



Bettina Polgar, BSc

**Stoffeinträge aus Mischwasser- und Niederschlagswasser-  
sereinleitungen in die Oberflächengewässer und deren  
Reduzierungsmöglichkeiten**

**Substance inputs from combined sewer and stormwater  
discharges into surface waters and their mitigation measures**

**MASTERARBEIT**

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieurin

Masterstudium Bauingenieurwissenschaften - Infrastruktur

eingereicht an der

**Technischen Universität Graz**

Betreuer:

Ass.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Günter Gruber

Mitbetreuender Assistent:

Dipl.-Ing. Stefan Reinstaller, BSc

Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau

Graz, April 2020



Kontakt:  
Bettina Polgar  
bettina.polgar@gmx.at

## **EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG**

### ***AFFIDAVIT***

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Das in TUGRAZonline hochgeladene Textdokument ist mit der vorliegenden Masterarbeit identisch.

*I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used anything other than the declared sources/resources, and that I have explicitly indicated all material which has been quoted either literally or contextually from the sources used. The text document uploaded to TUGRAZonline is identical to the present master's thesis.*

27.03.2020

Datum / Date



Unterschrift / Signature





## **Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich mich bei all jenen bedanken, die mich während meines Studiums und bei der Anfertigung dieser Masterarbeit unterstützt und motiviert haben.

Zuerst danke ich meinem Betreuer Ass.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Günter Gruber und meinem mitbetreuenden Assistenten Dipl.-Ing. Stefan Reinstaller, BSc für die hervorragende Betreuung und die fachliche Unterstützung.

Ein besonderer Dank gebührt meinem Lebensgefährten Markus Neunteufel der mich während meines gesamten Studiums unterstützt und all meine Stimmungen ertragen hat.

Ein weiterer Dank geht an meine Eltern, Elisabeth und Gerhard Polgar, und meine Großeltern, Christine und Martin Klement, die mich stets motiviert haben und durch deren Unterstützung mir das Studium ermöglicht wurde.

Weiters geht mein Dank an meine Schwester Katharina Polgar, da sie immer ein offenes Ohr für mich hat.

Abschließend möchte ich mich bei den Eltern meines Lebensgefährten und seiner Tante bedanken, die ebenfalls immer für mich da sind.



## Kurzfassung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Thematik der Stoffeinträge aus Mischwasser- und Niederschlagswassereinleitungen in die Oberflächengewässer und deren Reduzierungsmöglichkeiten. Das Wissen über die Quantität und die Art der Stoffe gewinnt aufgrund modernster chemischer Analyseverfahren immer mehr an Bedeutung, vor allem deswegen, weil viele Stoffe durch menschliche Aktivitäten in die Gewässer gelangen und dort zum Teil potenziell eine Gefahr für die Umwelt darstellen.

Im Detail gliedert sich diese Arbeit in drei Untersuchungsschwerpunkte. Im ersten, theoretischen Teil werden vorwiegend Begrifflichkeiten und die gesetzlichen Rahmenbedingungen erläutert. Wobei hierfür auch ein besonderes Augenmerk auf die verschiedenen Stoffquellen und Eintragspfade gelegt wird. Im zweiten Teil wird mithilfe einer umfangreichen Literaturrecherche eine Zusammenstellung erarbeitet, aus der ersichtlich ist, welche Stoffe bisher bereits in Oberflächengewässern detektiert wurden. Diese Stoffe werden anschließend in Stoffgruppen gegliedert und erklärt. Zusätzlich wird auch auf die Stoffkonzentrationen einiger ausgewählter Studien näher eingegangen. Der dritte Teil der Arbeit beschäftigt sich mit den Reduzierungsmöglichkeiten von Stoffeinträgen. Dabei werden zunächst die verschiedenen Möglichkeiten zur Reduzierung aufgezeigt und im Anschluss daran im Detail erläutert. Darauf folgt die Ermittlung von Kostenansätzen für die unterschiedlichen Reduzierungsmaßnahmen. Mit den daraus erhaltenen Daten konnte zum Abschluss exemplarisch eine Nutzwertanalyse durchgeführt werden.

Auf Basis der im Rahmen dieser Arbeit recherchierten Studien konnte bisher bereits eine Vielzahl von Stoffen in den Oberflächengewässern detektiert und dabei vielfach auch den Eintragspfaden zugeordnet werden.

Darüber hinaus werden in dieser Arbeit eine Vielzahl von Reduzierungsmöglichkeiten mit unterschiedlichsten Eigenschaften aufgezeigt. Bei den Kostenansätzen hat sich gezeigt, dass es dazu erst wenige Studien gibt und hierfür noch Forschungsbedarf besteht.

### Schlüsselwörter:

Stoffeinträge, Oberflächengewässer, Reduzierungsmöglichkeiten, Stoffquellen, Eintragspfade, Kostenansätze, Nutzwertanalyse



## **Abstract**

The present work deals with the topic of micropollutants from combined sewer overflows and stormwater discharges into surface water and their mitigation possibilities. Knowledge of the quantities and types of substances is becoming more and more important due to modern analysis methods, especially because, of the most substances get into the water through human activities and in some cases, they can be a potential risk for the environment.

In detail, this work is divided into three main emphasis. The first, theoretical section, focus on terms and legal boundary conditions. A special attention gets the various sources of material and entry paths. In the second part, with the help of an extensive literature research, a list with already detected substances in surface water is drawn up. After this, the substances were broken down into groups of substances and they were be explained in detail. In addition, the measured substance concentrations of some selected studies are discussed in more detail. The third part of the thesis deals with the possibility of reducing substance inputs. In the first step of this part, various options for reduction were explained. This is followed up by the determination of cost estimations. With the data obtained from this, a cost-utility analysis was carried out as an example.

Based on the extensive literature research, many different substances could be determined in the surface water and often also assigned to the entry paths.

Apart from this, a variety of reduction measures with different properties are shown in this thesis. The cost estimation has shown that there are only a few studies on this available so far and that there is still a need for research.

### Key words:

micropollutants, surface water, reduction possibilities, various sources of material, entry paths, cost estimation, cost-utility analysis



---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1	Motivation.....	2
1.2	Zielsetzung.....	2
<b>2</b>	<b>Theoretische Grundlagen</b> .....	<b>5</b>
2.1	Spurenstoffe in Oberflächengewässer – Begriffsbestimmung.....	5
2.2	Spurenstoffe – Quellen .....	6
2.2.1	Stoffgruppenspezifische Einträge .....	9
2.3	Spurenstoffe – Eintragspfade.....	14
2.3.1	Atmosphäre (direkt) – Deposition .....	18
2.3.2	Atmosphäre (indirekt) – Oberflächenabfluss .....	18
2.3.3	Mischwasserentlastung .....	18
2.3.4	Niederschlagswassereinleitung aus Trennkanalisationen .....	18
2.3.5	Straßenabwasser außerhalb des urbanen Gebietes .....	19
2.3.6	Abläufe der ARA (industrielle und kommunale Direkteinleiter) .....	19
2.4	Auswirkung von Spurenstoffen .....	19
2.5	Rechtliche Grundlagen für Oberflächengewässer.....	22
2.5.1	Richtlinien und Verordnungen der Europäischen Union .....	22
2.5.2	Gesetze und Verordnungen in Österreich .....	25
2.5.3	Gesetze und Verordnungen in Deutschland.....	28
2.5.4	Gesetze und Verordnungen in der Schweiz .....	29
2.6	Probenahme von Gewässern.....	30
<b>3</b>	<b>Stoffeinträge in die Oberflächengewässer</b> .....	<b>33</b>
3.1	Methodik .....	33
3.2	Stoffgruppen .....	37
3.2.1	Metalle.....	37
3.2.2	Industriechemikalien.....	40
3.2.3	Phthalate .....	42
3.2.4	Polybromierte Diphenylether (PBDE).....	42
3.2.5	Organozinnverbindungen .....	43
3.2.6	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK).....	44

## Inhaltsverzeichnis

---

3.2.7	Perfluorierte Tenside.....	47
3.2.8	Hormone .....	47
3.2.9	Arzneimittel .....	48
3.2.10	Kontrastmittel.....	49
3.2.11	Pestizide .....	50
3.2.12	Organophosphate .....	52
3.2.13	Polychlorierte Biphenyle (PCB).....	52
3.2.14	Künstliche Süßstoffe .....	53
3.2.15	Kosmetikprodukte .....	54
3.2.16	Sonstige Spurenstoffe.....	54
3.3	Stoffkonzentrationen.....	56
3.4	Ergebnisse .....	63
<b>4</b>	<b>Reduzierungsmöglichkeiten von Stoffeinträgen .....</b>	<b>67</b>
4.1	Niederschlags- und Mischwasserbehandlung .....	67
4.1.1	Entsiegelung .....	69
4.1.2	Versickerungsanlagen .....	70
4.1.3	Zentrale Niederschlagswasserbehandlung und -rückhaltung .....	81
4.2	Lebenszykluskosten .....	103
4.3	Kostenansätze.....	106
4.4	Nutzwertanalyse .....	108
4.5	Ergebnisse .....	113
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>115</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>119</b>
	<b>Anhang .....</b>	<b>i</b>
	<b>Anhang A – Prioritäre Stoffe und UQN der WRRL 2008 .....</b>	<b>ii</b>
	<b>Anhang B – Prioritäre Stoffe und UQN der WRRL 2013 .....</b>	<b>viii</b>
	<b>Anhang C – Beobachtungsliste 2018 der WRRL .....</b>	<b>xvi</b>
	<b>Anhang D – Umweltqualitätsnormen QVZ Chemie OG .....</b>	<b>xvii</b>
	<b>Anhang E – Umweltqualitätsnormen OGewV.....</b>	<b>xxv</b>
	<b>Anhang F – Gewässeranforderungen GSchV .....</b>	<b>xxxvi</b>



---

**Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge .....xl**



## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Bildhafte Darstellung der Nahrungskette (Eisenträger, 2015, mod.).....	6
Abbildung 2-2: Schematische Darstellung von diffusen und punktuellen Einträgen in die Gewässer (Ahting et al., 2018, mod.).....	8
Abbildung 2-3: Schematische Darstellung der punktuellen Einträge von Humanarzneimittel in die Gewässer (Ahting et al., 2018, mod.).....	9
Abbildung 2-4: Schematische Darstellung der punktuellen und diffusen Einträge von Tierarzneimittel in die Gewässer (Ahting et al., 2018, mod.).....	10
Abbildung 2-5: Schematische Darstellung der punktuellen und diffusen Einträge von Pflanzenschutzmittel in die Gewässer (Ahting et al., 2018, mod.).....	11
Abbildung 2-6: Schematische Darstellung der punktuellen und diffusen Einträge von Bioziden in die Gewässer (Ahting et al., 2018).....	12
Abbildung 2-7: Schematische Darstellung der punktuellen und diffusen Einträge von Chemikalien im Regelungsbereich von REACH in die Gewässer (Ahting et al., 2018) .....	13
Abbildung 2-8: Schematische Darstellung der Einträge von Wasch- und Reinigungsmitteln in die Gewässer (Ahting et al., 2018, mod.).....	14
Abbildung 2-9: Einleitungen von Spurenstoffen in die Oberflächengewässer (Abegglen & Siegrist, 2012) .....	15
Abbildung 2-10: Mögliche Fehlerquellen und deren Auswirkungen bei der Probenahme und bei der Analytik (BMLFUW, 2015) .....	31
Abbildung 3-1: Häufigkeit der detektierten Metalle in den recherchierten Studien, welche über die beiden untersuchten Eintragspfade in die Oberflächengewässer gelangen können.....	39
Abbildung 3-2: Häufigkeit der detektierten Industriechemikalien, welche über die beiden untersuchten Eintragspfade in die Oberflächengewässer gelangen können.....	41
Abbildung 3-3: Häufigkeit der detektierten Phthalate, welche über die untersuchten beiden Eintragspfade in die Oberflächengewässer gelangen können.....	42
Abbildung 3-4: Häufigkeit der detektierten PBDE, welche über die untersuchten beiden Eintragspfade in die Oberflächengewässer gelangen können.....	43

Abbildung 3-5: Häufigkeit der detektierten Organozinnverbindungen, welche über die beiden untersuchten Eintragspfade in die Oberflächengewässer gelangen können. ....	44
Abbildung 3-6: Häufigkeit der detektierten PAK, welche über die beiden untersuchten Eintragspfade in die Oberflächengewässer gelangen können.....	46
Abbildung 3-7: Häufigkeit der detektierten Perfluorierte Tenside, welche über die beiden untersuchten Eintragspfade in die Oberflächengewässer gelangen können. ....	47
Abbildung 3-8: Häufigkeit der detektierten Hormone, welche über die beiden untersuchten Eintragspfade in die Oberflächengewässer gelangen können. ....	48
Abbildung 3-9: Häufigkeit der detektierten Arzneimittel, welche über die beiden untersuchten Eintragspfade in die Oberflächengewässer gelangen können. ....	49
Abbildung 3-10: Häufigkeit der detektierten Kontrastmittel, welche über die beiden untersuchten Eintragspfade in die Oberflächengewässer gelangen können. ....	50
Abbildung 3-11: Häufigkeit der detektierten Pestizide, welche über die beiden untersuchten Eintragspfade in die Oberflächengewässer gelangen können. ....	51
Abbildung 3-12: Häufigkeit der detektierten Organophosphate, welche über die beiden untersuchten Eintragspfade in die Oberflächengewässer gelangen können. ....	52
Abbildung 3-13: Häufigkeit der detektierten PCB, welche über die untersuchten beiden Eintragspfade in die Oberflächengewässer gelangen können. ....	53
Abbildung 3-14: Häufigkeit der detektierten künstlichen Süßstoffe, welche über die untersuchten beiden Eintragspfade in die Oberflächengewässer gelangen können. ....	53
Abbildung 3-15: Häufigkeit der detektierten Stoffe aus Kosmetikprodukte, welche über die beiden untersuchten Eintragspfade in die Oberflächengewässer gelangen können. ....	54
Abbildung 3-16: Häufigkeit der detektierten Stoffe, die keiner Stoffgruppe zugeordnet werden konnten und über die untersuchten beiden Eintragspfade in die Oberflächengewässer gelangen können.....	55
Abbildung 4-1: a) Rasengittersteine, b) Pflastersteine (Matzinger et al., 2017).....	69
Abbildung 4-2: Gegenüberstellung von Versickerungsanlagen bezogen auf die Flächenverfügbarkeit und der Versickerungsfähigkeit des Untergrundes (DWA, 2005, mod.).....	71

---

Abbildung 4-3: Beispiel für eine Flächenversickerung (Matzinger et al., 2017).....	72
Abbildung 4-4: a) Beispiel einer Muldenversickerung (Matzinger et al., 2017), b) Aufbau einer Muldenversickerung (DWA, 2005).....	74
Abbildung 4-5: a) Bau einer Rigole aus Kunststoffblöcken (Matzinger et al., 2017), b) Aufbau eines Rohr-Rigolenelements (DWA, 2005).....	75
Abbildung 4-6: Sohle eines Versickerungsschachts (Matzinger et al., 2017).....	76
Abbildung 4-7: a) Versickerungsschacht Typ A, b) Versickerungsschacht Typ B (DWA, 2005).....	77
Abbildung 4-8: a) Beispiel eines Mulden-Rigolen-Systems (Matzinger et al., 2017), b) Schematische Darstellung eines Mulden-Rigolen-Systems (Jakobs, 2019).....	78
Abbildung 4-9: a) Querschnitt eines Mulden-Rigolen-Elements, b) Aufbau eines Mulden-Rigolen-Systems (DWA, 2005).....	79
Abbildung 4-10: Beispiel eines Mulden-Rigolen-Tiefbeets (Matzinger et al., 2017).....	80
Abbildung 4-11: a) Bildhafte Darstellung einer Baum-Rigole, b) Beispiel einer Baum-Rigole in der Praxis (Pallasch, 2020).....	81
Abbildung 4-12: Beispiele und Erklärung der Begriffe Hauptschluss, Nebenschluss und unechter Nebenschluss (DWA, 2013, mod.).....	83
Abbildung 4-13: Beispiel eines Regenüberlaufbeckens (Matzinger et al., 2017).....	86
Abbildung 4-14: Schematische Darstellung der verschiedenen Bauformen bei Fangbecken, Durchlaufbecken und Verbundbecken im Haupt und Neben-schluss (DWA, 2013, mod.).....	88
Abbildung 4-15: Schematische Darstellung eines Stauraumkanals im Hauptschluss a) mit oben liegender Entlastung, b) mit unten liegender Entlastung, c) mit zwischenliegender Entlastung und d) als Kaskade (DWA, 2013, mod.).....	91
Abbildung 4-16: Retentionsbodenfilteranlage bei der ARA in Konzen (Grotehusmann et al., 2015).....	92
Abbildung 4-17: Schematische Darstellung einer Retentionsbodenfilteranlage a) im Mischsystem und b) im Trennsystem (DWA, 2019).....	94
Abbildung 4-18: Schematische Darstellung eines Retentionsbodenfilterbeckens im Querschnitt (DWA, 2019).....	95

Abbildung 4-19: Beispiel eines Regenrückhaltebeckens in offener Bauweise (Matzinger et al., 2017).....	98
Abbildung 4-20: a) Schematische Darstellung eines im Hauptschluss angeordneten Regenrückhaltekanals im Kanalnetz, b) Schematische Darstellung eines im Hauptschluss angeordneten Regenrückhaltekanals vor der Gewässereinleitung (DWA, 2013, mod.).....	98
Abbildung 4-21: a) Schematische Darstellung eines im Hauptschluss angeordneten Regenrückhaltegrabens im Kanalnetz, b) Schematische Darstellung eines im Hauptschluss angeordneten Regenrückhaltegrabens vor der Gewässereinleitung (DWA, 2013, mod.).....	99
Abbildung 4-22: Schematische Darstellung eines im Kanalnetz angeordneten Regenrückhaltebeckens mit der Anordnung a) im Hauptschluss und b) im Nebenschluss (DWA, 2013, mod.).....	100
Abbildung 4-23: Regenklärbecken Schwefelberg in Pulheim (Scheel, 2020).....	101
Abbildung 4-24: a) Schematische Darstellung eines Regenklärbeckens, ausgebildet als Durchlaufbecken ohne Dauerstau, b) Schematische Darstellung eines Regenklärbeckens, ausgebildet als Durchlaufbecken mit Dauerstau und eines Systemschnitts der Sedimentationskammer (DWA, 2013, mod.).....	102
Abbildung 4-25: Ablaufschema einer Kostenvergleichsrechnung (DWA, 2012, mod.).....	103
Abbildung 4-26: Schematische Darstellung von zeitlich anfallenden Kosten einer Anlage (DWA, 2012).....	105

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1:	Quellen mit den zugehörigen Eintragspfaden und den wichtigsten Spurenstoffen bzw. Stoffgruppen (Wittmer et al., 2014; Braun et al., 2015, mod.) .....	15
Tabelle 2-2:	Für den Reinigungseffekt zu messende Substanzen aus der Verordnung des UVEK (Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK), 2016) .....	30
Tabelle 2-3:	Potenzielle Fehler in Bezug auf die Probeentnahme (BMLFUW, 2015) .....	32
Tabelle 3-1:	Die wesentlichen Stoffgruppen in den recherchierten Studien .....	34
Tabelle 3-2:	Untersuchte und detektierte Stoffgruppen in den drei zusammengefassten geografischen Gebieten .....	36
Tabelle 3-3:	Vergleich der Stoffkonzentrationen in den beiden österreichischen Studien Clara et al. (2014) und Clara et al. (2019) mit den zulässigen JD-UQNs der WRRL.....	57
Tabelle 3-4:	Vergleich der Stoffkonzentrationen in den beiden deutschen Studien Matzinger et al. (2015) und Launay (2017) mit den zulässigen JD-UQNs der WRRL. ....	58
Tabelle 3-5:	Vergleich der Stoffkonzentrationen in den beiden französischen Studien Barraud et al. (2014) und Moilleron et al. (2012) mit den jeweiligen JD-UQNs der WRRL.....	60
Tabelle 3-6:	Vergleich der Stoffkonzentrationen in den beiden dänischen Studien Birch et al. (2011) und Bester et al. (2014b) mit den zulässigen JD-UQNs der WRRL .....	61
Tabelle 4-1:	Strukturierte Zusammenfassung und Darstellung der Regenbecken je nach Entwässerungssystem, Funktion und Art (DWA, 2013).....	82
Tabelle 4-2:	Erzielbare Konzentrationen des Dränablaufes von Retentionsbodenfilteranlagen (Grotehusmann et al., 2015).....	96
Tabelle 4-3:	Kostenansätze der Reduzierungsmöglichkeiten.....	107
Tabelle 4-4:	Instandhaltungsmaßnahmen und recherchierte Kostenansätze pro Durchführung dazu (Leimbach et al., 2018, mod.) .....	108
Tabelle 4-5:	Gewichtung der Entscheidungskriterien .....	110
Tabelle 4-6:	Bewertungsskalen für die definierten Kriterien .....	111
Tabelle 4-7:	Ergebnis der Nutzwertanalyse.....	112
Tabelle 5-1:	Liste prioritärer Stoffe im Bereich der Wasserpolitik (Europäische Gemeinschaft, 2008, mod.).....	ii

## Tabellenverzeichnis

---

Tabelle 5-2:	Umweltqualitätsnormen für prioritäre Stoffe und bestimmte andere Schadstoffe (Europäische Gemeinschaft, 2008, mod.) .....	iv
Tabelle 5-3:	Liste prioritärer Stoffe im Bereich der Wasserpolitik (Europäische Gemeinschaft, 2013, mod.).....	viii
Tabelle 5-4:	Umweltqualitätsnormen für prioritäre Stoffe und bestimmte andere Schadstoffe (Europäische Gemeinschaft, 2013, mod.) .....	xi
Tabelle 5-5:	Beobachtungsliste des Durchführungsbeschlusses 2018 des Europäischen Parlaments und des Rates (Europäische Union, 2018, mod.) .....	xvi
Tabelle 5-6:	Umweltqualitätsnormen für synthetische Schadstoffe zur Beschreibung des guten chemischen Zustands für unionsrechtlich geregelte Schadstoffe (Bundesrepublik Österreich, 2019f, mod.) .....	xvii
Tabelle 5-7:	Umweltqualitätsnormen für nicht synthetische Schadstoffe zur Beschreibung des guten chemischen Zustands für unionsrechtlich geregelte Schadstoffe (Bundesrepublik Österreich, 2019f, mod.) .....	xxi
Tabelle 5-8:	Umweltqualitätsnormen für synthetische Schadstoffe zur Beschreibung chemischer Komponenten des guten ökologischen Zustands (Bundesrepublik Österreich, 2019f, mod.).....	xxii
Tabelle 5-9:	Umweltqualitätsnormen für nicht synthetische Schadstoffe zur Beschreibung chemischer Komponenten des guten ökologischen Zustands (Bundesrepublik Österreich, 2019f, mod.).....	xxiv
Tabelle 5-10:	Umweltqualitätsnormen um den ökologischen Zustand und das ökologische Potenzial beurteilen zu können (Bundesrepublik Deutschland, 2016, mod.).....	xxv
Tabelle 5-11:	Umweltqualitätsnormen, um den chemischen Zustand beurteilen zu können (Bundesrepublik Deutschland, 2016, mod.) .....	xxix
Tabelle 5-12:	Stoffliste und ihre Grenzwerte zur Einhaltung der Gewässeranforderungen laut Gewässerschutzverordnung (GSchV) (Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK), 2018, mod.) .....	xxxvi
Tabelle 5-13:	Liste aller untersuchten Stoffeinträge in Oberflächengewässern aus der Literaturrecherche .....	xl
Tabelle 5-14:	Vergleich der untersuchten Stoffe mit den Gesetzen bzw. Verordnungen WRRL, QVZ Chemie OG, OGewV, GSchV in Bezug auf prioritäre bzw. prioritär gefährliche Stoffe, die	



---

	Umweltqualitätsnormen (UQN) und die Gewässeranforderungen in der Schweiz.....	lvii
Tabelle 5-15:	Detektierte Stoffe auf Basis der Literaturrecherche, welche über die Eintragspfade Mischwasserentlastungen und Niederschlagswassereinleitungen in die Oberflächengewässer gelangen.....	lxxv
Tabelle 5-16:	Stoffkonzentrationen aus der Studie Clara et al. (2014).....	lxxxvi
Tabelle 5-17:	Stoffkonzentrationen aus den Studien Clara et al. (2019) und Matzinger et al. (2015).....	xc
Tabelle 5-18:	Stoffkonzentrationen aus den Studien Launay (2017) und Regnery & Püttmann (2010).....	xcv
Tabelle 5-19:	Stoffkonzentrationen aus der Studie Birch et al. (2011) .....	xcix
Tabelle 5-20:	Stoffkonzentrationen aus der Studie Bester et al. (2014b) .....	cii
Tabelle 5-21:	Stoffkonzentrationen aus der Studie Barraud et al. (2014).....	ciii
Tabelle 5-22:	Stoffkonzentrationen aus den Studien Moilleron et al. (2012) und Brombach & Fuchs (2002) .....	cv
Tabelle 5-23:	Stoffkonzentrationen aus den Studien Phillips & Chalmers (2009) und Clary et al. (2018).....	cviii



## Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
AAEV	Allgemeine Abwasseremissionsverordnung
AbwV	Abwasserverordnung
ARA	Abwasserreinigungsanlage
D-A-CH	Deutschland, Österreich und Schweiz
EmRegV-OW	Emissionsregisterverordnung Oberflächenwasserkörper
EU	Europäische Union
GrwV	Grundwasserverordnung
GSchG	Gewässerschutzgesetz
GSchV	Gewässerschutzverordnung
GW	Grundwasser
GZÜV	Gewässerzustandsüberwachungsverordnung
HAM	Humanarzneimittel
IEV	Indirekteinleiterverordnung
JD-UQN	Jahresdurchschnittswert Umweltqualitätsnorm
k. A.	Keine Angabe
MVW	Methodenverordnung Wasser
ND	Nutzungsdauer
OG	Oberflächengewässer
OGewV	Oberflächengewässerverordnung
PAK	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe
PBDE	Polybromierte Diphenylether
PBT	persistent, bioakkumulierend und toxisch
PCB	Polychlorierte Biphenyle
PSM	Pflanzenschutzmittel
QZV	Qualitätszielverordnungen
RQ	Risikoquotient
TAM	Tierarzneimittel
vPvB	sehr persistent und sehr bioakkumulierend
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WRG	Wasserrechtsgesetz
WRM	Wasch- und Reinigungsmittel



# 1 Einleitung

In unserer modernen Industriegesellschaft sind hochwirksame Arzneimittel oder chemische Verbindungen, welche industriell hergestellt werden, ein Kennzeichen für einen hohen Lebensstandard. Aufgrund der steigenden Lebenserwartung, der zunehmenden Industrialisierung der Landwirtschaft und der Weiterentwicklung in der medizinischen Versorgung sind diverse chemische Stoffe aus unserer heutigen Gesellschaft nicht mehr wegzudenken. (Nafo et al., 2010; DWA, 2015)

Bereits in den 1970er Jahren hat man sich bei der Abwasserbehandlung darauf konzentriert, die organischen Verschmutzungen und Metalle aus dem Abwasser zu beseitigen. Durch die Weiterentwicklung von Analysemethoden wurde in den 1980er Jahren erkennbar, dass durch steigende Produktionsmengen von Chemikalien gewisse Stoffe durch die Abwasserreinigungsanlage (ARA) nicht zur Gänze eliminiert werden können und sich in der Umwelt ausbreiten. Aufgrund dieser Erkenntnisse hat man sich in den 1990er Jahren auf die weitgehende Entfernung von Stickstoff und Phosphor in den Kläranlagenabläufen konzentriert und seit jüngster Zeit rückt die Untersuchung von Spurenstoffen und die Entwicklung von Rückhaltemaßnahmen immer mehr in den Fokus. (Gawel et al., 2015)

Die zunehmenden Erkenntnisse über die Verunreinigung von Oberflächengewässern durch Schmutz- und Spurenstoffe stellt die Siedlungswasserwirtschaft vor große Herausforderungen. Zu diesen Stoffen zählen unter anderem Schwermetalle, Biozide, Arzneimittel, Industriechemikalien, Haushaltschemikalien oder Pflanzenschutzmittel, die durch Haushalte, Landwirtschaft, Verkehr oder Industrie verursacht werden. Gefährlich sind vor allem jene Stoffe, die ein ubiquitäres, persistentes, bioakkumulierendes und toxisches Verhalten aufweisen, da sie ein besonders hohes Risiko für die aquatische Umwelt darstellen. (Clara et al., 2014)

Die Thematik beschäftigt Fachleute schon seit geraumer Zeit und wird durch diverse Medienberichte, wie Pestizide im Grundwasser, Krankenhauskeime in Badeseen oder Drogenrückstände im Abwasser, auch immer mehr in den Fokus der Öffentlichkeit gerückt. Mittlerweile beschäftigen sich auf nationaler und internationaler Ebene nicht nur Wissenschaftler\*innen, sondern auch Verwaltung und Gesetzgebung, NGOs, Trinkwasserversorger und Abwasserentsorger mit dieser Materie. Durch das immer breiter werdende Wissen über die Herkunft, Wirkung und das Vorkommen von Spurenstoffen wird diese Thematik zunehmend komplexer, wobei selbst Fachleute nur schwer den Überblick behalten können. Diese Erkenntnis unterstreicht die Notwendigkeit, dass unterschiedliche Fachbereiche, beispielsweise Wasserschutz und Chemikaliensicherheit, eng miteinander zusammenarbeiten müssen. (Kreuzinger & Kroiß, 2013)

Auf europäischer Ebene stellt die EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) ein erstes Regularium dar, mit dem Ziel, den Zustand der aquatischen Umwelt zu verbessern, oder wenigstens nicht zu verschlechtern. Diese Richtlinie muss von allen

Mitgliedsstaaten umgesetzt werden. Das bedeutet, sie stehen alle vor der Aufgabe, zu hohe Konzentrationen von Schmutz- und Spurenstoffen in den Oberflächengewässern zu erkennen und Maßnahmen zu setzen, um diese zu reduzieren. (Europäische Gemeinschaft, 2000)

Um gezielt Maßnahmen setzen zu können, ist es wichtig, die Quellen und auch die Eintragspfade der Spurenstoffe in die Oberflächengewässer zu kennen oder, falls noch nicht bekannt, zu eruieren (Götz et al., 2011).

Während auf den kommunalen ARAs schon seit längerer Zeit das Verhalten von Spurenstoffen bekannt ist, gibt es diesbezüglich bei den anderen Eintragspfaden, wie zum Beispiel Niederschlagswassereinleitungen und Mischwasserentlastungen in Oberflächengewässer, noch sehr wenige Erkenntnisse, da die Datenerfassung während Niederschlagsereignissen aufgrund des komplexen Verhaltens eines Niederschlagsereignisses sehr schwierig ist (Clara et al., 2014).

### **1.1 Motivation**

Durch die Veränderung des Klimas ist zu erkennen, dass sich mancherorts auch das Niederschlagsregime verändert und z. B. häufiger Starkregenereignisse auftreten (Rademacher, 2016).

Werden dabei die hydraulischen Aufnahmekapazitäten von kommunalen ARAs überschritten, gelangt in Mischsystemen das an den Entlastungsbauwerken abgeschlagene Mischwasser unbehandelt in die Oberflächengewässer (Clara et al., 2014).

Es ist zu beachten, dass die Forschung und Entwicklung von Chemieprodukten und Arzneimitteln in vielen Bereichen nach wie vor zunimmt. Durch neu entwickelte Stoffe, die über diverse Eintragspfade in die Oberflächengewässer gelangen können, besteht in Zukunft ein ständiger Untersuchungsbedarf der aquatischen Umwelt, um auch die neuesten Stoffeinträge mit modernster Mess- und Analysemethodik bestimmen und analysieren zu können.

In Zukunft wird es zu diesem Thema noch zu vielen Herausforderungen kommen. Vor allem die Detektion jener Stoffe, die über die Eintragspfade Niederschlagswassereinleitungen und Mischwasserentlastungen in die Oberflächengewässer gelangen, stellt eine große Herausforderung dar. Aufgrund der komplexen Datenerfassung sind erst wenige Studien vorhanden, allerdings wird die Wichtigkeit dieser beiden Eintragspfade in diversen Veröffentlichungen bereits bestätigt.

### **1.2 Zielsetzung**

Ziel dieser Arbeit ist es, durch eine umfangreiche Literaturrecherche diverse Veröffentlichungen zu vergleichen und herauszufinden, welche Spurenstoffe bereits in den Eintragspfaden Niederschlagswassereinleitungen und Mischwasserentlastungen detektiert und zugeordnet werden konnten. Hierbei soll geografisch vor

allem der D-A-CH Raum (Deutschland, Österreich und Schweiz) und in diesem vor allem die urbanen Gebiete betrachtet werden. Anschließend sollen Reduktionsmöglichkeiten für diese Eintragspfade aufgezeigt und deren Kostenansätze mittels Literaturrecherche eruiert werden. Den Abschluss dieser Masterarbeit stellt für eine bessere Vergleichsmöglichkeit der unterschiedlichen Maßnahmen eine Nutzwertanalyse über die Reduzierungsmöglichkeiten dar.

Das Ergebnis soll als Entscheidungsgrundlage zur zukünftigen Schwerpunktsetzung der Reinhaltung und dem Schutz der Oberflächengewässer dienen.





## 2 Theoretische Grundlagen

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit dem Begriff Spurenstoffe. Es wird dabei auf die Definition und weitere wichtige Begriffe eingegangen. Um zu verstehen, wo Spurenstoffe herkommen und wie sie in die Oberflächengewässer gelangen, werden die Quellen und Eintragspfade nachfolgend ausführlich beschrieben. Ein weiterer wesentlicher Punkt in diesem Kapitel sind die Auswirkungen und Gefahren, die von Spurenstoffen ausgehen. Anschließend wird auf die gesetzlichen Regelungen im D-A-CH - Raum eingegangen und der Abschluss dieses Kapitels setzt sich mit der Probenahme von Spurenstoffen auseinander.

### 2.1 Spurenstoffe in Oberflächengewässer – Begriffsbestimmung

Bei **Spurenstoffen** oder Mikroverunreinigungen handelt es sich um Stoffe, die in sehr geringen Konzentrationen, Mikrogramm pro Liter ( $\mu\text{g/L}$ ) bis Nanogramm pro Liter ( $\text{ng/L}$ ) in der aquatischen Umwelt gefunden werden. Dabei bezieht sich der Ausdruck sowohl auf synthetische Chemikalien wie zum Beispiel Arzneimittel oder Pflanzenschutzmittel als auch auf natürlich vorkommende anorganische und organische Stoffe wie Hormone oder Schwermetalle. (Nafo et al., 2010; Braun et al., 2015)

Bei dem weiterführenden Begriff **anthropogene Spurenstoffe** handelt es sich um jene Stoffe, die direkt oder indirekt vom Menschen verursacht werden (Kreuzinger & Fürhacker, 2013).

Spurenstoffe können über unterschiedlichste Wege in die **aquatische Umwelt** gelangen. Wobei unter dem Begriff aquatische Umwelt der Lebensraum in Oberflächengewässern und deren Lebewesen verstanden wird. Dazu zählen unter anderem Pflanzen, Fische, Schnecken, Amphibien und Muscheln. Auch das Grundwasser und das vom Menschen als Trinkwasser genutzte Wasser zählen zum Begriff aquatische Umwelt. (Kreuzinger & Fürhacker, 2013)

Für die aquatische Umwelt sind vor allem jene Stoffe relevant, die ein Risiko für die Oberflächengewässer und deren Lebewesen darstellen. Dabei handelt es sich um Stoffe, die ein **persistentes, bioakkumulierendes und toxisches Verhalten** (PBT Stoffe) aufweisen. Darunter fallen Chemikalien, die eine lange Aufenthaltsdauer in der Umwelt haben, da sie nur schwer abbaubar sind (= persistent), sich in Organismen und dadurch in Nahrungsketten anreichern können (= bioakkumulierend) und giftig (= toxisch) sind. (Eisenträger, 2015)

Nimmt beispielsweise ein Fisch Mikroorganismen mit PBT Stoffen auf, können sich diese über die Nahrungskette in anderen Tieren verbreiten. In Abbildung 2-1 wird eine solche Nahrungskette veranschaulicht. Darüber hinaus besteht auch die Möglichkeit bzw. Gefahr, dass der Mensch diese Stoffe über die Zufuhr von Fischen aus Wildfang aufnimmt.

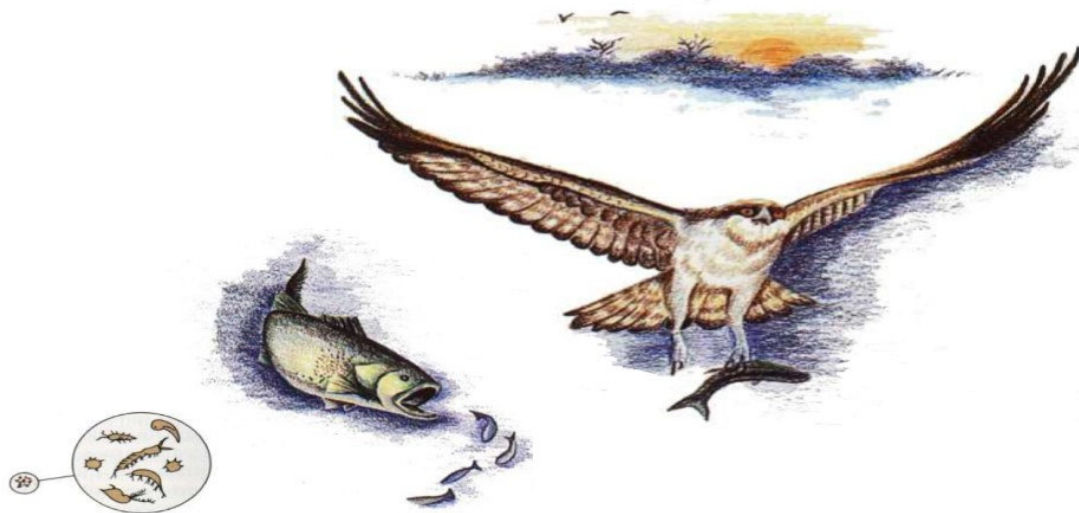


Abbildung 2-1: Bildhafte Darstellung der Nahrungskette (Eisenträger, 2015, mod.)

## 2.2 Spurenstoffe – Quellen

Spurenstoffe stammen aus einer großen Anzahl von Quellen, die durch die Aktivitäten in Siedlungsgebieten, der Industrie und des Gewerbes oder der Landwirtschaft entstehen und anschließend über diverse Eintragspfade in die Gewässer gelangen können (Abegglen & Siegrist, 2012).

Um die Spurenstoffe in den Gewässern quantifizieren und weitestgehend den Eintragspfaden zuordnen zu können, ist es wichtig, mögliche Quellen zu kennen. Es wird hierbei zwischen diffusen Quellen und Punktquellen unterschieden (Götz et al., 2011).

### Punktquellen

Bei Punktquellen kann der Stoffeintrag örtlich genau bestimmt werden. Darunter fallen Mischwasserentlastungen, der Abfluss von befestigten Flächen (Niederschlagswasserkanäle in Trennsystemen), Einleitungen durch die kommunale ARA, Einleitungen von der Industrie bzw. dem Gewerbe sowie die aus Deponien entstehenden Sickerwässer. (Götz et al., 2011)

Der durch Punktquellen verursachte Stoffeintrag wird in weiterer Folge auch als punktueller Eintrag bezeichnet.

### Diffuse Quellen

Bei diffusen Quellen kann der Stoffeintrag örtlich nicht genau eruiert werden, da er großflächig und über weite Strecken verteilt in die Oberflächengewässer eingeleitet wird. Zu diesen Quellen zählen die Landwirtschaft, der Transport über die Atmosphäre (Deposition), Gleis- und Straßenentwässerungen, Altlasten, Nutzung der Oberflächengewässer (Boote, Badende) sowie Rücklösungen aus Sedimenten, Gletschern oder Böden. Je nach Definition, kann auch der Abfluss von befestigten Flächen zu diesen Quellen gezählt werden. (Götz et al., 2011; Wittmer et al., 2014)

Im Regelfall sind die Stoffeinträge aus diffusen Quellen sehr dynamisch und teilweise auch stark saisonabhängig, wodurch die Probenahme und die Erfassung von diesen Einträgen schwieriger ist als bei punktuellen Einträgen (Abegglen et al., 2017).

Der durch diffuse Quellen verursachte Stoffeintrag wird in weiterer Folge auch als diffuser Eintrag bezeichnet.

Abbildung 2-2 zeigt eine schematische Übersicht über die Quellen und die unterschiedlichen Eintragspfade in die Gewässer. Dabei ist zu erkennen, dass durch den Menschen eine Vielzahl an Stoffen in die Umwelt gelangt. Dazu zählen beispielsweise Chemikalien, Pflanzenschutzmittel, Pestizide oder Arzneimittel. Durch die Freisetzung dieser Stoffe besteht die Gefahr, dass sie beispielsweise über Oberflächenabfluss, Drainage, Spraydrift, Deposition, Versickerung oder Uferfiltration in die Gewässer eingeleitet werden.

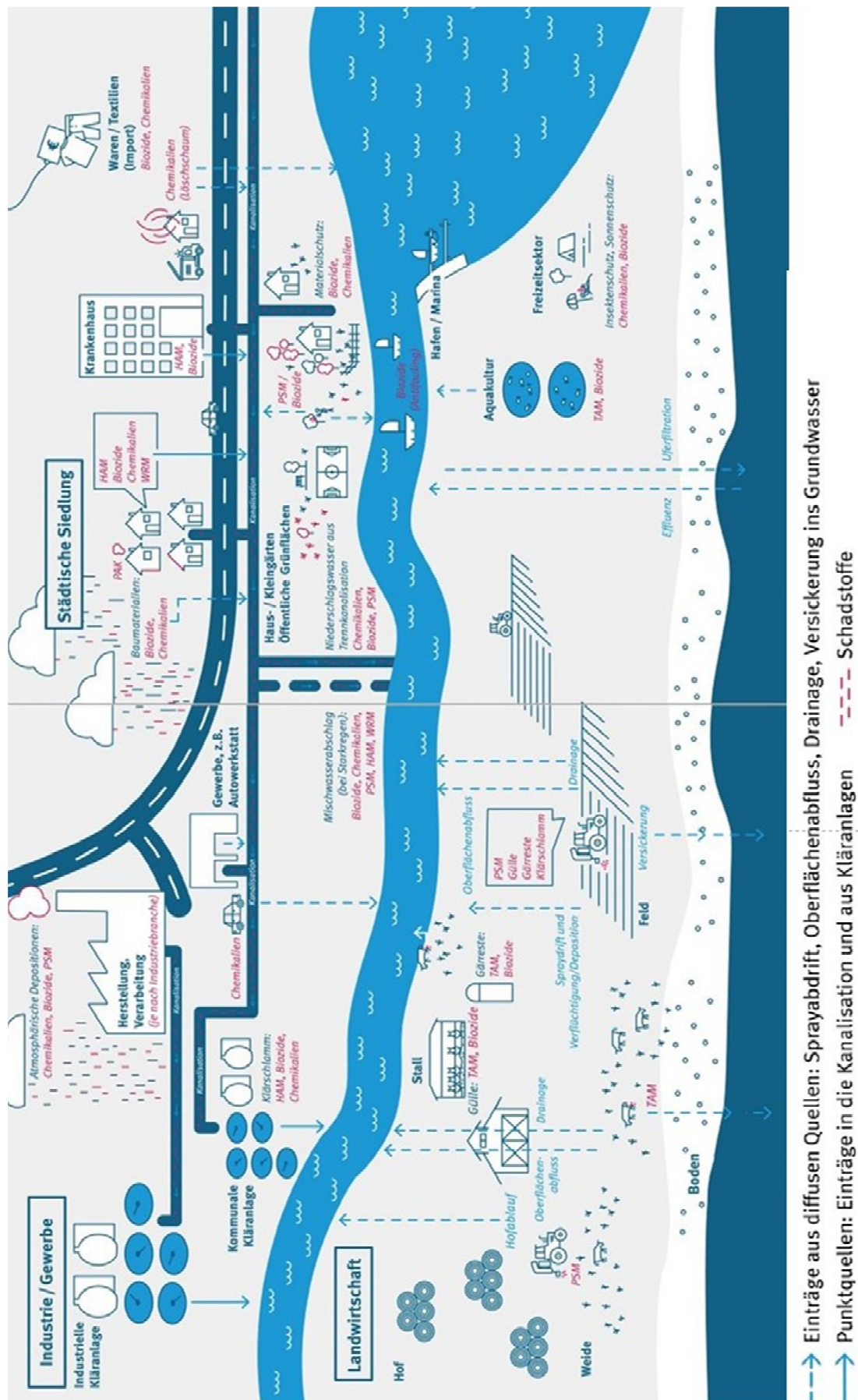


Abbildung 2-2: Schematische Darstellung von diffusen und punktuellen Einträgen in die Gewässer (Ahting et al., 2018, mod.)

## 2.2.1 Stoffgruppenspezifische Einträge

Nachstehend werden die Einträge von Humanarzneimittel, Tierarzneimittel, Pflanzenschutzmittel, Biozide, Chemikalien und Wasch- und Reinigungsmittel näher erläutert. Dabei werden sowohl die diffusen als auch die punktuellen Einträge betrachtet.

### 2.2.1.1 Humanarzneimittel

Pharmazeutische Rückstände können über viele Wege in die Gewässer gelangen. Betrachtet man den gesamten Lebenszyklus eines pharmazeutischen Stoffes, so entsteht bereits bei der Entwicklung und Produktion verschmutztes Wasser. Dieses Abwasser wird im Normalfall am Entstehungsort, bevor es in die Kanalisation gelangt, vorbehandelt. Anschließend gelangen die Arzneimittel zu den Verbrauchern in Privathaushalte oder Gesundheitseinrichtungen, wo sie vom Konsumenten zum Teil wieder ausgeschieden und in die Kanalisation eingeleitet werden (Abbildung 2-3). Da viele pharmazeutische Rückstände in der ARA weder abgebaut noch entfernt werden können, gelangen diese nach Passieren der ARA in die Oberflächengewässer. (Nafo et al., 2010)

Weiters können Arzneimittel durch Mischwasserüberläufe in die Gewässer gelangen, wobei dieser Eintragspfad in der Abbildung 2-3 nicht dargestellt wird. Hier sind ausschließlich jene punktuellen Einträge ersichtlich, die über Privathaushalte, Gesundheitseinrichtungen oder Industrie und Gewerbe in die ARA gelangen.

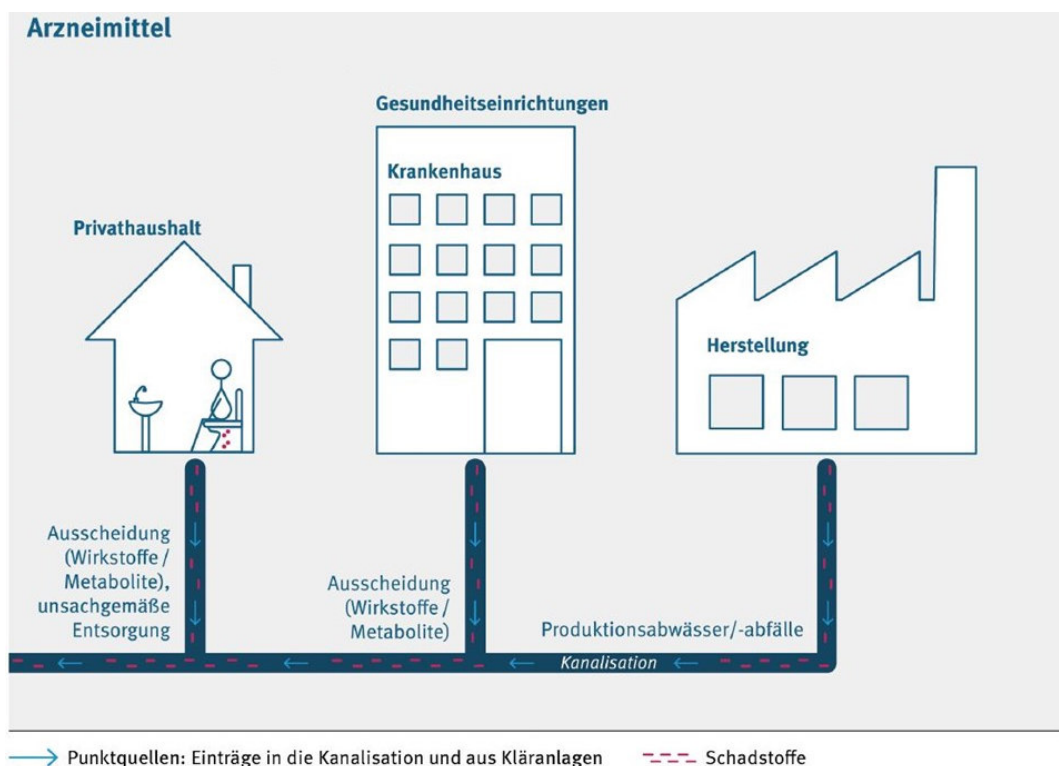


Abbildung 2-3: Schematische Darstellung der punktuellen Einträge von Humanarzneimitteln in die Gewässer (Ahting et al., 2018, mod.)



### 2.2.1.2 Tierarzneimittel

Rückstände aus veterinärmedizinischen Arzneistoffen gelangen einerseits über die Gülle durch die Aufbringung auf landwirtschaftliche Flächen und andererseits durch die direkten Ausscheidungen von den Tieren auf den Weideflächen in die Gewässer. (Nafo et al., 2010)

Abbildung 2-4 zeigt, wie Tierarzneimittel über Versickerung, Oberflächenabfluss oder Drainage in die Gewässer eingetragen werden können. Bei der Versickerung ist weiters zu berücksichtigen, dass die Schadstoffe auch in das Grundwasser gelangen können.

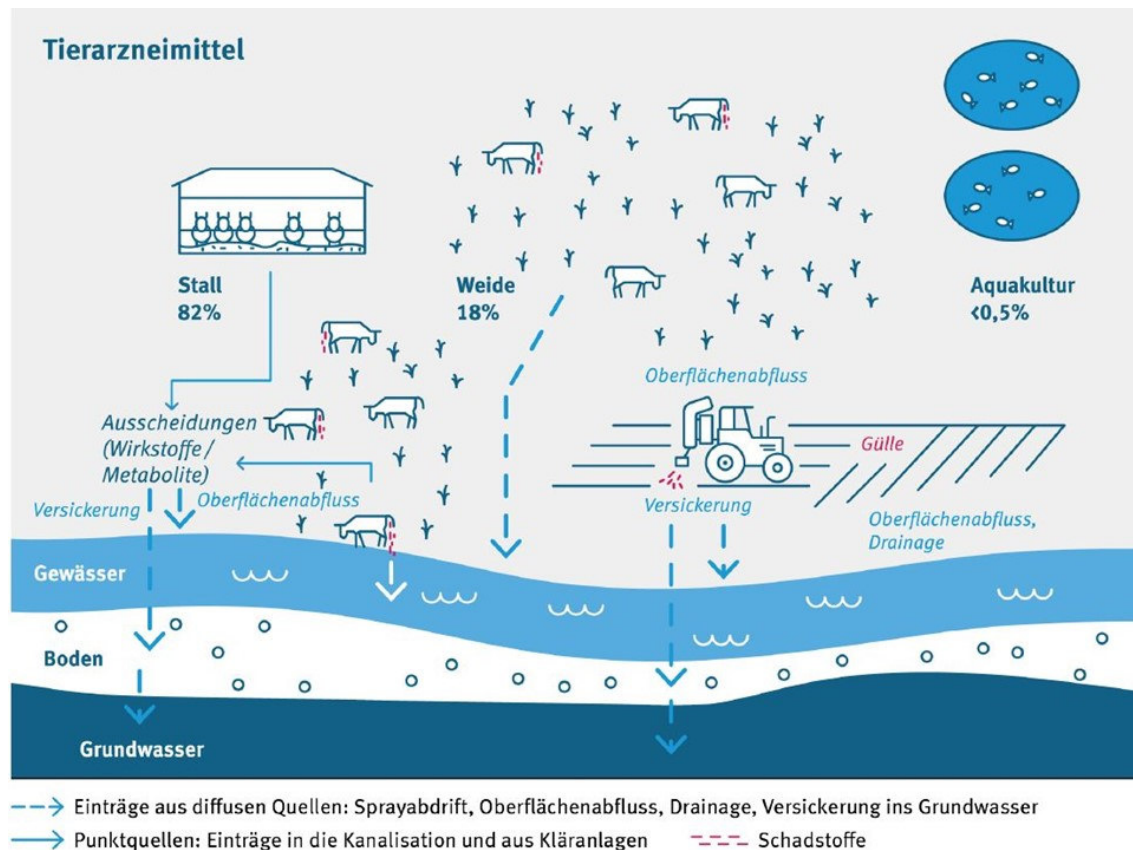


Abbildung 2-4: Schematische Darstellung der punktuellen und diffusen Einträge von Tierarzneimitteln in die Gewässer (Ahting et al., 2018, mod.)

### 2.2.1.3 Pflanzenschutzmittel

In der Landwirtschaft werden Pflanzenschutzmittel eingesetzt, um Pflanzen vor Pilzbefall (Fungizide), Insekten (Insektizide) und Unkräutern (Herbizide) zu schützen. Auch das Pflanzenwachstum kann mithilfe von Pflanzenschutzmitteln geregelt werden. Diese Stoffe werden nicht nur in der Landwirtschaft eingesetzt, sondern auch in Haus- und Kleingärten und auf öffentlichen Grünflächen. (Braun et al., 2015)

Abbildung 2-5 zeigt, dass aufgrund der zahlreichen Einsatzgebiete Pflanzenschutzmittel über eine Vielzahl von Eintragungspfad in die Oberflächengewässer gelangen können. Dazu zählen Oberflächenabfluss, Spraydrift, Deposition, Drainage, Uferfiltration, Mischwasserentlastungen, Niederschlagswassereinleitungen oder Hofablauf.

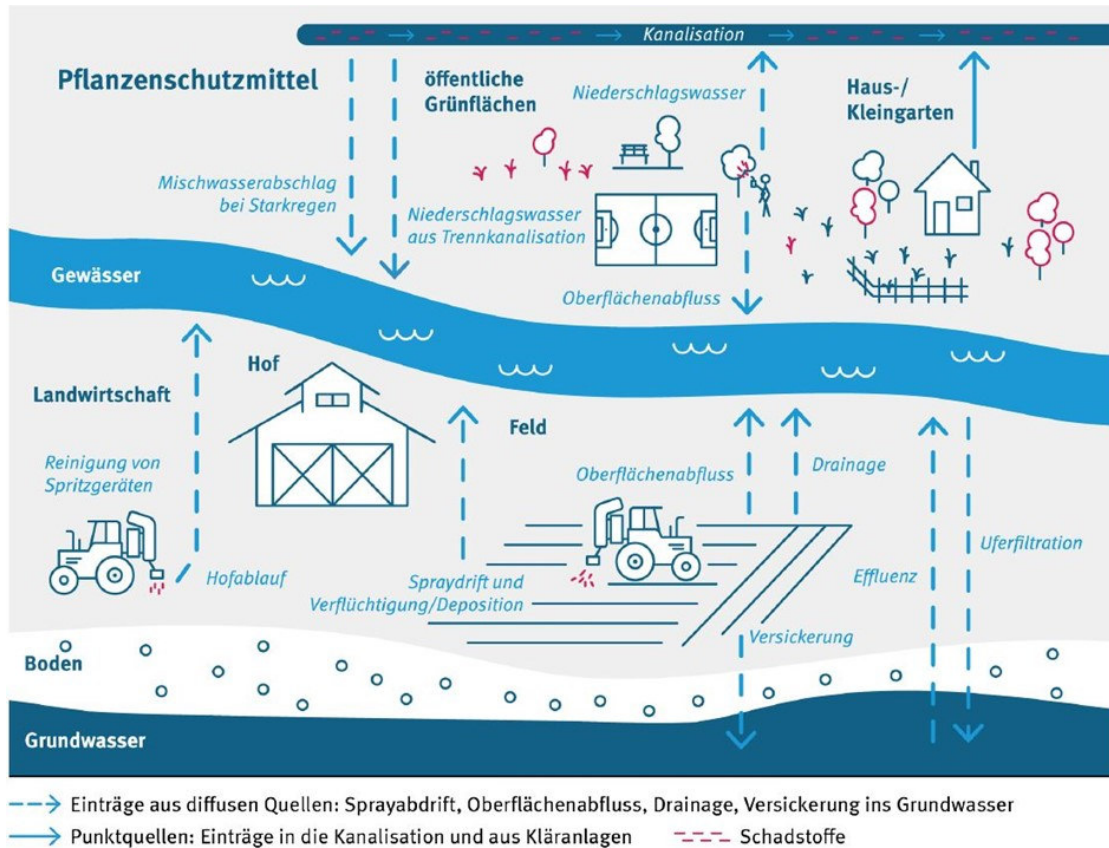


Abbildung 2-5: Schematische Darstellung der punktuellen und diffusen Einträge von Pflanzenschutzmitteln in die Gewässer (Ahting et al., 2018, mod.)

#### 2.2.1.4 Biozide

Zu den Bioziden zählen unter anderem Schädlingsbekämpfungsmittel, Desinfektionsmittel im öffentlichen und privaten Bereich oder Materialschutzmittel. Durch Auswaschungen von Gebäudedächern und Gebäudefassaden können Biozide über den Oberflächenabfluss in die Oberflächengewässer gelangen. Auch im Veterinärbereich werden Biozide für die Hygiene, in Form von Desinfektionsmitteln oder Schädlingsbekämpfungsmitteln, eingesetzt und gelangen über die Ausbringung von Gülle auf die agrarisch genutzten Flächen in die Umwelt. Besonders gefährlich sind Antifouling Produkte, die in Schiffanstrichen zu finden sind, da sie hochtoxisch sein können und damit eine besonders hohe Gefahr für die aquatische Umwelt darstellen. Ein weiterer Einsatz von Bioziden ist der Insektenschutz an Oberflächengewässern, wo z. B. Stechmücken flächendeckend bekämpft werden. (Kahle & Nöh, 2009; Ahting et al., 2018)

In Abbildung 2-6 wird die Anwendung von Bioziden in den unterschiedlichsten Einsatzgebieten schematisch dargestellt.

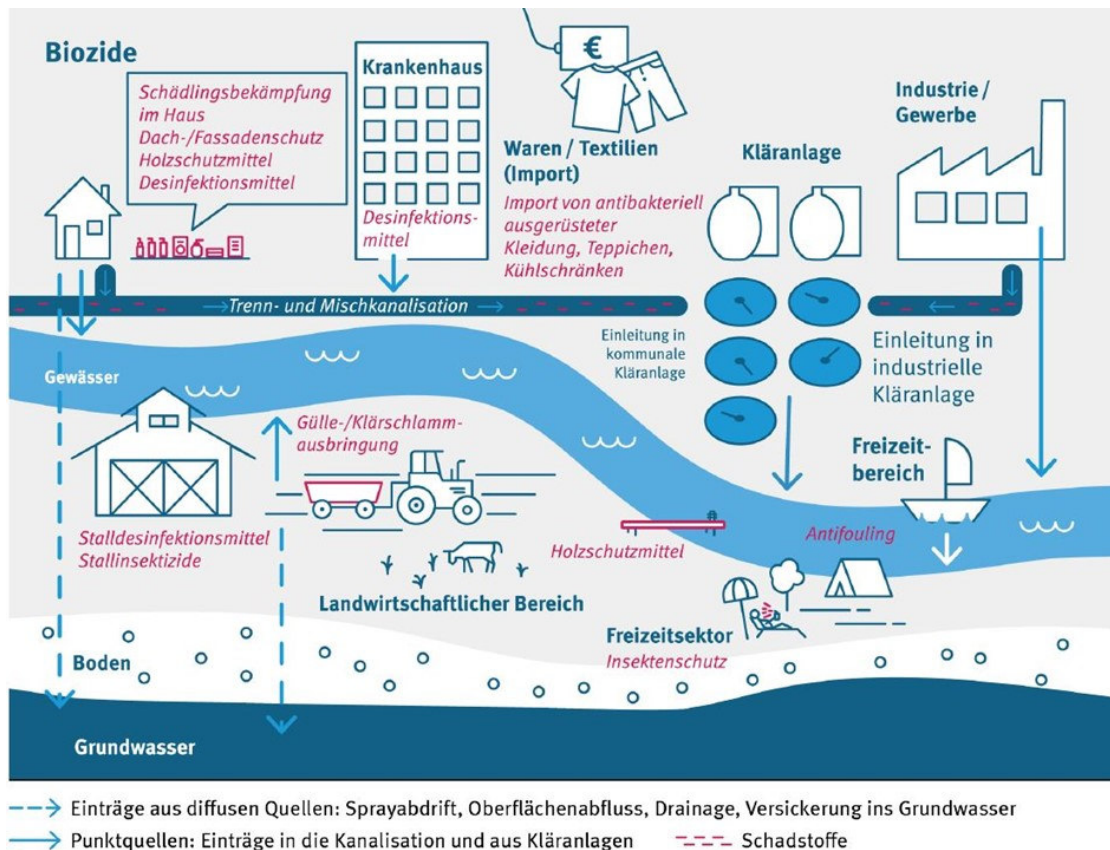


Abbildung 2-6: Schematische Darstellung der punktuellen und diffusen Einträge von Bioziden in die Gewässer (Ahting et al., 2018)

### 2.2.1.5 Chemikalien im Regelungsbereich von REACH

Die meisten industriell hergestellten Stoffe unterliegen dem europäischen Chemikalienrecht, der sogenannten REACH Verordnung. Diese Stoffe werden unter anderem zu Klebstoffen, Farben oder Alltagsprodukten, wie Spielzeug, Kleidung, Schuhe oder Reifen verarbeitet. Aufgrund der unterschiedlichsten Verwendungen und der hohen Anzahl an Stoffen sind auch die Eintragspfade in die Oberflächengewässer sehr unterschiedlich. Bereits bei der Herstellung oder Weiterverarbeitung von Produkten können Chemikalien über die ARA in die Oberflächengewässer gelangen. Auch durch die Verwendung von Verbrauchern (z. B.: Textilien, Wandfarben, Verpackungen, Geschirrspülmittel) findet der Eintrag ebenfalls über die ARA statt. Weitere Eintragsmöglichkeiten entstehen durch die Nutzung von Lösch- und Flugzeugenteisungsmitteln, durch die Freisetzung von Bauprodukten an Gebäuden wie Isolieranstriche oder Dämmstoffe, durch Reifenabrieb, durch Korrosionsschutz oder durch UV-Filter für den Sonnenschutz. (Ahting et al., 2018)

Weitere Informationen zur REACH Verordnung sind dem Kapitel 2.5.1.3 zu entnehmen.



In Abbildung 2-7 ist zu sehen, dass Chemikalien nicht nur durch Industrie und Gewerbe in die Oberflächengewässer gelangen können, sondern auch durch Privathaushalte, den Freizeitsektor, Verkehrswege und viele weitere Bereiche.

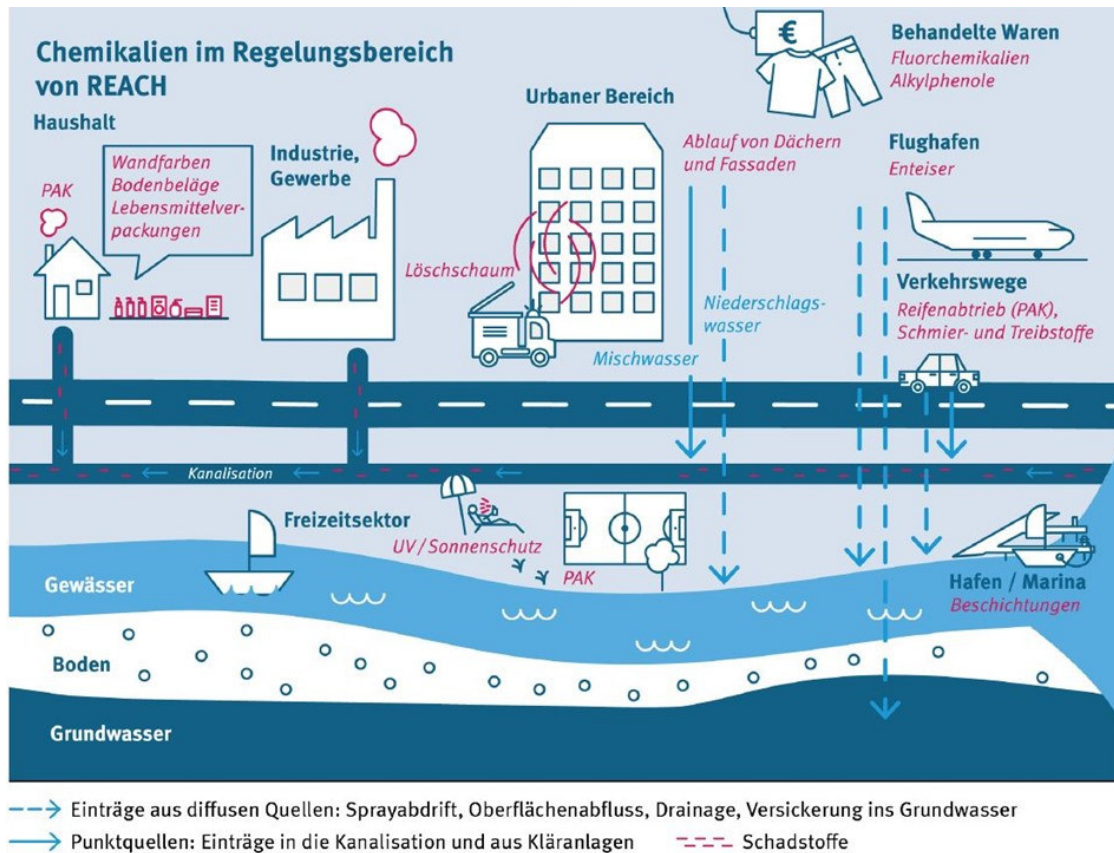


Abbildung 2-7: Schematische Darstellung der punktuellen und diffusen Einträge von Chemikalien im Regelungsbereich von REACH in die Gewässer (Ahting et al., 2018)

### 2.2.1.6 Wasch- und Reinigungsmittel

Zu den Chemikalieneinträgen aus Wasch- und Reinigungsmitteln zählen Tenside, Phosphate/Phosphonate, Duftstoffe, Enzyme, optische Aufheller, Farbstoffe und Pigmente. Sie werden sowohl im Haushalt, in öffentlichen Einrichtungen aber auch im Gewerbe in Form von Kosmetika, Spülmittel, Reinigungsmittel, Waschmittel, Weichspüler oder gewerbliches Wäscheaufkommen verwendet. Wasch- und Reinigungsmittel werden über die Kanalisation in die ARA geleitet, bei Kapazitätsengpässen der ARA können diese allerdings über Mischwasserentlastungen in die Oberflächengewässer gelangen. (Ahting et al., 2018)

Abbildung 2-8 zeigt den Einsatz von Wasch- und Reinigungsmitteln im Haushalt und Gewerbe. Durch die Verwendung von unzähligen Produkten in diesem Bereich gelangen viele Schadstoffe in die Kanalisation.

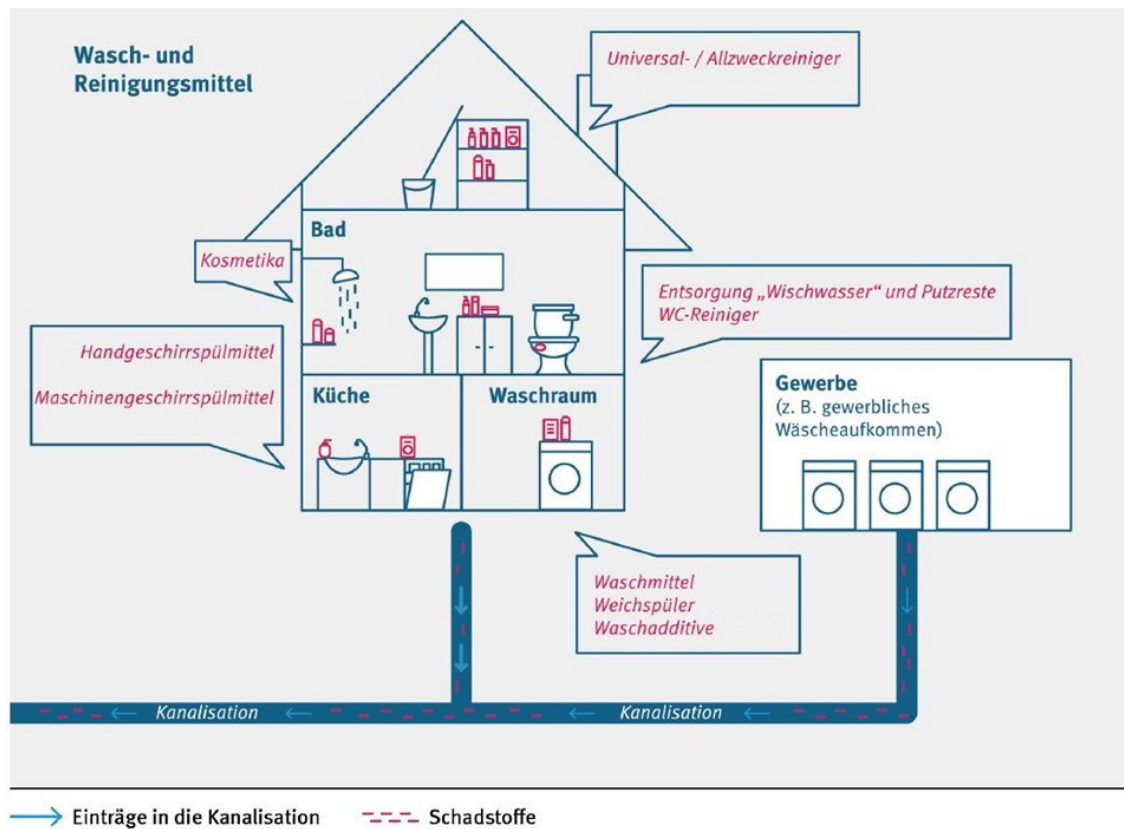


Abbildung 2-8: Schematische Darstellung der Einträge von Wasch- und Reinigungsmitteln in die Gewässer (Ahting et al., 2018, mod.)

### 2.3 Spurenstoffe – Eintragspfade

Spurenstoffe können über unterschiedlichste Eintragspfade in die Oberflächengewässer gelangen. Dazu zählen unter anderem ARAs, Mischwasserentlastungen, Niederschlagswasserkanäle, Gleis- und Straßenentwässerungen, Drainagen, Deposition, Abdrift, Oberflächenabfluss oder Sickerwasser. (Wittmer et al., 2014; Braun et al., 2015)

Abbildung 2-9 zeigt einen schematischen Überblick über mögliche Quellen wie Landwirtschaft, Deponien, Industrie, Verkehr oder Siedlungen und ihre Eintragspfade wie Kanäle, Überläufe, Drainagen oder Einleitungen in einer Stadt. Die roten Linien symbolisieren die Einleitungswege in die Kanalisation oder in die Oberflächengewässer.

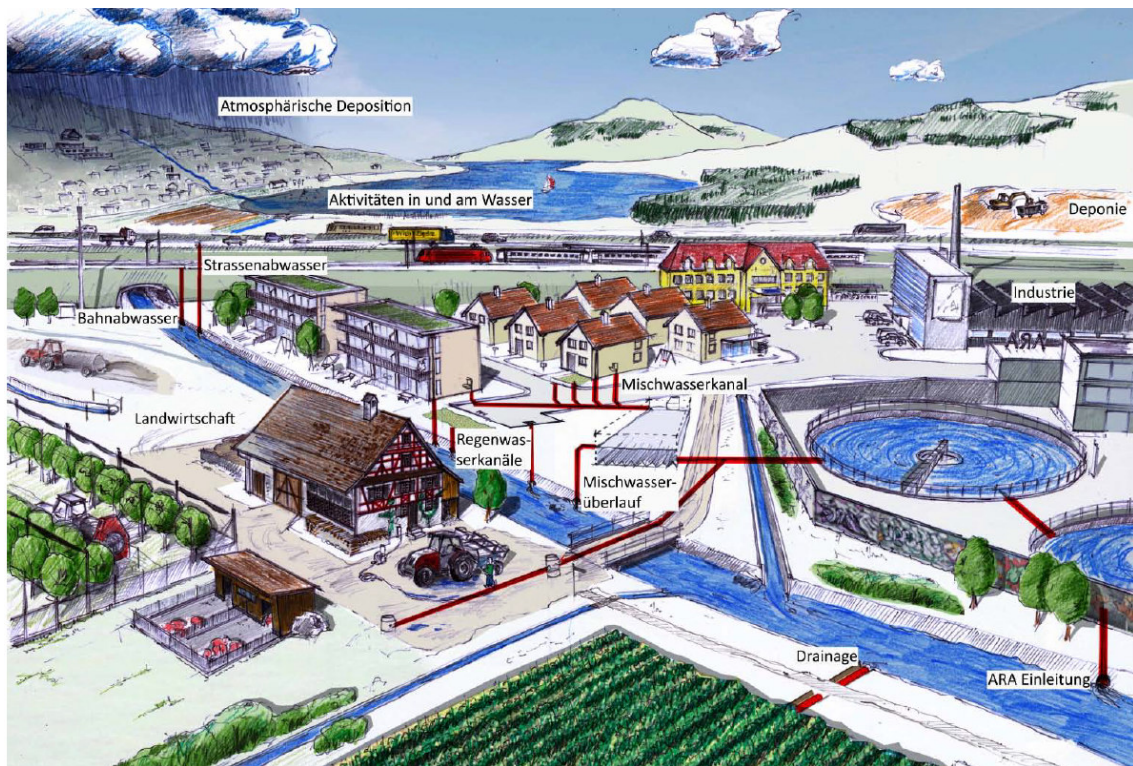


Abbildung 2-9: Einleitungen von Spurenstoffen in die Oberflächengewässer (Abegglen & Siegrist, 2012)

Wittmer et al. (2014) und Braun et al. (2015) fassten die wichtigsten Quellen und deren Eintragspfade zusammen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2-1 dargestellt. Weiters können der Tabelle 2-1 auch die wichtigsten Spurenstoffe bzw. Stoffgruppen, die aus diesen Quellen resultieren, entnommen werden.

Tabelle 2-1: Quellen mit den zugehörigen Eintragspfaden und den wichtigsten Spurenstoffen bzw. Stoffgruppen (Wittmer et al., 2014; Braun et al., 2015, mod.)

Quellen	Subquellen	Eintragspfade	Wichtigste Spurenstoffe bzw. Stoffgruppen
Punktquellen			
Siedlungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Indoor Anwendungen</li> <li>Häusliches Abwasser</li> <li>Gebäudehüllen</li> <li>Garten/Parkanlagen</li> <li>Straßen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Abwasserreinigungsanlage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Arzneimittel</li> <li>Industriechemikalien</li> <li>Haushaltschemikalien</li> <li>Körperpflegeprodukte</li> <li>Flammschutzmittel</li> <li>Reinigungsmittel</li> <li>Natürliche Hormone</li> <li>Perfluorierte Tenside</li> <li>Süßstoffe</li> <li>Biozide</li> <li>Pflanzenschutzmittel</li> <li>Schwermetalle</li> </ul>

# Theoretische Grundlagen

Quellen	Subquellen	Eintragspfade	Wichtigste Spurenstoffe bzw. Stoffgruppen
Industrie	<ul style="list-style-type: none"> <li>Industrieabwasser</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Abwasserreinigungsanlage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>verschiedene</li> </ul>
Diffuse Quellen			
Siedlungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Indoor Anwendungen</li> <li>Häusliches Abwasser</li> <li>Gebäudehüllen</li> <li>Garten/Parkanlagen</li> <li>Straßen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mischwasserentlastungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Humanarzneimittel</li> <li>Tierarzneimittel</li> <li>Industriechemikalien</li> <li>Haushaltschemikalien</li> <li>Körperpflegeprodukte</li> <li>Flammschutzmittel</li> <li>Reinigungsmittel</li> <li>Natürliche Hormone</li> <li>Synthetische Hormone</li> <li>Nonylphenole</li> <li>Bisphenol-A</li> <li>UV-Filter</li> <li>PAK</li> <li>Methyl-tert-butylether</li> <li>Benzotriazol</li> <li>Perfluorierte Tenside</li> <li>Süßstoffe</li> <li>Biozide</li> <li>Pflanzenschutzmittel</li> <li>Schwermetalle</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gebäudehüllen</li> <li>Garten/Parkanlagen</li> <li>Straßen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Niederschlagswasserkanäle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Biozide</li> <li>Pflanzenschutzmittel</li> <li>Schwermetalle</li> <li>PAK</li> <li>Methyl-tert-butylether</li> </ul>
Verkehr	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fahrzeuge</li> <li>Straßenbelag</li> <li>Leitplanken</li> <li>Straßenbankett</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Straßenentwässerung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(Schwer-)Metalle</li> <li>Pflanzenschutzmittel</li> <li>Kohlenwasserstoffe</li> <li>inklusive PAK</li> <li>Petrochemikalien</li> <li>Methyl-tert-butylether</li> <li>Benzothiazol</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Züge</li> <li>Fahrleitungen</li> <li>Bahnstraße</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bahnarealentwässerung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pflanzenschutzmittel</li> <li>(Schwer-)Metalle</li> <li>PAK</li> </ul>

Quellen	Subquellen	Eintragungspfade	Wichtigste Spurenstoffe bzw. Stoffgruppen
Landwirtschaft	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Feldkulturen</li> <li>• Obst</li> <li>• Reben</li> <li>• Wiesen</li> <li>• Weideland</li> <li>• Gülle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Drainagen</li> <li>• Oberflächenabfluss</li> <li>• Abfluss von versiegelten Flächen</li> <li>• Abdrift</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pflanzenschutzmittel</li> <li>• Schwermetalle</li> <li>• Natürliche Hormone</li> <li>• Synthetische Hormone</li> <li>• Tierarzneimittel</li> <li>• Biozide</li> <li>• Natürliche Toxine</li> </ul>
Nutzung Oberflächengewässer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schiffe</li> <li>• Badende</li> <li>• Kühlwasser</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• In-situ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schwermetalle</li> <li>• Biozide</li> <li>• Nonylphenole</li> <li>• Bisphenol-A</li> <li>• UV-Filter</li> <li>• Körperpflegeprodukte</li> <li>• PAK</li> <li>• Methyl-tert-butylether</li> </ul>
Atmosphäre	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trockendeposition</li> <li>• Niederschlag</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atmosphärische Deposition</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Haushaltschemikalien</li> <li>• Schwermetalle</li> <li>• Biozide</li> <li>• Pflanzenschutzmittel</li> <li>• Natürliche Toxine</li> <li>• Perfluorierte Tenside</li> <li>• PAK</li> <li>• Methyl-tert-butylether</li> </ul>
Belastete Standorte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deponien</li> <li>• Altlasten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sickerwasser</li> <li>• Oberflächenabfluss</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schwermetalle</li> <li>• Pflanzenschutzmittel</li> <li>• Nonylphenole</li> <li>• Bisphenol-A</li> <li>• UV-Filter</li> <li>• PAK</li> </ul>

Betrachtet man nur die Oberflächengewässer, sind hierfür die wichtigsten Eintragungspfade die Atmosphäre (direkt und indirekt), Mischwasserentlastungen, Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen (mit und ohne Vorbehandlung), Straßenabwasser außerhalb des urbanen Gebietes und Abläufe der ARA. (Clara et al., 2014)

Nachfolgend werden die eben genannten Eintragungspfade genauer beschrieben.



### **2.3.1 Atmosphäre (direkt) – Deposition**

Bei Deposition handelt es sich um Stoffe, die in gelöster oder partikulär gebundener Form in der Atmosphäre enthalten sind und auf die Gewässeroberfläche gelangen. Es wird zwischen nasser und trockener Deposition unterschieden. Nasse Depositionen sind Stoffausträge bei Niederschlagsereignissen, die einerseits in gelöster und andererseits in partikulär gebundener Form transportiert werden können. Bei der trockenen Deposition hingegen handelt es sich um Stoffausträge bei Trockenwetter. Für diese Art der Deposition sind nur die partikulär gebundenen Stoffe relevant. (Clara et al., 2014)

Durch Verbrennungsprozesse wie zum Beispiel bei Kraftwerken oder Kraftfahrzeugen mit Verbrennungsmotor gelangen unterschiedlichste Stoffe wie polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) in die Atmosphäre, welche sich in den Oberflächengewässern wiederfinden. (Staufer & Ort, 2012)

### **2.3.2 Atmosphäre (indirekt) – Oberflächenabfluss**

Durch nasse oder trockene Deposition können die Stoffe aus der Atmosphäre nicht nur auf die Gewässeroberfläche, sondern auch auf jede andere Oberfläche gelangen. Kommt es zu Niederschlagsereignissen, werden die Oberflächen abgespült und das abfließende Wasser gelangt, beispielsweise über Trennkanalisationen oder Mischwasserentlastungen in die Oberflächengewässer. (Clara et al., 2014)

### **2.3.3 Mischwasserentlastung**

Bei Mischkanalisationen werden Niederschlagswasser und häusliches, industrielles oder gewerbliches Schmutzwasser gemeinsam in einem Entwässerungssystem abgeleitet. Kommt es zu Starkregenereignissen, kann es zu Kapazitätsüberlastungen der ARA führen, die i. d. R. nur auf den ca. 2-fachen maximalen Trockenwetterzufluss ausgelegt werden, sodass ein Teil des Mischwassers über Entlastungen in die Gewässer abgeleitet werden muss, wenn nicht die Möglichkeit zur Zwischenspeicherung besteht. Dabei wird das entlastete Mischwasser unbehandelt in die Vorfluter eingeleitet, sofern diesbezüglich keine Gegenmaßnahmen gesetzt werden. In den dicht besiedelten, älteren und innerstädtischen Bereichen ist das in Österreich die häufigste Form der Siedlungsentwässerung. (Götz et al., 2011; Clara et al., 2014; Fuchs-Hanusch et al., 2014)

### **2.3.4 Niederschlagswassereinleitung aus Trennkanalisationen**

Die Trennkanalisation besteht aus zwei Leitungssystemen, bei der das Niederschlagswasser und das Schmutzwasser getrennt abgeleitet werden. In dem Niederschlagswassersystem werden die Abflüsse von den angeschlossenen und befestigten Flächen eingeleitet. Darunter fallen beispielsweise Dach- oder Verkehrsflächen. Die Schmutzstoffe, die über den Niederschlag in die Gewässer ge-

langen, hängen zum einen stark von der Art der Flächennutzung und zum anderen zum Beispiel von der Fassadenbehandlung, von der Art der Dächer oder dem Einsatz von Bioziden in der Umgebung ab. Weiters wird die Abwasserzusammensetzung von der Dauer und der Intensität des Niederschlages und von der Dauer der zuvor stattgefundenen Trockenperiode bestimmt. Es besteht dabei die Möglichkeit, dass das Niederschlagswasser, bevor es in den Kanal gelangt, vorbehandelt wird. (Abegglen & Siegrist, 2012; Clara et al., 2014)

### **2.3.5 Straßenabwasser außerhalb des urbanen Gebietes**

Hierbei handelt es sich um Abwasser von höherrangigen Straßennetzen. Darunter fallen Bundesstraßen, Schnellstraßen oder Autobahnen. Die Abwässer versickern entweder über die Böschungsschulter oder werden in Entwässerungssystemen gesammelt. Dabei wird das Abwasser entweder direkt in einen Vorfluter eingeleitet oder zuvor in sogenannten Gewässerschutzanlagen vorbehandelt. Auch vor der Versickerung kann eine Niederschlagswasserbehandlung stattfinden. Die Schmutzstoffe von den Verkehrsflächen hängen von unterschiedlichen Faktoren, wie beispielsweise dem Verkehrsaufkommen, der Deposition, dem Winterdienst oder der Niederschlagsintensität ab. (Clara et al., 2014)

### **2.3.6 Abläufe der ARA (industrielle und kommunale Direkteinleiter)**

Der ARA werden sämtliche Abwässer aus den Siedlungsgebieten zugeführt, um die Gewässer vor Verschmutzungen zu schützen. Dazu zählen die häuslichen, industriellen und gewerblichen Abwässer aber auch das Niederschlagswasser, wenn es sich um ein Mischwassersystem handelt. Bei dem Abwasser aus der Industrie und dem Gewerbe kann es sich teilweise um vorgereinigtes Abwasser handeln. ARAs sind in der Lage einen großen Teil der Schmutzstoffe zu entfernen, Spurenstoffe wie zum Beispiel Atenolol, Carbamazepin oder Diclofenac können aber auch in ARAs nur schlecht eliminiert werden und gelangen nach Passieren der ARA in die Gewässer. (Götz et al., 2011; Abegglen & Siegrist, 2012; Fuchs-Hanusch et al., 2014)

## **2.4 Auswirkung von Spurenstoffen**

Inwieweit Stoffe in den Gewässern Probleme verursachen, wird weitestgehend durch deren ökotoxikologischen und physikalisch-chemischen Eigenschaften bestimmt. In der Regel können in den Oberflächengewässern Stoffe nachgewiesen werden, die schwer bzw. nicht abbaubar und gut wasserlöslich sind. Weiters ist zu beachten, dass bei Pharmaka und Pflanzenschutzmitteln auch die Umwandlungsprodukte von den Ausgangsstoffen, die sog. Metaboliten, einen erheblichen Anteil zu der Gewässerbelastung beitragen können. (Gälli et al., 2009)

Organismen sind normalerweise nicht in der Lage die in den Arzneimitteln enthaltenen Wirkstoffe vollständig aufzunehmen und zu verbrauchen, sie werden daher zum Teil wieder ausgeschieden, wodurch sie über verschiedene Wege in

den Wasserkreislauf gelangen können. Ein Beispiel für einen im Gewässer nachgewiesenen Arzneistoff ist Diclofenac. Hierbei haben Messungen gezeigt, dass der Körper den Wirkstoff von einer Tablette nicht gänzlich aufnehmen und verbrauchen kann und dass die Ausscheidungen oft mehr als die Hälfte von der eingenommenen Dosis beinhalten. Die in den Gewässern nachgewiesenen Konzentrationen von Arzneimittelrückständen sind, sofern bekannt, für den Menschen unbedenklich. Noch nicht ganz klar ist, wie sie sich auf die aquatische Umwelt, zum Beispiel auf die Mikroorganismen auswirken. Daher stellt sich auch die Frage, welche Auswirkungen sie auf die Nahrungskette und in weiterer Folge auch auf andere Lebewesen haben. (Nafo et al., 2010)

Untersuchungen zeigen, dass es einen Zusammenhang zwischen Spuren von wassergebundenen Stoffen mit hormoneller Wirkung, wie zum Beispiel die Anti-Baby-Pille (enthält weibliche Hormone) und dem Geschlechterverhalten von gewissen Fischarten gibt. Dabei wurde herausgefunden, dass die Fischmännchen verweiblichen, indem sie Eier anstatt Spermien produzieren. Auf längerer Sicht kann das dazu führen, dass Populationen immer kleiner werden. (Nafo et al., 2010)

In die Gewässer werden aus den kommunalen ARA kontinuierlich Stoffe eingetragen, wobei die Mikroorganismen, die Tiere und die Pflanzen im Gewässer permanent diesen Belastungen ausgesetzt sind, weshalb man bei diesen Stoffeinträgen auch von chronischen Belastungen spricht. Je nach Stoffeintrag können diese chronischen Belastungen schon in geringen Konzentrationen in  $\mu\text{g/L}$  bis  $\text{ng/L}$  Bereichen zu negativen Einwirkungen auf die aquatische Umwelt führen. Bei umweltrelevanten Konzentrationen konnte bereits beobachtet werden, dass die Photosynthese von Algen durch herbizid wirkende Stoffe gehemmt wird, dass Wassertiere eine Schädigung des Nervensystems durch Insektizide erleiden und dass die Fortpflanzung durch hormonaktive Stoffe von Fischen, Schnecken und anderen Lebewesen beeinträchtigt wird. (Abegglen & Siegrist, 2012)

Darüber hinaus führt der Arzneistoff Diclofenac bei Forellen zu Nierenschäden und durch das Ethinylestradiol kann es zu Hemmungen bei der Fortpflanzung von Fischen kommen. Propranolol verursacht bei Fischen Wachstumshemmungen und stört die Vermehrung von Flohkrebse. (Hartmann, 2016; Abegglen et al., 2017)

Die Studien Schneeweiss et al. (2019a) und Schneeweiss et al. (2019b) haben sich mit den ökotoxikologischen Risiken und Wirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf Fische in der Schweiz befasst. Dabei wurde eine Risikobewertung durchgeführt, die aus 18 Spurenstoffe besteht und die ein akutes und/oder chronisches Risiko für Fische darstellen. Unter diesen Stoffen sind Insektizide, Herbizide und Fungizide vertreten. In vielen Fällen sind Einzelstoffe für die Risiken verantwortlich, es gibt aber auch Fälle bei denen PSM-Mischungen eine Ursache sein können. Bei der Wirkungsuntersuchung hat sich ergeben, dass Fische vor allem auf



Insektizide hochempfindlich reagieren, da sie vorwiegend neurotoxisch wirken. Herbizide haben hauptsächlich eine Wirkung auf Pflanzen, negative Effekte auf Fische entstehen hierbei erst in hohen Konzentrationsbereichen, sind aber nicht außer Acht zu lassen. Bei Fungiziden zeigen Fische vor allem bei Langzeit-Exposition eine hohe Sensitivität. Insektizide können sich bereits in einem niedrigen Konzentrationsbereich negativ auf Fische auswirken, indem die Frühentwicklung, das Wachstum und die Reproduktion beeinträchtigt werden, wobei es zu Gefährdungen von Populationen kommen kann. Diazinon kann zum Beispiel zu einer Verringerung der Eiproduktion und Cypermethrin zu einer Schädigung des Geruchssinns führen. Wird der Geruchssinn geschädigt, kann das die Folgen haben, dass Alarm- und Vermeidungsreaktionen ausgelöst werden oder dass es Probleme bei der Nahrungswahrnehmung oder Verwandtenerkennung gibt. Weiters können Pflanzenschutzmittel aufgrund von Beeinträchtigungen des Nervensystems oder des Hormonhaushaltes die Verhaltensweise von Fischen verändern. Das Herbizid Diuron kann innerhalb von einem Tag eine Verminderung der Alarmreaktion und des Gruppierungsverhalten bewirken. Solche Verhaltensänderungen können die Überlebenswahrscheinlichkeit verringern, vor allem wenn dadurch auch die Reduktion der Schwimmfähigkeit und verminderter Beutefang verursacht wird. Das Fungizid Carbendazim bewirkt ebenfalls eine Veränderung im Schwimmverhalten, welches sowohl den Erfolg beim Beutefang als auch das Fliehvermögen vor Räubern negativ beeinflusst.

Bei den Bioziden sind vor allem jene relevant, welche direkt im Wasser angewendet werden. Dazu zählen zum Beispiel Antifouling Produkte, Desinfektionsmittel für Schwimmbäder oder Biozide für Kühlwassersysteme. Insbesondere muss auf Stoffe geachtet werden, die eine lange Aufenthaltsdauer im Gewässer haben und sich eventuell auch im Ökosystem anreichern. Inwieweit sie für bestimmte Lebewesen zu einem toxikologischen Verhalten führen, hängt einerseits von der Konzentration des Biozids und andererseits vom Organismus und dessen Empfindlichkeit ab. Bereits sehr geringe Konzentrationen können Probleme verursachen, wenn ein Stoff in die Nahrungskette gelangt und dadurch nach einiger Zeit zu einer Verstärkung des Stoffes führt. (Kahle & Nöh, 2009)

Nafo et al. (2010) und Abegglen et al. (2017) empfehlen folgende Maßnahmen zur Reduzierung von Spurenstoffen im Haushalt:

- Korrekte Entsorgung von abgelaufenen Arzneimitteln, zum Beispiel bei einer Apotheke abgeben.
- Bewusster Kauf von Arzneimittel, um diese bei Nichtgebrauch nicht entsorgen zu müssen.
- Sachgerechte und sichere Aufbewahrung von Arzneimittel, um unsachgemäß geöffnete und gelagerte Präparate nicht entsorgen zu müssen.

- Bewusste Einnahme von Arzneimittel, um den Medikamentenkonsum zu reduzieren.
- Umweltschonende Produkte einkaufen, die biologisch produziert werden, wenn möglich ohne Pflanzenschutzmittel und zur Gänze biologisch abbaubar sind.
- Bei der Reinigung von Vorplätzen, Hauswänden, Mauern und im Garten wenn möglich auf Pestizide verzichten.
- Beim Kauf von Kosmetikprodukten, Arznei- und Reinigungsmitteln sich über die Zusammensetzung und die Herstellung informieren.
- Produkte zum Waschen, Putzen, Reinigen oder Körperpflegeprodukte sparsam verwenden.
- Überreste von Reinigungsmitteln vom Verkäufer oder einer Sammelstelle fachgerecht entsorgen lassen.

### **2.5 Rechtliche Grundlagen für Oberflächengewässer**

Diese Arbeit fokussiert sich auf den geografischen D-A-CH – Raum und behandelt in diesem Kapitel die wichtigsten rechtlichen Grundlagen über Oberflächengewässer in den Ländern Deutschland, Österreich und Schweiz, sowie die Richtlinien und Verordnungen der Europäischen Union, die von allen EU-Mitgliedsstaaten einzuhalten sind.

#### **2.5.1 Richtlinien und Verordnungen der Europäischen Union**

Die europäische Union hat Richtlinien und Verordnungen erlassen, um die Gewässer, die Wasserressourcen und Wasserökosysteme zu schützen. In den folgenden Absätzen werden die kommunale Abwasserrahmenrichtlinie, die Wasserrahmenrichtlinie und die REACH-Verordnung näher beschrieben. Weitere Richtlinien der europäischen Union, auf die in dieser Arbeit nicht näher eingegangen wird, sind unter anderem die Klärschlammrichtlinie oder die Nitratrichtlinie.

##### **2.5.1.1 Kommunale Abwasserrahmenrichtlinie**

Die kommunale Abwasserrahmenrichtlinie befasst sich mit dem Einleiten, Behandeln und Sammeln von kommunalem Abwasser und dem Einleiten und Behandeln von Abwasser aus bestimmten Industriebranchen. Ziel ist der Schutz der Umwelt vor schädlichen Auswirkungen des Abwassers. Um dies zu erreichen, müssen die Mitgliedstaaten Maßnahmen unter Einhaltung des vorgegebenen Zeitplans umsetzen. Dazu zählen unter anderem alle Gemeinden mit einer Kanalisation auszustatten, eingeleitetes kommunales Abwasser in der Kanalisation vor der Einleitung in Gewässer einer Behandlung zu unterziehen und das eingeleitete behandelte kommunale Abwasser zu überwachen. (Europäische Gemeinschaft, 1991)

### 2.5.1.2 Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)

Im Jahr 2000 ist die Wasserrahmenrichtlinie in Kraft getreten und hat die Wasserpolitik in der Europäischen Union grundlegend reformiert.

Die Richtlinie hat das Ziel, für den Schutz des Grundwassers, der Küstengewässer, der Übergangsgewässer und der Binnenoberflächengewässer einen Ordnungsrahmen zu schaffen, um einen guten ökologischen und chemischen Zustand zu erzielen. (Europäische Gemeinschaft, 2000)

- Dabei sollen die Zustände der aquatischen Ökosysteme und deren abhängigen Landökosysteme und Feuchtgebiete geschützt, verbessert und eine weitere Verschlechterung vermieden werden.
- Eine nachhaltige Wassernutzung soll durch langfristiges Schützen der vorhandenen Ressourcen gefördert werden.
- Ein stärkerer Schutz und eine Verbesserung der aquatischen Umwelt sollen durch spezifische Maßnahmen wie Reduzierung oder schrittweiser Einstellung von Emissionen und der Einleitung von prioritären Stoffen angestrebt werden.
- Die schrittweise Reduzierung von Verschmutzungen des Grundwassers und die Verhinderung von weiteren Verschmutzungen soll sichergestellt werden.
- Zur Minimierung von Auswirkungen durch Dürren und Überschwemmungen soll beigetragen werden.

Für die Umsetzung hatten die Mitgliedsstaaten 15 Jahre nach Inkrafttreten der Richtlinie Zeit, um einen guten ökologischen und chemischen Zustand der Gewässer zu erreichen. Weitere zentrale Elemente der Richtlinie sind, dass jeder Mitgliedsstaat eine Analyse der Flusseinzugsgebiete (Merkmale, Auswirkungen menschlicher Tätigkeiten und eine wirtschaftliche Analyse) durchführen musste, die spätestens nach 13 Jahren ab Inkrafttreten der Richtlinie überprüft wurden. Danach finden Überprüfungen und gegebenenfalls Aktualisierungen alle sechs Jahre statt. Weitere Punkte, die von den Mitgliedsstaaten zu erfüllen sind, ist die Erstellung eines Verzeichnisses der Schutzgebiete, die Überwachung der Gewässerzustände und die Erstellung von Bewirtschaftungsplänen für die Einzugsgebiete jeder Flussgebietseinheit samt Maßnahmenprogramm. Die Bewirtschaftungspläne mussten spätestens nach neun Jahren ab Inkrafttreten der Richtlinie veröffentlicht und spätestens nach 15 Jahren ab Inkrafttreten der Richtlinie überprüft werden. Danach finden Überprüfungen und gegebenenfalls Aktualisierungen alle sechs Jahre statt. (Europäische Gemeinschaft, 2000)

Im Jahr 2008 wurde die Wasserrahmenrichtlinie um einen Anhang mit 33 prioritären bzw. prioritär gefährlichen Stoffen und deren Umweltqualitätsnormen (UQN) erweitert. (Europäische Gemeinschaft, 2008)

Die Liste mit diesen Stoffen und deren Umweltqualitätsnormen können dem Anhang A der Tabelle 5-1 und Tabelle 5-2 entnommen werden.

Prioritäre Stoffe sind Stoffe, die für die aquatische Umwelt ein erhebliches Risiko darstellen. Ob ein Stoff prioritär ist, richtet sich nach dem entsprechenden Risiko für die aquatische Umwelt. Unter prioritär gefährlichen Stoffen versteht man Stoffe, die persistent, bioakkumulierend und toxisch sind oder einen ähnlichen Grund zur Besorgnis geben. Die Umweltqualitätsnormen geben dazu Konzentrationen eines bestimmten Stoffes an, die aufgrund des Umwelt- und Gesundheitsschutzes nicht überschritten werden dürfen. (Europäische Gemeinschaft, 2000)

2013 wurde die Liste der prioritären bzw. prioritär gefährlichen Stoffe von 33 auf 45 Stoffe erweitert, wobei die Umweltqualitätsnormen von bestehenden prioritären Stoffen bis Ende 2021 und die für die neu benannten prioritären bzw. gefährlich prioritären Stoffen bis Ende 2027 nicht überschritten werden sollen, um einen guten chemischen Zustand zu erreichen. (Europäische Gemeinschaft, 2013)

Die neu überarbeitete Liste der prioritären bzw. prioritär gefährlichen Stoffe und deren Umweltqualitätsnormen sind im Anhang B der Tabelle 5-3 und Tabelle 5-4 zu entnehmen.

Im Jahr 2015 wurde ein Durchführungsbeschluss beschlossen, bei dem es sich um die Erstellung einer Beobachtungsliste von Stoffen handelt, die durch die Wasserpolitik unionsweit überwacht werden sollen. Für diese Beobachtungsliste wurde 2018 ein neuer Durchführungsbeschluss beschlossen und ist im Anhang C in der Tabelle 5-5 zu finden. Bei diesen Stoffen handelt es sich um jene, die ein Risiko für die aquatische Umwelt darstellen, wobei aber aufgrund von unzureichenden Überwachungsdaten das tatsächliche Ausmaß des Risikos nicht festgestellt werden kann. Stoffe mit hochtoxischen Eigenschaften, die in vielen Mitgliedsstaaten verwendet und in Gewässer eingeleitet werden, die aber nur selten oder gar nicht überwacht werden, sind für die Beobachtungsliste relevant. Das Ergebnis dieser Überwachung soll hochwertige Daten über die Stoffkonzentrationen in den Gewässern liefern, um deren Risiko für die aquatische Umwelt bewerten zu können. (Europäische Union, 2018)

### **2.5.1.3 REACH-Verordnung**

Durch die REACH-Verordnung ist eine europäische Chemieagentur entstanden, die sich mit der Beschränkung, Zulassung, Bewertung und Registrierung chemischer Stoffe befasst. (Europäische Union, 2006)

Diese Verordnung hat den Zweck für die Umwelt und vor allem für die Gesundheit der Menschen, ein hohes Schutzniveau sicherzustellen. Weitere Ziele sind, dass die Gewährleistung vom freien Verkehr der Stoffe im Binnenmarkt und eine Verbesserung der Innovation und Wettbewerbsfähigkeit sichergestellt werden. Ein weiterer wesentlicher Punkt in der Verordnung ist die Vermeidung unnötiger Ver-

suche durch gemeinsames Nutzen der Daten. Die Bestimmungen, die diese Verordnung enthält, sind für jene gültig, die diese Stoffe herstellen, sie in Verkehr bringen und sie verwenden. Importeure, Hersteller und nachgeschaltete Anwender haben sicherzustellen, dass die hergestellten, in Verkehr gebrachten oder verwendeten Stoffe weder die menschliche Gesundheit noch die Umwelt nachteilig beeinflussen. (Europäische Union, 2006)

Jene Stoffe, die in einer Mindestmenge von einer Tonne pro Jahr hergestellt oder eingeführt werden, unterliegen einer allgemeinen Registrierungspflicht. Importeure oder Hersteller müssen deswegen ein Registrierungsdossier und Informationen zum Stoff bei der Agentur einreichen. Die Informationen umfassen die Identität des Importeurs oder Herstellers, die Identität des Stoffes, Informationen zur Herstellung bzw. Verwendung des Stoffes, Kennzeichnung und Einstufung des Stoffes nach der REACH-Verordnung, eine Leitlinie zur sicheren Verwendung des Stoffes und einen Stoffsicherheitsbericht. (Europäische Union, 2006)

Im Stoffsicherheitsbericht wird die Stoffsicherheitsbeurteilung eines Stoffes dokumentiert. Dabei werden die schädlichen Wirkungen auf die Gesundheit des Menschen und auf die Umwelt durch physikalisch-chemische Eigenschaften eruiert. Darüber hinaus werden auch die PBT-Eigenschaften und die vPvB-Eigenschaften (sehr persistent und sehr bioakkumulierend) des Stoffes ermittelt. (Europäische Union, 2006)

Wird ein Stoff registriert und zugelassen, hat der Lieferant oder Importeur ein Sicherheitsdatenblatt für den Abnehmer zur Verfügung zu stellen, wenn es sich bei dem Stoff um eine gefährliche Einstufung, beispielsweise mit PBT oder vPvB Eigenschaften, handelt. (Europäische Union, 2006)

## **2.5.2 Gesetze und Verordnungen in Österreich**

In Österreich werden die Richtlinien der Europäischen Union in Verordnungen umgesetzt, welche auf dem Wasserrechtsgesetz 1959 basieren. In den folgenden Absätzen wird auf die wichtigsten Verordnungen näher eingegangen.

### **2.5.2.1 Wasserrechtsgesetz 1959 (WRG 1959)**

Im österreichischen Wasserrechtsgesetz von 1959 wird die Benutzung, die nachhaltige Bewirtschaftung zum Schutz und zur Reinhaltung, die Pflege und Abwehr, allgemeine wasserwirtschaftliche Verpflichtungen, Zustandserhebungen und die einzugsgebietsbezogene Durchführung und Planung von Maßnahmen für den Schutz, die Reinhaltung, die Abwehr und die Pflege der Gewässer rechtlich festgehalten. Die Ziele sind die Gesundheit der Menschen und Tiere zu schützen, das Landschaftsbild nicht zu beeinträchtigen und Schädigungen zu vermeiden, den Zustand der aquatischen Umwelt und deren abhängigen Feuchtgebiete und Landökosysteme nicht zu verschlechtern, sondern durch spezifische Maßnahmen zu verbessern und der Schutz der Wasserressourcen durch nachhaltige

Wassernutzung. Weiters wird festgelegt, dass Grundwasser und Quellwasser so zu schützen sind, damit es als Trinkwasser genutzt werden kann. (Bundesrepublik Österreich, 2018)

### **2.5.2.2 Allgemeine Abwasseremissionsverordnung (AAEV)**

Die AAEV legt allgemeine Begrenzungen für Abwasseremissionen in öffentliche Kanalisationen und in die Fließgewässer fest. Sie ist gültig für Einleitungen von Abwasser, Mischwasser, Niederschlagswasser, Grund- oder Tiefengrundwasser, Sickerwasser aus Abfalldeponien und wässrigen Kondensaten. Bei der Einleitung von Niederschlagswasser handelt es sich um jenes, das anthropogene Schadstoffe beinhaltet und von Oberflächen im Einzugsgebiet abgeschwemmt wurde. Beim Grund- oder Tiefengrundwasser gilt die Verordnung nur dann, wenn deren Eigenschaften das Fließgewässer beeinträchtigen oder schädigen. In dieser Verordnung werden allgemeine Grundsätze für die Behandlung von Abwasser und dessen Inhaltsstoffe, ihre generellen wasserwirtschaftlichen Anforderungen und die Überwachung der Abwasseremissionsbegrenzung geregelt. (Bundesrepublik Österreich, 2019c)

### **2.5.2.3 Indirekteinleiterverordnung (IEV)**

Die IEV gilt für die Abwassereinleitung in die wasserrechtlich genehmigte Kanalisation eines anderen, wenn die Beschaffenheit des Abwassers vom häuslichen Abwasser mehr als geringfügig abweicht. Dabei ist unter Abwasser jenes Wasser zu verstehen, deren Beschaffenheit durch nicht natürliche Prozesse derart verändert wird, sodass eine Beeinträchtigung oder Schädigung der Beschaffenheit von Gewässern besteht. Zum häuslichen Abwasser zählt Abwasser in privaten Haushalten aus Waschräumen, Waschküchen, Küchen und Sanitärräumen oder in öffentlichen Gebäuden, landwirtschaftlichen Betrieben, Industrie- und Gewerbebetrieben oder sonstigen Betrieben mit vergleichbarer Beschaffenheit des Abwassers. Die IEV regelt die Mitteilungs- und Bewilligungspflicht, die Mengenschwellen in öffentliche Kanalisationen, die Überwachung von Indirekteinleitungen, die wasserrechtlich nicht bewilligungspflichtig sind, und die Pflichten des Indirekteinleiters und des Kanalisationsunternehmens. (Bundesrepublik Österreich, 2019b)

### **2.5.2.4 Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (GZÜV)**

Die GZÜV legt die Überwachungsgrundsätze für die Erhebung des Zustandes von Oberflächengewässern und vom Grundwasser fest. Dazu zählen Kriterien für die Frequenz und den Zeitraum einer Messung, Parameter die zu überwachen sind und Regelungen für die Messstelleneinrichtung. Ebenfalls werden Verfahren und Methoden festgelegt, wie eine Probe zu entnehmen bzw. zu analysieren ist und wie die Messdaten auszuwerten sind. Kriterien für die Datenverarbeitung und

Datenübermittlung werden ebenso in dieser Verordnung geregelt. Die Ergebnisse der Messungen dienen als Basis für die Beurteilung der Wasserkörperzustände. Für den Zeitraum von nationalen Gewässerbewirtschaftungsplänen (NGP) sind Überwachungsprogramme zu erstellen, die der Überwachung des chemischen und ökologischen Zustandes der Gewässer dienen. Sie dienen der operativen Überwachung und sind ein wichtiges Instrument für die wasserwirtschaftliche Planung, um die Zustände der Gewässer beurteilen zu können und Informationen für die Erstellung und Wirksamkeit von Maßnahmenprogrammen zu erhalten. Die Verordnung ist für alle Oberflächenwasserkörper, einschließlich künstliche oder veränderte Oberflächenwasserkörper und die festgelegten Grundwasserkörper, gültig. (Bundesrepublik Österreich, 2019g)

#### **2.5.2.5 Qualitätszielverordnungen (QZV)**

Die **Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser** (QZV Chemie GW) hat das Ziel, einen guten chemischen Zustand des Grundwassers zu erreichen und deren Verschlechterung zu vermeiden. Die Festlegung von Schwellenwerten für Schadstoffe, Kriterien zur Ermittlung und Beurteilung von Messergebnissen, Maßnahmen zur Begrenzung oder Verhinderung von Schadstoffeinträgen und Untersuchungs- bzw. Überwachungspflichten der Stoffeinbringung in das Grundwasser sollen die Verschmutzung des Grundwassers verhindern. (Bundesrepublik Österreich, 2019d)

Die **Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer** (QZV Chemie OG) legt den Zielzustand für alle Oberflächenwasserkörper anhand von Umweltqualitätsnormen fest. Diese Umweltqualitätsnormen beschreiben den guten chemischen Zustand von Schadstoffen die unionsrechtlich geregelt sind und der chemischen Komponenten für einen guten ökologischen Zustand von synthetischen und nicht synthetischen Schadstoffen in Oberflächengewässern.

Im Anhang D können die Umweltqualitätsnormen zu den einzelnen Stoffen der Tabelle 5-6 bis Tabelle 5-9 entnommen werden. (Bundesrepublik Österreich, 2019f)

In der **Qualitätszielverordnung Ökologie Oberflächengewässer** (QZV Ökologie OG) wird ein zu erreichender ökologischer Zielzustand festgelegt, der durch hydromorphologische und biologische Werte und allgemeine physikalisch-chemische Qualitätskomponenten anzustreben ist. Durch diese Verordnung kann die Qualität der Oberflächengewässer beurteilt und das Verschlechterungsverbot eingehalten werden. (Bundesrepublik Österreich, 2019e)

#### **2.5.2.6 Emissionsregisterverordnung Oberflächenwasserkörper (EmRegV-OW)**

Die EmRegV-OW hat als elektronisches Register das Ziel, alle wesentlichen Belastungen durch Stoffemissionen aus Punktquellen in Oberflächenwasserkörper

zu erfassen. Dabei wird unter Punktquelle „eine verortbare Einwirkung auf die Beschaffenheit eines Oberflächengewässers durch die direkte oder indirekte Einbringung von Schadstoffen unter Verwendung technischer Anlagen wie z. B. Abwassereinleitungen oder Einleitungen von Deponiesickerwasser“ (Bundesrepublik Österreich, 2019h) verstanden. Es dient als Grundlage zur Erstellung nationaler Gewässerbewirtschaftungspläne (NGP) und Maßnahmenprogramme und um die gemeinschaftsrechtlichen Berichtspflichten der Wasserrahmenrichtlinie zu erfüllen. Die Verordnung regelt die Registerpflicht, die Datenerfassung, die Ermittlung der Jahresfrachten, die Häufigkeit der Messungen und die Erfordernisse an die Wassermengenerfassung. (Bundesrepublik Österreich, 2019h)

### 2.5.2.7 Methodenverordnung Wasser (MVW)

Die MVW hat das Ziel, die Methodenvorschriften und technischen Normen der Probenahme, Probebehandlung, Analyse, Qualitätssicherung, Überwachungen und weiteren Methoden aus den Verordnungen, die auf dem Wasserrechtsgesetz basieren, zentral zusammenzufassen. Darunter fällt die AAEV, die EmRegV-OW, die GZÜV und die QZV Chemie OG, Chemie GW und Ökologie OG. Der Anhang dieser Verordnung enthält ein Verzeichnis über alle technischen Normen und Methodenvorschriften, die anzuwenden sind. (Bundesrepublik Österreich, 2019a)

### 2.5.3 Gesetze und Verordnungen in Deutschland

In Deutschland werden die Richtlinien der Europäischen Union im Wasserhaushaltsgesetz (WHG) und in den darauf basierenden Verordnungen umgesetzt.

Das **Wasserhaushaltsgesetz (WHG)** hat den Zweck, die Gewässer durch nachhaltige Gewässerbewirtschaftung zu schützen, um den Lebensraum der Tiere und Pflanzen, die Lebensgrundlage des Menschen und die Verwendung als nutzbares Gut zu erhalten. Das Gesetz gilt für oberirdische Gewässer, Grundwasser, Küstengewässer und zum Teil für Meeresgewässer und regelt unter anderem die Bewirtschaftung von Gewässern, die Abwasserbeseitigung, den Umgang mit gefährlichen Stoffen für die Gewässer, die öffentliche Wasserversorgung, die Festlegung von Wasserschutzgebieten, den Umgang mit Hochwasser und diverse Maßnahmenprogramme, die laut WRRL umzusetzen sind. (Bundesrepublik Deutschland, 2018a)

Die Mindestanforderungen der Abwassereinleitung in Gewässer sowie die Anforderungen an die Abwasseranlagen in Bezug auf Errichtung, Betrieb und Benützung wird in der **Abwasserverordnung (AbwV)** geregelt. (Bundesrepublik Deutschland, 2018b)

Die **Grundwasserverordnung (GrwV)** (Bundesrepublik Deutschland, 2017) und die **Oberflächengewässerverordnung (OGewV)** (Bundesrepublik Deutschland, 2016) dienen dazu, einen guten ökologischen und chemischen Zustand im



Grundwasser und in den Oberflächengewässern im Sinne der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) erzielen zu können und regeln die Anforderungen für die Gewässerüberwachung die von der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) verlangt wird. Um einen guten ökologischen und chemischen Gewässerzustand zu erreichen, sind die Umweltqualitätsnormen, die im Anhang E der Tabelle 5-10 und Tabelle 5-11 zu entnehmen sind, einzuhalten.

#### 2.5.4 Gesetze und Verordnungen in der Schweiz

Um die ober- und unterirdischen Gewässer vor schädlichen Einwirkungen zu schützen, muss in der Schweiz das **Gewässerschutzgesetz (GSchG)** eingehalten werden. Es hat den Zweck, die Gesundheit der Menschen, Tiere und Pflanzen zu schützen, sowie die Sicherstellung von Trink- und Brauchwasser, die Erhaltung der natürlichen Lebensräume der Tier- und Pflanzenwelt, die Erhaltung von Fischgewässern und die Gewässererhaltung als Landschaftselement. Weiters beinhaltet das Gesetz die Regelung der landwirtschaftlichen Bewässerung, die Nutzung der Oberflächengewässer zur Erholung und die Sicherstellung der Funktionalität des natürlichen Wasserkreislaufs. Das Gesetz regelt die Reinhaltung der Gewässer, worunter das Einleiten, das Versickern und Einbringen von Stoffen und die Behandlung des Abwassers fällt. Weiters umfasst es die abwassertechnischen Voraussetzungen von Baubewilligungenerteilungen, den Umgang mit Flüssigkeiten, die das Gewässer gefährden, die Bodenbewirtschaftung, Maßnahmen zur Einhaltung der vorgegebenen Wasserqualität, die angemessene Restwassermengensicherung und den planerischen Schutz der Gewässer, welche die Punkte Gewässerschutzbereiche, Grundwasserschutzzonen und Grundwasserschutzareale enthalten. (Bundesversammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft, 2020)

Gestützt auf dem Gewässerschutzgesetz (GSchG) regelt die **Gewässerschutzverordnung (GSchV)** die Wasserqualitätsanforderungen, die ökologischen Ziele der Gewässer, die Abwasserbeseitigung, die Klärschlamm Entsorgung, die Betriebsanforderungen mit Nutztierhaltung, den planerischen Gewässerschutz, die angemessene Restwassermengensicherung, die Behebung und Verhinderung schädlicher Einwirkungen auf Gewässer und die Gewährung der Bundesbeiträge. Ein weiterer wesentlicher Punkt dieser Verordnung ist, dass der Reinigungseffekt in kommunalen ARAs von organischen Spurenstoffen, bezogen auf das Rohabwasser, 80 % betragen muss. Dies gilt für all jene kommunalen ARAs, die mit Einrichtungen für diese Elimination (vierte Reinigungsstufe) ausgestattet sind. Ob eine ARA mit einer vierten Reinigungsstufe ausgestattet ist bzw. wird, hängt einerseits von den angeschlossenen Einwohnern an die ARA und andererseits von der Belastung der Gewässer ab und wird in der GSchV geregelt. (Schweizerische Bundesrat, 2020)

Der Reinigungseffekt kann anhand ausgewählter Stoffe gemessen werden. Die zu messenden Spurenstoffe und die Berechnung des Reinigungseffekts werden

in der „**Verordnung des UVEK zur Überprüfung des Reinigungseffekts von Maßnahmen zur Elimination von organischen Spurenstoffen bei Abwasserreinigungsanlagen**“ geregelt (Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK), 2016). Die ausgewählten Stoffe werden in die Kategorien sehr gut eliminierbare und gut eliminierbare Substanzen eingeteilt und können der Tabelle 2-2 entnommen werden.

Tabelle 2-2: Für den Reinigungseffekt zu messende Substanzen aus der Verordnung des UVEK (Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK), 2016)

Sehr gut eliminierbare Substanzen	Gut eliminierbare Substanzen
Amisulprid (CAS-Nr. 71675-85-9)	Benzotriazol (CAS-Nr. 95-14-7),
Carbamazepin (CAS-Nr. 298-46-4)	Candesartan (CAS-Nr. 139481-59-7),
Citalopram (CAS-Nr. 59729-33-8)	Irbesartan (CAS-Nr. 138402-11-6),
Clarithromycin (CAS-Nr. 81103-11-9)	4-Methylbenzotriazol (CAS-Nr. 29878-31-7) und 5-Methylbenzotriazol (CAS-Nr. 136-85-62) als Gemisch
Diclofenac (CAS-Nr. 15307-86-5)	
Hydrochlorothiazid (CAS-Nr. 58-93-5)	
Metoprolol (CAS-Nr. 37350-58-6)	
Venlafaxin (CAS-Nr. 93413-69-5)	

CAS: Chemical Abstracts Service

Aufgrund der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) ist im Jahr 2018 eine Änderung der **Gewässerschutzverordnung (GSchV)** in Kraft getreten. Dabei wurde die Liste mit den Stoffen zur Einhaltung der Gewässerqualität um 55 organische Spurenstoffe und ihre Grenzwerte erweitert. Zuvor gab es nur Grenzwerte zu Nitrat und sieben Schwermetallen. Unter diesen erweiterten Stoffen befinden sich vier Industriechemikalien, 13 Human- und Veterinärarzneimittel und 38 organische Pestizide. Auch wenn die Schweiz gegenüber der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) keine Verpflichtungen hat, verfolgt diese Änderung dieselbe Stoßrichtung. (Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK), 2017)

Die Liste der Stoffe und ihre Grenzwerte können im Anhang F der Tabelle 5-12 entnommen werden.

## 2.6 Probenahme von Gewässern

In Österreich muss die Qualität von Oberflächen- und Grundwasser regelmäßig überwacht werden. Die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL), das Wasserrechtsgesetz (WRG 1959) und die Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (GZÜV) stellen hierfür die gesetzlichen Rahmenbedingungen dar. Für die analytischen

Ergebnisse von Wasserproben ist eine korrekte Probenahme von großer Wichtigkeit, da jeder Fehler, der bei der Entnahme entsteht, durch analytische Methoden nicht korrigiert und somit das Ergebnis verfälscht werden kann. Um Wasserproben sach- und qualitätsgerecht entnehmen zu können, muss der Probenehmer mindestens eine Ausbildung als Chemielaborant vorweisen. Weitere Qualifikationen sind laufende Schulungen, Qualitätsbewusstsein und spezielle Kenntnisse, da in seinen Verantwortungsbereich nicht nur die Probenahme, sondern auch die Planung und Vorbereitung, die Koordinierung mit dem Labor, die richtige Lagerung bzw. der Transport und die Übergabe der Proben an die Auftraggeber oder an das Labor fällt. Ein begleitender Prozess über alle Teilbereiche ist die Qualitätssicherung und die Arbeitssicherheit, die in allen Belangen einzuhalten sind. (BMLFUW, 2015)

Für die korrekte Probenahme von Grundwasser, Oberflächenwasser und Sedimente gibt es international gültigen Normen, welche bei der Durchführung verbindlich einzuhalten sind. Im „Probennahmehandbuch Chemie Wasser“ (BMLFUW, 2015) können alle relevanten Normen entnommen werden.

Die Probenahme bildet die Basis für alle weiteren Schritte, die für ein analytisches Ergebnis notwendig sind und stellt somit auch die bedeutendste Fehlerquelle dar. In Abbildung 2-10 werden die Auswirkungen von Fehlern von der Probenahme bis hin zur Analytik veranschaulicht. Es ist ersichtlich, dass das Ausmaß von der Probenahme im Vergleich zur Analytik deutlich größer ist. Dazwischen können noch Fehler bei der Lagerung, dem Transport, der Konservierung oder der Vorbereitung der Proben entstehen. (BMLFUW, 2015)

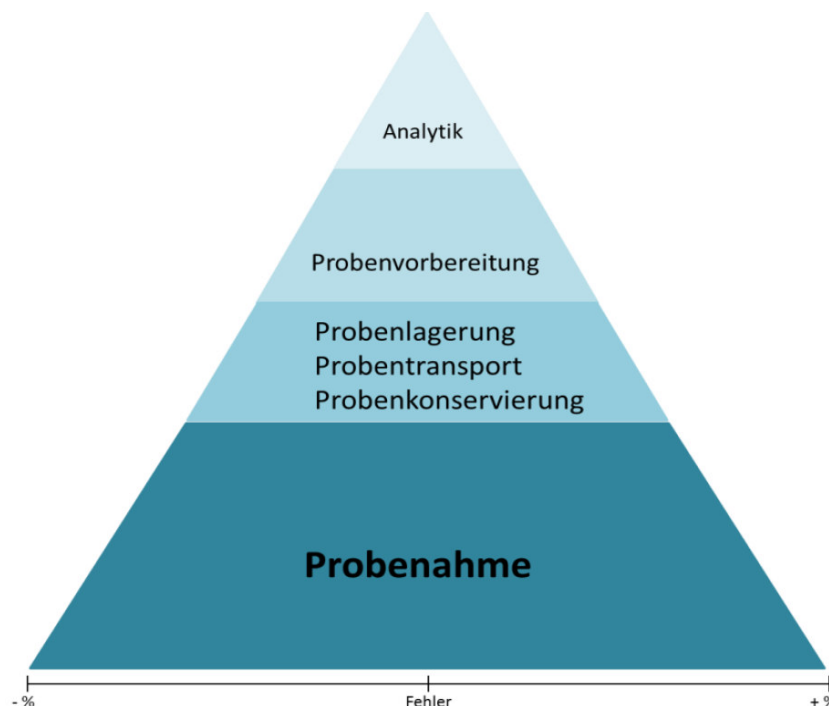


Abbildung 2-10: Mögliche Fehlerquellen und deren Auswirkungen bei der Probenahme und bei der Analytik (BMLFUW, 2015)

Potenzielle Fehler können Kontamination, Verluste, methodische oder logistische, messstellentypische oder allgemeine Fehler sein. Was darunter zu verstehen ist, wird in der Tabelle 2-3 beispielhaft aufgezeigt.

Tabelle 2-3: Potenzielle Fehler in Bezug auf die Probeentnahme (BMLFUW, 2015)

<b>Allgemeine Fehler</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Messstellenverwechslung – Gewinn einer falschen Probe</li><li>• Falsche Beschriftung – Probenverwechslung</li><li>• Falsche Parameterauswahl</li></ul>
<b>Kontamination durch Stoffeintrag</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Schlechte Reinigung von Behältern oder Geräten - Verschleppung von Stoffen</li><li>• Verwendung von Behältern und Geräten aus ungeeigneten Materialien</li><li>• Vertauschung von Behälterverschlüssen</li></ul>
<b>Verluste durch den Austrag von Stoffen</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Falsche Probenahmetechnik - Entweichung von leichtflüchtigen Bestandteilen beim Befüllen</li><li>• Verwendung falscher Verschlüsse der Gefäße - Entweichung von leichtflüchtigen Bestandteilen</li><li>• Diffusion in und durch das Gefäß (auch umgekehrt)</li></ul>
<b>Methodische oder logistische Fehler</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Unvollständiges Probenahmeprotokoll</li><li>• Falsche Methode der Probenkonservierung</li><li>• Falsche Lagerung bzw. Transport der Probe</li></ul>
<b>Messstellentypische Fehler</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Probenahmezeitpunkt oder Probenahmestelle ist nicht repräsentativ</li><li>• Verunreinigung oder Beschädigung der Messstelle</li><li>• Falscher Messstellenaufbau</li></ul>

### 3 Stoffeinträge in die Oberflächengewässer

Dieses Kapitel befasst sich auf Basis der durchgeführten Literaturrecherche mit der qualitativen und quantitativen Auswertung von Spurenstoffen in Oberflächengewässern. Der Fokus liegt hierbei auf den geografischen D-A-CH – Raum, doch auch die gefundenen Daten aus anderen Ländern werden betrachtet und miteinander verglichen. Es werden die wesentlichen Daten der Studien gegenübergestellt und die einzelnen Stoffe, nach Stoffgruppen gegliedert und den beiden Eintragspfaden Mischwasserentlastung oder Niederschlagswassereinleitung zugeordnet. Anschließend wird auf die einzelnen Stoffgruppen und ihre Auswertung näher eingegangen. Den Abschluss bildet ein Vergleich der angegebenen Stoffkonzentrationen ausgewählter Studien mit den zulässigen Jahresdurchschnittswerten (JD-UQN) nach der WRRL.

#### 3.1 Methodik

Die Ergebnisse der Zuordnung der Spurenstoffe zu den Eintragspfaden Mischwasserentlastung und Niederschlagswassereinleitung basieren auf einer umfangreichen Literaturrecherche, die über den europäischen Raum hinausgeht und sich vor allem auf den urbanen Raum bezieht. Nicht alle Untersuchungen befassen sich mit beiden Eintragspfaden und auch bei den betrachteten Stoffen gibt es große Unterschiede, da sich manche Studien nur auf bestimmte Stoffgruppen konzentrieren. In Tabelle 3-1 werden die wesentlichen Daten der einzelnen Studien gegenübergestellt. Dabei ist zu erkennen, dass insgesamt Daten von 1969 bis 2018 in unterschiedlichsten Ländern erhoben werden konnten.

Bereits im Jahr 2002 hat Brombach & Fuchs einen weltweiten Datenpool von gemessenen Konzentrationen in Mischwasserkanalisationen und Niederschlagswasser in Trennkanalisationen aufgebaut, wobei die ältesten von Ihnen erfassten Daten aus dem Jahr 1969 stammen. Für den Datenpool wurden 425 Berichte betrachtet, wovon ca. 100 unbrauchbar waren, da die Daten nicht gemessen oder nicht veröffentlicht wurden, nicht nachvollziehbar waren oder aus Simulationsrechnungen resultierten und daher verworfen wurden. Gemessene Daten vor dem Jahr 1969 wurden aufgrund der Veränderungen in den analytischen Bestimmungsmöglichkeiten und der Art des Schmutzanfalls nicht weiter betrachtet.

Auch in der USA gibt es seit 1977 Aufzeichnungen zu Niederschlagswasserabflüssen, die in einer Datenbank (NSQD) gesammelt werden und öffentlich zugänglich sind. Die Datenbank wurde das letzte Mal im Jänner 2015 aktualisiert und besteht aus ca. 9100 städtischen Abflussereignissen in den USA. (Clary et al., 2018)

Zu Stauer & Ort, (2012) kann kein konkreter Untersuchungszeitraum angegeben werden, da sich das Faktenblatt auf mehrere, teilweise unveröffentlichte, Studien in der Schweiz bezieht.

Tabelle 3-1: Die wesentlichen Stoffgruppen in den recherchierten Studien

	Untersuchte Stoffgruppe																		
<b>Literatur</b>																			
<b>Land</b>																			
<b>Untersuchungszeitraum</b>																			
<b>Eintragspfad</b>																			
M	X	X	X	X				X	X	X				X	X	X		X	
IC	X	X	X	X	X		X	X		X				X	X	X	X	X	X
PH	X	X	X	X	X					X					X	X			
PBDE	X	X	X							X				X		X			
OV	X	X	X							X					X	X			
PAKs	X	X	X	X	X			X	X	X				X	X	X	X		
PT		X																	
H	X							X											X
AM		X	X	X	X		X	X											X
KM		X			X			X											X
P	X	X	X	X	X		X	X		X	X	X	X	X	X	X			X
OP			X		X	X												X	X
PCB			X		X										X	X			
KS		X	X	X	X													X	X
KP					X													X	X
S			X						X									X	X

\*CH, D, DK, BG, HU, SE, FR, NL, GB, NO, PL, AU, BR, CA, US, JP, SA, SG, KR  
 MW: Mischwasserentlastung, NW: Niederschlagswassereinleitung  
 M: Metalle, IC: Industriechemikalien, PH: Phthalate, PBDE: Polybromierte Diphenylether, OV: Organozinnverbindungen, PAKs: Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe, PT: Perfluorierte Tenside, H: Hormone, AM: Arzneimittel, KM: Kontrastmittel, P: Pestizide, OP: Organophosphate, PCB: Polychlorierte Biphenyle, KS: künstlicher Süßstoff, KP: Kosmetikprodukte, S: Sonstige Stoffe

Der erste Schritt bei der Auswertung der Literaturrecherche war eine Auflistung aller Stoffe, die in den jeweiligen Studien untersucht worden sind. Die erhaltenen Spurenstoffe wurden unterschiedlichen Stoffgruppen zugeordnet, wobei sich die Zuordnung an den Studien orientierte. Da ein untersuchter Stoff nicht in jeder Studie der gleichen Stoffgruppe zugeordnet wurde, kann die Zuordnung in dieser Arbeit zu den Studien abweichen. Die Auflistung aller untersuchten Spurenstoffe und ihre Stoffgruppen sind im Anhang G Tabelle 5-13 zu finden.

Anschließend wurde untersucht, ob zu den dokumentierten Spurenstoffen in den Studien Grenzwerte in den Gesetzen der jeweiligen Länder vorliegen. Dabei hat sich herausgestellt, dass sich unter den ermittelten Stoffen auch prioritär oder prioritär gefährliche Stoffe befinden, und dass es zu einigen der Spurenstoffe auch Umweltqualitätsnormen oder Grenzwerte gibt. In Tabelle 5-14 im Anhang G wurde dieser Schritt umgesetzt und soll auf einen Blick zeigen, für welche Stoffe Grenzwerte in den jeweiligen Gesetzen festgelegt sind, und ob es sich dabei um prioritär bzw. prioritär gefährliche Stoffe handelt.

Basierend auf Tabelle 5-13 im Anhang G werden im Kapitel 3.2 nur noch jene Spurenstoffe betrachtet, die in den Studien für den Eintragspfad Mischwasserentlastungen oder Niederschlagswassereinleitungen detektiert worden sind. Es ist möglich, dass manche Proben auf gewisse Spurenstoffe hin untersucht wurden, jedoch keine Stoffkonzentrationen gemessen wurden. Das kann den Grund haben, dass der Spurenstoff in der Probe nicht vorhanden war oder dass die Konzentration für die Analyse zu gering war, um vom Analysator gemessen werden zu können. Deswegen besteht auch eine gewisse Schwankungsbreite, die der verwendeten Messmethodik zugrunde liegt.

Tabelle 5-15 im Anhang G zeigt, welche Spurenstoffe bezüglich der Eintragspfade Mischwasserentlastungen und Niederschlagswassereinleitungen detektiert worden sind. Da sich die Arbeit vor allem auf den geografischen D-A-CH – Raum bezieht, wurden die Daten von den Ländern Deutschland, Österreich und der Schweiz zusammengefasst und sind in der Tabelle 5-15 im Anhang G unter „geografisches Gebiet 1“ zu finden. Die Daten der restlichen Länder wurden in weitere Länder innerhalb Europas (geografisches Gebiet 2) und Länder außerhalb Europas (geografisches Gebiet 3) zusammengefasst. Somit ist es möglich, Vergleiche zwischen den Gebieten anzustellen. Für den geografischen D-A-CH – Raum wurden die Daten von neun Studien herangezogen, darunter sind in sieben Studien Daten zu Mischwasserentlastungen und in sieben Studien Daten zu Niederschlagswassereinleitungen zu finden. Die Daten von den weiteren Ländern innerhalb Europas resultieren ebenfalls aus sieben weiteren Studien, darunter werden in vier Studien Daten zu Mischwasserentlastungen und in sechs Studien Daten zu Niederschlagswassereinleitungen angegeben. Für die Daten außerhalb Europas wurden vier Studien herangezogen, wovon Daten zu Mischwasserentlastungen in drei dieser Studien und für Niederschlagswassereinleitungen in zwei der Studien zu finden sind.

## Stoffeinträge in die Oberflächengewässer

Die untersuchten Stoffgruppen der drei geografischen Gebiete variieren, wodurch es nicht möglich ist, jedes geografische Gebiet mit jeder Stoffgruppe zu vergleichen. Des Weiteren wurden in zwei untersuchten Stoffgruppen, keine Spurenstoffe bezüglich der Eintragspfade Mischwasserentlastungen und Niederschlagswassereinleitungen detektiert. Dabei handelt es sich um die Polychlorierten Biphenyle im geografischen Gebiet 1 und die Hormone im geografischen Gebiet 3. Eine Übersicht der untersuchten und detektierten Stoffgruppen in den drei geografischen Gebieten stellt Tabelle 3-2 dar.

Tabelle 3-2: Untersuchte und detektierte Stoffgruppen in den drei zusammengefassten geografischen Gebieten

Stoffgruppe	Geografisches Gebiet 1		Geografisches Gebiet 2		Geografisches Gebiet 3	
	untersucht	detektiert	untersucht	detektiert	untersucht	detektiert
<b>Metalle</b>	X	MW/NW	X	MW/NW	X	MW/NW
<b>Industriechemikalien</b>	X	MW/NW	X	MW/NW	X	MW/NW
<b>Phthalate</b>	X	MW/NW	X	MW/NW		
<b>PBDE</b>	X	MW/NW	X	MW/NW		
<b>Organozinnverbindungen</b>	X	MW/NW	X	MW/NW		
<b>PAKs</b>	X	MW/NW	X	MW/NW	X	MW
<b>Perfluorierte Tenside</b>	X	MW/NW				
<b>Hormone</b>	X	MW/NW			X	
<b>Arzneimittel</b>	X	MW/NW			X	MW
<b>Kontrastmittel</b>	X	MW/NW			X	MW
<b>Pestizide</b>	X	MW/NW	X	MW/NW	X	MW
<b>Organophosphate</b>	X	MW/NW			X	MW
<b>PCB</b>	X		X	MW/NW		
<b>Künstlicher Süßstoff</b>	X	MW/NW			X	MW
<b>Kosmetikprodukte</b>	X	MW			X	MW
<b>Sonstige Spurenstoffe</b>	x	MW/NW	x	MW/NW	X	MW/NW

MW: Mischwasserentlastungen, NW: Niederschlagswassereinleitungen

In einem weiteren Schritt wurden die Stoffkonzentrationen in den recherchierten Studien betrachtet. Tabelle 5-16 bis Tabelle 5-23 im Anhang G zeigen die mittleren Konzentrationen oder den Median in  $\mu\text{g/L}$  der untersuchten Eintragspfade. Für diese Betrachtung wurden nur jene Studien herangezogen, bei denen konkrete Werte zu den Stoffkonzentrationen angegeben wurden. Die Studien Nickel & Fuchs (2019), Bohren et al. (2019), Stauer & Ort (2012), Bester et al. (2014a), Gasperi et al. (2012) und Ryu et al. (2014) wurden aufgrund ihrer fehlenden oder ungenauen Konzentrationsangaben nicht berücksichtigt. Zum Teil wurden die



Konzentrationen nur in Grafiken dargestellt bei denen die exakten Werte nicht abgelesen werden konnten.

## **3.2 Stoffgruppen**

Nachfolgend werden die untersuchten Stoffgruppen näher beschrieben und auf ihre Auswertung basierend auf der Tabelle 5-15 im Anhang G eingegangen. Zu den untersuchten Eintragspfaden in dieser Arbeit zählen Mischwasserentlastungen und Niederschlagswassereinleitungen.

### **3.2.1 Metalle**

Insgesamt wurden 30 unterschiedliche Metalle in den drei geografischen Gebieten und in den untersuchten Eintragspfaden gefunden. Spitzenreiter im geografischen Gebiet 1 sind Zink, Kupfer, Cadmium, Blei, Quecksilber, Nickel und Chrom. Genau für diese Spitzenreiter, die auch zu den Schwermetallen gehören, sind laut GSchV Grenzwerte einzuhalten und können Anhang F entnommen werden. Auch in der QVZ Chemie OG und OGewV gibt es zu diesen Stoffen Umweltqualitätsnormen, die eingehalten werden müssen. Dabei zählen Blei, Cadmium, Nickel und Quecksilber zu den Parametern, die bei Einhaltung der Grenzwerte für einen guten chemischen Zustand stehen und die Parameter Chrom, Kupfer und Zink zählen zu jenen, die über einen guten ökologischen Zustand entscheiden. Die Grenzwerte zu den jeweiligen Stoffen können Anhang D und E entnommen werden. Zur Beurteilung des guten ökologischen Zustandes zählen in Österreich und Deutschland auch die Parameter Arsen, Silber und Selen und in Deutschland auch noch Thallium, wobei in dieser Literaturrecherche Silber, Selen und Thallium im geografischen Gebiet 1 nicht gefunden wurden. Die Stoffe Blei und Nickel werden als prioritäre Stoffe und die Spurenstoffe Cadmium und Quecksilber werden als prioritär gefährliche Stoffe in der WRRL eingestuft. Sowohl für die prioritären als auch die prioritär gefährlichen Stoffe werden in der WRRL Umweltqualitätsnormen festgelegt und können dem Anhang B entnommen werden.

Abbildung 3-1 zeigt einen Vergleich der drei geografischen Gebiete über die detektierten Metalle in den untersuchten Eintragspfaden. Zum geografischen Gebiet 1 gibt es sieben Studien zu Mischwasserentlastungen und sieben Studien zu Niederschlagswassereinleitungen. In diesen wurde beispielweise das Schwermetall Zink im geografischen Gebiet 1 in fünf Studien zu Mischwasserentlastungen und in fünf Studien zu Niederschlagswassereinleitungen gefunden. Im geografischen Gebiet 2 wurde Zink in zwei von vier Studien zu Mischwasserentlastungen und in vier von sechs Studien zu Niederschlagswassereinleitungen gefunden. Für das geografische Gebiet 3 wurde Zink in einer von drei Studien zu Mischwasserentlastungen und in zwei von zwei Studien zu Niederschlagswassereinleitungen gefunden. Diese beispielhafte Erklärung gilt für die Abbildung 3-1 bis Abbildung 3-16.

## Stoffeinträge in die Oberflächengewässer

---

Betrachtet man alle geografischen Gebiete zusammen, kann insgesamt gesagt werden, dass die Stoffe Blei, Cadmium, Chrom, Eisen, Kupfer, Nickel, Quecksilber und Zink am häufigsten in der Stoffgruppe der Metalle detektiert worden sind.

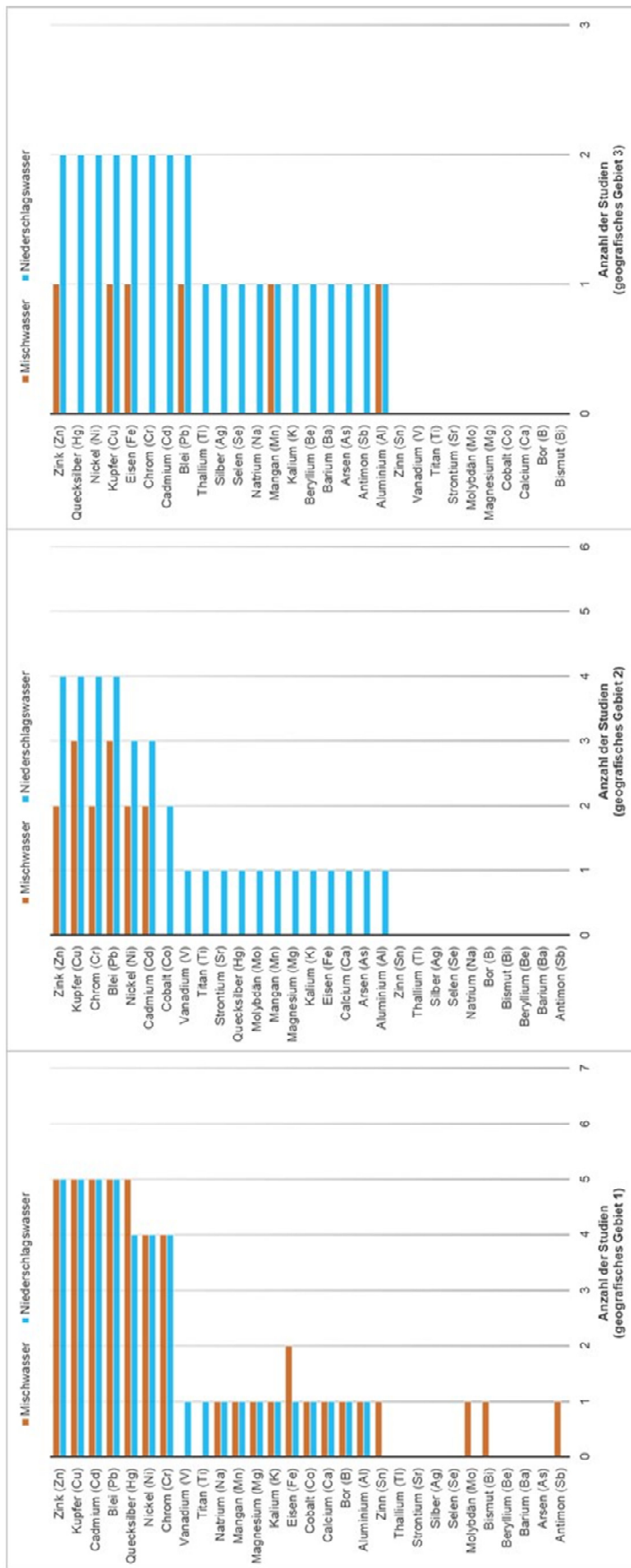


Abbildung 3-1: Häufigkeit der detektierten Metalle in den recherchierten Studien, welche über die beiden untersuchten Eintragspfade in die Oberflächengewässer gelangen können.

### 3.2.2 Industriechemikalien

Unter Industriechemikalien versteht man jene Stoffe, die in industriellen Fertigungsprozessen als Bestandteile, Zusatzmittel oder Hilfsmittel eingesetzt werden. Dazu zählen unter anderem Farbstoffe, Klebstoffe, Flammschutzmittel, Tenside oder Lösungsmittel. (IKSR, 2013)

In der europäischen Union wird die Zulassung, Registrierung, Bewertung oder Beschränkung dieser Industriechemikalien über die REACH-Verordnung geregelt. Genauere Informationen zur REACH-Verordnung können im Kapitel 2.5.1.3 entnommen werden.

Die Auswertung der Literaturrecherche hat ergeben, dass im geografischen Gebiet 1 Nonylphenole, Benzotriazol und Bisphenol-A in beiden Eintragspfaden am häufigsten detektiert worden sind. Für die Stoffe Benzotriazol, Bisphenol-A und Nonylphenole sind laut GSchV Grenzwerte einzuhalten. In der QVZ Chemie OG und in der OGewV gilt Nonylphenol als Parameter für den guten chemischen Zustand und wird in der WRRL als prioritär gefährlicher Stoff eingestuft. Bisphenol-A gilt hingegen nur in der QVZ Chemie OG als Parameter für den guten ökologischen Zustand. Weitere Stoffe, die detektiert worden sind, sind unter anderem Octylphenol und 4-tert-Octylphenol, die in der WRRL beide als prioritäre Stoffe eingestuft sind und in der QVZ Chemie OG und in der OGewV als Parameter für den guten chemischen Zustand stehen. 4-Nonylphenol wird in der WRRL als prioritär gefährlicher Stoff eingestuft und ist in der QVZ Chemie OG und in der OGewV ein Parameter für den guten chemischen Zustand. Als weiterer detektierter Spurenstoff ist beispielweise der Stoff Nitrotriacetinsäure zu nennen, welcher in der QVZ Chemie OG ein Parameter für den guten ökologischen Zustand darstellt und Methylbenzotriazol, wofür in der GSchV Grenzwerte festgelegt sind. Die Grenzwerte zu den eben genannten Stoffen können dem Anhang B, D, E und F entnommen werden.

Abbildung 3-2 zeigt die Gegenüberstellung der detektierten Industriechemikalien in den drei geografischen Gebieten. Im geografischen Gebiet 2 sind die Spitzenreiter Nonylphenol, Perchloroethylene, Nonylphenoldiethoxylat, Dichlormethan, Benzol, 4-tert-Octylphenol, Xylol und Trichlorethylen, die sich zum geografischen Gebiet 1 deutlich unterscheiden. Beim geografischen Gebiet 3 dominiert keine der detektierten Substanzen.

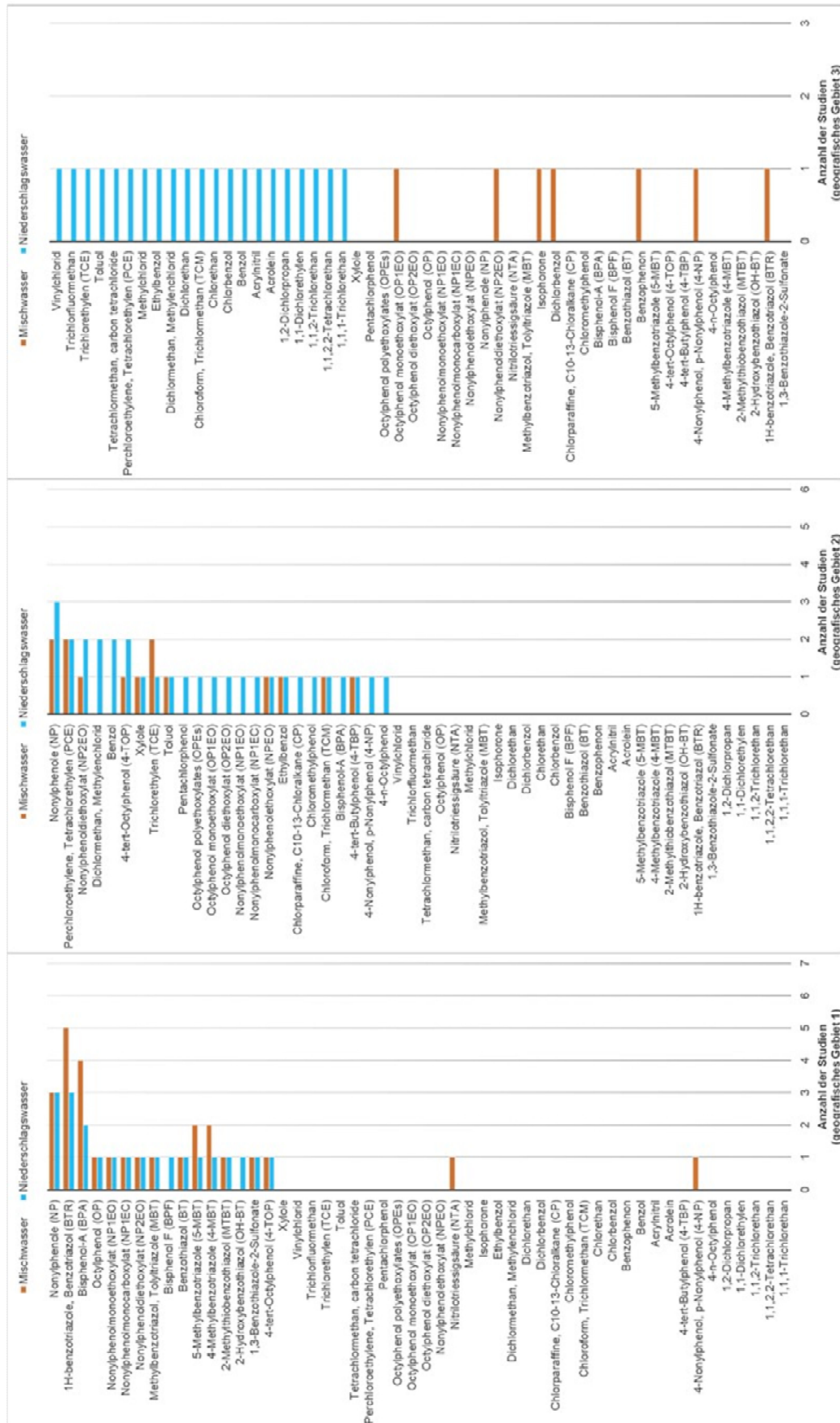


Abbildung 3-2: Häufigkeit der detektierten Industriechemikalien, welche über die beiden untersuchten Eintragspfade in die Oberflächengewässer gelangen können.

### 3.2.3 Phthalate

Phthalate gehören zu den weltweiten Industriechemikalien und werden in dieser Arbeit als eigenständige Stoffgruppe behandelt. Sie werden als Weichmacher in Kunststoffen eingesetzt und finden sich in Textilien, Kosmetika, Medikamenten, im Spielzeug oder in den Lebensmittelverpackungen wieder. Phthalate werden als höchst gesundheitsgefährdend eingestuft. Sie sind relativ beständig, fettlöslich und reichern sich in der aquatischen Umwelt vor allem in Sedimenten und in Fischen an und können auf diesem Wege in die Nahrungsketten gelangen. (Umweltbundesamt, 2020d)

Im geografischen Gebiet 1 und 2 konnten 12 Phthalate in den untersuchten beiden Eintragspfaden detektiert werden. Studien zum geografischen Gebiet 3 haben diese Stoffgruppe nicht untersucht. Abbildung 3-3 zeigt die Dominanz von Diethylhexylphthalat, welches in der WRRL als prioritär gefährlicher Stoff eingestuft wird und auch in der QVZ Chemie OG und OGewV einen Parameter für den guten chemischen Zustand darstellt. Die Grenzwerte zu den eben genannten Stoffen können dem Anhang B, D und E entnommen werden.

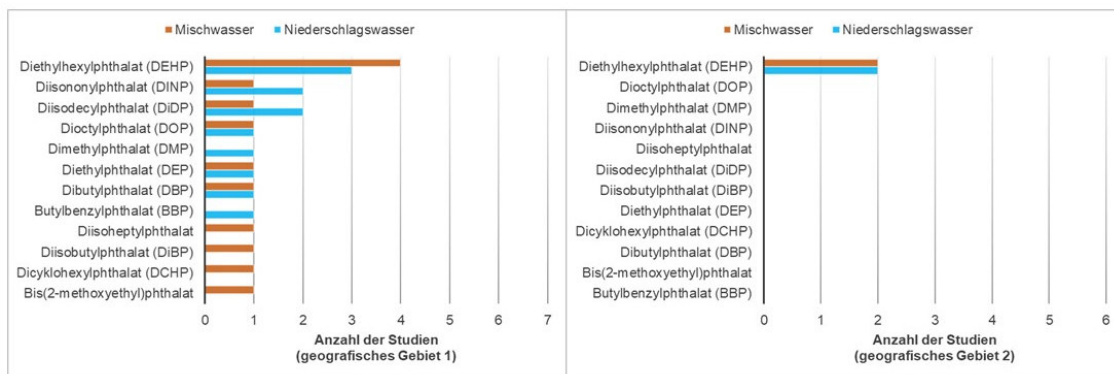


Abbildung 3-3: Häufigkeit der detektierten Phthalate, welche über die untersuchten beiden Eintragspfade in die Oberflächengewässer gelangen können.

### 3.2.4 Polybromierte Diphenylether (PBDE)

Bei den polybromierten Diphenylethern handelt es sich um bromhaltige organische Chemikalien, welche in vielen Textilien und Kunststoffen als Flammschutzmittel eingesetzt werden. Auch wenn die Anwendung dieser Stoffe in der europäischen Union mittlerweile verboten ist, sind noch immer zahlreiche Produkte aus PBDE im Umlauf, wodurch die Stoffe durch unsachgemäße Entsorgung in die Umwelt gelangen können. Insgesamt gibt es mehr als 200 unterschiedliche Einzelverbindungen, auch Kongenere genannt. (Umweltbundesamt, 2020b)

In den geografischen Gebieten 1 und 2 konnten insgesamt 19 Stoffe detektiert werden. Eine Tendenz von häufig detektierten Kongeneren lässt sich allerdings nicht erkennen, auch deswegen nicht, da in manchen Studien nur von der Summe der polybromierten Diphenylether ausgegangen und nicht näher auf die

einzelnen Kongeneren eingegangen wird. Studien zum geografischen Gebiet 3 haben diese Stoffgruppe nicht untersucht.

Für die WRRL handelt es sich hierbei um eine wichtige Stoffgruppe, da die Tetra-, Penta-, Hexa- und Heptabromodiphenylether und Hexabromcyclododecan hier als prioritär gefährliche Stoffe eingestuft werden. Umweltqualitätsnormen in der WRRL, QVZ Chemie OG und OGewV gibt es zu BDE 28, BDE 47, BDE 99, BDE 100, BDE 153, BDE 154 und Hexabromcyclododecan. Die jeweiligen Grenzwerte können dem Anhang B, D und E entnommen werden.

Abbildung 3-4 zeigt die Gegenüberstellung der detektierten polybromierten Diphenylether in den untersuchten beiden Eintragspfaden in den geografischen Gebieten 1 und 2.

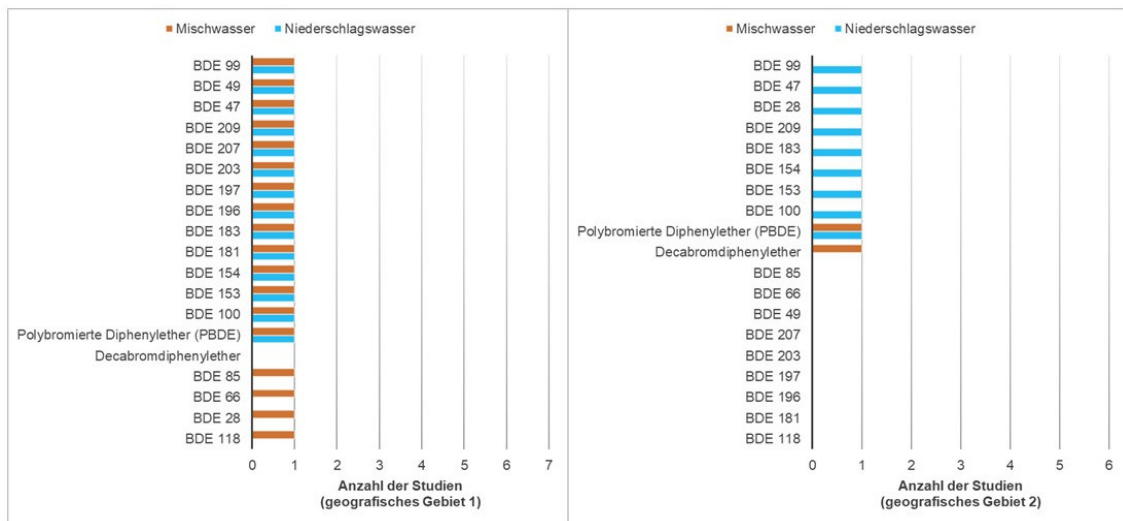


Abbildung 3-4: Häufigkeit der detektierten PBDE, welche über die untersuchten beiden Eintragspfade in die Oberflächengewässer gelangen können.

### 3.2.5 Organozinnverbindungen

Bei Organozinnverbindungen handelt es sich um Industriechemikalien, welche zur Stabilisation von PVC-Kunststoffen, in Antifouling Farben, zur Imprägnierung, in Schädlingsbekämpfungsmitteln oder als Katalysator verwendet werden. In den letzten Jahren ist die Produktion weltweit stark gestiegen, wodurch es möglich ist, dass große Mengen von Organozinnverbindungen in die Umwelt gelangen können. (Umweltbundesamt, 2020b)

Insgesamt konnten sechs Verbindungen in den untersuchten Eintragspfaden in den geografischen Gebieten 1 und 2 detektiert werden. In den Studien vom geografischen Gebiet 3 wurde diese Stoffgruppe nicht untersucht. In Abbildung 3-5 ist der Vergleich der detektierten Stoffe zwischen den Gebieten 1 und 2 dargestellt. Am häufigsten sind die Tributyl-, Dibutyl- und Monobutylzinnverbindungen detektiert worden.



In der WRRL, QVZ Chemie OG und OGewV sind Umweltqualitätsnormen für Tributylzinnverbindungen festgelegt und in der WRRL ist diese Verbindung als prioritär gefährlicher Stoff eingestuft. Weitere Umweltqualitätsnormen gibt es für Dibutylzinnverbindungen als Parameter für den guten ökologischen Zustand in der QVZ Chemie OG und für Triphenylzinnverbindungen als Parameter für den guten ökologischen Zustand in der OGewV. Die jeweiligen Grenzwerte können dem Anhang B, D und E entnommen werden.

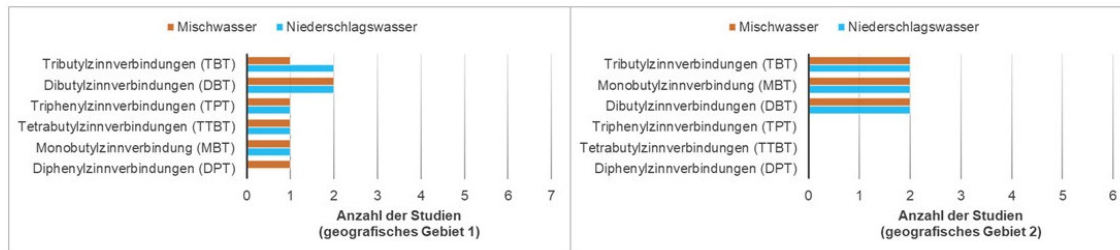


Abbildung 3-5: Häufigkeit der detektierten Organozinnverbindungen, welche über die beiden untersuchten Eintragspfade in die Oberflächengewässer gelangen können.

### 3.2.6 Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe sind allgegenwärtig und entstehen, wenn organische Materialien wie Kohle, Holz oder Öl nicht vollständig verbrennen. Emissionen, die durch den Menschen entstehen stammen hauptsächlich von Tabakrauch, Kleinf Feuerungsanlagen, Feuerstellen oder industriellen Prozessen. Produkte, die beim Verbraucher landen, beinhalten polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe unter anderem als Weichmacher in Kunststoffen oder Gummi. Ein klassisches Beispiel ist der Abrieb der Autoreifen, wodurch polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe in die Umwelt gelangen können. Eine weitere negative Wirkung von PAK auf die Umwelt ist, dass diese nicht nur persistent, bioakkumulierend und toxisch sein können, sondern auch, dass viele von ihnen erbgutverändernde, krebserregende und fortpflanzungsgefährdende Eigenschaften besitzen. (Umweltbundesamt, 2016)

Insgesamt konnten 21 unterschiedliche polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe in den untersuchten Eintragspfaden detektiert werden. Wenn polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe untersucht werden, dann vorwiegend Acenaphthen, Acenaphthylen, Anthracen, Benzo[a]anthracen, Benzo[a]pyren, Benzo[b]fluoranthen, Benzo[g,h,i]perylen, Benzo[k]fluoranthen, Chrysen, Dibenz[a,h]anthracen, Fluoranthen, Fluoren, Indeno[1,2,3-c,d]pyren, Naphthalin, Phenanthren und Pyren. Wie in Abbildung 3-6 zu sehen ist, wurden diese 16 polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe auch am häufigsten in den geografischen Gebieten 1 und 2 detektiert. Für Acenaphthen, Benzo[a]pyren, Benzo[b]fluoranthen, Benzo[g,h,i]perylen, Benzo[k]fluoranthen, Fluoranthen, Indeno[1,2,3-c,d]pyren und Naphthalin sind die Umweltqualitätsnormen laut WRRL, QVZ Chemie OG und OGewV einzuhalten. Bis auf Fluoranthen und



Naphthalin wurden all diese Stoffe in der WRRL als prioritäre gefährliche Stoffe eingestuft. Fluoranthren und Naphthalin wurden nur als prioritäre Stoffe eingestuft. Weiters ist in der OGewV verankert, dass Phenanthren einen Parameter für den guten ökologischen Zustand darstellt. Die Grenzwerte zu den eben genannten Stoffen können dem Anhang B, D und E entnommen werden.

# Stoffeinträge in die Oberflächengewässer

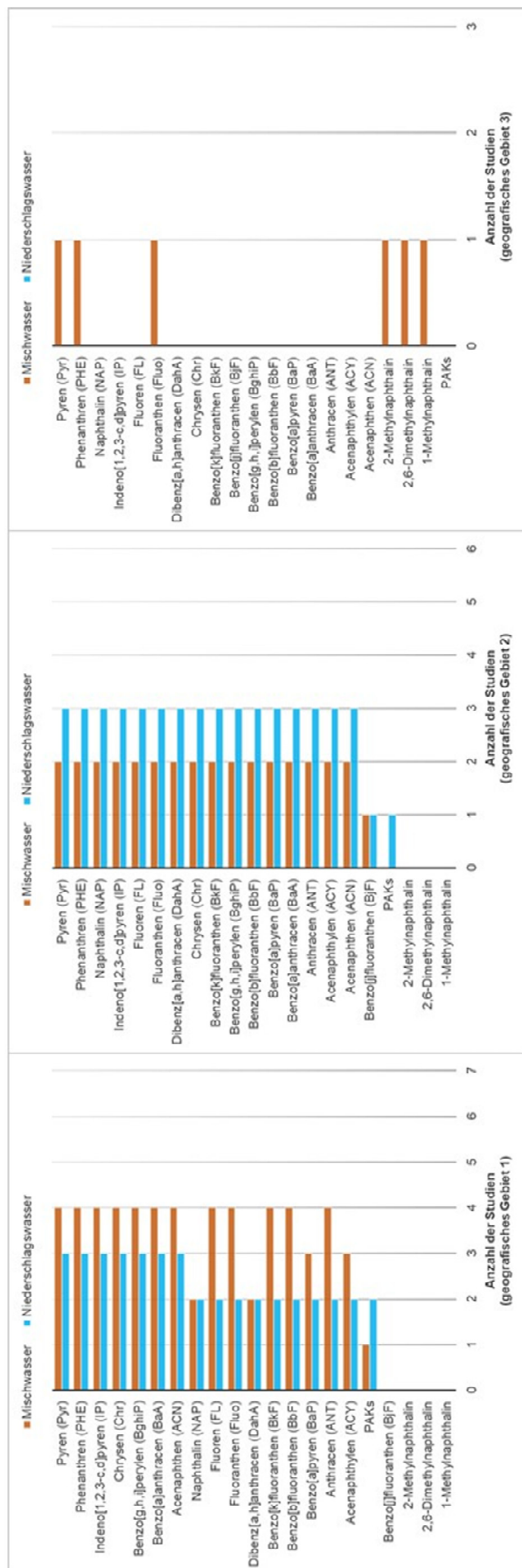


Abbildung 3-6: Häufigkeit der detektierten PAK, welche über die beiden untersuchten Eintragspfade in die Oberflächengewässer gelangen können.

### 3.2.7 Perfluorierte Tenside

Auch bei perfluorierten Tensiden handelt es sich um Industriechemikalien. Diese werden in der vorliegenden Arbeit als eigene Stoffgruppe behandelt. Sie haben keinen natürlichen Ursprung und können nur industriell hergestellt werden. Aufgrund ihrer guten chemischen und physikalischen Eigenschaften, ihrer fett- und wasserabweisenden Wirkung und ihrer hohen chemischen und thermischen Stabilität, finden diese Stoffe große Anwendung in diversen Produkten. Gelangen perfluorierte Tenside in Nahrungsketten, können sich die Stabilität und Langlebigkeit aufgrund ihrer Persistenz negativ auf die Umwelt auswirken. Weiters sind viele der perfluorierten Tenside auch toxisch. Zu den bekanntesten Vertretern zählen Perfluoroktansulfonsäure und Perfluoroktansäure. Perfluoroktansulfonsäure, die sich weltweit in Wildtieren, Meerestieren, Fischen, in der menschlichen Muttermilch, im menschlichen Blut, in der Milch und in anderen Lebensmitteln nachweisen lassen. (Umweltbundesamt, 2020c)

Diese Stoffgruppe wurde nur in Studien untersucht, die das geografische Gebiet 1 betreffen. Insgesamt konnten sechs Stoffe detektiert werden, wobei die Perfluoroktansulfonsäure und die Perfluoroktansäure am häufigsten detektiert wurden. Abbildung 3-7 zeigt die Häufigkeit der detektierten Stoffe. In der WRRL, der QVZ Chemie OG und der OGewV sind nur für die Perfluoroktansulfonsäure Umweltqualitätsnormen festgelegt, die in der WRRL auch als prioritär gefährlicher Stoff eingestuft wird. Die Umweltqualitätsnormen für die Perfluoroktansulfonsäure können Anhang B, D und E entnommen werden.

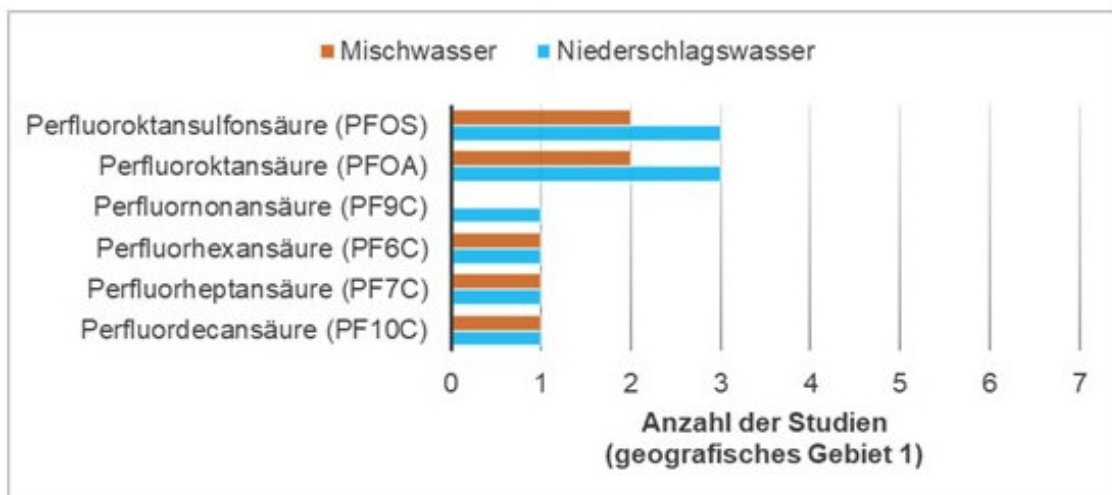


Abbildung 3-7: Häufigkeit der detektierten Perfluorierte Tenside, welche über die beiden untersuchten Eintragspfade in die Oberflächengewässer gelangen können.

### 3.2.8 Hormone

Hormone können z. B. durch Medikamente über den menschlichen Urin im häuslichen Abwasser in die Gewässer gelangen. In diesem Kontext sei z. B. die Anti-Baby-Pille genannt. (Nafo et al., 2010)

Diese Stoffgruppe wurde in den Studien zu den geografischen Gebieten 1 und 3 untersucht, allerdings wurden diese Spurenstoffe nur im geografischen Gebiet 1 detektiert. Insgesamt konnten vier Hormone in den untersuchten Eintragspfaden gefunden werden. Davon stehen die drei Hormone 17a-Ethinylöstradiol, 17b-Östradiol und Östron in der WRRL auf der aktuellen Beobachtungsliste. Diese Stoffgruppe zählt derzeit weder zu den prioritären Stoffen noch ist sie dzt. in einer Verordnung oder Richtlinie im D-A-CH – Raum mit Grenzwerten angeführt. In Abbildung 3-8 ist die Häufigkeit der detektierten Stoffe im geografischen Gebiet 1 zu sehen.

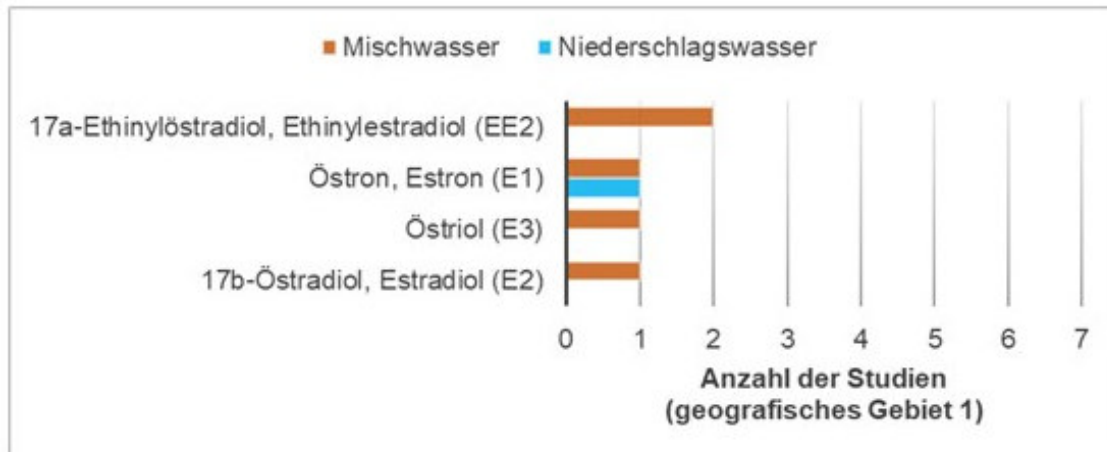


Abbildung 3-8: Häufigkeit der detektierten Hormone, welche über die beiden untersuchten Eintragspfade in die Oberflächengewässer gelangen können.

### 3.2.9 Arzneimittel

Im Jahr 2015 hat das österreichische Institut für Pharmaökonomische Forschung eine Studie erstellt, die den Arzneimittelverbrauch je Einwohner im internationalen Vergleich darstellt. Die Statistik bezieht sich dabei auf abgegebene Standard Units pro Person, wobei unter Standard Units eine Einzeldosis zu verstehen ist, zum Beispiel eine Tablette, 10 Tropfen oder ein Messbecher. Die durchgeführten statistischen Auswertungen haben ergeben, dass in Österreich 742,25 Standard Units pro Person abgegeben werden, womit es im unteren Bereich der Ländervergleiche liegt. Großbritannien hat nach dieser Studie mit 1246,65 die meisten Standard Units pro Person und Estland mit 401,35 Standard Units pro Person die geringsten an Personen abgegeben. Im Vergleich dazu weist die Schweiz 966,55 und Deutschland 1117,90 Standard Units pro Person auf. (Österreichische Apothekenkammer, 2019)

Die Stoffgruppe Arzneimittel wurde nur in den Studien zu den geografischen Gebieten 1 und 3 untersucht, die in der Abbildung 3-9 gegenübergestellt werden. Es ist zu erkennen, dass eine Vielzahl an Arzneimitteln in den Gewässern zu finden sind. Die am häufigsten detektierten Arzneimittel in den untersuchten Eintragspfaden sind Diclofenac, Carbamazepin, Metoprolol, Sulfamethoxazole, Napro-

zen, Ibuprofen und Atenolol. Bis auf Ibuprofen handelt es sich bei diesen Arzneimitteln um Stoffe, die in der GSchV Grenzwerten unterliegen und welche dem Anhang F entnommen werden. Bei den Stoffen Amoxicillin, Azithromycin, Clarithromycin und Erythromycin handelt es sich um Arzneimittel, die in der WRRL auf der aktuellen Beobachtungsliste stehen.

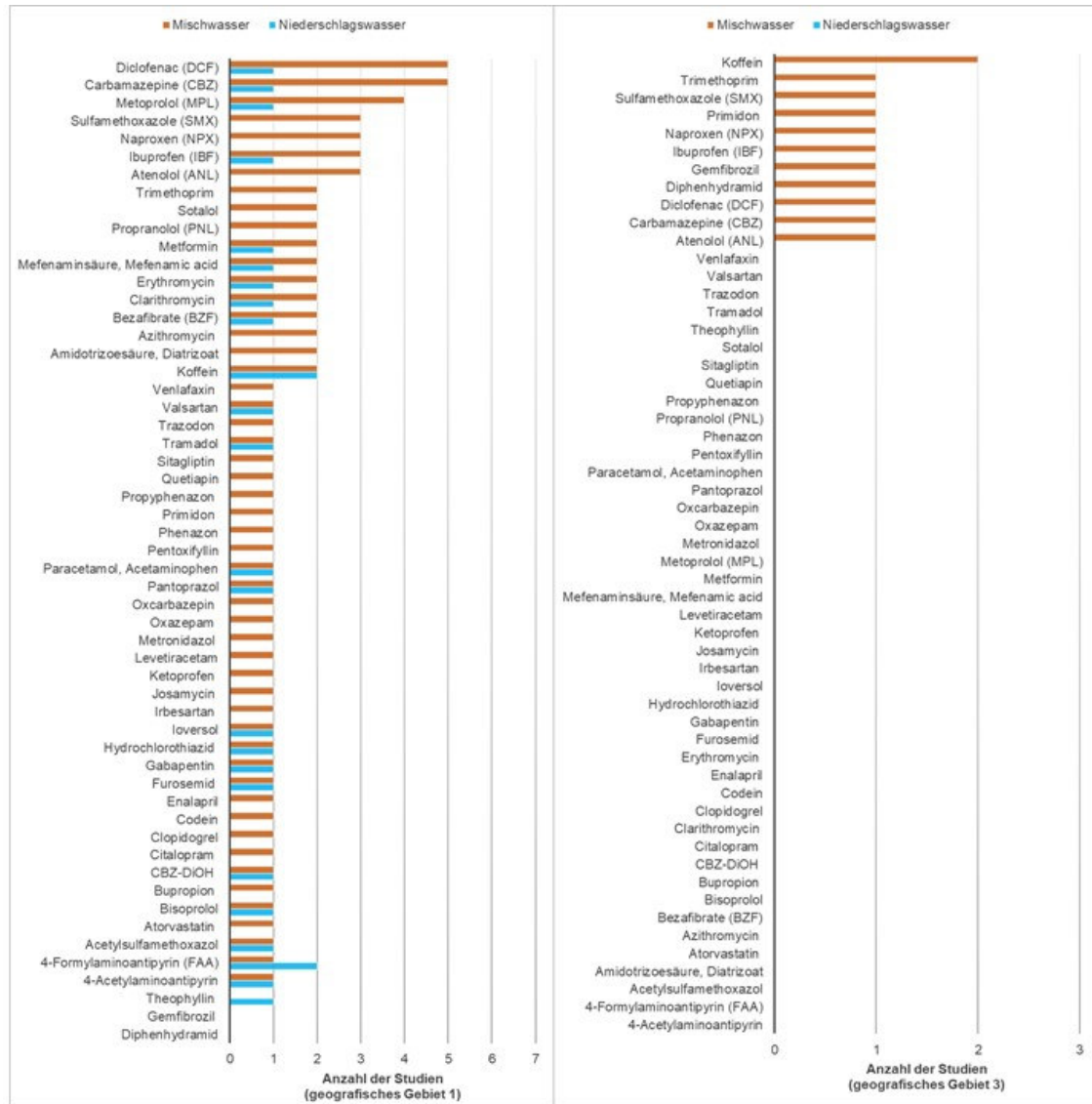


Abbildung 3-9: Häufigkeit der detektierten Arzneimittel, welche über die beiden untersuchten Eintragspfade in die Oberflächengewässer gelangen können.

### 3.2.10 Kontrastmittel

Die Kontrastmittel werden unter anderem bei der Magnetresonanztomographie eingesetzt und können, so wie Hormone, über die Ausscheidung des menschlichen Urins und über das häusliche Abwasser in die Gewässer gelangen. (Ärztblatt, 2014)

Durch diverse Behandlungen in der ARA können aus Kontrastmittel neue Umwandlungsprodukte entstehen. Ob sich deren Eigenschaften schädlich auf die Umwelt auswirken, kann bisher noch nicht abschließend beurteilt werden. In den

letzten Jahren konnte aber aufgrund des demografischen Wandels und dem vermehrten Einsatz von Kontrastmitteln eine erhöhte Belastung in der aquatischen Umwelt festgestellt werden. (Abfallmanager Medizin, 2020)

Kontrastmittel wurden in den Studien zu den geografischen Gebieten 1 und 2 untersucht, wovon insgesamt fünf verschiedene Stoffe detektiert werden konnten. In Abbildung 3-10 sieht man, dass Iopamidol, Iomeprol, Iopromide und Iohexol relativ oft detektiert wurden. Zu keiner dieser Kontrastmittel sind in der WRRL, QVZ Chemie OG, OGewV oder GSchV dzt. Grenzwerte festgelegt und es handelt sich auch um keine prioritären Stoffe nach der WRRL.

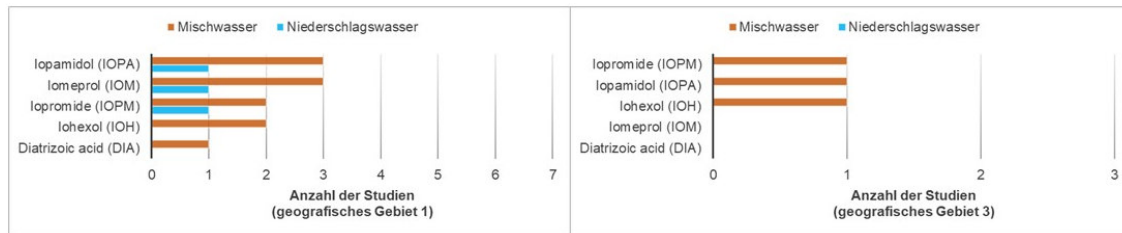


Abbildung 3-10: Häufigkeit der detektierten Kontrastmittel, welche über die beiden untersuchten Eintragspfade in die Oberflächengewässer gelangen können.

### 3.2.11 Pestizide

Unter Pestizide fallen jene Stoffe, die in Bioziden und Pflanzenschutzmitteln als Wirkstoffe eingesetzt werden. Aufgrund deren Toxizität werden sie zur Bekämpfung von Pflanzen, Insekten oder Pilzen eingesetzt und werden auch Herbizide, Insektizide oder Fungizide genannt. (Umweltbundesamt, 2019)

Insgesamt wurden 52 Stoffe in den untersuchten Eintragspfaden detektiert. Im geografischen Gebiet 1 gehören Diuron, Carbendazim, Terbutryn, Triclosan, Terbutylazine, Metolachlor, Mecoprop und Diazionon zu den Spitzenreitern. Für das geografische Gebiet 2 sieht es anders aus, da wurden Isoproturon, Diuron, Glyphosat und AMPA am häufigsten detektiert. Alle diese genannten Stoffe unterliegen in einer der Verordnungen oder Richtlinien im geografischen D-A-CH – Raum einem Grenzwert, der für eine gute Gewässerqualität einzuhalten ist. Bei Diuron und Terbutryn handelt es sich laut WRRL um einen prioritären Stoff. Für diese Stoffgruppe sind laut WRRL, QVZ Chemie OG, OGewV und GSchV für einige Stoffe Grenzwerte festgelegt und viele darunter fallen laut WRRL auch unter die prioritären oder prioritär gefährlichen Stoffe. Detaillierte Informationen zu den einzelnen Grenzwerten können dem Anhang B, D, E und F entnommen werden.

Abbildung 3-11 zeigt die Gegenüberstellung der detektierten Stoffe der Stoffgruppe der Pestizide in den drei betrachteten geografischen Gebieten. Es ist zu erkennen, dass eine große Anzahl von Pestiziden in den Gewässern detektiert worden ist.



# Stoffeinträge in die Oberflächengewässer

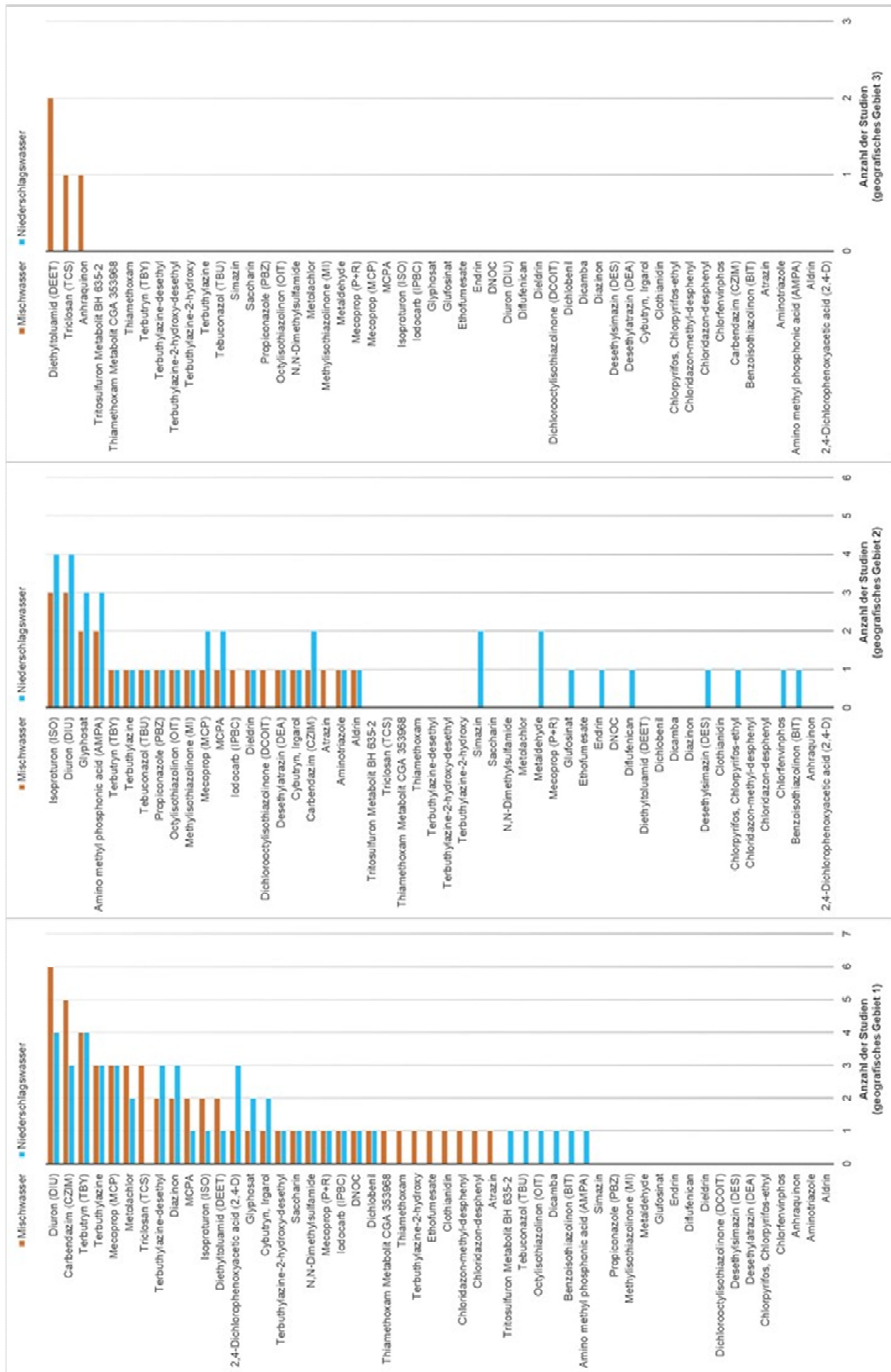


Abbildung 3-11: Häufigkeit der detektierten Pestizide, welche über die beiden untersuchten Eintragspfade in die Oberflächengewässer gelangen können.

### 3.2.12 Organophosphate

Organophosphate sind häufig Insektizide und werden in der Landwirtschaft, in Haushalten oder in Gärten eingesetzt. Einige von ihnen sind hochgiftig und können nicht nur Insekten vergiften, sondern auch Vögel, Amphibien oder Säugetiere. (EPA, 2020)

Abbildung 3-12 zeigt den Vergleich der detektierten Stoffe in den geografischen Gebieten 1 und 3. Betrachtet man beide Gebiete zusammen, dann wurden die Stoffe Tris(2-chloroethyl)phosphat (TCEP), Tris(2-butoxyethyl)phosphat (TBEP) und Tris(1-chloro-2-propyl)phosphate (TCPP) am häufigsten detektiert.

In keiner Verordnung oder Richtlinie im D-A-CH – Raum sind Grenzwerte für die untersuchten Stoffe aus der Stoffgruppe Organophosphate festgelegt. Es gibt auch keine Einstufung als prioritärer oder prioritär gefährlicher Stoff.

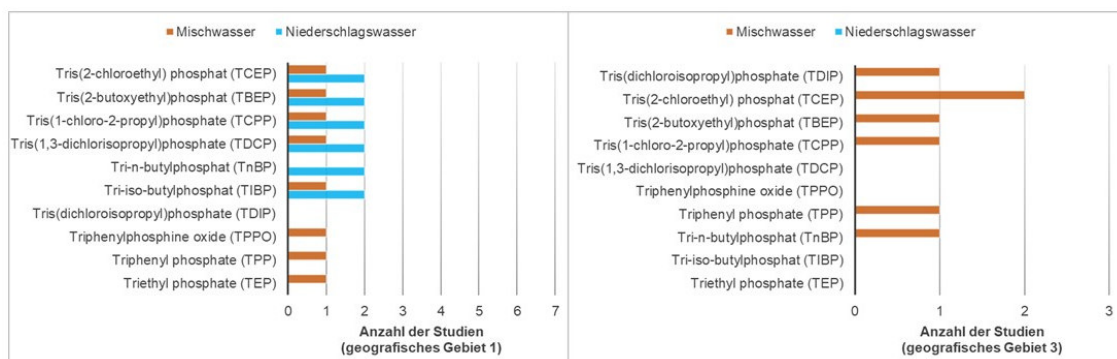


Abbildung 3-12: Häufigkeit der detektierten Organophosphate, welche über die beiden untersuchten Eintragspfade in die Oberflächengewässer gelangen können.

### 3.2.13 Polychlorierte Biphenyle (PCB)

Polychlorierte Biphenyle sind chlorierte Kohlenwasserstoffe, die über die Luft freigesetzt werden und in der europäischen Union mittlerweile verboten sind. Es handelt sich dabei um langlebige organische Schadstoffe, die aufgrund ihrer Anreicherung in der Umwelt in Nahrungsketten gelangen können und somit eine Gefahr für die Umwelt darstellen. In der Vergangenheit wurden polychlorierte Biphenyle in großen Mengen für die Verwendung in Transformatoren, als Hydraulikflüssigkeiten, in elektrischen Kondensatoren oder als Weichmacher in Kunststoffen, Dichtungsmassen, Lacken und Isoliermitteln produziert. (Umweltbundesamt, 2020a)

Diese Stoffgruppe wurde nur in den geografischen Gebieten 1 und 2 untersucht, allerdings dort nur im geografischen Gebiet 2 in den untersuchten Eintragspfaden detektiert. In Abbildung 3-13 sind jene Stoffe dargestellt, die dort detektiert worden sind, wobei in der OGewV für PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 138,



PCB 153 und PCB 180 Umweltqualitätsnormen zur Beurteilung des guten ökologischen Zustandes festgelegt sind. Die jeweiligen Grenzwerte können dem Anhang E entnommen werden.

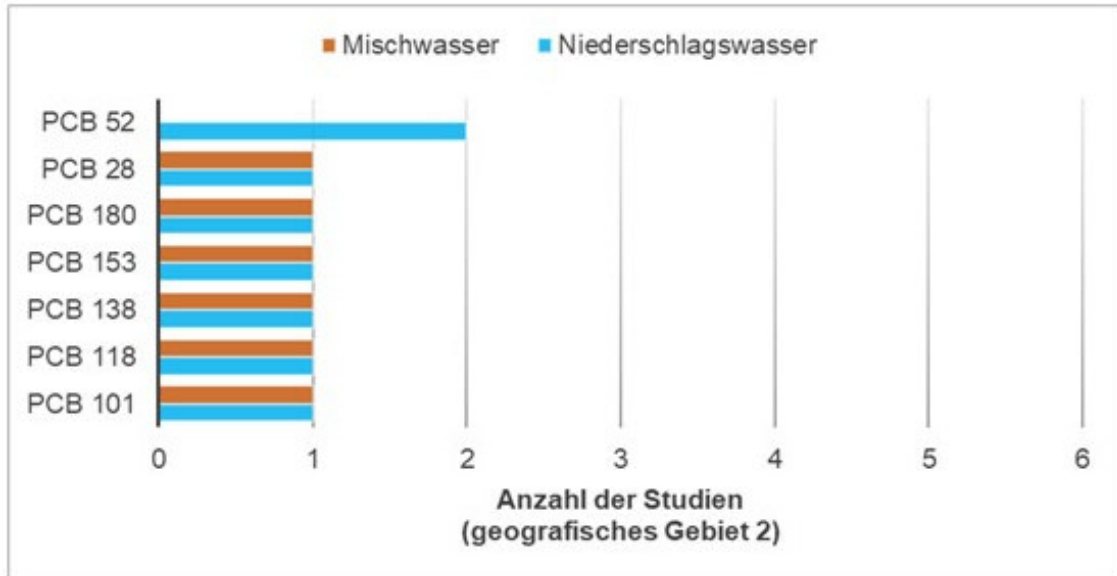


Abbildung 3-13: Häufigkeit der detektierten PCB, welche über die untersuchten beiden Eintragspfade in die Oberflächengewässer gelangen können.

### 3.2.14 Künstliche Süßstoffe

Künstliche Süßstoffe sind in vielen Lebensmitteln vorhanden und werden vom Menschen weitgehend unverändert ausgeschieden. Über das häusliche Abwasser können diese Stoffe über den Eintragspfad Mischwasserentlastungen in die Oberflächengewässer gelangen. (Scheurer et al., 2014)

Wie Abbildung 3-14 zeigt, konnte in den geografischen Gebieten 1 und 3 Acesulfame und Sucralose detektiert werden. Für diese beiden Stoffe sind bisher in keiner Verordnung oder Richtlinie im D-A-CH – Raum, Grenzwerte festgelegt. Nachdem sie als Zuckerersatzstoffe in Lebensmitteln verwendet werden, gibt es bei Ihnen auch keine Einstufung als prioritärer oder prioritär gefährlicher Stoff.

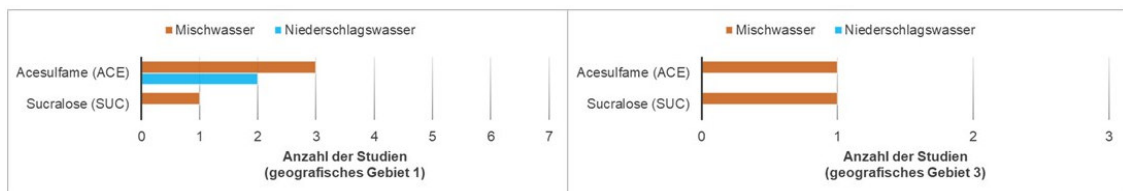


Abbildung 3-14: Häufigkeit der detektierten künstlichen Süßstoffe, welche über die untersuchten beiden Eintragspfade in die Oberflächengewässer gelangen können.

### 3.2.15 Kosmetikprodukte

Die untersuchten Spurenstoffe der Stoffgruppe Kosmetikprodukte werden unter anderem als Duftstoffe in Shampoos, Körperlotionen, Parfums und Waschpulvern oder als antimikrobielle Stoffe in Seifen, Zahnpasten und Rasiergels verwendet. (Launay, 2017)

In Abbildung 3-15 ist dargestellt, welche Stoffe in den geografischen Gebieten 1 und 3 detektiert worden sind. Zusätzlich ist erkennbar, dass die Stoffe ausschließlich über den Eintragungspfad Mischwasserentlastungen detektiert worden sind. In den Verordnungen und Richtlinien des D-A-CH – Raums gibt es dzt. zu keinen der untersuchten Spurenstoffe in dieser Stoffgruppe festgelegte Grenzwerte oder eine Einstufung als prioritärer oder prioritär gefährlicher Stoff.

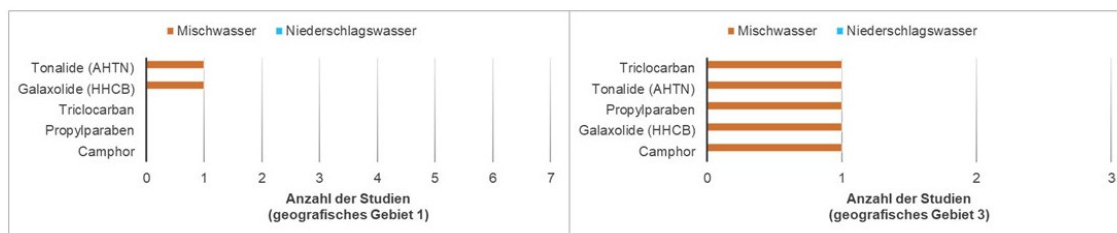


Abbildung 3-15: Häufigkeit der detektierten Stoffe aus Kosmetikprodukten, welche über die beiden untersuchten Eintragungspfade in die Oberflächengewässer gelangen können.

### 3.2.16 Sonstige Spurenstoffe

In die letzte Stoffgruppe fallen all jene Spurenstoffe, die einer anderen Stoffgruppe nicht konkret zugeordnet werden konnten. Die einzigen Stoffe, die noch in allen drei geografischen Gebieten detektiert worden sind, sind das Chlorid und das Sulfat. Ansonsten fiel keine weitere Substanz mit einer besonders häufigen Detektion auf. Erwähnenswert ist noch, dass die adsorbierbaren organischen Halogenverbindungen (AOX) in der QVZ Chemie OG einen Parameter für den ökologischen Zustand von Oberflächengewässern darstellen. Für Cyanid wurden sowohl in der QVZ Chemie OG als auch in der OGewV Umweltqualitätsnormen für den ökologischen Zustand festgelegt. Die jeweiligen Grenzwerte können dem Anhang D und E entnommen werden.

Abbildung 3-16 zeigt jene detektierten Spurenstoffe in den drei geografischen Gebieten, die bezogen auf die untersuchten Eintragungspfade keiner konkreten Stoffgruppe zugeordnet werden konnten.

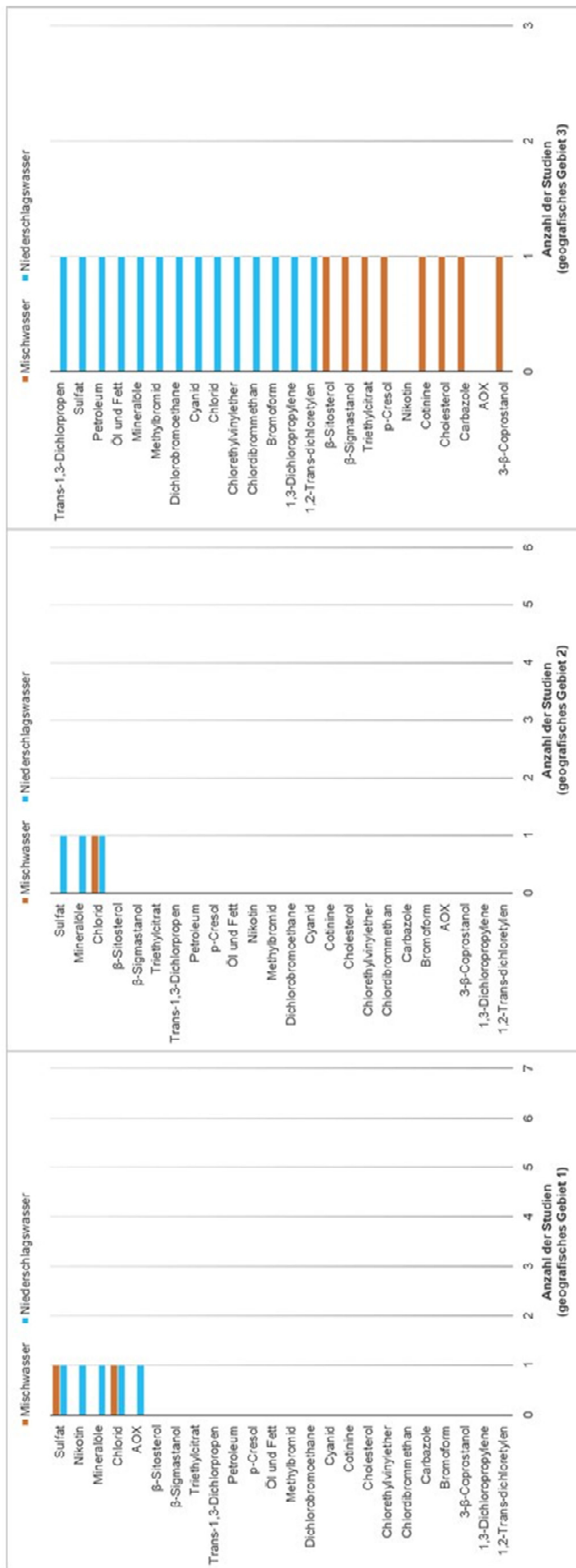


Abbildung 3-16: Häufigkeit der detektierten Stoffe, die keiner Stoffgruppe zugeordnet werden konnten und über die untersuchten beiden Eintragspfade in die Oberflächengewässer gelangen können.

### 3.3 Stoffkonzentrationen

Basierend auf den JD-UQNs der WRRL in der Tabelle 5-4 im Anhang B und den Stoffkonzentrationen in der Tabelle 5-16 bis Tabelle 5-22 im Anhang G werden diese nachfolgend miteinander verglichen. Da sich die JD-UQNs in Tabelle 5-4 auf die Europäische Union beziehen, werden für den Vergleich auch nur jene Studien betrachtet, für die diese Grenzwerte einzuhalten sind. Die in Rot geschriebenen Konzentrationen in Tabelle 3-3 bis Tabelle 3-5 bedeuten, dass die JD-UQNs überschritten wurden. In der Tabelle 3-3 bis Tabelle 3-5 sind nur jene Stoffe dargestellt, zu denen in den Studien Stoffkonzentrationen angegeben wurden und zu denen es auch JD-UQNs in der WRRL gibt.

Tabelle 3-3 stellt die Stoffkonzentrationen aus den österreichischen Studien Clara et al. (2014) und Clara et al. (2019) mit den jeweiligen JD-UQNs der WRRL gegenüber.

Bei den Ergebnissen der Studie Clara et al. (2014) ist zu erkennen, dass die Grenzwerte für Blei, Nonylphenole, Octylphenol, Tributylzinnverbindungen, Fluoranthren und Perfluoroktansulfonsäure überschritten wurden. Die Grenzwerte für Nickel, Diethylhexylphthalat, Anthracen, Naphthalin und Diuron wurden eingehalten.

In der Studie Clara et al. (2019) wurde der Grenzwert für Blei, Nickel und Fluoranthren überschritten. Die Konzentrationen für Nonylphenole, Diethylhexylphthalat und Diuron lagen unterhalb der Grenzwerte.

Der Grenzwert für Cadmium ist von der Wasserhärte abhängig. Aufgrund der fehlenden Angabe der Wasserhärte in den beiden Studien, kann nicht gesagt werden, ob die Konzentrationen über oder unter dem Grenzwert liegen.

Tabelle 3-3: Vergleich der Stoffkonzentrationen in den beiden österreichischen Studien Clara et al. (2014) und Clara et al. (2019) mit den zulässigen JD-UQNs der WRRL

	JD-UQN Binnenerflächengewässer (µg/L) (Europäische Gemeinschaft, 2013)	(Clara et al., 2014)		(Clara et al., 2019)			
		Mischwasser unbehandelt	Niederschlagswasser	Mischwasser	Niederschlagswasser Graz	Niederschlagswasser Vorarlberg	Niederschlagswasser Ostösterreich
		Mittelwert (µg/L)		Mittelwert (µg/L) Stoffnachweis in mehr als 50% der Proben			
Blei (Pb)	1,2	2,1 - 6,0	1,5 - 5,2	8,65	18,1	2,32	7,75
Cadmium (Cd)	0,08 – 0,25 (Je nach Wasserhärte)	0,074	0,077 - 0,085	0,08	0,17	0,015	0,05
Nickel (Ni)	4	2,2 - 3,0	1,7 - 2,6	9,45	35,8	1,18	12,5
Nonylphenole (NP)	0,3	1	0,76 - 0,77	0,26			
Octylphenol (OP)	0,1	0,12 - 0,13	0,13 - 0,15				
Diethylhexylphthalat (DEHP)	1,3	0,60 - 0,65	0,78 - 0,84	0,79			
Tributylzinnverbindungen (TBT)	0,0002	0,00071	0,00067-0,00072				
Anthracen (ANT)	0,1	0,0047-0,021					
Fluoranthren (Fluo)	0,0063	0,0071-0,024		0,02	0,01	0,0026-0,0031	0,07
Naphthalin (NAP)	2			0,02	0,01	0,012	0,07
Perfluoroktansulfonsäure (PFOS)	0,00065	0,0062	0,0051				
Diuron (DIU)	0,2	0,15		0,12			

In der Tabelle 3-4 werden die gemessenen Stoffkonzentrationen mit den jeweiligen JD-UQNs der WRRL aus den deutschen Studien Matzinger et al. (2015) und Launay (2017) gegenübergestellt.

## Stoffeinträge in die Oberflächengewässer

Zu den Stoffen, die bei Matzinger et al. (2015) die Grenzwerte überschritten haben, zählen Blei, Nonylphenole, Diethylhexylphthalat, Benzo[a]pyren, Fluoranthen, Perfluoroktansulfonsäure und Cybutryn. Die Stoffe Cadmium, Nickel, 4-tert-Octylphenol, Anthracen, Diuron, Isoproturon und Terbutryn lagen unterhalb der Grenzwerte. In diesem Fall konnte die zulässige Konzentration für Cadmium ermittelt werden, da in der Studie die Härteklasse 4 angegeben wurde.

Bei der Studie Launay (2017) wurden die Grenzwerte von 4-Nonylphenol, 4-tert-Octylphenol, Diethylhexylphthalat, Benzo[a]pyren, Fluoranthen, Diuron und Terbutryn überschritten. Lediglich Anthracen und Isoproturon lagen unterhalb der Grenzwerte.

Tabelle 3-4: Vergleich der Stoffkonzentrationen in den beiden deutschen Studien Matzinger et al. (2015) und Launay (2017) mit den zulässigen JD-UQN der WRRL.

	JD-UQN Binnenoberflächengewässer (µg/L) (Europäische Gemeinschaft, 2013)	(Matzinger et al., 2015)	(Launay, 2017)
		Niederschlagswasser	Mischwasser
		Mittelwert (µg/L)	Mittelwert (µg/L)
Blei (Pb)	1,2	3,11	
Cadmium (Cd)	0,15	0,15	
Nickel (Ni)	4	2,07	
4-Nonylphenol, p-Nonylphenol (4-NP)	0,3		0,414
4-tert-Octylphenol (4-TOP)	0,1	0,10	0,308
Nonylphenole (NP)	0,3	2,17	
Diethylhexylphthalat (DEHP)	1,3	1,67	2,643
Anthracen (ANT)	0,1	0,03	0,027
Benzo[a]pyren (BaP)	0,00017	0,09	0,091
Fluoranthen (Fluo)	0,0063	0,40	0,175
Perfluoroktansulfonsäure (PFOS)	0,00065	0,01	
Cybutryn, Irgarol	0,0025	0,01	
Diuron (DIU)	0,2	0,08	0,321

	JD-UQN Binnenerflächengewässer (µg/L) (Europäische Gemeinschaft, 2013)	(Matzinger et al., 2015)	(Launay, 2017)
		Niederschlagswasser	Mischwasser
		Mittelwert (µg/L)	Mittelwert (µg/L)
Isoproturon (ISO)	0,3	0,02	0,098
Terbutryn (TBY)	0,065	0,05	0,085

Tabelle 3-5 beinhaltet die Stoffkonzentrationen aus den beiden französischen Studien Barraud et al. (2014) und Moilleron et al. (2012) und jeweils auch die zulässigen JD-UQNs der WRRL.

Bei der Studie Barraud et al. (2014) gab es Überschreitungen der Grenzwerte bei den Stoffen Blei, Cadmium, Nickel, Nonylphenole, Fluoranthen und Diuron. Die Grenzwerte zu den Stoffen 4-tert-Octylphenol und Isoproturon wurden eingehalten.

In der Studie Moilleron et al. (2012) wurden die Grenzwerte der Stoffe Blei, 4-tert-Octylphenol, Nonylphenole, Diethylhexylphthalat, Tributylzinnverbindungen, Benzo[a]pyren, Fluoranthen und Diuron überschritten. Die Stoffe Dichlormethan, Perchloroethylene, Anthracen, Naphthalin, Chlorfenvinphos, Isoproturon und Simazin lagen unterhalb der Grenzwerte.

## Stoffeinträge in die Oberflächengewässer

Tabelle 3-5: Vergleich der Stoffkonzentrationen in den beiden französischen Studien Barraud et al. (2014) und Moilleron et al. (2012) mit den jeweiligen JD-UQN der WRRL

	JD-UQN Binnenoberflächengewässer (µg/L) (Europäische Gemeinschaft, 2013)	(Barraud et al., 2014)				(Moilleron et al., 2012)
		Niederschlagswasser Sucy	Niederschlagswasser Pin Sec	Niederschlagswasser Chassieu	Niederschlagswasser (Sucy+Pin Sec+Chassieu)	Niederschlagswasser
		Mittelwert (µg/L)				Median (µg/L)
Blei (Pb)	1,2				21,52	27
Cadmium (Cd)	0,08-0,25 (Je nach Wasserhärte)				0,32	
Nickel (Ni)	4	2,88	3,14	6,64		
4-tert-Octylphenol (4-TOP)	0,1				0,061	0,11
Dichlormethan, Methylenchlorid	20					< 1
Nonylphenole (NP)	0,3				0,359	0,75
Perchloroethylene, Tetrachlorethylen (PCE)	10					< 0,02
Diethylhexylphthalat (DEHP)	1,3					22
Tributylzinnverbindungen (TBT)	0,0002					< 0,01
Anthracen (ANT)	0,1					0,023
Benzo[a]pyren (BaP)	0,00017					0,066
Fluoranthren (Fluo)	0,0063	0,217	0,105	0,097		0,134
Naphthalin (NAP)	2					0,082
Chlorfenvinphos	0,1					< 0,05
Diuron (DIU)	0,2				1,213	0,37
Isoproturon (ISO)	0,3				0,088	0,03
Simazin	1					< 0,01



Tabelle 3-6 stellt die Stoffkonzentrationen aus den beiden dänischen Studien Birch et al. (2011) und Bester et al. (2014b) mit den jeweiligen JD-UQNs der WRRL gegenüber.

Bei der Studie Birch et al. (2011) gab es Überschreitungen der Grenzwerte bei den Stoffen Blei, Cadmium, Nickel, Nonylphenole, Diethylhexylphthalat, Tributylzinnverbindungen, Anthracen, Benzo[a]pyren, Fluoranthen und Diuron. Die Grenzwerte zu den Stoffen Benzol, Chloroform, Chlorparaffine, Perchloroethylen, Trichlorethylen, Naphthalin und Isoproturon wurden eingehalten. In diesem Fall kann die Konzentration von Cadmium im untersuchten Niederschlagswasser in Ejby mose aufgrund der fehlenden Wasserhärte nicht mit dem zugehörigen JD-UQN verglichen werden. Die Cadmiumkonzentrationen in den weiteren untersuchten Gebieten können verglichen werden, da sie über dem maximal erlaubten Konzentrationsbereich lagen.

In der Studie Bester et al. (2014b) gab es lediglich bei Cybutryn eine Überschreitung des Grenzwertes. Die Stoffe Diuron, Isoproturon und Terbutryn lagen unterhalb der Grenzwerte.

Tabelle 3-6: Vergleich der Stoffkonzentrationen in den beiden dänischen Studien Birch et al. (2011) und Bester et al. (2014b) mit den zulässigen JD-UQNs der WRRL

	JD-UQN Binneneroberflächengewässer (µg/L) (Europäische Gemeinschaft, 2013)	(Birch et al., 2011)				(Bester et al., 2014b)		
		Mischwasser Scherfigsvej	Niederschlagswasser Digevej	Niederschlagswasser Fabriksparken	Niederschlagswasser Ejby mose	Mischwasser Bjergmarken (1 Event)	Mischwasser Bjergmarken (1 Event)	Mischwasser Öresundsverket (2 Stichprobe)
		jeweils 1 Event (µg/L)				(µg/L)		
Blei (Pb)	1,2	19,2	72,4	23,3	9,8-37			
Cadmium (Cd)	0,08-0,25 (Je nach Wasserhärte)	0,28	0,63	0,34	0,11-0,32			
Nickel (Ni)	4	13,4	40,5	11,7	0,93 - 2,4			

## Stoffeinträge in die Oberflächengewässer

	JD-UQN Binnenoberflächengewässer (µg/L) (Europäische Gemeinschaft, 2013)	(Birch et al., 2011)				(Bester et al., 2014b)		
		Mischwasser Scherfigsvej	Niederschlagswasser Digevej	Niederschlagswasser Fabriksparken	Niederschlagswasser Ejby mose	Mischwasser Bjergmarken (1 Event)	Mischwasser Bjergmarken (1 Event)	Mischwasser Öresundsverket (2 Stichprobe)
		jeweils 1 Event (µg/L)				(µg/L)		
Benzol	10				< 2			
Chloroform, Trichlor- methan (TCM)	2,5	< 0,02						
Chlorparaffine, C <sub>10-13</sub> -Chloralkane (CP)	0,4				< 0,4			
Nonylphenole (NP)	0,3	< 0,1	0,32	0,1	0,17 - 0,43			
Perchloroethylene, Tetrachlorethylen (PCE)	10	0,58			< 0,02			
Trichlorethylen (TCE)	10	0,17			< 0,02			
Diethylhexylphthalat (DEHP)	1,3	57	8,5	3,5	2,9 - 8,4			
Tributylzinnverbindun- gen (TBT)	0,0002	< 0,004	<0,004	<0,004				
Anthracen (ANT)	0,1	0,22	0,084	0,037				
Benzo[a]pyren (BaP)	0,00017	1,6	0,31	0,06	<0,01- 0,064			
Fluoranthen (Fluo)	0,0063	2	0,55	0,18				
Naphthalin (NAP)	2	1,4	0,072	0,021				
Cybutryn, Irgarol	0,0025					0,003	<0,002	
Diuron (DIU)	0,2	0,48	< 0,01	< 0,01		0,013	0,009- 0,026	0,005- 0,008
Isoproturon (ISO)	0,3	0,2	< 0,01	< 0,01		0,015	0,009- 0,016	0,003- 0,004
Terbutryn (TBY)	0,065					0,026	0,005- 0,024	0,005- 0,007

In der Studie Bohren et al. (2019) wird eine Möglichkeit beschrieben, wie der Gewässerzustand anhand der gemessenen Konzentrationen und den gesetzlichen Grenzwerten durch Risikoquotienten (RQ) beurteilt werden kann.

$$RQ = \frac{MW}{JD-UQN} \quad \text{Gleichung 3-1}$$

mit:

*RQ ... Risikoquotient, MW ... mittlere Konzentration, JD-UQN ... Jahresdurchschnittswert Umweltqualitätsnorm*

Der Risikoquotient, wie er in der Gleichung 3-1 beschrieben wird, ist die mittlere gemessene Konzentration eines Stoffes geteilt durch den jeweiligen Grenzwert. Die Ergebnisse der Risikoquotienten können nach dem Vorschlag von Bohren et al. (2019) folgendermaßen beurteilt werden:  $RQ < 0,1$  (sehr gut),  $0,1 < RQ < 1$  (gut),  $1 < RQ < 2$  (mäßig),  $2 < RQ < 10$  (unbefriedigend) und  $RQ > 10$  (schlecht).

Exemplarisch wird hierfür der Risikoquotient für eine Stoffkonzentration ermittelt. Da der Grenzwert von Blei in nahezu allen verglichenen Studien überschritten wird, wird dafür dieser Stoff herangezogen. Als Grundlage dient die Studie Clara et al. (2019) mit der mittleren Bleikonzentration von 18,1 µg/L im Niederschlagswasser von Graz.

$$RQ = \frac{MW}{JD-UQN} = \frac{18,1}{1,2} = 15,08 \quad \text{Gleichung 3-2}$$

mit:

*RQ ... Risikoquotient, MW ... mittlere Konzentration, JD-UQN ... Jahresdurchschnitt Umweltqualitätsnorm*

Das Ergebnis des Risikoquotienten aus der Gleichung 3-2 würde nach der Beurteilung von Bohren et al. (2019) mit  $RQ > 10$  ein schlechtes Ergebnis für den Gewässerzustand darstellen.

Eine ähnliche Beurteilung aller relevanten Stoffe wäre ein möglicher nächster Schritt, der allerdings aufgrund des beschränkten Umfangs dieser Arbeit nicht weiter ausgeführt wurde. Weiters sei an dieser Stelle auch auf die vielfach nicht bekannten Genauigkeiten der verwendeten analytischen Messmethoden hingewiesen, wodurch auch ein Vergleich von unterschiedlichen Risikoquotienten schwierig ist.

### 3.4 Ergebnisse

Die Literaturrecherche hat ergeben, dass in allen recherchierten Studien zusammen insgesamt 413 unterschiedliche Spurenstoffe untersucht wurden. Von diesen Stoffen konnten insgesamt 309 Stoffe den beiden untersuchten Eintragspfaden Mischwasserentlastungen und Niederschlagswassereinleitungen zugeordnet werden, wohingegen bei 104 Spurenstoffen keine Konzentrationen in diesen beiden Eintragspfaden gemessen werden konnten. Eine mögliche Ursache dafür ist, dass diese Spurenstoffe in den untersuchten Proben nicht vorhanden waren.

Ein weiterer Grund dafür wäre, dass die Konzentrationen für das verwendete analytische Messgerät zu gering waren und daher der Stoff nicht nachgewiesen werden konnte. Von den 309 detektierten Spurenstoffen wurden 244 Stoffe in Mischwasserentlastungen und 224 Stoffe in Niederschlagswassereinleitungen nachgewiesen.

Die Stoffgruppen mit den häufigsten detektierten Spurenstoffen sind Metalle, Industriechemikalien, PAK, Arzneimittel und Pestizide.

Bei den Metallen wurde Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber und Zink am häufigsten detektiert.

In der Stoffgruppe der Industriechemikalien dominierten die Spurenstoffe Benzol, Benzotriazol, Bisphenol-A, Dichlormethan, Nonylphenole, Nonylphenoldiet-hoxylat, Perchloroethylen, Trichlorethylen, 4-tert-Octylphenol und 4/5-Methylbenzotriazole.

Die am häufigsten detektierten Phthalate sind Diethylhexylphthalat, Diisodecylphthalat und Diisononylphthalat.

Bei den Organozinnverbindungen wurden Dibutylzinnverbindungen, Monobutylzinnverbindung und Tributylzinnverbindungen mehrfach nachgewiesen.

In der Stoffgruppe der PAK dominierten die Stoffe Acenaphthen, Acenaphthylen, Anthracen, Benzo[a]anthracen, Benzo[a]pyren, Benzo[b]fluoranthren, Benzo[g,h,i]perylen, Benzo[k]fluoranthren, Chrysen, Dibenz[a,h]anthracen, Fluoranthren, Fluoren, Indeno[1,2,3-c,d]pyren, Naphthalin, Phenanthren und Pyren.

Die häufigsten detektierten perfluorierten Tenside sind Perfluoroktansäure und Perfluoroktansulfonsäure.

Bei den Arzneimitteln dominieren die Stoffe Atenolol, Bezafibrate, Carbamazepine, Clarithromycin, Diclofenac, Erythromycin, Ibuprofen, Koffein, Mefenaminsäure, Metformin, Metoprolol, Naproxen, Sulfamethoxazole und 4-Formylaminoantipyrin.

In der Stoffgruppe der Kontrastmittel wurden die Stoffe Iopamidol, Iohexol, Iomeprol und Iopromide am häufigsten festgestellt.

Die am häufigsten detektierten Pestizide sind AMPA, Carbendazim, Cybutryn, Diazinon, Diethyltoluamid, Diuron, Glyphosat, Isoproturon, MCPA, Mecoprop, Metaldehyde, Metolachlor, Simazin, Terbutylazine, Terbutylazine-desethyl, Terbutryn, Triclosan und 2,4-D.

Bei den Organophosphaten gab es die häufigsten Nachweise bei den Stoffen Tris(1,3-dichlorisopropyl)phosphate, Tris(1-chloro-2-propyl)phosphate, Tris(2-butoxyethyl)phosphat, Tris(2-chloroethyl)phosphat, Tri-iso-butylphosphat und Tri-n-butylphosphat.

In der Stoffgruppe der künstlichen Süßstoffe konnte der Stoff Acesulfame am häufigsten festgestellt werden.

In den Stoffgruppen PBDE, Hormone, PCB und Kosmetikprodukte gab es keine Dominanz bei den detektierten Stoffen.

Auch wenn viele der untersuchten Spurenstoffe eindeutig nachgewiesen werden konnten, heißt das nicht, dass sie damit schon eine Gefahr für die aquatische Umwelt darstellen. Die durchgeführten Vergleiche der gemessenen Stoffkonzentrationen in den recherchierten Studien mit den JD-UQNs der WRRL zeigen jedoch, dass die Grenzwerte von Blei, Nickel, Nonylphenole, Octylphenol, DEHP, Tributylzinnverbindungen, Fluoranthen, PFOS, 4-Nonylphenol, 4-tert-Octylphenol, Benzo[a]pyren, Cybutryn, Diuron, Terbutryn und Anthracen häufig überschritten wurden und damit auch der gute ökologische und chemische Zustand in den jeweiligen Gewässern nicht erreicht werden konnte. Besonders hervorzuheben ist hier das Metall Blei, welches in allen betrachteten Studien, in denen es untersucht wurde, zum Teil in hohen Konzentrationen gemessen wurde.

An dieser Stelle soll auch noch einmal auf die Schwierigkeit der quantitativen Vergleichbarkeit der einzelnen Spurenstoffe hingewiesen werden. Um die Stoffe unterschiedlicher Studien in verschiedenen Ländern quantitativ vergleichen zu können, benötigt es zum einen einheitliche Vergleichsgrößen (Median, Mittelwert, etc. (siehe Anhang G)) und zum anderen eine detailliertere Dokumentation über die durchgeführten Messkampagnen und der verwendeten Analysemethoden.

Die Literaturrecherche gibt einen Überblick über die Vielzahl an möglichen Spurenstoffen, die bereits eindeutig nachgewiesen worden sind und für die es mitunter auch schon Grenzwerte zum Einhalten gibt. Dass die beiden Eintragspfade Mischwasserentlastungen und Niederschlagswassereinleitungen neben der ARA eine wesentliche Rolle in Bezug auf den Eintrag von Spurenstoffen spielen, zeigt die große Anzahl von nachgewiesenen Stoffen. Das heißt aber auch, dass nicht nur in den ARAs Maßnahmen zur Reduzierung von Spurenstoffen getroffen werden sollten, sondern auch bei den Mischwasserentlastungen und Niederschlagswassereinleitungen. Die Arbeit gibt aber auch Aufschluss darüber, welche Stoffe in den einzelnen Studien wohl untersucht worden sind, aber bei denen keine messbaren Konzentrationen nachgewiesen werden konnten.

Ein möglicher nächster Schritt könnte eine stoffliche Priorisierung hinsichtlich Reduktionserfordernissen sein. Weiters wäre es interessant gewesen zu untersuchen, ob die Konzentrationen für die in der WRRL relevanten Stoffe seit in Kraft treten der WRRL zurückgegangen sind. Beide Aspekte konnten aber in dieser Arbeit aufgrund ihres beschränkten Umfangs nicht weiterbearbeitet werden.



## 4 Reduzierungsmöglichkeiten von Stoffeinträgen

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit Niederschlags- und Mischwasserbehandlungsmöglichkeiten und möglichen Maßnahmen zur Reduzierung von Stoffeinträgen in Oberflächengewässer. Darüber hinaus wird auf die Lebenszykluskosten von siedlungswasserwirtschaftlichen Infrastrukturanlagen und deren Kostenansätze eingegangen. Den Abschluss bildet eine Nutzwertanalyse, die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführt wurde.

### 4.1 Niederschlags- und Mischwasserbehandlung

Die konventionelle Siedlungsentwässerung sieht vor, dass Niederschlagswasser in den Siedlungsgebieten so schnell wie möglich in Mischwasser- oder Trennkana-lisationen abgeleitet wird. Aufgrund der Tatsache, dass weltweit immer mehr Menschen in urbanen Gebieten leben möchten, führt die Urbanisierung zu einer Zunahme der befestigten, schnell abflusswirksamen Flächen. Durch die konventionellen Entwässerungssysteme und die städtische Versiegelung lassen sich nachteilige Effekte erkennen. Dazu zählt, dass die Bodenspeicherung und Verdunstung durch die Versiegelung von Grünflächen stark zurückgeht und dass sich der Niederschlagswasserabfluss von versiegelten gegenüber von nicht versiegelten Flächen erhöht und beschleunigt. Dadurch erhöht sich auch die Gefahr von Überflutungen in diesen Gebieten. Weitere negative Effekte sind, dass sich das natürliche Gleichgewicht des Wasserkreislaufs verschiebt und damit Auswirkungen auf das Mikroklima, urbane Hitzeinseln und die Grundwasserneubildung im urbanen Raum hat. Außerdem werden ARAs und Niederschlagswasserbehandlungsanlagen durch verschmutztes Niederschlagswasser hydraulisch belastet und die Gewässer an Einleitungspunkten aufgrund hoher Abflüsse quantitativ und qualitativ beeinträchtigt. Aufgrund der zunehmenden Urbanisierung hat sich allerdings in den letzten Jahrzehnten der Umgang mit Niederschlagswasser verändert. Heutzutage wird versucht, dass der natürliche Wasserkreislauf nach Möglichkeit wiederhergestellt, das Mikroklima verbessert und die Biodiversität gesteigert wird. Alternative Entwässerungssysteme wie Versickerung oder Retention rücken dadurch immer mehr in den Fokus. Dieses Konzept wird mit dem Begriff naturnahe Niederschlagswasserbewirtschaftung beschrieben. (DWA, 2007; Leimgruber, 2019)

Das Merkblatt DWA-M 153 befasst sich mit dem naturnahen Umgang mit Niederschlagswasser und berücksichtigt dabei die Schutzbedürfnisse von Grundwasser und oberirdischen Gewässern, die Verschmutzung durch Niederschlagswasser und die daraus erforderlichen Niederschlagswasserbehandlungen. Durch den geforderten naturnahen Umgang mit Niederschlagswasser in Siedlungsgebieten wird versucht das natürliche Gleichgewicht des Wasserkreislaufes von unbebauten Gebieten wiederherzustellen. Dabei werden die Häufigkeit und Größe der Abflussspitzen berücksichtigt und der Pflegeaufwand für Entwässerungsanlagen

möglichst geringgehalten. Der naturnahe Umgang mit Niederschlagswasser wird durch Versickerungsanlagen mit möglichst wenig versiegelten und möglichst durchlässigen Siedlungsflächen erreicht. Ausführliche Informationen zur Planung, Bau und Betrieb von Versickerungsanlagen werden im Arbeitsblatt DWA-A 138 erläutert. Ist eine Versickerung aufgrund von Versiegelungen wie Dach- oder Straßenflächen nicht möglich, wird versucht, das örtlich konzentriert anfallende Niederschlagswasser auf größere Flächen zu leiten, um es dort flächenförmig zu versickern. Sind die flächenförmigen Versickerungsflächen zu klein, kann durch Rückhaltmaßnahmen eine gedrosselte Versickerung erreicht werden. Weiterführende Informationen zu den Bauwerken der zentralen Niederschlagswasserbehandlung und -rückhaltung sind im Arbeitsblatt ATV-A 166 zu finden. Andere Möglichkeiten zum Umgang mit Niederschlagswasser sind flächenhafte Versickerungen mit bewachsenem Oberboden, die durch entsprechende Gartengestaltungen, wie zum Beispiel Rasenmulden, erreicht werden können. Besteht keine oder nur eine unzureichende Möglichkeit zur Versickerung, kann das Niederschlagswasser in ein Oberflächengewässer eingeleitet werden, wenn dieses ausreichend leistungsfähig ist. Hierbei ist vor allem das Rückhalten und die gedrosselte Einleitung von großer Bedeutung. (DWA, 2007)

Bei der Versickerung von Niederschlagswasser ins Grundwasser bzw. der Einleitung in Oberflächengewässer sind in Österreich das ÖWAV-Regelblatt 45 (ÖWAV, 2015) und das ÖWAV-Regelblatt 35 (ÖWAV, 2019) und die Bewilligungspflicht nach WRG 1959 zu berücksichtigen.

Nachdem sich das Merkblatt DWA-M 153 mit Verweisen auf das DWA-A 138 und das ATV-A 166 mit der Niederschlagswasserbehandlung befasst, regelt das Arbeitsblatt ATV-A 128 (1992) die Mischwasserbehandlung (DWA, 2007). Das ATV-A 128 soll allerdings in Deutschland demnächst durch das neue DWA-A 102/BWK-A 3 (DWA, 2016) abgelöst werden.

Im Mischwasserabfluss befinden sich zusätzlich zu den möglichen Schadstoffen aus dem Niederschlagswasser auch noch jene, die durch häusliche, gewerbliche oder industrielle Abwässer in die Kanalisation gelangen. Betrachtet man die historische Entwicklung der Kanalisation, dann dienten die Kanäle zunächst nur der Abwasserableitung und -einleitung in den nächstgelegenen Vorfluter. Nachdem der Wasserverbrauch damals auch noch viel geringer war, wurde das abgeleitete Niederschlagswasser auch dafür benötigt, um die Fäkalien aus den Siedlungsbereichen hinauszuschwemmen. Später, als die ersten ARAs gebaut wurden, war es in den Mischsystemen nicht möglich den gesamten Mischwasserabfluss auf den Kläranlagen zu behandeln, wodurch die ersten Mischwasserentlastungen entstanden sind. Durch diese direkte Einleitung von Mischwasser werden die Oberflächengewässer stoßartig und hydraulisch mit sauerstoffzehrenden und anderen Schadstoffen belastet. Um Oberflächengewässer vor diesen Belastungen



zu schützen, können beispielsweise Zwischenspeicher für das Mischwasser errichtet werden oder das überlaufende Mischwasser kann an Ort und Stelle durch Retentionsbodenfilteranlagen behandelt werden. (Sieker et al., 2003)

Auf die einzelnen Verfahren zur Reduzierung bzw. Behandlung von Niederschlags- oder Mischwasser wird in den nachfolgenden Kapiteln 4.1.1 bis 4.1.3 näher eingegangen.

### 4.1.1 Entsiegelung

Werden versiegelte Flächen wieder vollständig zurückgebaut, dann handelt es sich um eine Entsiegelung. Dabei werden versiegelte Flächen in Ackerland, Wald- oder sonstige Grünflächen umgewandelt. Vollständige Entsiegelungen haben einen großen positiven Effekt auf das Abflussverhalten und die Wasserbilanz. Handelt es sich um vollversiegelte Flächen, wie zum Beispiel Parkplätze oder Straßen, dann können diese durch den Einsatz von teilversiegelten Oberflächenmaterialien zum Teil entsiegelt werden. Durch die Verwendung von teildurchlässigen Oberflächen wird sowohl die Flächenversiegelung als auch der Niederschlagswasserabfluss reduziert. Zu diesen alternativen Belägen zählen unter anderem Rasengittersteine oder Pflastersteine. Wie diese Oberflächen in der Praxis aussehen können, ist in der Abbildung 4-1 dargestellt. (Sieker et al., 2003; Matzinger et al., 2017)



Abbildung 4-1: a) Rasengittersteine, b) Pflastersteine (Matzinger et al., 2017)

Diese Maßnahme wird häufig auf Gehwegen, Parkplätzen oder wenig befahrbaren Straßen angewendet und trägt somit zu einer quantitativen Entlastung der Kanalisation und einer lokalen Grundwasseranreicherung bei. Generell sind Entsiegelungsmaßnahmen nur dann anzuwenden, wenn das Grundwasser durch die Versickerung des Niederschlagswassers nicht gefährdet wird. Das Verhalten des Oberflächenabflusses ist abhängig von der Entsiegelungsart, der Geländeneigung oder der Bodenbeschaffenheit und kann dementsprechend variieren. Wird eine Fläche mit einer teilversiegelten Oberfläche ausgestattet, dann orientiert sich der Aufbau am Standardwegeaufbau, der aus einer Frostschutzschicht und einer darüber liegenden Tragschicht besteht. Über der Tragschicht wird eine

dynamische Schicht oder ein Fugenmaterial eingebracht und der Abschluss bildet eine wassergebundene Decke oder ein durchlässiger Belag. (Sieker et al., 2003; Matzinger et al., 2017)

Bei dieser Niederschlagswasserbewirtschaftungsmaßnahme wird kein zusätzlicher Flächenbedarf benötigt (Sieker et al., 2003).

Zu den wichtigen Arbeiten für die Unterhaltung und Pflege zählen die Kontrolle der Versickerungsleistung und dessen Wiederherstellung, sollte sich diese mit der Zeit verringern. Die Reinigung von Pflasterfugen kann beispielsweise durch eine Absaugung des alten Splitts und eines nachfolgenden Ersatzes mit neuem Splitt in den Fugen erfolgen. Um versickerungsfähige Beläge zu reinigen, können spezielle Reinigungsmaschinen eingesetzt werden. Diesbezüglich werden in den Poren Wasser und Hilfsstoffe eingesetzt, um die Schmutzbelastung zu reduzieren. (Matzinger et al., 2017).

Die Schadstoffreduktion in den Oberflächengewässern beträgt dadurch nahezu 100 %, allerdings nur dann, wenn zur Kanalisation keine Überlaufanschlüsse und keine direkten Einleitungen in die Oberflächengewässer vorhanden sind. Die Schadstoffe können aufgrund der Versickerungsmöglichkeit teilweise im Boden zurückgehalten und zum Teil auch abgebaut werden. Da nicht alle Schadstoffe im Boden zurückgehalten werden können, ist es möglich, dass ein Teil der Schadstoffe in das Grundwasser gelangt. (Sieker et al., 2003)

Insgesamt handelt es sich bei teilversiegelten Oberflächenbefestigungen um Maßnahmen, die zu einer Erhöhung des Versickerungsanteils beitragen und damit auch den Hitzestress leicht reduzieren. In Städten kann die Maßnahmenumsetzung auf großen Flächen zu einer Reduzierung der nächtlichen Wärmeabstrahlung und dadurch zu weniger Tropennächten beitragen. Durch die Versickerung werden die Oberflächengewässer qualitativ und quantitativ entlastet. Aufgrund des nur teilweise vorhandenen Reinigungseffekts können allerdings Stoffe in das Grundwasser eingetragen werden. (Matzinger et al., 2017)

### 4.1.2 Versickerungsanlagen

Bei der Verwendung von Versickerungsanlagen ist unbedingt der Boden- und Gewässerschutz zu beachten und wenn nötig, eine geeignete Schutzmaßnahme zu treffen. Niederschlagswasser kann mit zahlreichen Stoffen belastet sein, einerseits durch Deposition und andererseits durch Oberflächenabflüsse. Um die Grundwasserbeeinflussung durch die Versickerung von Abflüssen bewerten zu können, gibt es nach dem DWA-A 138 drei Kategorien, die sich dabei auf die Stoffkonzentrationen der Niederschlagswasserabflüsse von befestigten Flächen beziehen. Die Einteilung erfolgt dabei in unbedenkliche, tolerierbare und nicht tolerierbare Niederschlagsabflüsse. Handelt es sich um **unbedenkliche Niederschlagsabflüsse**, sind die Stoffkonzentrationen so klein, dass das Grundwasser, durch schädliche Verunreinigungen oder andere nachteilige Veränderungen

nicht belastet wird. Das Wasser kann ohne Bedenken durch die ungesättigte Zone und ohne Vorbehandlung versickern. **Tolerierbare Niederschlagsabflüsse** sind einer geeigneten Vorbehandlung zu unterziehen, bevor sie versickert werden können. Als Reinigungsschritt für oberirdische Versickerungen kann es mitunter schon ausreichen, wenn das Niederschlagswasser durch einen bewachsenen Boden versickert (DWA, 2005). Aufgrund der belebten Bodenschicht, die sozusagen als Filter dient, werden die Schadstoffe im Boden zurückgehalten. Durch diese reinigende Wirkung werden die Bodenschichten mit Schadstoffen belastet und sind als Anlagenbestandteil zu betrachten. Wird eine Anlage außer Betrieb genommen, so sind die kontaminierten Bodenschichten gesetzeskonform zu entsorgen (VSA, 2002). Handelt es sich um **nicht tolerierbare Niederschlagsabflüsse**, dann sollten diese nur nach einer entsprechenden Vorbehandlung versickert oder in ein Gewässer eingeleitet werden. (DWA, 2005)

Die nachfolgenden Unterkapitel beschäftigen sich mit der Flächenversickerung, Muldenversickerung, Rohr- und Rohrrigolenversickerung, Schachtversickerung, Mulden-Rigolen-System und Mulden-Rigolen-Tiefbeet. Je nach Verfügbarkeit der Freiflächen, der Versickerungsfähigkeit des Untergrundes und der Eigenschaften, die eine Anlage zu erfüllen hat, sollte eine entsprechende Versickerungsanlage ausgewählt werden. Abbildung 4-2 stellt die unterschiedlichen Anlagentypen gegenüber und zeigt, dass für die reine Versickerung alle Anlagen geeignet sind, für die zusätzliche Speicherfunktion aber lediglich das Mulden-Rigolen-System. Mulden- und Flächenversickerungen eignen sich bei hoher Flächenverfügbarkeit und sofern das nicht der Fall ist, können Schachtversickerungen oder Mulden-Rigolen-Systeme angewendet werden.

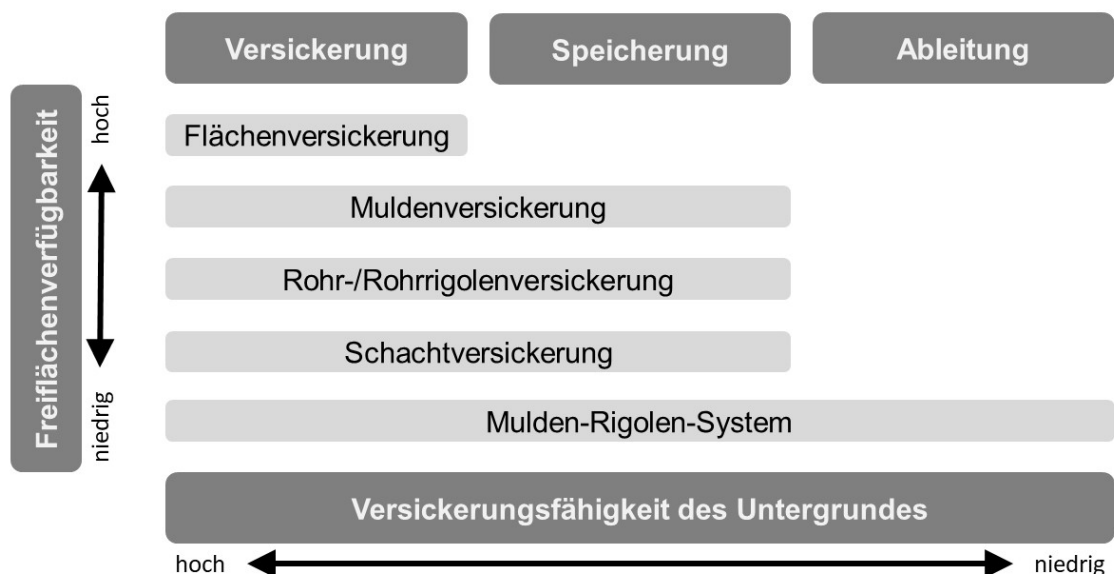


Abbildung 4-2: Gegenüberstellung von Versickerungsanlagen bezogen auf die Flächenverfügbarkeit und der Versickerungsfähigkeit des Untergrundes (DWA, 2005, mod.).

### 4.1.2.1 Flächenversickerung

Die Ausführung von Flächenversickerungen ist die einfachste Form von Versickerungsanlagen. Das Niederschlagswasser von versiegelten Flächen versickert dabei über einen bewachsenen Boden auf einer angrenzenden Grünfläche. Dabei kann es sich zum Beispiel um unbefestigte Randstreifen oder Rasenflächen, wie in Abbildung 4-3 zu sehen ist, handeln. Wichtig dabei ist, dass zwischen der befestigten Fläche und der Grünfläche ein linienhafter und gleichmäßiger Übergang für das Niederschlagswasser besteht. (DWA, 2005; Matzinger et al., 2017)



Abbildung 4-3: Beispiel für eine Flächenversickerung (Matzinger et al., 2017)

Für Flächenversickerungen ist eine große Flächenverfügbarkeit notwendig. Die Versickerungsfläche sollte mindestens 50 % der Fläche, die zu entwässern ist, betragen. (Matzinger et al., 2017)

Die Pflege und Unterhaltung der Flächenversickerung besteht im Großen und Ganzen aus der Vegetationspflege. Dazu zählt die Pflege des Rasens, der Stauden oder Gehölze und ist den üblichen Aufwendungen von Grünflächen gleichzusetzen. Wichtig ist, dass die Versickerungsfläche von Laub und sonstigen Versperrungen freigehalten wird, damit die Versickerungsleistung erhalten bleibt. Sollte die Leistung der Versickerung nachlassen, ist der Rasen zu vertikutieren. Einen weiteren positiven Effekt auf die Langlebigkeit der Anlage kann eine regelmäßige Straßenreinigung bewirken. (Matzinger et al., 2017)

Bezüglich Schadstoffreduktion und -rückhalt kann generell gesagt werden, dass die Schadstoffe bei einer vollständigen Versickerung weder in die Oberflächen-gewässer noch in die Kanalisation gelangen. Für das Grundwasser können die

Anlagen allerdings eine Gefahr darstellen. Um dem dagegen zu wirken, sollte der belebte Oberboden mindestens 30 cm dick und begrünt sein. Durch den Bewuchs des Oberbodens wird eine starke Durchwurzelung, Wasserdurchlässigkeit, Sauerstoffversorgung und ein Schadstoffrückhalt sichergestellt. Wie stark das Grundwasser gefährdet ist, hängt somit zu einem großen Teil von der Bodenbeschaffenheit und dessen chemischen, physikalischen und biologischen Fähigkeiten ab, vorhandene Schadstoffe im Boden zurückzuhalten. Dabei spielen die sedimentologischen und hydrogeologischen Gegebenheiten eine große Rolle. Die Zurückhaltung und Anlagerung von Schwermetallen im Boden basiert auf organische Bindungen, Sorption oder mitunter auf chemische Fällungsprozesse. Bei den Schwermetallen ist zu beachten, dass aufgrund von Taumittel Einsatz oder einer Änderung des pH-Wertes der Rückhalt reversibel sein kann, was allerdings bereits bei der Planung berücksichtigt werden kann. Organische Stoffe können von Eisen- und Manganoxiden, Tonmineralien und Huminstoffen an der Oberfläche gebunden werden. Auch mikrobiologisch können Schadstoffe abgebaut werden, wobei die Abbauleistung vom Sauerstoff- und Nährstoffgehalt, den der Boden besitzt, abhängt. Je mehr Sauerstoff- und Nährstoffgehalt der Boden enthält, desto besser ist die Abbauleistung. (Sieker et al., 2003)

### **4.1.2.2 Muldenversickerung**

Bei einer Muldenversickerung versickert das Niederschlagswasser von versiegelten Flächen ebenso wie bei einer Flächenversickerung, nur besitzt die Grünfläche in diesem Fall eine zusätzliche Mulde, siehe Abbildung 4-4 a). Versickerungsmulden werden meistens dann angewendet, wenn für die Flächenversickerung die verfügbare Versickerungsfläche zu klein oder die Durchlässigkeit des Untergrundes zu gering ist. Durch die Mulde kann bei Niederschlagsereignissen ein kurzzeitiger Einstau durch das Niederschlagswasser entstehen, welcher sich durch Versickerung und Verdunstung allerdings sehr bald wieder selbstständig entleert. Bei der Bemessung der Anlage ist zu beachten, dass ein Dauerstau vermieden wird. Kommt es zu einem Dauerstau, besteht die Gefahr, dass sich die Oberfläche verschlickt und verdichtet. Um diese Gefahr zu vermeiden, wird die Einstauhöhe laut Arbeitsblatt DWA-A 138 mit 30 cm begrenzt. Ein weiterer Grund für diese Begrenzung ist auch der Schutz für Kleinkinder vor einem Ertrinken in den Mulden. Um eine gleichmäßige Versickerung des Wassers zu erreichen, ist darauf zu achten, dass die Sohlebenen und -linien der Versickerungsmulden horizontal liegen. Werden lange oder große Mulden ausgeführt, dann sollten die Mulden durch sogenannte Bodenschwellen unterbrochen werden. Dies gilt vor allem bei vorhandenen Geländegefällen. Wenn möglich, soll die Versickerungsmulde oberirdisch und mit offenen Zuleitungsrinnen mit Niederschlagswasser beschickt werden. Dabei ist zu beachten, dass das Überfließen von den befestigten Flächen in die Versickerungsmulde gleichmäßig und längs über die Flächenkante geschieht. In Abbildung 4-4 b) wird der schematische Aufbau einer Versickerungsmulde nach DWA-A 138 dargestellt. (DWA, 2005; Matzinger et al., 2017)





Abbildung 4-4: a) Beispiel einer Muldenversickerung (Matzinger et al., 2017), b) Aufbau einer Muldenversickerung (DWA, 2005)

Bei einer Muldentiefe von 30 cm soll die Muldenfläche ca. 20 % der angeschlossenen Fläche betragen (Matzinger et al., 2017).

Betrachtet man die Unterhaltung bzw. Pflege und die Schadstoffreduktion und -rückhaltung von Versickerungsmulden, dann gelten für diese Punkte die gleichen Bedingungen wie bei der Flächenversickerung und wie sie im Kapitel 4.1.2.1 beschrieben sind.

Mulden- wie auch Flächenversickerungen wirken sich auf das Stadtklima aufgrund ihrer Verdunstungsleistung und geringen Wärmekapazität im Vergleich zu Asphalt positiv aus. Durch eine richtige Auslegung der Anlagen kann sich die biologische Vielfalt erhöhen und die Oberflächengewässer können bei vollständiger Versickerung quantitativ und qualitativ entlastet werden. (Matzinger et al., 2017)

### 4.1.2.3 Rigolen- und Rohrrigolenversickerung

Bei Rigolenversickerungen handelt es sich um Anlagen, die aus Gräben bestehen und mit Kies (Porenvolumen ca. 35 %), speziellen Kunststoffblöcken (Porenvolumen ca. 90 %) oder anderen speicherfähigen Materialien gefüllt sind. Das Niederschlagswasser gelangt hierbei oberirdisch in die Gräben und wird dort bis zur vollständigen Versickerung zwischengespeichert. In Abbildung 4-5 ist der Bau einer Füllkörperrigole aus Kunststoffblöcken zu sehen. Bei einer Rohr-Rigolenversickerung wird das Niederschlagswasser unterirdisch über einen Zulauf und einen perforierten Rohrstrang in ein speicherfähiges Material geleitet. Der restliche Rohrgraben wird mit einem Füllboden bis zur Geländeoberkante aufgefüllt. Durch die direkte unterirdische Einleitung ist darauf zu achten, dass die absetzbaren Stoffe im Niederschlagswasser durch eine vorgeschaltete Absetzeinrichtung zurückgehalten werden. In Abbildung 4-5 wird der Aufbau eines Rohr-Rigolenelements nach DWA-A 138 dargestellt. Möchte man das Niederschlagswasser sowohl oberirdisch als auch unterirdisch ableiten, dann kann man beide

Anlagen miteinander kombinieren. Dabei reicht die Rigole bis zur Geländeoberkante, die dadurch das oberirdische Niederschlagswasser aufnehmen kann und wohingegen der andere Teil des Niederschlagswassers unterirdisch über den in der Rigole liegenden Rohrstrang eingeleitet wird. Beim Bau der Anlage ist auf eine gleichmäßige Verteilung des Wassers über die gesamte Grabenlänge und auf eine entsprechende hydraulische Leistung des Sickerrohres zu achten. Um die Rigole vor Materialeintrag und Verschlammung zu schützen, ist die Rigole mit einem Filtervlies oder Geotextil von außen zu ummanteln. Die Anlagen kommen vor allem dann zum Einsatz, wenn die verfügbare Versickerungsfläche für eine Muldenversickerung zu klein ist oder wenn es sich um schlecht durchlässige Böden handelt. (DWA, 2005; Matzinger et al., 2017)

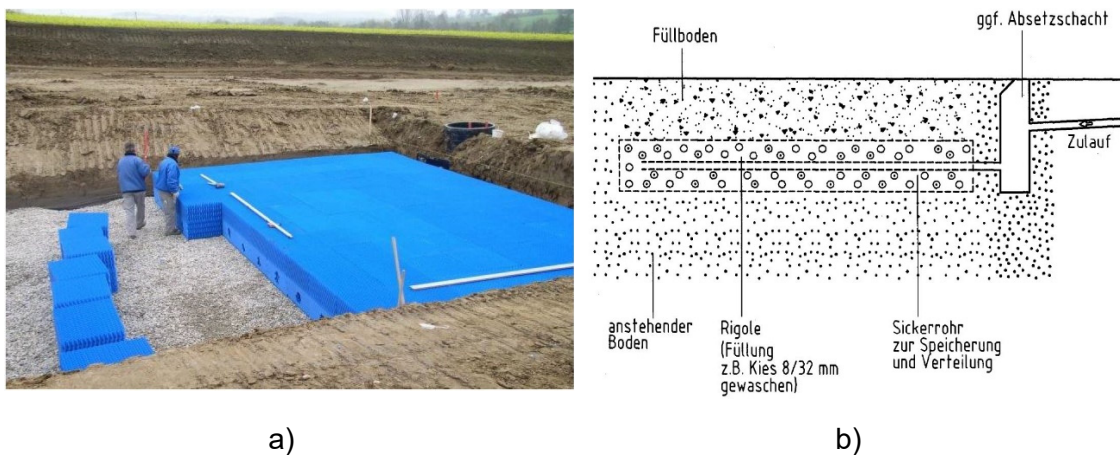


Abbildung 4-5: a) Bau einer Rigole aus Kunststoffblöcken (Matzinger et al., 2017), b) Aufbau eines Rohr-Rigolenelements (DWA, 2005)

Bei diesen Versickerungsanlagen ist, bis auf die Revisionsschächte, kein oberirdischer Flächenbedarf notwendig. (Matzinger et al., 2017)

Im Großen und Ganzen sind die Anlagen bei entsprechender Vorreinigung durch technische Anlagen oder durch Bodenpassage nahezu wartungsfrei. Einmal im Jahr sind die Schächte auf Verstopfung oder Verunreinigung zu kontrollieren und von Schmutzstoffen, wie Laub oder anderen Ablagerungen, zu befreien. Je nach Herstellerangaben kann es nötig sein, dass das Sickerrohr gespült werden muss. (DWA, 2005; Matzinger et al., 2017)

Wie bereits im Kapitel 4.1.2.1 erwähnt, bewirkt der belebte Oberboden einen deutlichen Reinigungseffekt und hält damit Schadstoffe aus dem Niederschlagswasser zurück. Der tiefere Bodenuntergrund hat bei weitem nicht diese Fähigkeit, Schadstoffe zurückzuhalten, weswegen diese Passagen nur mit gering verschmutztem Niederschlagswasser beschickt werden dürfen. Dazu zählt zum Beispiel der Oberflächenabfluss von nicht metallischen Dächern, Gründächern oder Fußwegflächen. Kommt der Oberflächenabfluss von Flächen, die zu einer stärkeren Verschmutzung des Niederschlagswassers führen, dann sind entsprechende Vorbehandlungen vorzusehen. (Sieker et al., 2003; Matzinger et al., 2017)

### 4.1.2.4 Schachtversickerung

Bei Versickerungsschächten handelt es sich um unterirdische Anlagen, die meistens aus Betonschachtringen bestehen. Das vorwiegend unbelastete Niederschlagswasser wird dabei unterirdisch über einen Zulauf in einen Sickerschacht eingeleitet und kann dort bis zur vollständigen Versickerung zwischengespeichert werden. Versickerungsschächte müssen mindestens einen Durchmesser von DN 1000 aufweisen. In Abbildung 4-6 ist ein Versickerungsschacht und dessen Sohle zu erkennen. (DWA, 2005; Matzinger et al., 2017)



Abbildung 4-6: Sohle eines Versickerungsschachts (Matzinger et al., 2017)

Ein Versickerungsschacht kann auf zwei unterschiedliche Bauarten ausgeführt werden. Beide Bauweisen besitzen in den Schachtringen Durchtrittsöffnungen. Beim Versickerungsschacht Typ A liegen diese Öffnungen oberhalb und beim Versickerungsschacht Typ B unterhalb der Filterschicht. Um das Grundwasser zu schützen und um die Versickerungsfähigkeit zu erhalten, wird beim Typ A ein Filtersack in den Versickerungsschacht eingehängt. Das Niederschlagswasser gelangt somit nur über den Filtersack zur Sohle des Schachtes. Durch den Filtersack werden sowohl absetzbare als auch abfiltrierbare Stoffe vor der Versickerung zurückgehalten. Beim Typ B gibt es keinen Filtersack, wodurch das Niederschlagswasser ausschließlich durch die Filterschicht versickert. Sowohl die absetzbaren als auch die abfiltrierbaren Stoffe werden bei dieser Bauart durch die Filterschicht zurückgehalten. Die DWA-A 138 empfiehlt als Filterschichtmaterial einen karbonhaltigen Sand (Körnung 0,25 mm bis 4 mm), der auch eine entsprechende Wasserdurchlässigkeit gewährleistet. Ein weiterer Unterschied der bei-



den Bauarten ist, dass Typ A bei gleicher Schachttiefe ein größeres Speichervolumen als Typ B, besitzt. Bei beiden Ausführungen ist zwischen dem mittleren höchsten Grundwasserstand (MHGW) und der Filterschichtoberkante ein Abstand von mindestens 1,5 m einzuhalten. In Abbildung 4-6 ist der Aufbau des Versickerungsschachts Typ A und Typ B nach DWA-A 138 dargestellt. (DWA, 2005)

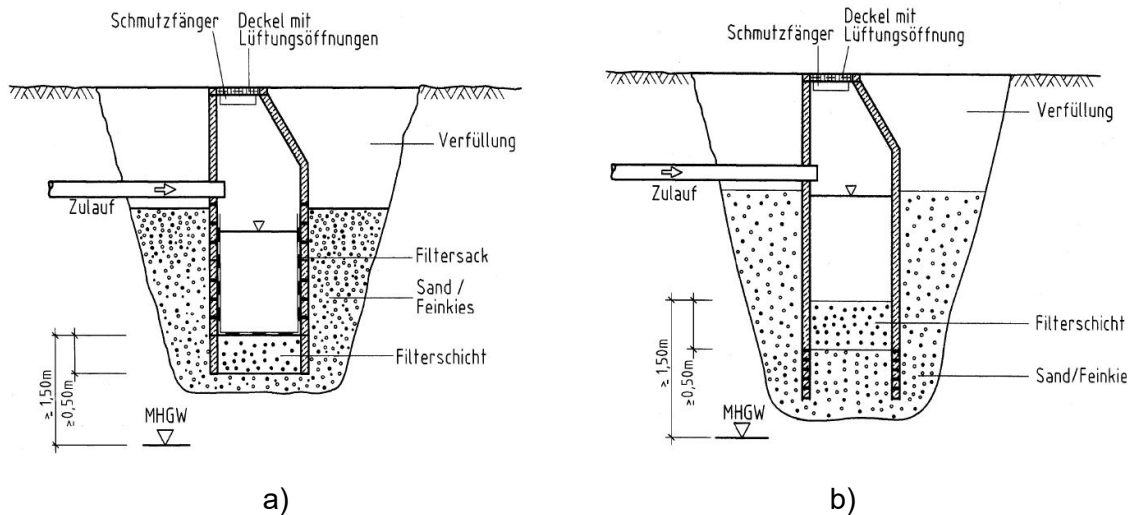


Abbildung 4-7: a) Versickerungsschacht Typ A, b) Versickerungsschacht Typ B (DWA, 2005)

Sowohl für den Flächenbedarf als auch für die Schadstoffreduktion und -rückhaltung gelten die gleichen Bedingungen wie bei den Rigolen- und Rohrrigolenversickerungen im Kapitel 4.1.2.3.

Versickerungsschächte sind halbjährlich zu inspizieren, wobei jeweils die Filter, die Schächte und die Zuläufe zu kontrollieren sind. Beim Typ A ist gegebenenfalls der Filtersack zu reinigen oder zu ersetzen und beim Typ B ist eventuell die Filterschicht, bei Verringerung der Durchlässigkeit, auszutauschen. (DWA, 2005; Matzinger et al., 2017)

Schachtversickerungen als auch Rohr- und Rohrrigolenversickerungen haben aufgrund ihrer Anordnung im Untergrund keine Auswirkungen auf das Stadtklima oder die biologische Vielfalt. Durch die vollständige Versickerung des Niederschlagswassers können die Oberflächengewässer qualitativ und quantitativ wesentlich entlastet werden, das Grundwasser wird allerdings mit zusätzlichen Stoffeinträgen qualitativ belastet. (Matzinger et al., 2017)

#### 4.1.2.5 Kombinierte Versickerungssysteme

Kombinierte Versickerungssysteme werden bei geringer Flächenverfügbarkeit oder schlechter Versickerungsfähigkeit der Böden angewendet. Die Kombination der Anlagen vereinigt die Eigenschaften der Versickerung über einen belebten Oberboden und die nachgeschaltete Zwischenspeicherung zusammen in einer Anlage. Darüber hinaus können kombinierte Versickerungssysteme durch eine

Bepflanzung mit Sträuchern oder Bäumen die Verdunstungsleistung der Anlage steigern. (Matzinger et al., 2017)

### Mulden-Rigolen-System

Bei Mulden-Rigolen-Elemente handelt es sich um eine Kombination aus einer Rigole und einer begrünten Mulde die darüber liegt. Diese Anlage bietet somit sowohl einen oberirdischen Speicherraum (Mulde) als auch einen unterirdischen Speicherraum (Rigole). Handelt es sich um einen Boden mit einer sehr geringen Durchlässigkeit, so kann es sein, dass die Speichervolumina die schlechte Versickerungsrate nicht ausgleichen können und die Abflüsse über einen Schacht gedrosselt abgeleitet werden müssen. Abbildung 4-8 zeigt ein Beispiel von einem Mulden-Rigolen-System und eine schematische Darstellung vom Aufbau eines Mulden-Rigolen-Systems. (DWA, 2005)

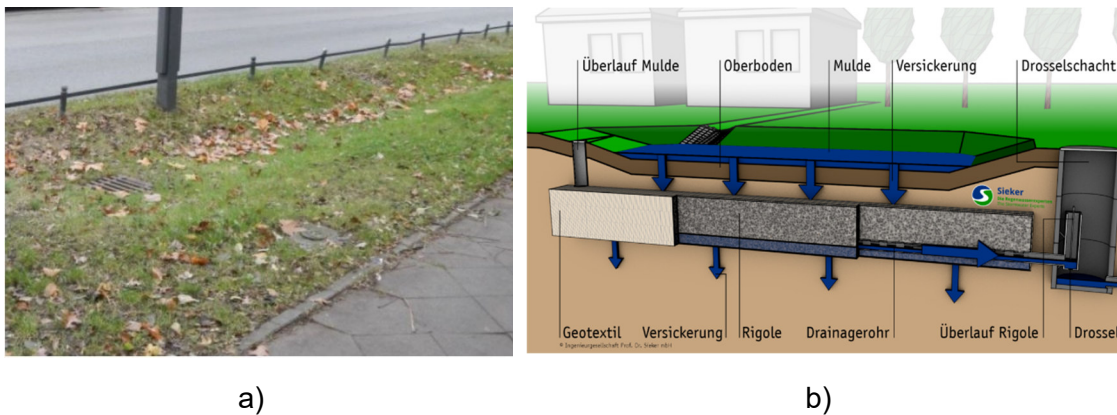


Abbildung 4-8: a) Beispiel eines Mulden-Rigolen-Systems (Matzinger et al., 2017), b) Schematische Darstellung eines Mulden-Rigolen-Systems (Jakobs, 2019)

Ein Mulden-Rigolen-System besteht aus mehreren Mulden-Rigolen-Elementen, die entweder parallel oder aufeinanderfolgend in Entwässerungsrichtung angeordnet werden. Bei der Ausführung ist dabei zu achten, dass das Niederschlagswasser von den angeschlossenen Flächen, oberirdisch und über offene Zuleitungsrinnen in die Versickerungsmulden geleitet wird. Ein direkter Anschluss von den Abflussflächen an die Rigole ist zu vermeiden. Damit es aufgrund zu langer Einstauzeiten in den Mulden zur keiner Vegetationsschädigung kommen kann, darf eine Einstauhöhe von 30 cm nicht überschritten werden und der Oberboden muss mit einer entsprechenden Wasserdurchlässigkeit mindestens 10 cm betragen. Weiters ist ein Muldenüberlauf vorzusehen, der sich allerdings von der Zulaufstelle möglichst weit entfernt befinden sollte, um bei hydraulischen Spitzenlasten den Muldenspeicher zu entlasten. Für das unversickerte Niederschlagswasser sorgt ein Drosselorgan am Ende des Sickerrohres der Rigole für einen gedrosselten Abfluss in die Kanalisation. Abbildung 4-9 zeigt den Querschnitt eines Mulden-Rigolen-Elements und den Aufbau eines Mulden-Rigolen-Systems nach DWA-A 138. (DWA, 2005; Matzinger et al., 2017)

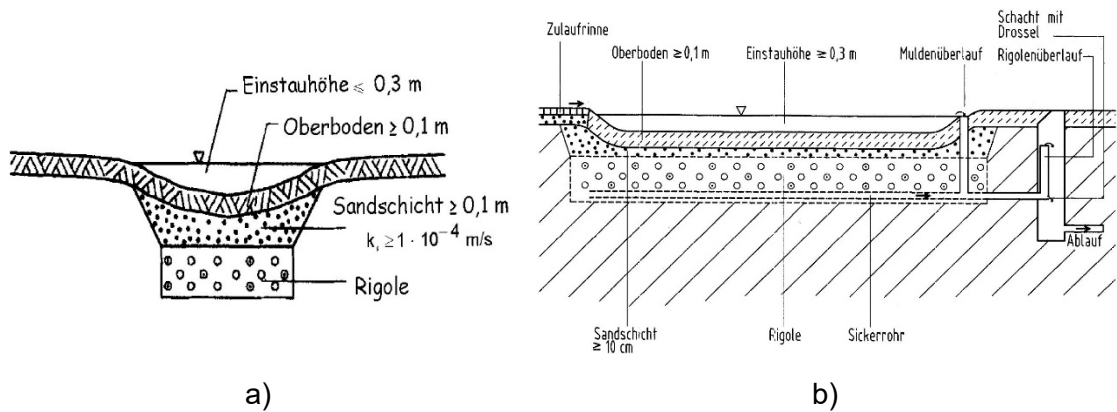


Abbildung 4-9: a) Querschnitt eines Mulden-Rigolen-Elements, b) Aufbau eines Mulden-Rigolen-Systems (DWA, 2005)

Für ein Mulden-Rigolen-System ist keine große Flächenverfügbarkeit notwendig. Die Versickerungsfläche beträgt ca. 10 % von der angeschlossenen und versiegelten Fläche. (Matzinger et al., 2017)

Zu den Arbeiten der Pflege und Unterhaltung zählt die gleiche Vegetationspflege wie bei Flächen- oder Muldenversickerungen. Außerdem muss der Schacht einmal jährlich auf Verstopfung und Verunreinigung kontrolliert und von Schmutzstoffen gereinigt werden. Gegebenenfalls kann eine Spülung des Sickerrohrs notwendig sein. Wird auf eine ausreichende Vorreinigung durch technische Anlagen oder entsprechende Bodenpassagen geachtet, sind die Rigolen weitestgehend wartungsfrei. (Matzinger et al., 2017)

Zur Schadstoffreduktion und -rückhaltung kann gesagt werden, dass das Niederschlagswasser im Großen und Ganzen über die Mulde und dadurch über die belebte Bodenzone versickert und das System mit dem Reinigungseffekt der Flächenversickerung gleichzusetzen ist. Da das Niederschlagswasser allerdings auch über den Muldenüberlauf direkt in die Rigole oder bei Starkregenereignissen in die Kanalisation eingeleitet wird, hat der Muldenüberlauf einen negativen Effekt auf das Reinigungsverhalten des Niederschlagswassers. (Sieker et al., 2003; Matzinger et al., 2017)

## Mulden-Rigolen-Tiefbeet

Bei einem Mulden-Rigolen-Tiefbeet handelt es sich um ein bepflanztes Tiefbeet, bei dem das Niederschlagswasser über eine belebte Bodenschicht und einer darunterliegenden Rigole mit Dränrohr versickert. Auch diese Anlage besitzt einen Drosselabfluss. Dabei werden die Eigenschaften der Versickerungsfähigkeit des Bodens und die gedrosselte Ableitung zur Verhinderung von Vernässungsschäden und zur Reduzierung der Abflussspitzen genutzt. Darüber hinaus kann der Verdunstungsanteil aufgrund der Bepflanzung gezielt erhöht werden. Damit das Tiefbeet nicht mit Feststoffen belastet wird, ist ein Absetzraum vorzuschalten. Dabei kann es sich zum Beispiel um einen normalen Straßenablauf handeln. Im

Gegensatz zum Mulden-Rigolen-System entfallen bei diesem System die Bankett- und Böschungsbereiche und sind vor allem bei engen Platzverhältnissen, wie in Straßenräumen, geeignet. Der Oberflächenbedarf beträgt ca. 5 % von der angeschlossenen und versiegelten Fläche. Die Arbeiten der Pflege und Unterhaltung sind dieselben wie bei einem Mulden-Rigolen-System und sind im Kapitel 4.1.2.5 alle angeführt. In Abbildung 4-10 wird ein Mulden-Rigolen-Tiefbeet am Straßenrand dargestellt. (Matzinger et al., 2017)



Abbildung 4-10: Beispiel eines Mulden-Rigolen-Tiefbeets (Matzinger et al., 2017)

Sowohl Mulden-Rigolen-Systeme als auch Mulden-Rigolen-Tiefbeete tragen zusätzlich auch noch zu einer Erhöhung der Freiraumqualität, einer Verbesserung des Stadtklimas und zu einer Erhöhung der Biodiversität bei. Auch die Oberflächengewässer werden bei beide Systemen qualitative und quantitative entlastet. (Matzinger et al., 2017)

### **Baum-Rigole**

Bei einer Baum-Rigole handelt es sich um eine Kombination aus einer Versickerungsfläche mit Baumbepflanzung und einer unterirdischen Rigole. Im Vergleich zum Mulden-Rigolen-System kann der Verdunstungsanteil durch Baum-Rigolen aufgrund des Bewuchses mit Bäumen erhöht werden. Bei der Ausführung ist auf ein Bodensubstrat mit guter hydraulischer Durchlässigkeit und einem hohen Humusgehalt zu achten. Diese Anforderungen sind notwendig, damit die oberflächennahen Bodenschichten wieder möglichst bald entleert und die stoffliche Retentionswirkung gewährleistet wird. Weiters muss auf eine gute Belüftung des Bodens geachtet werden, die durch einen hohen Anteil an Grobporen oder durch



technische Belüftungen erreicht werden kann. Auch bei diesem System erfolgt die Entleerung mithilfe eines Drosselablaufs. In Abbildung 4-11 sind eine bildhafte Darstellung und ein Beispiel aus der Praxis zu sehen. (Matzinger et al., 2017; Pallasch, 2020)

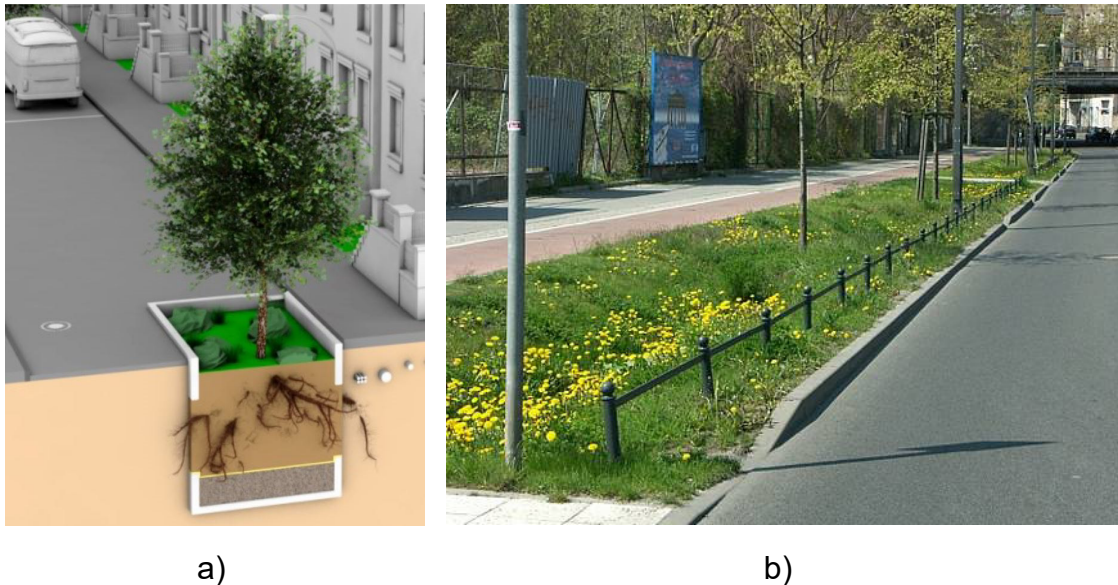


Abbildung 4-11: a) Bildhafte Darstellung einer Baum-Rigole, b) Beispiel einer Baum-Rigole in der Praxis (Pallasch, 2020)

Der Oberflächenbedarf von Baum-Rigolen beträgt ca. 5 % von der angeschlossenen und versiegelten Fläche. Die Unterhaltung und Pflege sind dieselben wie bei einem Mulden-Rigolen-System oder Mulden-Rigolen-Tiefbeet mit zusätzlichen baumpflegerischen Maßnahmen. (Matzinger et al., 2017)

Baum-Rigolen wirken sich positiv auf das Stadtklima aus und können den Hitze-stress aufgrund der Schattenwirkung der Bäume erheblich reduzieren (Matzinger et al., 2017). Bezüglich Schadstoffreduktion und -rückhaltung kann gesagt werden, dass aufgrund der belebten Oberbodenzone und bei einer langen Sickerstrecke ein guter Reinigungseffekt erzielt werden kann. Allerdings bestehen zu dieser Ansicht Vorbehalte, da die Möglichkeit besteht, dass sich die Stoffe über den Fließweg entlang der Wurzeln in tiefere Bodenschichten verlagern. (Pallasch, 2020)

In anderen Ländern wird für dieses System auch der Begriff Stockholm-System verwendet (Stelzl, 2019).

### 4.1.3 Zentrale Niederschlagswasserbehandlung und -rückhaltung

Bauwerke der zentralen Niederschlagswasserbehandlung werden in der DWA-A 166 generell als Regenbecken bezeichnet und können sich hinsichtlich Entwässerungssystem, Funktion, Art und Anordnung unterscheiden. Bei den Entwässerungssystemen handelt es sich entweder um Mischsysteme oder um

## Reduzierungsmöglichkeiten von Stoffeinträgen

Trennsysteme. In Tabelle 4-1 werden die Regenbecken in einem Gesamtüberblick nach ihren Entwässerungssystemen, ihrer Art und ihrer Funktion strukturiert dargestellt. (DWA, 2013)

Wird im deutschen DWA-A 166 der Begriff „Regen“ verwendet, so wird dafür in Österreich sehr oft der noch etwas allgemeinere Begriff „Niederschlagswasser“ verwendet, ist aber im Nachfolgenden jeweils gleichzusetzen.

Weiters wird in der deutschen Terminologie der Begriff Regenbecken zumeist auch dann verwendet, wenn nicht Regenwasser oder Niederschlagswasser, sondern auch wenn Mischwasser zwischengespeichert wird, wohingegen man in diesem Fall in Österreich nach dem ÖWAV-Regelblatt 19 (ÖWAV, 2007) von Mischwasser(überlauf)becken spricht.

Tabelle 4-1: Strukturierte Zusammenfassung und Darstellung der Regenbecken je nach Entwässerungssystem, Funktion und Art (DWA, 2013)

Funktion	Regenüberlaufbecken			Stauraumkanäle mit Entlastung				Retentionsbodenfilterbecken	Regenrückhalteanlagen	
	RÜB			SK				RBF	RRA	
Mischsystem										
Art	Fangbecken	Durchlaufbecken	Verbundbecken	Stauraumkanäle mit oben liegender Entlastung	Stauraumkanäle mit unten liegender Entlastung	Stauraumkanäle mit zwischenliegender Entlastung	Stauraumkanäle als Kaskade	Durchlauffilterbecken	Regenrückhaltebecken	Regenrückhaltekanäle
	FB	DB	VB	SKO	SKU	SKZ	SKK	DFiB	RRB	RRK

Funktion	Retentionsbodenfilterbecken	Regenrückhalteanlagen			Regenklärbecken		
	RBF	RRA			RKB		
Trennsystem (Regenwasserkanalisation)							
Art	Durchlauffilterbecken	Regenrückhaltebecken	Regenrückhaltekanäle	Regenrückhaltegräben	Regenklärbecken ohne Dauerstau als Fangbecken	Regenklärbecken ohne Dauerstau als Durchlaufbecken	Regenklärbecken mit Dauerstau als Durchlaufbecken
	DFiB	RRB	RRK	RRG	RKB <sub>oD</sub>		RKB <sub>mD</sub>

Bei der Anordnung von Regenbecken wird generell zwischen Hauptschluss, Nebenschluss und unechtem Nebenschluss unterschieden. In Abbildung 4-12 werden anhand eines Fangbeckens sieben unterschiedliche Anordnungen überblicksmäßig und schematisch dargestellt. Außerdem werden die Hauptbegriffe zu den einzelnen Varianten kurz erklärt.

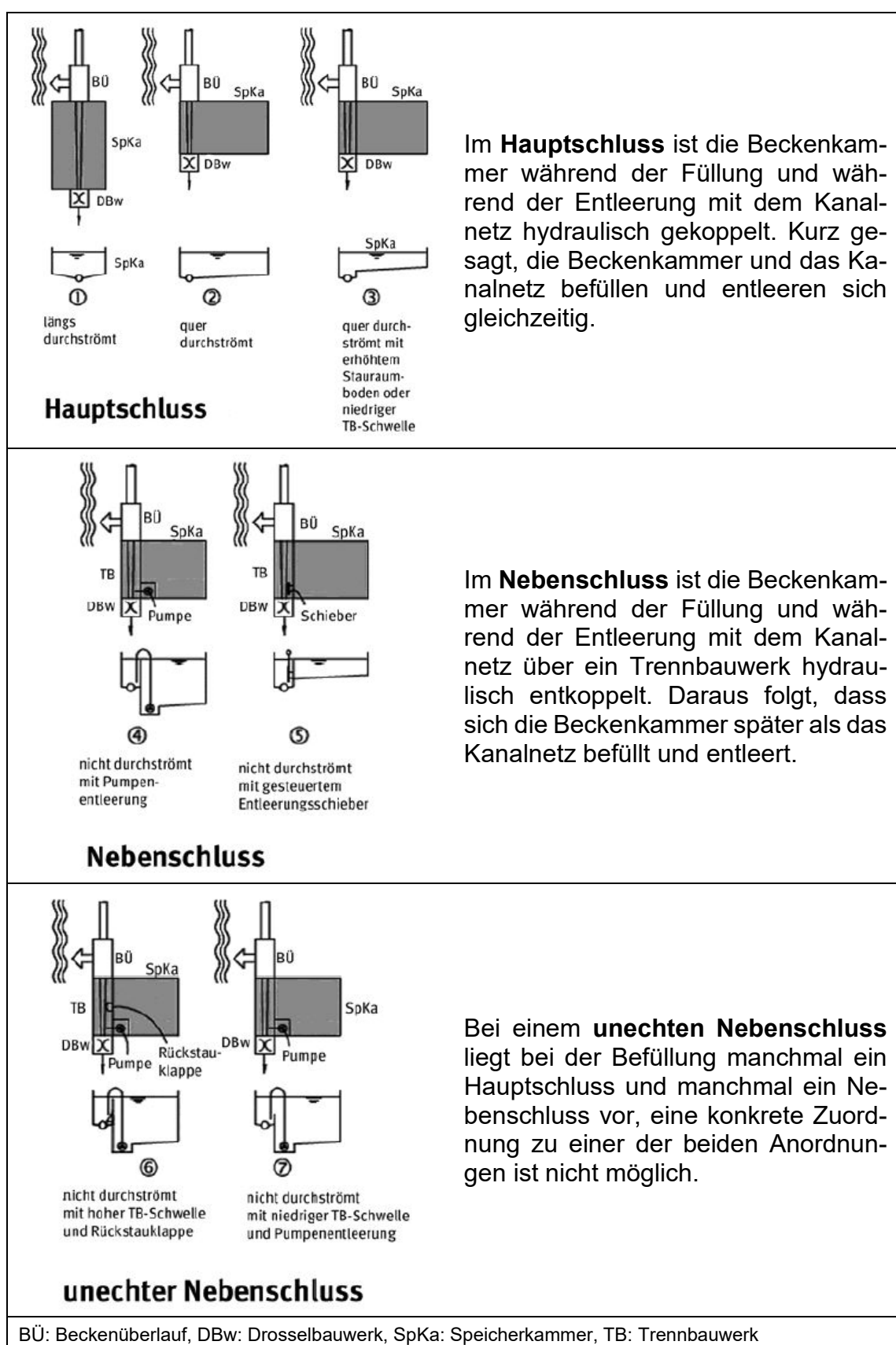


Abbildung 4-12: Beispiele und Erklärung der Begriffe Hauptschluss, Nebenschluss und unechter Nebenschluss (DWA, 2013, mod.)

Um lange Entlastungskanäle zu vermeiden, ist bei der Ausführung von Regenbecken darauf zu achten, dass das Bauwerk in der Nähe von einem Oberflächengewässer gebaut wird. Ebenfalls zu berücksichtigen ist, dass durch die Anlage keine störenden Emissionen, wie Geräusche oder Gerüche, die Nachbarschaft beeinträchtigen. Weitere Anforderungen an einen Beckenstandort sind, Reservflächen für eventuelle Erweiterungen mit einzuplanen, niedriger Grundwasserstand, befestigte Zufahrtsmöglichkeit oder das Setzen der Schachteinstiege im Straßenbereich vermeiden. (DWA, 2013)

Die Regenbecken können in offener Bauweise, geschlossener Bauweise oder als Erdbecken ausgebildet werden. Die Vorteile von offenen Regenbecken sind, dass eine sehr gute Kontrolle durch die Einsehbarkeit gegeben ist, die Wartung und Reinigung leichter möglich sind und dass eine gute Belüftung und Ausleuchtung der Becken vorhanden sind. Darüber hinaus besteht für das Betriebspersonal eine geringere Unfallgefahr und die Bau- und Betriebskosten sind im Regelfall wirtschaftlicher. Nachteilig an dieser Bauweise ist jedoch, dass eine Umzäunung notwendig ist und dass das Material durch die Temperaturunterschiede hoch beansprucht wird. Die Vorteile der geschlossenen Bauweise sind, dass ein geringerer Flächenbedarf benötigt wird, eine zusätzliche Grundstücksnutzung, beispielsweise durch eine Grünanlage, möglich ist und keine Fremdkörper durch Laub oder mutwilligen Einwurf von Passanten den Betrieb stören können. Für diese Bauweise ist keine Umzäunung notwendig und die Materialbeanspruchung und Frostgefahr ist geringer. Nachteilig an dieser Bauweise ist, dass sie kostenintensiver ist und für das Betriebspersonal eine höhere Unfallgefahr besteht. (DWA, 2013)

In den folgenden Unterkapiteln werden die Regenbecken näher erklärt. Um deren schematische Darstellungen besser verstehen zu können, werden zunächst noch ein paar Begrifflichkeiten nach dem DWA-A 166 (DWA, 2013) erklärt:

### **„Ablaufbauwerk (AbBw)**

Bauwerk eines Retentionsbodenfilterbeckens mit Drosselorgan, Absperrvorrichtung und Kontrollmöglichkeit.

### **Auslaufbauwerk (ABw)**

Einrichtung an der Auslaufstelle von Kanälen, Abwasserleitungen und -druckleitungen in ein Gewässer oder dergleichen.

### **Beckenüberlauf (BÜ)**

Vor einem Regenüberlaufbecken, Stauraumkanal mit oben liegender Entlastung oder Regenklärbecken angeordneter Überlauf, der nach Füllung des Regenbeckens anspringt.

### **Drosselbauwerk (DBw)**

Bauwerk zur Aufnahme des Drosselorgans.



**Einlauf- und Verteilungsbauwerk (EBw/VBw)**

Vorrichtung zur gleichmäßigen Verteilung und Ausrichtung der Strömung im Einlaufbereich von rechteckigen Durchlaufbecken und von Retentionsbodenfilterbecken.

**Entlastungsgraben (EG)**

Graben zur Ableitung des Überlaufwassers.

**Entlastungskanal (EK)**

Kanal zur Ableitung des Überlaufwassers.

**Fangteil (FT)**

Fangbeckenkomponente eines Verbundbeckens.

**Filterbeckenüberlauf (FÜ)**

Entlastungsbauwerk eines Retentionsbodenfilterbeckens.

**Kaskadenbauwerk (KBw)**

Bauwerk zur Aktivierung des vorgelagerten Kanalstauraums und mit Entlastungsfunktion in den weiterführenden Kanal.

**Klärteil (KT)**

Durchlaufbeckenkomponente eines Verbundbeckens.

**Klärüberlauf (KÜ)**

Überlauf eines Regenbeckens, über den mechanisch geklärtes Misch- oder Regenwasser entlastet wird.

**Notüberlauf (NÜ)**

Entlastungsanlage zum Schutz einer Regenrückhalteanlage, die nach Vollenfüllung der Speicherkammer (Überschreitung des Nutzvolumens) entlastet.

**Sedimentationskammer (SeKa)**

Bauteil eines Regenbeckens zur Sedimentation von Misch- oder Regenwasserinhaltsstoffen.

**Speicherkammer (SpKa)**

Bauteil eines Regenbeckens zur Speicherung von Misch- oder Regenwasser.

**Stauraumkammer (StKa)**

In Stauraumkanälen vor einem Stauraumüberlauf oder einem Kaskadenbauwerk angeordnete Speicherkammer.

### **Stauraumüberlauf (SÜ)**

Entlastungsbauwerk von Stauraumkanälen mit unten oder zwischenliegender Entlastung.

### **Trennbauwerk (TB)**

Überlaufbauwerk eines Regenbeckens zur Abtrennung des Zuflusses zum Drosselbauwerk.“

#### **4.1.3.1 Regenüberlaufbecken**

Bei Regenüberlaufbecken bzw. nach österreichischer Bezeichnung besser Mischwasserüberlaufbecken handelt es sich um Regenbecken, die ausschließlich im Mischsystem angeordnet werden. Sie können auf drei unterschiedliche Arten jeweils im Hauptschluss oder Nebenschluss ausgeführt werden. Dabei unterscheidet man zwischen Fangbecken, Durchlaufbecken oder Verbundbecken. Abbildung 4-13 zeigt beispielhaft ein Regenüberlaufbecken. (DWA, 2013)

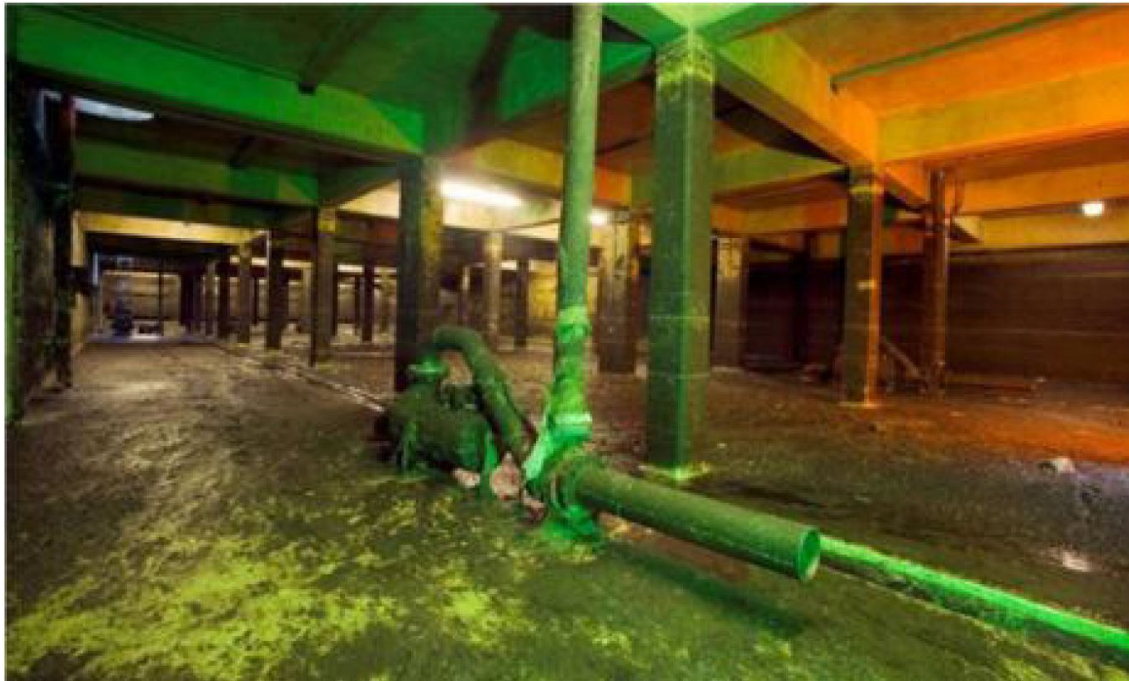


Abbildung 4-13: Beispiel eines Regenüberlaufbeckens (Matzinger et al., 2017)

Ein **Fangbecken** besteht aus den Bauwerkskomponenten Beckenüberlauf, Speicherkammer, Drosselbauwerk, Notentleerung, Entlastungskanal/-graben und einem Auslaufbauwerk. Bei der Ausführung mit Fangbecken wird der Erstabfluss, auch Spülstoß genannt, zuerst im Fangbecken gespeichert und anschließend einer ARA oder einem weiterführenden Kanalnetz gedrosselt zugeführt. Das Becken kann sowohl im Hauptschluss als auch im Nebenschluss ausgeführt werden. Die Anordnung hat dabei auf die entlastete Schmutzfracht keinen Einfluss. Der Grundriss eines solchen Beckens kann entweder rechteckig oder rund sein oder sich an die verfügbare Grundstücksform anpassen. Bei der Form ist aller-

dings zu beachten, dass die Reinigungsmöglichkeit der Beckensohle ausreichend sichergestellt ist. Mögliche Systemvarianten sind in Abbildung 4-14 dargestellt. (DWA, 2013)

Ein **Durchlaufbecken** besteht aus den Bauwerkskomponenten Beckenüberlauf, Einlauf- und Verteilungsbauwerk (ausgenommen bei tangential angeströmten Rundbecken), Sedimentationskammer, Klärüberlauf, Drosselbauwerk, Notentleerung, Entlastungskanal/-graben und einem Auslaufbauwerk. Auch diese Bauweise kann im Haupt- oder Nebenschluss ausgeführt werden. In diesem Fall wirkt sich die Anordnung allerdings auf die entlastete Schmutzfracht aus. Die Aufgaben eines Durchlaufbeckens sind nach der Speicherung des Mischwassers die gedrosselte Ableitung zu einer ARA oder einem weiterführenden Kanalnetz, die mechanische Reinigung des Abwassers durch den Klärüberlauf und schließlich die Entlastung in ein Oberflächengewässer. Im Zuge der mechanischen Reinigung erfolgt ein Absetzen aller sedimentierbaren Stoffe. Weiters können hierbei auch Grob-, Leicht- oder Schwimmstoffe zurückgehalten werden. Der Klärüberlauf darf erst in Betrieb gehen, wenn das Durchlaufbecken vollgefüllt ist. Somit wirkt das Durchlaufbecken bis zur Vollfüllung zunächst als Speicherbecken und wird nach der Aktivierung des Klärüberlaufs als Sedimentationsbecken genutzt. Um bei der Vollfüllung des Durchlaufbeckens den Beckenzufluss entlasten zu können, wird vor der Sedimentationskammer ein Beckenüberlauf vorgeschaltet. Die Schwelle des Beckenüberlaufes muss dabei höher liegen als beim Klärüberlauf. In der Abbildung 4-14 ist dieses System dargestellt. (DWA, 2013)

Ein **Verbundbecken** besteht aus den Bauwerkskomponenten Beckenüberlauf, Einlauf- und Verteilungsbauwerk (ausgenommen bei tangential angeströmten Rundbecken), Fangteil als Speicherkammer, Klärteil mit Sedimentationskammer, Klärüberlauf, Drosselbauwerk, Notentleerung, Entlastungskanal/-graben und einem Auslaufbauwerk. Bei diesem System werden die Vorteile des Fangbeckens mit denen des Durchlaufbeckens kombiniert. Abbildung 4-14 enthält eine grafische Darstellung des beschriebenen Systems. (DWA, 2013)

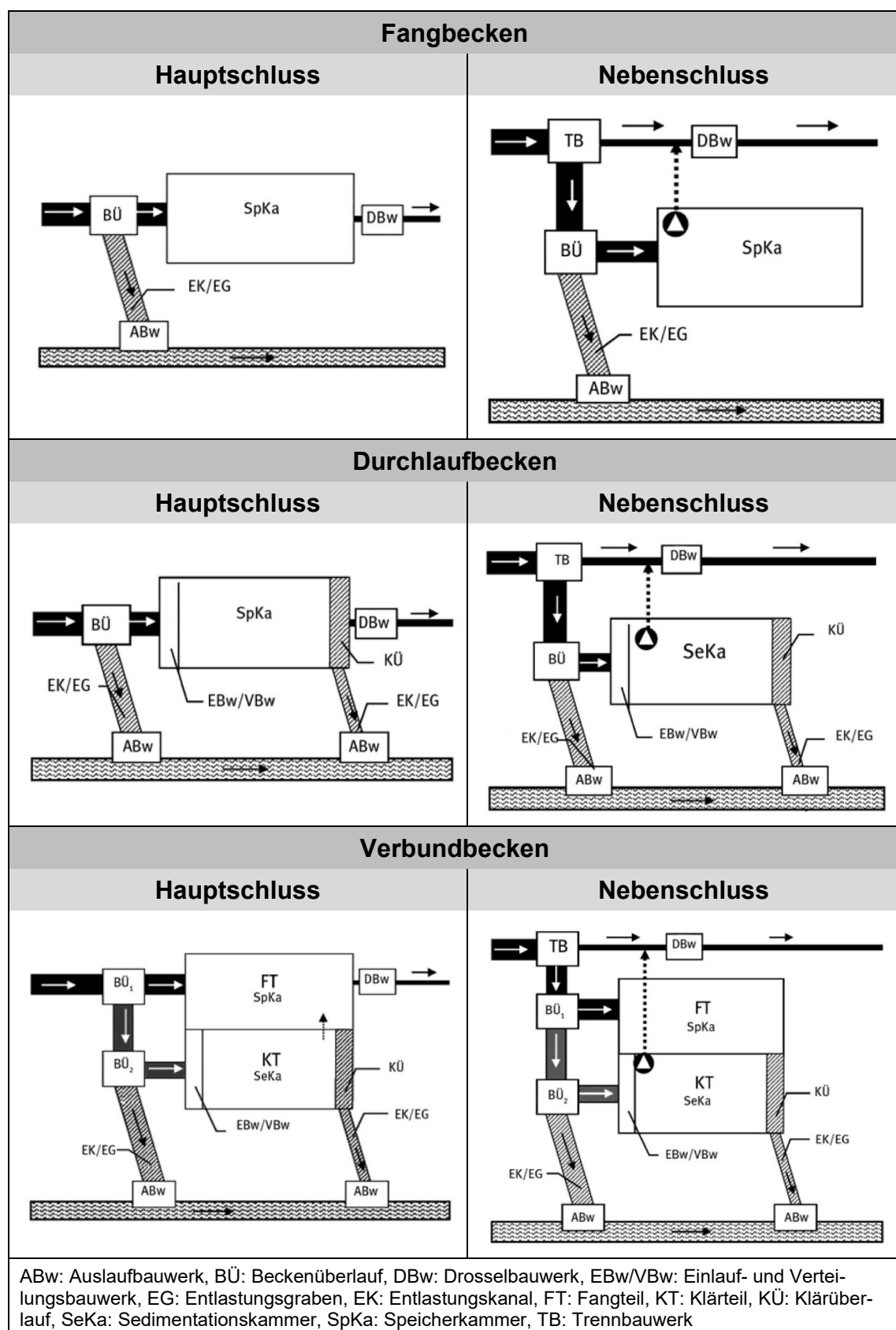


Abbildung 4-14: Schematische Darstellung der verschiedenen Bauformen bei Fangbecken, Durchlaufbecken und Verbundbecken im Haupt- und Nebenschluss (DWA, 2013, mod.)

Der benötigte Flächenbedarf für Regenüberlaufbecken hängt von den örtlichen und baulichen Gegebenheiten ab (Matzinger et al., 2017).

Zu den wichtigsten Arbeiten der Unterhaltung und Pflege zählen vor allem regelmäßige Begehungen der Anlage, im Besonderen nach starken Niederschlagsereignissen. Ebenfalls ist darauf zu achten, dass bewegliche Anlagenanteile ständig überwacht und regelmäßig gewartet werden. Unter beweglichen Anlagenteilen sind beispielsweise Stauwehre, Kippschwellen oder Drosseln zu verstehen. Um Geruchsprobleme möglichst zu vermeiden, werden die Becken automatisch durch Spüleinrichtungen oder Wirbeljets geräumt und gereinigt. Um zu beobachten, ob die Sedimentablagerungen zunehmen, kann während des Nachtminimums der Pegel oberhalb von Stauanlagen gemessen werden. (Matzinger et al., 2017)

Durch vielseitig vernetzte Kanaleinzugsgebiete lässt sich ein flächenspezifischer Stoffrückhalt für Einzelanlagen äußerst schwer quantifizieren. Es konnte allerdings nachgewiesen werden, dass die entlasteten Schmutzfrachten an vielen Orten deutlich reduziert werden konnten. (Matzinger et al., 2017)

### 4.1.3.2 Stauraumkanäle mit Entlastung

Bei Stauraumkanälen mit Entlastung handelt es sich um Regenbecken mit langgestrecktem Speichervolumen. Die Ausführung erfolgt im Regelfall durch Rohrleitungen, die einen großen Durchmesser aufweisen. Auch bei diesem Regenbecken wird das Mischwasser, wenn nötig gespeichert und anschließend gedrosselt zu einer ARA oder in ein weiterführendes Kanalnetz abgeleitet. In der Regel werden Stauraumkanäle im Hauptschluss angeordnet und können mit einer oben liegenden, unten liegenden oder zwischenliegenden Entlastung ausgeführt werden. Eine andere Möglichkeit ist, dass der Stauraumkanal als Kaskade mit anschließender Entlastung errichtet werden kann. Bei diesem Regenbecken ist darauf zu achten, dass bei Trockenwetterabfluss die Kanalsohle in der Lage ist, sich natürlich und hydraulisch selbst zu reinigen. Diese Selbstreinigung kann durch Eiprofile oder durch die Ausführung mit Kreisrohren und erheblich geneigten Bermen als Trockenwetterrinne nachhaltig verstärkt werden. (DWA, 2013)

Die Wirkung eines **Stauraumkanals mit oben liegender Entlastung** kann mit dem eines im Hauptschluss angeordneten Fangbeckens verglichen werden. Bei der Ausführung werden die Bauwerkskomponenten Beckenüberlauf, Speicherkammer, Drosselbauwerk, Notentleerung, Entlastungskanal/-graben und Auslaufbauwerk benötigt. Um zu vermeiden, dass das gespeicherte Abwasser gegen die Fließrichtung zum Beckenüberlauf gedrückt wird, sollte zwischen dem Beckenüberlauf und dem Drosselbauwerk keine größere Einleitung stattfinden. Eine schematische Darstellung eines solchen Stauraumkanals ist in der Abbildung 4-15 a) dargestellt. (DWA, 2013)

Ein **Stauraumkanal mit unten liegender Entlastung** besteht aus den Bauwerkskomponenten Beckenüberlauf, Stauraumkammer, Drosselbauwerk, Notentleerung, Entlastungskanal/-graben und einem Auslaufbauwerk. In diesem Fall erfolgt die Entlastung über einen Stauraumüberlauf, der vor dem Drosselbauwerk angeordnet ist. Der Vorteil dieser Bauweise ist, dass sie besonders wirtschaftlich ist, da ein zusätzliches Speichervolumen geschaffen werden kann. Der Nachteil ist, dass bei Starkregenereignissen durch die Entlastung sedimentierbare Stoffe in die Gewässer eingeleitet und dass Ablagerungen in der Stauraumkammer remobilisiert werden können. Wie die schematische Darstellung eines solchen Stauraumkanals aussieht, wird in Abbildung 4-15 b) gezeigt. (DWA, 2013)

Ein **Stauraumkanal mit zwischenliegender Entlastung** besteht aus den gleichen Bauwerkskomponenten wie ein Stauraumkanal mit oben liegender Entlastung. Zusätzlich besitzt diese Bauweise eine Stauraumkammer. Bei dieser Bauweise liegt der Stauraumüberlauf vom Drosselbauwerk deutlich entfernt und bildet in diesem Zwischenbereich eine Speicherkammer. Zwischen Zulauf und Stauraumüberlauf liegt eine vorgeschaltete Stauraumkammer. Durch diese Bauweise besteht keine Gefahr mehr, dass die Schmutzstoffe aus der Speicherkammer bei Entlastungen in die Gewässer ausgetragen werden können. Um zu vermeiden, dass das gespeicherte Abwasser in Richtung Stauraumüberlauf zurückgedrückt wird, sollten zwischen Stauraumüberlauf und Drosselbauwerk keine größeren Einleitungen stattfinden. Eine schematische Darstellung eines Stauraumkanals mit zwischenliegender Entlastung ist in der Abbildung 4-15 c) dargestellt. (DWA, 2013)

**Stauraumkanäle mit Entlastung als Kaskade** bestehen aus den Bauwerkskomponenten Beckenüberlauf, Stauraumkammer mit Kaskadenbauwerk, Drosselbauwerk, Notentleerung, Entlastungskanal/-graben und einem Auslaufbauwerk. Handelt es sich um lange Kanäle, dann können diese als Kaskadenbauwerk ausgeführt werden, um das Speichervolumen voll ausnützen zu können. Die im Kanal liegenden Kaskadenbauwerke werden mit Anlagen zur Wasserstandsbegrenzung und mit Drosselorganen ausgestattet und dienen abschnittsweise zur Aktivierung der Stauraumkammern. Bei den kanalabwärts liegenden Kaskadenstufen ist darauf zu achten, dass der Querschnitt möglichst groß gewählt wird, um ein möglichst verlustarmes Ableiten von Schwallwellen zu ermöglichen. Wie die schematische Darstellung eines Stauraumkanals mit Entlastung als Kaskade aussieht wird in der Abbildung 4-15 d) dargestellt. (DWA, 2013)

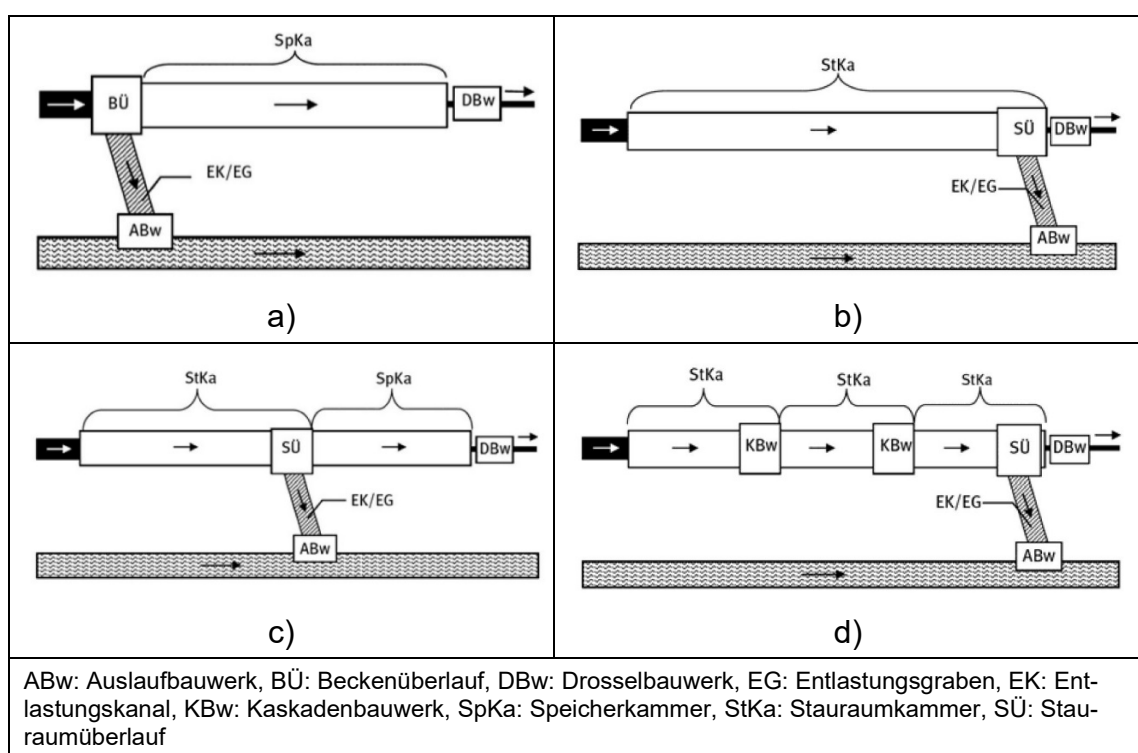


Abbildung 4-15: Schematische Darstellung eines Stauraumkanals im Hauptschluss a) mit oben liegender Entlastung, b) mit unten liegender Entlastung, c) mit zwischenliegender Entlastung und d) als Kaskade (DWA, 2013, mod.)

Stauraumkanäle verhalten sich in Bezug auf Flächenbedarf, Unterhaltung bzw. Wartung und Stoffrückhalt gleich wie Regenüberlaufbecken, was bereits im Kapitel 4.1.3.1 beschrieben wurde.

#### 4.1.3.3 Retentionsbodenfilteranlagen

Eine Retentionsbodenfilteranlage ist eine zweistufige Anlage und wird eingesetzt, um entlastetes Mischwasser oder Niederschlagswasser zu behandeln. Die zwei Stufen bestehen aus einer Vorstufe und aus einem Retentionsbodenfilterbecken. Die Behandlung hat die Oxidation von Ammonium und von organischen Kohlenstoffverbindungen (CSB, BSB) und den effektiven Rückhalt von Feststoffen zum Ziel. Darüber hinaus sollen partikelgebundene Stoffe dauerhaft zurückgehalten werden, dazu zählen unter anderem polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Schwermetalle oder Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW). (DWA, 2019)

Abbildung 4-16 zeigt wie beispielhaft eine Retentionsbodenfilteranlage aussehen kann. In diesem Fall handelt es sich um eine Anlage bei der ARA in Konzen.





Abbildung 4-16: Retentionsbodenfilteranlage bei der ARA in Konzen (Grotehusmann et al., 2015)

Über- aber auch Unterbelastungen von Retentionsbodenfilterbecken können zu einer stofflichen und hydraulischen Minderleistung führen. Im Ernstfall kann es sogar zu einem Versagen der Retentionsbodenfilteranlage oder zu einer Zerstörung des Filterkörpers führen. Schlechte oder unvollständige Durchlässigkeiten der Filterkörper können ein Anzeichen für eine zu hohe Belastung sein. Dies kann beispielsweise durch zu hohe feinpartikuläre Feststoffeinträge, vor allem durch mineralische Feinpartikeln, entstehen. Auch zu geringe Trockenzeiten der Sedimente können zu einer Verringerung der Durchlässigkeit führen. Durch Fremdwasserzuflüsse erhöht sich die Entlastungsdauer, wodurch sich die Abtrocknungszeit der auf der Bodenfilteroberfläche liegenden Sedimente verringert oder ganz ausbleibt. Aufgrund dieser fehlenden Trockenzeit wird die benötigte Filterkörperbelüftung unterbunden und die eingetragenen Stoffe werden bei ihrer Mineralisierung behindert. Dieser Effekt führt zu einer Reduzierung der Reinigungsleistung und erhöht das Risiko für eine Kolmation. Entstehen zu hohe Belastungen durch gelöste und leicht verfügbare organische Stoffe, kann dadurch das Biomassewachstum verstärkt werden und eine biologische Durchlässigkeitsverringering der Filteroberfläche verursachen. Zu geringe Belastungen können zu einer Schädigung der Filtervegetation führen, da sich grabende Tiere ansiedeln und den Filterkörper zerstören können. (DWA, 2019)

Um eine optimale Betriebsführung von Retentionsbodenfilteranlagen gewährleisten zu können, müssen regelmäßig Messdaten erfasst werden. Aus diesem Grund ist bei der Planung darauf zu achten, dass eine Probeentnahmestelle und



eine Messstelle für den Wasserpegel vorgesehen werden. Aufgrund der Betriebssicherheit und des Betriebsaufwandes ist darauf zu achten, dass im Nahbereich des Retentionsbodenfilterbeckens weder Sträucher noch Bäume gesetzt werden. Darüber hinaus sind Maßnahmen gegen unkontrollierten Partikel- und Wassereintrag von angrenzenden Flächen beispielsweise von landwirtschaftlichen Flächen in das Retentionsbodenfilterbecken zu setzen. (DWA, 2019)

Wie bereits erwähnt, können Retentionsbodenfilteranlagen im Misch- oder Trennsystem angeordnet werden und bestehen aus einer Vorstufe und einem Retentionsbodenfilterbecken. Im Mischsystem wird die Vorstufe meistens als Stauraumkanal mit Entlastung oder als Regenüberlaufbecken ausgeführt. Beim Trennsystem hingegen ist als Vorstufe ein Grobstoffrückhalt ausreichend. Beim Retentionsbodenfilterbecken handelt es sich um ein mit Schilf bepflanztes, abgedichtetes, vertikal durchströmtes und gedrosselt betriebenes Becken und kann als Durchlauffilterbecken oder als Fangfilterbecken ausgeführt werden. Beim Durchlauffilterbecken befindet sich der Filterbeckenüberlauf im Retentionsbodenfilterbecken und im Fangfilterbecken befindet er sich vor dem Retentionsbodenfilterbecken. Darüber hinaus besteht eine Retentionsbodenfilteranlage aus einem Auslaufbauwerk, Ablaufbauwerk, Beckenüberlauf, Drosselbauwerk, Einlauf- und Verteilungsbauwerk, Filterbeckenüberlauf, Sedimentationskammer und einem Trennbauwerk. Ist der Retentionsraum vollgefüllt, dann sorgt der Filterbeckenüberlauf für eine kontrollierte Entlastung. Während des Aufbaus der Filtervegetation oder bei nötiger Regeneration der Filter kommt der Notumlauf nach der Vorstufe zum Einsatz. Durch den Notumlauf wird das Retentionsbodenfilterbecken umgangen. Tritt der Ernstfall der Kolmation im Retentionsraum ein, dann muss es möglich sein, das Becken über eine Notentleerung zu entleeren. Dies kann mithilfe eines Ablaufrohres und mit Schieber oder Pumpen umgesetzt werden. Abbildung 4-17 zeigt die schematische Darstellung einer Retentionsbodenfilteranlage im Mischsystem und im Trennsystem. (DWA, 2019)

## Reduzierungsmöglichkeiten von Stoffeinträgen

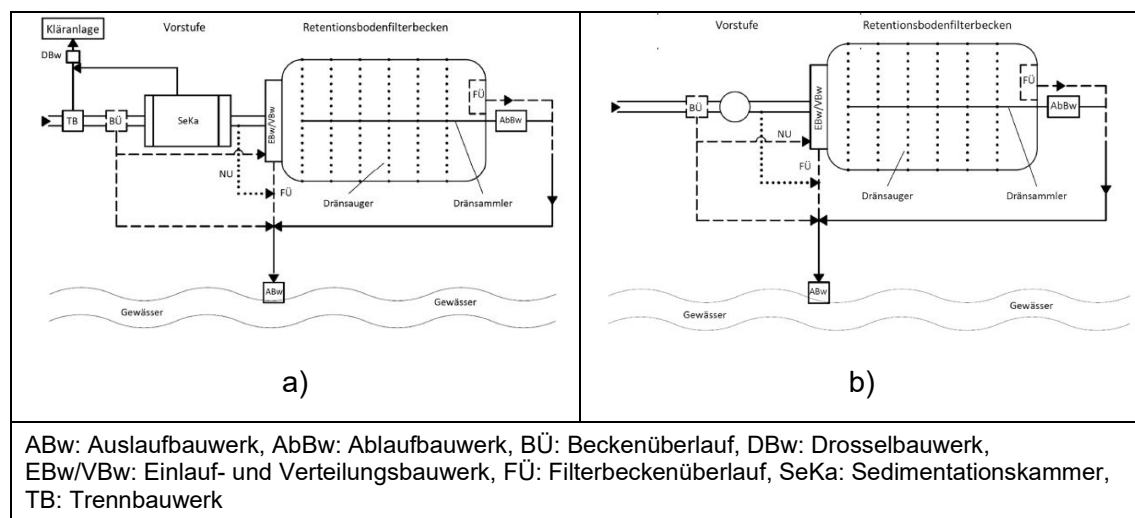


Abbildung 4-17: Schematische Darstellung einer Retentionsbodenfilteranlage a) im Mischsystem und b) im Trennsystem (DWA, 2019)

Einlauf- und Verteilungsbauwerke haben die Aufgabe, beispielsweise mit Verteilerrinnen, den Filterzulauf möglichst gleichmäßig auf der gesamten Bodenfilteroberfläche zu verteilen. Die zu behandelnden Abflüsse werden anschließend im Retentionsraum zwischengespeichert und über den Boden filtriert. Außerdem findet bei der Ausführung als Durchlauffilterbecken im Retentionsraum eine Sedimentation statt. Die oberste Schicht des Retentionsbodens bildet die Deckschicht. Sie dient dem Schutz der Bodenfilteroberfläche vor äußerer Kolmation und Erosion. Die Deckschicht besteht aus gebrochenem mineralischem oder kantengerundetem Material und hat eine Stärke von 5 cm. Beim Material ist darauf zu achten, dass es frost- und tausalzbeständig ist. Nach der Deckschicht folgt der Filterkörper, welcher die Filtration zur Aufgabe hat. Neben der Filtration finden auch Sorptions- und Umwandlungsprozesse im Filterkörper statt. Um eine gute Reinigungsleistung zu erzielen, sollte das Filtermaterial eine gute Filtrationswirkung, eine ausreichende Basenausstattung (Carbonatausstattung), eine mechanische Stabilität und eine Schadstofffreiheit besitzen. Dafür eignen sich natürliche Gesteinskörnungen wie Quarz, Lava, Kalkbrechsand oder Basalt. Des Weiteren sollte es sich um kantengerundetes oder gebrochenes Material mit einer Frost- und Tausalzbeständigkeit handeln. Um eine ausreichende Basenausstattung zu erreichen muss mitunter Calciumcarbonat zugemischt werden. Das Calciumcarbonat im Filtermaterial muss eine Größe von  $\geq 20$  Massenprozent betragen. Eine weitere wesentliche Rolle übernimmt die Filtervegetation. Sie verbessert einerseits bei Durchlauffilterbecken und während eines Filterbeckenüberlaufs den Rückhalt von Feststoffen zum Retentionsraum und andererseits dient sie als Kolmationsschutz. Die Vegetation besteht aus vorkultivierten Schilfpflanzen mit vier bis acht Pflanzen pro Quadratmeter. Das Dränsystem hat die Aufgabe das Filtrat gleichmäßig zu fassen und abzuleiten. Um das System warten und kontrollieren zu können, muss es mit Kamera, Schneidgerät und Spülgerät befahrbar sein. Auf dem Schutzvlies der Abdichtung wird der Dränsauger und

Dränsammler ohne Gefälle eingebaut. Es ist dabei zu beachten, dass der Einwuchs der Wurzeln in den Dränsauger, beispielsweise durch einen Folienstreifen oberhalb der Dränsauger, minimiert wird. Um die Einstaummöglichkeit und einen kontrollierten Filterbetrieb gewährleisten zu können, ist eine Abdichtung notwendig. Sie besteht aus einer mindestens 2 mm starken Kunststoffdichtungsbahn und ist auf beiden Seiten durch ein Geotextil gegen mechanische Beschädigungen zu schützen. Das Ablaufbauwerk ist mit einer Drossel ausgestattet, um die Filtergeschwindigkeit einzuhalten und einen schnellen Einstau für eine gleichmäßige Flächenfilterbelastung im Filterkörper zu erreichen. Ablaufbauwerke sind so zu gestalten, dass ein Gewässerrückstau vermieden wird und dass die Möglichkeit zur Probenahme der Ablaufwerte gegeben ist. Des Weiteren muss es möglich sein, Wasserstand- und Durchflussmessungen durchführen zu können. Abbildung 4-18 zeigt die schematische Darstellung eines Retentionsbodenfilterbeckens im Querschnitt. (DWA, 2019)

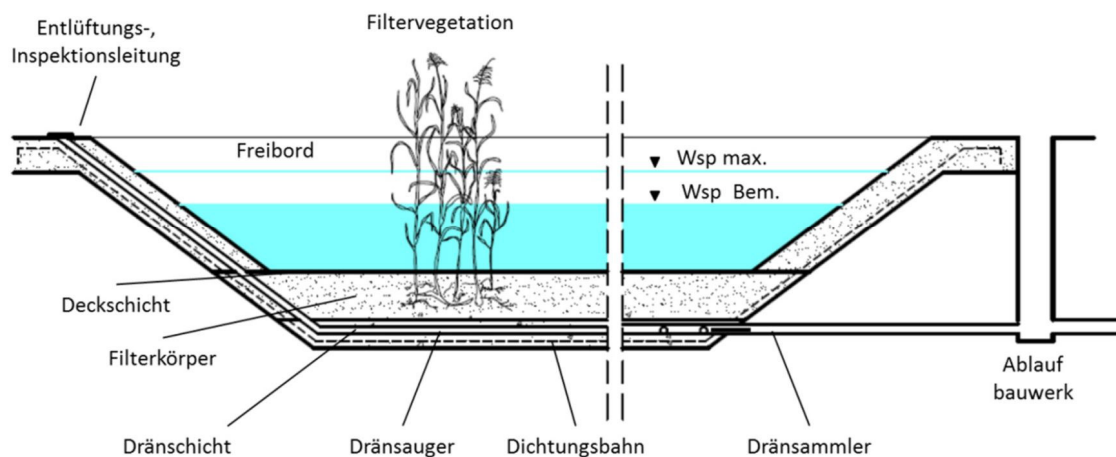


Abbildung 4-18: Schematische Darstellung eines Retentionsbodenfilterbeckens im Querschnitt (DWA, 2019)

Der Flächenbedarf für eine Retentionsbodenfilteranlage beträgt ca. 2 % der angeschlossenen und versiegelten Fläche (Matzinger et al., 2017).

Bei der Unterhaltung und Pflege ist zu beachten, dass das Schilf nicht gemäht wird, die Bestandsabfälle des Schilfes bilden auf der Bodenfilteroberfläche eine sekundäre Filterschicht. Auch die Sedimente sollen während der Betriebszeit nicht geräumt werden, da auch sie zu einer sekundären Filterschicht beitragen. Mäharbeiten sind alleine bei den Böschungen des Retentionsraumes und auf den Außenanlagen durchzuführen und inkludiert die Entsorgung des Mähguts. Darüber hinaus müssen die Zulaufrieten regelmäßig von Sedimenten befreit werden. Ein wesentlicher Punkt ist die regelmäßige Begehung des Beckens. Die Erkenntnisse durch Sichtkontrollen des Schilfes, der Bodenoberfläche oder des Ablaufbauwerkes können Hinweise zum Betriebszustand liefern. Um die Qualität und Funktionalität des Filterkörpers einschätzen zu können, sind alle fünf Jahre

## Reduzierungsmöglichkeiten von Stoffeinträgen

Untersuchungen zum Sediment und zum Filtermaterial durchzuführen. Retentionsbodenfilteranlagen weisen eine sehr gute Schadstoffreduktion und -rückhalt auf. In der Tabelle 4-2 können die erzielbaren Ablaufkonzentrationen im Dränablauf abgelesen werden. (Matzinger et al., 2017; DWA, 2019)

Tabelle 4-2: Erzielbare Konzentrationen des Dränablaufes von Retentionsbodenfilteranlagen (Grotehusmann et al., 2015)

		Mischsystem	Trennsystem
<b>AFS<sub>fein</sub></b>	mg/L	< 5	< 5
<b>TOC</b>	mg/L	8	5
<b>NH<sub>4</sub>-N</b>	mg/L	< 0,1	< 0,01
<b>P<sub>ges</sub></b>	mg/L	1,0 / 0,03 <sup>1)</sup>	0,3 / 0,03 <sup>1)</sup>
<b>Zink</b>	µg/L	20	20
<b>Cadmium</b>	µg/L	0,02	0,02
<b>Kupfer</b>	µg/L	10	10
<sup>1)</sup> nur bei speziell für P melioriertem Substrat			

In einer Studie aus Deutschland wurden im Jahr 2010 vier Retentionsbodenfilteranlagen hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit zur Rückhaltung von hygienisch relevanten Mikroorganismen untersucht. Das Ergebnis dieser Untersuchung zeigt, dass *Escherichia coli*, coliforme Bakterien, Cryptosporidien und Giardien zwischen 90 – 99 % eliminiert wurden. Wird zusätzlich eine nachgeschaltete UV-Bestrahlung des Bodenfilterablaufs angewendet, dann wird ein sehr hoher und sicherer Keimrückhalt gewährleistet. (IWW, 2010; Grotehusmann et al., 2015)

Das Sorptionsvermögen für gelösten Phosphor bei der Verwendung von nicht melioriertem Filtermaterial ist zeitlich begrenzt. Je nach Belastung kann der Phosphorrückhalt nach einigen Jahren nur noch 20 % betragen. Um dem entgegen zu wirken, besteht die Möglichkeit, das Filtermaterial mit bestimmten Zuschlagstoffen zu meliorieren. Um dadurch das Phosphor-Sorptionsvermögen zu verbessern, eignen sich Eisenhydroxide. (Grotehusmann et al., 2015)

Doch auch mit der Beimengung des Zuschlagstoffes ist die Absorptionskapazität chemisch-physikalisch begrenzt. Wird daraufhin ein Austausch des Filtermaterials benötigt, bedeutet das eine lange Außerbetriebnahme der Retentionsbodenfilteranlage. Aufgrund dieser Überlegungen haben sich wissenschaftliche Studien mit einer mehrstufigen Retentionsbodenfilter-Technologie auseinandergesetzt. Diese Technologie besitzt zwei nachgeschaltete Sorptionsreaktoren. Der erste Sorptionsreaktor ist dabei mit granuliertem Eisenhydroxid und der zweite mit granulierter Aktivkohle gefüllt. Der erste Reaktor dient zur Phosphoradsorption und der zweite zur Elimination von Spurenstoffen und Schwermetallen. Messungen haben gezeigt, dass sich die Phosphorkonzentration durch den ersten Reaktor beispielsweise von 2,51 mgP/L auf 0,52 mgP/L reduziert hat. Auch die Eliminationsrate von den Schwermetallen Kupfer und Nickel durch den zweiten Reaktor

liegen bei ca. 70 %. Für Cadmium und Blei lag die Eliminationsrate zwischen 35 – 40 %. Bezüglich Elimination von Spurenstoffen wurden Amidotrizoesäure, Iohexol, lomeprol, lopamidol, Iopromid, Benzotriazol, Carbamazepin, Diclofenac, Ibuprofen, Metoprolol und Sulfamethoxazol betrachtet. Das Ergebnis hat gezeigt, dass bereits durch das Retentionsbodenfilterbecken die genannten Spurenstoffe eliminiert wurden. Der erste Sorptionsreaktor zeigte keine Auswirkungen auf die Elimination, allerdings konnten durch den zweiten Sorptionsreaktor alle Stoffe bis auf lomeprol und lopamidol nahezu vollständig eliminiert werden. lomeprol wurde lediglich zu ca. 80 % und lopamidol zu ca. 50 % eliminiert. (Schier et al., 2019)

### 4.1.3.4 Regenerückhalteanlagen

Regenerückhalteanlagen können sowohl im Mischsystem als auch im Trennsystem angewendet werden und dienen vorwiegend der Speicherung des Mischwassers oder des Niederschlagswassers. Ein planmäßiges Überlaufen von Niederschlagswasser oder Mischwasser findet bei ihnen nicht statt. Sie verfügen lediglich über einen Notüberlauf für extreme Niederschlagsereignisse. Die Speicherung schützt die Kanalnetze vor Überlastungen (Kanalnetzdimensionierungsbegrenzung) und die Gewässer vor Entlastungen. Die Anordnung im Kanalnetz erfolgt vor der Gewässereinleitung. Handelt es sich um ein bebauten Gebiet und um Mischwasser, dann werden vorzugsweise geschlossene Regenerückhalteanlagen gebaut. Offene Regenerückhalteanlagen hingegen werden bei Niederschlagswasser oder bei behandeltem Mischwasser bevorzugt. Dabei kann es sich beispielsweise um eine kostengünstige Erdbauweise handeln. Wird die Anlage für Niederschlagswasser verwendet, dann sollte diese, wenn möglich, ohne Dauerstau gebaut werden. Bei der Verwendung für Mischwasser ist aus hygienischen Gründen eine Ausführung mit Dauerstau nicht erlaubt. Regenerückhalteanlagen können Regenerückhaltebecken, Regenerückhaltekanäle oder Regenerückhaltegräben sein. Alle drei Arten können für Trennsysteme verwendet werden, für Mischsysteme können nur Regenerückhaltebecken oder Regenerückhaltekanäle ausgeführt werden. Darüber hinaus können Regenerückhaltebecken im Haupt- oder Nebenschluss angeordnet werden, wobei bei der Ausführung im Nebenschluss ein Trennbauwerk als Bauwerkskomponente hinzukommt. Ansonsten bestehen Regenerückhalteanlagen aus den Bauwerkskomponenten Zulaufbauwerk (bei Erdbecken), Notüberlauf, Speicherkammer, Drosselbauwerk, Notentleerung, gegebenenfalls Entlastungskanal/-graben und einem Auslaufbauwerk. In Abbildung 4-19 wird ein Beispiel einer Regenerückhalteanlage, in diesem Fall ein Regenerückhaltebecken in offener Bauweise, dargestellt. (DWA, 2013)



Abbildung 4-19: Beispiel eines Regenrückhaltebeckens in offener Bauweise (Matzinger et al., 2017)

Bei **Regenrückhaltekanäle** handelt es sich um langgestreckte Anlagen, die in Rohrform ausgeführt werden. Diese Kanäle werden oft als Transportkanäle mit erweiterter Nennweite umgesetzt. Bei dieser Anlage ist darauf zu achten, dass eine dauerhafte Sedimentationsablagerung verhindert wird. Gegebenenfalls müssen aus diesem Grund Reinigungseinrichtungen vorgesehen werden. Abbildung 4-20 zeigt eine schematische Darstellung einer solchen Anlage im Kanalnetz und eine Anordnung vor der Einleitung in ein Gewässer. Beide Darstellungen zeigen eine Ausführung im Hauptschluss. (DWA, 2013)

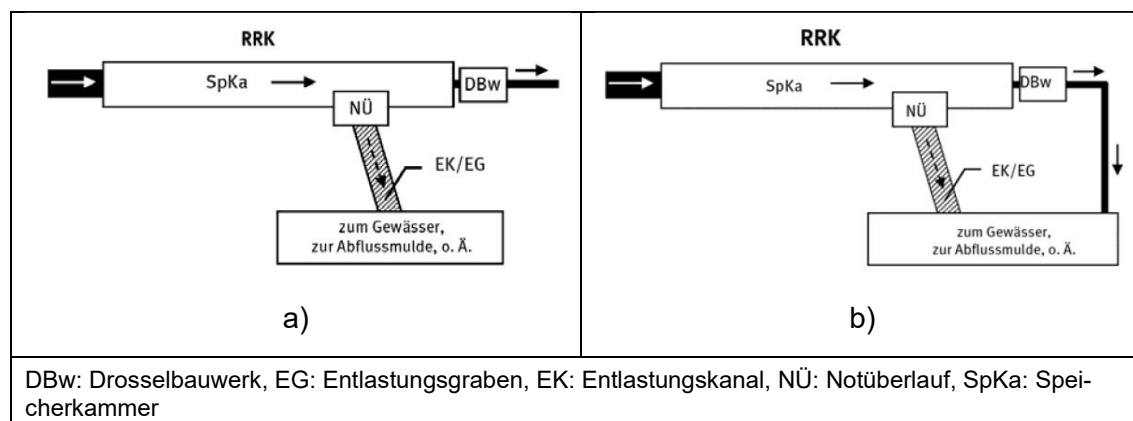


Abbildung 4-20: a) Schematische Darstellung eines im Hauptschluss angeordneten Regenrückhaltekanals im Kanalnetz, b) Schematische Darstellung eines im Hauptschluss angeordneten Regenrückhaltekanals vor der Gewässereinleitung (DWA, 2013, mod.)

Bei **Regenrückhaltegräben** handelt es sich um offene langgestreckte Anlagen, die in Erdbauweise ausgeführt werden. Sie finden Anwendung bei Trennsystemen und dienen der gedrosselten Ableitung von Niederschlagswasser. Handelt es sich um ein Gebiet mit starkem Gefälle, so kann die Speicherfunktion mittels Einbaus von Kaskadenbauwerken gesteigert werden. Darüber hinaus ist bei der Planung zu beachten, dass sich der Flächenbedarf, der Unterhaltungsaufwand, der Aufwand für kreuzende Ver- und Entsorgungsleitungen und der Aufwand für Grundstückszufahrten erhöht. Ebenso können sich die Schmutzstofffrachten durch Feststoffeinträge und Erosion erhöhen. Abbildung 4-21 zeigt eine schematische Darstellung einer solchen Anlage im Kanalnetz und eine Anordnung vor der Einleitung in ein Gewässer. Beide Darstellungen zeigen eine Ausführung im Hauptschluss. (DWA, 2013)

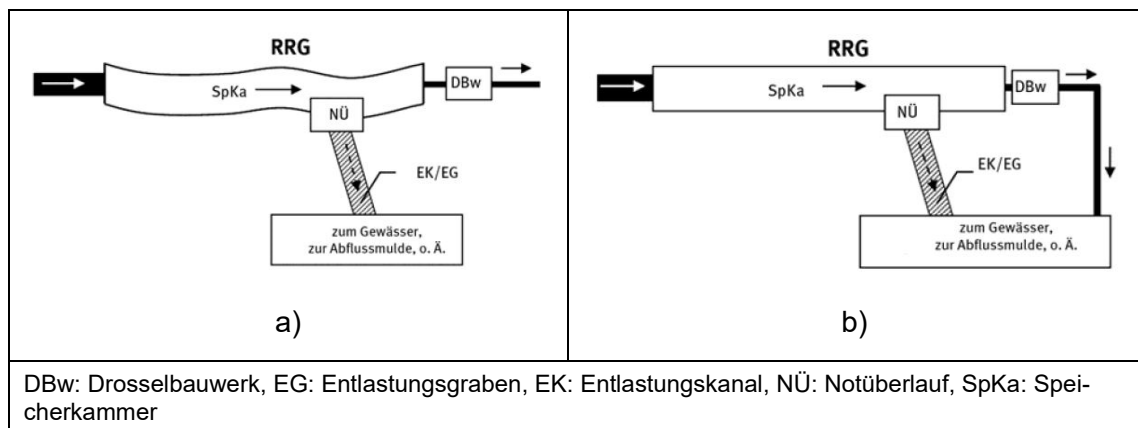


Abbildung 4-21: a) Schematische Darstellung eines im Hauptschluss angeordneten Regenrückhaltegrabens im Kanalnetz, b) Schematische Darstellung eines im Hauptschluss angeordneten Regenrückhaltegrabens vor der Gewässereinleitung (DWA, 2013, mod.)

In erster Linie werden **Regenrückhaltebecken** zur Reduzierung von qualitativen und quantitativen Belastungen eingesetzt. Werden Regenrückhaltebecken für Mischsysteme verwendet, dann haben sie die Aufgabe, den entlasteten Volumenstrom, aufgrund der besseren Gewässerverträglichkeit, zu drosseln. Bei der Ausführung im Trennsystem dienen sie der Reduzierung des Niederschlagswasserabflusses und um die Gewässer vor hydraulischen Überlastungen zu schützen. Wird der Rückhalt von sedimentierbaren Stoffen benötigt, dann empfiehlt es sich in der Speicherkammer eine Absetzzone anzuordnen. Bei Erdbecken ist dabei zu beachten, dass die Sohle befestigt ist und dass eine Zufahrt zur Räumung der Sedimente gegeben ist. Durch die Absetzmöglichkeit der Sedimente stellt das Regenrückhaltebecken eine gewisse Reinigungsfunktion dar. Die schematische Darstellung eines Regenrückhaltebeckens im Kanalnetz (Mischsystem oder Trennsystem) ist in der Abbildung 4-22 abgebildet. (DWA, 2013; Matzinger et al., 2017)

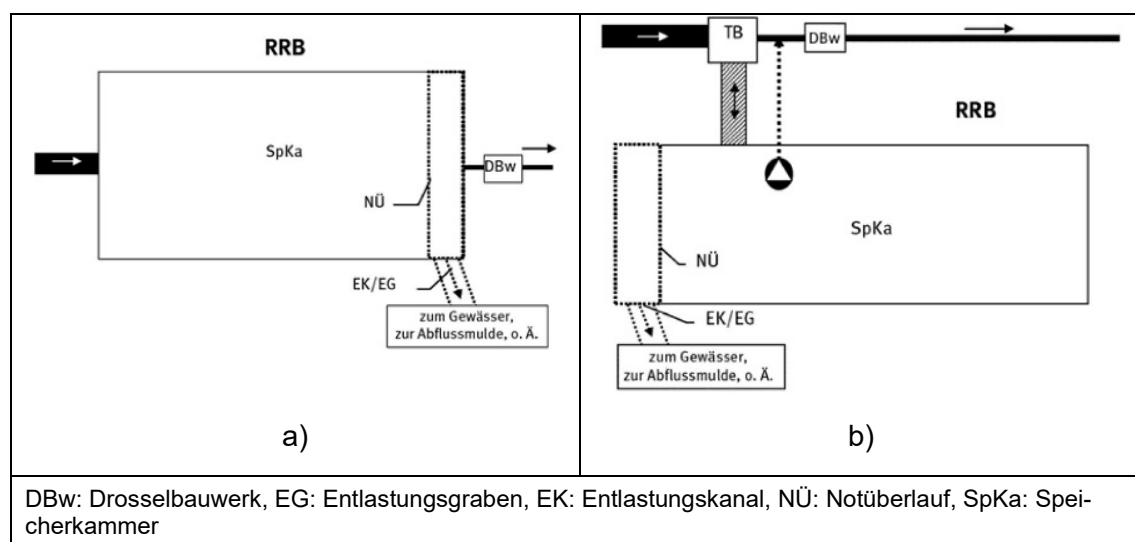


Abbildung 4-22: Schematische Darstellung eines im Kanalnetz angeordneten Regenrückhaltebeckens mit der Anordnung a) im Hauptschluss und b) im Nebenschluss (DWA, 2013, mod.)

Je nach Tiefe und Böschungsneigung des Regenrückhaltebeckens wird ein Flächenbedarf von 5 – 10 % der angeschlossenen und befestigten Fläche benötigt (Matzinger et al., 2017).

Bei der Unterhaltung und Pflege ist vor allem nach großen Niederschlagsereignissen darauf zu achten, dass die Funktion der Drosseleinrichtung überprüft wird. Finden keine großen Niederschlagsereignisse statt, dann sollte die Drosseleinrichtung mindestens einmal jährlich überprüft werden. Werden Regenrückhaltebecken offen ausgeführt, dann sind die Retentionsräume regelmäßig zu mähen und die Standsicherheit der Böschung ist zu überprüfen. Abgesetzte Sedimente sind erst dann zu entfernen, wenn dadurch das Speichervolumen deutlich reduziert wird oder wenn die Drosseleinrichtung ihre Funktion nicht mehr ausüben kann. (Matzinger et al., 2017)

Regenrückhaltebecken werden nicht mit dem Ziel gebaut, Schadstoffe gezielt zurückzuhalten oder abzubauen, sondern die Gewässer weitestgehend vor Entlastungen zu schützen. Bei offenen und vor allem naturnahen Bauweisen besteht allerdings ein gewisser Reinigungseffekt durch die Sedimentation von Feststoffen. Da Regenrückhaltebecken planmäßig nicht überlaufen, sondern nur über einen Notüberlauf verfügen, halten sie dadurch auch Schadstoffe von den Gewässern fern. Darüber hinaus werden die Abflussspitzen gedämpft und minimieren die hydraulische Belastung in den Oberflächengewässern. (Sieker et al., 2003; Matzinger et al., 2017)

### 4.1.3.5 Regenklärbecken

Bei Regenklärbecken handelt es sich um Regenbecken, die ausschließlich für das Zurückhalten und die Reinigung von Niederschlagswasser im Trennsystem



konstruiert werden. Ist das Niederschlagswasser vor der Einleitung in ein Oberflächengewässer einer Behandlung zu unterziehen, dann können dafür Regenklärbecken eingesetzt werden. Dies kann nötig sein, wenn beispielsweise durch Verkehrsflächen das Niederschlagswasser erheblich mit Schadstoffen belastet wird. Regenklärbecken können das Niederschlagswasser grob entschlammern und zusätzlich auch Leicht- und Schwerflüssigkeiten und Schwimmstoffe zurückhalten. Es wird zwischen zwei Bauweisen unterschieden, Regenklärbecken mit und ohne Dauerstau. Dabei sind Regenklärbecken mit Dauerstau ständig gefüllt und ohne Dauerstau nicht ständig gefüllt. Da es sich hierbei um Niederschlagswasser handelt, entsteht im Regelfall keine Geruchsemission und die Beckenausführung sollte daher vorzugsweise offen ausgeführt werden, beispielsweise als naturnahes Erdbecken. Abbildung 4-23 zeigt das Beispiel eines offenen Regenklärbeckens. (DWA, 2013; Matzinger et al., 2017)



Abbildung 4-23: Regenklärbecken Schwefelberg in Pulheim (Scheel, 2020)

Regenklärbecken ohne Dauerstau sind für den Gewässerschutz wirksamer und deshalb dem Regenklärbecken mit Dauerstau zu bevorzugen. Bei der Ausführung mit Dauerstau verdrängt das Volumen eines Niederschlagsereignisses das Volumen des vorangegangenen Ereignisses. Ein- oder zweimal jährlich sind die Sedimente im Zuge eines Reinigungsintervalles zu entfernen und zu entsorgen. Die vollständige Entleerung erfolgt bei Regenklärbecken ohne Dauerstau nach jedem Einstau. Das untere Speichervolumen, welches die abgesetzten Sedimente beinhaltet, wird dabei im Regelfall in den Schmutzwasserkanal und anschließend zur ARA geleitet. Das obere Speichervolumen kann direkt in die Gewässer oder in den Schmutzwasserkanal eingeleitet werden. (DWA, 2013; Matzinger et al., 2017)

Sind stark verschmutzte Spülstöße zu erwarten, dann werden **Regenklärbecken ohne Dauerstau** als Fangbecken ausgebildet. Sind diese nicht zu erwarten, dann werden diese Becken vorzugsweise als Durchlaufbecken ausgeführt. Bei der Ausbildung als Fangbecken, besitzen sie die Bauwerkskomponenten Be-

ckenüberlauf, Speicherkammer, Entlastungskanal/-graben und ein Auslaufbauwerk. Wenn sie als Durchlaufbecken ausgeführt werden, bestehen sie aus den Bauwerkskomponenten Beckenüberlauf, Einlauf- und Verteilungsbauwerk, Sedimentationskammer, Klärüberlauf, Entlastungskanal/-graben und einem Auslaufbauwerk. (DWA, 2013)

**Regenklärbecken mit Dauerstau** sind als Durchlaufbecken auszuführen und bestehen aus den Bauwerkskomponenten Beckenüberlauf, Einlauf- und Verteilungsbauwerk, Sedimentationskammer, Klärüberlauf, Entlastungskanal/-graben und einem Auslaufbauwerk. (DWA, 2013)

Die schematische Darstellung eines Regenklärbeckens als Durchlaufbecken wird in Abbildung 4-24 mit und ohne Dauerstau dargestellt.

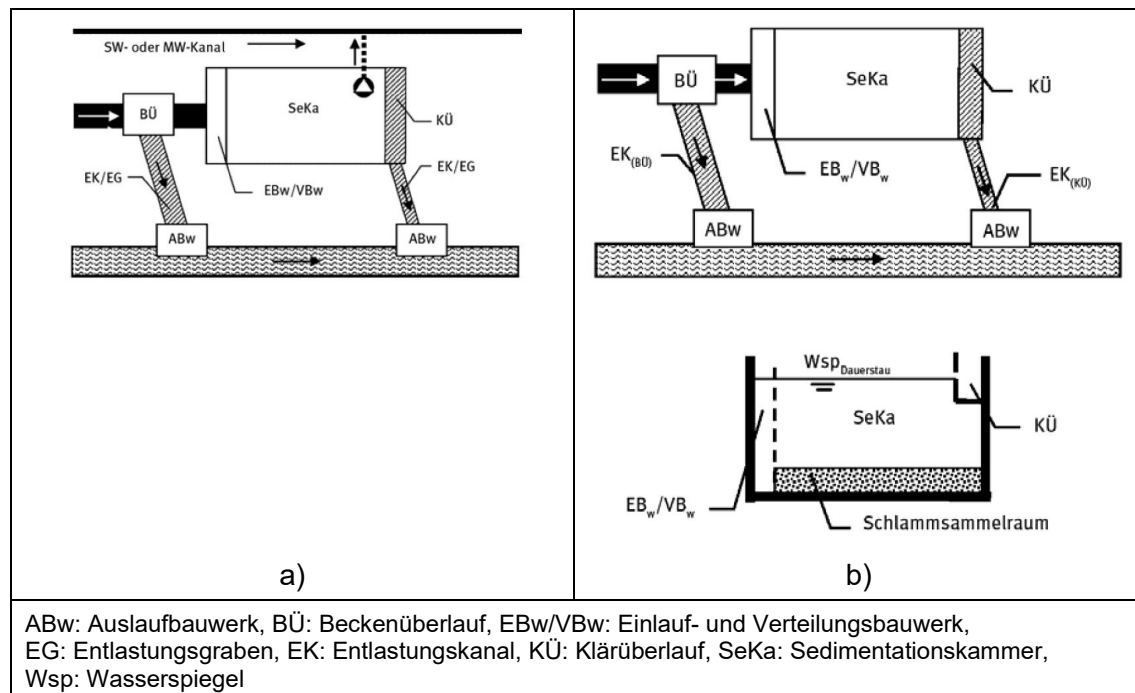


Abbildung 4-24: a) Schematische Darstellung eines Regenklärbeckens, ausgebildet als Durchlaufbecken ohne Dauerstau, b) Schematische Darstellung eines Regenklärbeckens, ausgebildet als Durchlaufbecken mit Dauerstau und eines Systemschnitts der Sedimentationskammer (DWA, 2013,mod.)

Der benötigte Flächenbedarf eines Regenklärbeckens beträgt ca. 0,2 % der angeschlossenen und befestigten Fläche (Matzinger et al., 2017).

Bezüglich Unterhaltung und Pflege ist bei Regenklärbecken mit Dauerstau auf eine regelmäßige Beräumung der Sedimentablagerung zu achten. Im Normalfall erfolgt dies ein- oder zweimal im Jahr. Ansonsten sind einmal im Jahr die Funktionen aller Anlagenteile zu überprüfen. (Matzinger et al., 2017)

Wie bereits erwähnt bieten Regenklärbecken ohne Dauerstau einen besseren Gewässerschutz als Becken mit Dauerstau. Insgesamt bieten diese Anlagen für Partikel und Stoffe die sich auf diesen Partikeln absorbieren einen moderaten

Stoffrückhalt mit einem mittleren Wirkungsgrad für abfiltrierbare Stoffe von 50 %. (Matzinger et al., 2017)

## 4.2 Lebenszykluskosten

Um direkte Einleitungen von Mischwasser- und Niederschlagswasser in die Oberflächengewässer reduzieren bzw. um Mischwasser- und Niederschlagswasser behandeln zu können, steht eine große Auswahl an Maßnahmen zur Verfügung. Neben dem Flächenbedarf, der Wartung und der Schadstoffreduktion spielen bei der Auswahl einer geeigneten Maßnahme auch die zu erwartenden Kosten eine wesentliche Rolle.

Um eine Anlage möglichst lange und einwandfrei im Betrieb halten zu können, sind neben den Kosten für die Planung und den Bau der Anlage auch die Reinvestitions- und Sanierungskosten zu berücksichtigen. Eine Möglichkeit zur wirtschaftlichen Gegenüberstellung alternativer Maßnahmen ist die Anwendung der „Leitlinie zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinie)“ (DWA, 2012).

Die Kostenvergleichsrechnung wird dabei in fünf Stufen strukturiert. Die erste Stufe behandelt die Kostenermittlung, gefolgt von der finanzmathematischen Aufbereitung. Daraufhin werden die Kosten gegenübergestellt, eine Empfindlichkeitsprüfung durchgeführt und kritische Werte ermittelt. In der letzten Stufe finden die Gesamtbeurteilung und die Ergebnisinterpretation statt. In Abbildung 4-25 wird das Ablaufschema einer Kostenvergleichsrechnung dargestellt und nachfolgend werden die einzelnen Stufen kurz erläutert. (DWA, 2012)

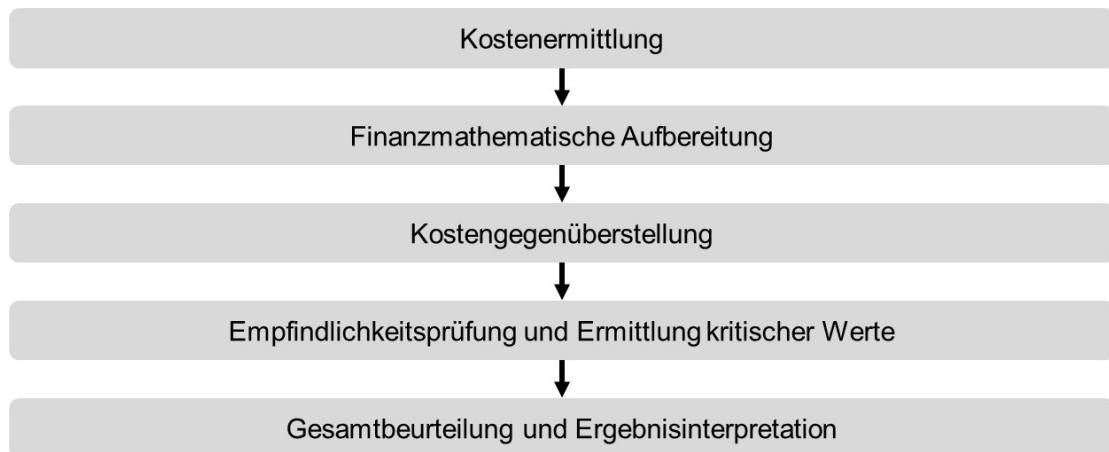


Abbildung 4-25: Ablaufschema einer Kostenvergleichsrechnung (DWA, 2012, mod.)

### Kostenermittlung

Um die Alternativen miteinander vergleichen zu können, müssen zunächst die anfallenden Kosten, nach Zeitpunkt und Häufigkeit ihres Auftretens, einer Kostenart zugeordnet werden. Dazu zählen die Investitionskosten, die laufenden Kosten und die Reinvestitionskosten. (DWA, 2012)

Bei den Investitionskosten handelt es sich um einmalige Kosten, die bei der Erstellung, beim Erwerb oder bei einer Erneuerung einer Anlage anfallen. Sie werden auch als Anschaffungs- oder Herstellungskosten bezeichnet. (DWA, 2012)

Zu den laufenden Kosten zählen jene, die während des Betriebs zur Überwachung, Unterhaltung oder Wartung von Anlagen anfallen. Die Aufwendungen einer Anlage können sowohl regelmäßig als auch unregelmäßig wiederkehren. Im Regelfall werden die laufenden Kosten in Personalkosten, Sachkosten und Energiekosten unterteilt. (DWA, 2012)

Kommt es dazu, dass Anlagenteile eine geringere wirtschaftliche Nutzungsdauer als die Gesamtanlage aufweisen und daher früher ersetzt werden müssen, dann handelt es sich hierbei um Reinvestitionskosten. (DWA, 2012)

Je nach Projektfortschritt wird die Kostenermittlung nach Kostenschätzung, Kostenberechnung, Kostenanschlag und Kostenfeststellung unterschieden. Befindet sich das Projekt in der Vorplanung, dann wird von Kostenschätzung gesprochen. Während der Entwurfsplanung handelt es sich um eine Kostenberechnung und nach Vergabe um einen Kostenanschlag. Werden zum Schluss die tatsächlich entstandenen Kosten nachgewiesen, dann handelt es sich um eine Kostenfeststellung. (DWA, 2012)

### **Finanzmathematische Aufbereitung**

Je nach Alternative kann das Verhältnis von Investitionskosten zu laufenden Kosten variieren und auch das Auftreten von Kosten kann zu unterschiedlichen Zeitpunkten stattfinden. Die Kosten einer Anlage erstrecken sich von der ersten Voruntersuchung bis zum Ende ihrer Nutzungsdauer. Um die Alternativen miteinander vergleichen zu können, ist es nötig, die Kosten zeitlich zu gewichten. Kosten, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten anfallen, besitzen unterschiedliche Wertschätzungen und dürfen nicht aufaddiert werden. Bei langlebigen wasserwirtschaftlichen Infrastruktureinrichtungen können durch dieses statische Vorgehen gravierende Kalkulationsfehler entstehen. Um diese Fehler zu vermeiden, werden die Kosten auf einen Bezugszeitpunkt wertmäßig umgerechnet. Jene Kosten, die vor dem Bezugszeitpunkt anfallen, müssen aufgezinst werden und jene die danach anfallen, werden abgezinst. Die Aufzinsung wird auch als Akkumulation und die Abzinsung als Diskontierung bezeichnet. Der Standardwert des Zinssatzes beträgt 3 % p. a.. Der Wert von einer Kostengröße zum Bezugszeitpunkt wird als Kostenbarwert und die Summe aller Kostenbarwerte wird als Projektkostenbarwert bezeichnet (DWA, 2012).

Abbildung 4-26 zeigt schematisch die zeitlich anfallenden Kosten einer Anlage. Darüber hinaus ist zu erkennen, welche Kosten aufgezinst und welche abgezinst werden müssen.

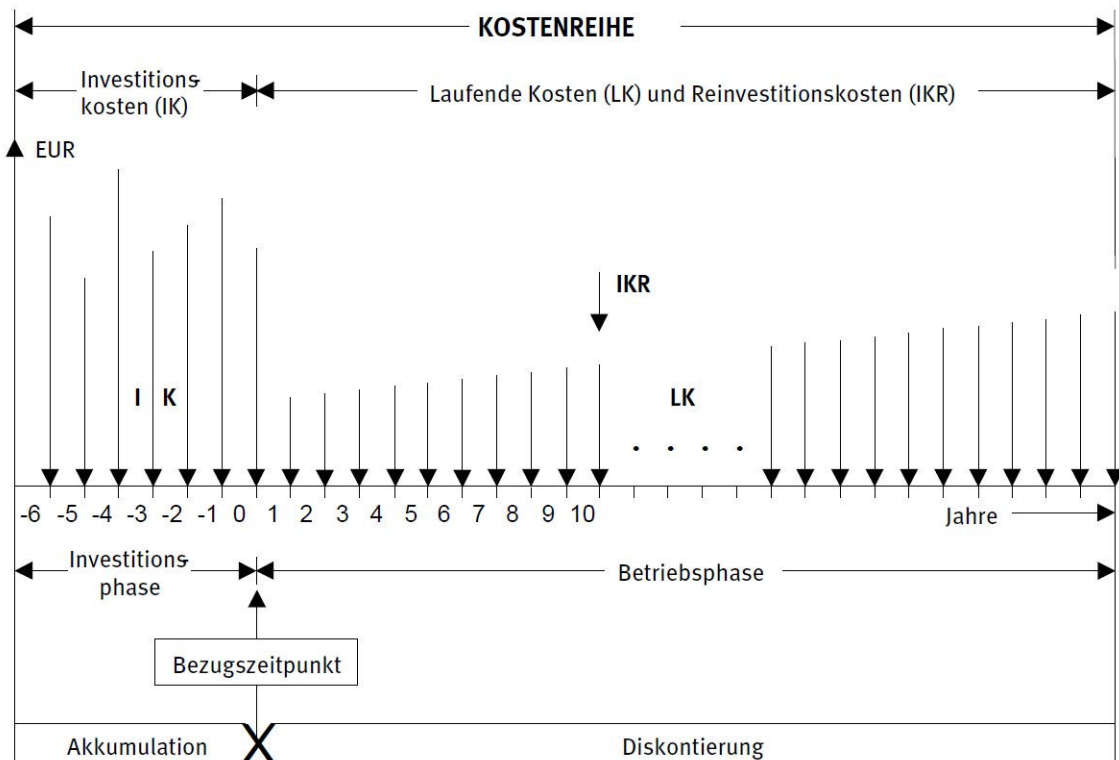


Abbildung 4-26: Schematische Darstellung von zeitlich anfallenden Kosten einer Anlage (DWA, 2012)

Eine weitere Möglichkeit Kostengrößen zeitlich zu gewichten, ist die Kostenumrechnung in durchschnittliche jährliche Kosten. Dies erfolgt über einen ausgewählten Untersuchungszeitraum ohne Investitionsphase. Deren Aufsummierung wird als Projektjahreskosten bezeichnet. (DWA, 2012)

### Kostengegenüberstellung

Um herauszufinden, welche Alternative kostengünstiger ist, können die Jahreskosten oder die Projektkostenbarwerte gegenübergestellt werden. Der Vergleich der Jahreskosten und der Vergleich der Projektkostenbarwerte sind prinzipiell gleichwertig. Für eine breitere Informationsbereitstellung empfiehlt es sich jedoch, dass beide Vergleiche vorgenommen werden. (DWA, 2012)

### Empfindlichkeitsprüfung und Ermittlung kritischer Werte

Je nach Projektfortschritt ist die Kostenermittlung mit einer gewissen Unschärfe zu betrachten. Auch die Ungewissheit der zukünftigen Entwicklungen, die Preisverschiebungen und die Ansätze der Kalkulationsparameter, wie wirtschaftliche Nutzungsdauer oder Zinssatz, behaften die Kostenermittlung mit einer Unsicherheit. Um diesen Unsicherheitsspielraum abschätzen zu können, wird eine Empfindlichkeitsprüfung, auch Sensitivitätsanalyse genannt, durchgeführt. Dafür ist es hilfreich, kritische Werte zu ermitteln, welche für die Alternativen Mindest- oder Höchstwerte für die Vorteilhaftigkeit darstellen. Ihre Ermittlung trägt zu einer besseren Beurteilung der Stabilität der Berechnungsergebnisse und der Qualität der Entscheidungsgrundlage bei. (DWA, 2012)

## **Gesamtbeurteilung und Ergebnisinterpretation**

Zum Schluss einer Kostenvergleichsrechnung werden die Ergebnisse beurteilt und auf Basis der Aufgabenstellung wird ein Vorschlag zur Entscheidungsfindung formuliert. Des Weiteren werden alle Fakten zu den Kosten, Zinssatz, Nutzungsdauer, Sensitivitätsanalyse oder Annahmen zur Preissteigerung übersichtlich zusammengefasst. (DWA, 2012)

### **4.3 Kostenansätze**

Eine Kostenvergleichsrechnung für Anlagen, die im Kapitel 4.1 beschrieben wurden, war aufgrund des Umfanges und der erforderlichen Informationen im Zuge dieser Arbeit nicht möglich. Stattdessen wurden anhand einer umfangreichen Literaturrecherche mögliche Kostenansätze zu den Investitionen und zu den laufenden Kosten recherchiert. Die Recherche bezog sich dabei auf jene Anlagen, die unter 4.1 angeführt werden.

In der Tabelle 4-3 werden die recherchierten Kostenansätze aufgelistet. Dabei fallen nach Matzinger et al. (2017) die Investitionen und die laufenden Kosten beide unter den Begriff direkte Kosten. Bei der teilversiegelten Oberflächenbefestigung beziehen sich die direkten Kosten auf den Flächenbezug über die Maßnahmenfläche. Bei der Flächenversickerung, Muldenversickerung, Schachtversickerung, (Rohr)-Rigolenversickerung, beim Mulden-Rigolen-System und beim Mulden-Rigolen-Tiefbeet beziehen sich die Investitionen auf die pro m<sup>2</sup> angeschlossene und versiegelte Fläche. Beim Retentionsbodenfilter, Regenklärbecken, Regenrückhaltebecken, Regenüberlaufbecken und beim Stauraumkanal beziehen sich die direkten Kosten auf den Flächenbezug über die angeschlossene und versiegelte Fläche. Bei der Ermittlung der Kosten wurde ein Diskontierungszinssatz von 3 % angesetzt. Die ausgewiesenen Nutzungsdauern, die in der Tabelle 4-3 angegeben sind, beziehen sich ebenfalls auf Matzinger et al. (2017). Dabei ist zu erwähnen, dass diese sehr hoch angesetzten Nutzungsdauern nur bei bester Instandhaltung und Wartung erreicht werden können.

Jene laufenden Kosten, die nach Matzinger et al. (2017) nicht quantifiziert wurden, konnten zum Teil durch Leimbach et al. (2018) ergänzt werden. Dabei beziehen sich die laufenden Kosten auf die pro m<sup>2</sup> angeschlossene und versiegelte Fläche mit einem Zinssatz von 3 %. Für die Flächenversickerung und die Rohrrigolenversickerung gab es auch nach Leimbach et al. (2018) keine Kostenansätze. Bezogen auf Gantner (2002) und Muschalla et al. (2014) können jedoch die laufenden Kosten von Muldenversickerungen mit jenen einer Flächenversickerung und von Rigolenversickerung mit jenen einer Rohrrigolenversickerung gleich gesetzt werden.

Bei dieser Literaturrecherche war einerseits wichtig, dass es sich um möglichst aktuelle Kostenansätze handelt und andererseits, dass die Kostenansätze mög-

lichst die Einheit €/m<sup>2</sup>·a aufweisen, um die Maßnahmen miteinander vergleichen zu können. Zu den teilversiegelten Oberflächenbefestigungen, Schachtversickerungen und zu Mulden-Rigolen-Tiefbeeten konnten keine laufenden Kosten recherchiert werden.

Neben den anfallenden Kosten und der Nutzungsdauer werden die in der Tabelle 4-3 angeführten Maßnahmen jeweils einer Ebene nach Matzinger et al. (2017) zugeteilt. Bei der Quartiersebene handelt es sich um Maßnahmen, die das Niederschlagswasser innerhalb eines Siedlungsgebietes durch Verdunstung oder Versickerung zurückhalten. Wird das Niederschlagswasser aufgrund versiegelter Flächen in das Kanalsystem eingeleitet und dort durch Anlagen behandelt und bewirtschaftet, dann fallen jene Maßnahmen die dafür in Frage kommen, in die Kanaleinzugsgebietsebene. Dabei ist in der Tabelle 4-3 zu erkennen, dass die laufenden Kosten in der Quartiersebene deutlich höher sind als jene in der Kanaleinzugsgebietsebene.

Tabelle 4-3: Kostenansätze der Reduzierungsmöglichkeiten

Maßnahme	Investitionen	Laufende Kosten	ND (a)
<b>Quartiersebene</b>			
Teilversiegelte Oberflächenbefestigung	1,26 €/m <sup>2</sup> ·a*	-	60*
Muldenversickerung	0,17 €/m <sup>2</sup> ·a*	0,38 €/m <sup>2</sup> ·a**	40*
Flächenversickerung	0,22 €/m <sup>2</sup> ·a*	0,38 €/m <sup>2</sup> ·a**/***	40*
Rigolenversickerung	0,52 €/m <sup>2</sup> ·a*	0,91 €/m <sup>2</sup> ·a**	40*
Rohrrigolenversickerung	0,22 €/m <sup>2</sup> ·a*	0,91 €/m <sup>2</sup> ·a**/***	40*
Schachtversickerung	0,65 €/m <sup>2</sup> ·a*	-	40*
Mulden-Rigolen-System	0,30 €/m <sup>2</sup> ·a*	0,82 €/m <sup>2</sup> ·a**	40*
Mulden-Rigolen-Tiefbeet	1,51 €/m <sup>2</sup> ·a*	-	40*
<b>Kanaleinzugsgebietsebene</b>			
Regenklärbecken (geschlossene Bauweise)	0,42 €/m <sup>2</sup> ·a*	0,08 €/m <sup>2</sup> ·a*	60*
Retentionsbodenfilter	0,16 €/m <sup>2</sup> ·a*	0,09 €/m <sup>2</sup> ·a*	60*
Regenrückhaltebecken	0,36 €/m <sup>2</sup> ·a*	0,05 €/m <sup>2</sup> ·a**	60*
Regenüberlaufbecken (Mischsystem)	0,07 €/m <sup>2</sup> ·a*	0,03 €/m <sup>2</sup> ·a*	60*
Stauraumkanal (Mischsystem)	0,11 €/m <sup>2</sup> ·a*	0,07 €/m <sup>2</sup> ·a**	60*

\*(Matzinger et al., 2017)

\*\* (Leimbach et al., 2018)

\*\*\* (Gantner, 2002; Muschalla et al., 2014)

Darüber hinaus wurden in Leimbach et al. (2018) auch die Instandhaltungsmaßnahmen und deren Kostenansätze für die Anlagentypen Muldenversickerung, Mulden-Rigolen-System und Regenrückhaltebecken betrachtet und abgeschätzt.

## Reduzierungsmöglichkeiten von Stoffeinträgen

Aufgrund der Schwierigkeiten bei der Datenbeschaffung konnten nicht mehr Anlagentypen untersucht werden. Tabelle 4-4 listet notwendige Instandhaltungsmaßnahmen für Muldenversickerungen, Mulden-Rigolen-Systeme und Regenrückhaltebecken auf und führt, falls bekannt, auch die zu erwartenden Kosten pro Durchführung an.

Tabelle 4-4: Instandhaltungsmaßnahmen und recherchierte Kostenansätze pro Durchführung dazu (Leimbach et al., 2018, mod.)

Instandhaltungsmaßnahme	Anlagentyp	Kurzbeschreibung	Kosten pro Durchführung
Mahd	Muldenversickerung, Mulden-Rigolen System	Freischneider und Rasenmäher, Mäharbeiten mit Balkenmähergerät inklusive fachgerechter Entsorgung	0,15 - 0,25 €/m <sup>2</sup>
Laubbeseitigung	Muldenversickerung, Mulden-Rigolen System	Mit letzter Mahd	Inkludiert in Mahdkosten
Müll sammeln	Muldenversickerung, Mulden-Rigolen System	Wöchentlich in den Sommermonaten und in den Wintermonaten seltener, inklusive Entsorgung	0,10 - 0,12 €/m <sup>2</sup>
Muldeneinläufe reinigen	Muldenversickerung, Mulden-Rigolen System	Sedimententfernung, um Verstopfung der Einläufe zu vermeiden	Ca. 11,50 €/Stk.
Reinigung Drosselschacht und Rigole	Mulden-Rigolen System	Entfernung bzw. Absaugung des angesammelten Schmutzes	Ca. 11,50 €/Stk.
Rechenkontrolle	Regenrückhaltebecken	Überprüfung der Rechen und Entfernung kleiner Verlandungen	k. A.
Grabenpflege	Regenrückhaltebecken	Befreien des Ein- und Auslaufbereichs in der Gewässersohle von Verlandungen	k. A.
Wartung der Stahlwasserbauteile	Regenrückhaltebecken	Wartung und Funktionsprüfung aller beweglichen Teile	k. A.
Dammkontrolle	Regenrückhaltebecken	Überprüfung des Damms	k. A.
Entschlammung	Regenrückhaltebecken	Entfernung des Sediments, Entwässerung des Schlammes, rückführen des Schlammwassers inklusive Entsorgung des Schlammes	Hoher Kostenaufwand

### 4.4 Nutzwertanalyse

Zur Reduzierung von Stoffeinträgen in Oberflächengewässer steht eine große Anzahl von Maßnahmen zur Verfügung, die sich hinsichtlich ihrer Eigenschaften und Kostenansätze stark unterscheiden können.



Geht es in einem Projekt darum, dass man sich für eine Maßnahme entscheiden muss, kann für diese Auswahl die Nutzwertanalyse als Instrument zur Entscheidungsfindung gut herangezogen werden. Die Nutzwertanalyse basiert auf dem Prinzip der Fragmentierung, das heißt, dass Gesamtproblem wird in mehrere Teilprobleme zerlegt. Die Zerlegung in Teilprobleme erfolgt deshalb, da der Mensch in seinem Unterbewusstsein stets versucht, große komplexe Probleme zu vereinfachen. Diese Vereinfachung ist bei wirtschaftlichen Problemen allerdings sehr oft nicht zweckdienlich und eher zu vermeiden. Solche Problemstellungen werden meistens in Teams bearbeitet. Dabei bestehen die Teams oft aus Personen mit unterschiedlichen hierarchischen Stellungen und unterschiedlichem Know-how. Durch die Fragmentierung wird die Situation entemotionalisiert, da kleine Teilprobleme leichter als das Gesamtproblem diskutiert werden können. Bei der Diskussion um das Gesamtproblem hat die eine oder andere Person bereits eine Präferenz zu einer bestimmten Lösung, wodurch größere Emotionen in die Diskussion einfließen können. (Kühnapfel, 2019)

Nach Kühnapfel (2019) sind Nutzwertanalysen immer dann sinnvoll,

- wenn viele Aspekte berücksichtigt werden müssen,
- wenn die Aspekte unterschiedlich sind (qualitativ, quantitativ, etc.),
- wenn für die Aspekte keine eindeutige Rangfolge festgelegt werden kann,
- wenn viele Personen mit unterschiedlichen Meinungen bei der Entscheidungsfindung mitwirken,
- wenn es sich um keine Routineentscheidung handelt, da sie nicht möglich oder sinnvoll ist,
- wenn die Entscheidung für Vorgesetzte, Gesellschafter, Aufsichtsgremien, etc. genau nachvollziehbar sein muss.

Der erste Schritt zur Lösung des Entscheidungsproblems ist die Auswahl der Entscheidungsalternativen. Durch die Nutzwertanalyse können entweder Alternativen miteinander verglichen oder eine Rangordnung gefunden werden. (Kühnapfel, 2019)

In dieser Arbeit wurde eine Nutzwertanalyse für die Maßnahmen aus der Tabelle 4-3 durchgeführt. Aufgrund der fehlenden laufenden Kosten der Maßnahmen teilversiegelte Oberflächenbefestigung, Schachtversickerung und Mulden-Rigolen-Tiefbeet konnten diese nicht berücksichtigt werden.

Nach der Festlegung der möglichen Alternativen werden alle für das jeweilige Projekt relevanten Bewertungskriterien ermittelt. Dabei ist wichtig, dass jedes Kriterium für jeden Beteiligten bewertbar ist. Stehen die Kriterien fest, müssen diese gewichtet werden und zusammen 100 % betragen. Um eine möglichst objektive Gewichtung zu erzielen, erfolgt diese in zwei Schritten. Zuerst werden Noten vergeben, z. B.: 1 = sehr wichtig bis 6 = unwichtig. Danach müssen diese Noten in

## Reduzierungsmöglichkeiten von Stoffeinträgen

---

Punktwerte umgewandelt werden, das heißt die Note 1 ist am besten und bekommt somit 6 Punkte. Die Note 6 ist am schlechtesten und bekommt nur 1 Punkt. Nach der Bewertung der Kriterien kann abschließend die Gewichtung mit einfachem Dreisatz berechnet werden. (Kühnapfel, 2019)

In der Tabelle 4-5 sind die Kriterien für die vorhin festgelegten Alternativen mit ihrer Bewertung und Gewichtung zu finden. Die Kriterien wurden mit den Noten 1 = sehr wichtig bis 6 = unwichtig bewertet.

Tabelle 4-5: Gewichtung der Entscheidungskriterien

Kriterien	Note	Punktwert	Gewicht (%)
Investitionen	3	4	17
Laufende Kosten	2	5	21
Nutzungsdauer	3	4	17
Unterhaltung/Pflege	5	2	8
Oberirdischer Flächenbedarf	4	3	12
Schadstoffreduktion bzw. -rückhalt	1	6	25
<b>Summe</b>		<b>24</b>	<b>100</b>

Nachdem die Gewichtung festgelegt ist, wird jede Alternative hinsichtlich der festgelegten Kriterien bewertet. Dabei ist wichtig, dass im Vorhinein eine eindeutige und praktikable Skala festgelegt wird. (Kühnapfel, 2019)

Für die zuvor festgelegten Kriterien wurden Skalen mit den Noten 1 bis 6 festgelegt und können der Tabelle 4-6 entnommen werden. Dabei steht die Note 1 für 6 Punktwerte, die Note 2 für 5 Punktwerte, die Note 3 für 4 Punktwerte, die Note 4 für 3 Punktwerte, die Note 5 für 2 Punktwerte und die Note 6 für 1 Punktwert.

Tabelle 4-6: Bewertungsskalen für die definierten Kriterien

Kriterien	Noten
Investitionen €/ (m <sup>2</sup> ·a)	<p>1 2 3 4 5 6 billig  -----  teuer</p>
Laufende Kosten €/ (m <sup>2</sup> ·a)	<p>1 2 3 4 5 6 billig  -----  teuer</p>
Nutzungsdauer	<p>1 2 3 4 5 6 lang  -----  kurz</p>
Unterhaltung/Pflege	<p>1 2 3 4 5 6 wenig Aufwand  -----  viel Aufwand</p>
Oberirdischer Flächenbedarf	<p>1 2 3 4 5 6 niedrig  -----  hoch</p>
Schadstoffreduktion bzw. -rückhalt	<p>1 2 3 4 5 6 Sehr gut  -----  schlecht</p>

Anhand der Bewertungsskalen und der Umrechnung in Punktwerte (PW) können die einzelnen Alternativen hinsichtlich der festgelegten Kriterien bewertet werden.

Zum Abschluss der Nutzwertberechnung werden die vergebenen Punktwerte mit den Kriteriengewichten multipliziert und man erhält dadurch pro Alternative und pro Kriterium eine Punkteanzahl (Pkt.). Die Summe aller Punkte von einer Alternative ergibt die Gesamtpunktezahl. Anhand dieser können die Alternativen miteinander verglichen werden, je mehr Punkte, desto besser die Alternative. Zur Erreichung einer besseren Objektivität können mehrere Personen die Bewertungen durchführen. Ist das der Fall, werden zum Schluss die unterschiedlichen Gesamtpunkte der Alternativen aufsummiert. Durch diesen Vorgang ist es möglich, dass sich die Reihenfolge der Alternativen aufgrund ihrer Gesamtpunktezahlen verändert. (Kühnapfel, 2019)

In Tabelle 4-7 ist das Ergebnis der Nutzwertanalyse über die Reduzierungsmaßnahmen von Stoffeinträgen in die Oberflächengewässer dargestellt. Der Retentionsbodenfilter geht dabei als Sieger hervor, gefolgt vom Regenrückhaltebecken, dem Regenklärbecken, dem Regenüberlaufbecken und der Muldenversickerung. Es ist allerdings darauf hinzuweisen, dass die Gewichtung der Kriterien einen großen Einfluss auf das Ergebnis hat und je nach Projekt unterschiedlich ausfallen kann. In diesem Fall wurde großer Wert auf die Schadstoffreduktion bzw. -rückhalt und die laufenden Kosten gelegt. Aufgrund der geringen laufenden Kosten der Maßnahmen auf der Kanaleinzugsgebietsebene, erreichen diese eine relativ hohe Gesamtpunkteanzahl. Spielen in einem Projekt beispielsweise die Investitionen und der Flächenbedarf nur eine untergeordnete Rolle, können diese

## Reduzierungsmöglichkeiten von Stoffeinträgen

mit weniger Gewichtung in die Nutzwertanalyse miteinfließen und das Ergebnis wesentlich verändern. Darüber hinaus, würde, wie bereits erwähnt, das Ergebnis durch eine Bewertung mit mehreren Personen objektiver. Es ist ausdrücklich zu erwähnen, dass dieses Ergebnis ausschließlich zur Veranschaulichung einer Nutzwertanalysendurchführung dienen soll. Für ein objektiveres Ergebnis hätten mehrere Personen an diesem Bewertungsprozess beteiligt werden müssen.

Tabelle 4-7: Ergebnis der Nutzwertanalyse

	Gewicht (%)		Muldenversickerung	Flächenversickerung	Rigolenversickerung	Rohrrigolenversickerung	Mulden-Rigolen-System	Regenklärbecken (geschlossene Bauweise)	Retentionsbodenfilter	Regenrückhaltebecken	Regenüberlaufbecken (Mischsystem)	Stauraumkanal (Mischsystem)
Investitionen €/ (m <sup>2</sup> ·a)		PW	5	4	1	4	3	2	5	2	6	5
	17	Pkt.	0,85	0,68	0,17	0,68	0,51	0,34	0,85	0,34	1,02	0,85
Laufende Kosten €/ (m <sup>2</sup> ·a)		PW	4	4	1	1	1	6	6	6	6	6
	21	Pkt.	0,84	0,84	0,21	0,21	0,21	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26
Nutzungsdauer		PW	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6
	17	Pkt.	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02
Unterhaltung/Pflege		PW	2	2	6	6	3	5	3	4	4	4
	8	Pkt.	0,16	0,16	0,48	0,48	0,24	0,4	0,24	0,32	0,32	0,32
Oberirdischer Flächenbedarf		PW	4	1	6	6	5	6	6	6	6	6
	12	Pkt.	0,48	0,12	0,72	0,72	0,6	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
Schadstoffreduktion bzw. -rückhalt		PW	5	5	3	3	4	4	6	5	1	1
	25	Pkt.	1,25	1,25	0,75	0,75	1	1	1,5	1,25	0,25	0,25
<b>Summe Gewicht (%)</b>	<b>100</b>											
<b>Gesamtpunkte (Pkt.)</b>			<b>4,43</b>	<b>3,9</b>	<b>3,18</b>	<b>3,69</b>	<b>3,41</b>	<b>4,74</b>	<b>5,59</b>	<b>4,91</b>	<b>4,59</b>	<b>4,42</b>

## 4.5 Ergebnisse

Schadstoffe im Niederschlagswasser können durch Entsiegelungsmaßnahmen, Versickerungsanlagen, Retentionsbodenfilteranlagen oder Regenklärbecken reduziert bzw. zurückgehalten werden. Regenüberlauf- bzw. Mischwasserüberlaufbecken dienen vorwiegend der Zwischenspeicherung von Mischwasser, um die ARA vor hydraulischer Überlastung zu entlasten. Zu diesen Anlagen zählen auch die Regenrückhaltebecken, welche keinen planmäßigen Überlauf in die Gewässer besitzen, sondern nur über einen Notüberlauf, womit die Schadstoffe bei diesen Anlagen von den Gewässern weitestgehend abgehalten werden. All diese Maßnahmen tragen zu einer qualitativen und quantitativen Entlastung der Oberflächengewässer bei. Um das Grundwasser zu schützen, ist darauf zu achten, dass bei stark verschmutztem Niederschlagswasser nur Anlagen mit einem belebten Oberboden oder in geschlossener Ausführung gewählt werden.

Um die Einleitung von Mischwasser in Oberflächengewässer reduzieren oder vorbehandeln zu können, eignen sich Regenüberlaufbecken, Stauraumkanäle mit Entlastung, Retentionsbodenfilteranlagen oder Regenrückhalteanlagen. All diese Maßnahmen tragen vor allem zu einer quantitativen Entlastung der Oberflächengewässer bei. Retentionsbodenfilteranlagen hingegen gewährleisten zusätzlich auch noch eine sehr gute qualitative Entlastung.

Die Literaturrecherche zu den Kostenansätzen möglicher Maßnahmen hat gezeigt, dass die Investitionen auf der Quartiersebene höher und die laufenden Kosten deutlich höher ausfallen als auf der Kanaleinzugsgebietsebene. Auch die Nutzungsdauer fällt auf der Quartiersebene kürzer aus als auf der Kanaleinzugsgebietsebene. Dabei ist zu beachten, dass die angegebenen Nutzungsdauern nur bei optimaler Wartung und Instandhaltung erreicht werden können. Um die tatsächlichen Kosten von einer Maßnahme in einem Projekt ermitteln zu können, sollte eine dynamische Kostenvergleichsrechnung durchgeführt werden.

Muss bei einem Projekt die Entscheidung zu einer Maßnahme getroffen werden, bietet sich dafür eine Nutzwertanalyse an. In dieser Arbeit wurde die Nutzwertanalyse von einer einzigen Person durchgeführt und stellt somit ein subjektives Ergebnis dar. Darüber hinaus gab es im Rahmen dieser Arbeit kein konkretes Projekt zu bearbeiten. Bei der Bewertung lag der Fokus auf den Kriterien Schadstoffreduktion bzw. -rückhalt und laufende Kosten. Die Retentionsbodenfilteranlage hat aufgrund ihrer sehr guten Schadstoffreduktion und ihren geringen laufenden Kosten bei der Nutzwertanalyse die meisten Punkte erzielt, wodurch sie als beste Maßnahme hervorgeht. Um ein objektiveres Ergebnis zu erhalten, wäre es allerdings von großer Wichtigkeit, dass mehrere Personen mit Sachverstand beim Bewertungsprozess einer Nutzwertanalyse involviert wären.



## 5 Zusammenfassung und Ausblick

In der gegenständlichen Arbeit wurden bislang untersuchte und gemessene Stoffeinträge in Oberflächengewässer durch Mischwasserentlastungen und Niederschlagswassereinleitungen anhand einer Literaturrecherche ermittelt. Darüber hinaus beschäftigt sich die Arbeit mit den Reduzierungsmöglichkeiten von Stoffeinträgen und deren Kostenansätzen. Abschließend wurde eine subjektive Nutzwertanalyse bezüglich der Maßnahmen beispielhaft durchgeführt.

Aufgrund der Technologiefortschritte bei den chemisch analytischen Bestimmungsmethoden nehmen die Erkenntnisse über die Verschmutzungen von Oberflächengewässern mit Spurenstoffen immer mehr zu. Die dazu durchgeführte Literaturrecherche hat gezeigt, dass sowohl national als auch international viele unterschiedliche Stoffe in den Oberflächengewässern nachweislich vorkommen. Von den 413 untersuchten Spurenstoffen konnten 309 Spurenstoffe den Eintragungspfaden Mischwasserentlastungen und Niederschlagswassereinleitungen zugeordnet werden. Für die restlichen 104 Spurenstoffe konnten keine Konzentrationen in den beiden Eintragungspfaden nachgewiesen werden. Das kann entweder den Grund haben, dass der Stoff in den Proben nicht vorhanden war oder die Konzentrationen so gering waren, dass die analytischen Messmethoden den Stoff in den Proben nicht nachweisen konnten. Es handelt sich dabei nicht nur um Stoffe aus der Industrie bzw. dem Gewerbe und der Landwirtschaft, sondern auch um Stoffe, die im alltäglichen Leben verwendet werden. So konnten beispielsweise die Metalle Zink, Kupfer, Cadmium, Blei, Quecksilber, Nickel und Chrom sehr häufig in diesen beiden Eintragungspfaden detektiert werden. Auch die Industriechemikalien Nonylphenole, Benzotriazol und Bisphenol-A waren sehr häufig nachweisbar. Zu den Stoffen aus dem alltäglichen Leben zählen beispielsweise der in Lebensmitteln verwendete künstliche Süßstoff Acesulfame, die Arzneimittel Diclofenac und Ibuprofen oder die Pestizide Diuron und Carbendazim. Das Problem dabei ist, dass manche dieser Stoffe eine Gefahr für die aquatische Umwelt darstellen und dass die Auswirkungen von vielen Stoffen noch gar nicht bekannt sind. Dies bezieht sich vor allem auf die aquatische Umwelt, aber auch auf den Menschen. Auch wenn es schon viele Regularien zur Erzielung einer guten Wasserqualität gibt, wird es immer neue Stoffe geben, die auf dem Markt erscheinen und deren Auswirkungen auf die Umwelt oft nur sehr unzureichend bekannt sind. Darüber hinaus hat die Arbeit gezeigt, dass Mischwasserentlastungen und Niederschlagseinleitungen für manche der untersuchten Stoffe wichtige Eintragungspfade darstellen und dass auch hier Maßnahmen zur Reduzierung von Stoffeinträgen in die Oberflächengewässer gesetzt werden müssen.

Das Aufzeigen möglicher Maßnahmen war ein weiterer Schwerpunkt dieser Arbeit. Dabei hat sich herausgestellt, dass es mittlerweile eine Vielzahl von alterna-

tiven Maßnahmen mit unterschiedlichsten Eigenschaften gibt. Je nachdem welche Eigenschaften erfüllt werden sollen, eignet sich die eine oder andere Maßnahme besser.

Anschließend wurden anhand einer Literaturrecherche Kostenansätze für diverse Maßnahmen gegenübergestellt. Das Ergebnis zeigt, dass die Kosten auf der Kanaleinzugsgebietsebene geringer ausfallen als auf der Quartiersebene. Nach dieser Ausarbeitung stellte sich natürlich die Frage, welche der vielen möglichen Maßnahmen die beste ist. Nachdem die vielen verschiedenen Maßnahmen unterschiedliche Eigenschaften haben, konnte diese Frage nicht abschließend beantwortet werden. Je nach den Randbedingungen und Vorgaben, wie beispielsweise hoher Schadstoffrückhalt, geringer Flächenbedarf oder geringe Kosten, kann eine passende bzw. die beste Maßnahme für die jeweiligen Zielvorgaben gefunden werden. Um alle Aspekte zu berücksichtigen, kann es z. B. sinnvoll sein, eine Nutzwertanalyse durchzuführen. Die Nutzwertanalyse zerlegt ein großes Problem in mehrere Teilprobleme und wirkt damit entemotionalisierend. Darüber hinaus können Teilprobleme leichter diskutiert und objektiver bewertet werden, da nicht das große Ganze betrachtet wird. Um ein objektives Ergebnis erzielen zu können ist es wichtig, dass die Bewertung der einzelnen Kriterien in der Nutzwertanalyse von mehreren Beteiligten durchgeführt werden sollte.

Generell kann gesagt werden, dass in den letzten Jahren die Erkenntnisse über Spurenstoffe in den Gewässern zugenommen haben, jedoch nach wie vor noch sehr viel Forschungsbedarf besteht. Einerseits muss noch deutlich mehr über die Auswirkungen von diversen Stoffen auf die aquatische Umwelt in Erfahrung gebracht werden und andererseits spielen die Stoffkonzentrationen in den Gewässern eine wesentliche Rolle. Das heißt, dass sich die Liste der zu analysierenden und zu bewertenden Stoffe in den Gewässern auch in Zukunft noch verändern wird. Diese Liste kann sich beispielsweise aufgrund neu erschienener Stoffe vergrößern oder durch zukünftig verbotenen Stoffeinsatz auch verkleinern. Darüber hinaus müssen auch die analytischen Messmethoden an die neuesten Erkenntnisse angepasst werden. Des Weiteren ist zu beachten, dass nicht alle gefundenen Stoffe negative Auswirkungen auf die Umwelt haben müssen und dass bei gefährlichen Stoffen ohne Überschreitung der Konzentrationsgrenzwerte sehr wahrscheinlich keine Gefahr für die aquatische Umwelt besteht. Weitere nächste Folgeschritte könnten eine Bewertung und Priorisierung der gemessenen Konzentrationen anhand der vielfach bereits bestehenden Zielvorgaben sein, sowie die tatsächliche Durchführung einer dynamischen Kostenvergleichsrechnung für einen bestimmten Anwendungsfall sein.

Die Literaturrecherche bezüglich der Kostenansätzen für die verschiedenen Reduzierungsmöglichkeiten hat gezeigt, dass bislang nur sehr wenige Kostenansätze für diese zu recherchieren waren. Dazu gibt es leider kaum zugängliche Studien und vor allem österreichspezifisch war dazu praktisch nichts zu finden.



Hierbei ist vor allem wichtig, dass die Maßnahmen anhand ihrer Kosten miteinander verglichen werden können. Dies ist allerdings nur dann möglich, wenn alle Kosten auf dieselben Einheiten bezogen werden. Um hierfür österreichspezifische Kosten in Erfahrung zu bringen, müssten zum einen abgerechnete Projektkosten bei entsprechenden Ingenieurbüros und andererseits langjährige Betriebs- und Wartungskosten bei den Betreibern der Anlagen recherchiert werden.



---

## Literaturverzeichnis

- Abegglen C., Czekalski N., Eggen R., Eisenhut A., Frommlet J., Götz C., Habegger H., Hasler S., Oppenländer T., Steiner S., & Weibel T. (2017). Mikroverunreinigungen in unseren Gewässern. *Aqua Viva - Die Zeitschrift für Gewässerschutz*.
- Abegglen C. & Siegrist H. (2012). Mikroverunreinigungen aus kommunalem Abwasser. Verfahren zur weitergehenden Elimination auf Kläranlagen. BAFU Bundesamt für Umwelt.
- Abfallmanager Medizin (2020). Kontrastmittel im Krankenhaus. [online] <https://www.abfallmanager-medizin.de/abfall-abc/kontrastmittel-im-krankenhaus/> (Zugegriffen 24. März 2020).
- Ahting M., Brauer F., Duffek A., Ebert I., Eckhardt A., Hassold E., Helmecke M., Kirst I., Krause B., Lepom P., Leuthold S., Mathan C., Mohaupt V., Moltmann J. F., Müller A., Nöh I., Pickl C., Pirntke U., Pohl K., Rechenberg J., Suhr M., Thierbach C., Tietjen L., Von der Ohe P., & Winde C. (2018). Empfehlungen zur Reduzierung von Mikroverunreinigungen in den Gewässern. Umweltbundesamt Deutschland.
- Ärzteblatt D. Ä. G. Redaktion Deutsches (2014). Immer mehr Kontrastmittel und Arzneimittelrückstände im Trinkwasser. *Deutsches Ärzteblatt*. [online] <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/59987/Immer-mehr-Kontrastmittel-und-Arzneimittelrueckstaende-im-Trinkwasser> (Zugegriffen 7. Jänner 2020).
- Barraud S., Caupos E., Chebbo G., Cren C., Delamain M., Demare D., Diallo Kessoo Kessoo M., Dubois P., Fratta C., Gasperi J., Gromaire M. C., Millet M., Mirande C., Moilleron R., Percot S., Ruban V., Saad M., Schwartz J. J., Sebastian C., Wiest L., & Wolff H. (2014). Micropollutants in urban stormwater: occurrence, concentrations, and atmospheric contributions for a wide range of contaminants in three French catchments. *Environmental Science and Pollution Research*, **21**, 5267–5281.
- Bester K., Bollmann U. E., Carmeliet J., & Vollertsen J. (2014a). Dynamics of biocide emissions from buildings in a suburban stormwater catchment e Concentrations, mass loads and emission processes. *Water Research*, **56**, 66–76.
- Bester K., Bollmann U. E., Eriksson E., Jönsson K., Tang C., & Vollertsen J. (2014b). Biocides in urban wastewater treatment plant influent at dry and wet weather: Concentrations, mass flows and possible sources. *Water Research*, **60**, 64–74.
- Birch H., Mikkelsen P. S., Jensen J. K., & Lutzhof H.-C. H. (2011). Micropollutants in stormwater runoff and combined sewer overflow in the Copenhagen area, Denmark. *Water Science & Technology*, **64**(2), 485–493.

- BMLFUW (2015). Probenahmehandbuch Chemie Wasser - Grundwasser, Oberflächengewässer, Sedimente.
- Bohren C., Dicht S., Mangold S., Mutzner L., Ort C., Scheidegger A., Singer H., & Vermeirssen E. (2019). Mikroverunreinigungen aus Siedlungen. *Aqua und Gas*, (10), 28–35.
- Braun C., Gälli R., Leu C., Munz N., Schindler Wildhaber Y., Strahm I., & Wittmer I. (2015). Mikroverunreinigungen in Fließgewässern aus diffusen Einträgen. Situationsanalyse. BAFU Bundesamt für Umwelt.
- Brombach H. & Fuchs S. (2002). Datenpool gemessener Verschmutzungskonzentrationen von Trocken- und Regenwetterabflüssen in Misch- und Trennkanalisationen. ATV-DVWK-Forschungsfonds 2001.
- Bundesrepublik Deutschland (2018a). *Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz - WHG), Fassung vom 28.12.2019*,
- Bundesrepublik Deutschland (2018b). *Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Abwasserverordnung - AbwV), Fassung vom 05.11.2019*,
- Bundesrepublik Deutschland (2016). *Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung - OGewV), Fassung vom 28.12.2019*,
- Bundesrepublik Deutschland (2017). *Verordnung zum Schutz des Grundwassers (Grundwasserverordnung - GrwV), Fassung vom 05.11.2019*,
- Bundesrepublik Österreich (2019a). *Verordnung der Bundesministerin für Nachhaltigkeit und Tourismus über Methodenvorschriften im Bereich Chemie für Abwasser, Oberflächengewässer und Grundwasser (Methodenverordnung Wasser – MVW). Fassung vom 18.12.2019*,
- Bundesrepublik Österreich (2019b). *Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft betreffend Abwassereinleitungen in wasserrechtlich bewilligte Kanalisationen (Indirekteinleiterverordnung – IEV), Fassung vom 28.12.2019*,
- Bundesrepublik Österreich (2019c). *Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft über die allgemeine Begrenzung von Abwasseremissionen in Fließgewässer und öffentliche Kanalisationen (Allgemeine Abwasseremissionsverordnung – AAEV), Fassung vom 28.12.2019*,
- Bundesrepublik Österreich (2019d). *Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über den guten chemischen Zustand des Grundwassers (Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser – QZV Chemie GW), Fassung vom 04.11.2019*,
- Bundesrepublik Österreich (2019e). *Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Festlegung*

*des ökologischen Zustandes für Oberflächengewässer (Qualitätszielverordnung Ökologie Oberflächengewässer – QZV Ökologie OG), Fassung vom 04.11.2019,*

- Bundesrepublik Österreich (2019f). *Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Festlegung des Zielzustandes für Oberflächengewässer (Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer – QZV Chemie OG), Fassung vom 04.11.2019,*
- Bundesrepublik Österreich (2019g). *Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Überwachung des Zustandes von Gewässern (Gewässerzustandsüberwachungsverordnung – GZÜV), Fassung vom 05.11.2019,*
- Bundesrepublik Österreich (2019h). *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 2017 (Emissionsregisterverordnung 2017 – EmRegV-OW 2017), Fassung vom 28.12.2019,*
- Bundesrepublik Österreich (2018). *Wasserrechtsgesetz 1959 – WRG. 1959, Fassung vom 14.10.2019,*
- Bundesversammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft (2020). *Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GSchG) vom 24. Januar 1991, Fassung vom 01.01.2020,*
- Clara M., Ertl T., Giselbrecht G., Gruber G., Hofer T., Humer T., Kretschmer F., Kolla L., Scheffknecht C., Weiß S., & Windhofer G. (2014). Spurenstoffemissionen aus Siedlungsgebieten und von Verkehrsflächen. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. BMLFUW.
- Clara M., Gruber G., Hohenblum P., Hofer T., Kittlaus S., Lenz K., Maier R., Malow O., Scheffknecht C., & Zessner M. (2019). Erfassung von Emissionen ausgewählter Spurenstoffe aus Kanalsystemen, Handlungsoptionen zu deren Minderung und Optimierung einer alternativen Nachweismethode für Kunststoffpartikel in Wasserproben (unveröffentlicht). BMLFUW.
- Clary J., Maestre A., & Pitt R. (2018). The National Stormwater Quality Database (NSQD), Version 4.02. International Stormwater BMP Database.
- DWA (2005). Arbeitsblatt DWA-A 138 - Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
- DWA (2007). Merkblatt DWA-M 153 - Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.

- DWA (2012). Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinien). Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
- DWA (2013). Arbeitsblatt DWA-A 166 - Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung – Konstruktive Gestaltung und Ausrüstung. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
- DWA (2015). Anthropogene Spurenstoffe im Gewässer. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
- DWA (2016). Arbeitsblatt DWA-A 102/BWK-A 3 - Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer (Entwurf). Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
- DWA (2019). Arbeitsblatt DWA-A 178 - Retentionsbodenfilteranlagen. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
- Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) (2017). *Erläuternder Bericht zur Verordnung des UVEK zur Änderung von Anhang 2 Ziffer 11 Absatz 3 der Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (GSchV, SR 814.201), Fassung vom 05.01.2020,*
- Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) (2018). *Verordnung des UVEK über die Änderung von Anhang 2 Ziffer 11 Absatz 3 der Gewässerschutzverordnung (GSchV), Fassung vom 05.01.2020,*
- Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) (2016). *Verordnung des UVEK zur Überprüfung des Reinigungseffekts von Maßnahmen zur Elimination von organischen Spurenstoffen bei Abwasserreinigungsanlagen, Fassung vom 28.12.2019,*
- Eisenträger A. (2015). PBT Substanzen aus Sicht des Umweltbundesamtes. Umweltbundesamt Deutschland.
- EPA (2020). Pesticide Poisoning Handbook - Chapter 5 - Organophosphate Insecticides. United States Environmental Protection Agency (EPA). [online] [https://www.epa.gov/sites/production/files/documents/rmpp\\_6thed\\_ch5\\_organophosphates.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/documents/rmpp_6thed_ch5_organophosphates.pdf).
- Europäische Gemeinschaft (2000). *Richtlinie 2000/60/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, Fassung vom 14.10.2019,*
- Europäische Gemeinschaft (2008). *Richtlinie 2008/105/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über Umweltqualitätsnormen im Bereich der Wasserpolitik und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien des Rates 82/176/EWG, 83/513/EWG,*

- 84/156/EWG, 84/491/EWG und 86/280/EWG sowie zur Änderung der Richtlinie 2000/60/EG, Fassung vom 21.10.2019,*
- Europäische Gemeinschaft (2013). *Richtlinie 2013/39/EU des europäischen Parlaments und des Rates vom 12. August 2013 zur Änderung der Richtlinien 2000/60/EG und 2008/105/EG in Bezug auf prioritäre Stoffe im Bereich der Wasserpolitik, Fassung vom 14.10.2019,*
- Europäische Gemeinschaft (1991). *Richtlinie des Rates vom 21. Mai 1991 über die Behandlung von kommunalem Abwasser (91/271/EWG), Fassung vom 12.28.2019,*
- Europäische Union (2018). *Durchführungsbeschluss (EU) 2018/840 der Kommission vom 5. Juni 2018 zur Erstellung einer Beobachtungsliste von Stoffen für eine unionsweite Überwachung im Bereich der Wasserpolitik gemäß der Richtlinie 2008/105/EG des Europäischen Parlaments und des Rates und zur Aufhebung des Durchführungsbeschlusses (EU) 2015/495 der Kommission, Fassung vom 28.12.2019,*
- Europäische Union (2006). *Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Dezember 2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH), zur Schaffung einer Europäischen Agentur für chemische Stoffe, zur Änderung der Richtlinie 1999/45/EG und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 793/93 des Rates, der Verordnung (EG) Nr. 1488/94 der Kommission, der Richtlinie 76/769/EWG des Rates sowie der Richtlinien 91/155/EWG, 93/67/EWG, 93/105/EG und 2000/21/EG der Kommission, Fassung vom 04.11.2019,*
- Fuchs-Hanusch D., Gruber G., & Kauch E. P. (2014). *Siedlungswasserbau und Abfallwirtschaft*, MANZ Verlag Schulbuch GmbH, Wien, Österreich.
- Gälli R., Ort C., & Schärer M. (2009). *Mikroverunreinigungen in den Gewässern. Bewertung und Reduktion der Schadstoffbelastung aus der Siedlungsentwässerung*. BAFU Bundesamt für Umwelt.
- Gantner K. (2002). *Nachhaltigkeit urbaner Regenwasserbewirtschaftungsmethoden*. Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. W. Hegemann, Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft der Technischen Universität Berlin. Eigenverlag, 2002. ISBN 3-936812-20-9.
- Gasperi J., Chebbo G., Cladiere M., Moilleron R., Rocher V., & Zgheib S. (2012). *Priority pollutants in urban stormwater: Part 2 - Case of combined sewers*. *Water Research*, **46**, 6693–6703.
- Gawel E., Holländer R., Köck W., Lautenschläger S., & Schindler H. (2015). *Mikroverunreinigungen und Abwasserabgabe. Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes*. Umweltbundesamt Deutschland.
- Götz C., Kasse R., & Hollender J. (2011). *Mikroverunreinigungen - Beurteilungskonzept für organische Spurenstoffe aus kommunalem Abwasser*. BAFU Bundesamt für Umwelt.

- Grotehusmann D., Uhl M., Fuchs S., & Lambert B. (2015). Retentionsbodenfilter - Handbuch für Planung, Bau und Betrieb. Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen.
- Hartmann C. (2016). Arzneimittelrückstände in der Umwelt. Umweltbundesamt GmbH.
- IKSR (2013). Auswertungsbericht Industriechemikalien. Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR), **202**. [online] [https://www.iksr.org/fileadmin/user\\_upload/DKDM/Dokumente/Fachberichte/DE/rp\\_De\\_0202.pdf](https://www.iksr.org/fileadmin/user_upload/DKDM/Dokumente/Fachberichte/DE/rp_De_0202.pdf).
- IWW (2010). Bewertung der Leistungsfähigkeit von vier Retentionsbodenfiltern hinsichtlich der Rückhaltung hygienisch relevanter Mikroorganismen - Abschlussbericht.
- Jakobs F. (2019). Mulden-Rigolen-System (MRS). Sieker - Die Regenwasserexperten. [online] <https://www.sieker.de/fachinformationen/regenwasserbewirtschaftung/article/mulden-rigolen-system-mrs-9.html> (Zugegriffen 2. Dezember 2019).
- Kahle M. & Nöh I. (2009). Biozide in Gewässern. Eintragspfade und Informationen zur Belastungssituation und deren Auswirkungen. Umweltbundesamt Deutschland.
- Kreuzinger N. & Fürhacker M. (2013). Anthropogene Spurenstoffe in der aquatischen Umwelt. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, (65), 184–190.
- Kreuzinger N. & Kroiß H. (2013). Spurenstoffe in der aquatischen Umwelt - Einleitung. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, (65), 149–155.
- Kühnapfel J. B. (2019). *Nutzwertanalysen in Marketing und Vertrieb*, Gabler Verlag, Wiesbaden, Deutschland.
- Launay M. A. (2017). Organic micropollutants in urban wastewater systems during dry and wet weather – Occurrence, spatio-temporal distribution and emissions to surface waters.
- Leimbach S., Brendt T., Ebert G., Jackisch N., Zieger F., & Kramer S. (2018). Regenwasserbewirtschaftungsanlagen in der Praxis: Betriebssicherheit, Kosten und Unterhaltung.
- Leimgruber J. (2019). Model-based Assessment of Cost-effective Low Impact Development Strategies to Control Water Balance.
- Matzinger A., Riechel M., Remy C., Schwarzmüller H., Rouault P., Schmidt M., Offermann M., Strehl C., Nickel D., Sieker H., Pallasch M., Köhler M., Kaiser D., Möller C., Büter B., Leßmann D., von Tils R., Säumel I., Pille L., Winkler A., Bartel H., Heise S., Heinzmann B., Joswig K., Rehfeld-Klein M., & Reichmann B. (2017). Zielorientierte Planung von Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung -Ergebnisse des Projektes KURAS.



- Matzinger A., Rouault P., & Wicke D. (2015). Relevanz organischer Spurenstoffe im Regenwasserabfluss Berlins. Kompetenzzentrum Wasser Berlin GmbH.
- Moilleron R., Chebbo G., & Zgheib S. (2012). Priority pollutants in urban stormwater: Part 1 - Case of separate storm sewers. *Water Research*, **46**, 6683–6692.
- Muschalla D., Gruber G., & Scheucher R. (2014). ECOSTORMA - Handbuch – Ökologische und ökonomische Maßnahmen der Niederschlagswasserbewirtschaftung. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. BMLFUW.
- Nafo I., Evenblij H., Cornelissen A., McArdell C., Pahl O., & Dagot C. (2010). Pharmazeutische Rückstände in der aquatischen Umwelt – eine Herausforderung für die Zukunft. PILLS.
- Nickel J. P. & Fuchs S. (2019). „Micropollutant emissions from combined sewer overflows“ in Denmark.
- Österreichische Apothekerkammer (2019). Arzneimittelstatistik. [online] <https://www.apotheker.or.at/inter-net/oeak/ZDF.nsf/25491c013cad4554c1256a7d0052b98a/f779e27e2f4f33afc12578990024d381?OpenDocument> (Zugegriffen 7. Jänner 2020).
- ÖWAV (2007). ÖWAV-Regelblatt 19 - Richtlinien für die Bemessung von Mischwasserentlastungen. Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband.
- ÖWAV (2019). ÖWAV-Regelblatt 35 - Einleitung von Niederschlagswasser in Oberflächengewässer. Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband.
- ÖWAV (2015). ÖWAV-Regelblatt 45 - Oberflächenentwässerung durch Versickerung in den Untergrund. Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband.
- Pallasch M. (2020). Baum-Rigolen. Sieker - Die Regenwasserexperten. [online] <https://www.sieker.de/fachinformationen/article/baum-rigolen-381.html> (Zugegriffen 13. Februar 2020).
- Phillips P. & Chalmers A. (2009). Wastewater effluent, combined sewer overflows, and other sources of organic compounds to lake champlain. *Journal of the American Water Resources Association*, (45), 45–57.
- Rademacher K.-D. (2016). Handlungsoptionen für urbane Sturzfluten. Ingenieurbüro Reinhard Beck.
- Regnery J. & Püttmann W. (2010). Seasonal fluctuations of organophosphate concentrations in precipitation and storm water runoff. *Chemosphere*, **78**, 958–964.

- Ryu J., Oh J., Yoon Y., & Snyder S. A. (2014). Determination of micropollutants in combined sewer overflows and their removal in a wastewater treatment plant (Seoul, South Korea). *Environmental Monitoring and Assessment*, **186**, 3239–3251.
- Scheel D. (2020). Regenklärbecken. Fischer Teamplan Ingenieurbüro GmbH. [online] <https://fischer-teamplan.de/abwasser/regenwasserbehandlung-und-bewirtschaftung/regenklaerbecken/> (Zugegriffen 13. Februar 2020).
- Scheurer M., Lange F. T., & Brauch H.-J. (2014). „Künstliche Süßstoffe im Wasserkreislauf“. *Wasserchemische Gesellschaft*, 3.
- Schier W., Telgmann U., & Felmeden J. (2019). „Tagungsband Aqua Urbanica - Mehrstufige RBF-Technologie zur Phosphor-, Schwermetall- und Spurenstoffadsorption von RWÜ/MWÜ“ in *Regenwetter weiterdenken – Bemesen trifft Gestalten*. Schweiz, 196–203.
- Schneeweiss A., Junghans M., Segner H., Stadtlander T., & Werner I. (2019a). Ökotoxikologische Risiken von PSM für Fische. *Aqua & Gas*, (11), 74–80.
- Schneeweiss A., Werner I., Segner H., & Stadtlander T. (2019b). Ökotoxikologische Wirkungen von PSM auf Fische. *Aqua & Gas*, (11), 82–91.
- Schweizerische Bundesrat (2020). *Gewässerschutzverordnung (GSchV) vom 28. Oktober 1998, Fassung vom 01.01.2020*,
- Sieker F., Sieker H., Bandermann S., Huhn V., & Stecker A. (2003). *Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung in Siedlungsgebieten: Grundlagen und Anwendungsbeispiele - Neue Entwicklungen*, Expert Verlag, Deutschland.
- Staufer P. & Ort C. (2012). Mikroverunreinigungen aus diffusen Quellen: Faktenblatt „Diffuse Mikroverunreinigungs-Emissionen aus Siedlungen (DIMES)“, Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU). *Eawag*.
- Stelzl A. (2019). Regenwasserversickerung in Rohrgräben - Rechtliche und normative Rahmenbedingungen und bautechnische Anforderungen.
- Umweltbundesamt (2020a). Dicke Luft durch Dioxine und PCBs. [www.umweltbundesamt.at](http://www.umweltbundesamt.at). [online] <https://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/schadstoff/dioxine/> (Zugegriffen 7. Jänner 2020).
- Umweltbundesamt (2020b). Organozinnverbindungen & PBDE. [www.umweltbundesamt.at](http://www.umweltbundesamt.at). [online] <https://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/schadstoff/ozv/> (Zugegriffen 7. Jänner 2020).
- Umweltbundesamt (2020c). Perfluorierte Alkylsubstanzen - PFAS. [www.umweltbundesamt.at](http://www.umweltbundesamt.at). [online] <https://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/schadstoff/pfas/> (Zugegriffen 7. Jänner 2020).
- Umweltbundesamt (2019). Pestizide. [Umweltbundesamt](http://www.umweltbundesamt.de). [online] <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/fluesse/zustand/pestizide-0> (Zugegriffen 8. Jänner 2020).

- Umweltbundesamt (2020d). Phthalate: PVC-Weichmacher mit Gesundheitsrisiko. [www.umweltbundesamt.at](https://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/schadstoff/pvcweichmacher/). [online] <https://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/schadstoff/pvcweichmacher/> (Zugegriffen 7. Jänner 2020).
- Umweltbundesamt (2016). Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe - Umweltschädlich! Giftig! Unvermeidbar?
- VSA (2002). Regenwasserentsorgung - Richtlinie zur Versickerung, Retention und Ableitung von Niederschlagswasser in Siedlungsgebieten. Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute.
- Wittmer I., Junghans M., Singer H., & Stamm C. (2014). Mikroverunreinigungen - Beurteilungskonzept für organische Spurenstoffe aus diffusen Einträgen. BAFU Bundesamt für Umwelt.



## **Anhang**

- Anhang A: Prioritäre Stoffe und UQN der WRRL 2008
- Anhang B: Prioritäre Stoffe und UQN der WRRL 2013
- Anhang C: Beobachtungsliste 2018 der WRRL
- Anhang D: Umweltqualitätsnormen QVZ Chemie OG
- Anhang E: Umweltqualitätsnormen OGewV
- Anhang F: Gewässeranforderungen GSchV
- Anhang G: Literaturrecherche Stoffeinträge

## Anhang A – Prioritäre Stoffe und UQN der WRRL 2008

Tabelle 5-1: Liste prioritärer Stoffe im Bereich der Wasserpolitik (Europäische Gemeinschaft, 2008, mod.)

LISTE PRIORITÄRER STOFFE IM BEREICH DER WASSERPOLITIK				
Nr.	CAS-Nummer <sup>(1)</sup>	EU-Nummer <sup>(2)</sup>	Bezeichnung des prioritären Stoffes <sup>(3)</sup>	Als prioritärer gefährlicher Stoff eingestuft
1	15972-60-8	240-110-8	Alachlor	
2	120-12-7	204-371-1	Anthracen	X
3	1912-24-9	217-617-8	Atrazin	
4	71-43-2	200-753-7	Benzol	
5	nicht anwendbar	nicht anwendbar	Bromierte Diphenylether <sup>(4)</sup>	X <sup>(5)</sup>
	32534-81-9	nicht anwendbar	Pentabromdiphenylether (Kongenerne mit den Nummern 28, 47, 99, 100, 153 und 154)	
6	7440-43-9	231-152-8	Cadmium und Cadmiumverbindungen	X
7	85535-84-8	287-476-5	C <sub>10-13</sub> -Chloralkane <sup>(4)</sup>	X
8	470-90-6	207-432-0	Chlorfenvinphos	
9	2921-88-2	220-864-4	Chlorpyrifos (Chlorpyrifos-Ethyl)	
10	107-06-2	203-458-1	1,2-Dichloroethan	
11	75-09-2	200-838-9	Dichlormethan	
12	117-81-7	204-211-0	Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	
13	330-54-1	206-354-4	Diuron	
14	115-29-7	204-079-4	Endosulfan	X
15	206-44-0	205-912-4	Fluoranthren <sup>(6)</sup>	
16	118-74-1	204-273-9	Hexachlorbenzol	X
17	87-68-3	201-765-5	Hexachlorbutadien	X
18	608-73-1	210-158-9	Hexachlorcyclohexan	X
19	34123-59-6	251-835-4	Isoproturon	
20	7439-92-1	231-100-4	Blei und Bleiverbindungen	
21	7439-97-6	231-106-7	Quecksilber und Quecksilberverbindungen	X
22	91-20-3	202-049-5	Naphthalin	
23	7440-02-0	231-111-14	Nickel und Nickelverbindungen	
24	25154-52-3	246-672-0	Nonylphenol	X
	104-40-5	203-199-4	(4-Nonylphenol)	X
25	1806-26-4	217-302-5	Octylphenol	
	140-66-9	nicht anwendbar	(4-(1,1',3,3'-Tetramethylbutyl)-phenol)	
26	608-93-5	210-172-5	Pentachlorbenzol	X
27	87-86-5	231-152-8	Pentachlorphenol	

LISTE PRIORITÄRER STOFFE IM BEREICH DER WASSERPOLITIK				
Nr.	CAS-Nummer <sup>(1)</sup>	EU-Nummer <sup>(2)</sup>	Bezeichnung des prioritären Stoffes <sup>(3)</sup>	Als prioritärer gefährlicher Stoff eingestuft
28	nicht anwendbar	nicht anwendbar	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe	X
	50-32-8	200-028-5	(Benzo(a)pyren)	X
	205-99-2	205-911-9	(Benzo(b)fluoranthen)	X
	191-24-2	205-883-8	(Benzo(g,h,i)perylen)	X
	207-08-9	205-916-6	(Benzo(k)fluoranthen)	X
	193-39-5	205-893-2	(Indeno(1,2,3-cd)pyren)	X
29	122-34-9	204-535-2	Simazin	
30	nicht anwendbar	nicht anwendbar	Tributylzinnverbindungen	X
	36643-28-4	nicht anwendbar	(Tributylzinn-Kation)	X
31	12002-48-1	234-413-4	Trichlorbenzole	
32	67-66-3	200-663-8	Trichlormethan (Chloroform)	
33	1582-09-8	216-428-8	Trifluralin	

<sup>(1)</sup> CAS: Chemical Abstracts Service.

<sup>(2)</sup> EU-Nummer: European Inventory of Existing Commercial Substances (EINECS) oder European List of Notified Chemical Substances (ELINCS).

<sup>(3)</sup> Wenn Stoffgruppen ausgewählt wurden, sind typische Vertreter der betreffenden Gruppe als Indikatorparameter aufgeführt (in Klammern und ohne Nummer). Für diese Stoffgruppen muss der Indikatorparameter durch die Analysemethode definiert werden.

<sup>(4)</sup> Diese Stoffgruppen umfassen in der Regel eine große Anzahl einzelner Verbindungen. Zum jetzigen Zeitpunkt können keine geeigneten Indikatorparameter angegeben werden.

<sup>(5)</sup> Nur Pentabrombiphenylether (CAS-Nummer 32534-81-9).

<sup>(6)</sup> Fluoranthen ist in der Liste als Indikator für andere gefährlichere polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe aufgeführt.“

Tabelle 5-2: Umweltqualitätsnormen für prioritäre Stoffe und bestimmte andere Schadstoffe (Europäische Gemeinschaft, 2008, mod.)

<b>UMWELTQUALITÄTSNORMEN FÜR PRIORITÄRE STOFFE UND BESTIMMTE ANDERE SCHADSTOFFE</b>						
JD: Jahresdurchschnitt						
ZHK: zulässige Höchstkonzentration						
Nr.	Stoffname	CAS-Nummer (1)	JD-UQN (2) Binnenoberflächen-gewässer (3) (µg/L)	JD-UQN (2) Sonstige Oberflächen-gewässer (µg/L)	ZHK-UQN (4) Binnenoberflächen-gewässer (3) (µg/L)	ZHK-UQN (4) Sonstige Oberflächen-gewässer (µg/L)
1	Alachlor	15972-60-8	0,3	0,3	0,7	0,7
2	Anthracen	120-12-7	0,1	0,1	0,4	0,4
3	Atrazin	1912-24-9	0,6	0,6	2,0	2,0
4	Benzol	71-43-2	10	8	50	50
5	Bromierte Diphenylether (5)	32534-81-9	0,0005	0,0002	nicht anwendbar	nicht anwendbar
6	Cadmium und Cadmiumverbindungen (je nach Wasserhärteklasse) (6)	7440-43-9	≤ 0,08 (Klasse 1) 0,08 (Klasse 2) 0,09 (Klasse 3) 0,15 (Klasse 4) 0,25 (Klasse 5)	0,2	≤ 0,45 (Klasse 1) 0,45 (Klasse 2) 0,6 (Klasse 3) 0,9 (Klasse 4) 1,5 (Klasse 5)	≤ 0,45 (Klasse 1) 0,45 (Klasse 2) 0,6 (Klasse 3) 0,9 (Klasse 4) 1,5 (Klasse 5)
6a	Tetrachlorkohlenstoff (7)	56-23-5	12	12	nicht anwendbar	nicht anwendbar
7	C <sub>10-13</sub> -Chloralkane	85535-84-8	0,4	0,4	1,4	1,4
8	Chlorfenvinphos	470-90-6	0,1	0,1	0,3	0,3
9	Chlorpyrifos (Chlorpyrifos-Ethyl)	2921-88-2	0,03	0,03	0,1	0,1
9a	Cyclodien Pestizide:		∑ = 0,01	∑ = 0,005	nicht anwendbar	nicht anwendbar
	Aldrin (7)	309-00-2				
	Dieldrin (7)	60-57-1				
	Endrin (7)	72-20-8				
	Isodrin (7)	465-73-6				
9b	DDT insgesamt (7), (8)	nicht anwendbar	0,025	0,025	nicht anwendbar	nicht anwendbar
	Para-para-DDT (7)	50-29-3	0,01	0,01	nicht anwendbar	nicht anwendbar
10	1,2-Dichlorethan	107-06-2	10	10	nicht anwendbar	nicht anwendbar
11	Dichlormethan	75-09-2	20	20	nicht anwendbar	nicht anwendbar



Anhang A – Prioritäre Stoffe und UQN der WRRL 2008

UMWELTQUALITÄTSNORMEN FÜR PRIORITÄRE STOFFE UND BESTIMMTE ANDERE SCHADSTOFFE						
JD: Jahresdurchschnitt						
ZHK: zulässige Höchstkonzentration						
Nr.	Stoffname	CAS-Nummer <sup>(1)</sup>	JD-UQN <sup>(2)</sup> Binnenoberflächen-gewässer <sup>(3)</sup> (µg/L)	JD-UQN <sup>(2)</sup> Sonstige Oberflächen-gewässer (µg/L)	ZHK-UQN <sup>(4)</sup> Binnenoberflächen-gewässer <sup>(3)</sup> (µg/L)	ZHK-UQN <sup>(4)</sup> Sonstige Oberflächen-gewässer (µg/L)
12	Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	117-81-7	1,3	1,3	nicht anwendbar	nicht anwendbar
13	Diuron	330-54-1	0,2	0,2	1,8	1,8
14	Endosulfan	115-29-7	0,005	0,0005	0,01	0,004
15	Fluoranthen	206-44-0	0,1	0,1	1	1
16	Hexachlorbenzol	118-74-1	0,01 <sup>(9)</sup>	0,01 <sup>(9)</sup>	0,05	0,05
17	Hexachlorbutadien	87-68-3	0,1 <sup>(9)</sup>	0,1 <sup>(9)</sup>	0,6	0,6
18	Hexachlorcyclohexan	608-73-1	0,02	0,002	0,04	0,02
19	Isoproturon	34123-59-6	0,3	0,3	1,0	1,0
20	Blei und Bleiverbindungen	7439-92-1	7,2	7,2	nicht anwendbar	nicht anwendbar
21	Quecksilber und Quecksilberverbindungen	7439-97-6	0,05 <sup>(9)</sup>	0,05 <sup>(9)</sup>	0,07	0,07
22	Naphthalin	91-20-3	2,4	1,2	nicht anwendbar	nicht anwendbar
23	Nickel- und Nickelverbindungen	7440-02-0	20	20	nicht anwendbar	nicht anwendbar
24	Nonylphenol (4-Nonylphenol)	104-40-5	0,3	0,3	2,0	2,0
25	Octylphenol ((4-(1,1',3,3'-Tetramethylbutyl)-phenol))	140-66-9	0,1	0,01	nicht anwendbar	nicht anwendbar
26	Pentachlorbenzol	608-93-5	0,007	0,0007	nicht anwendbar	nicht anwendbar
27	Pentachlorphenol	87-86-5	0,4	0,4	1	1
28	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) <sup>(10)</sup>	nicht anwendbar	nicht anwendbar	nicht anwendbar	nicht anwendbar	nicht anwendbar
	Benzo(a)pyren	50-32-8	0,05	0,05	0,1	0,1
	Benzo(b)fluoranthren	205-99-2	Σ = 0,03	Σ = 0,03	nicht anwendbar	nicht anwendbar
	Benzo(k)fluoranthren	207-08-9				
	Benzo(g,h,i)perylen	191-24-2	Σ = 0,002	Σ = 0,002	nicht anwendbar	nicht anwendbar
	Indeno(1,2,3-cd)pyren	193-39-5				
29	Simazin	122-34-9	1	1	4	4
29a	Tetrachlorethylen <sup>(7)</sup>	127-18-4	10	10	nicht anwendbar	nicht anwendbar

UMWELTQUALITÄTSNORMEN FÜR PRIORITÄRE STOFFE UND BESTIMMTE ANDERE SCHADSTOFFE						
JD: Jahresdurchschnitt						
ZHK: zulässige Höchstkonzentration						
Nr.	Stoffname	CAS-Nummer <sup>(1)</sup>	JD-UQN <sup>(2)</sup> Binnenoberflächengewässer <sup>(3)</sup> (µg/L)	JD-UQN <sup>(2)</sup> Sonstige Oberflächengewässer (µg/L)	ZHK-UQN <sup>(4)</sup> Binnenoberflächengewässer <sup>(3)</sup> (µg/L)	ZHK-UQN <sup>(4)</sup> Sonstige Oberflächengewässer (µg/L)
29b	Trichlorethylen <sup>(7)</sup>	79-01-6	10	10	nicht anwendbar	nicht anwendbar
30	Tributylzinnverbindungen (Tributhyltin-Kation)	36643-28-4	0,0002	0,0002	0,0015	0,0015
31	Trichlorbenzole	12002-48-1	0,4	0,4	nicht anwendbar	nicht anwendbar
32	Trichlormethan	67-66-3	2,5	2,5	nicht anwendbar	nicht anwendbar
33	Trifluralin	1582-09-8	0,03	0,03	nicht anwendbar	nicht anwendbar

- (1) CAS: Chemical Abstracts Service.
- (2) Dieser Parameter ist die Umweltqualitätsnorm (UQN), ausgedrückt als Jahresdurchschnitt (JD-UQN). Sofern nicht anders angegeben, gilt er für die Gesamtkonzentration aller Isomere.
- (3) Binnenoberflächengewässer umfassen Flüsse und Seen sowie mit diesen verbundene künstliche oder erheblich veränderte Wasserkörper.
- (4) Dieser Parameter ist die Umweltqualitätsnorm, ausgedrückt als zulässige Höchstkonzentration (ZHK-UQN). Ist für die ZHK-UQN „nicht anwendbar“ angegeben, so gelten die JD-UQN-Werte auch bei kurzfristigen Verschmutzungsspitzenwerten bei kontinuierlicher Einleitung als ausreichendes Schutzniveau, da sie deutlich niedriger sind als die auf der Grundlage der akuten Toxizität gewonnenen Werte.
- (5) Für die unter bromierte Diphenylether (Nr. 5) fallende Gruppe prioritärer Stoffe, die in der Entscheidung Nr. 2455/2001/EG aufgeführt sind, wird nur für Kongenere der Nummern 28, 47, 99, 100, 153 und 154 eine Umweltqualitätsnorm festgesetzt.
- (6) Bei Cadmium und Cadmiumverbindungen (Nr. 6) hängt die UQN von der Wasserhärte ab, die in fünf Klassenkategorien abgebildet wird (Klasse 1: < 40 mg CaCO<sub>3</sub>/l, Klasse 2: 40 bis < 50 mg CaCO<sub>3</sub>/l, Klasse 3: 50 bis < 100 mg CaCO<sub>3</sub>/l, Klasse 4: 100 bis < 200 mg CaCO<sub>3</sub>/l und Klasse 5: ≥ 200 mg CaCO<sub>3</sub>/l).
- (7) Hierbei handelt es sich nicht um einen prioritären Stoff, sondern um einen der sonstigen Schadstoffe, bei denen die Umweltqualitätsnormen mit denen identisch sind, die in den vor dem 13. Januar 2009 geltenden Rechtsvorschriften festgelegt worden sind.
- (8) DDT insgesamt umfasst die Summe der Isomere 1,1,1-Trichlor-2,2-bis-(p-chlorphenyl)ethan (CAS-Nr. 50-29-3; EU-Nr. 200-024-3), 1,1,1-Trichlor-2-(o-chlorphenyl)-2-(p-chlorphenyl)ethan (CAS-Nr. 789-02-6; EU-Nr. 212-332-5), 1,1-Dichlor-2,2-bis-(p-chlorphenyl)ethylen (CAS-Nr. 72-55-9; EU-Nr. 200-784-6) und 1,1-Dichlor-2,2-bis-(p-chlorphenyl)ethan (CAS-Nr. 72-54-8; EU-Nr. 200-783-0).
- (9) Wendet ein Mitgliedstaat die Umweltqualitätsnormen für Biota nicht an, so führt er strengere Umweltqualitätsnormen für Wasser ein, so dass das gleiche Schutzniveau erreicht wird wie mit den in Artikel 3 Absatz 2 dieser Richtlinie festgelegten Umweltqualitätsnormen für Biota. Der Mitgliedstaat unterrichtet die Kommission und die anderen Mitgliedstaaten über den in Artikel 21 der Richtlinie 2000/60/EG genannten Ausschuss über die Gründe für die Wahl dieses Vorgehens und die festgesetzten alternativen Umweltqualitätsnormen für Wasser sowie über die Daten und die Methode für die Ableitung der alternativen Umweltqualitätsnormen und die Kategorien von Oberflächengewässern, für die sie gelten sollen.

(<sup>10</sup>) Bei der Gruppe der polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) (Nr. 28) gilt jede einzelne Umweltqualitätsnorm, d. h. die Umweltqualitätsnorm für Benzo(a)pyren, und die Umweltqualitätsnorm für die Summe von Benzo(b)fluoranthren und Benzo(k)fluoranthren und die Umweltqualitätsnorm für die Summe von Benzo(g,h,i)perylen und Indeno(1,2,3-cd)pyren müssen eingehalten werden.

## Anhang B – Prioritäre Stoffe und UQN der WRRL 2013

Tabelle 5-3: Liste prioritärer Stoffe im Bereich der Wasserpolitik (Europäische Gemeinschaft, 2013, mod.)

LISTE PRIORITÄRER STOFFE IM BEREICH DER WASSERPOLITIK				
Nr.	CAS-Nummer <sup>(1)</sup>	EU-Nummer <sup>(2)</sup>	Bezeichnung des prioritären Stoffes <sup>(3)</sup>	Als prioritärer gefährlicher Stoff eingestuft
1	15972-60-8	240-110-8	Alachlor	
2	120-12-7	204-371-1	Anthracen	X
3	1912-24-9	217-617-8	Atrazin	
4	71-43-2	200-753-7	Benzol	
5	nicht anwendbar	nicht anwendbar	Bromierte Diphenylether	X <sup>(4)</sup>
6	7440-43-9	231-152-8	Cadmium und Cadmiumverbindungen	X
7	85535-84-8	287-476-5C	C <sub>10-13</sub> -Chloralkane	X
8	470-90-6	207-432-0	Chlorfenvinphos	
9	2921-88-2	220-864-4	Chlorpyrifos (Chlorpyrifos-Ethyl)	
10	107-06-2	203-458-1	1,2-Dichlorethan	
11	75-09-2	200-838-9	Dichlormethan	
12	117-81-7	204-211-0	Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	X
13	330-54-1	206-354-4	Diuron	
14	115-29-7	204-079-4	Endosulfan	X
15	206-44-0	205-912-4	Fluoranthren	
16	118-74-1	204-273-9	Hexachlorbenzol	X
17	87-68-3	201-765-5	Hexachlorobutadien	X
18	608-73-1	210-168-9	Hexachlorocyclohexan	X
19	34123-59-6	251-835-4	Isoproturon	
20	7439-92-1	231-100-4	Blei und Bleiverbindungen	
21	7439-97-6	231-106-7	Quecksilber und Quecksilberverbindungen	X
22	91-20-3	202-049-5	Naphthalin	
23	7440-02-0	231-111-4	Nickel und Nickelverbindungen	
24	nicht anwendbar	nicht anwendbar	Nonylphenole	X <sup>(5)</sup>
25	nicht anwendbar	nicht anwendbar	Octylphenole <sup>(6)</sup>	
26	608-93-5	210-172-0	Pentachlorbenzol	X
27	87-86-5	201-778-6	Pentachlorphenol	
28	nicht anwendbar	nicht anwendbar	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) <sup>(7)</sup>	X
29	122-34-9	204-535-2	Simazin	
30	nicht anwendbar	nicht anwendbar	Tributylzinnverbindungen	X <sup>(8)</sup>
31	12002-48-1	234-413-4	Trichlorbenzole	
32	67-66-3	200-663-8	Trichlormethan (Chloroform)	

LISTE PRIORITÄRER STOFFE IM BEREICH DER WASSERPOLITIK				
Nr.	CAS-Nummer (1)	EU-Nummer (2)	Bezeichnung des prioritären Stoffes (3)	Als prioritärer gefährlicher Stoff eingestuft
33	1582-09-8	216-428-8	Trifluralin	X
34	115-32-2	204-082-0	Dicofol	X
35	1763-23-1	217-179-8	Perfluoroktansulfonsäure und ihre Derivate (PFOS)	X
36	124495-18-7	nicht anwendbar	Quinoxifen	X
37	nicht anwendbar	nicht anwendbar	Dioxine und dioxinähnliche Verbindungen	X (9)
38	74070-46-5	277-704-1	Aclonifen	
39	42576-02-3	255-894-7	Bifenox	
40	28159-98-0	248-872-3	Cybutryn	
41	52315-07-8	257-842-9	Cypermethrin (10)	
42	62-73-7	200-547-7	Dichlorvos	
43	nicht anwendbar	nicht anwendbar	Hexabromcyclododecane (HBCDD)	X (11)
44	76-44-8/ 1024-57-3	200-962-3/ 213-831-0	Heptachlor und Heptachlorepoxyd	X
45	886-50-0	212-950-5	Terbutryn	

(1) CAS: Chemical Abstracts Service.

(2) EU-Nummer: European Inventory of Existing Commercial Substances (EINECS) oder European List of Notified Chemical Substances (ELINCS).

(3) Wenn Stoffgruppen ausgewählt wurden, sind typische Vertreter der betreffenden Gruppe als Indikatorparameter aufgeführt (in Klammern und ohne Nummer). Für diese Stoffgruppen muss der Indikatorparameter durch die Analyseverfahren definiert werden.

(4) Nur Tetra-, Penta-, Hexa- und Heptabromodiphenylether (CAS-Nummern 40088-47-9, 32534-81-9, 36483-60-0, 68928-80-3).

(5) Nonylphenol (CAS 25154-52-3, EU 246-672-0) einschließlich der Isomere 4-Nonylphenol (CAS 104-40-5, EU 203-199-4) und 4-Nonylphenol (verzweigt) (CAS 84852-15-3, EU 284-325-5).

(6) Octylphenol (CAS 1806-26-4, EU 217-302-5) einschließlich des Isomers 4-(1,1',3,3'-Tetramethylbutyl)-phenol (CAS 140-66-9, EU 205-426-2).

(7) Einschließlich Benzo(a)pyren (CAS 50-32-8, EU 200-028-5), Benzo(b)fluoranthren (CAS 205-99-2, EU 205-911-9), Benzo(g,h,i)perylen (CAS 191-24-2, EU 205-883-8), Benzo(k)fluoranthren (CAS 207-08-9, EU 205-916-6), Indeno(1,2,3-cd)pyren (CAS 193-39-5, EU 205-893-2), ohne Anthracen, Fluoranthren und Naphthalin, die separat aufgeführt sind.

(8) Einschließlich Tributylzinn-Kation (CAS 36643-28-4).

(9) Dies bezieht sich auf die folgenden Verbindungen: 7 polychlorierte Dibenzoparadioxine (PCDD) 2,3,7,8-T4CDD (CAS 1746-01-6), 1,2,3,7,8-P5CDD (CAS 40321-76-4), 1,2,3,4,7,8-H6CDD (CAS 39227-28-6), 1,2,3,6,7,8-H6CDD (CAS 57653-85-7), 1,2,3,7,8,9-H6CDD (CAS 19408-74-3), 1,2,3,4,6,7,8-H7CDD (CAS 35822-46-9), 1,2,3,4,6,7,8,9-O8CDD (CAS 3268-87-9) 10 polychlorierte Dibenzofurane (PCDF): 2,3,7,8-T4CDF (CAS 51207-31-9), 1,2,3,7,8-P5CDF (CAS 57117-41-6), 2,3,4,7,8-P5CDF (CAS 57117-31-4), 1,2,3,4,7,8-H6CDF (CAS 70648-26-9), 1,2,3,6,7,8-H6CDF (CAS 57117-44-9), 1,2,3,7,8,9-H6CDF (CAS 72918-21-9), 2,3,4,6,7,8-H6CDF (CAS 60851-34-5), 1,2,3,4,6,7,8-H7CDF (CAS 67562-39-4), 1,2,3,4,7,8,9-H7CDF (CAS 55673-89-7), 1,2,3,4,6,7,8,9-O8CDF (CAS 39001-02-0) 12 dioxinähnliche polychlorierte Biphenyle (PCB-DL): 3,3',4,4'-T4CB (PCB 77, CAS 32598-13-3), 3,3',4',5'-T4CB (PCB 81, CAS 70362-50-4), 2,3,3',4,4'-P5CB (PCB 105, CAS 32598-14-4), 2,3,4,4',5'-P5CB (PCB 114, CAS 74472-37-0), 2,3',4,4',5'-P5CB (PCB 118, CAS 31508-00-6), 2,3',4,4',5'-P5CB (PCB 123, CAS 65510-44-3), 3,3',4,4',5'-P5CB (PCB 126, CAS 57465-28-8), 2,3,3',4,4',5'-H6CB (PCB 156, CAS 38380-08-4), 2,3,3',4,4',5'-H6CB (PCB 157, CAS 69782-90-7), 2,3',4,4',5,5'-H6CB (PCB 167, CAS 52663-72-

## Anhang B – Prioritäre Stoffe und UQN der WRRL 2013

6), 3,3',4,4',5,5'-H6CB (PCB 169, CAS 32774-16-6), 2,3,3',4,4',5,5'-H7CB (PCB 189, CAS 39635-31-9).

(<sup>10</sup>) CAS 52315-07-8 bezieht sich auf eine Isomermischung von Cypermethrin, Alpha-Cypermethrin (CAS 67375-30-8), Beta-Cypermethrin (CAS 65731-84-2), Theta-Cypermethrin (CAS 71697-59-1) und Zeta-Cypermethrin (52315-07-8).

(<sup>11</sup>) Dies bezieht sich auf 1,3,5,7,9,11-Hexabromcyclododecan (CAS 25637-99-4), 1,2,5,6,9,10-Hexabromcyclododecan (CAS 3194-55-6),  $\alpha$ - $\alpha$ -Hexabromcyclododecan (CAS 134237-50-6),  $\beta$ - $\beta$ -Hexabromcyclododecan (CAS 134237-51-7) und  $\gamma$ -Hexabromcyclododecan (CAS 134237-52-8).“

Tabelle 5-4: Umweltqualitätsnormen für prioritäre Stoffe und bestimmte andere Schadstoffe (Europäische Gemeinschaft, 2013, mod.)

UMWELTQUALITÄTSNORMEN FÜR PRIORITÄRE STOFFE UND BESTIMMTE ANDERE SCHADSTOFFE							
JD: Jahresdurchschnitt							
ZHK: zulässige Höchstkonzentration							
Nr.	Stoffname	CAS- Nummer ( <sup>1</sup> )	JD-UQN ( <sup>2</sup> ) Bin- nenober- flächen- gewässer ( <sup>3</sup> ) (µg/L)	JD- UQN ( <sup>2</sup> ) Sons- tige Oberflä- chenge- wässer (µg/L)	ZHK- UQN ( <sup>4</sup> ) Binnen- oberflä- chenge- wässer ( <sup>3</sup> ) (µg/L)	ZHK- UQN ( <sup>4</sup> ) Sonstige Oberflä- chenge- wässer (µg/L)	UQN Biota ( <sup>12</sup> ) (µg/kg Nass- ge- wicht)
1	Alachlor	15972-60-8	0,3	0,3	0,7	0,7	
2	Anthracen	120-12-7	0,1	0,1	0,1	0,1	
3	Atrazin	1912-24-9	0,6	0,6	2,0	2,0	
4	Benzol	71-43-2	10	8	50	50	
5	Bromierte Diphe- nylether ( <sup>5</sup> )	32534-81-9			0,14	0,014	0,0085
6	Cadmium und Cadmiumverbind- ungen (je nach Wasserhärte- klasse) ( <sup>6</sup> )	7440-43-9	≤ 0,08 (Klasse 1) 0,08 (Klasse 2) 0,09 (Klasse 3) 0,15 (Klasse 4) 0,25 (Klasse 5)	0,2	≤ 0,45 (Klasse 1) 0,45 (Klasse 2) 0,6 (Klasse 3) 0,9 (Klasse 4) 1,5 (Klasse 5)	≤ 0,45 (Klasse 1) 0,45 (Klasse 2) 0,6 (Klasse 3) 0,9 (Klasse 4) 1,5 (Klasse 5)	
6a	Tetrachlorkohlen- stoff ( <sup>7</sup> )	56-23-5	12	12	nicht an- wendbar	nicht an- wendbar	
7	C <sub>10-13</sub> -Chloralkane ( <sup>8</sup> )	85535-84-8	0,4	0,4	1,4	1,4	
8	Chlorfenvinphos	470-90-6	0,1	0,1	0,3	0,3	
9	Chlorpyrifos (Chlorpyrifos- Ethyl)	2921-88-2	0,03	0,03	0,1	0,1	
9a	Cyclodien Pesti- zide: Aldrin ( <sup>7</sup> ) Dieldrin ( <sup>7</sup> ) Endrin ( <sup>7</sup> ) Isodrin ( <sup>7</sup> )	309-00-2, 60-57-1, 72-20-8, 465-73-6	∑ = 0,01	∑ = 0,005	nicht an- wendbar	nicht an- wendbar	
9b	DDT insgesamt ( <sup>7</sup> ), ( <sup>9</sup> )	nicht an- wendbar	0,025	0,025	nicht an- wendbar	nicht an- wendbar	
	Para-para- DDT ( <sup>7</sup> )	50-29-3	0,01	0,01	nicht an- wendbar	nicht an- wendbar	
10	1,2-Dichlorethan	107-06-2	10	10	nicht an- wendbar	nicht an- wendbar	
11	Dichlormethan	75-09-2	20	20	nicht an- wendbar	nicht an- wendbar	

Anhang B – Prioritäre Stoffe und UQN der WRRL 2013

UMWELTQUALITÄTSNORMEN FÜR PRIORITÄRE STOFFE UND BESTIMMTE ANDERE SCHADSTOFFE							
JD: Jahresdurchschnitt							
ZHK: zulässige Höchstkonzentration							
Nr.	Stoffname	CAS- Nummer ( <sup>1</sup> )	JD-UQN ( <sup>2</sup> ) Bin- nenober- flächen- gewässer ( <sup>3</sup> ) (µg/L)	JD- UQN ( <sup>2</sup> ) Sons- tige Oberflä- chege- wässer (µg/L)	ZHK- UQN ( <sup>4</sup> ) Binnen- oberflä- chege- wässer ( <sup>3</sup> ) (µg/L)	ZHK- UQN ( <sup>4</sup> ) Sonstige Oberflä- chege- wässer (µg/L)	UQN Biota ( <sup>12</sup> ) (µg/kg Nass- ge- wicht)
12	Bis(2ethyl-he- xyl)phthalat (DEHP)	117-81-7	1,3	1,3	nicht an- wendbar	nicht an- wendbar	
13	Diuron	330-54-1	0,2	0,2	1,8	1,8	
14	Endosulfan	115-29-7	0,005	0,0005	0,01	0,004	
15	Fluoranthen	206-44-0	0,0063	0,0063	0,12	0,12	30
16	Hexachlorbenzol	118-74-1			0,05	0,05	10
17	Hexachlorbuta- dien	87-68-3			0,6	0,6	55
18	Hexachlorcyclo- hexan	608-73-1	0,02	0,002	0,04	0,02	
19	Isoproturon	34123-59-6	0,3	0,3	1,0	1,0	
20	Blei und Bleiver- bindungen	7439-92-1	1,2 ( <sup>13</sup> )	1,3	14	14	
21	Quecksilber und Quecksilberver- bindungen	7439-97-6			0,07	0,07	20
22	Naphthalin	91-20-3	2	2	130	130	
23	Nickel und Nickel- verbindungen	7440-02-0	4 ( <sup>13</sup> )	8,6	34	34	
24	Nonylphenole (4-Nonylphenol)	84852-15-3	0,3	0,3	2,0	2,0	
25	Octylphenole ((4- (1,1',3,3'- Tetra- methylbutyl)-phe- nol))	140-66-9	0,1	0,01	nicht an- wendbar	nicht an- wendbar	
26	Pentachlorbenzol	608-93-5	0,007	0,0007	nicht an- wendbar	nicht an- wendbar	
27	Pentachlorphenol	87-86-5	0,4	0,4	1	1	
28	Polycyclische ara- matische Kohlen- wasserstoffe (PAK) ( <sup>11</sup> )	nicht an- wendbar	nicht an- wendbar	nicht an- wendbar	nicht an- wendbar	nicht an- wendbar	
	Benzo(a)pyren	50-32-8	1,7x10 <sup>-4</sup>	1,7x10 <sup>-4</sup>	0,27	0,027	5
	Benzo(b)fluoran- then	205-99-2	siehe Fuß- note 11	siehe Fußnote 11	0,017	0,017	siehe Fuß- note 11
	Benzo(k)fluoran- then	207-08-9	siehe Fuß- note 11	siehe Fußnote 11	0,017	0,017	siehe Fuß- note 11



Anhang B – Prioritäre Stoffe und UQN der WRRL 2013

UMWELTQUALITÄTSNORMEN FÜR PRIORITÄRE STOFFE UND BESTIMMTE ANDERE SCHADSTOFFE							
JD: Jahresdurchschnitt							
ZHK: zulässige Höchstkonzentration							
Nr.	Stoffname	CAS- Nummer ( <sup>1</sup> )	JD-UQN ( <sup>2</sup> ) Bin- nenober- flächen- gewässer ( <sup>3</sup> ) (µg/L)	JD- UQN ( <sup>2</sup> ) Sons- tige Oberflä- chenge- wässer (µg/L)	ZHK- UQN ( <sup>4</sup> ) Binnen- oberflä- chenge- wässer ( <sup>3</sup> ) (µg/L)	ZHK- UQN ( <sup>4</sup> ) Sonstige Oberflä- chenge- wässer (µg/L)	UQN Biota ( <sup>12</sup> ) (µg/kg Nass- ge- wicht)
	Benzo(g,h,i)- perylen	191-24-2	siehe Fuß- note 11	siehe Fußnote 11	8,2x10 <sup>-3</sup>	8,2x10 <sup>-4</sup>	siehe Fuß- note 11
	Indeno(1,2,3- cd)- pyren	193-39-5	siehe Fuß- note 11	siehe Fußnote 11	nicht an- wendbar	nicht an- wendbar	siehe Fuß- note 11
29	Simazin	122-34-9	1	1	4	4	
29a	Tetrachlorethylen ( <sup>7</sup> )	127-18-4	10	10	nicht an- wendbar	nicht an- wendbar	
29b	Trichlorethylen ( <sup>7</sup> )	79-01-6	10	10	nicht an- wendbar	nicht an- wendbar	
30	Tributylzinnverbin- dungen (Tri- butylzinn-Kation)	36643-28-4	0,0002	0,0002	0,0015	0,0015	
31	Trichlorbenzole	12002-48-1	0,4	0,4	nicht an- wendbar	nicht an- wendbar	
32	Trichlormethan	67-66-3	2,5	2,5	nicht an- wendbar	nicht an- wendbar	
33	Trifluralin	1582-09-8	0,03	0,03	nicht an- wendbar	nicht an- wendbar	
34	Dicofol	115-32-2	1,3x10 <sup>-3</sup>	3,2x10 <sup>-5</sup>	nicht an- wendbar ( <sup>10</sup> )	nicht an- wendbar ( <sup>10</sup> )	33
35	Perfluoroktansul- fonsäure und ihre Derivate (PFOS)	1763-23-1	6,5x10 <sup>-4</sup>	1,3x10 <sup>-4</sup>	36	7,2	9,1
36	Quinoxifen	124495-18- 7	0,15	0,015	2,7	0,54	
37	Dioxine und dio- xinähnliche Ver- bindungen	Siehe Fuß- note 10 in Anhang X der Richtli- nie 2000/60/E G			nicht an- wendbar	nicht an- wendbar	Summe PCDD + PCDF + PCB- DL 0,0065 µg.kg <sup>-1</sup> TEQ ( <sup>14</sup> )
38	Aclonifen	74070-46-5	0,12	0,012	0,12	0,012	
39	Bifenox	42576-02-3	0,012	0,0012	0,04	0,004	
40	Cybutryn	28159-98-0	0,0025	0,0025	0,016	0,016	
41	Cypermethrin	52315-07-8	8x10 <sup>-5</sup>	8x10 <sup>-6</sup>	6x10 <sup>-4</sup>	6x10 <sup>-5</sup>	

UMWELTQUALITÄTSNORMEN FÜR PRIORITÄRE STOFFE UND BESTIMMTE ANDERE SCHADSTOFFE							
JD: Jahresdurchschnitt							
ZHK: zulässige Höchstkonzentration							
Nr.	Stoffname	CAS-Nummer <sup>(1)</sup>	JD-UQN <sup>(2)</sup> Binnenoberflächengewässer <sup>(3)</sup> (µg/L)	JD-UQN <sup>(2)</sup> Sonstige Oberflächengewässer (µg/L)	ZHK-UQN <sup>(4)</sup> Binnenoberflächengewässer <sup>(3)</sup> (µg/L)	ZHK-UQN <sup>(4)</sup> Sonstige Oberflächengewässer (µg/L)	UQN Biota <sup>(12)</sup> (µg/kg Nassgewicht)
42	Dichlorvos	62-73-7	6x10 <sup>-4</sup>	6x10 <sup>-5</sup>	7x10 <sup>-4</sup>	7x10 <sup>-5</sup>	
43	Hexabromcyclo-dodecan (HBCDD)	Siehe Fußnote 12 in Anhang X der Richtlinie 2000/60/E G	0,0016	0,0008	0,5	0,05	167
44	Heptachlor und Heptachlorepoxyd	76-44-8/ 1024-57-3	2x10 <sup>-7</sup>	1x10 <sup>-8</sup>	3x10 <sup>-4</sup>	3x10 <sup>-5</sup>	6,7x10 <sup>-3</sup>
45	Terbutryn	886-50-0	0,065	0,0065	0,34	0,034	

- (1) CAS: Chemical Abstracts Service.
- (2) Dieser Parameter ist die Umweltqualitätsnorm (UQN), ausgedrückt als Jahresdurchschnitt (JD-UQN). Sofern nicht anders angegeben, gilt er für die Gesamtkonzentration aller Isomere.
- (3) Binnenoberflächengewässer umfassen Flüsse und Seen sowie mit diesen verbundene künstliche oder erheblich veränderte Wasserkörper.
- (4) Dieser Parameter ist die UQN, ausgedrückt als zulässige Höchstkonzentration (ZHK-UQN). Ist für die ZHK-UQN ‚nicht anwendbar‘ angegeben, so gelten die JD-UQN-Werte auch bei kurzfristigen Verschmutzungsspitzenwerten bei kontinuierlicher Einleitung als ausreichendes Schutzniveau, da sie deutlich niedriger sind als die auf der Grundlage der akuten Toxizität gewonnenen Werte.
- (5) Für die unter bromierte Diphenylether (Nr. 5) fallende Gruppe prioritärer Stoffe bezieht sich die UQN auf die Summe der Konzentrationen von Kongeneren der Nummern 28, 47, 99, 100, 153 und 154.
- (6) Bei Cadmium und Cadmiumverbindungen (Nr. 6) hängt die UQN von der Wasserhärte ab, die in fünf Klassenkategorien abgebildet wird (Klasse 1: < 40 mg CaCO<sub>3</sub> /l, Klasse 2: 40 bis < 50mg CaCO<sub>3</sub> /l, Klasse 3: 50 bis < 100 mg CaCO<sub>3</sub> /l, Klasse 4: 100 bis < 200mg CaCO<sub>3</sub> /l und Klasse 5: ≥ 200 mg CaCO<sub>3</sub> /l).
- (7) Hierbei handelt es sich nicht um einen prioritären Stoff, sondern um einen der sonstigen Schadstoffe, bei denen die Umweltqualitätsnormen mit denen identisch sind, die in den vor dem 13. Januar 2009 geltenden Rechtsvorschriften festgelegt worden sind.
- (8) Für diese Stoffgruppe ist kein Indikatorparameter verfügbar. Der bzw. die Indikatorparameter müssen durch die Analysemethode definiert werden.
- (9) DDT insgesamt umfasst die Summe der Isomere 1,1,1-Trichlor-2,2-bis-(p-chlorphenyl)ethan (CAS-Nr. 50-29-3; EU-Nr. 200-024-3); 1,1,1-Trichlor-2-(o-chlorphenyl)-2-(p-chlorphenyl)ethan (CAS-Nr. 789-02-6; EU-Nr. 212-332-5); 1,1-Dichlor-2,2-bis-(p-chlorphenyl)ethylen (CAS-Nr. 72-55-9; EU-Nr. 200-784-6); und 1,1-Dichlor-2,2-bis-(p-chlorphenyl)ethan (CAS-Nr. 72-54-8; EU-Nr. 200-783-0).
- (10) Es liegen nicht genügend Informationen vor, um eine ZHK-UQN für diese Stoffe festzulegen.
- (11) Bei der Gruppe der polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) (Nr. 28) bezieht sich die Biota-UQN und die entsprechende JD-UQN in Wasser auf die Konzentration von

Benzo(a)pyren, auf dessen Toxizität diese beruhen. Benzo(a)pyren kann als Marker für die anderen PAK betrachtet werden; daher ist nur Benzo(a)pyren zum Vergleich mit der Biota-UQN und der entsprechenden JD-UQN in Wasser zu überwachen.

- (<sup>12</sup>) Sofern nicht anders vermerkt, bezieht sich die Biota-UQN auf Fische. Ein alternatives Biota-Taxon oder eine andere Matrix können stattdessen überwacht werden, sofern die angewendete UQN ein gleichwertiges Schutzniveau bietet. Für Stoffe mit den Nummern 15 (Fluoranthen) und 28 (PAH) bezieht sich die Biota-UQN auf Krebstiere und Weichtiere. Für die Zwecke der Bewertung des chemischen Zustands ist die Überwachung von Fluoranthen und PAH in Fischen nicht geeignet. Für den Stoff mit der Nummer 37 (Dioxine und dioxinähnliche Verbindungen) bezieht sich die Biota-UQN auf Fische, Krebstiere und Weichtiere; im Einklang mit Abschnitt 5.3 des Anhangs der Verordnung (EU) Nr. 1259/2011 der Kommission vom 2. Dezember 2011 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 hinsichtlich der Höchstgehalte für Dioxine, dioxinähnliche PCB und nicht dioxinähnliche PCB in Lebensmitteln (ABl. L 320 vom 3.12.2011, S. 18).
- (<sup>13</sup>) Diese UQN beziehen sich auf bioverfügbare Konzentrationen der Stoffe.
- (<sup>14</sup>) PCDD: polychlorierte Dibenzoparadioxine; PCDF: polychlorierte Dibenzofurane; PCB-DL: dioxinähnliche polychlorierte Biphenyle; TEQ: Toxizitätsäquivalente nach den Toxizitätsäquivalenzfaktoren der Weltgesundheitsorganisation von 2005.“

## Anhang C – Beobachtungsliste 2018 der WRRL

Tabelle 5-5: Beobachtungsliste des Durchführungsbeschlusses 2018 des Europäischen Parlaments und des Rates (Europäische Union, 2018, mod.)

BEOBACHTUNGSLISTE				
Name des Stoffes/ der Stoffgruppe	CAS-Nr. (1)	EU-Nr. (2)	Angezeigte Analyse- methode (3)(4)	Höchstzu- lässige Nachweis- grenze der Methode (ng/l)
17-alpha-Ethinylöstradiol (EE2)	57-63-6	200-342-2	Großvolumige SPE — LC- MS-MS	0,035
17-beta-Östradiol (E2), Öst- ron (E1)	50-28-2,	200-023-8	SPE — LC-MS-MS	0,4
	53-16-7			
Makrolid-Antibiotika (5)			SPE — LC-MS-MS	19
Methiocarb	2032-65-7	217-991-2	SPE — LC-MS-MS oder GC-MS	2
Neonicotinoide (6)			SPE — LC-MS-MS	8,3
Metaflumizon	139968-49-3	604-167-6	LLE — LC-MS-MS oder SPE — LC-MS-MS	65
Amoxicillin	26787-78-0	248-003-8	SPE — LC-MS-MS	78
Ciprofloxacin	85721-33-1	617-751-0	SPE — LC-MS-MS	89

(1) Chemical Abstracts Service.  
(2) Nummer der Europäischen Union — nicht für alle Stoffe verfügbar.  
(3) Damit die Vergleichbarkeit der Ergebnisse aus verschiedenen Mitgliedstaaten gewährleistet ist, werden alle Stoffe in Gesamtwasserproben überwacht.  
(4) Extraktionsmethoden: LLE—Flüssig-Flüssig-Extraktion, SPE—Festphasenextraktion. Analysemethoden: GC-MS—Gaschromatographie gekoppelt mit Massenspektrometrie, LC-MS-MS—Flüssigchromatographie gekoppelt mit Triple-Quadrupol-Tandem-Massenspektrometrie.  
(5) Erythromycin (CAS-Nummer 114-07-8, EU-Nummer 204-040-1), Clarithromycin (CAS-Nummer 81103-11-9), Azithromycin (CAS-Nummer 83905-01-5, EU-Nummer 617-500-5).  
(6) Imidacloprid (CAS-Nummer 105827-78-9/138261-41-3, EU-Nummer 428-040-8), Thiacloprid (CAS-Nummer 111988-49-9), Thiamethoxam (CAS-Nummer 153719-23-4, EU-Nummer 428-650-4), Clothianidin (CAS-Nummer 210880-92-5, EU-Nummer 433-460-1), Acetamiprid (CAS-Nummer 135410-20-7/160430-64-8).

## Anhang D – Umweltqualitätsnormen QVZ Chemie OG

Tabelle 5-6 Umweltqualitätsnormen für synthetische Schadstoffe zur Beschreibung des guten chemischen Zustands für unionsrechtlich geregelte Schadstoffe (Bundesrepublik Österreich, 2019f, mod.)

UMWELTQUALITÄTSNORMEN FÜR SYNTHETISCHE SCHADSTOFFE						
Nr.	Parameter	CAS.Nr. <sup>(1)</sup>	JD-UQN <sup>(2)</sup> (µg/L)	ZHK-UQN <sup>(3)</sup> (µg/L)	UQN Biota <sup>(12)</sup> µg/kg Nassgewicht	Fußnote
1	Alachlor	15972-60-8	0,3	0,7		
2	Aldrin	309-00-2	Σ 0,01	n. a.		<sup>(4)</sup>
3	Anthracen	120-12-7	0,1	0,1		
4	Atrazin	1912-24-9	0,6	2,0		
5	Benzol	71-43-2	10	50		
6	Bromierte Diphenylether	32534-81-9		0,14	0,0085	<sup>(5)</sup>
7	C <sub>10-13</sub> -Chloralkane	85535-84-8	0,4	1,4		
8	Chlorfenvinphos	470-90-6	0,1	0,3		
9	Chlorpyrifos	2921-88-2	0,03	0,1		
10	p,p'-DDT	50-29-3	0,01	n. a.		<sup>(6)</sup>
11	DDT insgesamt		0,025	n. a.		<sup>(7)</sup>
12	1,2-Dichlorethan	107-06-2	10	n. a.		
13	Dichlormethan	75-09-2	20	n. a.		
14	Dieldrin	60-57-1	Σ 0,01	n. a.		<sup>(4)</sup>
15	Di(2-ethyl-hexyl)phthalat (DEHP)	117-81-7	1,3	n. a.		
16	Diuron	330-54-1	0,2	1,8		
17	Endosulfan	115-29-7	0,005	0,01		<sup>(8)</sup>
18	Endrin	72-20-8	Σ 0,01	n. a.		<sup>(4)</sup>
19	Fluoranthen	206-44-0	0,0063	0,12	30	
20	Hexachlorbenzol	118-74-1		0,05	10	
21	Hexachlorbutadien	87-68-3		0,6	55	
22	Hexachlorcyclohexan	608-73-1	0,02	0,04		<sup>(9)</sup>
23	Isodrin	465-73-6	Σ 0,01	n. a.		<sup>(4)</sup>
24	Isoproturon	34123-59-6	0,3	1,0		
25	Naphthalin	91-20-3	2	130		
26	Nonylphenol (4-Nonylphenol)	84852-15-3	0,3	2,0		
27	Octylphenol ((4-(1,1',3,3'-Tetra-methyl-butyl)phenol))	140-66-9	0,1	n. a.		
28	Pentachlorbenzol	608-93-5	0,007	n. a.		
29	Pentachlorphenol	87-86-5	0,4	1		

## Anhang D – Umweltqualitätsnormen QVZ Chemie OG

UMWELTQUALITÄTSNORMEN FÜR SYNTHETISCHE SCHADSTOFFE						
Nr.	Parameter	CAS.Nr. (1)	JD-UQN (2) (µg/L)	ZHK-UQN (3) (µg/L)	UQN Biota (12) µg/kg Nassgewicht	Fußnote
	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)					
30	Benzo(a)pyren	50-32-8	0,00017	0,27	5	
31	Benzo(b)fluoranthren	205-99-2	(10)	0,017	(10)	
32	Benzo(k)fluoranthren	207-08-9	(10)	0,017	(10)	
33	Benzo(g,h,i)perylen	191-24-2	(10)	0,0082	(10)	
34	Indeno(1,2,3-c,d)pyren	193-39-5	(10)	n. a.	(10)	
35	Simazin	122-34-9	1	4		
36	Tetrachlorethen	127-18-4	10	n. a.		
37	Tetrachlormethan	56-23-5	12	n. a.		
38	Tributylzinnverbindungen (Tributylzinn-Kation)	36643-28-4	0,0002	0,0015		
39	Trichlorbenzole	12002-48-1	0,4	n. a.		(11)
40	Trichlorethen	79-01-6	10	n. a.		
41	Trichlormethan	67-66-3	2,5	n. a.		
42	Trifluralin	1582-09-8	0,03	n. a.		
43	Dicofol	115-32-2	0,0013	n. a.	33	
44	Perfluoroktansulfonsäure und ihre Derivate (PFOS)	1763-23-1	0,00065	36	9,1	
45	Quinoxifen	124495-18-7	0,15	2,7		
46	Dioxine und dioxinähnliche Verbindungen	(13)		n. a.	Summe PCDD+PCDF+P CB-DL 0,0065 µg/kg TEQ (14)	
47	Aclonifen	74070-46-5	0,12	0,12		
48	Bifenox	42576-02-3	0,012	0,04		
49	Cybutryn	28159-98-0	0,0025	0,016		
50	Cypermethrin	52315-07-8	0,00008	0,0006		(15)
51	Dichlorvos	62-73-7	0,0006	0,0007		
52	Hexabromcyclododecan (HBCDD)	(16)	0,0016	0,5	167	
53	Heptachlor und Heptachlorepoxyd	76-44-8/ 1024-57-3	0,0000002	0,0003	0,0067	
54	Terbutryn	886-50-0	0,065	0,34		

n. a: nicht anwendbar

(1) CAS: Chemical Abstracts Service

(2) Sofern nicht anders angegeben, gilt die JD-UQN für die Gesamtkonzentration aller Einzelstoffe, Isomere oder Kongenere und bezieht sich auf die unfiltrierte Wasserprobe.

(3) Sofern nicht anders angegeben, gilt die ZHK-UQN für die Gesamtkonzentration aller Isomere und bezieht sich auf die unfiltrierte Wasserprobe. Ist für die ZHK-UQN „nicht anwendbar“ angegeben, so gelten die JD-UQN-Werte auch bei kurzfristigen Verschmutzungsspitzenwerten bei

- kontinuierlicher Einleitung als ausreichendes Schutzniveau, da sie deutlich niedriger sind als die auf der Grundlage der akuten Toxizität gewonnenen Werte.
- (4) Die Umweltqualitätsnorm bezieht sich auf die Summe der Cyclodien-Pestizide Aldrin, Dieldrin, Endrin und Isodrin.
- (5) Die Umweltqualitätsnorm bezieht sich auf die technische Mischung des Pentabromdiphenylethers. Die Umweltqualitätsnorm bezieht sich auf die Summe der 6 Kongenere:  
 2,4,4'-Tribromdiphenylether (PBDE-28)  
 2,2',4,4'-Tetrabromdiphenylether (PBDE-47)  
 2,2',4,4',5-Pentabromdiphenylether (PBDE-99)  
 2,2',4,4',6-Pentabromdiphenylether (PBDE-100)  
 2,2',4,4',5,5'-Hexabromdiphenylether (PBDE-153)  
 2,2',4,4',5,6'-Hexabromdiphenylether (PBDE-154)
- (6) Der Wert gilt für das Isomer p,p'-DDT (1,1,1-Trichlor-2,2-bis(p-chlorphenyl)ethan).
- (7) Die Umweltqualitätsnorm für „DDT insgesamt“ bezieht sich auf die Summe der Isomere und Metaboliten des DDT:  
 1,1,1-Trichlor-2,2-bis-(p-chlorphenyl)ethan (p,p'-DDT, CAS-Nr. 50-29-3; EU-Nr. 200-024-3)  
 1,1,1-Trichlor-2-(o-chlorphenyl)-2-(p-chlorphenyl)ethan (o,p'-DDT, CAS-Nr. 789-02-6; EU-Nr. 212-332-5)  
 1,1-Dichlor-2,2-bis-(p-chlorphenyl)ethylen (p,p'-DDE, CAS-Nr. 72-55-9; EU-Nr. 200-784-6)  
 1,1-Dichlor-2,2-bis-(p-chlorphenyl)ethan (p,p'-DDD, CAS-Nr. 72-54-8; EU-Nr. 200-783-0)
- (8) Die Umweltqualitätsnorm bezieht sich auf die Summe der Isomere  $\alpha$ -Endosulfan und  $\beta$ -Endosulfan.
- (9) Die Umweltqualitätsnorm bezieht sich auf die Summe der Isomere  $\alpha$ -HCH,  $\beta$ -HCH,  $\gamma$ -HCH und  $\delta$ -HCH.
- (10) Bei der Gruppe der polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) bezieht sich die Biota-UQN und die entsprechende JD-UQN in Wasser auf die Konzentration von Benzo(a)pyren, auf dessen Toxizität diese beruhen. Benzo(a)pyren kann als Marker für die anderen PAK betrachtet werden; daher ist nur Benzo(a)pyren zum Vergleich mit der Biota-UQN und der entsprechenden JD-UQN in Wasser zu überwachen
- (11) Die Umweltqualitätsnorm bezieht sich auf die Summe der Isomere 1,2,3-Trichlorbenzol, 1,2,4-Trichlorbenzol und 1,3,5-Trichlorbenzol.
- (12) Zur Berücksichtigung von indirekten Wirkungen und Sekundärvergiftungen wird ein Wert für Biota angegeben. Sofern nicht anders angegeben bezieht sich die UQN-Biota auf Fische. Für Stoffe mit den Nummern 19 (Fluoranthen) und 30 (Benzo(a)pyren) bezieht sich die UQN-Biota auf Krebse und Weichtiere. Für den Stoff mit der Nummer 46 (Dioxin und dioxinähnliche Verbindungen) bezieht sich die UQN-Biota auf Krebse, Weichtiere und Fische.
- (13) Dies bezieht sich auf folgende Verbindungen:  
 7 polychlorierte Dibenzoparadioxine (PCDD): 2,3,7,8-T4CDD (CAS-Nr. 1746-01-6), 1,2,3,7,8-P5CDD (CAS-Nr. 40321-76-4), 1,2,3,4,7,8-H6CDD (CAS-Nr. 39227-28-6), 1,2,3,6,7,8-H6CDD (CAS-Nr. 57653-85-7), 1,2,3,7,8,9-H6CDD (CAS-Nr. 19408-74-3), 1,2,3,4,6,7,8-H7CDD (CAS-Nr. 35822-46-9), 1,2,3,4,6,7,8,9-O8CDD (CAS-Nr. 3268-87-9)  
 10 polychlorierte Dibenzofurane (PCDF): 2,3,7,8-T4CDF (CAS-Nr. 51207-31-9), 1,2,3,7,8,-P5CDF (CAS-Nr. 57117-41-6), 2,3,4,7,8,-P5CDF (CAS-Nr. 57117-31-4), 1,2,3,4,7,8-H6CDF (CAS-Nr. 70648-26-9), 1,2,3,6,7,8,-H6CDF (CAS-Nr. 57117-44-9), 1,2,3,7,8,9-H6CDF (CAS-Nr. 72918-21-9), 2,3,4,6,7,8-H6CDF (CAS-Nr. 60851-34-5), 1,2,3,4,6,7,8-H7CDF (CAS-Nr. 67562-39-4), 1,2,3,4,7,8,9-H7CDF (CAS-Nr. 55673-89-7), 1,2,3,4,6,7,8,9-O8CDF (CAS-Nr. 39001-02-0)  
 12 dioxinähnliche polychlorierte Biphenyle (PCB-DL): 3,3',4,4'-T4CB (PCB 77, CAS-Nr. 32598-13-3), 3,3',4',5'-T4CB (PCB 81, CAS-Nr. 70362-50-4), 2,3,3',4,4'-P5CB (PCB 105, CAS-Nr. 32598-14-4), 2,3,4,4',5-P5CB (PCB 114, CAS-Nr. 74472-37-0), 2,3',4,4',5-P5CB (PCB 118, CAS-Nr. 31508-00-6), 2,3',4,4',5'-P5CB (PCB 123, CAS-Nr. 65510-44-3), 3,3',4,4',5-P5CB (PCB 126, CAS-Nr. 57465-28-8), 2,3,3',4,4',5-H6CB (PCB 156, CAS-Nr. 38380-08-4), 2,3,3',4,4',5'-H6CB (PCB 157, CAS-Nr. 69782-90-7), 2,3',4,4',5,5'-H6CB (PCB 167, CAS-Nr. 52663-72-6), 3,3',4,4',5,5'-H6CB (PCB 169, CAS-Nr. 32774-16-6), 2,3,3',4,4',5,5',-H7CB (PCB 189, CAS-Nr. 39635-31-9).
- (14) PCDD: polychlorierte Dibenzoparadioxine; PCDF: polychlorierte Dibenzofurane; PCB-DL: dioxinähnliche polychlorierte Biphenyle; TEQ: Toxizitätsäquivalente nach den Toxizitätsäquivalenzfaktoren der Weltgesundheitsorganisation von 2005

## Anhang D – Umweltqualitätsnormen QVZ Chemie OG

- (<sup>15</sup>) CAS-Nr. 52315-07-8 bezieht sich auf eine Isomermischung von Cypermethrin,  $\alpha$ -Cypermethrin (CAS-Nr. 67375-30-8),  $\beta$ -Cypermethrin (CAS-Nr. 65731-84-2),  $\vartheta$ -Cypermethrin (CAS-Nr. 71697-59-1) und  $\zeta$ -Cypermethrin (CAS-Nr. 52315-07-8).
- (<sup>16</sup>) Dies bezieht sich auf 1,3,5,7,9,11-HBCDD (CAS-Nr. 25637-99-4), 1,2,5,6,9,10-HBCDD (CAS-Nr. 3194-55-6),  $\alpha$ -HBCDD (CAS-Nr. 134237-50-6),  $\beta$ -HBCDD (CAS-Nr. 134237-51-7) und  $\gamma$ -HBCDD (CAS-Nr. 134237-52-8)



Tabelle 5-7: Umweltqualitätsnormen für nicht synthetische Schadstoffe zur Beschreibung des guten chemischen Zustands für unionsrechtlich geregelte Schadstoffe (Bundesrepublik Österreich, 2019f, mod.)

UMWELTQUALITÄTSNORMEN FÜR NICHT SYNTHETISCHE SCHADSTOFFE						
Nr.	Parameter	CAS.Nr. (1)	Zulässige Zusatzkonzentration (2) (µg/L)	ZHK-UQN (3) (µg/L)	UQN Biota (5) µg/kg Nassgewicht	Fußnote
1	Blei und Bleiverbindungen	7439-92-1	1,2	14		(6)
2	Cadmium und Cadmiumverbindungen (je nach Wasserhärteklasse)	7440-43-9	≤0,08 (Klasse 1) 0,08 (Klasse 2) 0,09 (Klasse 3) 0,15 (Klasse 4) 0,25 (Klasse 5)	≤0,45 (Klasse 1) 0,45 (Klasse 2) 0,60 (Klasse 3) 0,90 (Klasse 4) 1,50 (Klasse 5)		(4)
3	Nickel und Nickelverbindungen	7440-02-0	4	34		(6)
4	Quecksilber und Quecksilberverbindungen	7439-97-6		0,07	20	

(1) CAS: Chemical Abstracts Service

(2) Die aus der zulässigen Zusatzkonzentration und der in Anlage C angegebenen Hintergrundkonzentration ermittelte JD-UQN bezieht sich auf die durch Filtration über ein 0,45 µm Filter oder eine vergleichbare Behandlungsmethode erhaltene Wasserprobe.

(3) Die Umweltqualitätsnorm bezieht sich auf die durch Filtration über ein 0,45 µm Filter oder eine vergleichbare Behandlungsmethode erhaltene Wasserprobe. Ist für die ZHK-UQN „nicht anwendbar“ angegeben, so gelten die JD-UQN-Werte auch bei kurzfristigen Verschmutzungsspitzenwerten bei kontinuierlicher Einleitung als ausreichendes Schutzniveau, da sie deutlich niedriger sind als die auf der Grundlage der akuten Toxizität gewonnenen Werte.

(4) Bei Cadmium und Cadmiumverbindungen hängt die UQN von der Wasserhärte ab, die in fünf Klassenkategorien abgebildet wird:

Klasse 1: < 40 mg CaCO<sub>3</sub>/l,

Klasse 2: 40 bis < 50 mg CaCO<sub>3</sub>/l,

Klasse 3: 50 bis < 100 mg CaCO<sub>3</sub>/l,

Klasse 4: 100 bis < 200 mg CaCO<sub>3</sub>/l,

Klasse 5: ≥ 200 mg CaCO<sub>3</sub>/l.

(5) Zur Berücksichtigung von indirekten Wirkungen und Sekundärvergiftungen wird ein Wert für Biota angegeben. Die UQN-Biota bezieht sich auf Fische.

(6) Die JD-UQN bezieht sich auf bioverfügbare Konzentrationen der Stoffe.

## Anhang D – Umweltqualitätsnormen QVZ Chemie OG

Tabelle 5-8: Umweltqualitätsnormen für synthetische Schadstoffe zur Beschreibung chemischer Komponenten des guten ökologischen Zustands (Bundesrepublik Österreich, 2019f, mod.)

UMWELTQUALITÄTSNORMEN FÜR SYNTHETISCHE SCHADSTOFFE				
Nr.	Parameter	CAS.Nr. (1)	JD-UQN (2) (µg/L)	Fußnote
1	Ammonium	7664-41-7	siehe Gleichung in Fußnote (3)	
2	AOX	-	50	(4)
3	Benzidin	92-87-5	0,1	
4	Benzylchlorid	100-44-7	10	
5	Bisphenol A	80-05-7	1,6	
6	Chlordan	57-74-9	0,002	(5)
7	Chloressigsäure	79-11-8	0,6	
8	Cyanid	-	5	(6)
9	Dibutylzinnverbindungen	-	0,01	(7)
10	1,2-Dichlorethen	540-59-0	10	(5)
11	2,4-Dichlorphenol	120-83-2	2	
12	2,5-Dichlorphenol	583-78-8	20	
13	1,3-Dichlor-2-propanol	96-23-1	10	
14	Dimethylamin	124-40-3	10	
15	EDTA	60-00-4	50	(8)
16	Ethylbenzol	100-41-4	10	
17	Fluorid	7681-49-4	1000	
18	Isopropylbenzol	98-82-8	22	
19	LAS (Lineare Alkylbenzolsulfonate)	-	270	(9)
20	Mevinphos	7786-34-7	0,01	(5)
21	Nitrit	-	0-3 mg Cl-/l: 10/20 >3-7,5 mg Cl-/l: 50/100 >7,5-15mg Cl-/l: 90/180 >15-30 mg Cl-/l: 120/240 > 30 mg Cl-/l: 150/300	(10)
22	Nitrilotriessigsäure	139-13-9	50	(11)
23	Omethoat	1113-02-6	0,01	
24	Pentachlornitrobenzol	82-68-8	0,4	
25	Phosalon	2310-17-0	0,1	
26	Sebuthylazin	-	0,01	
27	Trichlorfon	52-68-6	0,01	
28	Xylole	1330-20-7	10	(12)

(1) CAS: Chemical Abstracts Service

(2) Sofern nicht anders angegeben, gilt die JD-UQN für die Gesamtkonzentration aller Einzelstoffe, Isomere oder Kongenere und bezieht sich auf die unfiltrierte Wasserprobe.

(3)  $UQN\ N-NH_4 = (14.425 / (1 + 10^{(7.688 - pH)}) + 621.75 / (1 + 10^{(pH - 7.688)})) \cdot \min(2.85, 1.45 \cdot 10^{0.028 \cdot (25 - T)})$   
Darin bedeuten:

## Anhang D – Umweltqualitätsnormen QVZ Chemie OG

UQN N-NH <sub>4</sub>	Umweltqualitätsnorm für Ammonium (als N-NH <sub>4</sub> in µg/l)
pH	pH-Wert
T	Temperatur in °C
( <sup>4</sup> )	Die Umweltqualitätsnorm bezieht sich auf die Gesamtheit der adsorbierbaren, organisch gebundenen Halogene, anzugeben als Chlorid. Der Wert kann überschritten werden, soweit keine toxische Wirkung im Oberflächenwasserkörper (ermittelt mit Hilfe des chronischen Daphnientests) vorliegt.
( <sup>5</sup> )	Die Umweltqualitätsnorm bezieht sich auf die Summe der cis- und trans-Isomere.
( <sup>6</sup> )	Die Umweltqualitätsnorm gilt für leicht freisetzbares Cyanid gemäß ÖN M 6285. Der Wert bezieht sich auf CN.
( <sup>7</sup> )	Die Umweltqualitätsnorm bezieht sich auf das Dibutylzinnkation.
( <sup>8</sup> )	Die Umweltqualitätsnorm bezieht sich auf H <sub>4</sub> EDTA.
( <sup>9</sup> )	Die Umweltqualitätsnorm bezieht sich auf die Summe der Isomere der linearen Alkylbenzolsulfonate mit Kettenlängen zwischen 10 bis 13 Kohlenstoffatomen.
( <sup>10</sup> )	Die Umweltqualitätsnorm wird in Abhängigkeit von der Chloridkonzentration und der biozönotischen Fischregion festgelegt. Der jeweils erste angegebene Wert gilt für Rithralgewässer (umfasst die Fischlebensräume Epirithral, Metarithral, Hyporithral), der zweite Wert für Potamalgewässer (umfasst die Fischlebensräume Epipotamal und Metapotamal). Die Werte beziehen sich auf NO <sub>2</sub> -N, und sind im Filtrat zu bestimmen.
( <sup>11</sup> )	Die Umweltqualitätsnorm bezieht sich auf H <sub>3</sub> NTA.
( <sup>12</sup> )	Die Umweltqualitätsnorm bezieht sich auf die Summe von o-, m- und p-Isomeren.

## Anhang D – Umweltqualitätsnormen QVZ Chemie OG

Tabelle 5-9: Umweltqualitätsnormen für nicht synthetische Schadstoffe zur Beschreibung chemischer Komponenten des guten ökologischen Zustands (Bundesrepublik Österreich, 2019f, mod.)

<b>UMWELTQUALITÄTSNORMEN FÜR NICHT-SYNTHETISCHE SCHADSTOFFE</b>			
Nr.	Parameter	CAS.Nr. <sup>(1)</sup>	Zulässige Zusatzkonzentration <sup>(2)</sup> (µg/L)
1	Arsen	7440-38-2	24
2	Chrom	7440-47-3	8,5
3	Kupfer	7440-50-8	< 50 mg CaCO <sub>3</sub> /l: 1,1 50–100mg CaCO <sub>3</sub> /l: 4,8 > 100 mg CaCO <sub>3</sub> /l: 8,8
4	Selen	7782-49-2	5,3
5	Silber	7440-22-4	0,1
6	Zink	7440-66-6	< 50 mg CaCO <sub>3</sub> /l: 7,8 50–100mg CaCO <sub>3</sub> /l: 35,1 >100mg CaCO <sub>3</sub> /l: 52,0
<p><sup>(1)</sup> CAS: Chemical Abstracts Service</p> <p><sup>(2)</sup> Die aus der zulässigen Zusatzkonzentration und der in Anlage C angegebenen Hintergrundkonzentration ermittelte JD-UQN bezieht sich auf die durch Filtration über ein 0,45 µm Filter oder eine vergleichbare Behandlungsmethode erhaltene Wasserprobe.</p>			

## Anhang E – Umweltqualitätsnormen OGewV

Tabelle 5-10: Umweltqualitätsnormen um den ökologischen Zustand und das ökologische Potenzial beurteilen zu können (Bundesrepublik Deutschland, 2016, mod.)

UMWELTQUALITÄTSNORMEN FÜR DEN ÖKOLOGISCHEN ZUSTAND								
Nr	CAS-Nr. (1)	Stoffname	JD-UQN oberirdische Gewässer ohne Übergangsgewässer		ZHK-UQN oberirdische Gewässer ohne Übergangsgewässer	JD-UQN Übergangsgewässer und Küstengewässer nach § 7 Absatz 5 Satz 2 des Wasserhaushaltsgesetzes		ZHK-UQN Übergangsgewässer und Küstengewässer nach § 7 Absatz 5 Satz 2 des Wasserhaushaltsgesetzes
			Wasser µg/L <sup>(2)</sup>	Schwebstoff oder Sediment mg/kg <sup>(3)</sup>	Wasser µg/L <sup>(2)</sup>	Wasser µg/L <sup>(2)</sup>	Schwebstoff oder Sediment mg/kg <sup>(3)</sup>	Wasser µg/L <sup>(2)</sup>
1	88-73-3	1-Chlor-2-nitrobenzol	10			10		
2	100-00-5	1-Chlor-4-nitrobenzol	30			30		
3	94-75-7	2,4-D	0,2		1	0,02		0,2
4	834-12-8	Ametryn	0,5			0,5		
5	62-53-3	Anilin	0,8			0,8		
6	7440-38-2	Arsen		40			40	
7	2642-71-9	Azinphos-ethyl	0,01			0,01		
8	86-50-0	Azinphos-methyl	0,01			0,01		
9	25057-89-0	Bentazon	0,1			0,1		
10	314-40-9	Bromacil	0,6			0,6		
11	1689-84-5	Bromoxynil	0,5			0,5		
12	10605-21-7	Carbendazim	0,2		0,7	0,02		0,1
13	108-90-7	Chlorbenzol	1			1		
14	79-11-8	Chloressigsäure	0,6		8	0,06		2
15	15545-48-9	Chlortoluron	0,4			0,4		
16	7440-47-3	Chrom		640			640	
17	57-12-5	Cyanid	10			10		
18	333-41-5	Diazinon	0,01			0,01		
19	120-36-5	Dichlorprop	0,1			0,1		
20	83164-33-4	Diflufenican	0,009			0,009		
21	60-51-5	Dimethoat	0,07		1	0,007		0,1

# Anhang E – Umweltqualitätsnormen OGewV

UMWELTQUALITÄTSNORMEN FÜR DEN ÖKOLOGISCHEN ZUSTAND								
			JD-UQN oberirdische Gewässer ohne Übergangsgewässer		ZHK-UQN oberirdische Gewässer ohne Übergangsgewässer	JD-UQN Übergangsgewässer und Küstengewässer nach § 7 Absatz 5 Satz 2 des Wasserhaushaltsgesetzes	ZHK-UQN Übergangsgewässer und Küstengewässer nach § 7 Absatz 5 Satz 2 des Wasserhaushaltsgesetzes	
Nr	CAS-Nr. (1)	Stoffname	Wasser µg/L <sup>(2)</sup>	Schwebstoff oder Sediment mg/kg <sup>(3)</sup>	Wasser µg/L <sup>(2)</sup>	Wasser µg/L <sup>(2)</sup>	Schwebstoff oder Sediment mg/kg <sup>(3)</sup>	Wasser µg/L <sup>(2)</sup>
22	149961-52-4	Dimoxystrobin	0,03		2	0,003		0,2
23	133855-98-8	Epoxiconazol	0,2			0,2		
24	38260-54-7	Etrimphos	0,004			0,004		
25	122-14-5	Fenitrothion	0,009			0,009		
26	67564-91-4	Fenpropimorph	0,02		20	0,002		20
27	55-38-9	Fenthion	0,004			0,004		
28	142459-58-3	Flufenacet	0,04		0,2	0,004		0,02
29	96525-23-4	Flurtamone	0,2		1	0,02		0,1
30	51235-04-2	Hexazinon	0,07			0,07		
31	105827-78-9/ 138261-41-3	Imidacloprid	0,002		0,1	0,0002		0,01
32	7440-50-8	Kupfer		160			160	
33	330-55-2	Linuron	0,1			0,1		
34	121-75-5	Malathion	0,02			0,02		
35	94-74-6	MCPA	2			2		
36	7085-19-0	Mecoprop	0,1			0,1		
37	67129-08-2	Metazachlor	0,4			0,4		
38	18691-97-9	Methabenzthiazuron	2			2		
39	51218-45-2	Metolachlor	0,2			0,2		
40	21087-64-9	Metribuzin	0,2			0,2		
41	1746-81-2	Monolinuron	0,2		20	0,02		2
42	111991-09-4	Nicosulfuron	0,009		0,09	0,0009		0,009
43	98-95-3	Nitrobenzol	0,1			0,1		
44	1113-02-6	Omethoat	0,004		2	0,0004		0,2
45	56-38-2	Parathion-ethyl	0,005			0,005		
46	298-00-0	Parathion-methyl	0,02			0,02		

UMWELTQUALITÄTSNORMEN FÜR DEN ÖKOLOGISCHEN ZUSTAND								
Nr	CAS-Nr. (1)	Stoffname	JD-UQN oberirdische Gewässer ohne Übergangsgewässer		ZHK-UQN oberirdische Gewässer ohne Übergangsgewässer	JD-UQN Übergangsgewässer und Küstengewässer nach § 7 Absatz 5 Satz 2 des Wasserhaushaltsgesetzes		ZHK-UQN Übergangsgewässer und Küstengewässer nach § 7 Absatz 5 Satz 2 des Wasserhaushaltsgesetzes
			Wasser µg/L <sup>(2)</sup>	Schwebstoff oder Sediment mg/kg <sup>(3)</sup>	Wasser µg/L <sup>(2)</sup>	Wasser µg/L <sup>(2)</sup>	Schwebstoff oder Sediment mg/kg <sup>(3)</sup>	Wasser µg/L <sup>(2)</sup>
47	7012-37-5	PCB-28	0,0005 <sup>(5)</sup>	0,02		0,0005 <sup>(5)</sup>	0,02	
48	35693-99-3	PCB-52	0,0005 <sup>(5)</sup>	0,02		0,0005 <sup>(5)</sup>	0,02	
49	37680-73-2	PCB-101	0,0005 <sup>(5)</sup>	0,02		0,0005 <sup>(5)</sup>	0,02	
50	35065-28-2	PCB-138	0,0005 <sup>(5)</sup>	0,02		0,0005 <sup>(5)</sup>	0,02	
51	35065-27-1	PCB-153	0,0005 <sup>(5)</sup>	0,02		0,0005 <sup>(5)</sup>	0,02	
52	35065-29-3	PCB-180	0,0005 <sup>(5)</sup>	0,02		0,0005 <sup>(5)</sup>	0,02	
53	85-01-8	Phenanthren	0,5			0,5		
54	14816-18-3	Phoxim	0,008			0,008		
55	137641-05-5	Picolinafen	0,007			0,007		
56	23103-98-2	Pirimicarb	0,09			0,09		
57	7287-19-6	Prometryn	0,5			0,5		
58	60207-90-1	Propiconazol	1			1		
59	1698-60-8	Pyrazon (Chloridazon)	0,1			0,1		
60	7782-49-2	Selen <sup>(4)</sup>	3			3		
61	7440-22-4	Silber <sup>(4)</sup>	0,02			0,02		
62	99105-77-8	Sulcotrion	0,1		5	0,01		1
63	5915-41-3	Terbutylazin	0,5			0,5		
64	7440-28-0	Thallium <sup>4</sup>	0,2			0,2		
65	3380-34-5	Triclosan	0,02		0,2	0,002		0,02
66	668-34-8	Triphenylzinn-Kation	0,0005 <sup>(5)</sup>	0,02		0,0005 <sup>(5)</sup>	0,02	
67	7440-66-6	Zink		800			800	

(1) CAS = Chemical Abstracts Service, internationale Registriernummer für chemische Stoffe

(2) Umweltqualitätsnormen für Wasser sind, wenn nicht ausdrücklich anders bestimmt, als Gesamtkonzentrationen in der gesamten Wasserprobe ausgedrückt.

- (<sup>3</sup>) Werden Schwebstoffe mittels Durchlaufzentrifuge entnommen, beziehen sich die Umweltqualitätsnormen auf die Gesamtprobe.  
Werden Sedimente und Schwebstoffe mittels Absetzbecken oder Sammelkästen entnommen, beziehen sich die Umweltqualitätsnormen
1. bei Metallen auf die Fraktion kleiner als 63 µm
  2. bei organischen Stoffen auf die Fraktion kleiner als 2 mm. Die Befunde von Sedimentproben können hinsichtlich der organischen Stoffe nur dann zur Bewertung herangezogen werden, wenn die Sedimentproben einen Feinkornanteil kleiner als 63 µm von größer als 50 % aufweisen.
- Im Übrigen beziehen sich Umweltqualitätsnormen für Schwebstoffe und Sedimente auf die Trockensubstanz.
- (<sup>4</sup>) Die Umweltqualitätsnorm bezieht sich auf die gelöste Konzentration, d. h. die gelöste Phase einer Wasserprobe, die durch Filtration durch einen 0,45 µm-Filter oder eine gleichwertige Vorbehandlung gewonnen wird.
- (<sup>5</sup>) Nur soweit die Erhebung von Schwebstoff- oder Sedimentdaten nicht möglich ist.



Tabelle 5-11: Umweltqualitätsnormen, um den chemischen Zustand beurteilen zu können (Bundesrepublik Deutschland, 2016, mod.)

UMWELTQUALITÄTSNORMEN FÜR DEN CHEMISCHEN ZUSTAND							
Nr.	Stoffname	CAS-Nummer	JD-UQN <sup>(1)</sup> (µg/L)	JD-UQN <sup>(1)</sup> (µg/L)	ZHK-UQN <sup>(1)</sup> (µg/L)	ZHK-UQN <sup>(1)</sup> (µg/L)	Biota-UQN <sup>(2)</sup> (µg/kg Nassgewicht)
			Oberirdische Gewässer ohne Übergangsgewässer	Übergangsgewässer und Küstengewässer nach § 3 Nummer 2 des Wasserhaushaltsgesetzes	Oberirdische Gewässer ohne Übergangsgewässer	Übergangsgewässer und Küstengewässer nach § 3 Nummer 2 des Wasserhaushaltsgesetzes	Oberflächengewässer
1	Alachlor	15972-60-8	0,3	0,3	0,7	0,7	
2	Anthracen	120-12-7	0,1	0,1	0,1	0,1	
3	Atrazin	1912-24-9	0,6	0,6	2,0	2,0	
4	Benzol	71-43-2	10	8	50	50	
5	Bromierte Diphenylether <sup>(3)</sup>				0,14	0,014	0,0085
6	Cadmium und Cadmiumverbindungen (je nach Wasserhärteklasse) <sup>(4)</sup>	7440-43-9	≤ 0,08 (Klasse 1) 0,08 (Klasse 2) 0,09 (Klasse 3) 0,15 (Klasse 4) 0,25 (Klasse 5)	0,2	≤ 0,45 (Klasse 1) 0,45 (Klasse 2) 0,6 (Klasse 3) 0,9 (Klasse 4) 1,5 (Klasse 5)	≤ 0,45 (Klasse 1) 0,45 (Klasse 2) 0,6 (Klasse 3) 0,9 (Klasse 4) 1,5 (Klasse 5)	
6a	Tetrachlorkohlenstoff	56-23-5	12	12	nicht anwendbar	nicht anwendbar	
7	C <sub>10-13</sub> -Chlorkalkane	85535-84-8	0,4	0,4	1,4	1,4	
8	Chlorfenvinphos	470-90-6	0,1	0,1	0,3	0,3	

Anhang E – Umweltqualitätsnormen OGeWV

UMWELTQUALITÄTSNORMEN FÜR DEN CHEMISCHEN ZUSTAND							
Nr.	Stoffname	CAS-Num- mer	JD-UQN ( <sup>1</sup> ) (µg/L)	JD-UQN ( <sup>1</sup> ) (µg/L)	ZHK- UQN ( <sup>1</sup> ) (µg/L)	ZHK- UQN ( <sup>1</sup> ) (µg/L)	Biota- UQN ( <sup>2</sup> ) (µg/kg Nass- ge- wicht)
			Oberirdische Gewässer ohne Übergangsgewässer	Übergangsgewässer und Küstengewässer nach § 3 Nummer 2 des Wasserhaushaltsgesetzes	Oberirdische Gewässer ohne Übergangsgewässer	Übergangsgewässer und Küstengewässer nach § 3 Nummer 2 des Wasserhaushaltsgesetzes	Oberflächengewässer
9	Chlorpyrifos (Chlorpyrifos- Ethyl)	2921-88-2	0,03	0,03	0,1	0,1	
9a	Cyclodien Pestizide ( <sup>3</sup> ): Aldrin Dieldrin Endrin Isodrin	309-00-2 60-57-1 72-20-8 465-73-6	∑ = 0,01	∑ = 0,005	nicht an- wendbar	nicht an- wendbar	
9b	DDT insge- samt ( <sup>3</sup> )	nicht an- wendbar	0,025	0,025	nicht an- wendbar	nicht an- wendbar	
	Para-para- DDT ( <sup>3</sup> )	50-29-3	0,01	0,01	nicht an- wendbar	nicht an- wendbar	
10	1,2-Dichlo- rethan	107-06-2	10	10	nicht an- wendbar	nicht an- wendbar	
11	Dichlorme- than	75-09-2	20	20	nicht an- wendbar	nicht an- wendbar	
12	Bis(2ethyl- hexyl)phtha- lat (DEHP) ( <sup>3</sup> )	117-81-7	1,3	1,3	nicht an- wendbar	nicht an- wendbar	
13	Diuron	330-54-1	0,2	0,2	1,8	1,8	
14	Endosulfan	115-29-7	0,005	0,0005	0,01	0,004	
15	Fluoranthen	206-44-0	0,0063	0,0063	0,12	0,12	30
16	Hexachlor- benzol ( <sup>3</sup> )	118-74-1			0,05	0,05	10

UMWELTQUALITÄTSNORMEN FÜR DEN CHEMISCHEN ZUSTAND							
Nr.	Stoffname	CAS-Num- mer	JD-UQN ( <sup>1</sup> ) (µg/L)	JD-UQN ( <sup>1</sup> ) (µg/L)	ZHK- UQN ( <sup>1</sup> ) (µg/L)	ZHK- UQN ( <sup>1</sup> ) (µg/L)	Biota- UQN ( <sup>2</sup> ) (µg/kg Nass- ge- wicht)
			Oberirdische Gewässer ohne Übergangsgewässer	Übergangsgewässer und Küstengewässer nach § 3 Nummer 2 des Wasserhaushaltsgesetzes	Oberirdische Gewässer ohne Übergangsgewässer	Übergangsgewässer und Küstengewässer nach § 3 Nummer 2 des Wasserhaushaltsgesetzes	Oberflächengewässer
17	Hexachlorbutadien	87-68-3			0,6	0,6	55
18	Hexachlorcyclohexan	608-73-1	0,02	0,002	0,04	0,02	
19	Isoproturon	34123-59-6	0,3	0,3	1,0	1,0	
20	Blei und Bleiverbindungen	7439-92-1	1,2 <sup>(5)</sup>	1,3 <sup>(5)</sup>	14	14	
21	Quecksilber und Quecksilberverbindungen	7439-97-6			0,07	0,07	20
22	Naphthalin	91-20-3	2	2	130	130	
23	Nickel und Nickelverbindungen	7440-02-0	4 <sup>(5)</sup>	8,6 <sup>(5)</sup>	34	34	
24	Nonylphenole (4-Nonylphenol)	84852-15-3	0,3	0,3	2,0	2,0	
25	Octylphenole ((4-(1,1',3,3'-Tetramethylbutyl)-phenol))	140-66-9	0,1	0,01	nicht anwendbar	nicht anwendbar	
26	Pentachlorbenzol	608-93-5	0,007	0,0007	nicht anwendbar	nicht anwendbar	

Anhang E – Umweltqualitätsnormen OGeWV

UMWELTQUALITÄTSNORMEN FÜR DEN CHEMISCHEN ZUSTAND							
Nr.	Stoffname	CAS-Nummer	JD-UQN <sup>(1)</sup> (µg/L)	JD-UQN <sup>(1)</sup> (µg/L)	ZHK-UQN <sup>(1)</sup> (µg/L)	ZHK-UQN <sup>(1)</sup> (µg/L)	Biota-UQN <sup>(2)</sup> (µg/kg Nassgewicht)
			Oberirdische Gewässer ohne Übergangsgewässer	Übergangsgewässer und Küstengewässer nach § 3 Nummer 2 des Wasserhaushaltsgesetzes	Oberirdische Gewässer ohne Übergangsgewässer	Übergangsgewässer und Küstengewässer nach § 3 Nummer 2 des Wasserhaushaltsgesetzes	Oberflächengewässer
27	Pentachlorphenol	87-86-5	0,4	0,4	1	1	
28	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) <sup>(6)</sup>	nicht anwendbar	nicht anwendbar	nicht anwendbar	nicht anwendbar	nicht anwendbar	
	Benzo(a)pyren <sup>(3)</sup>	50-32-8	1,7x10 <sup>-4</sup>	1,7x10 <sup>-4</sup>	0,27	0,027	5
	Benzo(b)fluoranthen <sup>(3)</sup>	205-99-2	<sup>(6)</sup>	<sup>(6)</sup>	0,017	0,017	<sup>(6)</sup>
	Benzo(k)fluoranthen <sup>(3)</sup>	207-08-9	<sup>(6)</sup>	<sup>(6)</sup>	0,017	0,017	<sup>(6)</sup>
	Benzo(g,h,i)perylen <sup>(3)</sup>	191-24-2	<sup>(6)</sup>	<sup>(6)</sup>	0,0082	0,00082	<sup>(6)</sup>
	Indeno(1,2,3-cd)-pyren <sup>(3)</sup>	193-39-5	<sup>(6)</sup>	<sup>(6)</sup>	nicht anwendbar	nicht anwendbar	<sup>(6)</sup>
29	Simazin	122-34-9	1	1	4	4	
29 a	Tetrachlorethylen	127-18-4	10	10	nicht anwendbar	nicht anwendbar	
29 b	Trichlorethylen	79-01-6	10	10	nicht anwendbar	nicht anwendbar	
30	Tributylzinnverbindungen (Tributylzinnkation) <sup>(3)</sup>	36643-28-4	0,0002	0,0002	0,0015	0,0015	

UMWELTQUALITÄTSNORMEN FÜR DEN CHEMISCHEN ZUSTAND							
Nr.	Stoffname	CAS-Num- mer	JD-UQN ( <sup>1</sup> ) (µg/L)	JD-UQN ( <sup>1</sup> ) (µg/L)	ZHK- UQN ( <sup>1</sup> ) (µg/L)	ZHK- UQN ( <sup>1</sup> ) (µg/L)	Biota- UQN ( <sup>2</sup> ) (µg/kg Nass- ge- wicht)
			Oberirdische Gewässer ohne Übergangsgewässer	Übergangsgewässer und Küstengewässer nach § 3 Nummer 2 des Wasserhaushaltsgesetzes	Oberirdische Gewässer ohne Übergangsgewässer	Übergangsgewässer und Küstengewässer nach § 3 Nummer 2 des Wasserhaushaltsgesetzes	Oberflächengewässer
31	Trichlorben- zole	12002-48-1	0,4	0,4	nicht an- wendbar	nicht an- wendbar	
32	Trichlorme- than	67-66-3	2,5	2,5	nicht an- wendbar	nicht an- wendbar	
33	Trifluralin	1582-09-8	0,03	0,03	nicht an- wendbar	nicht an- wendbar	
34	Dicofol	115-32-2	0,0013	0,000032	nicht an- wendbar	nicht an- wendbar	33
35	Perfluorok- tansulfon- säure und ihre Derivate (PFOS)	1763-23-1	0,00065	0,00013	36	7,2	9,1
36	Quinoxyfen	124495-18- 7	0,15	0,015	2,7	0,54	
37	Dioxine und dioxinähnli- che Verbin- dungen				nicht an- wendbar	nicht an- wendbar	Summe PCDD + PCDF + PCB-DL 0,0065 µg.kg <sup>-1</sup> TEQ ( <sup>7</sup> )
38	Aclonifen	74070-46-5	0,12	0,012	0,12	0,012	
39	Bifenox	42576-02-3	0,012	0,0012	0,04	0,004	
40	Cybutryn	28159-98-0	0,0025	0,0025	0,016	0,016	
41	Cypermethrin	52315-07-8	0,00008	0,000008	0,0006	0,00006	

UMWELTQUALITÄTSNORMEN FÜR DEN CHEMISCHEN ZUSTAND							
Nr.	Stoffname	CAS-Nummer	JD-UQN <sup>(1)</sup> (µg/L)	JD-UQN <sup>(1)</sup> (µg/L)	ZHK-UQN <sup>(1)</sup> (µg/L)	ZHK-UQN <sup>(1)</sup> (µg/L)	Biota-UQN <sup>(2)</sup> (µg/kg Nassgewicht)
			Oberirdische Gewässer ohne Übergangsgewässer	Übergangsgewässer und Küstengewässer nach § 3 Nummer 2 des Wasserhaushaltsgesetzes	Oberirdische Gewässer ohne Übergangsgewässer	Übergangsgewässer und Küstengewässer nach § 3 Nummer 2 des Wasserhaushaltsgesetzes	Oberflächengewässer
42	Dichlorvos	62-73-7	0,0006	0,00006	0,0007	0,00007	
43	Hexabromcyclo-dodecan (HBCDD)		0,0016	0,0008	0,5	0,05	167
44	Heptachlor und Heptachlorepoxyd	76-44-8/ 1024-57-3	0,0000002	0,00000001	0,0003	0,00003	0,0067
45	Terbutryn	886-50-0	0,065	0,0065	0,34	0,034	
46	Nitrat		50 x 10 <sup>3</sup>				

(<sup>1</sup>) Mit Ausnahme von Cadmium, Blei, Quecksilber und Nickel (Metalle) sind die Umweltqualitätsnormen als Gesamtkonzentrationen in der gesamten Wasserprobe ausgedrückt. Bei Metallen bezieht sich die Umweltqualitätsnorm auf die gelöste Konzentration, d. h. die gelöste Phase einer Wasserprobe, die durch Filtration durch ein 0,45-µm-Filter oder eine gleichwertige Vorbehandlung gewonnen wird.

(<sup>2</sup>) Sofern nicht anders vermerkt, bezieht sich die Biota-UQN auf Fische. Für Stoffe mit den Nummern 15 (Fluoranthen) und 28 (PAK) bezieht sich die Biota-UQN auf Krebstiere und Weichtiere. Für den Stoff mit der Nummer 37 (Dioxine und dioxinähnliche Verbindungen) bezieht sich die Biota-UQN auf Fische, Krebstiere und Weichtiere. Sind für einen Stoff Biota-UQN und JD-UQN für die Gesamtwasserphase vorgesehen, darf die JD-UQN der Einstufung nur zugrunde gelegt werden, wenn die Erhebung von Biotadaten nicht möglich ist.

(<sup>3</sup>) Der Gesamtgehalt kann auch aus Messungen des am Schwebstoff adsorbierten Anteils ermittelt werden. Der Gesamtgehalt bezieht sich in diesem Fall

1. bei Entnahme mittels Durchlaufzentrifuge auf die Gesamtprobe;
2. bei Entnahme mittels Absetzbecken oder Sammelkästen auf die Fraktion kleiner 2 mm. Hierbei ist über den Sammelzeitraum ein repräsentativer Schwebstoffgehalt zu ermitteln.

- (4) Bei Cadmium und Cadmiumverbindungen hängt die Umweltqualitätsnorm von der Wasserhärte ab, die in fünf Klassenkategorien abgebildet wird (Klasse 1: < 40 mg CaCO<sub>3</sub>/l, Klasse 2: 40 bis < 50 mg CaCO<sub>3</sub>/l, Klasse 3: 50 bis < 100 mg CaCO<sub>3</sub>/l, Klasse 4: 100 bis < 200 mg CaCO<sub>3</sub>/l und Klasse 5: ≥ 200 mg CaCO<sub>3</sub>/l). Zur Beurteilung der Jahresdurchschnittskonzentration an Cadmium und Cadmiumverbindungen wird die Umweltqualitätsnorm der Härteklasse verwendet, die sich aus dem fünfzigsten Perzentil der parallel zu den Cadmiumkonzentrationen ermittelten CaCO<sub>3</sub>-Konzentrationen ergibt.
- (5) Diese UQN bezieht sich auf bioverfügbare Konzentrationen.
- (6) Bei der Gruppe der polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (Nummer 28) beziehen sich die Biota-UQN und die entsprechende JD-UQN in Wasser auf die Konzentration von Benzo[a]pyren, auf dessen Toxizität diese beruhen. Benzo[a]pyren kann als Marker für die anderen PAK betrachtet werden; daher ist nur Benzo[a]pyren zum Vergleich der Biota-UQN und der entsprechenden JD-UQN in Wasser zu überwachen.
- (7) PCDD: polychlorierte Dibenzoparadioxine; PCDF: polychlorierte Dibenzofurane; PCB-DL: dioxin-ähnliche polychlorierte Biphenyle; TEQ: Toxizitätsäquivalente nach den Toxizitätsäquivalenzfaktoren der Weltgesundheitsorganisation von 2005; (van den Berg, M. (2006) et. al.: the 2005 World Health Reevaluation of Human and Mammalian Toxic Equivalency Factors for Dioxins and Dioxin-like Compounds veröffentlicht in toxicological sciences 93(2), 223-241 (2006).

## Anhang F – Gewässeranforderungen GSchV

Tabelle 5-12: Stoffliste und ihre Grenzwerte zur Einhaltung der Gewässeranforderungen laut Gewässerschutzverordnung (GSchV) (Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK), 2018, mod.)

Nr.	Parameter	Anforderungen
1	Stickstoffverbindungen Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ - N)	Für Gewässer, die der Trinkwassernutzung dienen: 5,6 mg/L N (entspricht 25 mg/L Nitrat)
2	<b>Schwermetalle</b>	
	Blei (Pb)	0,01 mg/L Pb (gesamt) <sup>1</sup> 0,001 mg/L Pb (gelöst)
	Cadmium (Cd)	0,2 µg/L Cd (gesamt) <sup>1</sup> 0,05 µg/L Cd (gelöst)
	Chrom (Cr)	0,005 mg/L Cr (gesamt) <sup>1</sup> 0,002 mg/L Cr (III und VI)
	Kupfer (Cu)	0,005 mg/L Cu (gesamt) <sup>1</sup> 0,002 mg/L Cu (gelöst)
	Nickel (Ni)	0,01 mg/L Ni (gesamt) <sup>1</sup> 0,005 mg/L Ni (gelöst)
	Quecksilber (Hg)	0,03 µg/L Hg (gesamt) <sup>1</sup> 0,01 µg/L Hg (gelöst)
	Zink (Zn)	0,02 mg/L Zn (gesamt) <sup>1</sup> 0,005 mg/L Zn (gelöst)
3	<b>Organische Pestizide (Biozidprodukte und Pflanzenschutzmittel)</b>	
	je Einzelstoff, soweit nachstehend nicht abweichend geregelt	0,1 µg/L
	2,4-D (CAS-Nr. 94-75-7)	4 µg/L 0,6 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	Azoxystrobin (CAS-Nr. 131860-33-8)	0,55 µg/L 0,2 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	Bentazon (CAS-Nr. 25057-89-0)	470 µg/L 270 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	Boscalid (CAS-Nr. 188425-85-6)	11,6 µg/L 11,6 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	Carbendazim (CAS-Nr. 10605-21-7)	0,7 µg/L 0,44 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	Chloridazon (CAS-Nr. 1698-60-8)	190 µg/L 10 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	Chlortoluron (CAS-Nr. 15545-48-9)	2,4 µg/L 0,6 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	Chlorpyrifos (CAS-Nr. 2921-88-2)	0,0044 µg/L 0,00046 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	Cypermethrin (CAS-Nr. 52315-07-8)	0,00044 µg/L 0,00003 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>



## Anhang F – Gewässeranforderungen GSchV

Nr.	Parameter	Anforderungen
	Cyproconazol (CAS-Nr. 94361-06-5)	1,25 µg/L 1,25 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	Cyprodinil (CAS-Nr. 121552-61-2)	3,3 µg/L 0,33 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	Diazinon (CAS-Nr. 333-41-5)	0,02 µg/L 0,012 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	Diuron (CAS-Nr. 330-54-1)	0,25 µg/L 0,07 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	Epoxiconazol (CAS-Nr. 133855-98-8)	0,24 µg/L 0,2 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	Ethofumesat (CAS-Nr. 26225-79-6)	260 µg/L 3,1 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	Glyphosat (CAS-Nr. 1071-83-6)	360 µg/L 120 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	Imidacloprid (CAS-Nr. 138261-41-3)	0,1 µg/L 0,013 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	Iprovalicarb (CAS-Nr. 140923-17-7)	190 µg/L 190 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	Isoproturon (CAS-Nr. 34123-59-6)	1,7 µg/L 0,64 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	Linuron (CAS-Nr. 330-55-2)	1,37 µg/L 0,26 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	MCPA (CAS-Nr. 94-74-6)	6,4 µg/L 0,66 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	MCPP / Mecoprop-p (CAS-Nr. 16484-77-8)	187 µg/L 3,6 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	Metalaxyl-M (CAS-Nr. 70630-17-0)	97 µg/L 20 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	Metamitron (CAS-Nr. 41394-05-2)	39 µg/L 4 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	Metazachlor (CAS-Nr. 67129-08-2)	0,28 µg/L 0,02 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	Metribuzin (CAS-Nr. 21087-64-9)	0,87 µg/L 0,058 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	Napropamid (CAS-Nr. 15299-99-7)	6,8 µg/L 5,1 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	Nicosulfuron (CAS-Nr. 111991-09-4)	0,23 µg/L 0,0087 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	Pirimicarb (CAS-Nr. 23103-98-2)	1,8 µg/L 0,09 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	Propamocarb (CAS-Nr. 24579-73-5)	1030 µg/L 1030 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	Pyrimethanil (CAS-Nr. 53112-28-0)	32 µg/L 1,5 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	S-Metolachlor (CAS-Nr. 87392-12-9)	3,3 µg/L 0,69 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>

## Anhang F – Gewässeranforderungen GSchV

Nr.	Parameter	Anforderungen
	Tebuconazol (CAS-Nr. 107534-96-3)	1,4 µg/L 0,24 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	Terbutylazin (CAS-Nr. 5915-41-3)	1,28 µg/L 0,22 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	Terbutryn (CAS-Nr. 886-50-0)	0,34 µg/L 0,065 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	Thiaclopid (CAS-Nr. 111988-49-9)	0,08 µg/L 0,01 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	Thiamethoxam (CAS-Nr. 153719-23-4)	1,4 µg/L 0,042 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	Triclosan (CAS-Nr. 3380-34-5)	0,1 µg/L 0,1 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
<b>4</b>	<b>Human- und Veterinärpharmaka</b>	
	Atenolol (CAS-Nr. 29122-68-7)	330 µg/L 150 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	Azithromycin (CAS-Nr. 83905-01-5)	0,18 µg/L 0,019 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	Bezafibrat (CAS-Nr. 41859-67-0)	4000 µg/L 2,3 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	Carbamazepin (CAS-Nr. 298-46-4)	2000 µg/L 2 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	Clarithromycin (CAS-Nr. 81103-11-9)	0,19 µg/L 0,12 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	Diclofenac (CAS-Nr. 15307-86-5)	- 0,05 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	Mefenaminsäure (CAS-Nr. 61-68-7)	- 1 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	Metformin (CAS-Nr. 657-24-9)	640 µg/L 156 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	Metoprolol (CAS-Nr. 51384-51-1)	75 µg/L 8,6 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	Naproxen (CAS-Nr. 22204-53-1)	860 µg/L 1,7 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	Sulfamethazin (CAS-Nr. 57-68-1)	30 µg/L 30 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	Sulfamethoxazol (CAS-Nr. 723-46-6)	2,7 µg/L 0,6 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	Trimethoprim (CAS-Nr. 738-70-5)	214 µg/L 120 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
<b>5</b>	<b>Übrige Stoffe</b>	
	Benzotriazol (CAS-Nr. 95-14-7)	158 µg/L 19 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	Bisphenol A (CAS-Nr. 80-05-7)	53 µg/L 0,24 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
	Methylbenzotriazol / Tolyltriazol (CAS-Nr. 29385-43-1) <sup>3</sup>	425 µg/L 20 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>

## Anhang F – Gewässeranforderungen GSchV

Nr.	Parameter	Anforderungen
	Nonylphenol (CAS-Nr. 25154-52-3) <sup>4</sup>	3,8 µg/L 0,043 µg/L (chronisch) <sup>2</sup>
<p><sup>1</sup> Maßgebend ist der Wert für die gelöste Konzentration. Wird der Wert für die gesamte Konzentration eingehalten, so ist davon auszugehen, dass auch der Wert für die gelöste Konzentration eingehalten ist.</p> <p><sup>2</sup> Diese Konzentration darf gemittelt über einen Zeitraum von 2 Wochen nicht überschritten werden.</p> <p><sup>3</sup> Einschließlich der Isomere 4-Methylbenzotriazol (CAS-Nr. 29878-31-7) und 5-Methylbenzotriazol (CAS-Nr. 136-85-6).</p> <p><sup>4</sup> Einschließlich der Isomere von 4-Nonylphenol verzweigt (CAS-Nr. 84852-15-3) und 4-Nonylphenol linear (CAS-Nr. 104-40-5).</p>		

## Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge

Tabelle 5-13: Liste aller untersuchten Stoffeinträge in Oberflächengewässern aus der Literaturrecherche

Untersuchte Stoffgruppen und ihre Stoffe	(Clara et al., 2014)	(Clara et al., 2019)	(Matzinger et al., 2015)	(Nickel & Fuchs, 2019)	(Launay, 2017)	(Regnery & Püttmann, 2010)	(Bohren et al., 2019)	(Staufner & Ort, 2012)	(Brombach & Fuchs, 2002)	(Birch et al., 2011)	(Bester et al., 2014a)	(Bester et al., 2014b)	(Barraud et al., 2014)	(Moilleron et al., 2012)	(Gasperi et al., 2012)	(Phillips & Chalmers, 2009)	(Clary et al., 2018)	(Ryu et al., 2014)
<b>Metalle</b>																		
Aluminium (Al)									x									
Antimon (Sb)				x														x
Arsen (As)													x					x
Barium (Ba)													x					x
Beryllium (Be)																		x
Bismut (Bi)				x														
Blei (Pb)	x	x	x	x				x	x	x			x	x	x			x
Bor (B)									x									
Cadmium (Cd)	x	x	x	x				x	x	x			x	x	x			x
Calcium (Ca)									x									
Chrom (Cr)	x	x	x	x					x	x			x	x	x			x
Cobalt (Co)									x				x					
Eisen (Fe)				x					x									x
Kalium (K)									x									
Kupfer (Cu)	x	x	x	x				x	x	x			x	x	x			x
Magnesium (Mg)									x									
Mangan (Mn)									x									
Molybdän (Mo)				x									x					
Natrium (Na)									x									
Nickel (Ni)	x	x	x	x					x	x			x	x	x			x
Platin (Pt)													x	x	x			
Quecksilber (Hg)	x	x		x				x	x					x	x			x
Selen (Se)																		x
Silber (Ag)																		x
Strontium (Sr)													x					
Thallium (Tl)																		x
Titan (Ti)			x										x					

## Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge

Untersuchte Stoffgruppen und ihre Stoffe	(Clara et al., 2014)	(Clara et al., 2019)	(Matzinger et al., 2015)	(Nickel & Fuchs, 2019)	(Launay, 2017)	(Regnery & Püttmann, 2010)	(Bohren et al., 2019)	(Stauer & Ort, 2012)	(Brombach & Fuchs, 2002)	(Birch et al., 2011)	(Bester et al., 2014a)	(Bester et al., 2014b)	(Barraud et al., 2014)	(Moilleron et al., 2012)	(Gasperi et al., 2012)	(Phillips & Chalmers, 2009)	(Clary et al., 2018)	(Ryu et al., 2014)
Vanadium (V)			x										x					
Zink (Zn)	x	x	x	x				x	x	x			x	x	x		x	
Zinn (Sn)				x														
<b>Industriechemikalien</b>																		
1,1,1-Trichlorethan																	x	
1,1,2,2-Tetrachlorethan																	x	
1,1,2-Trichlorethan																	x	
1,1-Dichlorethylen																	x	
1,2-Dichlorpropan																	x	
1,3-Benzothiazole-2-Sulfonate							x											
1H-benzotriazole, Benzotriazol (BTR)		x	x	x	x		x	x										x
2-Hydroxybenzothiazol (OH-BT)			x															
2-Methylthiobenzothiazol (MTBT)			x		x													
2-Phenylphenol			x															
4-Cumylphenol																	x	
4-Methylbenzotriazole (4-MBT)			x	x	x													
4-n-Octylphenol														x	x	x		
4-Nonylphenol, p-Nonylphenol (4-NP)					x									x	x	x		
4-tert-Butylphenol (4-TBP)			x											x	x			
4-tert-Octylphenol (4-TOP)			x		x								x	x	x	x		
5-Methylbenzotriazole (5-MBT)			x	x	x											x		
Acrolein																	x	
Acrylnitril																	x	
Benzol										x				x	x		x	
Benzophenon																x		x

## Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge

Untersuchte Stoffgruppen und ihre Stoffe	(Clara et al., 2014)	(Clara et al., 2019)	(Matzinger et al., 2015)	(Nickel & Fuchs, 2019)	(Launay, 2017)	(Regnery & Püttmann, 2010)	(Bohren et al., 2019)	(Stauer & Ort, 2012)	(Brombach & Fuchs, 2002)	(Birch et al., 2011)	(Bester et al., 2014a)	(Bester et al., 2014b)	(Barraud et al., 2014)	(Moilleron et al., 2012)	(Gasperi et al., 2012)	(Phillips & Chalmers, 2009)	(Clary et al., 2018)	(Ryu et al., 2014)
Benzothiazol (BT)			x		x													
Bisphenol F (BPF)			x															
Bisphenol A (BPA)	x	x	x		x			x					x				x	
Chlorbenzol																		x
Chlorethan																		x
Chloroform, Trichlormethan (TCM)										x				x	x			x
Chloromethylphenol															x			
Chlorparaffine, C <sub>10-13</sub> -Chloralkane (CP)										x								
Dichlorbenzol																	x	
Dichlorethan														x	x			x
Dichlormethan, Methylchlorid														x	x			x
Ethylbenzol														x	x			x
Hexachlorbenzol														x	x			
Hexachlorobutadiene														x	x			
Isophorone																		x
Isopropylbenzol														x	x			x
Methylbenzotriazol, Tolyltriazole (MBT)		x																
Methylchlorid																		x
Methyl-tert-butylether (MTBE)			x															
Nitrilotriessigsäure (NTA)								x										
Nonylphenoldicarboxylat (NP2EC)	x																	
Nonylphenoldietoxylat (NP2EO)	x									x			x					x
Nonylphenole (NP)	x	x	x					x		x			x	x	x			
Nonylphenoethoxylat (NPEO)										x								
Nonylphenolmonocarboxylat (NP1EC)	x												x					

Untersuchte Stoffgruppen und ihre Stoffe	(Clara et al., 2014)	(Clara et al., 2019)	(Matzinger et al., 2015)	(Nickel & Fuchs, 2019)	(Launay, 2017)	(Regnery & Püttmann, 2010)	(Bohren et al., 2019)	(Stauer & Ort, 2012)	(Brombach & Fuchs, 2002)	(Birch et al., 2011)	(Bester et al., 2014a)	(Bester et al., 2014b)	(Barraud et al., 2014)	(Moilleron et al., 2012)	(Gasperi et al., 2012)	(Phillips & Chalmers, 2009)	(Clary et al., 2018)	(Ryu et al., 2014)
Nonylphenolmonoethoxylat (NP1EO)	x												x					
Octylphenol (OP)	x																	
Octylphenol diethoxyilat (OP2EO)													x			x		
Octylphenol monoethoxylat (OP1EO)													x			x		
Octylphenol polyethoxylates (OPEs)										x								
Pentachlorophenol														x	x	x		
Perchloroethylene, Tetrachlorethylen (PCE)										x				x	x	x	x	
Phenol																x		
Tetrachlormethan, carbon tetrachloride														x	x		x	
Toluol														x	x		x	
Trichlorbenzol														x	x			
Trichlorethylen (TCE)										x				x	x		x	
Trichlorfluormethan																	x	
Vinylchlorid																	x	
Xylole														x	x			
<b>Phthalate</b>																		
Bis(2-methoxyethyl)phthalat	x																	
Butylbenzylphthalat (BBP)	x		x															
Dibutylphthalat (DBP)	x		x															
Dicyklohexylphthalat (DCHP)	x																	
Diethylhexylphthalat (DEHP)	x	x	x	x	x					x				x	x			
Diethylphthalat (DEP)	x		x															
Diisobutylphthalat (DiBP)	x																	
Diisodecylphthalat (DiDP)	x		x															

## Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge

Untersuchte Stoffgruppen und ihre Stoffe	(Clara et al., 2014)	(Clara et al., 2019)	(Matzinger et al., 2015)	(Nickel & Fuchs, 2019)	(Launay, 2017)	(Regnery & Püttmann, 2010)	(Bohren et al., 2019)	(Staufer & Ort, 2012)	(Brombach & Fuchs, 2002)	(Birch et al., 2011)	(Bester et al., 2014a)	(Bester et al., 2014b)	(Barraud et al., 2014)	(Moilleron et al., 2012)	(Gasperi et al., 2012)	(Phillips & Chalmers, 2009)	(Clary et al., 2018)	(Ryu et al., 2014)
Diisoheptylphthalat	x																	
Diisononylphthalat (DINP)	x		x															
Diisopentylphthalat	x																	
Dimethylphthalat (DMP)	x		x															
Di-n-pentylphthalat	x																	
Diethylphthalat (DOP)	x		x															
Dipropylphthalat	x																	
n-Pentyl-isopentylphthalat	x																	
<b>Polybromierte Diphenylether (PBDE)</b>								x		x								
BDE 100	x	x	x										x					
BDE 118	x																	
BDE 126	x																	
BDE 139	x																	
BDE 153	x	x	x										x					
BDE 154	x	x	x										x					
BDE 181	x																	
BDE 183	x												x					
BDE 196	x																	
BDE 197	x																	
BDE 203	x																	
BDE 205													x					
BDE 207	x																	
BDE 209	x												x					
BDE 28	x	x	x										x					
BDE 47	x	x	x										x					
BDE 49	x																	
BDE 66	x																	
BDE 77	x																	
BDE 85	x																	



Untersuchte Stoffgruppen und ihre Stoffe	(Clara et al., 2014)	(Clara et al., 2019)	(Matzinger et al., 2015)	(Nickel & Fuchs, 2019)	(L aunay, 2017)	(Regnery & Püttmann, 2010)	(Bohren et al., 2019)	(Stauer & Ort, 2012)	(Brombach & Fuchs, 2002)	(Birch et al., 2011)	(Bester et al., 2014a)	(Bester et al., 2014b)	(Barraud et al., 2014)	(Moilleron et al., 2012)	(Gasperi et al., 2012)	(Phillips & Chalmers, 2009)	(Clary et al., 2018)	(Ryu et al., 2014)
BDE 99	x	x	x										x					
Decabromdiphenylether			x											x	x			
Heptabromdiphenylether			x															
Hexabromcyclododecan (HBCDD)			x															
Octabromdiphenylether														x	x			
Pentabromdiphenylether														x	x			
<b>Organozinnverbindungen</b>																		
Dibutylzinnverbindungen (DBT)	x	x	x							x				x	x			
Diphenylzinnverbindungen (DPT)	x	x																
Monobutylzinnverbindung (MBT)		x	x							x				x	x			
Tetrabutylzinnverbindungen (TTBT)	x	x	x															
Tributylzinnverbindungen (TBT)	x	x	x							x				x	x			
Triphenylzinnverbindungen (TPT)	x	x	x															
<b>Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs)</b>								x	x									
1-Methylnaphthalin																		x
2,6-Dimethylnaphthalin																		x
2-Methylnaphthalin																		x
Acenaphthen (ACN)	x	x	x	x	x					x				x	x	x		
Acenaphthylen (ACY)	x	x	x	x	x					x				x	x	x		
Anthracen (ANT)	x	x	x	x	x					x				x	x	x	x	
Benzo[a]anthracen (BaA)	x	x	x	x	x					x				x	x	x	x	
Benzo[a]pyren (BaP)	x	x	x	x	x					x				x	x	x		

## Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge

Untersuchte Stoffgruppen und ihre Stoffe	(Clara et al., 2014)	(Clara et al., 2019)	(Matzinger et al., 2015)	(Nickel & Fuchs, 2019)	(Launay, 2017)	(Regnery & Püttmann, 2010)	(Bohren et al., 2019)	(Stauer & Ort, 2012)	(Brombach & Fuchs, 2002)	(Birch et al., 2011)	(Bester et al., 2014a)	(Bester et al., 2014b)	(Barraud et al., 2014)	(Moilleron et al., 2012)	(Gasperi et al., 2012)	(Phillips & Chalmers, 2009)	(Clary et al., 2018)	(Ryu et al., 2014)
Benzo[b]fluoranthen (BbF)	x	x	x	x	x					x			x	x	x			
Benzo[g,h,i]perylen (BghiP)	x	x	x	x	x					x			x	x	x			
Benzo[j]fluoranthen (BjF)										x								
Benzo[k]fluoranthen (BkF)	x	x	x	x	x					x			x	x	x			
Chrysen (Chr)	x	x	x	x	x					x			x	x	x			
Dibenz[a,h]anthracen (DahA)	x	x	x	x	x					x			x	x	x			
Fluoranthen (Fluo)	x	x	x	x	x					x			x	x	x	x		
Fluoren (FL)	x	x	x	x	x					x			x	x	x			
Indeno[1,2,3-c,d]pyren (IP)	x	x	x	x	x					x			x	x	x			
Naphthalin (NAP)	x	x	x	x	x					x			x	x	x	x		
Phenanthren (PHE)	x	x	x	x	x					x			x	x	x	x		
Pyren (Pyr)	x	x	x	x	x					x			x	x	x	x		
<b>Perfluorierte Tenside</b>																		
N-Ethyl-Perfluorooctansulfonamid (N-Ethyl-PFOA)		x																
Perfluordecansäure (PF10C)		x																
Perfluordecansulfonsäure (PF10S)		x																
Perfluordodecansäure (PF12C)		x																
Perfluorheptansäure (PF7C)		x																
Perfluorheptansulfonsäure (PF7S)		x																
Perfluorhexansäure (PF6C)		x																
Perfluorhexansulfonsäure (PF6S)		x																

Untersuchte Stoffgruppen und ihre Stoffe	(Clara et al., 2014)	(Clara et al., 2019)	(Matzinger et al., 2015)	(Nickel & Fuchs, 2019)	(Launay, 2017)	(Regnery & Püttmann, 2010)	(Bohren et al., 2019)	(Staufer & Ort, 2012)	(Brombach & Fuchs, 2002)	(Birch et al., 2011)	(Bester et al., 2014a)	(Bester et al., 2014b)	(Barraud et al., 2014)	(Moilleron et al., 2012)	(Gasperi et al., 2012)	(Phillips & Chalmers, 2009)	(Clary et al., 2018)	(Ryu et al., 2014)
Perfluorononansäure (PF9C)		x																
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)		x																
Perfluorooctansäure (PFOA)	x	x	x															
Perfluorooctansulfonsäure (PFOS)	x	x	x															
Perfluoroundecansäure (PF11C)		x																
<b>Hormone</b>																		
17a-Ethinylöstradiol, Ethinylestradiol (EE2)	x							x										
17b-Östradiol, Estradiol (E2)	x																	
Östriol (E3)	x																	
Östron, Estron (E1)	x																	x
<b>Arzneimittel</b>																		
4-Acetylaminoantipyrin		x																
4-Formylaminoantipyrin (FAA)		x	x															
Acetylsulfamethoxazol, N4-Acetylsulfamethoxazol		x																
Amidotrizoesäure, Diatrizoat		x						x										
Amlodipin		x																
Amoxicillin		x																
Ampicillin		x																
Atenolol (ANL)		x			x			x										x
Atorvastatin		x																
Azithromycin		x						x										
Bezafibrate (BZF)		x			x													
Bisoprolol		x																
Bupropion		x																

## Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge

Untersuchte Stoffgruppen und ihre Stoffe	(Clara et al., 2014)	(Clara et al., 2019)	(Matzinger et al., 2015)	(Nickel & Fuchs, 2019)	(Launay, 2017)	(Regnery & Püttmann, 2010)	(Bohren et al., 2019)	(Stauer & Ort, 2012)	(Brombach & Fuchs, 2002)	(Birch et al., 2011)	(Bester et al., 2014a)	(Bester et al., 2014b)	(Barraud et al., 2014)	(Moilleron et al., 2012)	(Gasperi et al., 2012)	(Phillips & Chalmers, 2009)	(Clary et al., 2018)	(Ryu et al., 2014)
Canrenon		x																
Capecitabin		x																
Carbamazepine (CBZ)		x	x	x	x		x	x										x
Carvedilol		x																
CBZ-DiOH		x																
Citalopram		x																
Clarithromycin		x					x											
Clindamycin		x																
Clofibrinsäure		x																
Clopidogrel		x																
Codein		x																
Dehydro-Erythromycin		x																
Diazepam		x																
Diclofenac (DCF)		x		x	x		x	x										x
Diltiazem																		x
Diphenhydramid																		x
Doxycyclin		x																
Duloxetin		x																
Enalapril		x																
Erythromycin		x						x										
Fenofibrat		x																
Furosemid		x																
Gabapentin		x	x															
Gemfibrozil		x																x
Gliclazid		x																
Guaifenesin		x																
Hydrochlorothiazid		x																
Ibuprofen (IBF)		x			x			x										x
Ioversol		x																
Irbesartan		x																
Josamycin		x																

## Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge

Untersuchte Stoffgruppen und ihre Stoffe	(Clara et al., 2014)	(Clara et al., 2019)	(Matzinger et al., 2015)	(Nickel & Fuchs, 2019)	(Launay, 2017)	(Regnery & Püttmann, 2010)	(Bohren et al., 2019)	(Stauer & Ort, 2012)	(Brombach & Fuchs, 2002)	(Birch et al., 2011)	(Bester et al., 2014a)	(Bester et al., 2014b)	(Barraud et al., 2014)	(Moilleron et al., 2012)	(Gasperi et al., 2012)	(Phillips & Chalmers, 2009)	(Clary et al., 2018)	(Ryu et al., 2014)
Ketoprofen		x																
Koffein		x	x		x											x		x
Levetiracetam		x																
Lidocaine (LID)					x													
Mefenaminsäure, Mefenamic acid		x						x										
Meprobamat																		x
Metformin		x						x										
Metoprolol (MPL)		x		x	x			x										
Metronidazol		x																
Naproxen (NPX)		x			x			x										x
Oxazepam		x																
Oxcarbazepin		x																
Oxytetracyclin		x																
Pantoprazol		x																
Paracetamol, Acetaminophen		x																
Penicillin G		x																
Penicillin V		x																
Pentoxifyllin		x																
Phenazon		x																
Primidon		x																x
Propranolol (PNL)		x			x													
Propyphenazon		x																
Prothipendyl		x																
Quetiapin		x																
Ranitidin		x																
Roxithromycin		x																
Salbutamol		x																
Sertralin		x																
Sitagliptin		x																
Sotalol		x						x										
Sulfadiazin		x																

## Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge

Untersuchte Stoffgruppen und ihre Stoffe	(Clara et al., 2014)	(Clara et al., 2019)	(Matzinger et al., 2015)	(Nickel & Fuchs, 2019)	(Launay, 2017)	(Regney & Püttmann, 2010)	(Bohren et al., 2019)	(Stauer & Ort, 2012)	(Brombach & Fuchs, 2002)	(Birch et al., 2011)	(Bester et al., 2014a)	(Bester et al., 2014b)	(Barraud et al., 2014)	(Moilleron et al., 2012)	(Gasperi et al., 2012)	(Phillips & Chalmers, 2009)	(Clary et al., 2018)	(Ryu et al., 2014)
Sulfadimethoxin		x																
Sulfadimidin, Sulfamethazin		x																
Sulfadoxin		x																
Sulfamethoxazole (SMX)		x		x			x											x
Sulfathiazol		x																
Temazepam		x																
Terbutalin		x																
Theophyllin		x																
Tramadol		x																
Trazodon		x																
Trimethoprim		x					x											x
Valaciclovir		x																
Valsartan		x																
Venlafaxin		x																
Verapamil		x																
<b>Kontrastmittel</b>																		
Diatrizoic acid (DIA)				x														
Iohexol (IOH)		x		x														x
Iomeprol (IOM)		x		x			x											
Iopamidol (IOPA)		x		x			x											x
Iopromide (IOPM)		x		x														x
<b>Pestizide</b>																		
2,4-Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D)		x	x				x	x					x					
2,6-Dichlorbenzamid (DCBA)			x															
2-Methyl-4-chlorphenoxyessigsäure (MCPA)					x		x			x			x					
4-CPA		x																
Acetochlor													x					
Alachlor														x	x			

## Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge

Untersuchte Stoffgruppen und ihre Stoffe	(Clara et al., 2014)	(Clara et al., 2019)	(Matzinger et al., 2015)	(Nickel & Fuchs, 2019)	(L'auay, 2017)	(Regnery & Püttmann, 2010)	(Bohren et al., 2019)	(Stauer & Ort, 2012)	(Brombach & Fuchs, 2002)	(Birch et al., 2011)	(Bester et al., 2014a)	(Bester et al., 2014b)	(Barraud et al., 2014)	(Moilleron et al., 2012)	(Gasperi et al., 2012)	(Phillips & Chalmers, 2009)	(Clary et al., 2018)	(Ryu et al., 2014)
Aldrin													x	x	x			
Amino methyl phosphonic acid (AMPA)			x							x			x	x	x			
Aminotriazole														x	x			
Anhraquinon																x		
Atrazin				x										x	x			x
Benzisothiazolinon (BIT)			x								x	x						
Bromacil																x		
Carbaryl																x		
Carbendazim (CZIM)	x	x	x	x	x		x	x			x	x	x					
Chlorfenvinphos													x	x	x			
Chloridazon	x																	
Chloridazon-desphenyl	x																	
Chloridazon-methyl-desphenyl	x																	
Chlorpyrifos, Chlorpyrifosethyl														x	x	x		
Climbazol		x																
Clothianidin	x																	
Cybutryn, Irgarol			x					x			x	x	x					
Deltamethrin													x					
Desethylatrazin (DEA)														x	x			
Desethylsimazin (DES)														x	x			
Diazinon			x				x	x								x		
Dicamba		x																
Dichlobenil								x										
Dichlordiphenyltrichlorethan (DDT)														x	x			
Dichlorooctylisothiazolinone (DCOIT)												x						
Dichlorprop (DCP)					x													

## Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge

Untersuchte Stoffgruppen und ihre Stoffe	(Clara et al., 2014)	(Clara et al., 2019)	(Matzinger et al., 2015)	(Nickel & Fuchs, 2019)	(Launay, 2017)	(Regnery & Püttmann, 2010)	(Bohren et al., 2019)	(Staufer & Ort, 2012)	(Brombach & Fuchs, 2002)	(Birch et al., 2011)	(Bester et al., 2014a)	(Bester et al., 2014b)	(Barraud et al., 2014)	(Moilleron et al., 2012)	(Gasperi et al., 2012)	(Phillips & Chalmers, 2009)	(Clary et al., 2018)	(Ryu et al., 2014)
Dieldrin													x	x	x			
Diethyltoluamid (DEET)		x	x		x											x		x
Diflufenican													x					
Diuron (DIU)	x	x	x	x	x		x	x		x	x	x	x	x	x			
D-Limonene																x		
DNOC		x																
Endosulfan													x	x	x			
Endrin														x	x			
Epoxiconazole													x					
Ethofumesate	x																	
Fenpropidin													x					
Glufosinat													x					
Glyphosat			x					x		x			x	x	x			
Hexachlorcyclohexan														x	x			
Imidacloprid			x															
Indole																x		
Iodocarb (IPBC)								x				x						
Isodrin													x	x	x			
Isoproturon (ISO)	x		x	x	x			x		x	x	x	x	x	x			
Isothiazolinone													x					
Lindan														x	x			
Mecoprop (MCP)		x	x	x	x		x				x	x	x					
Mecoprop (P+R)								x										
Metalaxyl-M																	x	
Metaldehyde													x	x	x			
Metazachlor	x												x					
Methylisothiazolinone (MI)											x	x						
Metolachlor	x			x			x						x			x		
N,N-Dimethylsulfa- mide	x																	



Untersuchte Stoffgruppen und ihre Stoffe	(Clara et al., 2014)	(Clara et al., 2019)	(Matzinger et al., 2015)	(Nickel & Fuchs, 2019)	(Launay, 2017)	(Regnery & Püttmann, 2010)	(Bohren et al., 2019)	(Stauer & Ort, 2012)	(Brombach & Fuchs, 2002)	(Birch et al., 2011)	(Bester et al., 2014a)	(Bester et al., 2014b)	(Barraud et al., 2014)	(Moilleron et al., 2012)	(Gasperi et al., 2012)	(Phillips & Chalmers, 2009)	(Clary et al., 2018)	(Ryu et al., 2014)
Octylisothiazolinon (OIT)			x								x	x						
Pendimethalin													x					
Pentachlorobenzol														x	x			
Prometon																x		
Propazin	x																	
Propiconazole (PBZ)											x	x						
Saccharin		x																
Simazin			x											x	x			x
Tebuconazol (TBU)			x								x	x	x					
Terbuthylazine	x	x	x	x						x								
Terbuthylazine-2-hydroxy	x																	
Terbuthylazine-2-hydroxy-desethyl	x																	
Terbuthylazine-desethyl	x	x	x															
Terbutryn (TBY)		x	x	x	x		x	x			x	x	x					
Thiacloprid			x															
Thiamethoxam	x																	
Thiamethoxam Metabolit CGA 353968		x																
Triclopyr													x					
Triclosan (TCS)				x	x			x								x		x
Trifluralin														x	x			
Tritosulfuron Metabolit BH 635-2		x																
<b>Organophosphate</b>																		
Triethyl phosphate (TEP)					x													
Tri-iso-butylphosphat (TIBP)			x	x	x													
Tri-n-butylphosphat (TnBP)			x	x	x											x		

## Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge

Untersuchte Stoffgruppen und ihre Stoffe	(Clara et al., 2014)	(Clara et al., 2019)	(Matzinger et al., 2015)	(Nickel & Fuchs, 2019)	(Launay, 2017)	(Regnery & Püttmann, 2010)	(Bohren et al., 2019)	(Staufer & Ort, 2012)	(Brombach & Fuchs, 2002)	(Birch et al., 2011)	(Bester et al., 2014a)	(Bester et al., 2014b)	(Barraud et al., 2014)	(Moilleron et al., 2012)	(Gasperi et al., 2012)	(Phillips & Chalmers, 2009)	(Clary et al., 2018)	(Ryu et al., 2014)
Triphenyl phosphate (TPP)					x											x		
Triphenylphosphine oxide (TPPO)					x													
Tris(1,3-dichlorisopropyl)phosphate (TDCP)			x		x	x												
Tris(1-chloro-2-propyl)phosphate (TCPP)			x		x	x												x
Tris(2-butoxyethyl)phosphat (TBEP)			x		x	x										x		
Tris(2-chloroethyl)phosphat (TCEP)			x		x	x										x		x
Tris(dichloroisopropyl)phosphate (TDIP)																x		
<b>Polychlorierte Biphenyle</b>																		
PCB 101			x		x									x	x			
PCB 118			x											x	x			
PCB 138			x		x									x	x			
PCB 153			x		x									x	x			
PCB 180			x		x									x	x			
PCB 194														x	x			
PCB 28			x		x									x	x			
PCB 52			x		x									x	x			
<b>künstlicher Süßstoff</b>																		
Acesulfame (ACE)		x	x	x	x													x
Acetophenon																x		
Sucralose (SUC)					x													x
<b>Kosmetikprodukte</b>																		
Camphor																x		
Galaxolide (HHCB)					x											x		
HHCB-lactone (HHCBlac)					x													

## Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge

Untersuchte Stoffgruppen und ihre Stoffe	(Clara et al., 2014)	(Clara et al., 2019)	(Matzinger et al., 2015)	(Nickel & Fuchs, 2019)	(L'auay, 2017)	(Regnery & Püttmann, 2010)	(Bohren et al., 2019)	(Staufer & Ort, 2012)	(Brombach & Fuchs, 2002)	(Birch et al., 2011)	(Bester et al., 2014a)	(Bester et al., 2014b)	(Barraud et al., 2014)	(Moilleron et al., 2012)	(Gasperi et al., 2012)	(Phillips & Chalmers, 2009)	(Clary et al., 2018)	(Ryu et al., 2014)
Isoquinoline																x		
Methyltriclosan (MTCS)					x													
Propylparaben																		x
Skatol																x		
Tonalide (AHTN)					x											x		
Triclocarban																		x
<b>Sonstige Spurenstoffe</b>																		
1,2-Trans-dichlorethylen																		x
1,3-Dichloropropylene																		x
3-β-Coprostanol																x		
Adsorbierbare organische Halogenverbindungen (AOX)									x									
Bromoform																x	x	
Butylhydroxyanisol (BHA)																x		
Carbazole																x		
Chlordibrommethan																		x
Chlorethylvinylether																		x
Chlorid									x									
Cholesterol																x		
Cotinine																x		
Cyanid																		x
Dichlorobromoethane																		x
Isoborneol																x		
Menthol																x		
Methyl salicylate																x		
Methylbromid																		x
Mineralöle									x									
Nikotin			x															
Öl und Fett																		x

## Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge

Untersuchte Stoffgruppen und ihre Stoffe	(Clara et al., 2014)	(Clara et al., 2019)	(Matzinger et al., 2015)	(Nickel & Fuchs, 2019)	(Launay, 2017)	(Regnery & Püttmann, 2010)	(Bohren et al., 2019)	(Staufer & Ort, 2012)	(Brombach & Fuchs, 2002)	(Birch et al., 2011)	(Bester et al., 2014a)	(Bester et al., 2014b)	(Barraud et al., 2014)	(Moilleron et al., 2012)	(Gasperi et al., 2012)	(Phillips & Chalmers, 2009)	(Clary et al., 2018)	(Ryu et al., 2014)
p-Cresol																x		
Petroleum																	x	
Sulfat									x									
Trans-1,3-Dichlorpropen																	x	
Triethylcitrat																x		
β-Sigmastanol																x		
β-Sitosterol																x		

Tabelle 5-14: Vergleich der untersuchten Stoffe mit den Gesetzen bzw. Verordnungen WRRL, QVZ Chemie OG, OGewV, GSchV in Bezug auf prioritäre bzw. prioritär gefährliche Stoffe, die Umweltqualitätsnormen (UQN) und die Gewässeranforderungen in der Schweiz

Untersuchte Stoffgruppe und ihre Stoffe	WRRL <sup>(9)</sup>				QVZ Chemie OG <sup>(10)</sup>		OGewV <sup>(11)</sup>		GSchV <sup>(12)</sup>
	Prioritärer Stoff	als prioritär gefährlicher Stoff eingestuft	UQN vorhanden	Beobachtungsliste	UQN vorhanden (chemischer Zustand)	UQN vorhanden (ökologischer Zustand)	UQN vorhanden (chemischer Zustand)	UQN vorhanden (ökologischer Zustand)	Anforderungen vorhanden
<b>Metalle</b>									
Aluminium (Al)									
Antimon (Sb)									
Arsen (As)						x		x	
Barium (Ba)									
Beryllium (Be)									
Bismut (Bi)									
Blei (Pb)	x		x		x		x		x
Bor (B)									
Cadmium (Cd)	x	x	x		x		x		x
Calcium (Ca)									
Chrom (Cr)						x		x	x
Cobalt (Co)									
Eisen (Fe)									
Kalium (K)									
Kupfer (Cu)						x		x	x
Magnesium (Mg)									
Mangan (Mn)									
Molybdän (Mo)									
Natrium (Na)									
Nickel (Ni)	x		x		x		x		x
Platin (Pt)									
Quecksilber (Hg)	x	x	x		x		x		x
Selen (Se)						x		x	
Silber (Ag)						x		x	
Strontium (Sr)									
Thallium (Tl)								x	

Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge

Untersuchte Stoffgruppe und ihre Stoffe	WRRL ( <sup>9</sup> )				QVZ Chemie OG ( <sup>10</sup> )		OGewV ( <sup>11</sup> )		GSchV ( <sup>12</sup> )
	Prioritärer Stoff	als prioritär gefährlicher Stoff eingestuft	UQN vorhanden	Beobachtungsliste	UQN vorhanden (chemischer Zustand)	UQN vorhanden (ökologischer Zustand)	UQN vorhanden (chemischer Zustand)	UQN vorhanden (ökologischer Zustand)	Anforderungen vorhanden
Titan (Ti)									
Vanadium (V)									
Zink (Zn)						x		x	x
Zinn (Sn)									
<b>Industriechemikalien</b>									
1,1,1-Trichlorethan									
1,1,2,2-Tetrachlorethan									
1,1,2-Trichlorethan									
1,1-Dichlorethylen									
1,2-Dichlorpropan									
1,3-Benzothiazole-2-Sulfonate									
1H-benzotriazole, Benzotriazol (BTR)									x
2-Hydroxybenzothiazol (OH-BT)									
2-Methylthiobenzothiazol (MTBT)									
2-Phenylphenol									
4-Cumylphenol									
4-Methylbenzotriazole (4-MBT)									
4-n-Octylphenol									
4-Nonylphenol, p-Nonylphenol (4-NP)	x	x	x		x		x		
4-tert-Butylphenol (4-TBP)									
4-tert-Octylphenol (4-TOP)	x		x		x		x		
5-Methylbenzotriazole (5-MBT)									
Acrolein									
Acrylnitril									

Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge

Untersuchte Stoffgruppe und ihre Stoffe	WRRL <sup>(9)</sup>				QVZ Chemie OG <sup>(10)</sup>		OGewV <sup>(11)</sup>		GSchV <sup>(12)</sup>
	Prioritärer Stoff	als prioritär gefährlicher Stoff eingestuft	UQN vorhanden	Beobachtungsliste	UQN vorhanden (chemischer Zustand)	UQN vorhanden (ökologischer Zustand)	UQN vorhanden (chemischer Zustand)	UQN vorhanden (ökologischer Zustand)	Anforderungen vorhanden
Benzol	x		x		x		x		
Benzophenon									
Benzothiazol (BT)									
Bisphenol F (BPF)									
Bisphenol A (BPA)						x			x
Chlorbenzol								x	
Chlorethan									
Chloroform, Trichlormethan (TCM)	x		x		x		x		
Chloromethylphenol									
Chlorparaffine, C <sub>10-13</sub> -Chloralkane (CP)	x	x	x		x		x		
Dichlorbenzol									
Dichlorethan	x <sup>(4)</sup>		x <sup>(4)</sup>		x <sup>(4)</sup>		x <sup>(4)</sup>		
Dichlormethan, Methylchlorid	x		x		x		x		
Ethylbenzol						x			
Hexachlorbenzol	x	x	x		x		x		
Hexachlorobutadiene	x	x	x		x		x		
Isophorone									
Isopropylbenzol						x			
Methylbenzotriazol, Tolyltriazole (MBT)									x
Methylchlorid									
Methyl-tert-butylether (MTBE)									
Nitrilotriessigsäure (NTA)						x			
Nonylphenoldicarboxylat (NP2EC)									
Nonylphenoldiet-hoxylat (NP2EO)									
Nonylphenole (NP)	x	x	x		x		x		x

Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge

Untersuchte Stoffgruppe und ihre Stoffe	WRRL ( <sup>9</sup> )				QVZ Chemie OG ( <sup>10</sup> )		OGewV ( <sup>11</sup> )		GSchV ( <sup>12</sup> )
	Prioritärer Stoff	als prioritär gefährlicher Stoff eingestuft	UQN vorhanden	Beobachtungsliste	UQN vorhanden (chemischer Zustand)	UQN vorhanden (ökologischer Zustand)	UQN vorhanden (chemischer Zustand)	UQN vorhanden (ökologischer Zustand)	Anforderungen vorhanden
Nonylphenoethoxylat (NPEO)									
Nonylphenolmonocarboxylat (NP1EC)									
Nonylphenolmonoethoxylat (NP1EO)									
Octylphenol (OP)	x		x		x		x		
Octylphenol dietoxylat (OP2EO)									
Octylphenol monoethoxylat (OP1EO)									
Octylphenol polyethoxylates (OPEs)									
Pentachlorphenol	x		x		x		x		
Perchloroethylene, Tetrachlorethylen (PCE)			x		x		x		
Phenol									
Tetrachlormethan, carbon tetrachloride			x		x		x		
Toluol									
Trichlorbenzol	x		x		x		x		
Trichlorethylen (TCE)			x		x		x		
Trichlorfluormethan									
Vinylchlorid									
Xylol						x			
<b>Phthalate</b>									
Bis(2-methoxyethyl)phthalat									
Butylbenzylphthalat (BBP)									
Dibutylphthalat (DBP)									
Dicyklohexylphthalat (DCHP)									
Diethylhexylphthalat (DEHP)	x	x	x		x		x		



Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge

Untersuchte Stoffgruppe und ihre Stoffe	WRRL <sup>(9)</sup>				QVZ Chemie OG <sup>(10)</sup>		OGewV <sup>(11)</sup>		GSchV <sup>(12)</sup>
	Prioritärer Stoff	als prioritär gefährlicher Stoff eingestuft	UQN vorhanden	Beobachtungsliste	UQN vorhanden (chemischer Zustand)	UQN vorhanden (ökologischer Zustand)	UQN vorhanden (chemischer Zustand)	UQN vorhanden (ökologischer Zustand)	Anforderungen vorhanden
Diethylphthalat (DEP)									
Diisobutylphthalat (DiBP)									
Diisodecylphthalat (DiDP)									
Diisoheptylphthalat									
Diisononylphthalat (DINP)									
Diisopentylphthalat									
Dimethylphthalat (DMP)									
Di-n-pentylphthalat									
Dioctylphthalat (DOP)									
Dipropylphthalat									
n-Pentyl-isopentylphthalat									
<b>Polybromierte Diphenylether (PBDE)</b>	x	x <sup>(1)</sup>							
BDE 100			x		x		x		
BDE 118									
BDE 126									
BDE 139									
BDE 153			x		x		x		
BDE 154			x		x		x		
BDE 181									
BDE 183									
BDE 196									
BDE 197									
BDE 203									
BDE 205									
BDE 207									
BDE 209									
BDE 28			x		x		x		

Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge

Untersuchte Stoffgruppe und ihre Stoffe	WRRL <sup>(9)</sup>				QVZ Chemie OG <sup>(10)</sup>		OGewV <sup>(11)</sup>		GSchV <sup>(12)</sup>
	Prioritärer Stoff	als prioritär gefährlicher Stoff eingestuft	UQN vorhanden	Beobachtungsliste	UQN vorhanden (chemischer Zustand)	UQN vorhanden (ökologischer Zustand)	UQN vorhanden (chemischer Zustand)	UQN vorhanden (ökologischer Zustand)	Anforderungen vorhanden
BDE 47			x		x		x		
BDE 49									
BDE 66									
BDE 77									
BDE 85									
BDE 99			x		x		x		
Decabromdiphenylether									
Heptabromdiphenylether									
Hexabromcyclododecan (HBCDD)	x	x <sup>(3)</sup>	x		x		x		
Octabromdiphenylether									
Pentabromdiphenylether									
<b>Organozinnverbindungen</b>									
Dibutylzinnverbindungen (DBT)						x			
Diphenylzinnverbindungen (DPT)									
Monobutylzinnverbindung (MBT)									
Tetrabutylzinnverbindungen (TTBT)									
Tributylzinnverbindungen (TBT)	x	x <sup>(2)</sup>	x <sup>(2)</sup>		x <sup>(2)</sup>		x <sup>(2)</sup>		
Triphenylzinnverbindungen (TPT)								x <sup>(8)</sup>	
<b>Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs)</b>									
1-Methylnaphthalin									
2,6-Dimethylnaphthalin									

Untersuchte Stoffgruppe und ihre Stoffe	WRRL <sup>(9)</sup>				QVZ Chemie OG <sup>(10)</sup>		OGewV <sup>(11)</sup>		GSchV <sup>(12)</sup>
	Prioritärer Stoff	als prioritär gefährlicher Stoff eingestuft	UQN vorhanden	Beobachtungsliste	UQN vorhanden (chemischer Zustand)	UQN vorhanden (ökologischer Zustand)	UQN vorhanden (chemischer Zustand)	UQN vorhanden (ökologischer Zustand)	Anforderungen vorhanden
2-Methylnaphthalin									
Acenaphthen (ACN)									
Acenaphthylen (ACY)									
Anthracen (ANT)	x	x	x		x		x		
Benzo[a]anthracen (BaA)									
Benzo[a]pyren (BaP)	x	x	x		x		x		
Benzo[b]fluoranthren (BbF)	x	x	x		x		x		
Benzo[g,h,i]perylen (BghiP)	x	x	x		x		x		
Benzo[j]fluoranthren (BjF)									
Benzo[k]fluoranthren (BkF)	x	x	x		x		x		
Chrysen (Chr)									
Dibenz[a,h]anthracen (DahA)									
Fluoranthren (Fluo)	x		x		x		x		
Fluoren (FL)									
Indeno[1,2,3-c,d]pyren (IP)	x	x	x		x		x		
Naphthalin (NAP)	x		x		x		x		
Phenanthren (PHE)								x	
Pyren (Pyr)									
<b>Perfluorierte Tenside</b>									
N-Ethyl-Perfluoroctansulfonamid (N-Ethyl-PFOA)									
Perfluordecansäure (PF10C)									
Perfluordecansulfonsäure (PF10S)									
Perfluordodecansäure (PF12C)									

Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge

Untersuchte Stoffgruppe und ihre Stoffe	WRRL <sup>(9)</sup>				QVZ Chemie OG <sup>(10)</sup>		OGewV <sup>(11)</sup>		GSchV <sup>(12)</sup>
	Prioritärer Stoff	als prioritär gefährlicher Stoff eingestuft	UQN vorhanden	Beobachtungsliste	UQN vorhanden (chemischer Zustand)	UQN vorhanden (ökologischer Zustand)	UQN vorhanden (chemischer Zustand)	UQN vorhanden (ökologischer Zustand)	Anforderungen vorhanden
Perfluorheptansäure (PF7C)									
Perfluorheptansulfonsäure (PF7S)									
Perfluorhexansäure (PF6C)									
Perfluorhexansulfonsäure (PF6S)									
Perfluorononansäure (PF9C)									
Perfluorooctan-sulfonamid (PFOSA)									
Perfluoroktansäure (PFOA)									
Perfluoroktansulfonsäure (PFOS)	x	x	x		x		x		
Perfluorundecansäure (PF11C)									
<b>Hormone</b>									
17a-Ethinylöstradiol, Ethinylestradiol (EE2)				x					
17b-Östradiol, Estradiol (E2)				x					
Östriol (E3)									
Östron, Estron (E1)				x					
<b>Arzneimittel</b>									
4-Acetylaminoantipyrin									
4-Formylaminoantipyrin (FAA)									
Acetylsulfamethoxazol, N4-Acetylsulfamethoxazol									
Amidotrizoesäure, Diatrizoat									
Amlodipin									
Amoxicillin				x					

Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge

Untersuchte Stoffgruppe und ihre Stoffe	WRRL <sup>(9)</sup>				QVZ Chemie OG <sup>(10)</sup>		OGewV <sup>(11)</sup>		GSchV <sup>(12)</sup>
	Prioritärer Stoff	als prioritär gefährlicher Stoff eingestuft	UQN vorhanden	Beobachtungsliste	UQN vorhanden (chemischer Zustand)	UQN vorhanden (ökologischer Zustand)	UQN vorhanden (chemischer Zustand)	UQN vorhanden (ökologischer Zustand)	Anforderungen vorhanden
Ampicillin									
Atenolol (ANL)									x
Atorvastatin									
Azithromycin				x					x
Bezafibrate (BZF)									x
Bisoprolol									
Bupropion									
Canrenon									
Capecitabin									
Carbamazepine (CBZ)									x
Carvedilol									
CBZ-DiOH									
Citalopram									
Clarithromycin				x					x
Clindamycin									
Clofibrinsäure									
Clopidogrel									
Codein									
Dehydro-Erythromycin									
Diazepam									
Diclofenac (DCF)									x
Diltiazem									
Diphenhydramid									
Doxycyclin									
Duloxetin									
Enalapril									
Erythromycin				x					
Fenofibrat									
Furosemid									
Gabapentin									

## Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge

Untersuchte Stoffgruppe und ihre Stoffe	WRRL <sup>(9)</sup>				QVZ Chemie OG <sup>(10)</sup>		OGewV <sup>(11)</sup>		GSchV <sup>(12)</sup>
	Prioritärer Stoff	als prioritär gefährlicher Stoff eingestuft	UQN vorhanden	Beobachtungsliste	UQN vorhanden (chemischer Zustand)	UQN vorhanden (ökologischer Zustand)	UQN vorhanden (chemischer Zustand)	UQN vorhanden (ökologischer Zustand)	Anforderungen vorhanden
Gemfibrozil									
Gliclazid									
Guaifenesin									
Hydrochlorothiazid									
Ibuprofen (IBF)									
loversol									
Irbesartan									
Josamycin									
Ketoprofen									
Koffein									
Levetiracetam									
Lidocaine (LID)									
Mefenaminsäure, Mefenamic acid									x
Meprobamat									
Metformin									x
Metoprolol (MPL)									x
Metronidazol									
Naproxen (NPX)									x
Oxazepam									
Oxcarbazepin									
Oxytetracyclin									
Pantoprazol									
Paracetamol, Acetaminophen									
Penicillin G									
Penicillin V									
Pentoxifyllin									
Phenazon									
Primidon									
Propranolol (PNL)									

Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge

Untersuchte Stoffgruppe und ihre Stoffe	WRRL <sup>(9)</sup>				QVZ Chemie OG <sup>(10)</sup>		OGewV <sup>(11)</sup>		GSchV <sup>(12)</sup>
	Prioritärer Stoff	als prioritär gefährlicher Stoff eingestuft	UQN vorhanden	Beobachtungsliste	UQN vorhanden (chemischer Zustand)	UQN vorhanden (ökologischer Zustand)	UQN vorhanden (chemischer Zustand)	UQN vorhanden (ökologischer Zustand)	Anforderungen vorhanden
Propyphenazon									
Prothipendyl									
Quetiapin									
Ranitidin									
Roxithromycin									
Salbutamol									
Sertralin									
Sitagliptin									
Sotalol									
Sulfadiazin									
Sulfadimethoxin									
Sulfadimidin, Sulfamethazin									x
Sulfadoxin									
Sulfamethoxazole (SMX)									x
Sulfathiazol									
Temazepam									
Terbutalin									
Theophyllin									
Tramadol									
Trazodon									
Trimethoprim									x
Valaciclovir									
Valsartan									
Venlafaxin									
Verapamil									
<b>Kontrastmittel</b>									
Diatrizoic acid (DIA)									
Iohexol (IOH)									
Iomeprol (IOM)									

Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge

Untersuchte Stoffgruppe und ihre Stoffe	WRRL ( <sup>9</sup> )				QVZ Chemie OG ( <sup>10</sup> )		OGewV ( <sup>11</sup> )		GSchV ( <sup>12</sup> )
	Prioritärer Stoff	als prioritär gefährlicher Stoff eingestuft	UQN vorhanden	Beobachtungsliste	UQN vorhanden (chemischer Zustand)	UQN vorhanden (ökologischer Zustand)	UQN vorhanden (chemischer Zustand)	UQN vorhanden (ökologischer Zustand)	Anforderungen vorhanden
Iopamidol (IOPA)									
Iopromide (IOPM)									
<b>Pestizide</b>									
2,4-Dichlorphenoxyacetic acid (2,4-D)								x	x
2,6-Dichlorbenzamid (DCBA)									
2-Methyl-4-chlorphenoxyessigsäure (MCPA)								x	x
4-CPA									
Acetochlor									
Alachlor	x		x		x		x		
Aldrin			x		x		x		
Amino methyl phosphonic acid (AMPA)									
Aminotriazole									
Anhraquinon									
Atrazin	x		x		x		x		
Benzoisothiazolinon (BIT)									
Bromacil								x	
Carbaryl									
Carbendazim (CZIM)								x	x
Chlorfenvinphos	x		x		x		x		
Chloridazon								x	x
Chloridazon-desphenyl									
Chloridazon-methyl-desphenyl									
Chlorpyrifos, Chlorpyrifosethyl	x		x		x		x		x
Climbazol									
Clothianidin				x					



Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge

Untersuchte Stoffgruppe und ihre Stoffe	WRRL <sup>(9)</sup>				QVZ Chemie OG <sup>(10)</sup>		OGewV <sup>(11)</sup>		GSchV <sup>(12)</sup>
	Prioritärer Stoff	als prioritär gefährlicher Stoff eingestuft	UQN vorhanden	Beobachtungsliste	UQN vorhanden (chemischer Zustand)	UQN vorhanden (ökologischer Zustand)	UQN vorhanden (chemischer Zustand)	UQN vorhanden (ökologischer Zustand)	Anforderungen vorhanden
Cybutryn, Irgarol	x		x		x		x		
Deltamethrin									
Desethyltriazin (DEA)									
Desethylsimazin (DES)									
Diazinon								x	x
Dicamba									
Dichlobenil									
Dichlordiphenyltrichlorethan (DDT)			x <sup>(5)</sup>		x <sup>(5)</sup>		x <sup>(5)</sup>		
Dichlorooctylisothiazolinone (DCOIT)									
Dichlorprop (DCP)								x	
Dieldrin			x		x		x		
Diethyltoluamid (DEET)									
Diflufenican								x	
Diuron (DIU)	x		x		x		x		x
D-Limonene									
DNOC									
Endosulfan	x	x	x		x		x		
Endrin			x		x		x		
Epoxiconazole								x	x
Ethofumesate									x
Fenpropidin									
Glufosinat									
Glyphosat									x
Hexachlorcyclohexan									
Imidacloprid				x				x	x
Indole									
Iodcarb (IPBC)									
Isodrin			x		x		x		

Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge

Untersuchte Stoffgruppe und ihre Stoffe	WRRL ( <sup>9</sup> )				QVZ Chemie OG ( <sup>10</sup> )		OGewV ( <sup>11</sup> )		GSchV ( <sup>12</sup> )
	Prioritärer Stoff	als prioritär gefährlicher Stoff eingestuft	UQN vorhanden	Beobachtungsliste	UQN vorhanden (chemischer Zustand)	UQN vorhanden (ökologischer Zustand)	UQN vorhanden (chemischer Zustand)	UQN vorhanden (ökologischer Zustand)	Anforderungen vorhanden
Isoproturon (ISO)	x		x		x		x		x
Isothiazolinone									
Lindan									
Mecoprop (MCP)								x	
Mecoprop (P+R)									x ( <sup>6</sup> )
Metalaxyl-M									x
Metaldehyde									
Metazachlor								x	x
Methylisothiazolinone (MI)									
Metolachlor								x	x ( <sup>7</sup> )
N,N-Dimethylsulfamide									
Octylisothiazolinon (OIT)									
Pendimethalin									
Pentachlorbenzol	x	x	x		x		x		
Prometon									
Propazin									
Propiconazole (PBZ)								x	
Saccharin									
Simazin	x		x		x		x		
Tebuconazol (TBU)									x
Terbutylazine								x	x
Terbutylazine-2-hydroxy									
Terbutylazine-2-hydroxy-desethyl									
Terbutylazine-desethyl									
Terbutryn (TBY)	x		x		x		x		x
Thiacloprid				x					x
Thiamethoxam				x					x

Untersuchte Stoffgruppe und ihre Stoffe	WRRL <sup>(9)</sup>				QVZ Chemie OG <sup>(10)</sup>		OGewV <sup>(11)</sup>		GSchV <sup>(12)</sup>
	Prioritärer Stoff	als prioritär gefährlicher Stoff eingestuft	UQN vorhanden	Beobachtungsliste	UQN vorhanden (chemischer Zustand)	UQN vorhanden (ökologischer Zustand)	UQN vorhanden (chemischer Zustand)	UQN vorhanden (ökologischer Zustand)	Anforderungen vorhanden
Thiamethoxam Metabolit CGA 353968									
Triclopyr									
Triclosan (TCS)								x	x
Trifluralin	x	x	x		x		x		
Tritosulfuron Metabolit BH 635-2									
<b>Organophosphate</b>									
Triethyl phosphate (TEP)									
Tri-iso-butylphosphat (TIBP)									
Tri-n-butylphosphat (TnBP)									
Triphenyl phosphate (TPP)									
Triphenylphosphine oxide (TPPO)									
Tris(1,3-dichlorisopropyl)phosphate (TDCP)									
Tris(1-chloro-2-propyl)phosphate (TCPP)									
Tris(2-butoxyethyl)phosphat (TBEP)									
Tris(2-chloroethyl)phosphat (TCEP)									
Tris(dichloroisopropyl)phosphate (TDIP)									
<b>Polychlorierte Biphenyle</b>									
PCB 101								x	
PCB 118									
PCB 138								x	
PCB 153								x	

Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge

Untersuchte Stoffgruppe und ihre Stoffe	WRRL ( <sup>9</sup> )				QVZ Chemie OG ( <sup>10</sup> )		OGewV ( <sup>11</sup> )		GSchV ( <sup>12</sup> )
	Prioritärer Stoff	als prioritär gefährlicher Stoff eingestuft	UQN vorhanden	Beobachtungsliste	UQN vorhanden (chemischer Zustand)	UQN vorhanden (ökologischer Zustand)	UQN vorhanden (chemischer Zustand)	UQN vorhanden (ökologischer Zustand)	Anforderungen vorhanden
PCB 180								x	
PCB 194									
PCB 28								x	
PCB 52								x	
<b>künstlicher Süßstoff</b>									
Acesulfame (ACE)									
Acetophenon									
Sucralose (SUC)									
<b>Kosmetikprodukte</b>									
Camphor									
Galaxolide (HHCB)									
HHCB-lactone (HHCBlac)									
Isoquinoline									
Methyltriclosan (MTCS)									
Propylparaben									
Skatol									
Tonalide (AHTN)									
Triclocarban									
<b>Sonstige Spurenstoffe</b>									
1,2-Trans-dichlorethylen									
1,3-Dichloropropylene									
3-β-Coprostanol									
Adsorbierbare organische Halogenverbindungen (AOX)						x			
Bromoform									
Butylhydroxyanisol (BHA)									
Carbazole									

Untersuchte Stoffgruppe und ihre Stoffe	WRRL <sup>(9)</sup>				QVZ Chemie OG <sup>(10)</sup>		OGewV <sup>(11)</sup>		GSchV <sup>(12)</sup>
	Prioritärer Stoff	als prioritär gefährlicher Stoff eingestuft	UQN vorhanden	Beobachtungsliste	UQN vorhanden (chemischer Zustand)	UQN vorhanden (ökologischer Zustand)	UQN vorhanden (chemischer Zustand)	UQN vorhanden (ökologischer Zustand)	Anforderungen vorhanden
Chlordibrommethan									
Chlorethylvinylether									
Chlorid									
Cholesterol									
Cotinine									
Cyanid						x		x	
Dichlorobromoethane									
Isoborneol									
Menthol									
Methyl salicylate									
Methylbromid									
Mineralöle									
Nikotin									
Öl und Fett									
p-Cresol									
Petroleum									
Sulfat									
Trans-1,3-Dichlorpropen									
Triethylcitrat									
β-Sigmastanol									
β-Sitosterol									

(1) Nur Tetra-, Penta-, Hexa- und Heptabromodiphenylether (CAS-Nummern 40088-47-9, 32534-81-9, 36483-60-0, 68928-80-3).

(2) Einschließlich Tributylzinn-Kation (CAS 36643-28-4).

(3) Dies bezieht sich auf 1,3,5,7,9,11-Hexabromocyclododecan (CAS 25637-99-4), 1,2,5,6,9,10-Hexabromocyclododecan (CAS 3194-55-6), α-α-Hexabromocyclododecan (CAS 134237-50-6), β-β-Hexabromocyclododecan (CAS 134237-51-7) und γ-Hexabromocyclododecan (CAS 134237-52-8).“

(4) Gilt für 1,2 Dichlorethan (CAS 107-06-2).

(5) DDT insgesamt umfasst die Summe der Isomere 1,1,1-Trichlor-2,2-bis-(p-chlorphenyl)ethan (CAS-Nr. 50-29-3; EU-Nr. 200-024-3); 1,1,1-Trichlor-2(o-chlorphenyl)-2-(p-chlorphenyl)ethan (CAS-Nr. 789-02-6; EU-Nr. 212-332-5); 1,1-Dichlor-2,2-bis-(p-chlorphenyl)ethylen (CAS-Nr. 72-55-9; EU-Nr. 200-784-6); und 1,1-Dichlor-2,2-bis-(p-chlorphenyl)ethan (CAS-Nr. 72-54-8; EU-Nr. 200- 783-0).

## Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge

---

- (<sup>6</sup>) Gilt für MCPP / Mecoprop-p (CAS 16484-77-8).
- (<sup>7</sup>) Gilt für S-Metolachlor (CAS 87392-12-9).
- (<sup>8</sup>) Gilt für Triphenylzinn-Kation (CAS 668-34-8).
- (<sup>9</sup>) (Europäische Gemeinschaft, 2013)
- (<sup>10</sup>) (Bundesrepublik Österreich, 2019f)
- (<sup>11</sup>) (Bundesrepublik Deutschland, 2016)
- (<sup>12</sup>) (Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK), 2018)

Tabelle 5-15: Detektierte Stoffe auf Basis der Literaturrecherche, welche über die Eintragspfade Mischwasserentlastungen und Niederschlagswassereinleitungen in die Oberflächengewässer gelangen

Detektierte Stoffe in den jeweiligen Stoffgruppen	Geografisches Gebiet 1 (¹)		Geografisches Gebiet 2 (²)		Geografisches Gebiet 3 (³)	
	Mischwasser	Niederschlagswasser	Mischwasser	Niederschlagswasser	Mischwasser	Niederschlagswasser
<b>Metalle</b>						
Aluminium (Al)	x	x		x	x	x
Antimon (Sb)	x					x
Arsen (As)				x		x
Barium (Ba)						x
Beryllium (Be)						x
Bismut (Bi)	x					
Blei (Pb)	x	x	x	x	x	x
Bor (B)	x	x				
Cadmium (Cd)	x	x	x	x		x
Calcium (Ca)	x	x		x		
Chrom (Cr)	x	x	x	x		x
Cobalt (Co)	x	x		x		
Eisen (Fe)	x	x		x	x	x
Kalium (K)	x	x		x		x
Kupfer (Cu)	x	x	x	x	x	x
Magnesium (Mg)	x	x		x		
Mangan (Mn)	x	x		x	x	x
Molybdän (Mo)	x			x		
Natrium (Na)	x	x				x
Nickel (Ni)	x	x	x	x		x
Quecksilber (Hg)	x	x		x		x
Selen (Se)						x
Silber (Ag)						x
Strontium (Sr)				x		
Thallium (Tl)						x
Titan (Ti)		x		x		
Vanadium (V)		x		x		
Zink (Zn)	x	x	x	x	x	x
Zinn (Sn)	x					
<b>Industriechemikalien</b>						
1,1,1-Trichlorethan						x

## Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge

Detektierte Stoffe in den jeweiligen Stoffgruppen	Geografisches Gebiet 1 <sup>(1)</sup>		Geografisches Gebiet 2 <sup>(2)</sup>		Geografisches Gebiet 3 <sup>(3)</sup>	
	Mischwasser	Niederschlagswasser	Mischwasser	Niederschlagswasser	Mischwasser	Niederschlagswasser
1,1,2,2-Tetrachlorethan						x
1,1,2-Trichlorethan						x
1,1-Dichlorethylen						x
1,2-Dichlorpropan						x
1,3-Benzothiazole-2-Sulfonate	x	x				
1H-benzotriazole, Benzotriazol (BTR)	x	x			x	
2-Hydroxybenzothiazol (OH-BT)		x				
2-Methylthiobenzothiazol (MTBT)	x	x				
2-Phenylphenol		x				
4-Methylbenzotriazole (4-MBT)	x	x				
4-n-Octylphenol				x		
4-Nonylphenol, p-Nonylphenol (4-NP)	x			x	x	
4-tert-Butylphenol (4-TBP)			x	x		
4-tert-Octylphenol (4-TOP)	x	x	x	x		
5-Methylbenzotriazole (5-MBT)	x	x				
Acrolein						x
Acrylnitril						x
Benzol				x		x
Benzophenon					x	
Benzothiazol (BT)	x	x				
Bisphenol F (BPF)		x				
Bisphenol A (BPA)	x	x		x		
Chlorbenzol						x
Chlorethan						x
Chloroform, Trichlormethan (TCM)			x	x		x
Chloromethylphenol				x		
Chlorparaffine, C <sub>10-13</sub> -Chloralkane (CP)				x		
Dichlorbenzol					x	
Dichlorethan						x
Dichlormethan, Methylenchlorid				x		
Ethylbenzol			x	x		x
Isophorone					x	



Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge

Detektierte Stoffe in den jeweiligen Stoffgruppen	Geografisches Gebiet 1 (¹)		Geografisches Gebiet 2 (²)		Geografisches Gebiet 3 (³)	
	Mischwasser	Niederschlagswasser	Mischwasser	Niederschlagswasser	Mischwasser	Niederschlagswasser
Methylbenzotriazol, Tolyltriazole (MBT)	x	x				
Methylchlorid						x
Nitriotriessigsäure (NTA)	x					
Nonylphenoldiethoxylat (NP2EO)	x	x	x	x	x	
Nonylphenole (NP)	x	x	x	x		
Nonylphenoethoxylat (NPEO)			x	x		
Nonylphenolmonocarboxylat (NP1EC)	x	x		x		
Nonylphenolmonoethoxylat (NP1EO)	x	x		x		
Octylphenol (OP)	x	x				
Octylphenol diethoxylat (OP2EO)				x		
Octylphenol monoethoxylat (OP1EO)				x	x	
Octylphenol polyethoxylates (OPEs)				x		
Pentachlorophenol				x		
Perchloroethylene, Tetrachlorethylen (PCE)			x	x		x
Tetrachlormethan, carbon tetrachloride						x
Toluol			x	x		x
Trichlorethylen (TCE)			x	x		x
Trichlorfluormethan						x
Vinylchlorid						x
Xylole			x	x		
<b>Phthalate</b>						
Bis(2-methoxyethyl)phthalat	x					
Butylbenzylphthalat (BBP)		x				
Dibutylphthalat (DBP)	x	x				
Dicyklohexylphthalat (DCHP)	x					
Diethylhexylphthalat (DEHP)	x	x	x	x		
Diethylphthalat (DEP)	x	x				
Diisobutylphthalat (DiBP)	x					
Diisodecylphthalat (DiDP)	x	x				
Diisooheptylphthalat	x					

Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge

Detektierte Stoffe in den jeweiligen Stoffgruppen	Geografisches Gebiet 1 <sup>(1)</sup>		Geografisches Gebiet 2 <sup>(2)</sup>		Geografisches Gebiet 3 <sup>(3)</sup>	
	Mischwasser	Niederschlagswasser	Mischwasser	Niederschlagswasser	Mischwasser	Niederschlagswasser
Diisononylphthalat (DINP)	x	x				
Dimethylphthalat (DMP)		x				
Dioctylphthalat (DOP)	x	x				
<b>Polybromierte Diphenylether (PBDE)</b>						
BDE 100	x	x		x		
BDE 118	x					
BDE 153	x	x		x		
BDE 154	x	x		x		
BDE 181	x	x				
BDE 183	x	x		x		
BDE 196	x	x				
BDE 197	x	x				
BDE 203	x	x				
BDE 207	x	x				
BDE 209	x	x		x		
BDE 28	x			x		
BDE 47	x	x		x		
BDE 49	x	x				
BDE 66	x					
BDE 85	x					
BDE 99	x	x		x		
Decabromdiphenylether			x			
<b>Organozinnverbindungen</b>						
Dibutylzinnverbindungen (DBT)	x	x	x	x		
Diphenylzinnverbindungen (DPT)	x					
Monobutylzinnverbindung (MBT)	x	x	x	x		
Tetrabutylzinnverbindungen (TTBT)	x	x				
Tributylzinnverbindungen (TBT)	x	x	x	x		
Triphenylzinnverbindungen (TPT)	x	x				
<b>Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs)</b>						
1-Methylnaphthalin					x	
2,6-Dimethylnaphthalin					x	
2-Methylnaphthalin					x	

Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge

Detektierte Stoffe in den jeweiligen Stoffgruppen	Geografisches Gebiet 1 (¹)		Geografisches Gebiet 2 (²)		Geografisches Gebiet 3 (³)	
	Mischwasser	Niederschlagswasser	Mischwasser	Niederschlagswasser	Mischwasser	Niederschlagswasser
Acenaphthen (ACN)	x	x	x	x		
Acenaphthylen (ACY)	x	x	x	x		
Anthracen (ANT)	x	x	x	x		
Benzo[a]anthracen (BaA)	x	x	x	x		
Benzo[a]pyren (BaP)	x	x	x	x		
Benzo[b]fluoranthren (BbF)	x	x	x	x		
Benzo[g,h,i]perylene (BghiP)	x	x	x	x		
Benzo[j]fluoranthren (BjF)			x	x		
Benzo[k]fluoranthren (BkF)	x	x	x	x		
Chrysen (Chr)	x	x	x	x		
Dibenz[a,h]anthracen (DahA)	x	x	x	x		
Fluoranthren (Fluo)	x	x	x	x	x	
Fluoren (FL)	x	x	x	x		
Indeno[1,2,3-c,d]pyren (IP)	x	x	x	x		
Naphthalin (NAP)	x	x	x	x		
Phenanthren (PHE)	x	x	x	x	x	
Pyren (Pyr)	x	x	x	x	x	
<b>Perfluorierte Tenside</b>						
Perfluordecansäure (PF10C)	x	x				
Perfluorheptansäure (PF7C)	x	x				
Perfluorhexansäure (PF6C)	x	x				
Perfluornonansäure (PF9C)		x				
Perfluoroktansäure (PFOA)	x	x				
Perfluoroktansulfonsäure (PFOS)	x	x				
<b>Hormone</b>						
17a-Ethinylöstradiol, Ethinylestradiol (EE2)	x					
17b-Östradiol, Estradiol (E2)	x					
Östriol (E3)	x					
Östron, Estron (E1)	x	x				
<b>Arzneimittel</b>						
4-Acetylaminoantipyrin	x	x				
4-Formylaminoantipyrin (FAA)	x	x				
Acetylsulfamethoxazol, N4-Acetylsulfamethoxazol	x	x				

## Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge

Detektierte Stoffe in den jeweiligen Stoffgruppen	Geografisches Gebiet 1 <sup>(1)</sup>		Geografisches Gebiet 2 <sup>(2)</sup>		Geografisches Gebiet 3 <sup>(3)</sup>	
	Mischwasser	Niederschlagswasser	Mischwasser	Niederschlagswasser	Mischwasser	Niederschlagswasser
Amidotrizoesäure, Diatrizoat	x					
Atenolol (ANL)	x				x	
Atorvastatin	x					
Azithromycin	x					
Bezafibrate (BZF)	x	x				
Bisoprolol	x	x				
Bupropion	x					
Carbamazepine (CBZ)	x	x			x	
CBZ-DiOH	x	x				
Citalopram	x					
Clarithromycin	x	x				
Clopidogrel	x					
Codein	x					
Diclofenac (DCF)	x	x			x	
Diphenhydramid					x	
Enalapril	x					
Erythromycin	x	x				
Furosemid	x	x				
Gabapentin	x	x				
Gemfibrozil					x	
Hydrochlorothiazid	x	x				
Ibuprofen (IBF)	x	x			x	
Ioversol	x	x				
Irbesartan	x					
Josamycin	x					
Ketoprofen	x					
Koffein	x	x			x	
Levetiracetam	x					
Mefenamensäure, Mefenamic acid	x	x				
Metformin	x	x				
Metoprolol (MPL)	x	x				
Metronidazol	x					
Naproxen (NPX)	x				x	
Oxazepam	x					

Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge

Detektierte Stoffe in den jeweiligen Stoffgruppen	Geografisches Gebiet 1 (¹)		Geografisches Gebiet 2 (²)		Geografisches Gebiet 3 (³)	
	Mischwasser	Niederschlagswasser	Mischwasser	Niederschlagswasser	Mischwasser	Niederschlagswasser
Oxcarbazepin	x					
Pantoprazol	x	x				
Paracetamol, Acetaminophen	x	x				
Pentoxifyllin	x					
Phenazon	x					
Primidon	x				x	
Propranolol (PNL)	x					
Propyphenazon	x					
Quetiapin	x					
Sitagliptin	x					
Sotalol	x					
Sulfamethoxazole (SMX)	x				x	
Theophyllin		x				
Tramadol	x	x				
Trazodon	x					
Trimethoprim	x				x	
Valsartan	x	x				
Venlafaxin	x					
<b>Kontrastmittel</b>						
Diatrizoic acid (DIA)	x					
Iohexol (IOH)	x				x	
Iomeprol (IOM)	x	x				
Iopamidol (IOPA)	x	x			x	
Iopromide (IOPM)	x	x			x	
<b>Pestizide</b>						
2,4-Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D)	x	x				
2-Methyl-4-chlorphenoxyessigsäure (MCPA)	x	x	x	x		
Aldrin			x	x		
Amino methyl phosphonic acid (AMPA)		x	x	x		
Aminotriazole			x	x		
Anhraquinon					x	
Atrazin	x		x			
Benzoisothiazolinon (BIT)		x		x		

## Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge

Detektierte Stoffe in den jeweiligen Stoffgruppen	Geografisches Gebiet 1 <sup>(1)</sup>		Geografisches Gebiet 2 <sup>(2)</sup>		Geografisches Gebiet 3 <sup>(3)</sup>	
	Mischwasser	Niederschlagswasser	Mischwasser	Niederschlagswasser	Mischwasser	Niederschlagswasser
Carbendazim (CZIM)	x	x	x	x		
Chlorfenvinphos				x		
Chloridazon-desphenyl	x					
Chloridazon-methyl-desphenyl	x					
Chlorpyrifos, Chlorpyrifosethyl				x		
Clothianidin	x					
Cybutryn, Irgarol	x	x	x	x		
Desethylatrazin (DEA)			x	x		
Desethylsimazin (DES)				x		
Diazinon	x	x				
Dicamba		x				
Dichlobenil	x	x				
Dichlorooctylisothiazolinone (DCOIT)			x			
Dieldrin			x	x		
Diethyltoluamid (DEET)	x	x			x	
Diflufenican				x		
Diuron (DIU)	x	x	x	x		
DNOC	x	x				
Endrin				x		
Ethofumesate	x					
Glufosinat				x		
Glyphosat	x	x	x	x		
Iodocarb (IPBC)	x	x	x			
Isoproturon (ISO)	x	x	x	x		
Mecoprop (MCP)	x	x	x	x		
Mecoprop (P+R)	x	x				
Metaldehyde				x		
Methylisothiazolinone (MI)			x	x		
Metolachlor	x	x				
N,N-Dimethylsulfamide	x	x				
Octylisothiazolinon (OIT)		x	x	x		
Propiconazole (PBZ)			x	x		
Saccharin	x	x				
Simazin				x		

Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge

Detektierte Stoffe in den jeweiligen Stoffgruppen	Geografisches Gebiet 1 (¹)		Geografisches Gebiet 2 (²)		Geografisches Gebiet 3 (³)	
	Mischwasser	Niederschlagswasser	Mischwasser	Niederschlagswasser	Mischwasser	Niederschlagswasser
Tebuconazol (TBU)		x	x	x		
Terbuthylazine	x	x	x	x		
Terbuthylazine-2-hydroxy	x					
Terbuthylazine-2-hydroxy-desethyl	x	x				
Terbuthylazine-desethyl	x	x				
Terbutryn (TBY)	x	x	x	x		
Thiamethoxam	x					
Thiamethoxam Metabolit CGA 353968	x					
Triclosan (TCS)	x				x	
Tritosulfuron Metabolit BH 635-2		x				
<b>Organophosphate</b>						
Triethyl phosphate (TEP)	x					
Tri-iso-butylphosphat (TIBP)	x	x				
Tri-n-butylphosphat (TnBP)		x			x	
Triphenyl phosphate (TPP)	x				x	
Triphenylphosphine oxide (TPPO)	x					
Tris(1,3-dichlorisopropyl)phosphate (TDCP)	x	x				
Tris(1-chloro-2-propyl)phosphate (TCPP)	x	x			x	
Tris(2-butoxyethyl)phosphat (TBEP)	x	x			x	
Tris(2-chloroethyl)phosphat (TCEP)	x	x			x	
Tris(dichloroisopropyl)phosphate (TDIP)					x	
<b>Polychlorierte Biphenyle</b>						
PCB 101			x	x		
PCB 118			x	x		
PCB 138			x	x		
PCB 153			x	x		
PCB 180			x	x		
PCB 28			x	x		
PCB 52				x		

## Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge

Detektierte Stoffe in den jeweiligen Stoffgruppen	Geografisches Gebiet 1 <sup>(1)</sup>		Geografisches Gebiet 2 <sup>(2)</sup>		Geografisches Gebiet 3 <sup>(3)</sup>	
	Mischwasser	Niederschlagswasser	Mischwasser	Niederschlagswasser	Mischwasser	Niederschlagswasser
<b>künstlicher Süßstoff</b>						
Acesulfame (ACE)	x	x			x	
Sucralose (SUC)	x				x	
<b>Kosmetikprodukte</b>						
Camphor					x	
Galaxolide (HHCB)	x				x	
Propylparaben					x	
Tonalide (AHTN)	x				x	
Triclocarban					x	
<b>Sonstige Spurenstoffe</b>						
1,2-Trans-dichlorethylen						x
1,3-Dichloropropylene						x
3-β-Coprostanol					x	
Adsorbierbare organische Halogenverbindungen (AOX)		x				
Bromoform						x
Carbazole					x	
Chlordibrommethan						x
Chlorethylvinylether						x
Chlorid	x	x	x	x		x
Cholesterol					x	
Cotinine					x	
Cyanid						x
Dichlorobromoethane						x
Methylbromid						x
Mineralöle		x		x		x
Nikotin		x				
Öl und Fett						x
p-Cresol					x	
Petroleum						x
Sulfat	x	x		x		x
Trans-1,3-Dichlorpropen						x
Triethylcitrat					x	
β-Sigmastanol					x	
β-Sitosterol					x	



- (<sup>1</sup>) (Brombach & Fuchs, 2002; Regnery & Püttmann, 2010; Stauffer & Ort, 2012; Clara et al., 2014; 2019; Matzinger et al., 2015; Launay, 2017; Bohren et al., 2019; Nickel & Fuchs, 2019)
- (<sup>2</sup>) (Brombach & Fuchs, 2002; Birch et al., 2011; Gasperi et al., 2012; Moilleron et al., 2012; Barraud et al., 2014; Bester et al., 2014b; 2014a)
- (<sup>3</sup>) (Brombach & Fuchs, 2002; Phillips & Chalmers, 2009; Ryu et al., 2014; Clary et al., 2018)

Tabelle 5-16: Stoffkonzentrationen aus der Studie Clara et al. (2014)

Angegebene Stoffkonzentrationen	(Clara et al., 2014)		
	Mischwasser unbehandelt	Mischwasser behandelt	Niederschlagswasser
	Mittelwert (µg/L)		
<b>Metalle</b>			
Blei (Pb)	2.1-6.0	5.5-8.7	1.5-5.2
Cadmium (Cd)	0.074	0.094-0.11	0.077-0.085
Chrom (Cr)	0.5-5	7.6-11	0.25-2.8
Kupfer (Cu)	23	32	22
Nickel (Ni)	2.2-3.0	6.1-6.6	1.7-2.6
Quecksilber (Hg)	0.037	0.15	0.017
Zink (Zn)	140	110	120
<b>Industriechemikalien</b>			
Bisphenol-A (BPA)	0.38	0.30	0.94
Nonylphenoldiethoxylat (NP2EO)	0.18-0.21	0.014-0.064	0.037-0.078
Nonylphenole (NP)	1.0	0.46	0.76-0.77
Nonylphenolmonocarboxylat (NP1EC)	0.22	0.23	0.095-0.13
Nonylphenolmonoethoxylat (NP1EO)	0.43-0.44	0.34-0.36	0.037-0.078
Octylphenol (OP)	0.12-0.13	0.053-0.067	0.13-0.15
<b>Phthalate</b>			
Bis(2-methoxyethyl)phthalat		0.0071-0.057	
Dibutylphthalat (DBP)	0.016-0.037	0.031-0.054	
Dicyklohexylphthalat (DCHP)	0.012-0.036	0.016-0.038	
Diethylhexylphthalat (DEHP)	0.60-0.65	1.7	0.78-0.84
Diethylphthalat (DEP)	0.15	0.059-0.080	
Diisobutylphthalat (DiIBP)	0.059-0.080	0.11-0.13	
Diisodecylphthalat (DiIDP)	0.59-0.74	0.11-0.27	0.58-0.70
Diisoheptylphthalat	0.051-0.21		
Diisononylphthalat (DINP)	1.1	0.92-0.98	0.73-0.85
Diocetylphthalat (DOP)		0.0043-0.033	
<b>Polybromierte Diphenylether (PBDE)</b>			

Angegebene Stoffkonzentrationen	(Clara et al., 2014)		
	Mischwasser unbehandelt	Mischwasser behandelt	Niederschlagswasser
	Mittelwert (µg/L)		
BDE 100	0.00023	0.00014	0.000018-0.000027
BDE 118		0.0000056-0.000010	
BDE 153	0.000064-0.00012	0.000047-0.000066	0.0000021-0.000056
BDE 154	0.000049-0.000064	0.000028-0.000038	0.00000052-0.000011
BDE 181		0.0000064-0.000012	0.000011-0.000067
BDE 183	0.00000026-0.00023		0.00000057-0.00028
BDE 196	0.00000090-0.00038	0.00019-0.00037	0.00057-0.00079
BDE 197	0.00000049-0.00022	0.00000036-0.00022	0.00042
BDE 203	0.0000011-0.00046	0.00031-0.00055	0.00083-0.0011
BDE 207	0.0000046-0.0047	0.0000093-0.0051	0.0043
BDE 209	0.000067-0.090	0.044-0.096	0.000053-0.060
BDE 28	0.000013-0.000018	0.0000071-0.000018	
BDE 47	0.0014	0.0011	0.00025-0.00029
BDE 49	0.000016-0.000024	0.000023-0.000024	0.00000030-0.0000062
BDE 66	0.0000036-0.0000088	0.0000050-0.000016	
BDE 85	0.000018-0.000027	0.000025-0.000035	
BDE 99	0.0012-0.0013	0.00071-0.00076	0.000069-0.00014
<b>Organozinnverbindungen</b>			

Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge

Angegebene Stoffkonzentrationen	(Clara et al., 2014)		
	Mischwasser unbehandelt	Mischwasser behandelt	Niederschlagswasser
	Mittelwert (µg/L)		
Dibutylzinnverbindungen (DBT)	0.0041	0.0044	0.0015
Diphenylzinnverbindungen (DPT)	0.00020-0.00025	0.0022	
Tetrabutylzinnverbindungen (TTBT)	0.000029-0.00013	0.00011-0.00020	0.00060-0.00068
Tributylzinnverbindungen (TBT)	0.00071	0.033	0.00067-0.00072
Triphenylzinnverbindungen (TPT)	0.00027-0.00032	0.0000063-0.00015	0.00011-0.00017
<b>Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs)</b>			
Acenaphthen (ACN)	0.0058-0.0093	0.0031-0.0070	0.0025-0.0074
Anthracen (ANT)	0.0047-0.021		
Benzo[a]anthracen (BaA)	0.0056-0.0057	0.0022-0.0024	0.00053-0.00097
Benzo[b]fluoranthren (BbF)	0.0017-0.0045	0.00066-0.0040	
Benzo[g,h,i]perylen (BghiP)	0.0025-0.0026	0.0016-0.0017	0.00063-0.00097
Benzo[k]fluoranthren (BkF)	0.0014-0.0047		
Chrysen (Chr)	0.010	0.0027-0.0031	0.0014-0.0020
Fluoranthren (Fluo)	0.0071-0.024	0.0033-0.020	
Fluoren (FL)	0.0046-0.0086	0.0022-0.0079	
Indeno[1,2,3-c,d]pyren (IP)	0.0017-0.0019	0.0014-0.0015	0.00035-0.00077
Phenanthren (PHE)	0.018	0.015	0.0049-0.0054
Pyren (Pyr)	0.015	0.012-0.014	0.0047-0.0060
Perfluoroktansäure (PFOA)	0.0095	0.0073	0.0098
Perfluoroktansulfonsäure (PFOS)	0.0062	0.011	0.0051
<b>Hormone</b>			

Angegebene Stoffkonzentrationen	(Clara et al., 2014)		
	Mischwasser unbehandelt	Mischwasser behandelt	Niederschlagswasser
	Mittelwert (µg/L)		
17a-Ethinylöstradiol, Ethinylestradiol (EE2)		0.000029-0.00023	
17b-Östradiol, Estradiol (E2)	0.0013-0.0014	0.00059-0.00076	
Östriol (E3)	0.0063-0.0065	0.0041-0.0043	
Östron, Estron (E1)	0.0025-0.0026	0.0030-0.0031	0.00060-0.00074
<b>Pestizide</b>			
Carbendazim (CZIM)	0.050-0.056	0.068-0.076	
Chloridazon-desphenyl	0.080-0.0925	0.10-0.11	
Chloridazon-methyl-desphenyl	0.013-0.038	0.017-0.042	
Clothianidin	0.0063-0.031	0.0042-0.029	
Diuron (DIU)	0.15	0.11-0.12	
Ethofumesate	0.046-0.065	0.014-0.035	
Metolachlor	0.055-0.068	0.033-0.050	0.00625-0.03125
N,N-Dimethylsulfamide	0.039-0.052	0.096-0.10	0.09425-0.09425
Terbutylazine	0.075-0.088	0.043-0.060	0.00625-0.03125
Terbutylazine-2-hydroxy	0.034-0.046	0.0042-0.029	
Terbutylazine-2-hydroxy-desethyl	0.013-0.038	0.0042-0.029	0.00625-0.03125
Terbutylazine-desethyl	0.019-0.044	0.013-0.034	0.0325-0.05125
Thiamethoxam	0.033-0.046	0.039-0.056	

Tabelle 5-17: Stoffkonzentrationen aus den Studien Clara et al. (2019) und Matzinger et al. (2015)

Angegebene Stoffkonzentrationen	(Clara et al., 2019)				(Matzinger et al., 2015)
	Mischwasser	Niederschlagswasser Graz	Niederschlagswasser Vorarlberg	Niederschlagswasser Ostösterreich	Niederschlagswasser
	Mittelwert (µg/L) Stoffnachweis in mehr als 50% der Proben				Mittelwert (µg/L)
<b>Metalle</b>					
Blei (Pb)	8.65	18.1	2.32	7.75	67.5 (3.11 (1))
Cadmium (Cd)	0.075	0.17	0.015	0.054	0.61 (0.15 (1))
Chrom (Cr)	13	52.7	2.18	23.7	10.6 (0.94 (1))
Kupfer (Cu)		36.5	17.0	82.5	253 (49.5 (1))
Nickel (Ni)	9.45	35.8	1.18	12.5	7.81 (2.07 (1))
Quecksilber (Hg)	0.045	0.035	0.012	0.037	
Titan (Ti)					54.6 (2.10 (1))
Vanadium (V)					6.32 (1.15 (1))
Zink (Zn)	165	180	26.8	212	954 (592 (1))
<b>Industriechemikalien</b>					
1H-benzotriazole, Benzotriazol (BTR)					0.45
2-Hydroxybenzothiazol (OH-BT)					0.56
2-Methylthiobenzothiazol (MTBT)					0.17
2-Phenylphenol					0.27
4-tert-Octylphenol (4-TOP)					0.10

Angegebene Stoffkonzentrationen	(Clara et al., 2019)				(Matzinger et al., 2015)
	Mischwasser	Niederschlagswasser Graz	Niederschlagswasser Vorarlberg	Niederschlagswasser Ostösterreich	Niederschlagswasser
	Mittelwert (µg/L) Stoffnachweis in mehr als 50% der Proben				Mittelwert (µg/L)
Benzothiazol (BT)					0.54
Bisphenol F (BPF)					0.05
Bisphenol-A (BPA)					0.09
Methylbenzotriazol, Tolyltriazole (MBT)					0.43
Nonylphenole (NP)	0.26				2.17
<b>Phthalate</b>					
Benzylbutylphthalat					0.09
Dibutylphthalat (DBP)					0.18
Diethylhexylphthalat (DEHP)	0.79				1.67
Diethylphthalat (DEP)					0.10
Diisodecylphthalat (DiDP)					11.72 (2)
Diisononylphthalat (DINP)					11.72 (2)
Dimethylphthalat (DMP)					0.04
Diocetylphthalat (DOP)					0.29
<b>Polybromierte Diphenylether (PBDE)</b>	0.002				
<b>Organozinnverbindungen</b>					
Dibutylzinnverbindungen (DBT)	0.000535				
<b>Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs)</b>					
Acenaphthylen (ACY)					0.01
Anthracen (ANT)					0.03
Benzo[a]anthracen (BaA)					0.14
Benzo[a]pyren (BaP)					0.09

Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge

Angegebene Stoffkonzentrationen	(Clara et al., 2019)				(Matzinger et al., 2015)
	Mischwasser	Niederschlagswasser Graz	Niederschlagswasser Vorarlberg	Niederschlagswasser Ostösterreich	Niederschlagswasser
	Mittelwert (µg/L) Stoffnachweis in mehr als 50% der Proben				Mittelwert (µg/L)
Benzo[b]fluoranthen (BbF)	0.0025				0.16
Benzo[g,h,i]perylen (BghiP)	0.0030				0.06
Benzo[k]fluoranthen (BkF)					0.06
Chrysen (Chr)					0.17
Dibenz[a,h]anthracen (DahA)					0.02
Fluoranthen (Fluo)	0.018	0.008	0.0026-0.0031	0.074	0.40
Fluoren (FL)	0.005	0.0033	0.0024-0.0025	0.011	0.02
Indeno[1,2,3-c,d]pyren (IP)					0.07
Naphthalin (NAP)	0.015	0.010	0.012	0.069	
Phenanthren (PHE)	0.027	0.018	0.011-0.012	0.064	0.16
Pyren (Pyr)	0.015	0.0062	0.0021-0.0022	0.063	0.34
Perfluoroktansäure (PFOA)		0.0028	0.0019	0.0047	0.01
Perfluoroktansulfonsäure (PFOS)					0.01
<b>Arzneimittel</b>					
4-Formylaminoantipyrin (FAA)					0.05
Gabapentin					0.02
Koffein					1.20
<b>Pestizide</b>					
2,4-Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D)					0.01
Amino methyl phosphonic acid (AMPA)					0.12



Angegebene Stoffkonzentrationen	(Clara et al., 2019)				(Matzinger et al., 2015)
	Mischwasser	Niederschlagswasser Graz	Niederschlagswasser Vorarlberg	Niederschlagswasser Ostösterreich	Niederschlagswasser
	Mittelwert (µg/L) Stoffnachweis in mehr als 50% der Proben				Mittelwert (µg/L)
Benzoisothiazolinon (BIT)					0.09
Carbendazim (CZIM)					0.13
Cybutryn, Irgarol					0.01
Desethylterbutylazin					0.06
Diazinon					0.01
Diethyltoluamid (DEET)					0.03
Diuron (DIU)	0.12				0.08
Glyphosat					0.34
Isoproturon (ISO)					0.02
Mecoprop (MCP)					0.51
Octylisothiazolinon (OIT)					0.01
Tebuconazol (TBU)					0.02
Terbutylazine					0.06
Terbutryn (TBY)					0.05
<b>Organophosphate</b>					
Tri-iso-butylphosphat (TIBP)					0.10 <sup>(3)</sup>
Tri-n-butylphosphat (TnBP)					0.10 <sup>(3)</sup>
Tris(1,3-dichlorisopropyl)phosphate (TDCP)					0.03
Tris(1-chloro-2-propyl)phosphate (TCPP)					0.40
Tris(2-butoxyethyl)phosphat (TBEP)					1.54
Tris(2-chloroethyl) phosphat (TCEP)					0.08
<b>künstlicher Süßstoff</b>					

Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge

Angegebene Stoffkonzentrationen	(Clara et al., 2019)				(Matzinger et al., 2015)
	Mischwasser	Niederschlagswasser Graz	Niederschlagswasser Vorarlberg	Niederschlagswasser Ostösterreich	Niederschlagswasser
	Mittelwert (µg/L) Stoffnachweis in mehr als 50% der Proben				Mittelwert (µg/L)
Acesulfame (ACE)					0.26
<b>Sonstige Spurenstoffe</b>					
Nikotin					1.32
(1) Gelöst (2) Summe von Diisodecylphthalat (DiDP) und Diisononylphthalat (DINP) (3) Summe von Tri-iso-butylphosphat (TIBP) und Tri-n-butylphosphat (TnBP)					

Tabelle 5-18: Stoffkonzentrationen aus den Studien Launay (2017) und Regnery & Püttmann (2010)

Angegebene Stoffkonzentrationen	(Launay, 2017)	(Regnery & Püttmann, 2010)		
	Mischwasser	Niederschlagswasser Frankfurt/Main	Niederschlagswasser Bekond	Niederschlagswasser Kl. Feldberg
	Mittelwert (µg/L)	Median (µg/L)		
<b>Industriechemikalien</b>				
1H-benzotriazole, Benzotriazol (BTR)	0.906			
2-Methylthiobenzothiazol (MTBT)	0.161			
4-Methylbenzotriazole (4-MBT)	0.476			
4-Nonylphenol, p-Nonylphenol (4-NP)	0.414			
4-tert-Octylphenol (4-TOP)	0.308			
5-Methylbenzotriazole (5-MBT)	0.442			
Benzothiazol (BT)	0.585			
Bisphenol-A (BPA)	0.3			
<b>Phthalate</b>				
Diethylhexylphthalat (DEHP)	2.643			
<b>Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs)</b>				
Acenaphthen (ACN)	0.005			
Acenaphthylen (ACY)	0.015			
Anthracen (ANT)	0.027			
Benzo[a]anthracen (BaA)	0.091			
Benzo[a]pyren (BaP)	0.091			
Benzo[b]fluoranthen (BbF)	0.157			
Benzo[g,h,i]perylene (BghiP)	0.094			
Benzo[k]fluoranthen (BkF)	0.062			

## Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge

Angegebene Stoffkonzentrationen	(Launay, 2017)	(Regnery & Püttmann, 2010)		
	Mischwasser	Niederschlagswasser Frankfurt/Main	Niederschlagswasser Bekond	Niederschlagswasser Kl. Feldberg
	Mittelwert (µg/L)	Median (µg/L)		
Chrysen (Chr)	0.111			
Dibenz[a,h]anthracen (DahA)	0.018			
Fluoranthren (Fluo)	0.175			
Fluoren (FL)	0.021			
Indeno[1,2,3-c,d]pyren (IP)	0.088			
Phenanthren (PHE)	0.091			
Pyren (Pyr)	0.153			
<b>Arzneimittel</b>				
Atenolol (ANL)	0.041			
Bezafibrate (BZF)	0.09			
Carbamazepine (CBZ)	0.084			
Diclofenac (DCF)	0.157			
Ibuprofen (IBF)	1.239			
Koffein	9.03			
Metoprolol (MPL)	0.2			
Naproxen (NPX)	0.118			
Propranolol (PNL)	0.009			
Sulfamethoxazole (SMX)	0.023			
<b>Kontrastmittel</b>				
Diatrizoic acid (DIA)	0.019			
Iohexol (IOH)	0.144			
Iomeprol (IOM)	0.207			
Iopamidol (IOPA)	0.095			
Iopromide (IOPM)	0.212			

Angegebene Stoffkonzentrationen	(Launay, 2017)	(Regnery & Püttmann, 2010)		
	Mischwasser	Niederschlagswasser Frankfurt/Main	Niederschlagswasser Bekond	Niederschlagswasser Kl. Feldberg
	Mittelwert (µg/L)	Median (µg/L)		
<b>Pestizide</b>				
2-Methyl-4-chlorphenoxyessigsäure (MCPA)	0.02			
Carbendazim (CZIM)	0.031			
Diethyltoluamid (DEET)	0.068			
Diuron (DIU)	0.321			
Isoproturon (ISO)	0.098			
Mecoprop (MCP)	0.171			
Terbutryn (TBY)	0.085			
Triclosan (TCS)	0.122			
<b>Organophosphate</b>				
Triethyl phosphate (TEP)	0.772			
Tri-iso-butylphosphat (TIBP)	0.2	0.106	0.014	0.041
Tri-n-butylphosphat (TnBP)		0.108	0.016	0.064
Triphenyl phosphate (TPP)	0.139			
Triphenylphosphine oxide (TPPO)	0.107			
Tris(1,3-dichlorisopropyl)phosphat (TDCP)	0.122	0.005	0.007	0.016
Tris(1-chloro-2-propyl)phosphat (TCPP)	1.2	0.403 (1)	0.134	0.057
Tris(2-butoxyethyl)phosphat (TBEP)	1.83	0.021		0.017
Tris(2-chloroethyl) phosphat (TCEP)	0.228	0.071	0.012	0.04
<b>künstlicher Süßstoff</b>				

## Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge

Angegebene Stoffkonzentrationen	(Launay, 2017)	(Regnery & Püttmann, 2010)		
	Mischwasser	Niederschlagswasser Frankfurt/Main	Niederschlagswasser Bekond	Niederschlagswasser Kl. Feldberg
	Mittelwert (µg/L)	Median (µg/L)		
Acesulfame (ACE)	2.965			
Sucralose (SUC)	0.752			
<b>Kosmetikprodukte</b>				
Galaxolide (HHCB)	0.184			
Tonalide (AHTN)	0.031			
(1) Summe von tris(2-chloro-1-methylethyl) phosphate und bis(1-chloro-2-propyl)-2-chloro-propyl phosphate				

Tabelle 5-19: Stoffkonzentrationen aus der Studie Birch et al. (2011)

Angegebene Stoffkonzentrationen	(Birch et al., 2011)			
	Mischwasser Scherfigsvej	Niederschlagswasser Digevej	Niederschlagswasser Fabriksparken	Niederschlagswasser Ejby mose
	jeweils 1 Event (µg/L)			
<b>Metalle</b>				
Blei (Pb)	19.2	72.4	23.3	9.8–37
Cadmium (Cd)	0.28	0.63	0.34	0.11–0.32
Chrom (Cr)				0.41–1.8
Kupfer (Cu)	75	154.6	52.1	22–57
Nickel (Ni)	13.4	40.5	11.7	0.93–2.4
Zink (Zn)				74–180
<b>Industriechemikalien</b>				
Benzol				<2
Chloroform, Trichlormethan (TCM)	<0.02			
Chlorparaffine, C <sub>10-13</sub> -Chloralkane (CP)				<0.4
Nonylphenoldiethoxylat (NP2EO)	<0.1			<0.01
Nonylphenole (NP)	<0.1	0.32	0.1	0.17–0.43
Nonylphenoethoxylat (NPEO)	<0.1			<0.01
Octylphenol polyethoxylates (OPEs)				<0.5–12
Perchloroethylene, Tetrachlorethylen (PCE)	0.58			<0.02
Trichlorethylen (TCE)	0.17			<0.02
<b>Phthalate</b>				
Diethylhexylphthalat (DEHP)	57	8.5	3.5	2.9–8.4
<b>Polybromierte Diphenylether (PBDE)</b>	<0.005	<0.005	<0.005	
<b>Organozinnverbindungen</b>				
Dibutylzinnverbindungen (DBT)	<0.005	0.009	0.009	
Monobutylzinnverbindung (MBT)	<0.01	0.048	0.072	

Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge

Angegebene Stoffkonzentrationen	(Birch et al., 2011)			
	Mischwasser Scherfigsvej	Niederschlagswasser Digevej	Niederschlagswasser Fabriksparken	Niederschlagswasser Ejby mose
	jeweils 1 Event (µg/L)			
Tributylzinnverbindungen (TBT)	<0.004	<0.004	<0.004	
<b>Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs)</b>	17.35	4383	1576	0.197-0.707
Acenaphthen (ACN)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Acenaphthylen (ACY)	0.029	0.039	0.028	0.013–0.024
Anthracen (ANT)	0.22	0.084	0.037	
Benzo[a]anthracen (BaA)	1	0.21	0.066	<0.01–0.042
Benzo[a]pyren (BaP)	1.6	0.31	0.06	<0.01–0.064
Benzo[b]fluoranthen (BbF)	3.1 (1)	1 (1)	0.26 (1)	0.046–0.12 (1)
Benzo[g,h,i]perylen (BghiP)	1.4	0.47	0.16	0.026–0.085
Benzo[j]fluoranthen (BjF)	3.1 (1)	1 (1)	0.26 (1)	0.046–0.12 (1)
Benzo[k]fluoranthen (BkF)	3.1 (1)	1 (1)	0.26 (1)	0.046–0.12 (1)
Chrysen (Chr)	0.76	0.38	0.25	0.052–0.14
Dibenz[a,h]anthracen (DahA)	0.19	<0.01	<0.01	
Fluoranthen (Fluo)	2	0.55	0.18	
Fluoren (FL)	0.13	0.028	0.014	
Indeno[1,2,3-c,d]pyren (IP)	2.6	0.39	0.12	0.016–0.044
Naphthalin (NAP)	1.4	0.072	0.021	
Phenanthren (PHE)	0.82	0.29	0.11	
Pyren (Pyr)	2.1	0.56	0.27	0.044–0.19
<b>Pestizide</b>				



Angegebene Stoffkonzentrationen	(Birch et al., 2011)			
	Mischwasser Scherfigsvej	Niederschlagswasser Digevej	Niederschlagswasser Fabriksparken	Niederschlagswasser Ejby mose
	jeweils 1 Event (µg/L)			
2-Methyl-4-chlorphenoxyessigsäure (MCPA)	<0.01	<0.01	0.018	
Amino methyl phosphonic acid (AMPA)	1.3	0.077	0.13	0.06–0.33
Diuron (DIU)	0.48	<0.01	<0.01	
Glyphosat	1.3	0.043	0.17	0.59–0.94
Isoproturon (ISO)	0.2	<0.01	<0.01	
Terbutylazine	0.2	<0.01	<0.01	
(1) Summe von Benzo[b]fluoranthen (BbF), Benzo[j]fluoranthen (BjF) und Benzo[k]fluoranthen (BkF)				

Tabelle 5-20: Stoffkonzentrationen aus der Studie Bester et al. (2014b)

Angegebene Stoffkonzentrationen	(Bester et al., 2014b)		
	Mischwasser Bjergmarken (1 Event)	Mischwasser Bjergmarken (1 Event)	Mischwasser Öresundsverket (2 Stichprobe)
	(µg/L)		
<b>Pestizide</b>			
Carbendazim (CZIM)	0.037	0.015-0.058	0.016/0.055
Cybutryn, Irgarol	0.003	< 0.002	
Diuron (DIU)	0.013	0.009-0.026	0.005/0.008
Isoproturon (ISO)	0.015	0.009-0.016	0.003/0.004
Mecoprop (MCP)	0.031	0.008-0.03	0.033/0.034
Propiconazole (PBZ)	0.115	0.018-0.071	0.004/0.005
Tebuconazol (TBU)	0.025	0.008-0.028	0.0004/0.001
Terbutryn (TBY)	0.026	0.005-0.024	0.005/0.007

Tabelle 5-21: Stoffkonzentrationen aus der Studie Barraud et al. (2014)

Angegebene Stoffkonzentrationen	(Barraud et al., 2014)			
	Niederschlagswasser Sucy	Niederschlagswasser Pin Sec	Niederschlagswasser Chassieu	Niederschlagswasser (Sucy+Pin Sec+Chassieu)
	Mittelwert (µg/L)			
<b>Metalle</b>				
Arsen (As)	1.18	4.04	0.88	
Blei (Pb)				21.52
Cadmium (Cd)				0.32
Chrom (Cr)	3.55	1.95	6.2	
Cobalt (Co)				3.45
Kupfer (Cu)	38	14.87	34.62	
Molybdän (Mo)				7.68
Nickel (Ni)	2.88	3.14	6.64	
Strontium (Sr)	112.83	28.98	51.4	
Titan (Ti)				27.8
Vanadium (V)				4.86
Zink (Zn)	212.35	126.34	239.78	
<b>Industriechemikalien</b>				
4-tert-Octylphenol (4-TOP)				0.061
Bisphenol-A (BPA)				0.552
Nonylphenoldiethoxylat (NP2EO)				0.164
Nonylphenole (NP)				0.359
Nonylphenolmonocarboxylat (NP1EC)				0.466
Nonylphenolmonoethoxylat (NP1EO)				0.347
Octylphenol diethoxylat (OP2EO)				0.01
Octylphenol monoethoxylat (OP1EO)				0.023

Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge

Angegebene Stoffkonzentrationen	(Barraud et al., 2014)			
	Niederschlagswasser Sucey	Niederschlagswasser Pin Sec	Niederschlagswasser Chassieu	Niederschlagswasser (Sucey+Pin Sec+Chassieu)
	Mittelwert (µg/L)			
<b>Polybromierte Diphenylether (PBDE)</b>	0.023	0.091	0.232-0.098	
BDE 209	0.025	0.09	0.086-0.098	
<b>Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs)</b>	1.362	0.892	1.135	
Fluoranthen (Fluo)	0.217	0.105	0.097	
Pyren (Pyr)	0.176	0.104	0.088	
<b>Pestizide</b>				
Amino methyl phosphonic acid (AMPA)				0.824
Carbendazim (CZIM)				0.213
Diuron (DIU)				1.213
Glufosinat				0.756
Glyphosat				0.337
Isoproturon (ISO)				0.088
Mecoprop (MCP)				0.003

Tabelle 5-22: Stoffkonzentrationen aus den Studien Moilleron et al. (2012) und Brombach & Fuchs (2002)

Angegebene Stoffkonzentrationen	(Moilleron et al., 2012)	(Brombach & Fuchs, 2002)			
	Niederschlagswasser	Mischwasser Zentraleuropa	Niederschlagswasser Zentraleuropa	Mischwasser Welt	Niederschlagswasser Welt
		Median (µg/L)	Mittelwert (µg/L)		
<b>Metalle</b>					
Blei (Pb)	27	90	196	96	209
Cadmium (Cd)		2.59	4.71	4.34	5.3
Chrom (Cr)	4.5	21.72	26	21.56	38.34
Kupfer (Cu)	55	109	121.8	133.1	133.2
Nickel (Ni)		22.9	60.7	23.7	43.3
Quecksilber (Hg)		0.04	0.4	0.04	0.94
Zink (Zn)	270	474	760	371	445
<b>Industriechemikalien</b>					
4-tert-Butylphenol (4-TBP)	0.11				
4-tert-Octylphenol (4-TOP)	0.11				
Dichlormethan, Methylenchlorid	<1				
Ethylbenzol	<0.5				
Nonylphenole (NP)	0.75				
Perchloroethylene, Tetrachlorethylen (PCE)	<0.02				
Toluol	<0.5				
Xylole	<0.5				
<b>Phthalate</b>					
Diethylhexylphthalat (DEHP)	22				
<b>Organozinnverbindungen</b>					
Dibutylzinnverbindungen (DBT)	0.072				
Monobutylzinnverbindung (MBT)	0.101				

## Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge

Angegebene Stoffkonzentrationen	(Moilleron et al., 2012)	(Brombach & Fuchs, 2002)			
	Niederschlagswasser	Mischwasser Zentraleuropa	Niederschlagswasser Zentraleuropa	Mischwasser Welt	Niederschlagswasser Welt
	Median (µg/L)	Mittelwert (µg/L)			
Tributylzinnverbindungen (TBT)	<0.01				
<b>Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs)</b>	1.327				
Acenaphthen (ACN)	0.015				
Acenaphthylen (ACY)	0.024				
Anthracen (ANT)	0.023				
Benzo[a]anthracen (BaA)	0.053				
Benzo[a]pyren (BaP)	0.066				
Benzo[b]fluoranthen (BbF)	0.134				
Benzo[g,h,i]perylen (BghiP)	0.1				
Benzo[k]fluoranthen (BkF)	0.052				
Chrysen (Chr)	0.104				
Dibenz[a,h]anthracen (DahA)	0.03				
Fluoranthen (Fluo)	0.134				
Fluoren (FL)	0.028				
Indeno[1,2,3-c,d]pyren (IP)	0.08				
Naphthalin (NAP)	0.082				
Phenanthren (PHE)	0.14				
Pyren (Pyr)	0.177				
<b>Pestizide</b>					
Aldrin	<0.02				
Amino methyl phosphonic acid (AMPA)	0.64				
Aminotriazole	0.13				
Chlorfenvinphos	<0.05				
Desethylatrazin (DEA)	<0.03				

Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge

Angegebene Stoffkonzentrationen	(Moilleron et al., 2012)	(Brombach & Fuchs, 2002)			
	Niederschlagswasser	Mischwasser Zentraleuropa	Niederschlagswasser Zentraleuropa	Mischwasser Welt	Niederschlagswasser Welt
	Median (µg/L)	Mittelwert (µg/L)			
Desethylsimazin (DES)	<0.04				
Dieldrin	<0.02				
Diuron (DIU)	0.37				
Endrin	<0.02				
Glyphosat	1.11				
Isoproturon (ISO)	0.03				
Metaldehyde	0.06				
Simazin	<0.01				
<b>Polychlorierte Biphenyle</b>	0.259				
PCB 101	0.033				
PCB 118	0.033				
PCB 138	0.048				
PCB 153	0.048				
PCB 180	0.037				
PCB 28	0.032				
PCB 52	0.031				

Tabelle 5-23: Stoffkonzentrationen aus den Studien Phillips & Chalmers (2009) und Clary et al. (2018)

Angegebene Stoffkonzentrationen	(Phillips & Chalmers, 2009)	(Clary et al., 2018)
	Mischwasser	Niederschlagswasser
	2 Proben (µg/L)	Mittelwert (µg/L)
<b>Metalle</b>		
Blei (Pb)		24.4
Cadmium (Cd)		1.45
Chrom (Cr)		7.1
Kupfer (Cu)		26.5
Nickel (Ni)		7.2
Zink (Zn)		160
<b>Industriechemikalien</b>		
4-Nonylphenol, p-Nonylphenol (4-NP)	1.1-2.4	
Dichlorbenzol	0.078-0.15	
Isophorone	0.039-0.057	
Nonylphenoldiethoxylat (NP2EO)	2.4-7.7	
Octylphenol monoethoxylat (OP1EO)	<0.35	
<b>Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs)</b>		
1-Methylnaphthalin	0.024-0.026	
2,6-Dimethylnaphthalin	0.006-0.025	
2-Methylnaphthalin	0.035-0.040	
Fluoranthren (Fluo)	0.067-0.082	
Phenanthren (PHE)	0.067-0.13	
Pyren (Pyr)	0.041-0.048	
<b>Arzneimittel</b>		
Koffein	11-12	
<b>Pestizide</b>		
Anhraquinon	0.19-0.30	
Diethyltoluamid (DEET)	<1.24	
<b>Organophosphate</b>		



## Anhang G – Literaturrecherche Stoffeinträge

Angegebene Stoffkonzentrationen	(Phillips & Chalmers, 2009)	(Clary et al., 2018)
	Mischwasser	Niederschlagswasser
	2 Proben (µg/L)	Mittelwert (µg/L)
Tri-n-butylphosphat (TnBP)	<0.056	
Triphenyl phosphate (TPP)	0.14-0.17	
Tris(2-butoxyethyl)phosphat (TBEP)	1.0-9.2	
Tris(2-chloroethyl) phosphat (TCEP)	0.082-0.085	
Tris(dichloroisopropyl)phosphate (TDIP)	0.092-0.11	
<b>Kosmetikprodukte</b>		
Camphor	0.18-0.36	
Galaxolide (HHCB)	0.37-0.43	
Tonalide (AHTN)	<0.11	
<b>Sonstige Spurenstoffe</b>		
3-β-Coprostanol	1.58-1.68	
Carbazole	0.045-0.13	
Cholesterol	5.2-6.8	
Cotinine	0.25-0.33	
p-Cresol	0.36-1.2	
Triethylcitrat	0.060-0.16	
β-Sigmastanol	<1.38	
β-Sitosterol	1.09-1.98	