

# Schadstoffemissionen aus Mischwasserentlastungen in Bayern

Jan Philip Nickel, Mike Kemper, Rebecca Eyckmanns-Wolters und  
Stephan Fuchs

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Wasser und  
Gewässerentwicklung (IWG), Fachbereich Siedlungswasserwirtschaft und  
Wassergütwirtschaft, Gotthard-Franz-Straße 3, 76131 Karlsruhe

**Kurzfassung:** Im Rahmen des Forschungsvorhabens „*Qualitative Untersuchung von Mischwasserentlastungen in Bayern*“ werden in einem mehrstufigen Monitoring an 10 Mischwasserbehandlungsanlagen in Bayern Daten zur Entlastungsqualität, zur Anlagenwirksamkeit und zur Dynamik von Entlastungsereignissen erhoben. Die volumenproportionale Beprobung von Entlastungsabflüssen mit Feststoffsammlern ist erfolgreich angelaufen. Aktuell liegen Analyseergebnisse für Feststoff-, Zehr- und Nährstoffparameter, 8 Schwermetalle sowie 34 organische Mikroschadstoffe in 14 Proben von 6 Standorten vor. Aufgrund der hohen Sensitivität der Analytik liegen für den Großteil der analysierten Mikroschadstoffe  $\geq 75\%$  der Messwerte über der Bestimmungsgrenze. Die plausibilisierten Ergebnisse erlauben eine erste Einschätzung mittlerer Emissionen. Neben robusten Bilanzdaten entsteht ein umfangreicher Datensatz als Grundlage für weitere Analysen, wie etwa von Zusammenhängen zwischen Einzugsgebietseigenschaften und der Entlastungsqualität, der saisonalen Verteilung von Schadstoffkonzentrationen, oder der Zusammensetzung von Mischwasserabflüssen.

**Keywords:** Mischwasserentlastungen, Feststoffsammler, Mikroschadstoffe, Feststoffe, AFS63

## 1 Einleitung

Entlastungsabflüsse aus Mischwasserbehandlungsanlagen sind belastet mit Zehr-, Nähr- und Schadstoffen (Clara et al., 2014; Gasperi et al., 2012; Kemper et al., 2015; Wittmer et al., 2010) und bilden für Mikroschadstoffe einen relevanten Eintragspfad in Oberflächengewässer. Sowohl Monito-

ringstudien (Clara et al., 2014; Launay et al., 2016a; Phillips et al., 2012), als auch Stoffeintragsmodellierungen für deutsche Oberflächengewässer (Fuchs et al., 2013) unterstreichen die besondere Bedeutung von Mischwasserentlastungen.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens „*Qualitative Untersuchung von Mischwasserentlastungen in Bayern*“ werden vor diesem Hintergrund drei Fragestellungen adressiert:

- die Abschätzung mittlerer aus Mischwasserentlastungen resultierender Emissionen,
- die Wirksamkeit von Mischwasserbehandlungsanlagen und
- die Dynamik von Stoffkonzentrationen während Entlastungsereignissen.

Dazu werden in einem mehrstufigen Monitoring umfangreiche Daten erhoben.

## **2 Material und Methoden**

### **2.1 Untersuchungskonzept**

In der ersten Messkampagne werden neue Daten zur Entlastungsqualität von Mischwasserentlastungen ermittelt. Das Monitoring umfasst die Beprobung von Entlastungsabflüssen von Mischwasserbehandlungsanlagen in Bayern mittels Feststoffsammlern (siehe 2.3) über einen Zeitraum von zwei Jahren. Hierbei werden Feststoff-, Zehr- und Nährstoffparameter, 8 Schwermetalle, sowie 34 organische Mikroschadstoffe analysiert. Übergeordnetes Ziel ist die Erzeugung solider Bilanzwerte zur Einschätzung der Emissionen in bayerische Oberflächengewässer. Darüber hinaus bietet der entstehende Datensatz die Möglichkeit für weitere Auswertungen.

An ausgewählten Anlagen wird in einer zweiten Messkampagne die Wirksamkeit von Mischwasserbehandlungsanlagen untersucht. Die Installation eines weiteren Feststoffsammlers am Zulauf der Anlagen ermöglicht eine Bilanzierung der Stofffrachten. Das Analysespektrum wird in dieser Projektphase auf wenige Leitparameter reduziert. Die Feststoffe werden dabei als Schlüsselparameter angesehen. Zur Erfassung der

Dynamik einzelner Entlastungsereignisse ist eine dritte Messkampagne vorgesehen, die zeitlich aufgelöste Messungen beinhalten soll.

Die Probenahme der ersten Messkampagne zur Entlastungsqualität begann im November 2016 an den ersten beiden Standorten. Weitere folgten sukzessive. Das Monitoring wird bis Ende 2018 fortgeführt, um über einen Zeitraum von zwei Jahren eine ausreichende Datenbasis für statistische Analysen zu generieren.

## **2.2 Untersuchte Anlagen**

In Zusammenarbeit mit dem Bayerischen Landesamt für Umwelt wurden 10 Mischwasserentlastungsanlagen ausgewählt (Abbildung 1, Tabelle 1), die die Situation in Bayern hinsichtlich der regionalen Verteilung (Topographie, Niederschlag), der Art der Einzugsgebiete (Charakter, Vorentlastungen), der Beckentypen und –volumina repräsentativ abbilden. Weitere Auswahlkriterien waren eine ausreichend hohe Entlastungsaktivität und praktische Aspekte, wie vorhandene Messeinrichtungen, gute Zugänglichkeit, Infrastruktur und Kooperationsbereitschaft der Anlagenbetreiber.

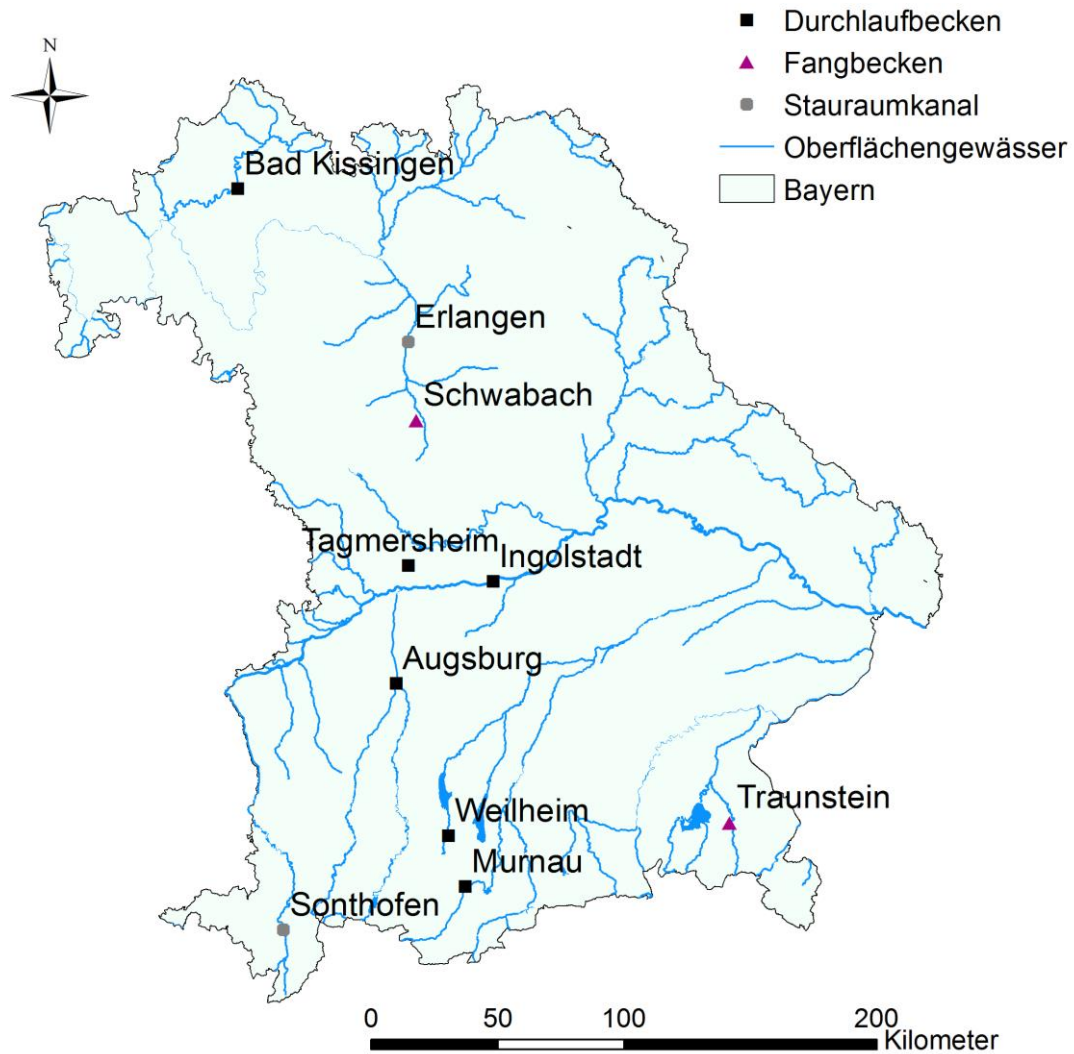


Abbildung 1: Lage der im Monitoring untersuchten Mischwasserentlastungsanlagen

Tabelle 1: Untersuchte Mischwasserentlastungsanlagen (DB = Durchlaufbecken, SK = Stauraumkanal, FB = Fangbecken)

Standort	Becken-art	Bauart	Volumen in m <sup>3</sup>	Einzugsgebietscharakter
Augsburg	DB	Rechteckbecken mit 3 Kammern, geschlossen	4.700	Städtisch
Bad Kissingen	DB	Rechteckbecken, geschlossen	450	Ländlich geprägtes Wohngebiet
Erlangen	SK	Stauraumkanal, geschlossen	4.000	Städtisch
Ingolstadt	DB	Rechteckbecken mit 2 Kammern, geschlossen	2.800	Städtisch
Murnau	DB	Rechteckbecken, offen	825	Kleinstädtisch bis ländlich, berufsgenossenschaftliche Unfallklinik
Schwabach	FB	Rechteckbecken, geschlossen	457	Innerstädtisches Wohngebiet
Sonthofen	SK	Stauraumkanal, geschlossen	600	Wohngebiet, mittelständische Unternehmen
Tagmersheim	DB	Rechteckbecken, geschlossen	168	Ländlich geprägte Gemeinde, offene Bebauung, geringe Siedlungsdichte
Traunstein	FB	Rechteckbecken, geschlossen	840	Ländlich geprägter Ortsteil
Weilheim	DB	2 Rundbecken, offen	2 x 1.400	Städtisch

## 2.3 Probenahme

Um möglichst robuste Daten zu Schadstoff- und Feststoffkonzentrationen zu generieren, wurde am KIT Fachbereich Siedlungswasserwirtschaft eine Monitoring-Strategie entwickelt, die bereits in mehreren Vorhaben erfolgreich zum Einsatz kam (Kittlaus und Fuchs, 2015; Kemper et al., 2015). Mit großvolumigen Behältern, sogenannten Feststoffsammlern, werden ereignisbasierte, volumenproportionale Mischproben erzeugt. Abbildung 2 zeigt schematisch die Probenahme mit Feststoffsammler am Klärüberlauf eines Regenüberlaufbeckens. Die Ansteuerung der Probenahme erfolgt über Messsignale, die von den üblichen Messeinrichtungen (Ultraschall- oder Drucksonden) an eine für diesen Anwendungsfall entwickelte Steuerungseinheit weitergeleitet werden. Diese berechnet anhand hinterlegter Kennlinien den Entlastungsabfluss und aktiviert in definierten Volumenintervallen die Probenahmepumpe. Entlastungsereignisse werden über ihre gesamte Dauer repräsentativ beprobt. Der Sammelbehälter kann Mischproben mit einem Volumen von bis zu 1000 L

fassen. Das gesammelte Probenmaterial ist jedoch auch bei kleinen Niederschlagsereignissen und geringerem Volumen ausreichend für eine umfangreiche Schadstoffanalytik. Weiterhin besteht die Möglichkeit zur separaten Analyse der sedimentierten Feststoffe und des Überstandswassers nach einer Sedimentationsphase im Sammelbehälter. Alle Komponenten des Feststoffsammlers mit langer Kontaktzeit zur Probe (Tank, Hähne) sind in Edelstahl ausgeführt, um Minder- bzw. Mehrbefunde aufgrund von Adsorptions- und Desorptionsprozessen zu minimieren. Die ablaufseitigen Probenahmestellen sind den konstruktiven Gegebenheiten des Entlastungsbauwerks angepasst und entweder im Entlastungskanal oder beckenseitig unmittelbar am Überlauf eingerichtet.

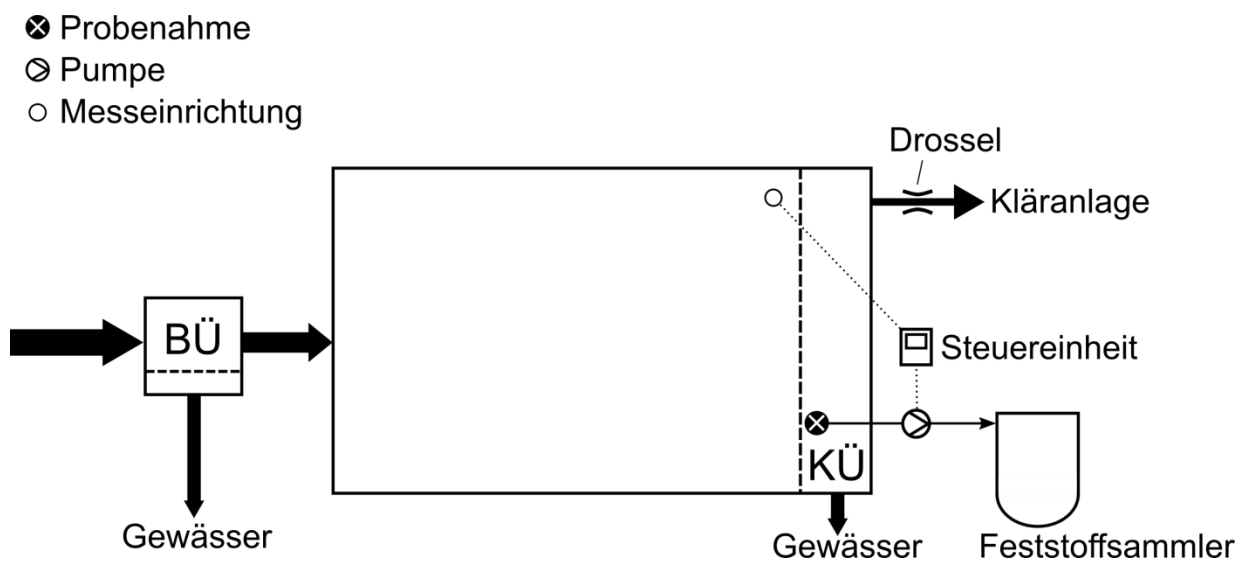


Abbildung 2: Probenahme mit Feststoffsammler am Klärüberlauf eines Regenüberlaufbeckens; BÜ = Beckenüberlauf, KÜ = Klärüberlauf

Nach Entlastungsereignissen wird aus dem Feststoffsammler eine homogenisierte Mischprobe entnommen. Zur Homogenisierung wird die Probe im Behälter mit einer Tauchpumpe ca. 5 Minuten umgewälzt. Mit einem Schöpfer werden Stichproben entnommen und in vier Probeflaschen abgefüllt: 2 L PE-Flasche für konventionelle Abwasserparameter, 2 L Braunglasflasche für organische Schadstoffe, 0,25 L LDPE-Flasche mit Säurevorlage für Schwermetalle, 0,1 L Duranglasflasche mit Säurevorlage für Quecksilber. Nach jeder Probenahme wird der Feststoffsammler entleert und gereinigt. Die Proben werden bis zum Versand kühl aufbewahrt und zeitnah ins Labor versandt.

## 2.4 Analytik

Das Parameterspektrum umfasst 34 organische Mikroschadstoffe, darunter Pestizid- bzw. Biozidwirkstoffe (n=9), Pharmazeutika (n=3), polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (EPA-PAK, n=16), Benzotriazole (n=3), Mineralölkohlenwasserstoffe (Kohlenwasserstoffindex), den Süßstoff Acesulfam und den Weichmacher Di-(2-ethylhexyl)phthalat, sowie 8 Schwermetalle. Die Bestimmungsgrenzen sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Die Schadstoffanalytik wird durch den Projektpartner DVGW Technologiezentrum Wasser (TZW) durchgeführt. Konventionelle Abwasserparameter wie pH, Leitfähigkeit, Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB), Phosphat ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ), Gesamt-Phosphor ( $\text{P}_{\text{ges}}$ ), Gesamt-Stickstoff ( $\text{N}_{\text{ges}}$ ) werden im Labor des KIT-IWG bestimmt. Durch Nasssiebung mit der Maschenweite 63  $\mu\text{m}$  werden grobe und feine Feststoffe fraktioniert und anschließend als abfiltrierbare Stoffe quantifiziert.

## 3 Ergebnisse und Diskussion

### 3.1 Analytische Ergebnisse

Zum aktuellen Zeitpunkt liegen die Ergebnisse für 14 Proben von 6 Standorten vor. Diese erlauben eine erste Abschätzung der mittleren Emissionen und eine Einordnung der Messwerte in das Spektrum der Literaturwerte. Eine anlagenspezifische Betrachtung oder übergreifende Bewertung für Bayern ist auf Grundlage dieser Datenbasis noch nicht möglich.

#### 3.1.1 Feststoffe

Die Konzentration abfiltrierbarer Stoffe (AFS<sub>ges</sub>) in den Proben weist einen Schwankungsbereich von 20-181 mg/L (Median 47 mg/L) auf (Abbildung 3). Der Trockengewichtsanteil abfiltrierbarer Stoffe < 63  $\mu\text{m}$  (AFS<sub>63</sub>) liegt im Median bei 74 % (54-90 %). Die schwer sedimentierbare und mit Schadstoffen hoch belastete Ton- und Schlufffraktion bildet somit den dominanten Teil der Feststoffe. Die AFS<sub>63</sub> Konzentrationen von 11 – 97 mg/L (Median 38 mg/L) liegen im Erfahrungsbereich eines zuvor am KIT-IWG abgeschlossenen Monitoringvorhabens an sechs Regenüberlaufbecken für das Land Nordrhein-Westfalen, in dem anlagenspezifische

Mediankonzentrationen der Feinfraktion im Ablauf, bestimmt als Trockengewicht, zwischen 22 und 54 mg/L ermittelt wurden (Kemper et al., 2015).

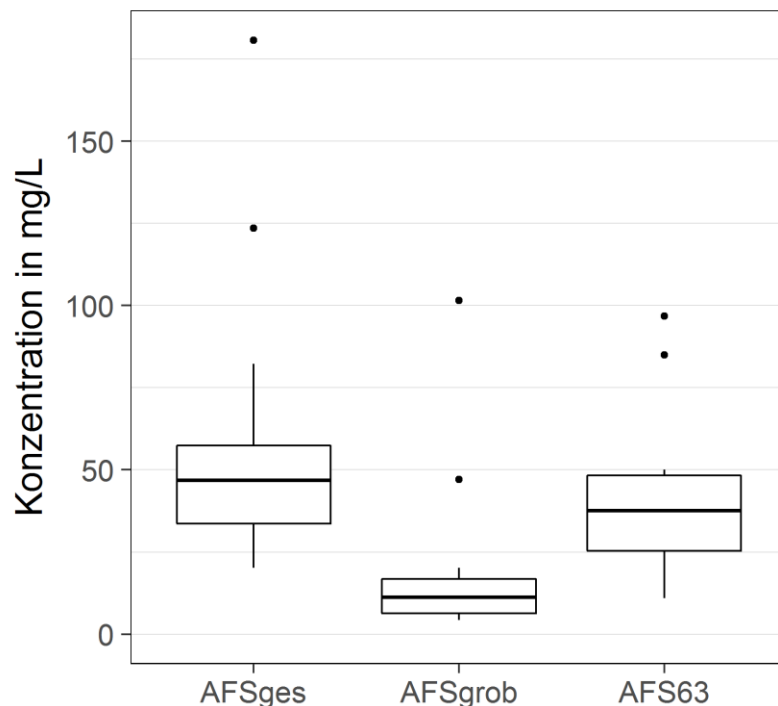


Abbildung 3: Konzentrationen der abfiltrierbaren Stoffe gesamt (AFSges, n=14), der abfiltrierbaren Stoffe > 63 µm (AFSgrob, n=12) und < 63 µm (AFS63, n=12) in volumenproportionalen Mischproben von Mischwasserentlastungen

### 3.1.2 Zehr- und Nährstoffe

Der CSB der Proben liegt im Bereich von 28,4 – 178 mg O<sub>2</sub>/L (Median 53,2 mg/L). Die N<sub>ges</sub> Konzentrationen variieren zwischen 3,5 – 11,6 mg/L (Median 5,3 mg/L). P<sub>ges</sub> und PO<sub>4</sub>-P liegen im Bereich von 0,54 – 1,66 mg/L (Median 0,89 mg/L), respektive 0,23 – 1,27 mg/L (Median 0,41 mg/L). Die Werte sind vergleichbar mit den Ergebnissen von Clara et al. (2014) für volumenproportionale Proben aus Mischwasserentlastungsabflüssen in Österreich, liegen aber eher im unteren Bereich.

### 3.1.3 Mikroschadstoffe

40 der 42 analysierten Mikroschadstoffe konnten in mindestens einer Probe bestimmt werden. Aufgrund der robusten Probenahmetechnik und der hohen Sensitivität der Analytik liegen für den Großteil der analysierten Mikroschadstoffe ≥ 75 % der Messwerte über der Bestimmungsgrenze (Tabelle 2). Ausnahmen bilden insbesondere die Pestizide Atrazin,



Terbuthylazin, Metolachlor, Diuron und Isoproturon, welche nur in wenigen Fällen bestimmt wurden. Gründe hierfür können bspw. eine begrenzte oder ausschließlich bestimmungsgemäße Anwendung in den Einzugsgebieten sowie saisonale Einflüsse sein. Für Atrazin besteht seit 1992 Anwendungsverbot. Für die im Folgenden angegebenen Mediankonzentrationen wurden Werte unter Bestimmungsgrenze (BG) jeweils mit  $0,5 \cdot BG$  berücksichtigt.

Abbildung 4 zeigt die gemessenen Konzentrationen von Mikroschadstoffen in 14 volumenproportionalen Mischproben von Entlastungsereignissen an 6 Standorten. Die Schadstoffkonzentrationen weisen eine hohe Variabilität, sowohl zwischen den untersuchten Anlagen, als auch zwischen den Entlastungsereignissen auf. Der Schwankungsbereich ist jedoch für etwa die Hälfte der Substanzen kleiner als eine Zehnerpotenz und für keine Substanz größer als zwei Zehnerpotenzen. Die höchsten Konzentrationswerte finden sich für Eisen mit  $370 - 3.400 \mu\text{g/L}$  (Median  $965 \mu\text{g/L}$ ) und Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW) mit  $< 200 - 1.200 \mu\text{g/L}$  (Median  $295 \mu\text{g/L}$ ). Die gemessenen Konzentrationsbereiche der Schwermetalle Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber und Zink sind sehr gut vergleichbar mit den Ergebnissen von Clara et al. (2014). Die Konzentration von Zink liegt im Bereich von  $59 - 230 \mu\text{g/L}$  (Median  $130 \mu\text{g/L}$ ). Die Quecksilber Konzentrationen schwankt zwischen  $0,006$  und  $0,055 \mu\text{g/L}$  (Median  $0,013 \mu\text{g/L}$ ). Clara et al. (2014) geben Konzentrationsbereiche von  $42 - 300 \mu\text{g Zink/L}$  und  $0,0053 - 0,67 \mu\text{g Quecksilber/L}$  an.

Im Bereich der organischen Schadstoffe treten der Süßstoff Acesulfam mit Konzentrationen von  $1,6 - 11 \mu\text{g/L}$  (Median  $2,35 \mu\text{g/L}$ ) und der Weichmacher DEHP mit  $0,47 - 7,2 \mu\text{g/L}$  (Median  $1,75 \mu\text{g/L}$ ) deutlich hervor. Diese Ergebnisse decken sich gut mit den Messungen von Launay et al. (2016b). Die Autoren berichten Konzentrationen im Überlaufwasser eines Mischwasserentlastungsbauwerks in Stuttgart von  $0,81 - 5,3 \mu\text{g/L}$  für Acesulfam und  $0,70 - 5,4 \mu\text{g/L}$  für DEHP (Launay et al., 2016b). Clara et al. (2014) berichten einen Schwankungsbereich von  $< 0,35 - 5,1 \mu\text{g/L}$  für DEHP. Die Summe polycyclischer aromatischer Kohlenwasserstoffe (16 EPA-PAK) liegt im Bereich von  $0,18 - 1,80 \mu\text{g/L}$  (Median:  $0,42 \mu\text{g/L}$ ).

Tabelle 2: Bestimmungsgrenzen (BG) und Anteil der gemessenen Werte über Bestimmungsgrenze (&gt; BG) von Mikroschadstoffe in volumenproportionalen Mischproben von Mischwasserentlastungen (n=14)

Stoffgruppe	Parameter	Kürzel	BG in µg/L	Anteil Werte > BG
Pharmazeutika	Carbamazepin	CBZ	0,01	71 %
	Diclofenac	DCF	0,01	100 %
	Metoprolol	MPL	0,01	100 %
Benzotriazole	4-Methylbenzotriazol	4MBT	0,01	100 %
	5-Methylbenzotriazol	5MBT	0,01	100 %
	Benzotriazol	BTR	0,01	100 %
PAK	Acenaphthen	ACN	0,001	100 %
	Acenaphthylen	ACY	0,001	100 %
	Anthracen	ANT	0,001	93 %
	Benzo(a)anthracen	BaA	0,001	100 %
	Benzo(a)pyren	BaP	0,0005	100 %
	Benzo(b)fluoranthren	BbF	0,001	100 %
	Benzo(ghi)perylene	BghiP	0,0005	100 %
	Benzo(k)fluoranthren	BkF	0,001	100 %
	Chrysen	Chr	0,001	100 %
	Dibenz(ah)anthracen	DahA	0,001	86 %
	Fluoranthren	Fluo	0,001	100 %
	Fluoren	FL	0,001	100 %
	Indeno(1,2,3-cd)pyren	IP	0,0005	100 %
	Naphthalin	NAP	0,01	86 %
	Phenanthren	PHE	0,001	100 %
	Pyren	Pyr	0,001	100 %
Pestizide / Biozide	Atrazin	ATR	0,01	0 %
	Carbendazim	CZIM	0,01	79 %
	Diuron	DIU	0,01	43 %
	Isoproturon	ISO	0,01	50 %
	MCPP (Mecoprop)	MCP	0,01	79 %
	Metolachlor	MET	0,01	7 %
	Terbutylazin	TBA	0,01	0 %
	Terbutryn	TBY	0,01	71 %
	Triclosan	TCS	0,01	71 %
Phtalate	Di-(2-ethylhexyl)phthalat	DEHP	0,1	100 %
Schwermetalle	Blei	Pb	0,1	100 %
	Cadmium	Cd	0,002	100 %
	Chrom	Cr	0,1	100 %
	Eisen	Fe	5	100 %
	Kupfer	Cu	1	100 %
	Nickel	Ni	0,1	100 %
	Quecksilber	Hg	0,001	100 %
	Zink	Zn	5	100 %
Süßstoff	Acesulfam	ACE	0,05	100 %
Mineralölkohlenwasserstoffe	Kohlenwasserstoffindex	MKW	200	86 %

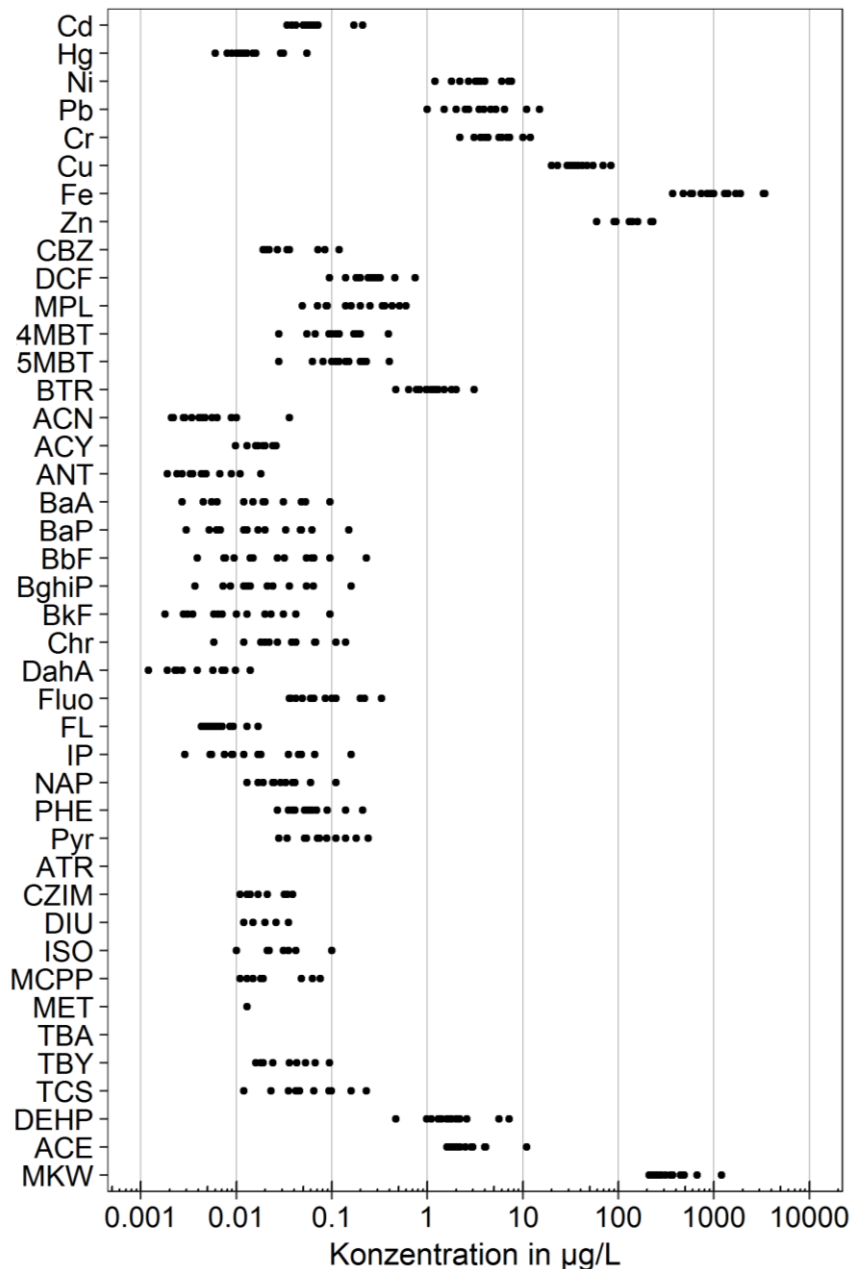


Abbildung 4: Konzentration von Mikroschadstoffen in volumenproportionalen Mischproben von Mischwasserentlastungen (n=14). Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze sind nicht dargestellt. Cd = Cadmium, Hg = Quecksilber, Ni = Nickel, Pb = Blei, Cr = Chrom, Cu = Kupfer, Fe = Eisen, Zn = Zink, CBZ = Carbamazepin, DCF = Diclofenac, MPL = Metoprolol, 4MBT = 4-Methylbenzotriazol, 5MBT = 5-Methylbenzotriazol, BTR = Benzotriazol, ACN = Acenaphthen, ACY = Acenaphthylen, ANT = Anthracen, BaA = Benzo(a)anthracen, BaP = Benzo(a)pyren, BbF = Benzo(b)fluoranthren, BghiP = Benzo(ghi)perylene, BkF = Benzo(k)fluoranthren, Chr = Chrysen, DahA = Dibenzo(ah)anthracen, Fluo = Fluoranthren, FL = Fluoren, IP = Indeno(1,2,3-cd)pyren, NAP = Naphthalin, PHE = Phenanthren, Pyr = Pyren, ATR = Atrazin, CZIM = Carbendazim, DIU = Diuron, ISO = Isoproturon, MCP = Mecoprop, MET = Metolachlor, TBA = Terbutylazin, TBY = Terbutryn, TCS = Triclosan, DEHP = Di-(2-ethylhexyl)phthalat, ACE = Acesulfam, MKW = Mineralölkohlenwasserstoffe

## 4 Fazit

Das mehrstufige Monitoring ist in seiner ersten Phase erfolgreich angelaufen. Die aktuell vorliegenden Ergebnisse bestätigen die ausreichende Sensitivität der Analytik und erlauben eine erste Einschätzung mittlerer Emissionen. Aufgrund der Tatsache, dass Entlastungsereignisse vollständig erfasst werden können entsteht eine Datenbasis, aus der robuste Bilanzdaten abgeleitet und bezogen auf die konventionellen Abwasserparameter in den Kontext früherer Untersuchungen gesetzt werden können. Darüber hinaus entsteht eine Grundlage für weitere Analysen, wie etwa von Zusammenhängen zwischen Einzugsgebietseigenschaften (z. B. Flächennutzung) und der Entlastungsqualität, der saisonalen Verteilung von Schadstoffkonzentrationen, oder der Zusammensetzung von Mischwasserabflüssen (z. B. Mischungsverhältnis Schmutz- und Regenwasser).

## 5 Danksagung

Wir danken dem Betriebspersonal der beteiligten Anlagen, dem Bayerischen Landesamt für Umwelt sowie unseren Projektpartnern, dem DVGW Technologiezentrum Wasser (TZW), der Umwelt- und Fluid-Technik (UFT) Dr. H. Brombach GmbH und der Bioplan Landeskulturgesellschaft für die gute Zusammenarbeit. Dem Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz gilt unser Dank für die Förderung des Projektes.

## 6 Literatur

- Clara M., Gruber G., Humer F., Hofer T., Kretschmer F. und Ertl T. (2014). Spurenstoffemissionen aus Siedlungsgebieten und von Verkehrsflächen. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Projektbericht SCHATURM. Wien.
- Fuchs S., Dimitrova S., Kiemle L., Kittlaus S., Weber T. (2013). Suspended Solid Management in Urban Systems. In: S. Fuchs (Hg.): Proceedings of the "Karlsruher Flussgebietstage 2013 - International Conference on Solids in River Basins". Sources and Transport of Solids and Contaminants, Karlsruhe, June 20th and 21st, 2013, S. 65–71.

- Gasperi J., Zgheib S., Cladiere M., Rocher V., Moilleron R., Chebbo G. (2012). Priority pollutants in urban stormwater: part 2 - case of combined sewers. In: *Water research* 46 (20), S. 6693–6703. DOI: 10.1016/j.watres.2011.09.041.
- Kemper M., Eyckmanns-Wolters R., Fuchs S., Ebbert S., Maus C., Uhl M. et al. (2015). Analyse der Leistungsfähigkeit von Regenüberlaufbecken und Überwachung durch Online Messtechnik. Abschlussbericht Teil 1 des Untersuchungs- und Entwicklungsvorhabens „Überwachung und Optimierung der Leistungsfähigkeit von Mischwasserbehandlungsanlagen“ im Auftrag des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen.
- Kittlaus S. und Fuchs S. (2015). Using large volume samplers for the monitoring of particle bound micro pollutants in rivers. Poster. EGU General Assembly 2015.
- Launay M., Dittmer U., Steinmetz H. (2016a). Contribution of combined sewer overflows to micropollutant loads discharged into urban receiving water. In: *9th International Conference on planning and technologies for sustainable management of Water in the City (NOVATECH 2016)*, 28.06. – 01.07.2016, Lyon, France.
- Launay M., Dittmer U., Steinmetz H. (2016b). Organic micropollutants discharged by combined sewer overflows - Characterisation of pollutant sources and stormwater-related processes. In: *Water research* 104, S. 82–92. DOI: 10.1016/j.watres.2016.07.068.
- Phillips P.J., Chalmers A.T., Gray J.L., Kolpin D.W., Foreman W.T., Wall G.R. (2012). Combined sewer overflows: an environmental source of hormones and wastewater micropollutants. In: *Environmental science & technology* 46 (10), S. 5336–5343. DOI: 10.1021/es3001294.
- Wittmer I.K., Bader H-P., Scheidegger R., Singer H., Luck A., Hanke I. et al. (2010). Significance of urban and agricultural land use for biocide and pesticide dynamics in surface waters. In: *Water research* 44 (9), S. 2850–2862. DOI: 10.1016/j.watres.2010.01.030.

### Korrespondenz an:

Jan Philip Nickel  
Karlsruher Institut für Technologie (KIT) Institut für Wasser und Gewässerentwicklung (IWG) Fachbereich Siedlungswasserwirtschaft und Wassergütwirtschaft,  
Gotthard-Franz-Str. 3, 76131 Karlsruhe  
Tel. +49 721 608 43666  
Fax +49 721 608 44729  
Email: [nickel@kit.edu](mailto:nickel@kit.edu)

