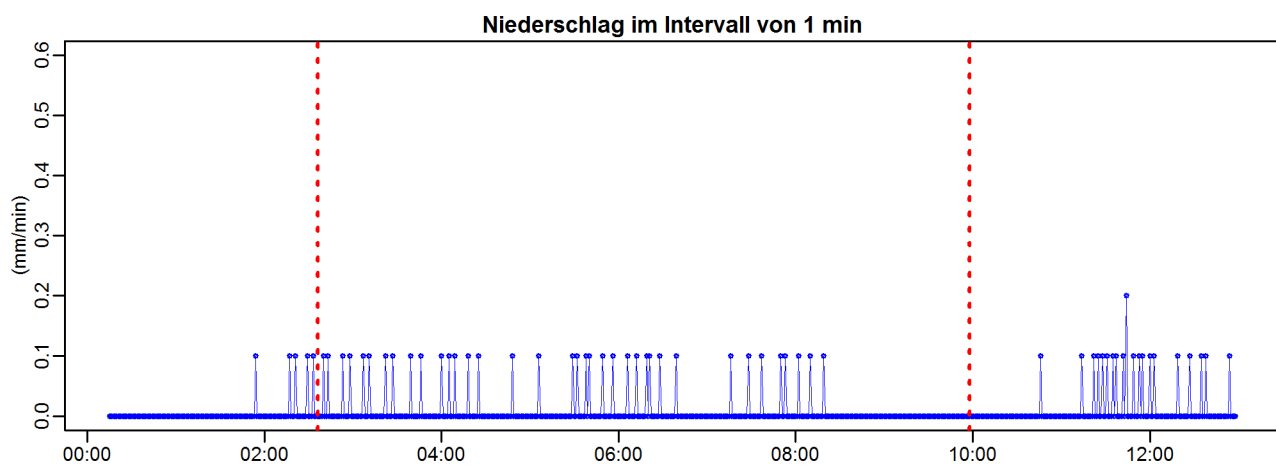


Abbildung 219: Zeitlicher Niederschlagsverlauf beim Regenereignis am 27.10.2012 im UG Osten

Der Abfluss während des Ereignisses wies drei Spitzen auf, wobei der Maximalabfluss bei 86 l/s lag.

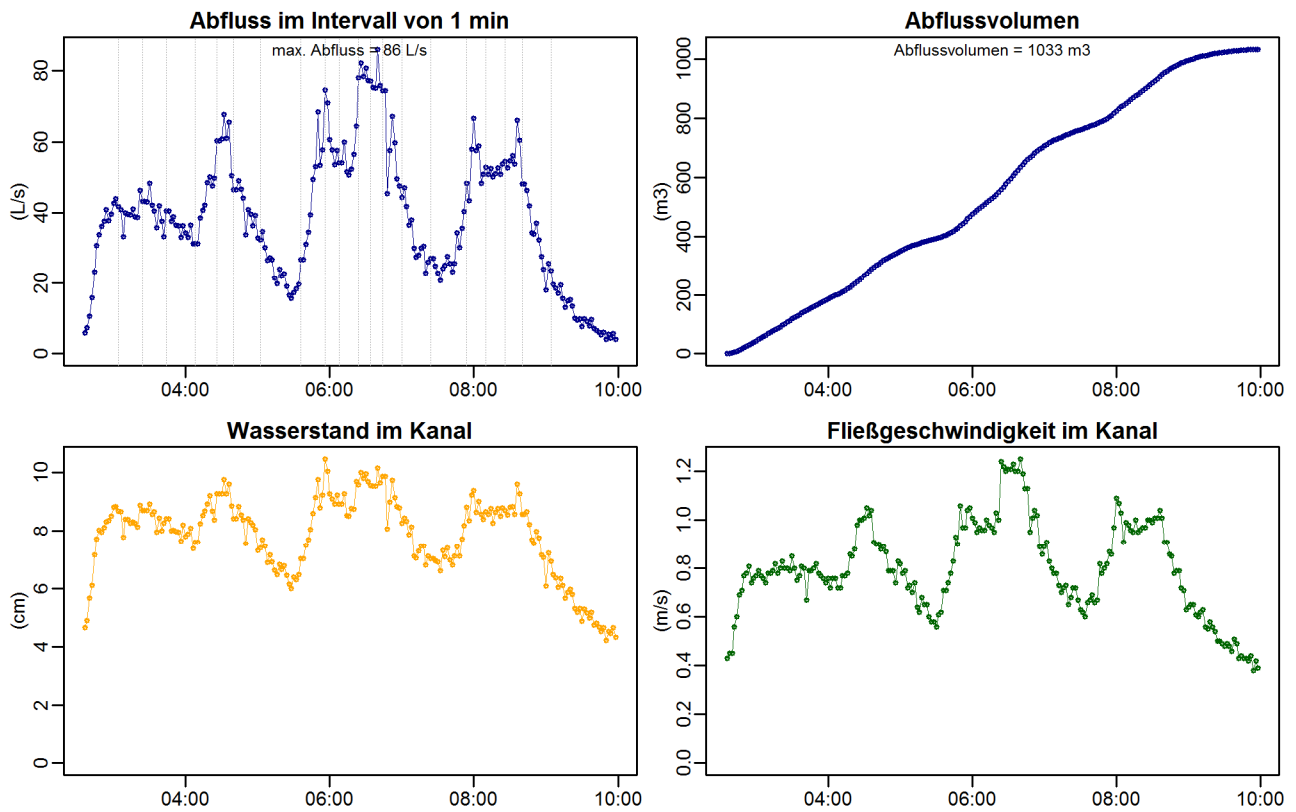


Abbildung 220: Abflussdynamik und Teilprobenentnahme beim Regenereignis am 27.10.2012 im UG Osten

In der folgenden Tabelle ist eine Übersicht der Laboreergebnisse der Standardparameteranalytik dargestellt:

Tabelle 126: Standardparameter der Laboranalytik für das Ereignis am 27.10.2012 im UG Osten

Ergebnisse der Laboranalytik für die festgelegten Standardparameter												
Bestimmung	AFS (mg/l)	CSB (mg/l)	CSBf (mg/l)	TOC (mg/l)	N-Ges (mg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	P-Ges (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)	KW-Index (mg/l)	pH (-)	Leitf. (µS/cm)
1	10,0	130,0	126,0	13,1	2,78	0,31	1,52	0,19	0,12	2,10	8,10	141

8.9.4 Charakterisierung der Trockenwetterproben (Zu- und Ablauf) der RKL Linz Asten

Trockenwetter-Tagesmischprobe 1 am 08.08.2012

Die Probe vom 08.08.2012 stellte den ersten erfolgreichen Versuch einer volumenproportionalen Probenahme von Tagesmischproben bei Trockenwetterbedingungen für das Untersuchungsgebiet Linz dar. Der Zeitpunkt der Probenahme wurde so gewählt, dass dieser noch vor dem Schulbeginn im September 2012 lag.

Ereignischarakteristik:

- Startzeitpunkt: 08.08.2012 00:00 Uhr
- Endzeitpunkt: 08.08.2012 23:59 Uhr
- Ereignisdauer: 1.440 Minuten
- Gemessener Maximalabfluss des Trockenwettertages: 1.657 l/s
- Gemessenes Abflussvolumen des Trockenwettertages: 119.082 m³/24 h

Ergebnis der Probenahme im Zulauf zur RKL Linz-Asten:

- Probenvolumen – gesamt: 17,6 l
- Probenvolumen – Analytik Standardparameter: 5,1 l
- Probenvolumen – Analytik UBA: 12,5 l

Ergebnis der Probenahme im Ablauf der RKL Linz-Asten:

- Probenvolumen – gesamt: 19,9 l
- Probenvolumen – Analytik Standardparameter: 8,4 l
- Probenvolumen – Analytik UBA: 11,5 l

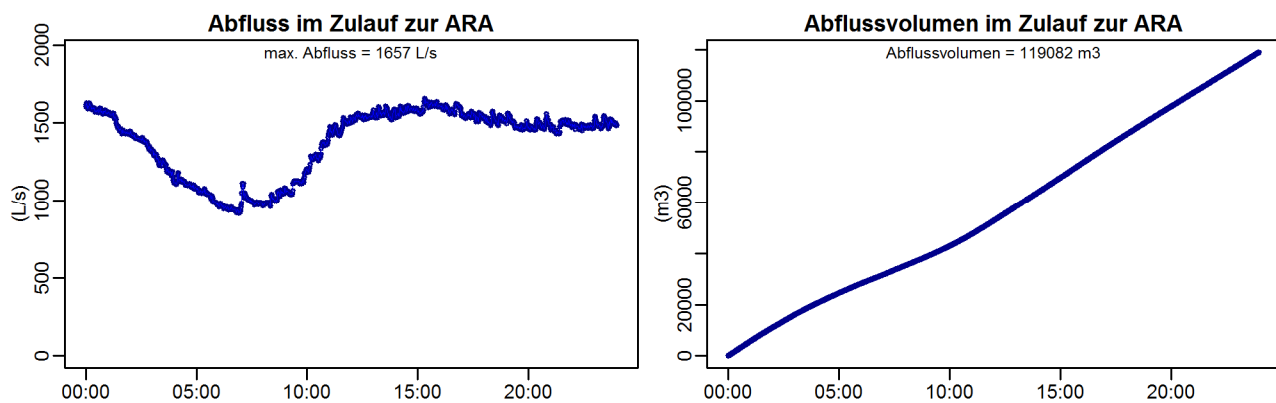


Abbildung 221: Abflussdynamik während der Beprobung eines Trockenwettertages im Zulauf zur RKL Linz-Asten am 08.08.2012

Die folgenden Tabellen geben eine Übersicht über die Laborergebnisse der Standardparameteranalytik.

Tabelle 127: Standardparameter der Laboranalytik für die Beprobung eines Trockenwettertages im Zulauf zur RKL Linz-Asten im UG Linz am 08.08.2012

Ergebnisse der Laboranalytik für die festgelegten Standardparameter (Zulauf zur RKL Linz-Asten)												
Bestimmung	AFS (mg/l)	CSB (mg/l)	CSBf (mg/l)	TOC (mg/l)	N-Ges (mg/l)	NH4-N (mg/l)	NO3-N (mg/l)	P-Ges (mg/l)	PO4-P (mg/l)	Summe KW (mg/l)	pH (-)	Leitf. (µS/cm)
1	267,0	443,0	177,0	133,0	45,60	25,70	< 0.1	6,00	2,80	3,40	7,80	2.280,0
2	273,0	460,0	174,0	133,0	-	27,80	< 0.1	5,70	2,90	1,00	-	-
Mittelw.	270,0	451,5	175,5	133,0	45,60	26,75	< 0.1	5,85	2,85	2,20	7,80	2.280,0
Stand.-Ab.	4,2	12,0	2,1	0,0	0,00	1,48	-	0,21	0,07	1,70	0,0	0,0

Tabelle 128: Standardparameter der Laboranalytik für die Beprobung eines Trockenwettertages im Ablauf der RKL Linz-Asten im UG Linz am 08.08.2012

Ergebnisse der Laboranalytik für die festgelegten Standardparameter (Ablauf zur RKL Linz-Asten)												
Bestimmung	AFS (mg/l)	CSB (mg/l)	CSBf (mg/l)	TOC (mg/l)	N-Ges (mg/l)	NH4-N (mg/l)	NO3-N (mg/l)	P-Ges (mg/l)	PO4-P (mg/l)	Summe KW (mg/l)	pH (-)	Leitf. (µS/cm)
1	4,0	36,0	33,0	12,0	11,80	0,43	9,35	0,22	0,099	<0.050	8,10	1.637,0
2	3,0	34,0	34,0	12,0	-	0,44	9,84	0,22	0,096	<0.050	-	-
Mittelw.	3,5	35,0	33,5	12,0	11,80	0,44	9,60	0,22	0,098	<0.050	8,10	1.637,0
Stand.-Ab.	0,7	1,4	0,7	0,0	0,00	0,01	0,35	0,00	0,002	-	0,0	0,0

Trockenwetter-Tagesmischprobe 2 am 18.09.2012

Die Probe vom 18.09.2012 stellte den zweiten erfolgreichen Versuch einer volumenproportionalen Probenahme von Tagesmischproben bei Trockenwetterbedingungen für das Untersuchungsgebiet Linz dar. Der Zeitpunkt der Probenahme wurde so gewählt, dass dieser kurz nach dem Schulbeginn im September 2012 lag.

Ereignischarakteristik:

- Startzeitpunkt: 18.09.2012 00:00 Uhr
- Endzeitpunkt: 18.09.2012 23:59 Uhr
- Ereignisdauer: 1.440 Minuten
- Gemessener Maximalabfluss des Trockenwettertages: 1.918 l/s
- Gemessenes Abflussvolumen des Trockenwettertages: 140.451 m³/ 24 h

Ergebnis der Probenahme im Zulauf zur RKL Linz-Asten:

- Probenvolumen - gesamt: 18,6 l
- Probenvolumen - Analytik Standardparameter: 5,8 l
- Probenvolumen – Analytik UBA: 2,8 l

Ergebnis der Probenahme im Ablauf der RKL Linz-Asten:

- Probenvolumen - gesamt: 16,2 l
- Probenvolumen - Analytik Standardparameter: 4,1 l
- Probenvolumen – Analytik UBA: 12,1 l

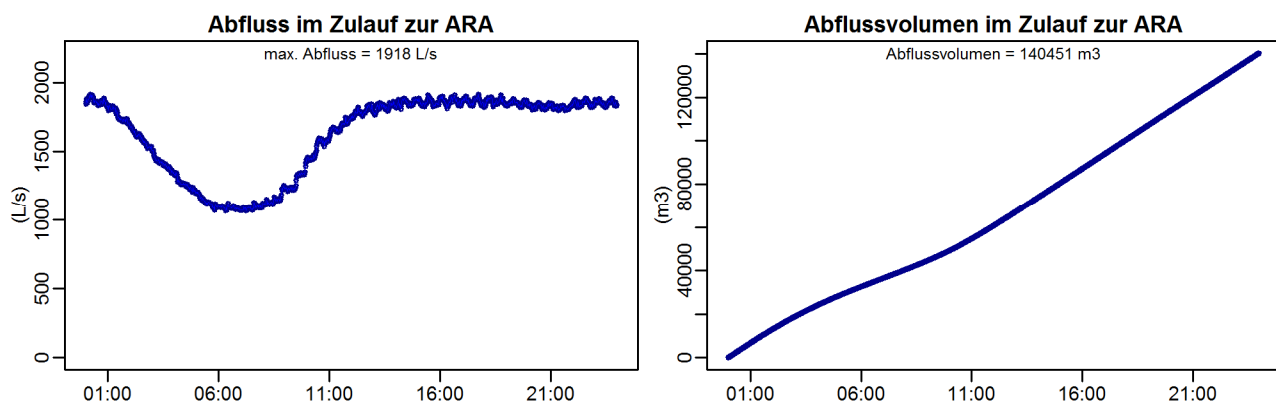


Abbildung 222: Abflussdynamik während der Beprobung eines Trockenwettertages im Zulauf zur RKL Linz-Asten am 18.09.2012

Die folgenden Tabellen geben eine Übersicht über die Laborergebnisse der Standardparameteranalytik.

Tabelle 129: Standardparameter der Laboranalytik für die Beprobung eines Trockenwettertages im Zulauf zur RKL Linz-Asten am 18.09.2012 im UG Linz

Ergebnisse der Laboranalytik für die festgelegten Standardparameter (Zulauf zur RKL Linz-Asten)												
Bestimmung	AFS	CSB	CSBf	TOC	N-Ges	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P-Ges	PO ₄ -P	Summe KW	pH	Leitf.
	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(-)	(µS/cm)
1	317,0	477,0	205,0	140,0	49,40	31,30	< 0,1	5,80	2,60	0,90	7,70	2.140,0
2	324,0	494,0	222,0	141,0	-	28,80	< 0,1	5,70	2,70	0,80	7,70	2.100,0
Mittelw.	320,5	485,5	213,5	140,5	49,40	30,05	< 0,1	5,75	2,65	0,85	7,70	2.120,0
Stand.-Ab.	4,9	12,0	12,0	0,7	0,00	1,77	-	0,07	0,07	0,070	0,00	28,3

Tabelle 130: Standardparameter der Laboranalytik für die Beprobung eines Trockenwettertages im Ablauf der RKL Linz-Asten am 18.09.2012 im UG Linz

Ergebnisse der Laboranalytik für die festgelegten Standardparameter (Ablauf zur RKL Linz-Asten)												
Bestimmung	AFS (mg/l)	CSB (mg/l)	CSBf (mg/l)	TOC (mg/l)	N-Ges (mg/l)	NH4-N (mg/l)	NO3-N (mg/l)	P-Ges (mg/l)	PO4-P (mg/l)	Summe KW (mg/l)	pH (-)	Leitf. (µS/cm)
1	6,0	54,0	41,0	15,8	13,80	0,30	11,40	0,30	<0,10	<0,050	8,10	1.892,0
2	7,0	43,0	38,0	16,0	-	0,30	10,60	0,30	<0,10	<0,050	8,10	1.877,0
Mittelw.	6,5	48,5	39,5	15,9	13,80	0,30	11,00	0,30	<0,10	<0,050	8,10	1.884,5
Stand.-Ab.	0,7	7,8	2,1	0,1	0,00	0,00	0,57	0,00	-	-	0,0	10,6

Trockenwetter-Tagesmischprobe 3 am 03.10.2012

Die Probe vom 03.10.2012 stellte den dritten erfolgreichen Versuch einer volumenproportionalen Probenahme von Tagesmischproben bei Trockenwetterbedingungen für das Untersuchungsgebiet Linz dar. Der Zeitpunkt der Probenahme wurde so gewählt, dass dieser im Oktober 2012 lag.

Ereignischarakteristik:

- Startzeitpunkt: 03.10.2012 00:00 Uhr
- Endzeitpunkt: 03.10.2012 23:59 Uhr
- Ereignisdauer: 1.440 Minuten
- Gemessener Maximalabfluss des Trockenwettertages: 2.147 l/s
- Gemessenes Abflussvolumen des Trockenwettertages: 137.736 m³/ 24 h

Ergebnis der Probenahme im Zulauf zur RKL Linz-Asten:

- Probenvolumen - gesamt: 14,7 l
- Probenvolumen - Analytik Standardparameter: 4,7 l
- Probenvolumen – Analytik UBA: 10,0 l

Ergebnis der Probenahme im Ablauf der RKL Linz-Asten:

- Probenvolumen - gesamt: 19,1 l
- Probenvolumen - Analytik Standardparameter: 5,5 l
- Probenvolumen – Analytik UBA: 10,0 l

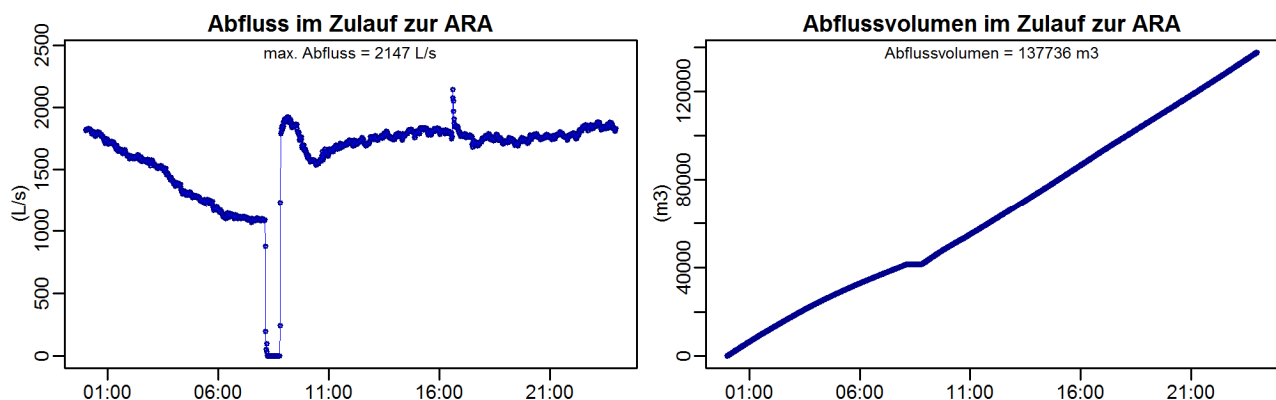


Abbildung 223: Abflussdynamik während der Beprobung eines Trockenwettertages im Zulauf zur RKL Linz-Asten am 03.10.2012 im UG Linz

Die folgenden Tabellen geben eine Übersicht über die Laborergebnisse der Standardparameteranalytik.

Tabelle 131: Standardparameter der Laboranalytik für die Beprobung eines Trockenwettertages im Zulauf zur RKL Linz-Asten am 03.10.2012 im UG Linz

Ergebnisse der Laboranalytik für die festgelegten Standardparameter (Zulauf zur RKL Linz-Asten)												
Bestimmung	AFS (mg/l)	CSB (mg/l)	CSBf (mg/l)	TOC (mg/l)	N-Ges* (mg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	P-Ges (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)	Summe KW (mg/l)	pH (-)	Leitf. (µS/cm)
1	-	629,0	243,0	179,0	49,80	29,20	<0,14	6,10	2,50	-	7,10	-
2	-	627,0	249,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mittelw.	-	628,0	246,0	179,0	49,80	29,20	<0,14	6,10	2,50	-	7,10	-
Stand.-Ab.	-	1,4	4,2	0,0	0,00	0,00	-	0,00	0,00	-	0,00	-

* N-Ges = TKN + NO₃-N (NO₂-N wurde nicht bestimmt)

Tabelle 132: Standardparameter der Laboranalytik für die Beprobung eines Trockenwettertages im Ablauf der RKL Linz-Asten am 03.10.2012 im UG Linz

Ergebnisse der Laboranalytik für die festgelegten Standardparameter (Ablauf zur RKL Linz-Asten)												
Bestimmung	AFS (mg/l)	CSB (mg/l)	CSBf (mg/l)	TOC (mg/l)	N-Ges* (mg/l)	NH4-N (mg/l)	NO3-N (mg/l)	P-Ges (mg/l)	PO4-P (mg/l)	Summe KW (mg/l)	pH (-)	Leitf. (µS/cm)
1	6,0	41,0	38,0	14,0	11,45	0,50	8,70	0,20	<0,10	-	7,50	-
2	-	44,0	36,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mittelw.	6,0	42,5	37,0	14,0	11,45	0,50	8,70	0,20	<0,10	-	7,50	-
Stand.-Ab.	0,0	2,1	1,4	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	0,00	-

* N-Ges = TKN + NO3-N (NO2-N wurde nicht bestimmt)

8.9.5 Charakterisierung der Straßenabwasserproben bei der A2 Autobahnbrücke über die Mur

Straßenabwasserkanal – Ereignis 1 am 19.-20.09.2012

Das Ereignis im Straßenabwasserkanal am 19.-20.09.2012 stellte das erste erfolgreich beprobte Ereignis dar.

Ereignischarakteristik:

- Startzeitpunkt: 19.09.2012 13:50 Uhr
- Endzeitpunkt: 20.09.2012 00:05 Uhr
- Ereignisdauer: 616 Minuten
- Dauer der regenlosen Vorperiode: 6 Tage
- Niederschlagssumme: 21,3 mm
- Maximal registrierte Niederschlagsintensität: 3,0 mm/h
- Gemessener Maximalabfluss während des Ereignisses: 367 l/s
- Gemessenes Abflussvolumen des Ereignisses: 2.596 m³

Parametrierung der Probenahme:

- Erforderliches Gesamtvolumen: 10,00 l
- Teilprobenvolumen: 150 ml
- Dauer einer Teilprobenentnahme: 40 s
- Impulsteiler: 30 m³
- Maximal beprobbarer Abfluss: 750 l/s
- Notwendiges Mindestabflussvolumen: 2.000 m³
- Notwendige Mindestanzahl von Teilprobenahmen: 67

Ergebnis der Probenahme:

- Probenvolumen – gesamt: 13,2 l
- Probenvolumen – Analytik Standardparameter: 1,0 l
- Probenvolumen – Analytik UBA: 12,2 l

Nachfolgend wird der zeitliche Verlauf des Niederschlags am Standort des Flughafens Graz-Thalerhof dargestellt, der sich in einer Entfernung von etwa 2 km zum Probenahmeort befindet. Die Daten wurden nach Anfrage dankenswerterweise von der Austro Control GmbH als Betreiber der Niederschlagsmessstation zur Verfügung gestellt.

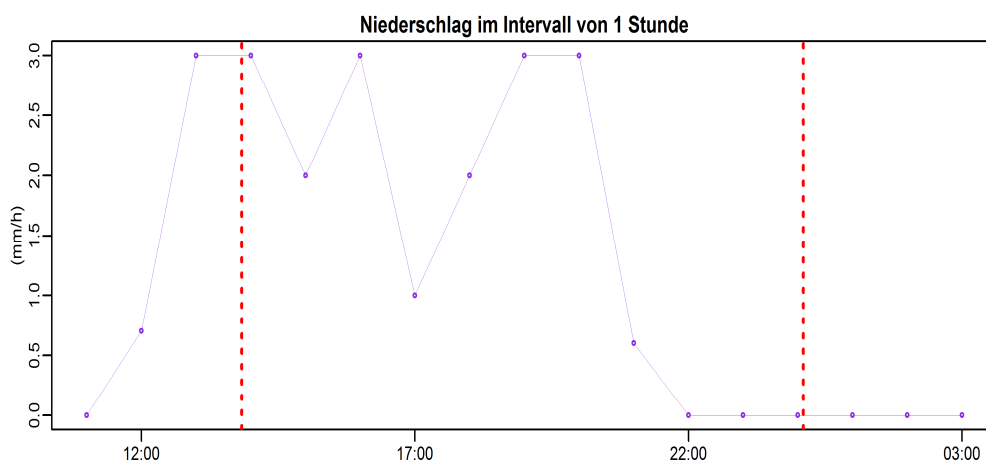


Abbildung 224: Zeitlicher Niederschlagsverlauf beim Regenereignis am 19.-20.09.2012 im UG ASFINAG-A2

Das Ereignis weist zu Beginn einen starken Abflussanstieg auf ein Maximum von 367 l/s auf und sinkt dann wieder relativ stark auf weniger als 50 l/s ab. Danach weist die Abflussganglinie noch drei Spitzen zwischen 100 l/s und 200 l/s auf.

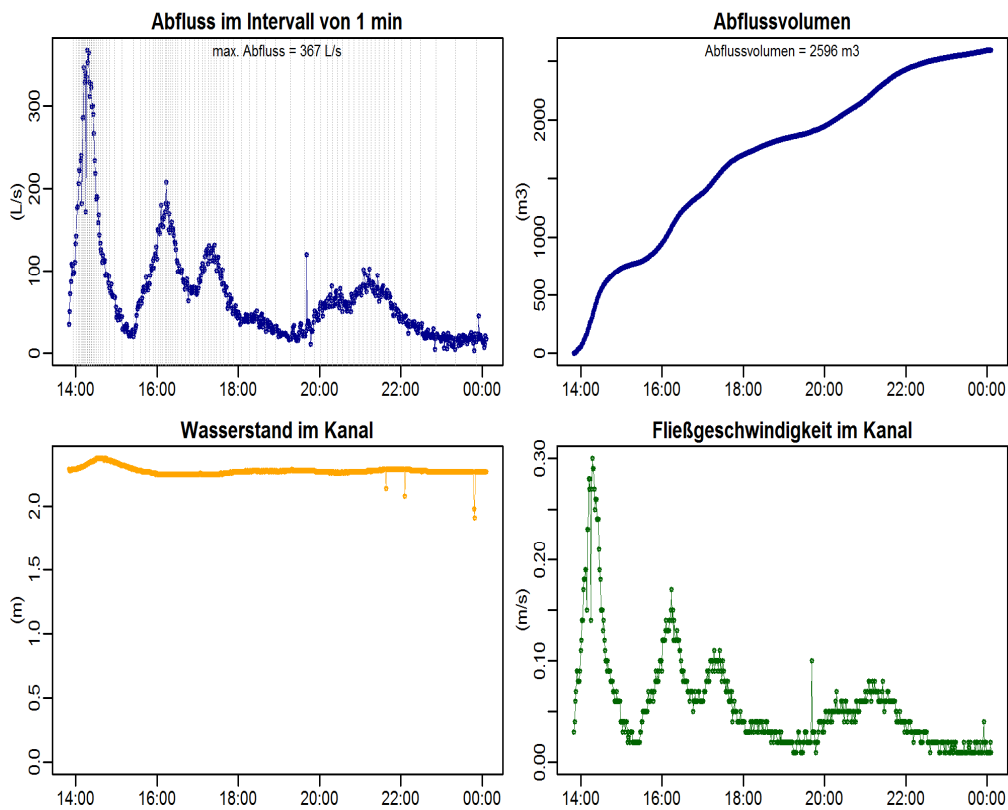


Abbildung 225: Abflussdynamik und Teilprobenentnahme beim Regenereignis am 19.-20.09.2012 im UG ASFINAG-A2

In der folgenden Tabelle ist eine Übersicht der Laborergebnisse der Standardparameteranalytik dargestellt:

Tabelle 133: Standardparameter der Laboranalytik für das Ereignis am 19.-20.09.2012 im UG ASFINAG-A2

Ergebnisse der Laboranalytik für die festgelegten Standardparameter (Ablauf zur RKL Linz-Asten)												
Bestimmung	AFS (mg/l)	CSB (mg/l)	CSBf (mg/l)	TOC (mg/l)	N-Ges* (mg/l)	NH4-N (mg/l)	NO3-N (mg/l)	P-Ges (mg/l)	PO4-P (mg/l)	Summe KW (mg/l)	pH (-)	Leitf. (µS/cm)
1	33	30,7	14,4	5,6**	0,61**	1,07	0,88	0,35	0,14	-	-	-
2	33	30,7	15,4	5,6**	0,62**	1,1	0,92	0,34	0,14	<0,05	7,45	199
3	32	34	15,4	5,4**	0,63**	1,14	0,86	0,35	0,12	-	-	-
Mittelw.	32,7	31,8	15,1	5,5**	0,62**	1,1	0,89	0,35	0,13	<0,05	7,45	199
Stand.-Ab.	0,6	1,9	0,6	0,1**	0,01**	0,04	0,03	0,01	0,01	-	-	-

**...Konzentrationen zu gering gemessen (auf Problem des TOC-Gerätes zurückzuführen)

Straßenabwasserkanal – Ereignis 2 am 24.-25.09.2012

Das Ereignis im Straßenabwasserkanal am 24.-25.09.2012 stellte das zweite erfolgreich beprobte Ereignis dar. Diese Probe wurde zunächst einmal noch nicht zur Spurenstoffanalytik an das UBA nach Wien freigegeben, da die regenlose Vorperiode bei diesem Ereignis nur 4 Tage betragen hatte. Aus diesem Grund wurde die Probe nach der Standardparameteranalytik im Labor der TU Graz eingefroren. Es besteht somit auch ein relativ kurzer Abstand zum ersten beprobten Ereignis vom 19.09.2012. Zusätzlich erfolgte die Entnahme aus dem ungekühlten Probenahmegerät auch erst mit einer eintägigen Verzögerung. Die Analyse aller Standardparameter wurde jedoch anschließend im Labor der TU Graz sofort durchgeführt.

Ereignischarakteristik:

- Startzeitpunkt: 24.09.2012 23:05 Uhr
- Endzeitpunkt: 25.09.2012 07:20 Uhr
- Ereignisdauer: 495 Minuten
- Dauer der regenlosen Vorperiode: 4 Tage
- Niederschlagssumme: 19,4 mm
- Maximal registrierte Niederschlagsintensität: 9,0 mm/h
- Gemessener Maximalabfluss während des Ereignisses: 451 l/s
- Gemessenes Abflussvolumen des Ereignisses: 2.735 m³

Parametrierung der Probenahme:

- Erforderliches Gesamtvolumen: 10,00 l
- Teilprobenvolumen: 150 ml
- Dauer einer Teilprobenentnahme: 40 s
- Impulsteiler: 30 m³
- Maximal beprobbarer Abfluss: 750 l/s
- Notwendiges Mindestabflussvolumen: 2.000 m³
- Notwendige Mindestanzahl von Teilprobenahmen: 67

Ergebnis der Probenahme:

- Probenvolumen - gesamt: 14,5 l
- Probenvolumen - Analytik Standardparameter: 1,0 l
- Probenvolumen – Analytik UBA: 13,5 l

Nachfolgend wird der zeitliche Verlauf des Niederschlags am Standort des Flughafens Graz-Thalerhof dargestellt, der sich in einer Entfernung von etwa 2 km zum Probenahmeort befindet. Die Daten wurden nach Anfrage dankenswerterweise von der Austro Control GmbH als Betreiber der Niederschlagsmessstation zur Verfügung gestellt.

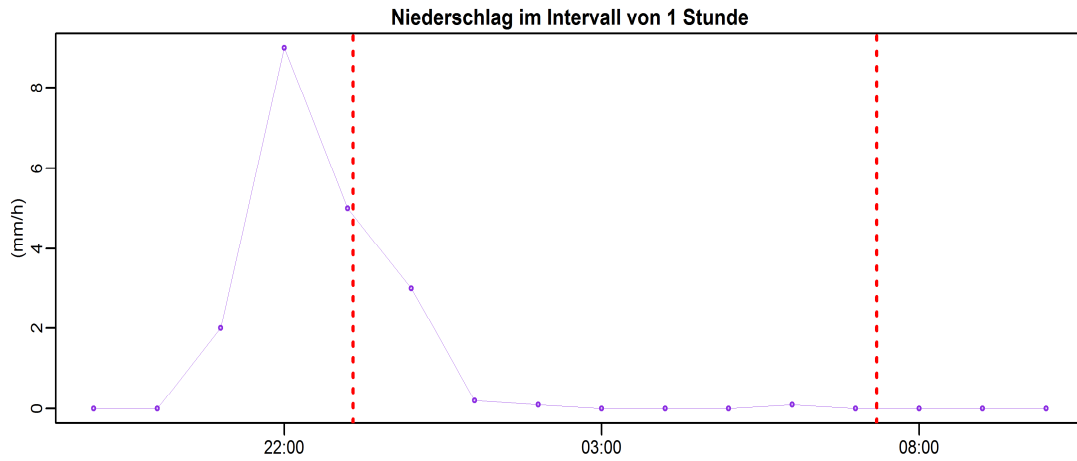


Abbildung 226: Zeitlicher Niederschlagsverlauf beim Regenereignis am 24.-25.09.2012 im UG ASFINAG-A2

Das Ereignis ist durch einen starken Anstieg am Beginn des Ereignisses gekennzeichnet, der auf 450 l/s anstieg. Danach sinkt der Abfluss kontinuierlich ab und setzt sich in der zweiten Hälfte des Ereignisses mit etwa 50 l/s bis zum Ende fort.

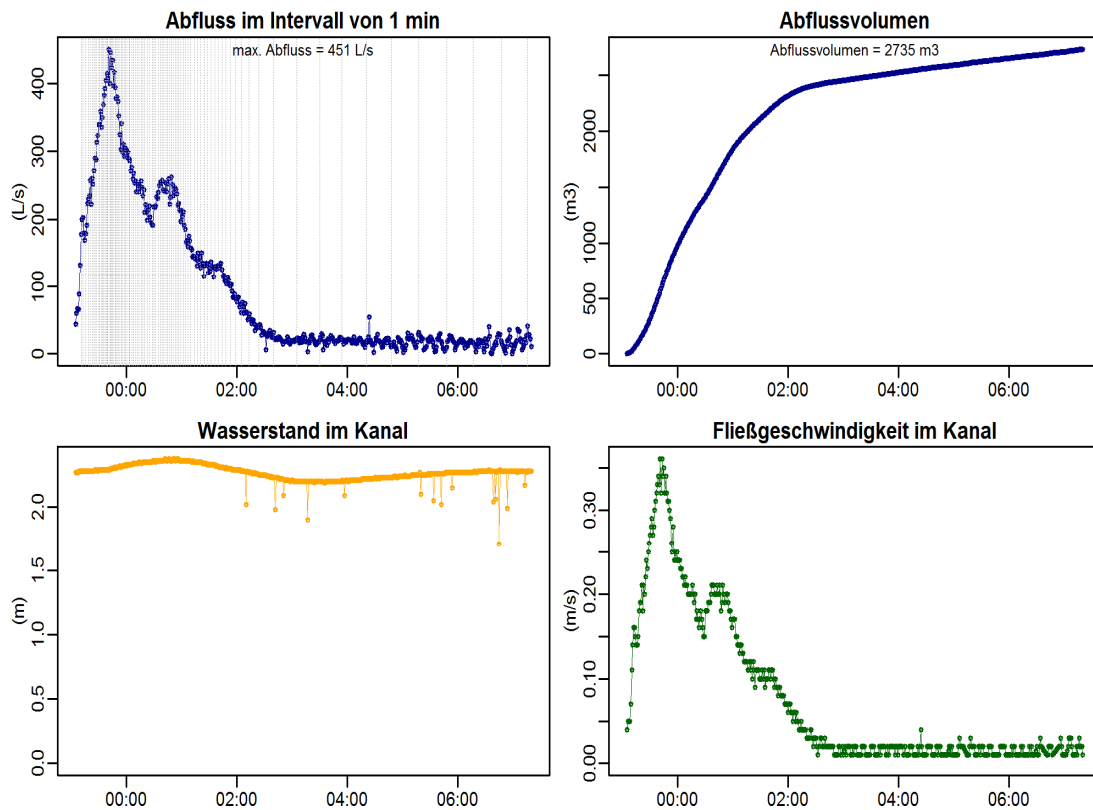


Abbildung 227: Abflussdynamik und Teilprobenentnahme beim Regenereignis am 24.-25.09.2012 im UG ASFINAG-A2

In der folgenden Tabelle ist eine Übersicht der Laborergebnisse der Standardparameteranalytik dargestellt:

Tabelle 134: Standardparameter der Laboranalytik für das Ereignis am 24.-25.09.2012 im UG ASFINAG-A2

Ergebnisse der Laboranalytik für die festgelegten Standardparameter (Ablauf zur RKL Linz-Asten)												
Bestimmung	AFS (mg/l)	CSB (mg/l)	CSBf (mg/l)	TOC (mg/l)	N-Ges* (mg/l)	NH4-N (mg/l)	NO3-N (mg/l)	P-Ges (mg/l)	PO4-P (mg/l)	Summe KW (mg/l)	pH (-)	Leitf. (µS/cm)
1	43	25	9	9,5	0,98	0,15	0,59	0,38	0,16	-	-	-
2	43	25	9	10	1,01	0,15	0,61	0,4	0,15	<0,05	7,7	150
3	43	21	10	9,8	1	0,16	0,64	0,39	0,14	-	-	-
Mittelw.	43	23,7	9,3	9,8	1	0,15	0,61	0,39	0,15	<0,05	7,7	150
Stand.-Ab.	0	2,3	0,6	0,3	0,02	0,01	0,03	0,01	0,01	-	-	-

Straßenabwasserkanal – Ereignis 3 am 06.-07.05.2013

Das Ereignis im Straßenabwasserkanal am 06.-07.05.2013 stellte das dritte erfolgreich beprobte Ereignis dar. Dabei trat die bisher höchste Abflussdynamik und auch der höchste Maximalabfluss während der Projektdauer auf. Aufgrund dieser Tatsache und der hohen Konzentrationen der Standardparameter wurde das Ereignis trotz nicht vorhandener regenlosen Vorperiode schließlich doch für die Spurenstoffanalytik am UBA freigegeben, wofür ein Probenvolumen von 16,5 l zur Verfügung stand.

Ereignischarakteristik:

- Startzeitpunkt: 06.05.2013 23:00 Uhr
- Endzeitpunkt: 07.05.2013 05:34 Uhr
- Ereignisdauer: 394 Minuten
- Dauer der regenlosen Vorperiode: 0 Tage
- Niederschlagssumme: 58,8 mm
- Maximal registrierte Niederschlagsintensität: 26,0 mm/h
- Gemessener Maximalabfluss während des Ereignisses: 1.751 l/s
- Gemessenes Abflussvolumen des Ereignisses: 11.999 m³

Parametrierung der Probenahme:

- Erforderliches Gesamtvolumen: 10,00 l
- Teilprobenvolumen: 150 ml
- Dauer einer Teilprobenentnahme: 40 s
- Impulsteiler: 100 m³
- Maximal beprobbarer Abfluss: 2.500 l/s
- Notwendiges Mindestabflussvolumen: 6.700 m³
- Notwendige Mindestanzahl von Teilprobenahmen: 67

Ergebnis der Probenahme:

- Probenvolumen – gesamt: 17,5 l
- Probenvolumen – Analytik Standardparameter: 1,0 l
- Probenvolumen – Analytik UBA: 16,5 l

Nachfolgend wird die zeitliche Verteilung des Niederschlags am Standort des Flughafens Graz-Thalerhof dargestellt, der sich in einer Entfernung von etwa 2 km zum Messstandort befindet. Die Daten wurden nach Anfrage von der Austro Control GmbH als Betreiber der Niederschlagsmessstation zur Verfügung gestellt.

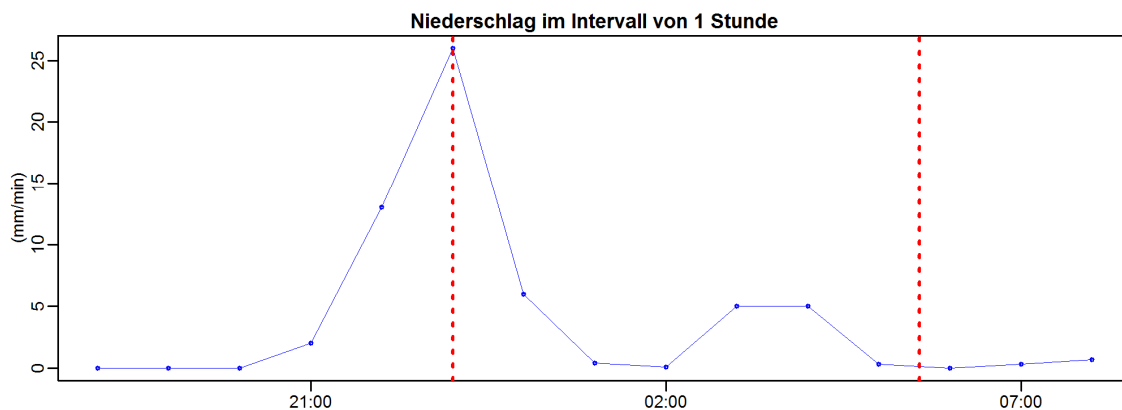


Abbildung 228: Zeitlicher Niederschlagsverlauf beim Regenereignis am 06.-07.05.2013 im UG ASFINAG-A2

Das Ereignis ist durch einen extremen Abflussanstieg etwa 30 min nach Beginn des Ereignisses gekennzeichnet. Es traten dabei zwei Abflussspitzen mit ca. 1.200 l/s und 1.751 l/s auf, was dem höchsten gemessenen Abfluss in der gesamten Untersuchungsperiode entspricht. In der zweiten Hälfte des Ereignisses war ein deutlich kleinerer Abfluss als Nachlauf zu beobachten.

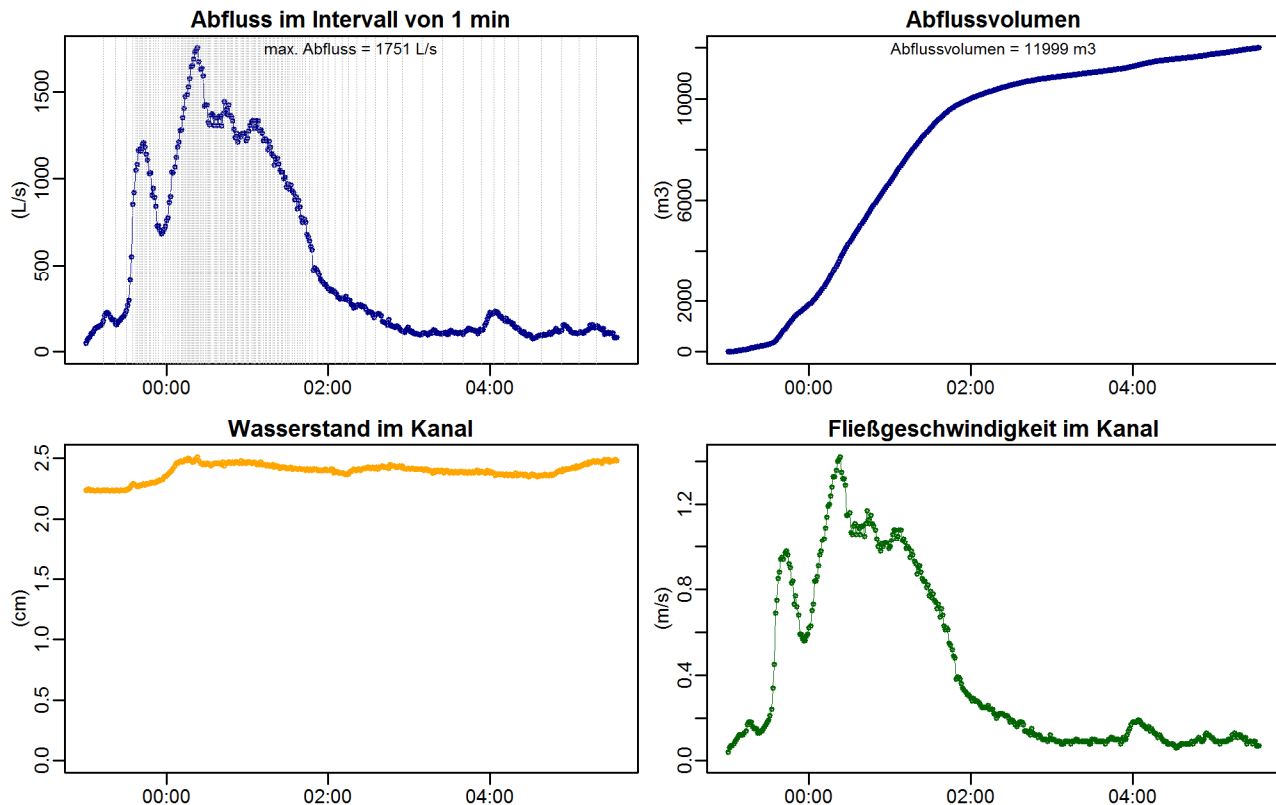


Abbildung 229: Abflussdynamik und Teilprobenentnahme beim Regenereignis am 06.-07.05.2013 im UG ASFINAG-A2

In der folgenden Tabelle ist eine Übersicht der Laborergebnisse der Standardparameteranalytik dargestellt:

Tabelle 135: Standardparameter der Laboranalytik für das Ereignis am 06.-07.05.2013 im UG ASFINAG-A2

Ergebnisse der Laboranalytik für die festgelegten Standardparameter (Ablauf zur RKL Linz-Asten)												
Bestimmung	AFS (mg/l)	CSB (mg/l)	CSBf (mg/l)	TOC (mg/l)	N-Ges* (mg/l)	NH4-N (mg/l)	NO3-N (mg/l)	P-Ges (mg/l)	PO4-P (mg/l)	Summe KW (mg/l)	pH (-)	Leitf. (µS/cm)
1	1.257	142	20	-	-	0,67	0,99	1,74	0,94	-	-	-
2	1.362	156	20,3	39,7	2,17	0,73	0,93	1,83	0,97	0,21	8,5	242
3	1.294	148	22	-	-	0,71	0,95	1,81	0,91	-	-	-
Mittelw.	1.304	148,7	20,8	39,7	2,17	0,7	0,96	1,79	0,94	0,21	8,5	242
Stand.-Ab.	53,3	7	1,1	-	-	0,03	0,03	0,05	0,03	-	-	-

8.9.6 Zusammenstellung der Proben aus dem Einzugsgebiet des Abwasserverbandes Region Hofsteig

Tabelle 136: Gemessene Referenzparameter in den gezogenen Proben aus dem Einzugsgebiet des Wasserverbandes Region Hofsteig (die für die Spurenstoffanalytik ausgewählten Proben sind mit einem * gekennzeichnet)

Probenstelle	Datum	AFS	pH	Lf	TOC	CSB	CSB-filt	KW-Index	N _{geb}	NH ₄ -N	NO ₃	NO ₃ -N	SO ₄	Cl	P _{ges}	PO ₄ -P
		[mg/l]	[-]	[µS/cm]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
Lerchenau Auslauf	12.06.12*	43	7,3	149	5,8	42	<15	0,2	3,3	1,3	1,9	0,43	5,0	8,3	0,64	0,15
Lerchenau Auslauf	25.06.12	73	7,4	142	19	65	<15	0,4	5,1	2,1	1,7	0,38	4,0	7,1	0,98	0,12
Lerchenau Auslauf	06.08.12*	68	7,3	160	16	90	27	0,2	5,5	1,8	<1,0	<0,23	6,5	8,1	0,95	0,26
Lerchenau Auslauf	16.08.12	61	7,6	126	6,5	61	<15	0,2	2,1	0,88	1,5	0,34	4,2	3,9	0,62	0,18
Lerchenau Auslauf	25.08.12	59	7,7	150	14	55	18	0,3	4,0	0,71	<1,0	<0,23	5,1	8,0	0,72	0,24
Lerchenau Auslauf	12.09.12*	26	7,5	136	13	29	<15	0,2	4,8	1,8	2,2	0,50	6,9	5,9	0,66	0,24
<i>Mittelwert</i>		55	7,5	144	12	57		0,3	4,1	1,4			5,3	6,9	0,76	0,20
<i>Minimum</i>		26	7,3	126	5,8	29	<15	0,2	2,1	0,71	<0	<0,23	4	3,9	0,62	0,12
<i>Maximum</i>		73	7,7	160	19	90	27	0,4	5,5	2,1	2,2	0,50	6,9	8,3	0,98	0,26
Lerchenau Becken1	12.06.12*	190	7,3	220	34	150	25	0,5	9,1	3,8	1,9	0,43	6,3	16	1,8	0,32
Lerchenau Becken1	06.08.12*	120	7,3	210	34	140	30	0,4	8,7	3,4	<1,0	<0,23	7,6	12	1,7	0,55
Lerchenau Becken1	16.08.12	66	7,4	140	7,7	61	<15	1,2	2,3	0,87	2,6	0,59	4,6	5,2	0,66	0,20
Lerchenau Becken1	25.08.12	36	7,4	178	12	51	25	0,3	5,1	1,1	1,5	0,34	5,3	12	0,83	0,35
<i>Mittelwert</i>		103	7,4	187	22	101		0,6	6,3	2,3	2,0	0,45	6,0	11	1,2	0,36
<i>Minimum</i>		36	7,3	140	7,7	51	<15	0,3	2,3	0,87	<1,0	<0,23	4,6	5,2	0,66	0,20
<i>Maximum</i>		190	7,4	220	34	150	30	1,2	9,1	3,8	2,6	0,59	7,6	16	1,8	0,55
Birkengraben	25.06.12	15	7,3	170	5,5	<15	<15	0,3	0,94	0,18	2,0	0,45	3,3	3,4	0,068	0,015
Birkengraben	29.07.12	22	7,3	540	10	15	<15	0,2	1,9	0,97	<1,0	<0,23	2,4	12	0,098	0,006
Birkengraben	06.08.12	14	7,4	310	6,5	23	<15	0,5	1,4	0,51	1,4	0,32	2,1	6,8	0,074	0,004
Birkengraben	16.08.12*	21	7,2	560	9,6	26	<15	0,2	2,3	1,3	1,4	0,32	2,4	13	0,059	0,005
Birkengraben	24.08.12*	12	7,7	460	7,8	24	23	0,6	1,9	0,9	2,2	0,50	3,9	11	0,040	0,007
Birkengraben	12.09.12*	7,0	7,5	400	8,0	<15	<15		1,6	0,59	1,7	0,38	4,2	8,5	0,059	0,004
<i>Mittelwert</i>		15	7,4	407	7,9			0,4	1,7	0,7	1,7	0,39	3,1	9,1	0,066	0,007
<i>Minimum</i>		7	7,2	170	5,5	<15	<15	0,2	0,94	0,18	<1,0	<0,23	2,1	3,4	0,04	0,004
<i>Maximum</i>		22	7,7	560	10	26	23	0,6	2,3	1,3	2,2	0,50	4,2	13	0,098	0,015

Probenstelle	Datum	AFS	pH	Lf	TOC	CSB	CSB-filt	KW-Index	N _{geb}	NH4-N	NO3	NO3-N	SO4	Cl	P _{ges}	PO4-P
		[mg/l]	[-]	[µS/cm]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
ARA Hofsteig Zulauf*	29.08.12	300	7,6	1.130	130	590	270	0,7	36	20	1,2	0,27	74	90	6,4	2,5
ARA Hofsteig Zulauf*	17.09.12	250	7,7	1.240	100	480	250	0,8	36	24	<1,0	<0,23	58	110	6,1	3,0
ARA Hofsteig Zulauf*	26.09.12	230	7,6	900	71	430	190	0,8	28	16	<1,0	<0,23	56	68	5,4	1,7
<i>Mittelwert Zulauf</i>		<i>260</i>	<i>7,6</i>	<i>1.090</i>	<i>100</i>	<i>500</i>	<i>237</i>	<i>0,8</i>	<i>33</i>	<i>20</i>			<i>63</i>	<i>89</i>	<i>6,0</i>	<i>2,4</i>
<i>Minimum</i>		<i>230</i>	<i>7,6</i>	<i>900</i>	<i>71</i>	<i>430</i>	<i>190</i>	<i>0,7</i>	<i>28</i>	<i>16</i>	<i><1,0</i>	<i><0,23</i>	<i>56</i>	<i>68</i>	<i>5,4</i>	<i>1,7</i>
<i>Maximum</i>		<i>300</i>	<i>7,7</i>	<i>1.240</i>	<i>130</i>	<i>590</i>	<i>270</i>	<i>0,8</i>	<i>36</i>	<i>24</i>	<i>1,2</i>	<i>0,27</i>	<i>74</i>	<i>110</i>	<i>6,4</i>	<i>3,0</i>
ARA Hofsteig Ablauf*	29.08.12	3,5	7,8	1.020	9,4	33	31	0,2	3,8	0,36	12	2,7	85	98	0,26	0,14
ARA Hofsteig Ablauf*	17.09.12	3,0	7,8	850	7,4	26	26	0,15	7,5	<0,50	31	7,0	59	62	0,28	0,20
ARA Hofsteig Ablauf*	26.09.12	1,5	7,8	960	9,4	30	29	0,1	3,3	1	6,2	1,40	75	85	0,40	0,1
<i>Mittelwert Ablauf</i>		<i>2,7</i>	<i>7,8</i>	<i>943</i>	<i>8,7</i>	<i>30</i>	<i>29</i>	<i>0,1</i>	<i>4,9</i>	<i><0,5</i>	<i>16</i>	<i>< 0,23</i>	<i>73</i>	<i>82</i>	<i>0,31</i>	<i>0,15</i>
<i>Minimum</i>		<i>1,5</i>	<i>7,8</i>	<i>850</i>	<i>7,4</i>	<i>26</i>	<i>26</i>	<i>0,1</i>	<i>3,3</i>	<i>0,4</i>	<i>6,2</i>	<i>1,4</i>	<i>59</i>	<i>62</i>	<i>0,26</i>	<i>0,10</i>
<i>Maximum</i>		<i>3,5</i>	<i>7,8</i>	<i>1.020</i>	<i>9,4</i>	<i>33</i>	<i>31</i>	<i>0,2</i>	<i>7,5</i>	<i>1,0</i>	<i>31,0</i>	<i>7,0</i>	<i>85</i>	<i>98</i>	<i>0,40</i>	<i>0,20</i>

*...für die Spurenstoffanalytik ausgewählte Proben



**MINISTERIUM
FÜR EIN
LEBENSWERTES
ÖSTERREICH**

bmlfuwgv.at

FÜR EIN LEBENSWERTES ÖSTERREICH.

UNSER ZIEL ist ein lebenswertes Österreich in einem starken Europa: mit reiner Luft, sauberem Wasser, einer vielfältigen Natur sowie sicheren, qualitativ hochwertigen und leistbaren Lebensmitteln. Dafür schaffen wir die bestmöglichen Voraussetzungen.

WIR ARBEITEN für sichere Lebensgrundlagen, eine nachhaltige Lebensart und verlässlichen Lebensschutz.



**MINISTERIUM
FÜR EIN
LEBENSWEERTES
ÖSTERREICH**