Untersuchung ausgewählter prioritärer und sonstiger Stoffe in Vorarlberg – Zusatzuntersuchungen in Fischen

Umweltinstitut – Bericht UI-12/2019
Institut für Umwelt und Lebensmittelsicherheit des Landes Vorarlberg

Untersuchung ausgewählter prioritärer und sonstiger Stoffe in Vorarlberg - Zusatzuntersuchungen in Fischen

Gesamtbearbeitung:
Gerhard Hutter, Alexander Dürregger
gerhard.hutter@vorarlberg.at
Institut für Umwelt und Lebensmittelsicherheit des Landes Vorarlberg, Abteilung Gewässergüte

Manfred Clara
manfred.clara@bmnt.gv.at
Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus

Befischungen durch:
Alexander Dürregger, Emanuel Wirthensohn
Amt der Vorarlberger Landesregierung, Abteilung Landwirtschaft und ländlicher Raum, Funktionsbereich Fischerei und Gewässerökologie

Impressum

Herausgeber und Medieninhaber:
Amt der Vorarlberger Landesregierung
Römerstraße 15, 6901 Bregenz

Verleger:
Institut für Umwelt und Lebensmittelsicherheit des Landes Vorarlberg
Montfortstraße 4, 6901 Bregenz
T +43 5574 511 42099

Titelbild: Bachforelle
Quelle: Alexander Dürregger

Bregenz, Dezember 2019

Inhalt

1 Hintergrund 2

2 Methodik 3

2.1 Probenahmestellen 3

2.2 Biota 5

2.3 Chemische Analytik 6

2.4 Bewertung der Messergebnisse 7

3 Ergebnisse 8

3.1 Untersuchungen in Biota 8

3.2 Fazit 12

3.3 Referenzen 13

4 Anhang 15

4.1 Anhang 1: Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse 15

1 Hintergrund

Im Jahr 2016 wurden die Kläranlagen Hohenems und Rotachtal (Langen) im Zulauf und im Ablauf auf 131 prioritäre Stoffe und sonstige Spurenstoffe untersucht. Darunter waren unter anderem Arzneimittelwirkstoffe, Hormone, künstliche Süßstoffe, Pflanzenschutzmittelwirkstoffe, Industriechemikalien und Metalle. In den Kläranlagenabläufen war sowohl die Anzahl als auch die Konzentration der nachweisbaren Stoffe geringer als im Zulauf. Das Ausmaß der Reduktion variiert in Abhängigkeit vom jeweiligen Spurenstoff. Zudem wurden die Spurenstoffe auch in den entsprechenden Fließgewässern vor und nach der Einleitung der gereinigten Abwässer untersucht, weil Abwassereinleitungen für einige Spurenstoffe wesentliche Eintragspfade darstellen. Die gemessenen Konzentrationen wurden Bewertungskriterien/Grenzwerten gegenübergestellt und der Einfluss der Abwassereinleitungen auf die Fließgewässer dargestellt.

Der Vergleich mit Bewertungskriterien (zulässigen Höchstkonzentrationen und bezogen auf den Jahresdurchschnitt) hat ergeben, dass die zulässigen Höchstkonzentrationen in allen Proben der Vorfluter zumeist deutlich unterschritten wurden. Die Bewertungskriterien für die chronische Belastung (bezogen auf den Jahresdurchschnitt) werden bei einigen Stoffen aber auch deutlich überschritten. Zu diesen Stoffen zählen Kupfer, Blei, Ibuprofen, Diclofenac, Dioxine/Furane und dioxinähnliche polychlorierte Biphenyle (DL-PCB), Perfluoroktansulfonsäure (PFOS), Tributylzinnverbindungen und die polybromierten Diphenylether (PBDE). Es ist aber anzumerken, dass Einzelmessungen mit den Bewertungskriterien verglichen wurden und dies grundsätzlich für eine Bewertung nicht ausreichend und daher nicht zulässig ist. Zeigt der Vergleich aber ein Verhältnis von über 12 an, so würde bereits der Einzelwert dazu führen, dass das Bewertungskriterium auch im Mittel nicht eingehalten werden würde. Dies trifft auf Dioxine/Furane und dioxinähnliche PCB im Rheintal-Binnenkanal unterhalb der Einleitung der ARA Hohenems, auf Diclofenac sowie auf die polybromierten Diphenylether zu. Bei allen Stoffen und Stoffgruppen mit einer Überschreitung des Bewertungskriteriums bezogen auf den Jahresdurchschnitt ist es aber sicherlich sinnvoll, weitere Untersuchungen durchzuführen. So gilt die Umweltqualitätsnorm für Dioxine/Furane und dioxinähnliche PCB, PFOS oder polybromierte Diphenylether für Biota und die Kriterien, die für die Bewertung der Nachweise in den Wasserproben herangezogen wurden, sind aus diesen Biota Kennwerten abgeleitet.

Daher wurden in weiterführenden Untersuchungen in beiden Gewässern Biotaproben gezogen und untersucht. Die vorliegenden Auswertungen fassen diese zusätzlichen Untersuchungen zusammen und stellen eine Ergänzung der Dokumentation der Untersuchungsergebnisse des Jahres 2016 dar, die 2017 veröffentlicht wurde (Clara et al., 2017). Diese Dokumentation ist auf der Seite des Landes Vorarlberg abrufbar: https://vorarlberg.at/web/land-vorarlberg/contentdetailseite/-/asset_publisher/qA6AJ38txu0k/content/viid-prioritaere-stoffe-in-kommunalen-klaeranlagen-und-fliessgewaessern?article_id=148293.

2 Methodik

2.1 Probenahmestellen

Die Befischung für die Sonderuntersuchung Biota wurde am 24.5.2018 durch Abteilung Landwirtschaft und ländlicher Raum/Funktionsbereich Fischerei und Gewässerökologie (Amt der Vorarlberger Landesregierung/Abt. Va) durchgeführt.

Die Befischungsstelle Rotach oberhalb Langen befindet sich in der Höhe Fkm 6,3 knapp flussab der Einmündung des Kesselbaches. Die Befischungsstelle Rheint-Binnenkanal Schmitter befindet sich im Rheintal-Binnenkanal in Höhe Fkm 6,0 flussab der Einmündung des Landgraben Hohenems.

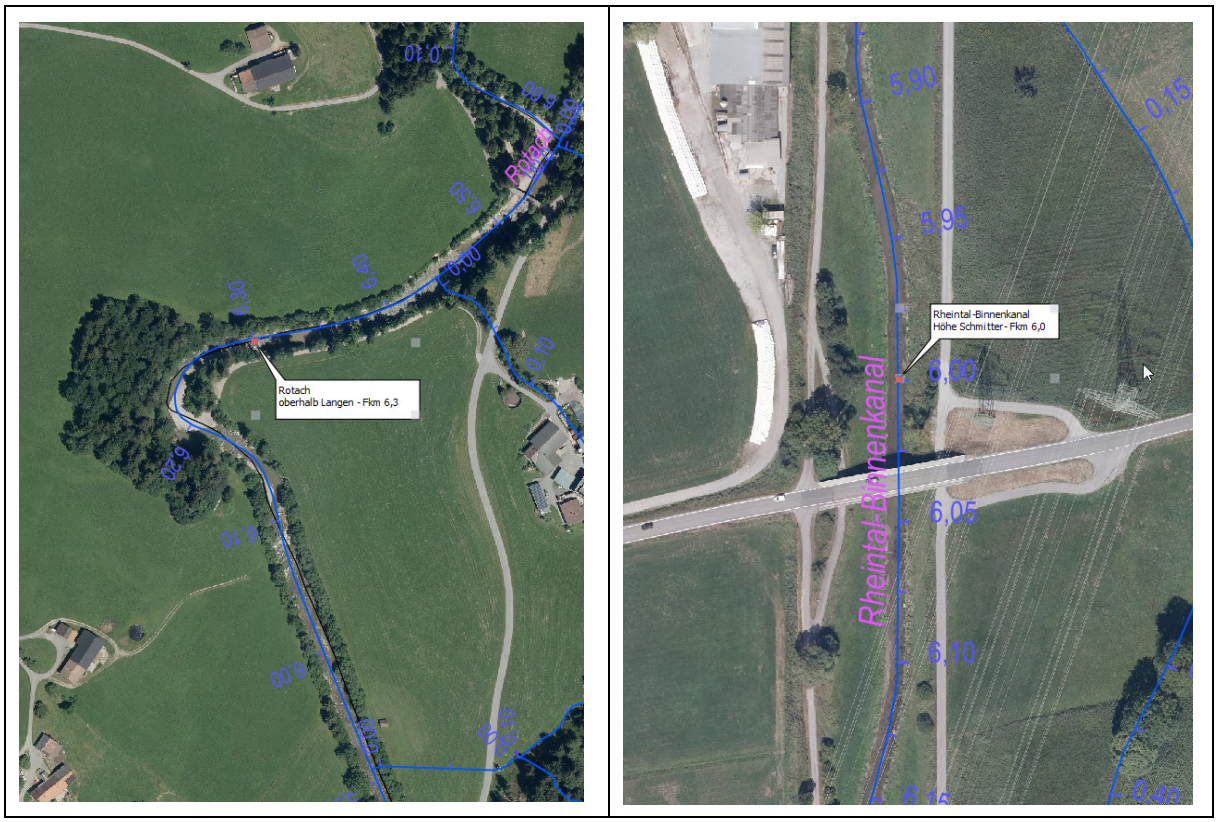

Foto 1 und 2: Lage der Befischungstellen in der Rotach und im Rheintal-Binnenkanal

Die Rotach hat ein Gesamteinzugsgebiet von 102,7 km², wobei 58,1 km² in Deutschland liegen. An der Befischungstelle hat die Rotach ein Einzugsgebiet von ca. 85 km². Der mittlere Abfluss am Bezugspegel Rotach/Messstation Thal beträgt 3,76 m³/s. Zum Zeitpunkt der Probenahme lag der Abfluss bei ca. 0,45 m³/s. Rund 6,3 km unterhalb der beprobten Strecke mündet die Rotach in die Bregenzerach.

Die Rotach weist im Befischungsabschnitt nur lokale Sicherungen auf. Die Rotach zeigt gewässertypische Elemente mit Gleiten und Schnellen, unterschiedliche Substrat- und Strömungsverhältnisse und ausreichende Beschattung auf. Im Gewässerinventar Vorarlberg ist die Rotach hinsichtlich Strukturzustand als mäßig beeinträchtigtes Gewässer (ökomorphologische Zustandsklasse ÖKZ II) erfasst. Der befischte Teilabschnitt der Rotach liegt im Metarhithral (untere Forellenregion) mit der Bachforelle als Leitart.

Foto 3: Rotach/oberhalb Langen Höhe Fkm 6,3

Der Rheintal-Binnenkanal ist im Zuge der Rheinkorrektionen als Entwässerungsgerinne parallel zum Rhein angelegt worden und hat ein Gesamteinzugsgebiet von 82,5 km², an der Probenahmestelle ein Einzugsgebiet von ca. 67 km². Der Rheintal-Binnenkanal mündet orographisch rechts in die Dornbirnerach. Der mittlere Abfluss am Bezugspegel Rheintal-Binnenkanal/Messstation Lustenau beträgt 1,96 m³/s. Zum Zeitpunkt der Probenahme lag der Abfluss bei ca. 1,6 m³/s.

Der Rheintal-Binnenkanal stellt sich im Befischungsabschnitt als monotones Gerinne mit Trapezprofil dar. Im Gewässerinventar Vorarlberg ist der Abschnitt des Rheintal-Binnenkanal hinsichtlich Strukturzustand als stark beeinträchtigtes (ÖKZ III) bis naturfernes Gewässer (ÖKZ III-IV) ausgewiesen. Das Gewässer ist hinsichtlich der Fischartenzönose als Epipotamal Mittel (mittlere Barbenregion) eingestuft mit Barbe, Döbel, Nase und Strömer als Leitarten.

Foto 4: Rheintal-Binnenkanal/Schmitter Höhe Fkm 6,0

2.2 Biota

Die Grundlage der Untersuchungen in Biota bilden die folgenden Studien, die auch den methodischen Rahmen beschreiben:

- Machbarkeitsstudie „Strategie für ein stoffangepasstes Monitoring“ (Rüdel et al, 2007);
- Pilotstudie „Monitoring von Schadstoffen in Biota“ (Uhl et al., 2010);
- EU-Leitfaden „Guidance on Chemical Monitoring of Sediment and Biota“ (EC, 2010);
- EU-Leitfaden “Guidance on Biota Monitoring (the Implementation of EQSBiota)“ (EC, 2014).

Das österreichische Biotamonitoring basiert auf Wildfängen (passives Monitoring) von Fischen. Hierbei wird die Untersuchung in einer standardisierten Art mit einem angenommenen durchschnittlichen Alter von ca. 3-4 Jahren angestrebt. Als geeigneter Fisch hat sich Aitel (Squalius cephalus) herausgestellt (Rüdel et. al., 2007), weil es natürlich vorkommt und nicht besetzt wird, es ein Kurzstreckenwanderer mit eher lokalen Wanderungen ist und es sich um keine seltene oder geschützte Art handelt. Auf Grund der Vielfalt an Fischregionen oder sonstiger Einflussfaktoren kann das Vorkommen von Aitel aber nicht immer ausreichend gewährleistet werden. Bei Nichtvorkommen von Aitel wird auf für das Gewässer repräsentative andere Fischarten einer ähnlichen Altersklasse ausgewichen (wie z.B. Bachforellen). Die Erfassung von charakteristischen Begleitparametern wie Alter, Fettgehalt und Trockenmasse der Fische sind in allen Fällen unabdinglich.

Bei den vorliegenden Untersuchungen wurden im Rheintal-Binnenkanal Aitel und in der Rotach Bachforellen entnommen und zu einer Poolprobe vereinigt. Einen Überblick über die Gewichts- und Längenverteilung der entnommenen Einzelfische sowie die relativen Anteile der Einzelfische an den zwei Poolproben enthält Tabelle 1.
Zu den Poolproben ist anzumerken, dass die Probe aus dem Rheintal-Binnenkanal sehr stark von zwei Einzelfischen beeinflusst ist, die sowohl gewichtsmäßig als auch altersmäßig auffallen. Bei den Bachforellen aus der Rotach hingegen ist ein relativ kleiner und junger Fisch auffällig, der aber nur zu rund 10% zur Poolprobe beiträgt.

Probennahmestelle	Fischart	Nassgewicht [g]	Länge [cm]	Kf	Alter [a]	Relativer Anteil an Poolprobe [%]
Rheintal-Binnenkanal	Aitel	1008	43,5	1,22	7+	34,9
	Aitel	300	29	1,23	3+	10,4
	Aitel	924	43,5	1,12	6+	32,0
	Aitel	535	36,5	1,1	4+	18,5
	Aitel	124	23	1,02	3+	4,3
Rotach / oh. Langen	Bachforelle	489	36,5	1,01	4+	32,0
	Bachforelle	420	35,5	0,94	4+	27,5
	Bachforelle	228	29	0,93	3+	14,9
	Bachforelle	242	28,5	1,05	3+	15,8
	Bachforelle	148	23,5	1,14	2+	9,7

Tabelle 1: Charakterisierung der beprobten Fische

2.3 Chemische Analytik

Die chemischen Untersuchungen wurden vom Umweltbundesamt Wien durchgeführt. Die Fische wurden gewogen und durch Lyophilisierung (Gefriertrocknung gemäß ÖNORM EN 12880) schonend getrocknet. Die getrockneten Fische wurden zur Bestimmung des Trockenmasseanteils neuerlich gewogen, einzeln mittels einer Rotorschwingmühle kleiner 0,5 mm gemahlen und homogenisiert. Zudem wurde der Fettgehalt bestimmt. Die Fettbestimmung erfolgte in Anlehnung an ÖNORM EN 1528-2.

Für die analytische Bestimmung wurden die folgenden Prüfverfahren angewandt:

- Pflanzenschutzmittel in Lebensmittel: Bestimmung von Pflanzenschutzmitteln (Quinoxyfen, Dicofol, Hexachlorbenzol, Hexachlorbutadien, Hexachlorcyclohexan, Pentachlorbenzol, Heptachlor und Heptachlorepoxid) in Lebensmittel gemäß Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach §64 LFGB L 00.00-115.
- Polychlorierte Dibenzodioxine (PCDD) und polychlorierte Dibenzoburane (PCDF) in Lebensmittel: Bestimmung von PCDD/F mittels GC/HRMS gemäß EGV 252/2012 (unter Berücksichtigung von EGV 589/2014).
- Polychlorierter Biphenyle (dioxinähnliche polychlorierte Biphenyle DL-PCB, nicht dioxinähnliche polychlorierte Biphenyle NDL-PCB) in festen Proben: Bestimmung polychlorierter Biphenyle gemäß DIN ISO 10382, Extraktion mit Hexan, Endbestimmung mittels GC/MS.
- Polybromierte Diphenylether (PBDE) in Lebensmittel: Bestimmung von PBDE (Kongenere BDE 28, BDE 47, BDE 99; BDE 100, BDE 153; BDE 154) mittels GC/HRMS gemäß EPA 1614.

- Organozinnverbindungen in festen Proben: Bestimmung der Organozinnverbindungen Monobutyl-, Dibutyl-, Tributyl-, Tetrabutyl, Diphenyl und Triphenylzinnverbindungen (als Kation) mittels GC-MS gemäß ÖNORM EN ISO 23161.
- Perfluorierte Tenside Perfluoroktansäure (PFOA) und Perfluoroktansulfonsäure (PFOS) in Lebensmitteln: Zugabe eines isotopenmarkierten Surrogatmischstandards; Extraktion am Vibrationsschüttler; Reinigung des Extrakts mittels EnviCarb-Pulver; Filtration; Einengung des Lösungsmittels; Zugabe eines Injektionsstandards; Bestimmung mittels Flüssigchromatographie-Tandemmassenspektrometrie (LC-MS/MS).
- Quecksilber: Druckunterstützter Mikrowellenaufschluss mit Salpetersäure und Wasserstoffperoxid; Bestimmung von Quecksilber mittels CV-AAS gemäß ÖNORM EN ISO 12846 (Reduktionsmittel Natriumborhydrid).
- Di(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP): Reinigung und Deaktivierung sämtlicher Glasgeräte; Zusatz von deuterierten Phthalaten als Surrogatstandards; Extraktion der Probe mit Ethylacetat; Säulenchromatographische Reinigung; Gaschromatographische Bestimmung mittels GC-MS; Quantifizierung nach der externen Standardmethode unter Zugabe eines Injektionsstandards und Wiederfindungskorrektur über die zugesetzten deuterierten Surrogatestandards.
- Summe der alpha-, beta- und gamma-Isomere Hexabromcyclododecan (HBCDD): Zugabe eines isotopenmarkierten Surrogatstandards; Extraktion mit Acetonitril und Reinigung mittels disperser SPE (QuEChERS); Einengung; Messung mittels Flüssigchromatographie-Tandemmassenspektrometrie (LC-MS/MS).

Die Bestimmungs- und Nachweisgrenzen der untersuchten Analyten in den zwei Proben sind im Anhang mit der detaillierten Darstellung der Untersuchungsergebnisse enthalten. Tabelle 4 dokumentiert alle Untersuchungsergebnisse in den zwei Proben mit Ausnahme der polychlorierten Dibenzodioxine/-furane und der polychlorierten Biphenyle. Die Ergebnisse dieser Stoffgruppen sind in Tabelle 5 für den Rheintal-Binnenkanal und in Tabelle 6 für die Rotach zusammengestellt.

Für die Auswertungen werden entsprechend den Vorgaben der Richtlinie 2009/90/EG alle Nachweise kleiner der jeweiligen Bestimmungsgrenze mit der halben Bestimmungsgrenze berücksichtigt. Für die Zustandsbewertung und den Vergleich mit den Umweltqualitätsnormen werden bei Parametern, die aus der Summe mehrerer Einzelstoffe zusammengesetzt sind (z.B. PBDE, Dioxine), Nachweise kleiner der Bestimmungsgrenze gleich null gesetzt.

2.4 Bewertung der Messergebnisse

Für die Bewertung der Messergebnisse erfolgt ein Vergleich der gemessenen und der auf einen Fettgehalt von 5% oder einen Trockenmassegehalt von 26% normierten Konzentrationen mit den Umweltqualitätsnormen gemäß Richtlinie 2008/105/EG und Richtlinie 2013/39/EU. Es liegen für 9 der untersuchten Stoffe und Stoffgruppen Umweltqualitätsnormen für Biota vor. Dies sind bromierte Diphenylether (Summe der Kongenere der Nummern 28, 47, 99, 100, 153, 154), Hexachlorbenzol, Hexachlorbutadien,

Quecksilber und Quecksilberverbindungen, Dicofol, Perfluoroktansulfonsäure (PFOS), Dioxine und dioxinähnliche Verbindungen (PCDD+PCDF+PCB-DL), Hexabromcyclododecan (HBCDD), Heptachlor und Heptachlorepoxid. Eine Zusammenfassung zeigt Tabelle 2.

Stoffname	UQN Biota [µg/kg Nassgewicht]
Bromierte Diphenylether (PBDE) (Summe der Kongenere der Nummern 28,47, 99, 100, 153, 154)	0,0085
Hexachlorbenzol	10
Hexachlorbutadien	55
Quecksilber und Quecksilberverbindungen	20
Dicofol	33
Perfluoroktansulfonsäure (PFOS)	9,1
Dioxine, Furane und dioxinähnliche Verbindungen (PCDD+PCDF+PCB-DL)	0,0065 TEQ[1]
Hexabromcyclododecan (HBCDD)	167
Heptachlor und Heptachlorepoxid	0,0067

Tabelle 2: Prioritäre Stoffe und Stoffgruppen, für die Umweltqualitätsnormen [µg/kg Nassgewicht] für Biota festgelegt sind.
[1]…Die UQN-Biota berücksichtigt 29 Einzelstoffe: 7 polychlorierte Dibenzodioxine, 10 polychlorierte Dibenzofurane und 12 dioxinähnliche polychlorierte Biphenyle und ist auf Toxizitätsäquivalente (TEQ) nach den Toxizitätsäquivalzenzfaktoren der Weltgesundheitsorganisation WHO von 2005 bezogen.

Im Zuge der Ableitung von Umweltqualitätsnormen für prioritäre Stoffe wird die Anreicherung über die Nahrungskette und somit der Schutz von Prädatoren und des Menschen berücksichtigt, wenn bestimmte Kriterien (z.B. Akkumulationspotential) erfüllt sind (EC, 2011). Daher enthalten die Stoffdossiers zur Ableitung von Umweltqualitätsnormen auch Qualitätsziele für Biota. Diese Qualitätsziele wurden für den Vergleich mit den gemessenen und den normalisierten Konzentrationen für die Stoffe verwendet, für die in Richtlinie 2008/105/EG keine Biota-UQN festgelegt wurden.

3 Ergebnisse

3.1 Untersuchungen in Biota

Die detaillierten Einzelergebnisse der untersuchten Stoffe in den zwei Proben sind im Anhang angeführt. Tabelle 3 dokumentiert alle Untersuchungsergebnisse in den zwei Proben mit Ausnahme der polychlorierten Dibenzodioxine/-furane und der polychlorierten Biphenyle. Die Ergebnisse dieser Stoffgruppen sind in Tabelle 4 für den Rheintal-Binnenkanal und in Tabelle 5 für die Rotach zusammengestellt.

Die folgenden Stoffe wurden in keiner der zwei untersuchten Biota-Poolproben nachgewiesen (die jeweiligen Nachweisgrenzen NG sind bei jedem Parameter angeführt):

- Quinoxyfen (NG: 2,0 µg/kg Nassgewicht)
- Dicofol (NG 2,0 µg/kg Nassgewicht)
- Hexabromcyclododecan (HBCDD) (NG 50 µg/kg Nassgewicht)
- Perfluoroctansäure (PFOA) (NG 1,0 µg/kg Nassgewicht)

- Hexachlorbutadien (NG 0,50 µg/kg Nassgewicht)
- Hexachlorcyclohexan (NG 0,50 µg/kg Nassgewicht)
- Heptachlor und Heptachlorepoxid (NG je 0,25 µg/kg Nassgewicht)
- Pentachlorbenzol (NG 0,25 µg/kg Nassgewicht)
- Organozinnverbindungen (Dibutyl, -Tributyl-, Tetrabutyl-, Diphenyl-, Triphenylzinnverbindungen) (NG je 0,25 µg/kg Nassgewicht)

Mit Ausnahme von Heptachlor und Heptachlorepoxid lagen die Nachweisgrenzen deutlich unter den jeweiligen Bewertungskriterien und es erfolgt keine Überschreitung der Umweltqualitätsnorm. Für Heptachlor und Heptachlorepoxid liegt die Biota-UQN bei 0,0067 µg/kg Nassgewicht und damit erheblich unter der Nachweisgrenze von 0,25 µg/kg Nassgewicht. Aufgrund dieser Unsicherheit ist eine Bewertung von Heptachlor und Heptachlorepoxid nicht möglich, auch wenn diese zwei Verbindungen in keiner Probe nachgewiesen wurden.

Die anderen untersuchten Stoffe und Stoffgruppen waren zumindest in einer Probe nachweisbar. Die Messergebnisse sind zusammenfassend in Abbildung 1 dargestellt.

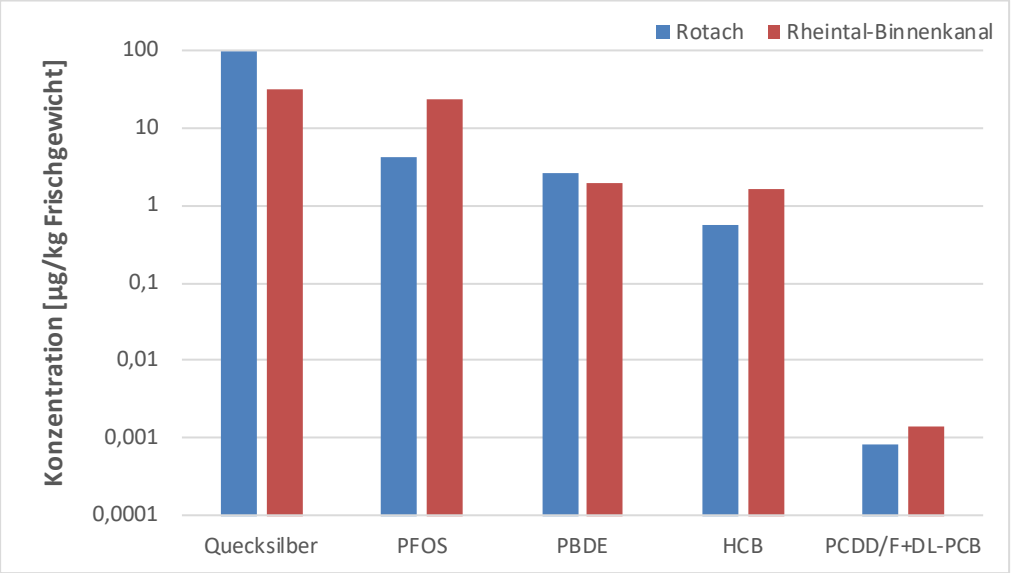

Abbildung 1: Darstellung der Messergebnisse

Perfluoroktansulfonsäure (PFOS) wurde in beiden Poolproben nachgewiesen. Die Konzentrationen erreichten 4,1 µg/kg Nassgewicht in der Probe aus der Rotach und 23 µg/kg Nassgewicht in der Poolprobe aus dem Rheintal-Binnenkanal. Da PFOS nicht im Fettgewebe angereichert wird, sondern an Protein bindet, ist eine Normalisierung nach dem Fettgehalt nicht sinnvoll und die Normalisierung erfolgt auf einen Trockenmassegehalt von 26%. Die normalisierten PFOS-Gehalte liegen bei 4,1 und 20 µg/kg Nassgewicht. Die Biota-UQN liegt bei 9,1 µg/kg Nassgewicht. Damit wird dieses Bewertungskriterium in der Rotach eingehalten, wohingegen die PFOS Konzentration im Rheintal-Binnenkanal deutlich über der Biota-UQN liegt.

Auch **Quecksilber** (Hg) wurde in beiden Poolproben nachgewiesen. Die Konzentrationen erreichten 99 µg/kg Nassgewicht in der Probe aus der Rotach und 32 µg/kg Nassgewicht in der Poolprobe aus dem Rheintal-Binnenkanal. Wie bei PFOS erfolgt die Normalisierung auf einen Trockenmassegehalt von 26%. Die normalisierten Quecksilber-Gehalte liegen bei 98 und 28 µg/kg Nassgewicht. Die Biota-UQN beträgt 20 µg/kg Nassgewicht und wird in beiden Proben überschritten.

Ähnliches wie für Quecksilber gilt auch für **polybromierte Diphenylether** (PBDE). Alle sechs untersuchten Kongenere waren in den zwei Poolproben nachweisbar und die Summe der Messwerte liegt erheblich über der Biota-UQN von 0,0085 µg/kg Nassgewicht. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Parameter	Rotach (Bachforelle)		Rheintal-Binnenkanal (Aitel)	
	Messwert	Normalisiert auf 5% Fett	Messwert	Normalisiert auf 5% Fett
BDE 28	0,016	0,017	0,074	0,061
BDE 47	1,4	1,5	1,2	0,98
BDE 99	0,77	0,82	0,051	0,042
BDE 100	0,23	0,24	0,30	0,25
BDE 153	0,080	0,085	0,11	0,090
BDE 154	0,062	0,066	0,17	0,14
Summe	2,6	2,7	1,9	1,6

Tabelle 3: Messergebnisse [µg/kg Nassgewicht] in den zwei Poolproben für die polybromierten Diphenylether

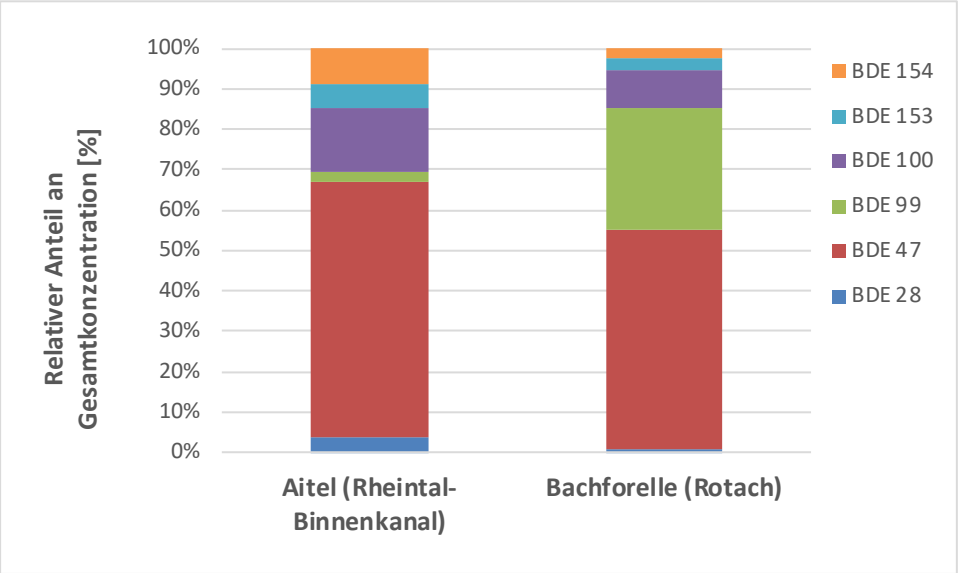

Abbildung 2: Relative Anteile der Konzentrationen der analysierten Kongenere an der Summe der sechs Kongenere.

Abbildung 2 zeigt die relativen Anteile der Konzentrationen der einzelnen analysierten Verbindungen an der Summe der sechs Kongenere. In beiden Poolproben dominiert BDE 47 und erreicht rund 55-65% der Gesamtkonzentration. Ein auffälliger Unterschied ist der relativ hohe Anteil von BDE 99 in den Bachforellen, wohingegen in den Aiteln nur sehr geringe Konzentrationen von BDE 99 gemessen werden. Eine ähnliche Verteilung wurde bereits bei früheren Untersuchungen beobachtet (BMLFUW, 2015). Für diese beobachteten

Unterschiede in der Kongenerenverteilung konnte aber keine belegbare Begründung angeführt werden. Ein Indiz für die Unterschiede könnte in der Physiologie und damit der Aufnahmekinetik (enzymatische Ausstattung) der untersuchten Fische liegen. Da aber in der Literatur unterschiedliche Ergebnisse dokumentiert sind, wären für eine Bestätigung eines möglichen Zusammenhanges spezifische Untersuchungen erforderlich.

Hexachlorbenzol (HCB) wurde in beiden Poolproben nachgewiesen. Die Konzentrationen erreichten 0,56 µg/kg Nassgewicht in der Probe aus der Rotach und 1,6 µg/kg Nassgewicht in der Poolprobe aus dem Rheintal-Binnenkanal. Da HCB im Fettgewebe angereichert wird, erfolgt die Normalisierung auf einen Fettgehalt von 5%. Die normalisierten HCB-Gehalte liegen bei 0,60 und 1,3 µg/kg Nassgewicht. Die Biota-UQN beträgt 10 µg/kg Nassgewicht. Damit wird dieses Bewertungskriterium in beiden Proben eingehalten und die Messwerte liegen deutlich unter der Biota-UQN.

Monobutylzinnverbindungen (MBT) wurden in beiden Poolproben nachgewiesen, aber beide Nachweise lagen unterhalb der Bestimmungsgrenze von 0,50 µg/kg Nassgewicht. Für MBT ist kein Bewertungskriterium für Fische verfügbar.

Di(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP) wurde in der Bachforellen Poolprobe aus der Rotach in einer Konzentration unter der Bestimmungsgrenze von 30 µg/kg Nassgewicht nachgewiesen und war in der Aitel Poolprobe aus dem Rheintal-Binnenkanal bei einer Nachweisgrenze von 15 µg/kg Nassgewicht nicht nachweisbar. Für DEHP wurde keine Biota UQN festgelegt, aber das Stoffdossier zur Ableitung von Umweltqualitätsnormen gibt auch Qualitätsziele für Biota an. Diese Qualitätsziele betragen 3.200 µg/kg Nassgewicht für den Schutz von Prädatoren (secondary poisoning) und 2.920 µg/kg Nassgewicht für den Schutz des Menschen durch den Verzehr von Fischprodukten (DEHP, 2005). Die gemessenen Konzentrationen liegen weit unter diesen Biota Qualitätsstandards aus dem Stoffdossier für DEHP.

Die Biota-Umweltqualitätsnorm für **Dioxine/Furane und dioxinähnliche PCB** umfasst die Summe von 29 Einzelstoffen. Dazu zählen sieben polychlorierte Dibenzodioxine, zehn polychlorierte Dibenzofurane und zwölf polychlorierte Biphenyle. Für die Summenbildung sind die Toxizitätsäquivalente (TEQ) nach Weltgesundheitsorganisation WHO zu berücksichtigen. Diese Summenwerte betragen 0,00080 µg TEQ/kg Nassgewicht für die Bachforellen Poolprobe aus der Rotach und 0,0014 µg TEQ/kg Nassgewicht für die Aitel Poolprobe aus dem Rheintal-Binnenkanal. Normalisiert auf einen Fettgehalt von 5% werden Summenbelastungen von 0,00085 µg TEQ/kg Nassgewicht für die Rotach und von 0,0011 µg TEQ/kg Nassgewicht für den Rheintal-Binnenkanal berechnet. Die Summenwerte liegen deutlich unter der Biota-UQN von 0,0065 µg TEQ/kg Nassgewicht.

Die Messergebnisse in den Biota-Poolproben aus der Rotach und dem Rheintal-Binnenkanal zeigen somit für Quecksilber und für polybromierte Diphenylether für beide Gewässer eine Überschreitung der jeweiligen Biota-UQN. Für PFOS hingegen ist die Biota-UQN nur im Rheintal-Binnenkanal überschritten, wohingegen der Messwert in der Rotach unter der Biota-

UQN liegt. Auch für Hexachlorbenzol und Dioxine/Furane und dioxinähnliche PCB liegen die Messwerte deutlich unter den Biota-UQN. Eine zusammenfassende Darstellung des Vergleichs der Messwerte mit den jeweiligen Biota-UQN zeigt Abbildung 3.

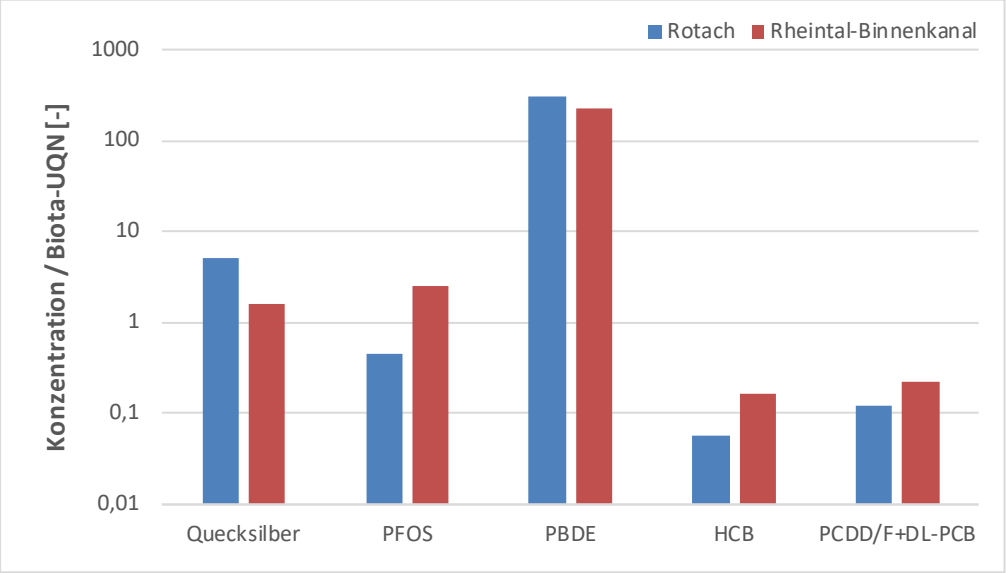

Abbildung 3: Gegenüberstellung der gemessenen Konzentrationen in den untersuchten Gewässern und der jeweiligen Biota-UQN.

3.2 Fazit

Die Untersuchungen der Rotach und des Rheintal-Binnenkanals im Jahr 2016 haben bei einigen Stoffen eine Überschreitung von Bewertungskriterien bzw. der auf den Jahresdurchschnitt bezogenen Wasser-UQN gezeigt (Clara et al., 2017). Zu diesen Stoffen zählten Kupfer, Blei, Ibuprofen, Diclofenac, Dioxine/Furane und dioxinähnliche PCB, PFOS, Tributylzinnverbindungen und die polybromierten Diphenylether.

Für einige dieser Verbindungen gelten die Umweltqualitätsnormen für Biota und die Wasserwerte wurden aus den Biota-UQN über Verteilungskoeffizienten berechnet. Zu diesen Stoffen gehören Dioxine/Furane und dioxinähnliche PCB, PFOS und die polybromierten Diphenylether. Zur Validierung dieser Ergebnisse wurden daher die vorliegenden Untersuchungen in Biota durchgeführt.

Diese bestätigen die Ergebnisse für die polybromierten Diphenylether und zeigen auch für Quecksilber einmal mehr, dass die Biota-UQN in Fischen überschritten ist.

Auch für PFOS führen die Biotauntersuchungen zum selben Ergebnis, wie die Gewässeruntersuchungen. Während für die Rotach keine Überschreitung der UQN beobachtet wurde, liegen im Rheintal-Binnenkanal unterhalb der Einleitung der ARA Hohenems sowohl die Konzentrationen in den Wasserproben als auch die Konzentrationen in den Biotaproben über den jeweiligen Umweltqualitätsnormen.
Zu abweichenden Bewertungen führen die Untersuchungen der Dioxine/Furane und der dioxinähnlichen PCB in den Wasser- und Biotaproben. So lagen die Summenkonzentrationen

der Toxizitätsäquivalente in den Fischproben deutlich unter der Biota-UQN. Die Ergebnisse legen auch den Schluss nahe, Messungen von Dioxinen, Furanen und PCB nicht in Wasserproben durchzuführen, weil diese Ergebnisse zu falsch positiven Bewertungen führen können. Dies ist mitunter dadurch bedingt, dass diese Stoffe ubiquitär vorkommen, nicht wasserlöslich sind und bereits extrem niedrige Nachweise zu diesen falsch positiven Bewertungen führen.

3.3 Referenzen

2008/105/EG. 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. ABl. L348 vom 24.12.2008.

2008/90/EG. Richtlinie 2009/90/EG zur Festlegung technischer Spezifikationen für die chemische Analyse und die Überwachung des Gewässerzustands gemäß der Richtlinie 2000/60/EG. ABl. L201 vom 01.08.2009.

2013/39/EU. Richtlinie 2013/39/EG 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. ABl. L226 vom 24.08.2013.

BMLFUW (2015): Fisch Untersuchungsprogramm 2013: GZÜV-Untersuchungen. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien, 2013. https://www.bmnt.gv.at/service/publikationen/wasser/Fisch-Untersuchungsprogramm-2013.html

Clara, M., Hanefeld, W., Scheffknecht, C. (2017). Untersuchung ausgewählter prioritärer und sonstiger Stoffe in kommunalen Kläranlagen und Fließgewässern in Vorarlberg. Projektbericht im Auftrag des Amtes der Vorarlberger Landesregierung. Wien und Bregenz, 2017. https://vorarlberg.at/at.gv.wien.vlbg.portal/documents/21336/148210/Bericht+Priorit%C3%A4re+Stoffe.pdf/efb9ce05-e947-47be-8178-70a34a6845d1

DEHP (2005). Diethylhexylphthalate (DEHP) – priority substance No. 12, CAS 117-81-7. Environmental Quality Standards (EQS) - Substance Data Sheet. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive. Brüssel. https://circabc.europa.eu/d/a/workspace/SpacesStore/337d62ba-6a8f-49ce-9c0e-591bb248e560/12_DEHP_EQS_Final%20Data%20Sheet.pdf

Deutsch, K. und Krämer, D. (2012). GZÜV Trendermittlung von Schadstoffen in Biota 2010. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft BMLFUW. Wien. https://www.bmnt.gv.at/dam/jcr:baf39a7b-b439-4b4d-b1f5-d4f6a4ff6dd7/BIOTA%20-%20GZ%C3%9CV-Trendermittlung_von_Schadstoffen_in_Biota_2010%5B1%5D.pdf

EC (2010). Guidance Document No. 25 on Chemical Monitoring of Sediment and Biota under the Water Framework Directive. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Technical Report - 2010.
https://circabc.europa.eu/sd/d/7f47ccd9-ce47-4f4a-b4f0-cc61db518b1c/Guidance%20No%2025%20-%20Chemical%20Monitoring%20of%20Sediment%20and%20Biota.pdf

EC (2014). Guidance Document No. 32 on Biota Monitoring (the Implementation of EQS-Biota) under the Water Framework Directive. Draft Document December 2014. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Brüssel.
https://circabc.europa.eu/sd/a/62343f10-5759-4e7c-ae2b-12677aa57605/Guidance%20No%2032%20-%20Biota%20Monitoring.pdf

Rüdel, H., Fliedner, A., Herrchen, M. (2007). Machbarkeitsstudie: Strategie für ein stoffangepasstes Wasser-Monitoring – Erfassung potentiell sorbierender und akkumulierender Stoffe in anderen Kompartimenten (Biota, Sediment, Schwebstoffe). Frauenhofer-Institut. Abschlussbericht für das BMLFUW. Wien.
https://www.ime.fraunhofer.de/content/dam/ime/de/documents/AE/Strategie_fuer_ein_stoffangepasstes_Gewaessermonitorin_Machbarkeitsstudie_FHI_Studie_1_.pdf

Uhl, M., Offenthaler, I., Hartl, W., Vallant, B., Moche, W., Konecny, R., Clara, M., Scharf, S., Haunschmid, R., Schabuss, M., Zornig, H. (2010). Monitoring von Schadstoffen in Biota. Umweltbundesamt. Abschlussbericht für das BMLFUW, Wien.
https://www.google.at/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjS0tDcpIDnAhWE-yoKHdKuDSQQFjABegQIBRAC&url=https%3A%2F%2Fwww.bmnt.gv.at%2Fdam%2Fjcr%3Ada4df64a-8afd-45a6-b34f-7e92222ecfcd%2FMonitoring%2520von%2520Schadstoffen%2520in%2520Biota%2520-%2520Pilotstudie%25202010.pdf&usg=AOvVaw00Vv1yrqzqFsq-1ruXKZIn

4 Anhang

4.1 Anhang 1: Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse

Tabelle 4: Darstellung der detaillierten Untersuchungsergebnisse (ausgenommen Dioxine, Furane und polychlorierte Biphenyle)

Parameter	Einheit	1806 04683 Pool 1, Rheintal-Binnenkanal			1806 04684 Pool 2, Rotach		
		BG	NG	Wert	BG	NG	Wert
Trockenmasse (lyo)	%	-	-	29,9	-	-	26,3
Fettbestimmung	%	-	-	6,1	-	-	4,7
Lyophilisierung	% Wassergehalt	-	-	70	-	-	74
Quinoxyfen	µg/kg FG	4,0	2,0	n.n.	4,0	2,0	n.n.
Dicofol	µg/kg FG	4,0	2,0	n.n.	4,0	2,0	n.n.
HBCDD	µg/kg FG	100	50	n.n.	100	50	n.n.
PFOA	µg/kg FG	2,0	1,0	n.n.	2,0	1,0	n.n.
PFOS	µg/kg FG	2,0	1,0	23	2,0	1,0	4,1
Quecksilber	µg/kg FG	0,015	0,0075	32	0,013	0,0066	99
BDE 100	µg/kg FG	0,0055	0,0027	0,30	0,0055	0,0027	0,23
BDE 153	µg/kg FG	0,0018	0,00092	0,11	0,0018	0,00092	0,080
BDE 154	µg/kg FG	0,0028	0,0014	0,17	0,0028	0,0014	0,062
BDE 28	µg/kg FG	0,0021	0,0010	0,074	0,0021	0,0010	0,016
BDE 47	µg/kg FG	0,038	0,019	1,2	0,038	0,019	1,4
BDE 99	µg/kg FG	0,025	0,012	0,051	0,025	0,012	0,77
Hexachlorbenzol	µg/kg FG	0,25	0,13	1,6	0,25	0,13	0,56
Hexachlorbutadien	µg/kg FG	1,0	0,50	n.n.	1,0	0,50	n.n.
Hexachlorcyclohexan	µg/kg FG	1,0	0,50	n.n.	1,0	0,50	n.n.
Heptachlor	µg/kg FG	0,50	0,25	n.n.	0,50	0,25	n.n.
Heptachlorepoxid	µg/kg FG	0,50	0,25	n.n.	0,50	0,25	n.n.
Pentachlorbenzol	µg/kg FG	0,50	0,25	n.n.	0,50	0,25	n.n.
Monobutylzinn-Kation	µg/kg FG	0,50	0,25	<0,50	0,50	0,25	<0,50

Parameter	Einheit	1806 04683 Pool 1, Rheintal-Binnenkanal			1806 04684 Pool 2, Rotach		
		BG	NG	Wert	BG	NG	Wert
Dibutylzinn-Kation	µg/kg FG	0,50	0,25	n.n.	0,50	0,25	n.n.
Tributylzinn-Kation	µg/kg FG	0,50	0,25	n.n.	0,50	0,25	n.n.
Tetrabutylzinn	µg/kg FG	0,50	0,25	n.n.	0,50	0,25	n.n.
Diphenylzinn-Kation	µg/kg FG	0,50	0,25	n.n.	0,50	0,25	n.n.
Triphenylzinn-Kation	µg/kg FG	0,50	0,25	n.n.	0,50	0,25	n.n.
Di(2-ethylhexyl)phthalat	µg/kg FG	30	15	n.n.	30	15	<30

Tabelle 5: Darstellung der detaillierten Untersuchungsergebnisse für polychlorierte Dibenzodioxine/furane und polychlorierte Biphenyle für den Rheintal-Binnenkanal

Parameter		Einheit	TEQ WHO 2005	Wert	BG	NG	TEQ (WHO)
Trockenmasse (lyo)	-	%	-	29,9	-	-	-
Fettbestimmung	-	%	-	6,1	-	-	-
Summe PCDD/PCDF + DL-PCB	-	µg/kg FG	-	2,4	-	-	0,0014
Summe NDL-PCB	-	µg/kg FG	-	0,021	-	-	-
2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p-dioxin	2,3,7,8-TCDD	µg/kg FG	1	n.n.	0,0000077	0,0000077	0
1,2,3,7,8-Pentachlordibenzo-p-dioxin	1,2,3,7,8-PeCDD	µg/kg FG	1	n.n.	0,0000076	0,0000076	0
1,2,3,4,7,8-Hexachlordibenzo-p-dioxin	1,2,3,4,7,8-HxCDD	µg/kg FG	0,1	n.n.	0,000015	0,000015	0
1,2,3,6,7,8-Hexachlordibenzo-p-dioxin	1,2,3,6,7,8-HxCDD	µg/kg FG	0,1	0,000015	0,0000078	0,0000078	0,0000015
1,2,3,7,8,9-Hexachlordibenzo-p-dioxin	1,2,3,7,8,9-HxCDD	µg/kg FG	0,1	0,000024	0,000013	0,000013	0,0000024
1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzo-p-dioxin	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	µg/kg FG	0,01	n.n.	0,00016	0,00016	0
Octachlordibenzo-p-dioxin	OCDD	µg/kg FG	0,0003	0,00032	0,000037	0,000037	0,000000096
2,3,7,8-Tetrachlordibenzofuran	2,3,7,8-TCDF	µg/kg FG	0,1	0,00058	0,0000034	0,0000034	0,000058
1,2,3,7,8-Pentachlordibenzofuran	1,2,3,7,8-PeCDF	µg/kg FG	0,03	0,000023	0,0000051	0,0000051	0,00000069
2,3,4,7,8-Pentachlordibenzofuran	2,3,4,7,8-PeCDF	µg/kg FG	0,3	0,000089	0,0000076	0,0000076	0,0000267
1,2,3,4,7,8-Hexachlordibenzofuran	1,2,3,4,7,8-HxCDF	µg/kg FG	0,1	n.n.	0,0000062	0,0000062	0

Parameter		Einheit	TEQ WHO 2005	Wert	BG	NG	TEQ (WHO)
1,2,3,6,7,8-Hexachlordibenzofuran	1,2,3,6,7,8-HxCDF	µg/kg FG	0,1	0,000014	0,0000067	0,0000067	0,0000014
1,2,3,7,8,9-Hexachlordibenzofuran	1,2,3,7,8,9-HxCDF	µg/kg FG	0,1	n.n.	0,000011	0,000011	0
2,3,4,6,7,8-Hexachlordibenzofuran	2,3,4,6,7,8-HxCDF	µg/kg FG	0,1	0,0000071	0,0000064	0,0000064	0,00000071
1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzofuran	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	µg/kg FG	0,01	0,000031	0,0000078	0,0000078	0,00000031
1,2,3,4,7,8,9-Heptachlordibenzofuran	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	µg/kg FG	0,01	n.n.	0,0000058	0,0000058	0
Octachlordibenzofuran	OCDF	µg/kg FG	0,0003	0,000051	0,000048	0,000048	0,000000015
PCB 77 (3,3´,4,4´-Tetrachlorbiphenyl)	PCB 77	µg/kg FG	0,0001	0,064	0,0000021	0,0000021	0,0000064
PCB 81 (3,4,4´,5-Tetrachlorbiphenyl)	PCB 81	µg/kg FG	0,0003	0,0037	0,0000023	0,0000023	0,00000111
PCB 105 (2,3,3´,4,4´-Pentachlorbiphenyl)	PCB 105	µg/kg FG	0,00003	0,38	0,00051	0,00051	0,0000114
PCB 114 (2,3,4,4´,5-Pentachlorbiphenyl)	PCB 114	µg/kg FG	0,00003	0,017	0,00027	0,00027	0,00000051
PCB 118 (2,3´,4,4´,5-Pentachlorbiphenyl)	PCB 118	µg/kg FG	0,00003	1,1	0,00023	0,00023	0,000033
PCB 123 (2´,3,4,4´,5-Pentachlorbiphenyl)	PCB 123	µg/kg FG	0,00003	0,017	0,00016	0,00016	0,00000051
PCB 126 (3,3´,4,4´,5-Pentachlorbiphenyl)	PCB 126	µg/kg FG	0,1	0,012	0,0000022	0,0000022	0,0012
PCB 156 (2,3,3´,4,4´,5-Hexachlorbiphenyl)	PCB 156	µg/kg FG	0,00003	0,38	0,0001	0,0001	0,0000114
PCB 157 (2,3,3´,4,4´,5´-Hexachlorbiphenyl)	PCB 157	µg/kg FG	0,00003	0,053	0,000074	0,000074	0,00000159
PCB 167 (2,3´,4,4´,5,5´-Hexachlorbiphenyl)	PCB 167	µg/kg FG	0,00003	0,27	0,00011	0,00011	0,0000081
PCB 169 (3,3´,4,4´,5,5´-Hexachlorbiphenyl)	PCB 169	µg/kg FG	0,03	0,0011	0,0000051	0,0000051	0,000033
PCB 189 (2,3,3´,4,4´,5,5´-Heptachlorbiphenyl)	PCB 189	µg/kg FG	0,00003	0,072	0,00013	0,00013	0,00000216
PCB 28 (2,4,4´-Trichlorbiphenyl)	PCB 28	µg/kg FG	-	0,00065	0,000000074	0,000000074	-
PCB 52 (2,2´,5,5´-Tetrachlorbiphenyl)	PCB 52	µg/kg FG	-	0,00092	0,000000073	0,000000073	-
PCB 101 (2,2´,4,5,5´-Pentachlorbiphenyl)	PCB 101	µg/kg FG	-	0,0024	0,00000015	0,00000015	-
PCB 153 (2,2´,4,4´,5,5´-Hexachlorbiphenyl)	PCB 138	µg/kg FG	-	0,0048	0,00000013	0,00000013	-
PCB 138 (2,2´,3,4,4´,5´-Hexachlorbiphenyl)	PCB 153	µg/kg FG	-	0,0084	0,00000021	0,00000021	-
PCB 180 (2,2´,3,4,4´,5,5´-Heptachlorbiphenyl)	PCB 180	µg/kg FG	-	0,0036	0,00000012	0,00000012	-

Tabelle 6: Darstellung der detaillierten Untersuchungsergebnisse für polychlorierte Dibenzodioxine/furane und polychlorierte Biphenyle für die Rotach

Parameter		Einheit	TEQ WHO 2005	Wert	BG	NG	TEQ (WHO)
Trockenmasse (lyo)	-	%	-	26,3	-	-	-
Fettbestimmung	-	%	-	4,7	-	-	-
Summe PCDD/PCDF + DL-PCB	-	µg/kg FG	-	1,4	-	-	0,00080
Summe NDL-PCB	-	µg/kg FG	-	0,012	-	-	-
2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p-dioxin	2,3,7,8-TCDD	µg/kg FG	1	0,000038	0,0000068	0,0000068	0,000038
1,2,3,7,8-Pentachlordibenzo-p-dioxin	1,2,3,7,8-PeCDD	µg/kg FG	1	0,000017	0,0000066	0,0000066	0,000017
1,2,3,4,7,8-Hexachlordibenzo-p-dioxin	1,2,3,4,7,8-HxCDD	µg/kg FG	0,1	0,000014	0,000012	0,000012	0,0000014
1,2,3,6,7,8-Hexachlordibenzo-p-dioxin	1,2,3,6,7,8-HxCDD	µg/kg FG	0,1	0,000036	0,0000067	0,0000067	0,0000036
1,2,3,7,8,9-Hexachlordibenzo-p-dioxin	1,2,3,7,8,9-HxCDD	µg/kg FG	0,1	n.n.	0,000011	0,000011	0
1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzo-p-dioxin	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	µg/kg FG	0,01	n.n.	0,00013	0,00013	0
Octachlordibenzo-p-dioxin	OCDD	µg/kg FG	0,0003	0,00023	0,000029	0,000029	0,000000069
2,3,7,8-Tetrachlordibenzofuran	2,3,7,8-TCDF	µg/kg FG	0,1	0,00018	0,000003	0,000003	0,000018
1,2,3,7,8-Pentachlordibenzofuran	1,2,3,7,8-PeCDF	µg/kg FG	0,03	0,000032	0,0000045	0,0000045	0,00000096
2,3,4,7,8-Pentachlordibenzofuran	2,3,4,7,8-PeCDF	µg/kg FG	0,3	0,0001	0,0000062	0,0000062	0,00003
1,2,3,4,7,8-Hexachlordibenzofuran	1,2,3,4,7,8-HxCDF	µg/kg FG	0,1	0,000014	0,0000055	0,0000055	0,0000014
1,2,3,6,7,8-Hexachlordibenzofuran	1,2,3,6,7,8-HxCDF	µg/kg FG	0,1	0,0000091	0,0000057	0,0000057	0,00000091
1,2,3,7,8,9-Hexachlordibenzofuran	1,2,3,7,8,9-HxCDF	µg/kg FG	0,1	n.n.	0,0000085	0,0000085	0
2,3,4,6,7,8-Hexachlordibenzofuran	2,3,4,6,7,8-HxCDF	µg/kg FG	0,1	0,000013	0,000005	0,000005	0,0000013
1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzofuran	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	µg/kg FG	0,01	0,000035	0,0000068	0,0000068	0,00000035
1,2,3,4,7,8,9-Heptachlordibenzofuran	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	µg/kg FG	0,01	n.n.	0,0000045	0,0000045	0
Octachlordibenzofuran	OCDF	µg/kg FG	0,0003	n.n.	0,000039	0,000039	0
PCB 77 (3,3´,4,4´-Tetrachlorbiphenyl)	PCB 77	µg/kg FG	0,0001	0,0077	0,0000018	0,0000018	0,00000077
PCB 81 (3,4,4´,5-Tetrachlorbiphenyl)	PCB 81	µg/kg FG	0,0003	0,00079	0,0000019	0,0000019	0,000000237
PCB 105 (2,3,3´,4,4´-Pentachlorbiphenyl)	PCB 105	µg/kg FG	0,00003	0,22	0,00046	0,00046	0,0000066
PCB 114 (2,3,4,4´,5-Pentachlorbiphenyl)	PCB 114	µg/kg FG	0,00003	0,0097	0,00019	0,00019	0,000000291

Parameter		Einheit	TEQ WHO 2005	Wert	BG	NG	TEQ (WHO)
PCB 118 (2,3´,4,4´,5-Pentachlorbiphenyl)	PCB 118	µg/kg FG	0,00003	0,65	0,00015	0,00015	0,0000195
PCB 123 (2´,3,4,4´,5-Pentachlorbiphenyl)	PCB 123	µg/kg FG	0,00003	0,012	0,00012	0,00012	0,00000036
PCB 126 (3,3´,4,4´,5-Pentachlorbiphenyl)	PCB 126	µg/kg FG	0,1	0,0062	0,0000018	0,0000018	0,00062
PCB 156 (2,3,3´,4,4´,5-Hexachlorbiphenyl)	PCB 156	µg/kg FG	0,00003	0,28	0,000084	0,000084	0,0000084
PCB 157 (2,3,3´,4,4´,5´-Hexachlorbiphenyl)	PCB 157	µg/kg FG	0,00003	0,035	0,000062	0,000062	0,00000105
PCB 167 (2,3´,4,4´,5,5´-Hexachlorbiphenyl)	PCB 167	µg/kg FG	0,00003	0,17	0,000069	0,000069	0,0000051
PCB 169 (3,3´,4,4´,5,5´-Hexachlorbiphenyl)	PCB 169	µg/kg FG	0,03	0,00075	0,0000042	0,0000042	0,0000225
PCB 189 (2,3,3´,4,4´,5,5´-Heptachlorbiphenyl)	PCB 189	µg/kg FG	0,00003	0,041	0,00011	0,00011	0,00000123
PCB 28 (2,4,4´-Trichlorbiphenyl)	PCB 28	µg/kg FG	-	0,00015	0,000000064	0,000000064	-
PCB 52 (2,2´,5,5´-Tetrachlorbiphenyl)	PCB 52	µg/kg FG	-	0,00021	0,000000064	0,000000064	-
PCB 101 (2,2´,4,5,5´-Pentachlorbiphenyl)	PCB 101	µg/kg FG	-	0,0011	0,00000014	0,00000014	-
PCB 153 (2,2´,4,4´,5,5´-Hexachlorbiphenyl)	PCB 138	µg/kg FG	-	0,0031	0,000000092	0,000000092	-
PCB 138 (2,2´,3,4,4´,5´-Hexachlorbiphenyl)	PCB 153	µg/kg FG	-	0,0054	0,00000017	0,00000017	-
PCB 180 (2,2´,3,4,4´,5,5´-Heptachlorbiphenyl)	PCB 180	µg/kg FG	-	0,002	0,000000096	0,000000096	-

Institut für Umwelt und Lebensmittelsicherheit des Landes Vorarlberg
Montfortstraße 4, 6901 Bregenz
T +43 5574 511 42099
E umweltinstitut@vorarlberg.at
www.vorarlberg.at/umweltinstitut