



Vorarlberg
unser Land

Kläranlagenüberwachung

Emissionsdaten ausgewählter Spurenstoffe

Kläranlagenüberwachung

Emissionsdaten ausgewählter Spurenstoffe

Christoph Scheffknecht

email: christoph.scheffknecht@vorarlberg.at

Walter Hämmerle

Werner Bader

Andreas Grabher

Dieser Bericht steht auch in digitaler Form im Adobe Acrobat Format zur Verfügung:
www.vorarlberg.at/umweltinstitut

Impressum

Herausgeber und Medieninhaber:
Amt der Vorarlberger Landesregierung
Römerstraße 15, 6900 Bregenz

Verleger:
Institut für Umwelt und Lebensmittelsicherheit des Landes Vorarlberg
Montfortstraße 4, 6900 Bregenz
Tel. 05574/511-42099

Bregenz, März 2012

Inhalt

1. Einleitung	3
2. Rechtlicher Hintergrund und Parameterauswahl	3
3. Eigenschaften und Verwendung der untersuchten Stoffe	5
3.1 Cadmium	5
3.2 Tributylzinnverbindungen	5
3.3 Alkylphenole	5
3.4 Bisphenol A	5
3.5 Diuron	5
4. Durchführung der Messungen	6
5. Ergebnisse	6
5.1 Cadmium	7
5.2 Tributylzinnverbindungen	7
5.3 Alkylphenole	7
5.4 Bisphenol A	9
5.5 Diuron	11
6. Zusammenfassung	12
7. Literatur	13
8. Anhang	14
8.1 Tabelle der Alkylphenol- und Bisphenol A- Daten	14
8.2 Untersuchungsmethoden	14

1. Einleitung

Der Begriff Spurenstoffe bezeichnet Stoffe in Gewässern, die in geringen Konzentrationen vorhanden sind. Kommunale Kläranlagen sind in Vorarlberg die wichtigsten punktförmigen Eintragspfade für die Einleitung dieser Stoffe in Gewässer. Diese Verunreinigungen sind in den letzten Jahrzehnten zunehmend ins Rampenlicht gerückt, da bereits geringe Mengen negative Auswirkungen auf den Menschen und die Umwelt haben können. Der Nachweis und die Messung dieser Stoffe in der Umwelt sind durch die Fortschritte der chemischen Analytik möglich geworden.

Die Einführung der Emissionsregisterverordnung (EmRegV-OW) [1] hat für die Abwassereinleiter in Österreich eine Messverpflichtung für ausgewählte Spurenstoffe bedingt. In den Jahren 2010 und 2011 wurden daher in Vorarlberg umfangreiche Messungen bei Abwassereinleitungen durchgeführt.

2. Rechtlicher Hintergrund und Parameterauswahl

In der Richtlinie 2008/105/EG [2] werden gemeinschaftsrechtliche Umweltqualitätsnormen (Immissionsgrenzwerte) für eine Vielzahl von Spurenstoffen im Bereich der Wasserpolitik festgehalten. Die nationale Umsetzung findet sich in der Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer [3] wieder, die auch zusätzliche nationale immissionsseitige Umweltqualitätsnormen für weitere synthetische und nichtsynthetische Stoffe definiert.

Die Einleitung dieser Spurenstoffe muss über emissionsseitige Begrenzungen nach dem Stand der Technik möglichst vermieden oder minimiert werden. Sowohl im Gemeinschaftsrecht der EU [4] als auch im österreichischen Wasserrecht ist diese Forderung mit dem Begriff „Kombinierter Ansatz“ stark verankert. Darüber hinaus ist im Anhang II 1.4 der europäischen Wasserrahmenrichtlinie [4] die „Erhebung und Aufbewahrung von Daten über Art und Ausmaß der anthropogenen Belastungen auf Oberflächenwasserkörper“ gefordert. Artikel 5 der Richtlinie 2008/105/EG fordert eine Bestandsanalyse der Emissionen, Einleitungen und Verluste für gemeinschaftsrechtlich geregelte Stoffe [2]. Die nationale Umsetzung dieser Forderungen ist in der Emissionsregisterverordnung erfolgt [1].

Mit der Einführung der Emissionsregisterverordnung wurde in Österreich ein elektronisches Register zur Erfassung aller wesentlichen Belastungen von Oberflächenwasserkörpern durch Emissionen von Stoffen aus Punktquellen geschaffen. Dieses Register bedingt für Kläranlagen über 10.000 Einwohnerwerten (EW-BSB₆₀) sowie für industrielle und gewerbliche Einleiter bestimmter Branchen eine Melde- und insbesondere auch eine Messverpflichtung für zahlreiche Abwasserinhaltsstoffe. Die Parameterauswahl hängt von der Abwasserherkunft und somit von der Branche ab und ist ebenfalls in der Verordnung geregelt.

Im Falle der kommunalen Kläranlagen als wichtigste punktförmige Eintragspfade werden viele aufwändig zu bestimmende Parameter zusätzlich zu den Nährstoffparametern gefordert. Für die weitere Einschränkung der Parameterliste wurde deshalb vom Umweltbundesamt das Projekt „Emissionen aus kommunalen Kläranlagen“ durchgeführt [5]. Hierzu wurden im ersten Modul 33 prioritäre (gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie) und 47 national und gemeinschaftsrechtlich geregelte Stoffe und Stoffgruppen, insgesamt über 100 Einzelstoffe,

im Zu- und Ablauf von 15 ausgewählten Kläranlagen untersucht. Stoffe, die in keiner Ablaufprobe nachgewiesen wurden oder bei denen der Maximalwert der 15 Ablaufwerte unter der halben immissionsseitig geltenden Umweltqualitätsnorm lag, wurden ausgeschlossen. Im zweiten Modul wurden die verbleibenden 16 Stoffe bei neun Kläranlagen zweimonatlich ein Jahr lang untersucht und zusätzlich eine Bilanzierung bei zwei Kläranlagen vorgenommen. Insgesamt konnte durch Anwendung der zuvor beschriebenen Relevanzkriterien der ursprüngliche Umfang von 110 auf elf Stoffe eingegrenzt werden. Davon zählen die polybromierten Diphenylether (PBDE), Cadmium, Nonylphenole, Tributylzinnverbindungen und Diuron zu den prioritären Stoffen. Im Falle der PBDE lagen nahezu alle Messwerte unter der Bestimmungsgrenze, die aber über der Umweltqualitätsnorm liegt. Für die anderen vier verbliebenen Stoffe wurde in einem Erlass des Ministeriums für kommunale Kläranlagen mit einer Ausbaugröße über 10.000 Einwohnerwerten eine monatliche Messverpflichtung festgeschrieben.



Abbildung 1: Nachklärbecken der ARA Dornbirn

Die Emissionsregisterverordnung basiert auf einem sechsjährigen Erhebungszyklus. Für prioritäre Stoffe gemäß Wasserrahmenrichtlinie ergibt sich dabei neben den Vorgaben der wasserrechtlichen Bewilligung für ausgewählte Stoffe eine zusätzliche Messverpflichtung. Unter bestimmten Voraussetzungen kann die Messverpflichtung innerhalb dieses 6-Jahreszyklus entfallen. Für kommunale Kläranlagen wurde die Liste der relevanten prioritären Stoffe durch einen Erlass des Ministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft auf vier Parameter (Cadmium, Diuron, Nonylphenole und Tributylzinnverbindungen) eingeschränkt. Im ersten Jahr müssen diese vier zusätzlichen Parameter gemessen werden. Im zweiten Jahr nur noch Parameter, bei denen zumindest ein Wert über der Bestimmungsgrenze (niedrigste quantifizierbare Konzentration) lag. Nach dem zweiten Jahr ergibt sich eine Messverpflichtung nur für Anlagen, die im Einzugsgebiet einer Oberflächengewässer-Messstelle liegen, für die ein in der Verordnung definiertes Referenzfrachtkriterium überschritten wird. Die Meldung dieser Stoffe in EmReg-OW hat allerdings jedes Jahr zu erfolgen. Für die Jahre bei denen keine Messungen erforderlich waren, wird die Jahresfracht aus der Jahresabwassermenge und der mittleren Konzentration der erfolgten Messungen in den ersten beiden Erhebungsjahren errechnet.

3. Eigenschaften und Verwendung der untersuchten Stoffe

3.1 Cadmium

Cadmium ist ein toxisches, bioakkumulierendes Schwermetall, das im Rahmen der Wasserrahmenrichtlinie als prioritär gefährlich eingestuft wurde. Verwendet wird Cadmium bei der Herstellung von Akkumulatoren, Pigmenten, Stabilisatoren und Solarzellen.

3.2 Tributylzinnverbindungen

Tributylzinnverbindungen (TBT) werden als Biozide mit einem sehr breiten Anwendungsspektrum verwendet. So verhindern TBT das Algenwachstum auf Schiffsrümpfen (Antifouling-Anstriche). Auch Textilien werden mit TBT behandelt, um die Geruchsbildung durch Schweiß zu verhindern. TBT sind persistent und bioakkumulierend und bereits in geringen Mengen toxisch und krebserregend. Bemerkenswert ist auch ihre endokrine (hormonelle) Wirkung.

3.3 Alkylphenole

Die wichtigsten Vertreter der Alkylphenole sind die Nonylphenole (NP) sowie das 4-t-Octylphenol (OP). Die schwer abbaubaren und bioakkumulierenden Alkylphenole sind Ausgangsprodukte zur Herstellung von Tensiden und Kunstharzen sowie von Alkylphenoethoxylaten, die ihrerseits ein breites Anwendungsspektrum beispielsweise als Additive, Weichmacher und Netzmittel haben. Aus den Ethoxylaten entstehen durch biologischen Abbau wieder die Alkylphenole. Alkylphenole zählen zu den Xenoestrogenen. Dies bedeutet, dass sie wie das weibliche Sexualhormon Estradiol wirken. Die Verwendung von Nonylphenolen und deren Ethoxylaten wurde in der EU-Verordnung 2003/53/EG beschränkt. Trotz dieser Beschränkungen werden Alkylphenole weiterhin breit eingesetzt und finden sich daher auch im Abwasser wieder.

3.4 Bisphenol A

Bisphenol A ist eine in großen Mengen produzierte Basischemikalie für die Kunststoffindustrie. Dabei wird es einerseits als Ausgangsprodukt zur Synthese von Polymeren (Polycarbonate, Epoxidharze), andererseits als Stabilisator von PVC verwendet.

3.5 Diuron

Diuron ist ein Herbizid. Es besitzt daher gegenüber Algen und Wasserpflanzen eine hohe Toxizität. Diuron wird im Obst- und Weinbau, auf Wegen und Plätzen sowie als Schutzmittel in Baustoffen wie zum Beispiel in Außenputzen verwendet und gelangt über Mischkanäle bei Regenereignissen in die Kläranlagen. Diuron ist in Österreich nicht als Pflanzenschutzmittel zugelassen und auch der Einsatz als Topf-Konservierungsmittel in Anstrichen und Baumaterialien ist mittlerweile verboten.

4. Durchführung der Messungen

Die Durchführung der Messungen bei kommunalen Kläranlagen gemäß der Emissionsregisterverordnung wurde in Vorarlberg in Absprache mit den Betreibern vom Umweltinstitut organisiert [6]. Die monatlichen Messungen der mengenproportional gezogenen Tagesmischproben in den Jahren 2010 und 2011 erfolgten im Umweltinstitut des Landes Vorarlberg und im Umweltbundesamt in Wien. Von der grundsätzlich einjährigen Messverpflichtung für die vier Stoffe sind in Vorarlberg 15 Kläranlagen betroffen. Bei allen Anlagen außer Lech mussten 2011 wegen einzelner Messwerte über der Bestimmungsgrenze noch die Nonylphenole und bei sieben Kläranlagen auch Diuron gemessen werden. Eine neuerliche Messverpflichtung ergibt sich erst wieder im Jahr 2015.

Die Emissionsregisterverordnung legt keine Emissionsgrenzwerte fest, jedoch sind die Analysemethoden für die Messung der Stoffe in der Emissionsregisterverordnung festgehalten. Aus dem in den Normen angegebenen Anwendungsbereich lassen sich die Bestimmungsgrenzen ableiten, die als Kriterium für eine allfällige weitere Messverpflichtung herangezogen werden (siehe Tabelle 1).

Parameter	Norm	BG der Norm
Cadmium	ÖNORM EN ISO 5961	0,3 µg/l
Nonylphenole	ÖNORM EN ISO 18857-1	0,1 µg/l
Diuron	ÖNORM EN ISO 11369	0,1 µg/l
Tributylzinn (TBT)	ÖNORM EN ISO 17353	10 ng/l

Tabelle 1: In der Emissionsregisterverordnung festgelegte Untersuchungsmethoden und deren Bestimmungsgrenze

Die Messung der Nonylphenole erfolgte mit einer modifizierten Prüfanweisung, die tiefere Bestimmungsgrenzen und somit eine verbesserte statistische Auswertung ermöglicht. Im Fall der Bestimmung des Diurons ist eine Adaptierung der Norm jedoch zwingend notwendig, da ansonsten mit falsch positiven Befunden zu rechnen ist [7]. Die entsprechenden Änderungen sind im Anhang dokumentiert.

Zusätzlich zu den Parametern der Emissionsregisterverordnung wurden auch t-Octylphenol, die Mono- und Diethoxylate des Nonylphenols und Bisphenol A bestimmt. Alle Messungen erfolgten verordnungsgemäß aus den unfiltrierten Proben. Die Untersuchungsmethoden sind im Anhang beschrieben.

5. Ergebnisse

Im Folgenden werden Messwerte der Abwasseremissionen in Relation zu den Umweltqualitätsnormen (UQN) gesetzt. Dabei muss aber beachtet werden, dass hier Emissionsdaten den Immissionsgrenzwerten gegenübergestellt werden.

5.1 Cadmium

Die Konzentrationen an Cadmium liegen alle unter der in der Norm vorgegebenen Bestimmungsgrenze (0,3 µg/l) gemäß der Emissionsregisterverordnung. Diese Bestimmungsgrenze liegt über der Umweltqualitätsnorm für den Jahresdurchschnitt (0,08–0,25 µg/l) aber unter der Umweltqualitätsnorm für die zulässige Höchstkonzentration (0,45–1,50 µg/l) gemäß der „Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer“ [3]. Für zukünftige Messungen muss ein empfindlicheres Verfahren mit niedrigerer Bestimmungsgrenze ausgewählt werden.

5.2 Tributylzinnverbindungen

Alle Messdaten für die Tributylzinnverbindungen liegen ebenfalls unter der Bestimmungsgrenze (10 ng/l). Die Umweltqualitätsnorm gemäß Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer für den Jahresdurchschnitt liegt bei 0,2 ng/l beziehungsweise bei 1,5 ng/l für die zulässige Höchstkonzentration. Eine statistische Auswertung ist wie beim Cadmium nicht möglich.

5.3 Alkylphenole

Die Analysendaten für die Alkylphenole sind im Anhang tabellarisch zusammengefasst. Die Ergebnisse für die Nonylphenole streuen über einen weiten Bereich mit einem Gesamtmittelwert von 153 ng/l, wie der Boxplot der Messdaten in Abbildung 2 zeigt. Die gefundenen Daten liegen im gleichen Konzentrationsniveau wie Analysendaten aus den Jahren 2003 - 2005 [8]. Die Mittelwerte beziehungsweise die Mediane der Messwerte liegen unter der Umweltqualitätsnorm (300 ng/l) gemäß Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer für den Jahresdurchschnitt. Eine Korrelation von hohen Nonylphenolkonzentrationen im Ablauf von Kläranlagen und dem Anteil maßgeblicher Indirekteinleiter in deren Einzugsgebiet ist nicht feststellbar. Unter der Annahme, dass die Elimination in den betrachteten Kläranlagen ähnlich ist, kann daher das Haushaltsabwasser als wichtiger Eintragspfad identifiziert werden. Die durchschnittliche Octylphenolkonzentration liegt mit 35 ng/l bei einem Viertel des Nonylphenol-Mittelwerts und unter der Umweltqualitätsnorm (100 ng/l). Im Ablauf der Abwasserreinigungsanlage Vorderland wurde die höchste mittlere Konzentration an Octylphenol gefunden, die als einziger Mittelwert auch über der Umweltqualitätsnorm für Fließgewässer liegt.

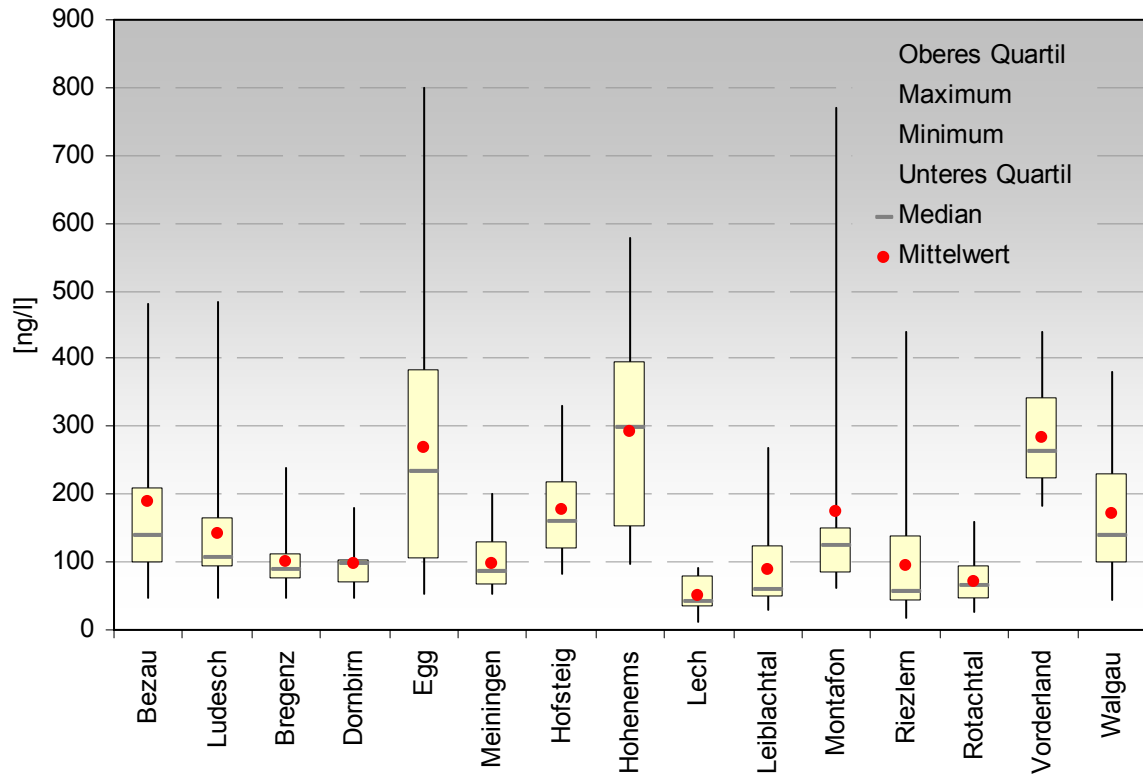


Abbildung 2: Boxplot der Nonylphenolkonzentrationen in den Kläranlagenabläufen

Die mittlere Jahresabwasserfracht der 15 untersuchten Kläranlagen (96% der gesamten Ausbaugröße EW-BSB₆₀ in Vorarlberg) im Untersuchungszeitraum betrug in Summe nur 7,7 kg/a. Bei Anwendung der in der Emissionsregisterverordnung vorgegeben vereinfachten Berechnung, ergibt sich ein Wert von 6 kg/a, da in diesem Fall bei der Unterschreitung der Bestimmungsgrenze (100 ng/l) für die Mittelwertbildung Null einzusetzen ist. Dadurch wird die Fracht etwas unterschätzt. Die Frachtanteile der einzelnen Vorarlberger Kläranlagen sind sehr ungleich verteilt und korrelieren nicht mit der Ausbaugröße der jeweiligen Anlage (Abbildung 3).

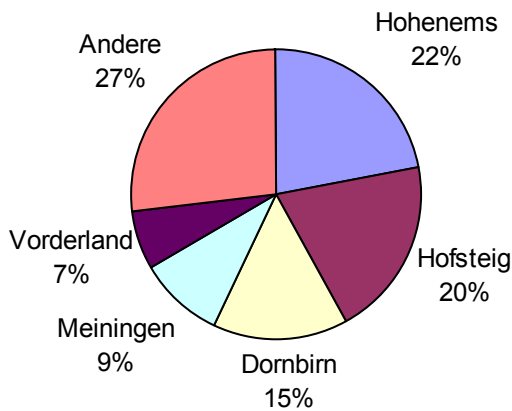


Abbildung 3: Verteilung der Jahresfrachten für Nonylphenole

An 4-t-Octylphenol wurden von den untersuchten Kläranlagen im Jahresmittel 1,9 kg/a in die Fließgewässer eingeleitet. Das Verteilungsmuster ist dem der Nonylphenole bis auf die Kläranlage Vorderland sehr ähnlich (Abbildung 4). Diese Abwasserreinigungsanlage dürfte durch einen Indirekteinleiter mit hoher Octylphenolfracht beeinflusst sein. Die Ethoxylate der Alkylphenole werden unter Kettenverkürzung weiter zu Alkylphenolen abgebaut und sind daher für eine Gesamtbetrachtung der Einleitesituation von Interesse. Deswegen wurden die beiden kurzkettigsten Ethoxylate (NP1EO und NP2EO) ebenfalls gemessen. Die Summen sowie die Anteile an Nonylphenolen und Mono- und Diethoxylaten bei den Jahresfrachten sind in der Abbildung 4 dargestellt. Insgesamt wurden im Durchschnitt 3,8 kg/a Nonylphenolmonoethoxylat und 1,8 kg/a Nonylphenoldiethoxylat emittiert. Bei der ARA Hofsteig übertrifft der Anteil der Monoethoxylate die Nonylphenole.

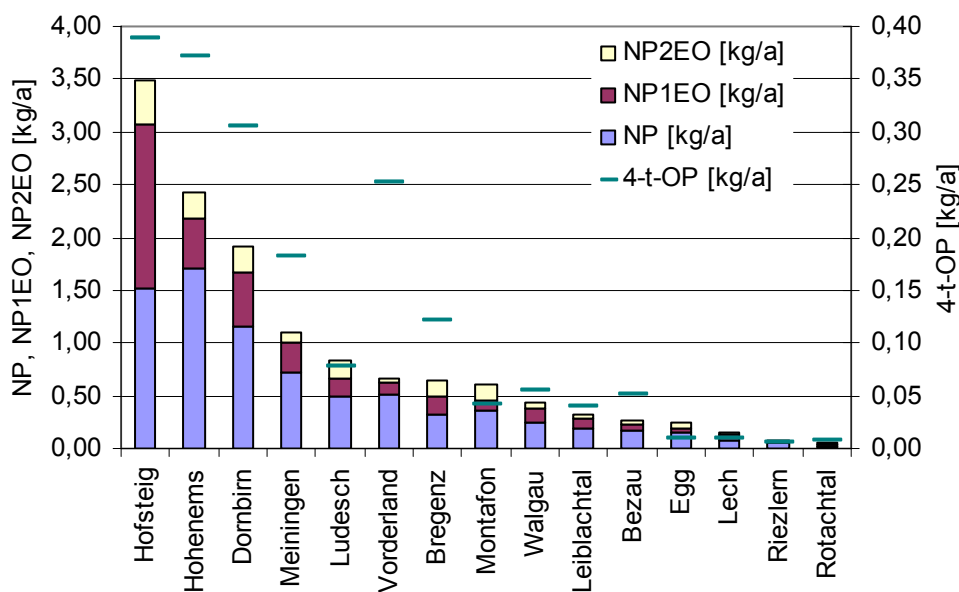


Abbildung 4: Verhältnisse von Nonylphenolen (NP) zu den Mono (NP1EO)- und Diethoxylaten (NP2EO) sowie die Darstellung der 4-t-Octylphenol - Jahresfrachten

5.4 Bisphenol A

Die Bandbreite der Bisphenol A Konzentrationen reicht von <10 bis 14500 ng/l. und streut somit über vier Zehnerpotenzen mit einem Mittelwert über alle 15 Anlagen von 330 ng/l. Die Umweltqualitätsnorm gemäß Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer liegt im Vergleich dazu bei 1600 ng/l. Die Indirekteinleiter, die die hohen Werte bei einzelnen Kläranlagen und insbesondere im Fall der ARA Bregenz verursachen sind derzeit noch nicht mit Sicherheit bekannt.

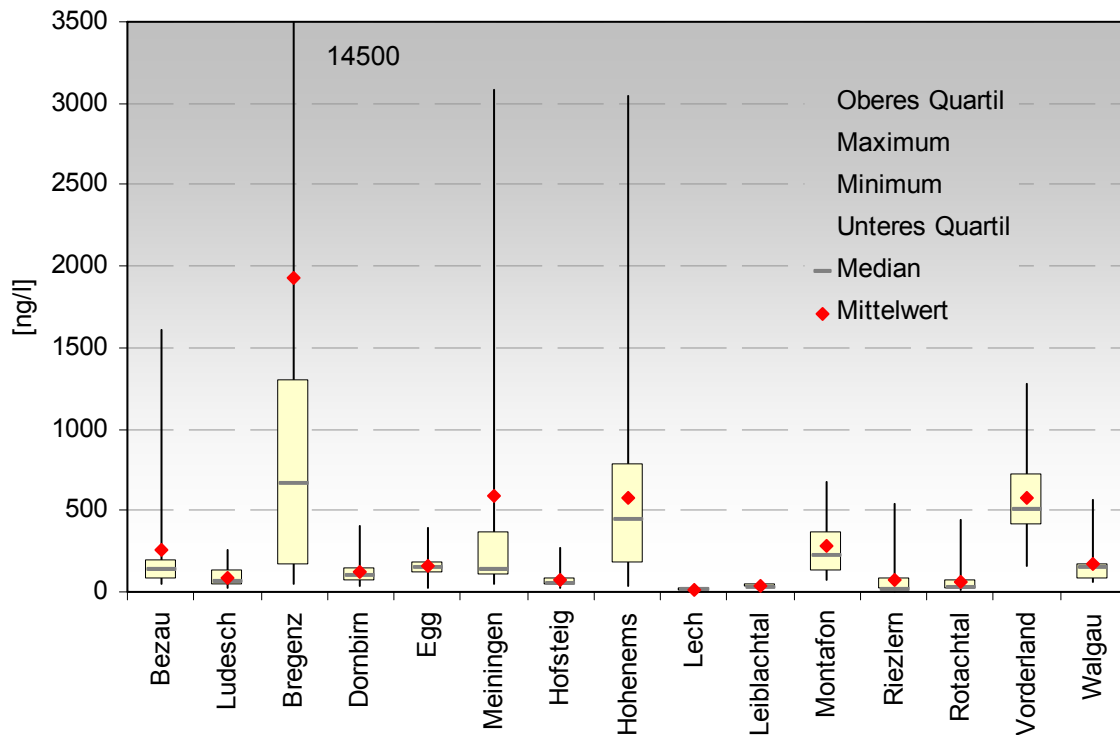


Abbildung 5: Boxplot der Bisphenol A Konzentration in den Kläranlagenabläufen

Die stark unterschiedlichen Bisphenol A Konzentrationen zeigen sich auch bei der Frachtbetrachtung: Die Kläranlagen Bregenz, Meiningen, Hohenems und Dornbirn leiten 84% der Gesamtfracht von 18,6 kg/a in die Gewässer ein.

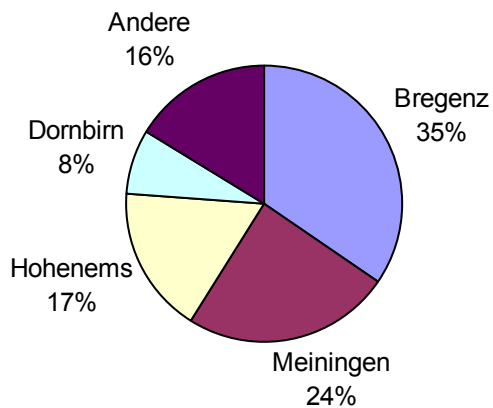


Abbildung 6: Verteilung der Jahresfracht von Bisphenol A

5.5 Diuron

Von den insgesamt 224 Messergebnissen für das Herbizid Diuron lagen 85% unter der Bestimmungsgrenze ($0,1 \mu\text{g/l}$). Die Umweltqualitätsnorm für den Jahresdurchschnitt ($0,2 \mu\text{g/l}$) wird von allen Anlagen eingehalten. Insgesamt liegen nur acht Messwerte (3%) bei den Kläranlagen Bezau, Ludesch, Hofsteig und Vorderland über diesem Wert. Der höchste Einzelmesswert von $0,55 \mu\text{g/l}$ bei der ARA Bezau unterschreitet den Grenzwert für die zulässige Höchstkonzentration in Oberflächengewässern ($1,8 \mu\text{g/l}$).

Die Berechnung der Fracht nach der in der Emissionsregisterverordnung beschriebenen Vorgehensweise ergibt, dass die vier genannten Abwasserreinigungsanlagen fast die gesamte Fracht von $0,7 \text{ kg/a}$ einleiten (Abbildung 7). Da die meisten Werte jedoch unter der Bestimmungsgrenze liegen und somit für die Auswertung per Definition auf Null zu setzen sind, wird die Gesamtfracht unterschätzt. Dies bestätigt eine Auswertung der Rohdaten des Jahres 2011 ohne Berücksichtigung der Nachweis- und Bestimmungsgrenzen: Nach dieser Berechnung ergibt sich eine abgeschätzte Jahresfracht von $1,5 \text{ kg/a}$. Dieser Wert ist jedoch nur eine grobe Abschätzung, da unterhalb der analytischen Grenzen eine Quantifizierung und somit eine statistische Betrachtung bei Einzelwerten unzulässig ist. Im vorliegenden Fall handelt es sich jedoch nicht um Einzelwerte sondern um ein relativ großes Zahlenkollektiv.

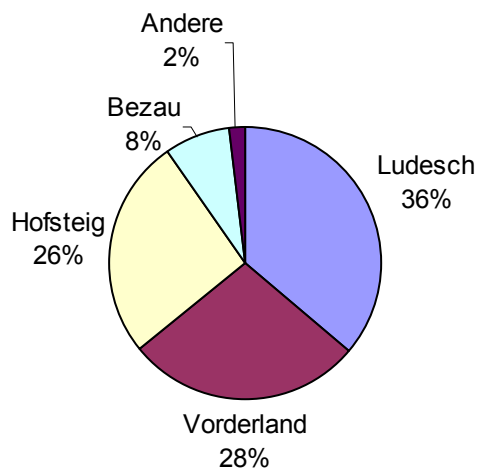


Abbildung 7: Verteilung der Diuron - Jahresfrachten

6. Zusammenfassung

Ausgewählte Spurenstoffe wurden in den Abwasseremissionen von 15 Vorarlberger Kläranlagen zwei Jahre lang monatlich untersucht. Grundlage bildete die Emissionsregisterverordnung nach dem Wasserrechtsgesetz. Die im Abwasser gemessenen Konzentrationen liegen durchwegs unter den immissionsseitig festgelegten Umweltqualitätsnormen für den Jahresdurchschnitt oder der zulässigen Höchstkonzentration. Im Falle von Cadmium und den Tributylzinnverbindungen liegen die entsprechenden Umweltqualitätsnormen jedoch unter der Bestimmungsgrenze. Die Gesamtabwasserfrachten der untersuchten Stoffe bei den betrachteten Kläranlagen, die die maßgeblichen Punktquellen in Vorarlberg sind, ergeben nur wenige Kilogramm pro Jahr. Die Verteilung der Frachten auf die einzelnen Kläranlagen ist je nach Einleiterstruktur im Einzugsgebiet sehr unterschiedlich.



Abbildung 8: Messung der Nonylphenole mit Gaschromatographie

7. Literatur

- [1] Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft; „Emissionsregisterverordnung – EmRegV-OW“, BGBl. II 2009/29
- [2] EU-Parlament und Rat; Richtlinie über Umweltqualitätsnormen im Bereich der Wasserpolitik; RL 2008/105/EG
- [3] Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft; „Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer - QZVChemieOG“, BGBl. II 2006/96 idF BGBl II 2007/267 und BGBl 2010/461
- [4] EU-Parlament und Rat; Wasserrahmenrichtlinie (WRRL); RL 2000/60/EG
- [5] M. Clara, M. Denner, O. Gans, S. Scharf, G. Windhofer, M.Zessner; „Emissionen organischer und anorganischer Stoffe aus kommunalen Kläranlagen“; Umweltbundesamt [Report REP-0247](#); Wien, 2009
- [6] Institut für Umwelt und Lebensmittelsicherheit des Landes Vorarlberg; [Vortragsunterlagen zur Einführung des Emissionsregisters](#) ; www.vorarlberg.at/umweltinstitut
- [7] Europäische Kommission; “Guidance No. 19 - Guidance on surface water chemical monitoring under the water framework directive”; [Technical Report-2009-025](#); 2009
- [8] Institut für Umwelt und Lebensmittelsicherheit des Landes Vorarlberg; „Fließgewässer in Vorarlberg – Hormonell wirksame Stoffe“; [Bericht UI-08/2005](#); Bregenz 2005

8. Anhang

8.1 Tabelle der Alkylphenol- und Bisphenol A- Daten

ARA	OP	NP	NP1EO	NP2EO	BPA	Q	OP	NP	NP1EO	NP2EO	BPA
	[ng/l]	[ng/l]	[ng/l]	[ng/l]	[ng/l]	[m³/a]	[kg/a]	[kg/a]	[kg/a]	[kg/a]	[kg/a]
Bezau	58	188	71	46	260	859.585	0,05	0,16	0,06	0,04	0,19
Ludesch	25	141	54	46	90	3.442.719	0,08	0,49	0,18	0,17	0,28
Bregenz	35	101	50	45	1929	3.241.519	0,12	0,33	0,17	0,15	6,41
Dornbirn	27	96	46	22	121	11.894.830	0,30	1,16	0,52	0,24	1,39
Egg	16	267	88	83	156	527.297	0,01	0,15	0,05	0,05	0,08
Meiningen	24	97	36	13	585	7.487.452	0,18	0,73	0,27	0,10	4,51
Hofsteig	44	176	206	57	76	8.599.457	0,39	1,52	1,55	0,43	0,67
Hohenems	60	292	84	44	582	5.799.595	0,37	1,70	0,48	0,25	3,19
Lech	6	51	28	20	11	1.528.727	0,01	0,08	0,04	0,03	0,02
Leiblachtal	19	90	49	20	37	2.094.121	0,04	0,19	0,10	0,04	0,07
Montafon	22	173	51	78	283	1.977.025	0,04	0,35	0,10	0,15	0,46
Riezlern	10	95	30	16	76	556.567	0,01	0,05	0,01	0,01	0,03
Rotachtal	21	72	38	31	65	339.326	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02
Vorderland	121	283	54	23	574	1.831.358	0,25	0,52	0,10	0,04	0,97
Walgau	42	172	99	57	173	1.402.686	0,05	0,25	0,13	0,07	0,24
Mittelwert	35	153	66	40	334						
Summe						51.582.260	1,9	7,7	3,8	1,8	19

Tabelle 2: Konzentrationen (Mittelwerte), Gesamtabwassermengen und Frachten der Alkylphenole und Bisphenol A

8.2 Untersuchungsmethoden

Die Messung der Proben erfolgte grundsätzlich durch Anwendung der in der Tabelle 1 angegebenen Normen. Die Abweichungen sind im Folgenden dokumentiert.

Alkylphenole, Nonylphenolethoxylate und Bisphenol A

Der Kläranlagenablauf wird mit konzentrierter Schwefelsäure auf pH 3 angesäuert. Nach der Zugabe isotope-markierter Standards (¹³C (für Alkylphenole und -ethoxylate) und D (für BPA)) wird die Probe durch Festphasenextraktion aufgereinigt. Die Derivatisierung erfolgt mit Pentafluorbenzoylchlorid (PFBCl). Das n-Hexan Extrakt wird eingengt und mit GC-MS-NCI-SIM-Analyse mit Methan als Reaktandgas bestimmt.

Diuron

Die Probe wird mittels Vakuum durch ein polar modifiziertes Polystyrol-Divinylbenzol-Copolymer, welches einen schwachen Ionentauscher enthält, gesaugt. Das im Wasser enthaltene Diuron wird dabei durch Adsorption an der Festphase angereichert und anschließend mittels Aceton heruntergelöst. Nach dem Eindampfen wird der Rückstand in Acetonitril/Wasser (20/80) aufgenommen und mit HPLC mit einem Acetonitril-Wasser-Gradienten (stationäre Phase: RP-C18) mit UV/VIS-Detektion bestimmt.