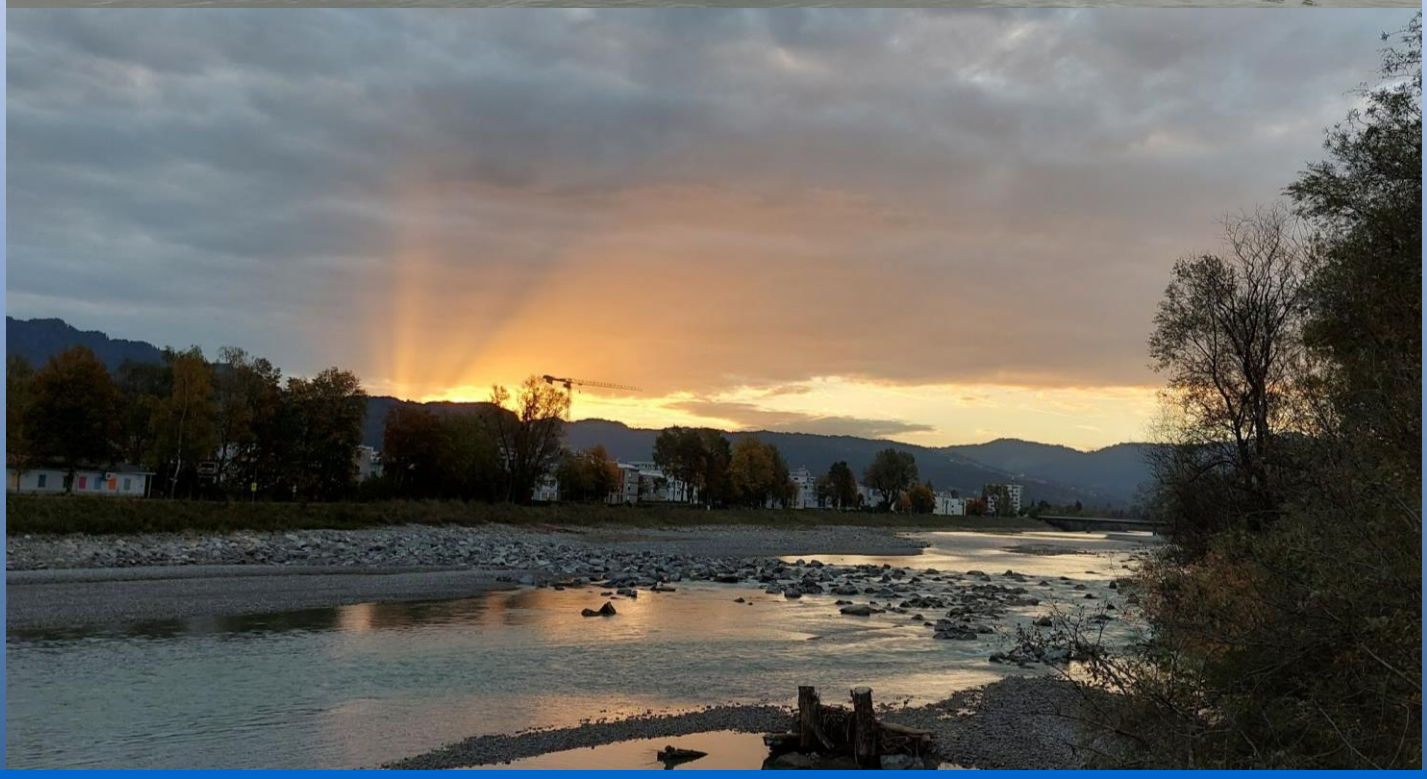

Schadstoffe in der Umwelt:

Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe

Untersuchungen in Vorarlbergs Gewässern

Umweltinstitut - Bericht UI-04/2023

Institut für Umwelt und Lebensmittelsicherheit des Landes Vorarlberg

Schadstoffe in der Umwelt:

Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe
Untersuchungen in Vorarlbergs Gewässern

Gesamtbearbeitung:
Markus Gruber-Brunhumer
Gerhard Hutter
Email: markus.gruber@vorarlberg.at, gerhard.hutter@vorarlberg.at

Projektmitarbeit: Albert Bösch, Arkin Darici, Marco Glettler, Markus Holzer, Benjamin Kuch, Nikolaus Schotzko

PAK-Analysen: Umweltbundesamt Wien und Institut für Umwelt- und Lebensmittelsicherheit

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

Titelbilder: Foto oben – Dornbirnerach im Mündungsbereich in den Bodensee; Foto unten – Bregenzerach von der Rad- und Fußgängerbrücke Hard aus in Richtung Blickrichtung Bregenzerwald
Quelle: Foto oben Gerhard Hutter, Foto unten Markus Gruber-Brunhumer, © Umweltinstitut

Bregenz, Dezember 2023

Inhalt

1 Zusammenfassung ... 3

2 Einleitung und Hintergrund ... 4

2.1 Was sind PAK? ... 4

2.2 PAK Sondermessprogramme 2021 und 2023 ... 4

3 Ergebnisse ... 7

3.1 PAK Untersuchungen in der Wasserphase 2021 ... 7

3.2 PAK Untersuchungen in Krebsen 2023 ... 8

3.3 Ergebnisdiskussion ... 9

4 Anhang ... 11

4.1 Untersuchungen in Krebsen ... 11

4.2 Untersuchungen in der Wasserphase ... 12

5 Literatur ... 13

1 Zusammenfassung

Die Substanzgruppe der Polycyclischen Aromatischen Kohlenwasserstoffe, kurz PAK, entstehen hauptsächlich bei unvollständiger Verbrennung organischer bzw. kohlenstoffhaltiger Materialien. Eine orientierenden Biota-Sondermessprogramms im Rahmen der Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (GZÜV) zeigte im Jahr 2020 ein auffälliges, jedoch fragwürdiges Ergebnis für Benzo[a]pyren an der Messstelle Dornbirnerach, Mündungsbereich. Zur Verifizierung wurden weitere Untersuchungen im Einzugsgebiet der Dornbirnerach und in weiteren Vorarlberger Gewässern durchgeführt bzw. veranlasst.

Im PAK-Sondermessprogramm der GZÜV 2021 aus der Wasserphase war Naphthalin das auffälligste PAK. Für diesen Parameter gab es insgesamt 13 Positivnachweise in der Bregenzerach, Dornbirnerach, Rhein und Frutz, die Konzentrationsbereiche lagen jedoch um mehr als zwei Größenordnungen unterhalb der geltenden Grenzwerte für chronische Toxizität. Die Befunde aus den weiteren PAK-Analysen lagen in sämtlichen Gewässern, u.a. auch der Ill, unterhalb der Nachweis- bzw. Bestimmungsgrenzen.

Die Ergebnisse des PAK-Sondermessprogramms 2023 an Biota im Rahmen des Landesmonitoring Vorarlberg zeigten, dass die Biota-UQN für Benzo[a]pyren in allen observierten Tierarten (Signalkrebse und Kamberkrebse) an den drei untersuchten Gewässern eingehalten wurden. Eine Belastung von Benzo[a]pyren ist auf Basis der Biota-Untersuchungen nicht abzuleiten. In Signalkrebsen an der Messstelle Dornbirnerach im Mündungsbereich wurden jedoch die Substanzen Naphthalin, Anthracen und Fluoranthen nachgewiesen. Die Kamberkrebse aus der Dornbirnerach zeigten hingegen keine quantitativen Nachweise. Im Landgraben Wolfurt wurden ebenfalls die PAK Anthracen und Fluoranthen detektiert. Es wurden jedoch keine geltenden Umweltqualitätsnormen bzw. Grenzwerte überschritten. Bei den Kamberkrebsen aus dem Bodensee lagen sämtliche untersuchte PAK unterhalb der Nachweisgrenze.

Auf Basis der vorliegenden Daten wurden aus den Proben der Vorarlberger Gewässer keine akut toxischen PAK-Konzentrationen detektiert. Die Untersuchung von Biota zeigt jedoch das Potenzial von PAK, sich in der Nahrungskette anzureichern. Aus diesem Grund erscheint ein Monitoring von Biota zur Detektion von solchen Schadstoffen als zielführend.

2 Einleitung und Hintergrund

2.1 Was sind PAK?

Die Substanzgruppe der Polycyclischen Aromatischen Kohlenwasserstoffe, kurz PAK, umfasst eine Gruppe mehreren hundert verschiedenen Verbindungen. Diese entstehen hauptsächlich bei unvollständiger Verbrennung organischer bzw. kohlenstoffhaltiger Materialien wie z.B. Holz, Kohle, Öl oder Abfälle. Weiters sind PAK auch in Verkehrsemissionen bzw. in Produkten wie Bitumen, Teer, Räucherrauch oder Tabakrauch enthalten. Die freigesetzten Mengen hängen dabei sehr stark vom Verbrennungsprozess bzw. den Bedingungen wie z.B. der Temperatur ab. Zahlreiche PAK sind krebserregend und mutagen. Viele PAK sind nur schwer abbaubar. PAK können u.a. über die Nahrungskette, Rauch oder Staub in Organismen angereichert werden, daher ist ein Monitoring in der Umwelt wichtig.

Im Rahmen eines orientierenden Sondermessprogramms der GZÜV (Gewässerzustandsüberwachungsverordnung) wurden im Jahr 2020 ausgewählte PAK in Biota untersucht. Aus Vorarlberg wurden an der Messstelle Dornbirnerach, Mündungsbereich Kamberkrebse (*Faxonius limosus*) auf PAK untersucht. Dabei wurde ein auffälliges, nach Plausibilisierung jedoch fragwürdiges Ergebnis, für Benzo[a]pyren erhalten. Um in der Dornbirnerach eine Belastung von Benzo[a]pyren ausschließen oder verifizieren zu können, wurden in den Jahren 2021 und 2023 in der Dornbirnerach und weiteren Vorarlberger Gewässern in einem bundesweiten Untersuchungsprogramm bzw. über das Landesmonitoring Vorarlberg weitere PAK-Erhebungen durchgeführt.

2.2 PAK Sondermessprogramme 2021 und 2023

Im Jahr 2021 wurden im Zuge eines österreichweiten Sondermessprogrammes der GZÜV diverse PAK in der Wasserphase untersucht. Dabei wurden auch fünf Vorarlberger Fließgewässer - Rhein, Bregenzerach, Ill, Dornbirnerach und Frutz - untersucht. Die dabei analysierten PAK, deren Bestimmungs- und Nachweisgrenzen und deren spezielle Umweltqualitätsnormen (immissionsseitige Grenzwerte) sind in nachstehender Tabelle zusammengefasst. Die Analysen wurden im Auftrag des Bundesministeriums vom Österreichischen Umweltbundesamt durchgeführt, die Probenahme erfolgte von Mitarbeitern der Firma Kalb Analytik GmbH, Feldkirch.

Tabelle 1: Zusammenstellung der untersuchten PAK und Darstellung der Nachweis- und Bestimmungsgrenzen inkl. nationaler Qualitätskriterien als Umweltqualitätsnormen (UQN).

Substanz	Nachweis-grenze [µg/L]	Bestimmungs-grenze [µg/L]	Umweltqualitätsnormen gemäß QZV Chemie [µg/L]		
			JD-UQN [µg/L]	ZHK-UQN [µg/L]	Biota UQN [µg/kg] Nassgewicht
Anthracen	0,0025	0,005	0,1	0,1	/
Benzo[b]fluoranthen	0,002	0,004	/*	0,017	/*
Benzo[k]fluoranthen	0,002	0,004	/*	0,017	/*
Benzo[a]pyren	0,00055	0,0011	0,00017	0,27	5
Benzo[g,h,i]perylen	0,002	0,004	/*	0,0082	/*
Fluoranthen	0,0025	0,005	0,0063	0,12	30
Indeno[1,2,3-c,d]pyren	0,002	0,004	/*	n.a.	/*
Naphthalin	0,005	0,01	2	130	/

**“Bei der Gruppe der polyzyklischen 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 [1]“*

Im Jahr 2023 wurden im Rahmen des Landesmonitoring Vorarlberg an drei Stellen von Vorarlberger Gewässern PAK in Biota (Signalkrebsen (*Pacifastacus leniusculus*) und Kamberkrebsen (*Faxonius limosus*) untersucht. Die Krebse wurden aus dem Mündungsbereich der Dornbirnerach in den Bodensee, aus dem Landgraben Wolfurt oh. Dornbirnerach und aus dem Bodensee in der Nähe des Rheinholzes bei Gaissau mittels Krebsreusen bzw. Trappnetzfang entnommen. Bei der Probenahme fanden wir Unterstützung durch Markus Holzer, Staatliche Fischereiaufsicht und Albert Bösch, Berufsfischer Gaissau.

Krebsreusen vor dem Einsatz im Gewässer

Probenstelle Dornbirnerach, Mündungsbereich – die Brücke zum Schleienloch in Hard ist im Hintergrund ersichtlich

Alle Probenahmestellen aus den Vorarlberger Gewässern sind in nachstehender Abbildung 1 zusammengefasst:

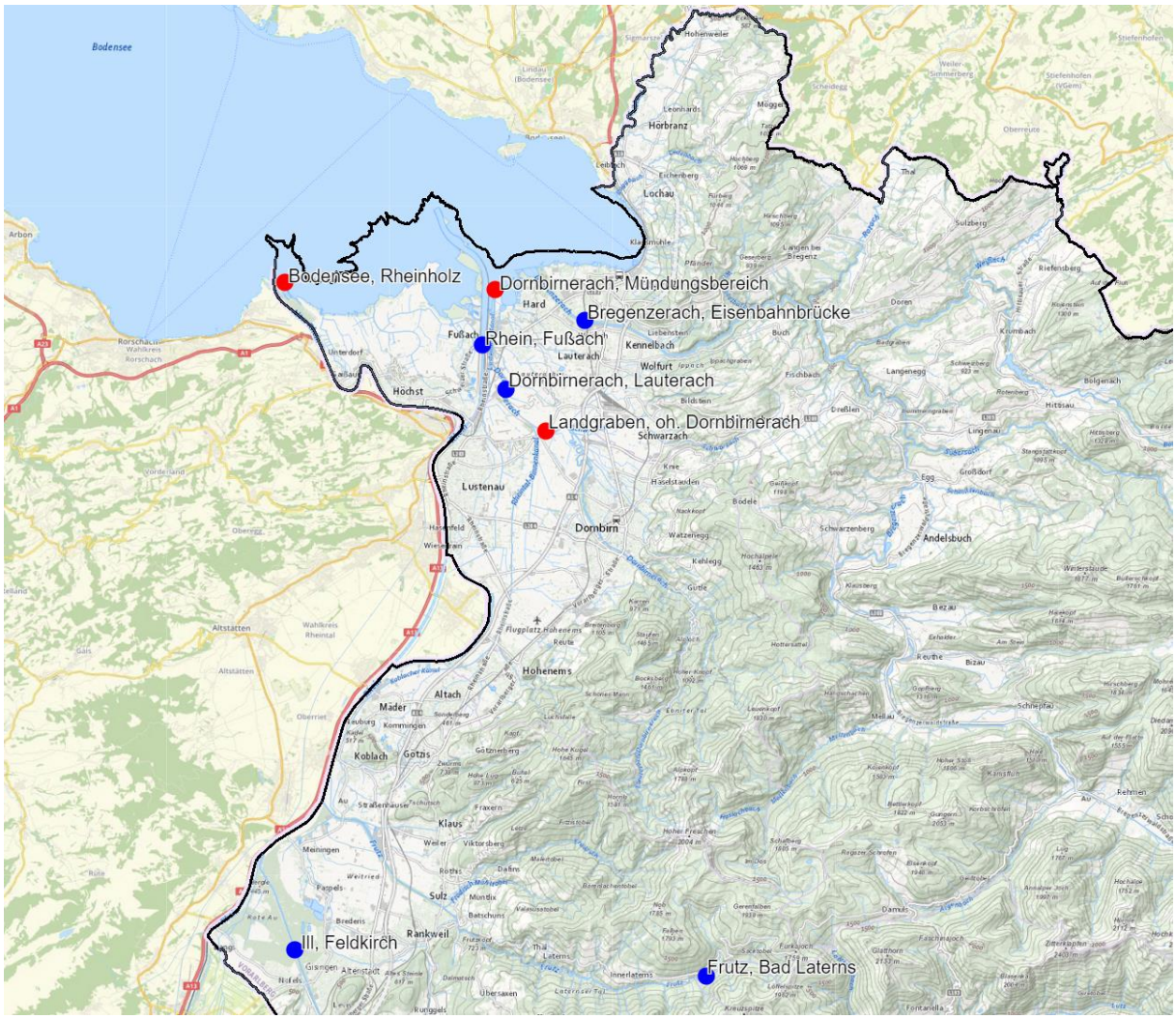

Abbildung 1 Überblick über die Probenstellen aus den Jahren 2021 (blaue Punkte, Beprobung der Wasserphase) und 2023 (rote Punkte, Beprobung von Krebsen).

Signalkrebse aus dem Landgraben Wolfurt

Die Krebse wurden nach fachgerechter Tötung einzeln vermessen, gewogen, das für die weiteren Analysen benötigte Hinterteil gepult, zu Poolproben pro Probenstelle vereinigt und gefriergetrocknet. Diese Vorab-Ergebnisse sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Das Nassgewicht der gepulten Krebsschwänze wurde gemessen, anschließend wurden die Krebse gefrier-getrocknet und die gepoolte Biomasse homogenisiert.

Am Institut für Umwelt- und Lebensmittelsicherheit wurden die Parameter Benzo[a]pyren, Benzo[a]anthracen, Chrysen und Benzo[b]fluoranthen mittels HPLC-FD-Normmethode [2] untersucht. Um weitere PAK zu erfassen und um die verschiedenen Analysenmethoden zu vergleichen und Ergebnisse abzusichern, wurden auch gefriergetrocknete Signalkrebse (aus denselben Probenpools) von der Messstelle Dornbirnerach, Mündungsbereich und Landgraben Wolfurt oh. Dornbirnerach zur Untersuchung an das Österreichische Umweltbundesamt versandt. Am Umweltbundesamt wurden die Parameter Naphthalin, Anthracen, Fluoranthen, Benzo(b)fluoranthen, Benzo(k)fluoranthen, Benzo[a]pyren, Benzo[g,h,g,i]perylen und Indenol[1,2,3-c,d]pyren mit einer hausinternen Gaschromatographie/Massenspektroskopie (GC/MS)-Methode analysiert.

3 Ergebnisse

3.1 PAK Untersuchungen in der Wasserphase 2021

Von den acht analysierten PAK war Naphthalin am auffälligsten und wurde insgesamt 13 Mal oberhalb der Bestimmungsgrenze und neun Mal unterhalb der Bestimmungsgrenze nachgewiesen. Die Konzentrationen lagen jedoch weit unterhalb der UQN für chronische (JD-UQN 2 µg/L) bzw. noch viel weiter unterhalb der UQN für akute Toxizität (ZHK-UQN 130 µg/L). Fluoranthen wurde drei Mal, Benzo[a]pyren zwei Mal unterhalb der Bestimmungsgrenze nachgewiesen. Die übrigen untersuchten PAK wurden nicht nachgewiesen. Die Daten sind im Anhang unter Tabelle 4 angeführt. Die Auswertung für Naphthalin ist in nachstehender Grafik dargestellt. In der Bregenzerach wurde Naphthalin sechs Mal, in der Dornbirnerach drei Mal, im

Rhein zwei Mal und an Vorarlberger Referenzstelle Frutz, Bad Laterns einmal oberhalb der Bestimmungsgrenze detektiert. In der Ill wurde kein Positivnachweis detektiert.

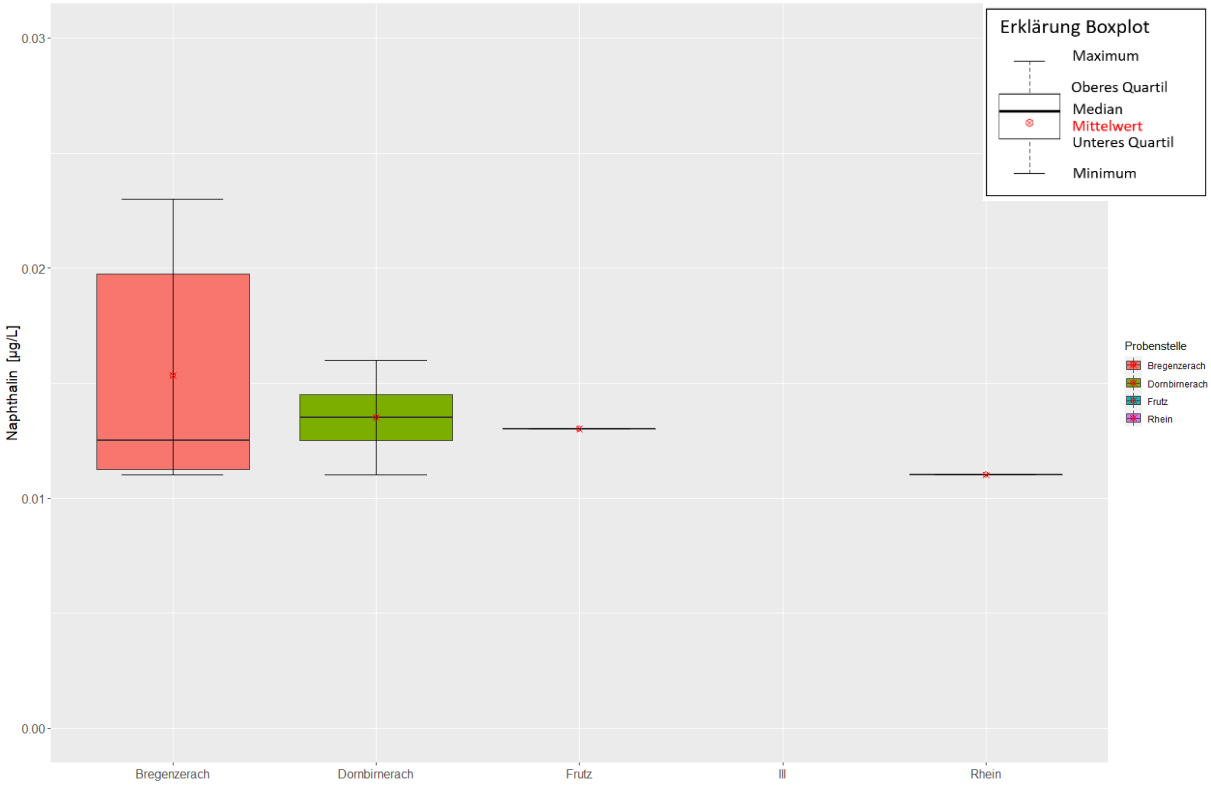

Abbildung 2: Überblick über den am häufigsten in der Wasserphase gemessenen polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoff, Naphthalin, in Vorarlberger Gewässern im Sondermessprogramm der GZÜV 2021; die Umweltqualitätsnorm für chronische Toxizität liegt bei 2 µg/L, jene für die akute Toxizität bei 130 µg/L – somit liegen beide Grenzwerte mehrere Größenordnungen oberhalb der gemessenen Konzentrationen. In der Ill wurde kein Positivnachweis detektiert; das rote Kreuz markiert den Mittelwert.

Fluoranthen wurde in der Brengenzerach und der Dornbirnerach im Jänner und einmal an der Ill unterhalb der Bestimmungsgrenze, jedoch qualitativ nachgewiesen. Benzo[a]pyren wurde in der Dornbirnerach einmal (Jänner) und einmal im Rhein (August) unterhalb der Bestimmungsgrenze in minimalen Spuren nachgewiesen.

3.2 PAK Untersuchungen in Krebsen 2023

Die Ergebnisse der PAK-Untersuchungen an Kamberkrebsen und Signalkrebsen sind in nachstehender Tabelle 2 zusammengefasst.

Tabelle 2:Ergebnisse der PAK-Untersuchunen an Krebsen. Die weiß hinterlegten Ergebnisse wurden mittels Hausmethode des Österreichischen Umweltbundesamtes (GC/MS) ermittelt. Die grün hinterlegten Ergebnisse wurden entsprechend Methode ONR CEN/TS 16621:2014 06 01 Lebensmittelanalytik (HPLC/FD)[2] ermittelt; (NG)… Nachweisgrenze.

Bezeichnung	Krebsart	Datum	Naphthalin	Anthracen	Fluoranthen	Benzo(b)fluoranthen	Benzo(k)fluoranthen	Benzo(a)pyren	Benzo(g,h,i)perylen	Indenol (1,2,3-c,d) pyren	Benzo(a) anthracen	Chrysen
			µg/kg Nassgewicht	µg/kg Nassgewicht	µg/kg Nassgewicht	µg/kg Nassgewicht	µg/kg Nassgewicht	µg/kg Nassgewicht	µg/kg Nassgewicht	µg/kg Nassgewicht	µg/kg Nassgewicht	µg/kg Nassgewicht
Bodensee, Gaißau	Kamberkrebse	03.03.2023	/	/	/	<0,24 (NG)	/	<0,24 (NG)	/	/	<0,24 (NG)	<0,24 (NG)
Dornbirnerach, Mündungsbereich	Signalkrebse	Nov. 2022 bis Juni 2023	1,3	0,7	4,1	<0,25 (NG)	< 1,0 (NG)	<0,6 (NG)	<1,0 (NG)	<0,5 (NG)	<0,25 (NG)	<0,25 (NG)
Dornbirnerach, Mündungsbereich	Kamberkrebse	Nov. 2022 bis Juni 2023	/	/	/	<0,25 (NG)	/	<0,25 (NG)	/	/	<0,25 (NG)	<0,25 (NG)
Landgraben, oh. Dornbirnerach	Signalkrebse	29.06.2023	<1,0 (NG)	1,1	2,3	<0,25 (NG)	< 1,0 (NG)	<0,6 (NG)	<1,0 (NG)	<0,5 (NG)	<0,25 (NG)	<0,25 (NG)

An keiner Messstelle wurde die zulässige Biota-UQN für PAK überschritten. Für Benzo[a]pyren (die Biota-UQN liegt bei 5 µg/kg Nassgewicht) gab es keinen quantitativen Nachweis, weder in Signalkrebsen, noch in Kamberkrebsen. Im Mündungsbereich der Dornbirnerach wurden jedoch Fluoranthen, Naphthalin und Anthracen in Signalkrebsen oberhalb der Bestimmungsgrenze detektiert. Von diesen detektierten PAK gibt es in Biota nur für Fluoranthen eine Umweltqualitätsnorm [1], welche bei 30 µg/kg Nassgewicht liegt und somit an beiden Untersuchungsstellen eingehalten wurde.

3.3 Ergebnisdiskussion

Die PAK-Untersuchungen des GZÜV Sondermessprogramms 2021 in fünf Vorarlberger Fließgewässern zeigten in der Wasserphase keine Überschreitungen der Umweltqualitätsnormen, weder der JD-UQN als Maß für chronische Toxizität, noch der ZHK-UQN als zulässige Höchstkonzentration UQN, welche als Maß für die akute Toxizität gilt.

In der Wasserphase gab es nur Positivnachweise für Naphthalin, eine Substanz, die in vielfältigen Anwendungsbereichen eingesetzt wird, u.a. früher in Mottenkugeln, in industriellen Anwendungen bzw. zur Herstellung von Lösungsmitteln. Die Positivnachweise lagen jedoch, um ca. zwei Größenordnungen unterhalb des Qualitätsziels für chronische Toxizität (JD-UQN).

Für Benzo[a]pyren konnten die derzeit eingesetzten Verfahren in der Wasserphase jedoch noch nicht für die Bewertung der JD-UQN (chronische Toxizität) verwendet werden, da sowohl die Nachweisgrenze als auch die Bestimmungsgrenze oberhalb der JD-UQN gelegen sind – somit war eine Beurteilung der JD-UQN nicht möglich. Deshalb erschienen weitere Messungen in Biota zweckdienlich.

Die Ergebnisse der PAK-Analysen 2023 an Biota zeigten, dass die Biota-UQN für Benzo[a]pyren in allen observierten Taxa an allen Untersuchungsstellen eingehalten wurden. Eine Belastung von Benzo[a]pyren ist auf Basis der Biota-Analysen nicht abzuleiten. In Signalkrebsen an der Messstelle Dornbirnerach im Mündungsbereich wurden jedoch die Substanzen Naphthalin (1,3 µg/kg Nassgewicht), Anthracen (0,7 µg/kg Nassgewicht) und Fluoranthen (4,1 µg/kg Nassgewicht) nachgewiesen. Im Landgraben Wolfurt wurden Anthracen (1,2 µg/kg Nassgewicht) und Fluoranthen (2,3 µg/kg Nassgewicht) detektiert.

Fluoranthen hatte dabei mit 4,1 µg/L den höchsten Konzentrationswert im Mündungsbereich der Dornbirnerach. Fluoranthen ist, nicht wie es der Name es ableiten ließe, ein fluorhaltiges Molekül, sondern ein PAK, welches fluoreszierende Eigenschaften besitzt. Laut Information der Umweltprobenbank des Bundes wird es vorwiegend bei unvollständigen Verbrennungen gebildet, hat ein hohes Bioakkumulationspotenzial und wirkt in Laborversuchen mutagen [3].

Für Naphthalin wurde im Mündungsbereich in der Dornbirnerach ein positiver Nachweis in Biota erhalten, dies deckt sich mit den Untersuchungen der Wasserphase aus dem Jahr 2021, wo an der Messstelle Dornbirnerach, Lauterach ebenfalls Positivbefunde nachgewiesen wurden.
Bei Anthracen handelt es sich ebenfalls um eine für Wasserorganismen toxische Substanz, welche vorwiegend über Verbrennungsprozesse (Industrie, Hausbrand, Verkehr) oder über Herstellungsprozesse in die Umwelt gelangen. Anthracen ist schlecht biologisch abbaubar und reichert sich in Böden, Sedimenten und auch in der Nahrungskette an [4]. Die höchste Konzentration wurde in Signalkrebsen aus dem Landgraben Wolfurt nachgewiesen (Messwert 1,1 µg/kg Nassgewicht), eine Biota-UQN gibt es für Anthracen nicht.

Die Kamberkrebse aus dem Bodensee zeigten keine Positivnachweise.

Die Ergebnisse zeigen, dass die derzeit geltenden Umweltqualitätsnormen in den untersuchten Gewässern bzw. Biota eingehalten werden. Vereinzelt wurden diverse PAK in Spuren in der Wasserphase detektiert. Durch die Eigenschaft mancher PAK sich in der Nahrungskette anzureichern, wurden diese auch an manchen Untersuchungsstellen in Biota nachgewiesen. Auf Basis der vorliegenden Daten wurden jedoch keine akut toxischen Konzentrationen erreicht.

4 Anhang

4.1 Untersuchungen in Krebsen

Tabelle 3: Charakterisierung der verschiedenen untersuchten Biota.

Standort	Entnahmedatum	Krebsart	Krebs Nr.	Länge [cm] Rostrum-Schwanz	Gesamt Frischgewicht [g]	Hinterteil Frischgewicht [g]	Frischgewicht vor Gefriertrocknung [g] (Gesamt ohne Leergewicht)	Trockengewicht nach Gefriertrocknung [g] (Gesamt ohne Leergewicht)	% TM/FM
Bodensee, Rheinholz	03.03.2023	Kamberkrebs	1	6,8	7,46	1,51	25,6	5,1	20,0
			2	7,7	10,69	1,51			
			3	8,3	12,87	2,53			
			4	7,6	7,47	1,27			
			5	6,7	7,22	1,48			
			6	8	12,95	1,95			
			7	7,7	10,91	1,86			
			8	7,6	11,25	2,29			
			9	7,2	7,51	1,29			
			10	8,6	12,18	2,51			
			11	7,9	10,34	1,87			
			12	7,5	7,61	1,48			
			13	8	10,29	2,03			
			14	8,1	10,3	2,04			

Standort	Entnahmedatum	Krebsart	Krebs Nr.	Länge [cm] Rostrum-Schwanz	Gesamt Frischgewicht [g]	Hinterteil Frischgewicht [g]	Frischgewicht vor Gefriertrocknung [g] (Gesamt ohne Leergewicht)	Trockengewicht nach Gefriertrocknung [g] (Gesamt ohne Leergewicht)	% TM/FM
Dornbirnerach, Mündungsbereich	04.06.2023	Signalkrebse	1	11,8	67,49	7,8	69,1	12,3	17,8
			2	9,2	25,61	4,43			
			3	5,6	5,15	1,22			
			4	7	10,66	1,42			
			5	5,9	5,65	0,93			
			6	11	32,22	6,53			
			7	7,4	12,12	2,46			
			8	6,5	12,51	1,61			
			9	8	12,51	2,61			
			10	6,6	7,72	1,69			
			11	7,2	11,59	2,13			
			12	10,4	38,69	5,15			
			13	11	39,44	5,48			
			14	7	9,9	1,83			
			15	7	7,78	1,64			
			16	8,1	15,63	3,13			
			17	8,5	16,8	2,92			
			18	8	12,31	2,33			
			19	7,3	10,7	2,15			
			20	8,2	16,31	2,91			
			21	7	8,77	1,83			
			22	7,7	12,6	2,83			
			23	7,8	8	1,8			
			24	8,6	11,2	2,08			
			25	6,2	6,1	1,25			

Standort	Entnahmedatum	Krebsart	Krebs Nr.	Länge [cm] Rostrum-Schwanz	Gesamt Frischgewicht [g]	Hinterteil Frischgewicht [g]	Frischgewicht vor Gefriertrocknung [g] (Gesamt ohne Leergewicht)	Trockengewicht nach Gefriertrocknung [g] (Gesamt ohne Leergewicht)	% TM/FM
Dornbirnerach, Mündungsbereich	13.06.2023	Kamberkrebs	1	6,3	5,75	1,31	35,5	5,9	16,7
			2	6	7,573	1,49			
			3	9,2	19,87	4,12			
			4	7,9	14,64	2,57			
			5	9,3	25,28	4,61			
			6	5,6	4,42	1,08			
			7	5,4	4,44	0,92			
			8	10,3	31,15	5,19			
			9	10,4	35,84	6,12			
			10	6,2	6,5	0,83			
			11	7,3	14,78	2,95			
			12	7,6	13,95	2,02			
			13	8	15,66	2,69			

Standort	Entnahmedatum	Krebsart	Krebs Nr.	Länge [cm] Rostrum-Schwanz	Gesamt Frischgewicht [g]	Hinterteil Frischgewicht [g]	Frischgewicht vor Gefriertrocknung [g] (Gesamt ohne Leergewicht)	Trockengewicht nach Gefriertrocknung [g] (Gesamt ohne Leergewicht)	% TM/FM
Landgraben, oh. Dornbirnerach	29.06.2023	Signalkrebse	1	11	50,48	5,33	82,3	17,19	20,9
			2	9,7	27,13	4,4			
			3	11,9	67,59	5,11			
			4	9,4	26,96	3,75			
			5	14	74,59	7,92			
			6	11,2	38,4	5,06			
			7	10,8	30,2	5,1			
			8	10,9	34,54	4,72			
			9	10,4	33,85	4,4			
			10	7,5	12,07	2,03			
			11	8,1	15,73	2,16			
			12	9	19,27	2,39			
			13	8,2	17,26	2,31			
			14	9,3	21,47	2,87			
			15	7,2	10,73	1,76			
			16	8,3	17,18	2,53			
			17	8,2	19,23	2,69			
			18	7,7	13,15	2			
			19	7	10,31	1,81			
			20	7,4	10,76	1,17			
			21	7,8	11,98	2,08			
			22	7,7	10,01	2,91			
			23	7,2	10,41	1,98			
			24	7,7	11,34	2,66			
			25	5,2	3,62	0,52			
			26	5,2	4,06	0,74			
			27	5,6	3,97	0,89			

4.2 Untersuchungen in der Wasserphase

Tabelle 4: Ergebnisse der 12 PAK-Untersuchungen an den Vorarlberger Messstellen im Jahr 2021.

Datum	Messstelle	Naphthalin	Naphthalin (BG)	Naphthalin (NG)	Anthracen	Anthracen (BG)	Anthracen (NG)	Fluoranthen	Fluoranthen (BG)	Fluoranthen (NG)	Benzo(b)fluoranthen	Benzo(b)fluoranthen (BG)	Benzo(b)fluoranthen (NG)	Benzo(k)fluoranthen	Benzo(k)fluoranthen (BG)	Benzo(k)fluoranthen (NG)	Benzo(a)pyren	Benzo(a)pyren (BG)	Benzo(a)pyren (NG)	Benzo(g,h,i)perylen	Benzo(g,h,i)perylen (BG)	Benzo(g,h,i)perylen (NG)	Indeno(1,2,3-c,d)pyren	Indeno(1,2,3-c,d)pyren (BG)	Indeno(1,2,3-c,d)pyren (NG)
		µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
11.01.2021	Bregenzerach/Bregenz/Jänner	0,023	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	< 0.0050	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
11.01.2021	Dornbirnerach/Lauterach/Jänner	0,013	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	< 0.0050	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	< 0.0011	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
11.01.2021	Frutz/Bad Laterns/Jänner	n.n.	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
11.01.2021	Ill Feldkirch/Jänner	n.n.	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
11.01.2021	Neuer Rhein/Fussach/Jänner	0,011	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
08.02.2021	Bregenzerach/Bregenz/Februar	0,011	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
08.02.2021	Dornbirnerach/Lauterach/Februar	< 0.010	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
08.02.2021	Frutz/Bad Laterns/Februar	n.n.	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
08.02.2021	Ill/Feldkirch/Februar	< 0.010	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
08.02.2021	Neuer Rhein/Fussach/Februar	< 0.010	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
02.03.2021	Bregenzerach/Bregenz/März	0,011	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
02.03.2021	Dornbirnerach/Lauterach/März	0,014	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
02.03.2021	Ill/Feldkirch/März	< 0.010	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
02.03.2021	Neuer Rhein/Fussach/März	< 0.010	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
14.04.2021	Bregenzerach/Bregenz/April	n.n.	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
14.04.2021	Dornbirnerach/Lauterach/April	n.n.	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
14.04.2021	Frutz/Bad Laterns/April	n.n.	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
14.04.2021	Ill/Feldkirch/April	n.n.	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
14.04.2021	Neuer Rhein/Fussach/April	n.n.	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
25.05.2021	Bregenzerach/Bregenz/Mai	n.n.	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
25.05.2021	Dornbirnerach/Lauterach/Mai	n.n.	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
25.05.2021	Frutz/Bad Laterns/Mai	n.n.	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
25.05.2021	Ill/Feldkirch/Mai	n.n.	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
25.05.2021	Neuer Rhein/Fussach/Mai	< 0.010	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
22.06.2021	Bregenzerach/Bregenz/Juni	0,012	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
22.06.2021	Dornbirnerach/Lauterach/Juni	n.n.	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
22.06.2021	Frutz/Bad Laterns/Juni	n.n.	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
22.06.2021	Ill/Feldkirch/Juni	n.n.	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
22.06.2021	Neuer Rhein/Fussach/Juni	n.n.	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
22.07.2021	Bregenzerach/Bregenz/Juli	n.n.	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
22.07.2021	Dornbirnerach/Lauterach/Juli	n.n.	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
22.07.2021	Frutz/Bad Laterns/Juli	n.n.	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
22.07.2021	Ill/Feldkirch/Juli	n.n.	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
22.07.2021	Neuer Rhein/Fussach/Juli	n.n.	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
10.08.2021	Bregenzerach/Bregenz/August	n.n.	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
10.08.2021	Dornbirnerach/Lauterach/August	n.n.	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
10.08.2021	Frutz/Bad Laterns/August	n.n.	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
10.08.2021	Ill/Feldkirch/August	n.n.	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
10.08.2021	Neuer Rhein/Fussach/August	n.n.	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	< 0.0011	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
08.09.2021	Bregenzerach/Bregenz/September	n.n.	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
08.09.2021	Dornbirnerach/Lauterach/September	n.n.	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
08.09.2021	Frutz/Bad Laterns/September	n.n.	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
08.09.2021	Ill/Feldkirch/September	n.n.	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
08.09.2021	Neuer Rhein/Fussach/September	n.n.	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
19.10.2021	Bregenzerach/Bregenz/Oktober	n.n.	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
19.10.2021	Dornbirnerach/Lauterach/Oktober	n.n.	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
19.10.2021	Frutz/Bad Laterns/Oktober	n.n.	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
19.10.2021	Ill/Feldkirch/Oktober	n.n.	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	< 0.0050	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
19.10.2021	Neuer Rhein/Fussach/Oktober	n.n.	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
11.11.2021	Bregenzerach/Bregenz/November	0,013	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
11.11.2021	Dornbirnerach/Lauterach/November	0,016	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
11.11.2021	Frutz/Bad Laterns/November	0,013	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
11.11.2021	Ill/Feldkirch/November	< 0.010	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
11.11.2021	Neuer Rhein/Fussach/November	0,011	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
08.12.2021	Bregenzerach/Bregenz/Dezember	0,022	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
08.12.2021	Dornbirnerach/Lauterach/Dezember	0,011	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
08.12.2021	Frutz/Bad Laterns/Dezember	n.n.	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
08.12.2021	Ill/Feldkirch/Dezember	< 0.010	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002
08.12.2021	Neuer Rhein/Fussach/Dezember	< 0.010	0,01	0,005	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,005	0,0025	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,0011	0,00055	n.n.	0,004	0,002	n.n.	0,004	0,002

5 Literatur

1. *Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer (QZV Chemie OG; BGBl. II Nr. 96/2006 i.d.g.F.)*. Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Festlegung des Zielzustandes für Oberflächengewässer.
2. *ONR CEN/TS 16621:2014 06 01 Lebensmittelanalytik – Bestimmung von Benzo(a)pyren, Benzo(a)anthracen, Chrysen und Benzo(b)fluoranthen in Lebensmitteln mittels Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie mit Fluoreszenzdetektion (HPLC-FD)*.
3. *Umweltprobenbank des Bundes*. [cited 2023. 11.12.]; Available from: https://www.umweltprobenbank.de/de/documents/profiles/analytes/10088.
4. *Homepage des Deutschen Umweltbundesamts über Antrhacen*. [cited 2023. 11.12.]; Available from: https://www.umweltbundesamt.de/anthrazen.

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