



Kanton Graubünden
Chantun Grischun
Cantone die Grigioni

PFAS Analysen Oberengadin

Schlussbericht

Status	genehmigt
Zuständig	David Schmid (ANU), Matthias Beckmann (ALT), Marcel Michel (AJF)
Version	1.0
Datum	22. Januar 2022
Dokument	ANU-406-51

Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangslage.....	2
1.1	PFAS in der Umwelt.....	2
1.2	Höchstwerte	2
1.3	Referenzuntersuchungen.....	3
2	Untersuchungsprogramm	3
2.1	Stoffprogramm	3
2.2	Umfang der Untersuchung	4
2.2.1	Trinkwasser	4
2.2.2	Seewasser.....	4
2.2.3	Fische.....	4
3	Ergebnisse	5
3.1	Trinkwasser	5
3.2	Seewasser	5
3.3	Fische.....	6
3.3.1	Positivbefunde	6
3.3.2	Belastungswerte	6
4	Diskussion/Bewertung	8
4.1	Trinkwasser	8
4.2	Seewasser	8
4.3	Fische.....	9
5	Schlussfolgerung und Empfehlungen	9
6	Anhang	10
6.1	Anhang A: Anzahl Positivnachweise Fischproben.....	10
6.2	Anhang B: Belastungswerte (Median in µg/kg).....	12
7	Abkürzungsverzeichnis.....	13

1 Ausgangslage

1.1 PFAS in der Umwelt

Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen, kurz PFAS, sind eine Gruppe von Chemikalien, zu der Perfluorooctansäure (PFOA), Perfluorooctansulfonsäure (PFOS), Perfluorononansäure (PFNA), Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS) und hunderte weitere Substanzen gehören. Die bekanntesten sind PFOS und PFOA.

Die perfluorierten Verbindungen PFOS und PFOA sind Industriechemikalien, die aufgrund ihrer technischen Eigenschaften jahrzehntelang in zahlreichen industriellen Prozessen und Produkten eingesetzt wurden, so etwa in der Produktion von Textilien, Elektronik, Papierbeschichtungen, Farben, Feuerlöschschäumen und Skiwachs. Sie sind biologisch, chemisch und thermisch äusserst stabil sowie wasser- und fettabweisend.

Durch diese hohe Stabilität und Vielseitigkeit waren sie jahrelang nicht aus der Industrie wegzudenken. Seit 2010 ist die Verwendung von PFOS in Europa verboten. Für PFOA gilt seit 2020 ein Verwendungsverbot. Trotz dieser Verbote sind die Stoffe weiterhin in der Umwelt, in der Nahrungskette und im Menschen nachweisbar.¹

Aufgrund der Bedeutung der PFAS für die Umwelt wurde im Frühjahr 2021 eine Bestandesaufnahme der Situation der Oberengadiner Seen durch die drei Dienststellen AJF, ANU und ALT ämterintern in Auftrag gegeben. Im Fokus stand die Untersuchung von Fischen, See- und Trinkwasser. Aus den erhaltenen Daten sollte eine Situationsabschätzung abgeleitet werden können.

1.2 Höchstwerte

Die Verordnung des EDI über Trinkwasser sowie Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen (TBDV, SR 817.022.11) legt in Anhang 2 Höchstwerte für drei PFAS in Trinkwasser fest, nämlich für Perfluorooctansulfonat (PFOS, 0.3 µg/l), Perfluorhexansulfonat (PFHxS, 0.3 µg/l) und Perfluorooctansäure (PFOA, 0.5 µg/l).

Die Europäischen Lebensmittelsicherheitsbehörde (EFSA) hat die gesundheitlichen Risiken durch das Vorkommen von PFAS in Lebensmitteln im 2020 neu bewertet.² Darin wurde der toxikologische Referenzwert bzw. die sogenannte tolerierbare wöchentliche Aufnahmemenge (TWI - tolerable weekly intake) neu bestimmt. Der TWI gibt die wöchentliche Menge an, die bei einer lebenslangen Aufnahme keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen beim Menschen erwarten lässt.

Bis anhin gab es sowohl für PFOS wie auch PFOA einen separaten TWI. In der neuen Beurteilung hat die EFSA einen gruppenbezogenen TWI für die Summe der wichtigsten PFAS (PFOA, PFOS, PFNA und PFHxS) von 4.4 Nanogramm pro Kilogramm Körpergewicht und Woche festgelegt.

Daraufhin wurden von der EU neue Höchstwerte für diese Substanzen im Trinkwasser definiert, welche ab dem 12.01.2026 gültig werden.³ Für die Summe aller perfluorierten Säuren (C4-C13) gilt künftig ein Höchstwert von 0.1 Mikrogramm pro Liter und für die Summe aller PFAS ein Höchstwert von 0.5 Mikrogramm pro Liter. Das Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und

¹ www.blv.admin.ch, Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen (PFAS)

² EFSA Journal 2020;18(9):6223: Risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food

³ Richtlinie (EU) 2020/2184 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2020 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch

Veterinärwesen (BLV) überprüft derzeit, ob die gesetzlichen Höchstwerte für PFAS in Lebensmitteln in der Schweiz angepasst werden müssen.⁴

Offizielle Grenzwerte bezüglich der für Fische physiologisch verträglichen Konzentration von PFAS gibt es nicht. Ein kritischer Konzentrationswert für PFOS in Fischgeweben wurde anhand einer Bioakkumulationsstudie an Sonnenbarschen berechnet.⁵ In dieser Studie wurde eine PFOS-Konzentration im Gewebe von 87 mg/kg Körpergewicht als Schwellenwert berechnet, unterhalb dessen PFOS voraussichtlich kein Risiko für Fischpopulationen und deren Gesundheit darstellt.

1.3 Referenzuntersuchungen

Im Rahmen eines im Jahr 2020 durchgeführten Untersuchungsprogramms des Chemischen und Veterinäruntersuchungsamts Stuttgart (CVUA) wurde in allen 140 untersuchten Fischfiletproben aus dem Ober- bzw. Untersee des Bodensees PFOS mit einer Konzentration von im Median 10,3 µg/kg nachgewiesen. Neben PFOS sind auch die Gehalte an PFOA, PFNA und PFHxS in die Berechnung einzubeziehen. PFNA wurde mit einer Konzentration von im Median 0,17 µg/kg nachgewiesen. PFOA und PFHxS waren nicht nachweisbar. Die Spanne der gemessenen Summenkonzentrationen Σ PFOS, PFOA, PFNA, PFHxS reicht von 1,8 µg/kg bis 30 µg/kg.⁶

Laut der Bodensee-Wasserversorgung wurde, im aus dem Bodensee gewonnenen Trinkwasser, eine PFOS-Konzentration in Höhe von 0,003 µg/l bestimmt. Weitere 17 PFAS, einschliesslich der anderen von der EFSA bewerteten Einzelsubstanzen, waren laut Analyse aus dem Jahr 2020 nicht nachweisbar.⁷

In einer weiteren Studie wurde der Status der PFAS Belastung von Fischen im Alpenbogen untersucht.⁸ Insgesamt wurden 95 Fischproben (Muskelfleisch) aus 10 Seen der voralpinen und alpinen Region analysiert: Genfersee, Luganersee, Lago Maggiore, Comersee, Lago Iseo, Gardasee, Lago di Varese, Lago Mergozzo, oberer und unterer Lago Sasso. Analysiert wurden die Konzentrationen von PFOS, PFOA und neun weiteren Substanzen aus der PFAS-Stoffgruppe. Die Konzentration von PFOS im Fischfilet lag im Median bei 6.0 µg/kg mit einer nachgewiesenen Maximalbelastung von 50.5 µg/kg. Der Medienwert für die beiden alpinen Seen lag mit 0.32 µg/kg deutlich tiefer. PFOA war in keiner Probe nachweisbar. Die Spanne der gemessenen Summenkonzentrationen Σ PFAS reicht von 0.35 µg/kg bis 60.4 µg/kg.

2 Untersuchungsprogramm

2.1 Stoffprogramm

Auf der Basis der neusten Beurteilung der europäischen Lebensmittelsicherheitsbehörde (EFSA) wurde die Bestimmung der wichtigsten PFAS, mindestens jedoch PFOA, PFOS, PFNA und PFHxS, in Seewasser und Fischen aus den Oberengadiner Seen sowie Trinkwasser, welches entweder aus den Oberengadiner Seen gewonnen wird oder in direktem Zusammenhang damit steht, in Auftrag gegeben. Dazu wurden von verschiedenen Laboratorien Offerten eingeholt. Für

⁴ www.blv.admin.ch, Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen (PFAS)

⁵ Giesy, J.P et al. (2010) : Aquatic Toxicology of Perfluorinated Chemicals, In : Reviews of Environmental Contamination and Toxicology, S. 1-52.

⁶ www.ua-bw.de (Nachweis von per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS) in Fischen aus dem Bodensee – Ergebnisse eines Untersuchungsprogramms aus dem Jahr 2020)

⁷ www.blv.admin.ch, Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen (PFAS)

⁸ Valsecchi, S, *et al* (2020) Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) in Fish from European Lakes: Current Contamination Status, Sources, and Perspectives for Monitoring. Environmental Toxicology and Chemistry—Volume 00, Number 00—pp. 1–19, 2020

die Auswahl der Laboratorien war deren Akkreditierung für die Bestimmung der PFAS sowie die methodische Bestimmungsgrenze ausschlaggebend. Für die Bestimmung der PFAS in See- und Trinkwasser fiel die Wahl auf das Kantonale Labor Basel-Land (zwölf PFAS, darunter PFOA, PFOS, PFNA und PFHxS), für Fische auf das Kantonale Labor Zürich (20 PFAS, darunter PFOA, PFOS, PFNA und PFHxS).

2.2 Umfang der Untersuchung

2.2.1 Trinkwasser

In der Region der Oberengadiner Talseen wurden am 09.06.2021 fünf Pumpwerke beprobt, welche der Trinkwasserversorgung von Maloja, Sils i. E., Champfèr und St. Moritz dienen:

- Maloja, Seewasserwerk (Trinkwassergewinnung aus dem Silsersee)
- Sils i. E., Grundwasserpumpwerk Chalcheras im Einflussbereich des Silsersees
- Champfèr, Grundwasserpumpwerke 1 und 2 im Einflussbereich des Lej da Silvaplauna, Lej Suot, Lej da Champfèr und des Inns
- St. Moritz, Grundwasserpumpwerk San Gian 2 im Einflussbereich des Inns

2.2.2 Seewasser

Aus den Oberengadiner Seen (St. Moritzersee, Champfèrersee, Silvaplanersee und Silsersee) wurden entlang je eines Tiefenprofils Wasserproben entnommen und im Labor auf die Stoffgruppe PFAS untersucht.

Probe Nr.	St. Moritzersee [m]	Champfèrersee [m]	Silvaplanersee [m]	Silsersee [m]
1	1	1	1	1
2	2.5	5	5	5
3	5	10	10	10
4	7	20	15	15
5	10	30	20	20
6	15	-	30	30
7	20	-	40	40
8	25	-	50	50
9	30	-	60	60
10	40	-	70	65

Tab. 1: Tiefe aus denen Wasserproben der Engadiner Seen entnommen wurden.

2.2.3 Fische

Mittels Netzfischerei wurden am 4. Juni und 22. Juli 2021 insgesamt 70 Fische aus drei Seen der Region Oberengadin-Bernina beprobt:

Silsersee: 40 Fische (10 Bachforellen, 10 Seesaiblinge, 10 Namaycush, 10 Äschen)

Lago Bianco: 20 Fische (10 Bachforellen, 10 Seesaiblinge)

Lago Crocetta: 10 Fische (9 Bachforellen, 1 Namaycush)

Von jedem Fisch wurde je eine Leber- und eine Muskelprobe entnommen.

3 Ergebnisse

3.1 Trinkwasser

Die in den Trinkwasserproben der fünf Pumpwerke bestimmten zwölf PFAS, darunter PFOA, PFOS, PFNA und PFHxS, liegen in der Regel unter den vom Kantonalen Labor Basel-Land angegebenen methodischen Bestimmungsgrenzen, in einzelnen Fällen knapp darüber. So wird die Bestimmungsgrenze von PFOS, dessen Verwendung seit 2010 in Europa verboten ist, mit 0.0001 µg/l angegeben, welche in drei von fünf Proben nicht überschritten wird. In zwei Proben (Grundwasserpumpwerke San Gian 2 und Champfèr 2) wurden 0.0002 µg/l PFOS gemessen.

Für PFOA gilt seit 2020 ein Verwendungsverbot. Die methodische Bestimmungsgrenze liegt nach Angabe des Kantonalen Labors Basel-Land ebenfalls bei 0.0001 µg/l. Den höchsten Wert erzielte mit 0.0007 µg/l das Grundwasserpumpwerk Champfèr 1. Im Falle des Grundwasserpumpwerks Chalcheras lag der Wert unter der Bestimmungsgrenze.

3.2 Seewasser

Es wurden insgesamt 35 Proben auf 12 unterschiedliche PFAS untersucht. Dort wo PFAS nachgewiesen werden konnten, liegen die Konzentrationen im Bereich der Bestimmungsgrenzen. Die gemessenen Konzentrationen sind somit sehr gering.

Stoff	Proben mit Nachweis	Proben ohne Nachweis	Bestimmungsgrenze [µg/l]	Minimum [µg/l]	Maximum [µg/l]
Perfluorbutansäure	16	19	0.001	0.001	0.0011
Perfluorbutansulfonsäure	27	8	0.0001	0.0001	0.0002
Perfluorpentansäure	0	35	0.001	0	0
Perfluorhexansäure	35	0	0.0001	0.0001	0.0003
Perfluorhexansulfonsäure	3	32	0.0001	0.0001	0.0001
Perfluorheptansäure	35	0	0.0001	0.0003	0.0003
Perfluoroctansäure	35	0	0.0001	0.0002	0.0004
Perfluoroctansulfonsäure	35	0	0.0001	0.0001	0.0002
Perfluorononansäure	31	4	0.0001	0.0001	0.0002
Perfluordecansäure	0	35	0.001	0	0
Perfluorundecansäure	0	35	0.001	0	0
Perfluordodecansäure	0	35	0.001	0	0

Tab. 2: Im Seewasser nachgewiesene Konzentrationen von PFAS.

3.3 Fische

3.3.1 Positivbefunde

Alle Arten / Alle Seen	PFOA	PFOS	Summe PFHxS, PFOA, PFOS, PFNA
Muskel Anzahl	0	34	35
Leber Anzahl	10	58	63
Muskel %	0.0%	48.6%	50.0%
Leber %	14.3%	82.9%	90.0%

Tab. 3: Anzahl Positivnachweise an PFAS in Fischen (n=70) des Oberengadins (methodische Bestimmungsgrenze > 0.5 µg/kg für Muskel; > 1 µg/kg für Leber)

PFOS wird bei einer Mehrheit der Proben festgestellt, wobei die Nachweisraten bei den Leberproben mit rund 83% klar über jener der Muskelproben liegen (49%). PFOS wird in der Leber und im Muskel aller Arten und Seen festgestellt (Ausnahme Muskelfleisch Äsche). Der Namaycush zeigt die höchsten Anteile an positiven PFOS Proben, sowohl im Muskel (91%) als auch in der Leber (100%), gefolgt von Seesaibling (60% bzw. 85%) und Bachforelle (41% bzw. 76%). Die Äsche zeigt nur positive Proben in der Leber (80%).

Bei der Bachforelle, der einzigen Art, die in allen 3 Seen vorkommt, sind bezogen auf das Muskelfleisch die höchsten Nachweisraten im Lago Bianco (80%) zu finden, gefolgt vom Silsersee (30%) und dem Lago Crocetta (11%). Bei den Leberwerten sind Lago Bianco und Silsersee ähnlich hoch (100% bzw. 80%); die Werte beim Lago Crocetta liegen klar tiefer (33%).

Beim Seesaibling und Namaycush zeigen sich kaum Differenzen zwischen den beiden Seen, wo diese Arten vorkommen, wobei im Lago Crocetta lediglich ein Namaycush gefangen wurde.

Details zu den see- und artspezifischen Positivbefunden finden sich im Anhang A.

3.3.2 Belastungswerte

Stoff	Matrix	Silsersee	Lago Bianco	Lago Crocetta
PFOA	Muskel	< bg	< bg	< bg
	Leber	2.1	< bg	< bg
PFOS	Muskel	1.0	0.9	1.1
	Leber	14.5	7.8	4.7
Summe PFHxS, PFOA, PFOS, PFNA	Muskel	1.3	0.9	1.1
	Leber	18.0	7.8	2.1

Tab. 4: Belastungswerte an PFAS in Fischen des Oberengadins. Wertangabe: Median in µg/kg < bg = < methodische Bestimmungsgrenze; > 0.5 µg/kg für Muskel; > 1 µg/kg für Leber

In lediglich 10 Leberproben des Silsersees (5 Seesaiblinge, 3 Bachforellen, 2 Namaycush) kann PFOA über der Bestimmungsgrenze nachgewiesen werden. Die gemessenen Werte liegen

zwischen 1.1 und 8.8 µg/kg. In allen anderen Seen und in sämtlichen Proben von Muskelfleisch kann kein PFOA nachgewiesen werden.

Die gemessenen Leber-Werte bei PFOS liegen zwischen 1.1 und 49.0 µg/kg, der Median beträgt 10.4 µg/kg und liegt damit klar unter dem Wert vergleichbarer Analysen im Genfersee (20.2 µg/kg). Die höchsten PFOS-Belastungswerte (Median) werden in der Leber von Seesaiblingen und Namaycush im Silsersee festgestellt, wobei der einzige Namaycush aus dem Lago Crocetta einen Belastungswert aufzeigt, der dem Median der Belastung der Namaycush im Silsersee entspricht. Beim Seesaibling liegt die Leber-Belastung (Median) im Silsersee 4 x höher als im Lago Bianco.

Beim Muskelfleisch ist die PFOS-Belastung wesentlich tiefer (0.5 und 2.1 µg/kg; Median 0.9 µg/kg) und es finden sich Unterschiede zwischen Arten und Seen. So liegt die Belastung des Muskelfleischs bei den Fischarten im Lago Bianco leicht höher als im Silsersee und Lago Crocetta. Bezüglich der PFAS-Gesamtbelastung (Summenwerte) des Muskelfleischs und der Leber von Fischen lässt sich zwischen den Seen jedoch kein wesentlicher Unterschied feststellen.

Der Namaycush zeigt die höchsten Belastungen von PFOS im Muskelfleisch, unabhängig vom See. Die PFAS-Gesamtbelastung ist klar höher als bei der Bachforelle, Seesaibling und Äsche. Der Seesaibling seinerseits weist gegenüber der Bachforelle und Äsche höhere Werte bei der PFAS-Gesamtbelastung für Muskelfleisch auf.

30 Fischproben wurden parallel vom Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV) und im Kantonalen Laboratorium Zürich gemessen. Die Resultate zeigen eine gute bis sehr gute Übereinstimmung.

Im Vergleich zu den Analysewerten aus dem Bodensee oder den 10 Seen aus dem südlichen Alpenbogen, liegen die in dieser Studie ermittelten Belastungswerte für PFOS, mit einer Ausnahme, tiefer. Die Ausnahme betrifft den oberen und unteren Lago Sassolo im Kanton Tessin. Die beiden verbundenen Kleinseen liegen auf rund 2100 m ü.M. und sind somit bezüglich ihrer Höhenlage mit den Seen dieser Studie vergleichbar.

Details zu den see- und artspezifischen Belastungswerten finden sich im Anhang B.

See	PFOS Median (µg/kg)	PFOS Maximum (µg/kg)
Silsersee	1.0	2.1
Lago Bianco	0.9	2.0
Lago Crocetta	1.1	1.5
Comersee	4.1	6.0
Gardasee	1.4	4.8
Lago Iseo	0.9	2.5
Lago Varese	7.0	12.5
Lago Mergozzo	5.4	38.4
Lago Sassolo (oben&unten)	0.3	0.8
Lago Maggiore	8.6	19.9
Luganersee	15.7	50.5
Genfersee	9.1	19.3
Bodensee	10.3	10.8

Tab. 5: Belastungswerte an PFOS in Fischen diverser Seen im Alpenraum.

4 Diskussion/Bewertung

4.1 Trinkwasser

Die Resultate der untersuchten Trinkwässer liegen deutlich unter den für PFOA, PFOS und PFHxS festgelegten Höchstwerten gemäss der Verordnung des EDI über Trinkwasser sowie Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen (TBDV, SR 817.022.11).

Die Summenwerte aller 12 gemessenen PFAS im Trinkwasser liegen auch deutlich unterhalb des Summenwerts für die 20 PFAS (0.1 µg/l), welcher in der EU-Trinkwasser-Richtlinie gilt.

Auf der Basis des EFSA-TWI von 4.4 ng/kg KG/Woche für die vier PFAS (PFOA, PFOS, PFHxS, PFNA), einem angenommenen Körpergewicht von 70 kg und einer Allokation von 20 % kommt man auf einen theoretischen Trinkwasser-Höchstwert von 4.4 ng/l. Der höchste gemessene Summenwert (GWPW Champfèr 2) liegt deutlich darunter (1.2 ng/l).

Für die Berechnung des theoretischen Höchstwerts im Trinkwasser wird davon ausgegangen, dass 20 % der toxikologisch zulässigen Exposition dieser vier PFAS über Trinkwasser geschieht (der Rest über andere Wege wie Umweltexpositionen, Gebrauchsgegenstände oder andere Lebensmittel, wie z. B. Fische). Diese Allokation entspricht den WHO-Annahmen für Trinkwasser, inklusive 2 l Wasserkonsum pro Tag und 70 kg Körpergewicht.

4.2 Seewasser

Im Bodensee wurde Perfluorooctansäure (PFOS) im Jahr 2019 in Konzentrationen zwischen 0.001 µg/l 0.005 µg/l gemessen (Quelle IGKB).

Greenpeace hat im Juni 2015 Wasserproben von den Macunseen (oberhalb Zernez) analysieren lassen. Es wurden Konzentrationen in der gleichen Grössenordnung gemessen.

Stoff	Abk.	µg/l
Perfluorbutansäure	PFBA	0.0008
Perfluorhexansäure	PFHxA	0.0002
Perfluorheptansäure	PFHpA	0.0003
Perfluorooctansäure	PFOA	0.0006
Perfluornonansäure	PFNA	0.0002
Perfluordecansäure	PFDA	0.0001
Perfluorbutansulfonsäure	PFBS	0.0001
Perfluorooctansulfonsäure	PFOS	0.0001

Tab. 6: Messungen von Greenpeace im Jahr 2015 von den Macunseen. (Cobbing M., Jacobson T., Santen M.: Chemie in unberührter Natur, Greenpeace untersucht die globale Verbreitung gefährlicher per- und polyfluorierter Chemikalien; Greenpeace, Hamburg, 2015)

Die Wasserproben in den Oberengadiner Seen unterscheiden sich somit nicht wesentlich von denen aus den entlegenen Macunseen. Die Studie von Greenpeace, welche PFAS in entlegenen Gebieten nachweist, deutet darauf hin, dass die Verbreitung dieser Stoffe über die Atmosphäre einen grossen Einfluss hat.

4.3 Fische

Die Tatsache, dass sich PFOA nur in wenigen Proben nachweisen lässt und dies auch nur in geringen Konzentrationen, deckt sich mit anderen Untersuchungen, wo dieser Stoff im Spektrum der diversen PFAS eine untergeordnete Rolle spielte.

Anders präsentiert sich die Situation beim PFOS. Dieser Stoff wird im Muskelfleisch der Hälfte der untersuchten Fische nachgewiesen. Für Fischarten die weit oben in der Nahrungskette stehen, ist dieser Stoff gar omnipräsent und ein klares Anzeichen für die Bioakkumulation dieses Stoffes.

Erwartungsgemäss reichern sich PFAS in der Fischleber in signifikanter Weise an. Die PFAS-Werte liegen um Faktoren höher als im Muskelfleisch. Allerdings wird die Fischleber in der Regel nicht für den menschlichen Konsum genutzt. Inwieweit die gefundenen PFAS-Konzentrationen in der Leber eine toxische Wirkung auf die Fische haben, kann nicht abschliessend beurteilt werden. Die maximalen Werte (0.07 mg/kg) liegen aber weit unter einem für Sonnenbarsche ermittelten toxikologischen Schwellenwert von 87 mg/kg und es wird daher von keinen akuten Effekten auf die Fischgesundheit ausgegangen. Negative Auswirkungen einer chronischen Belastung auf die Entwicklung oder Reproduktion der Fische kann jedoch nicht ausgeschlossen werden.

Bei den Fischen bietet sich ein Vergleich mit den Messwerten von Fischen aus anderen Schweizer und norditalienischen Seen an. Die gemessenen PFOS-Gehalte im Muskelfleisch von Fischen aus dem Genfersee, Bielersee, Luganersee und Lago Maggiore liegen z. T. deutlich über dem höchsten in der vorliegenden Untersuchung gemessenen Wert von 2.1 µg/kg Nassgewicht (GR-M34, Namaycush).

Beim Vergleich der bezüglich Charakter und Höhenlage ähnlichen Seen zeigt sich, dass die Seen der Region Oberengadin/Bernina eine höhere Belastung der Fische zeigen. So liegt der Median des PFOS-Gehaltes im Muskelfleisch in dieser Studie zwischen 0.9 und 1.1 µg/kg, während der Wert in den beiden Bergseen Lago Sassolo (Kanton Tessin) bei 0.32 µg/kg liegt. Dieser Unterschied kann teilweise mit der im Oberengadin intensiveren anthropogenen Beeinflussung der Seen erklärt werden. Die Vermutung, dass Skiwachs-Inhaltsstoffe die wesentlichste Quelle von PFAS darstellen, konnte mit dieser Studie nicht bestätigt werden. Es wurde kein signifikanter Unterschied der Belastung der Fische zwischen Seen mit und ohne Langlaufsport festgestellt.

Auf der Basis des EFSA-TWI von 4.4 ng/kg KG/Woche für die vier PFAS (PFOA, PFOS, PFHxS, PFNA), einem angenommenen Körpergewicht von 70 kg und einem Fischkonsum von 200 g pro Woche würde das Muskelfleisch von 59 der 70 analysierten Fische den TWI von 0.308 µg unterschreiten, in 11 Fällen überschreiten. Der höchste gemessene Summenwert (GR-M18, Bachforelle) liegt bei 0.6 µg pro 200 g Muskelfleisch. Eine ernährungsbedingte Hintergrundbelastung bleibt bei diesem Szenario allerdings unberücksichtigt.

Fisch aus den Oberengadiner Seen dürfte nur zu einem sehr geringen Anteil zur Gesamtbelastung der Verbraucherinnen und Verbraucher mit PFAS beitragen. Daher und wegen der positiven Aspekte von Fisch in der Ernährung wird der gelegentliche Verzehr von Fisch aus den Oberengadiner Seen im Rahmen einer ausgewogenen Ernährung nach aktueller Einschätzung als unbedenklich angesehen.

5 Schlussfolgerung und Empfehlungen

- Das Trinkwasser im Oberengadin stellt kein Risiko für die Gesundheit der Bevölkerung dar.
- PFAS wird in allen untersuchten Seen und Fischarten nachgewiesen und reichert sich entlang der Nahrungspyramide an. Die Belastungswerte in der Leber liegen um ein Vielfaches höher

als im Muskelfleisch. Insgesamt sind die Belastungswerte im Vergleich mit anderen Studien im Alpenbogen aber tief.

- Es braucht keine Empfehlungen zum Fischverzehr aus Oberengadiner Seen, da die Fische wesentlich weniger mit PFAS belastet sind als in anderen Schweizer Seen.
- Inwieweit sich die chronische Belastung der Fische mit PFAS auf deren Entwicklung und Reproduktion auswirkt, kann nicht beurteilt werden. Akute toxikologische Effekte auf die Fische können aber ausgeschlossen werden.

6 Anhang

6.1 Anhang A: Anzahl Positivnachweise Fischproben

Nachweise über alle Daten (Anzahl Proben: 70)

	PFOA	PFOS	Summe PFHxS, PFOA, PFOS, PFNA
Muskel Anzahl	0	34	35
Leber Anzahl	10	58	63
Muskel %	0.0%	48.6%	50.0%
Leber %	14.3%	82.9%	90.0%

Nachweise auf einzelne Seen bezogen

	PFOA	PFOS	Summe PFHxS, PFOA, PFOS, PFNA
Silsersee			
Muskel Anzahl	0	18	19
Leber Anzahl	10	36	38
Muskel %	0.0%	45.0%	47.5%
Leber %	25.0%	90.0%	95.0%
Lago Bianco			
Muskel Anzahl	0	14	14
Leber Anzahl	0	18	18
Muskel %	0.0%	70.0%	70.0%
Leber %	0.0%	90.0%	90.0%
Lago Crocetta			
Muskel Anzahl	0	2	2
Leber Anzahl	0	4	7
Muskel %	0.0%	20.0%	20.0%
Leber %	0.0%	40.0%	70.0%

Nachweise auf einzelne Fischarten bezogen

	PFOA	PFOS	Summe PFHxS, PFOA, PFOS, PFNA
Bachforelle			
Muskel Anzahl	0	12	13
Leber Anzahl	3	22	26
Muskel %	0.0%	41.4%	44.8%
Leber %	10.3%	75.9%	89.7%
Seesaibling			
Muskel Anzahl	0	12	12
Leber Anzahl	5	17	17
Muskel %	0.0%	60.0%	60.0%
Leber %	25.0%	85.0%	85.0%
Namaycush			
Muskel Anzahl	0	10	10
Leber Anzahl	2	11	11
Muskel %	0.0%	91.0%	91.0%
Leber %	18.2%	100.0%	100.0%
Äsche			
Muskel Anzahl	0	0	0
Leber Anzahl	0	8	9
Muskel %	0.0%	0.0%	0.0%
Leber %	0.0%	80.0%	90.0%

Nachweise je See und auf die Fischart bezogen

Silsersee	PFOA	PFOS	Summe PFHxS, PFOA, PFOS, PFNA
Bachforelle			
Muskel Anzahl	0	3	4
Leber Anzahl	3	9	10
Muskel %	0.0%	30.0%	40.0%
Leber %	30.0%	90.0%	100.0%
Seesaibling			
Muskel Anzahl	0	6	6
Leber Anzahl	5	9	9
Muskel %	0.0%	60.0%	60.0%
Leber %	50.0%	90.0%	90.0%
Namaycush			
Muskel Anzahl	0	9	9
Leber Anzahl	2	10	10
Muskel %	0.0%	90.0%	90.0%
Leber %	20.0%	100.0%	100.0%
Äsche			
Muskel Anzahl	0	0	0
Leber Anzahl	0	8	9
Muskel %	0.0%	0.0%	0.0%
Leber %	0.0%	80.0%	90.0%

Lago Bianco	PFOA	PFOS	Summe PFHxS, PFOA, PFOS, PFNA
Bachforelle			
Muskel Anzahl	0	8	8
Leber Anzahl	0	10	10
Muskel %	0.0%	80.0%	80.0%
Leber %	0.0%	100.0%	100.0%
Seesaibling			
Muskel Anzahl	0	6	6
Leber Anzahl	0	8	8
Muskel %	0.0%	60.0%	60.0%
Leber %	0.0%	80.0%	80.0%
Lago Crocetta	PFOA	PFOS	Summe PFHxS, PFOA, PFOS, PFNA
Bachforelle			
Muskel Anzahl	0	1	1
Leber Anzahl	0	3	6
Muskel %	0.0%	11.1%	11.1%
Leber %	0.0%	33.3%	66.6%
Namaycush			
Muskel Anzahl	0	1	1
Leber Anzahl	0	1	1
Muskel %	0.0%	100.0%	100.0%
Leber %	0.0%	100.0%	100.0%

6.2 Anhang B: Belastungswerte (Median in µg/kg)

< bg = < methodische Bestimmungsgrenze > 0.5 µg/kg für Muskel; > 1 µg/kg für Leber

Silsersee	PFOA	PFOS	Summe PFHxS, PFOA, PFOS, PFNA
Bachforelle			
Muskel	< bg	0.6	1.2
Leber	2.5	5.0	9.2
Seesaibling			
Muskel	< bg	0.8	1.4
Leber	1.9	24.0	34.5
Namaycush			
Muskel	< bg	1.1	1.9
Leber	3.7	25.0	30.1
Äsche			
Muskel	< bg	< bg	< bg
Leber	< bg	2.8	2.7
Alle Fische			
Muskel	< bg	1.0	1.3
Leber	2.1	14.5	18.0

Lago Bianco	PFOA	PFOS	Summe PFHxS, PFOA, PFOS, PFNA
Bachforelle			
Muskel	< bg	1.0	1.0
Leber	< bg	9.6	9.6
Seesaibling			
Muskel	< bg	0.9	0.9
Leber	< bg	6.2	6.2
Alle Fische			
Muskel	< bg	0.9	0.9
Leber	< bg	7.8	7.8
Lago Crocetta	PFOA	PFOS	Summe PFHxS, PFOA, PFOS, PFNA
Bachforelle			
Muskel	< bg	0.6	0.6
Leber	< bg	3.1	1.7
Namaycush			
Muskel	< bg	1.5	1.5
Leber	< bg	21.0	21.0
Alle Fische			
Muskel	< bg	1.1	1.1
Leber	< bg	4.7	2.1

7 Abkürzungsverzeichnis

AJF = Amt für Jagd und Fischerei

ALT = Amt für Lebensmittelsicherheit und Tiergesundheit

ANU = Amt für Natur und Umwelt

BLV = Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen

CVUA = Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Stuttgart

EDI = Eidgenössisches Departement des Inneren

EFSA = European Food Safety Authority (Europäische Lebensmittelsicherheitsbehörde)

PFAS = per- und polyfluorierte Alkylverbindungen (S steht für Substances)

PFHxS = Perfluorhexansulfonsäure

PFNA = Perfluornonansäure

PFOA = Perfluorctansäure

PFOS = Perfluorctansulfonsäure

TBDV = Trink-, Bade- und Duschwasserverordnung

TWI = Tolerable Weekly Intake

WHO = World Health Organization (Weltgesundheitsorganisation)