



Verband der Kantonschemiker der Schweiz
Association des chimistes cantonaux de Suisse
Associazione dei chimicicantionali svizzeri

Auswertung VKCS-Kampagne PFAS in Trinkwasser 2023



Quelle: pxfuel.com

12.10.2023



Inhalt

1	<i>Zusammenfassung</i>	3
2	<i>Einleitung PFAS</i>	4
3	<i>Gesetzliche Grundlagen</i>	4
4	<i>Motivation</i>	5
5	<i>Probenahmen</i>	5
5.1	<i>Anzahl Proben</i>	5
5.2	<i>Ursprung des Wassers</i>	6
5.3	<i>Mögliche Beeinflussung des Wassers</i>	7
5.4	<i>Mögliche Beeinflussung in Abhängigkeit des Wassertyps</i>	8
5.5	<i>Ungefähre Anzahl repräsentierte Konsumenten</i>	9
6	<i>Analytik</i>	10
6.1	<i>Analysenlabore und Aufteilung der Proben</i>	10
6.2	<i>Anforderungen an die Methoden: Substanzen und Bestimmungsgrenzen (LOQ's)</i>	10
6.3	<i>Verwendete Methoden</i>	10
6.4	<i>Bestimmungsgrenzen und Messunsicherheiten</i>	10
6.5	<i>Quantifizierung von PFAS-Isomeren</i>	11
7	<i>Ergebnisse</i>	12
7.1	<i>Detektierte Substanzen</i>	12
7.2	<i>Konzentrationen und berechnete PFAS-Summen</i>	13
8	<i>Diskussion</i>	14
8.1	<i>Erläuterungen zur Auswertung</i>	14
8.2	<i>Beurteilung der Werte nach aktuellem Recht</i>	14
8.3	<i>Einordnung der Messwerte anhand von Regelungen in der EU oder anderen Ländern</i>	14
8.4	<i>Nachweis von PFAS in Abhängigkeit des Wassertyps</i>	19
8.5	<i>Nachweis von PFAS in Abhängigkeit der möglichen Beeinflussung</i>	20
8.6	<i>Repräsentativität und Limitierungen der Untersuchung</i>	20
9	<i>Überprüfung der Zielerreichung</i>	21
10	<i>Fazit</i>	22
12	<i>Abkürzungsverzeichnis</i>	23
A	<i>Anhang</i>	24
A.1	<i>Detektierte Substanzen nach Kanton</i>	24



1 Zusammenfassung

Der Verband der Kantonschemiker der Schweiz (VKCS) hat im Frühling 2023 eine schweizweite Kampagne über PFAS und TFA im Trinkwasser durchgeführt. Insgesamt wurden 564 Proben an fünf kantonalen Laboratorien auf 20 PFAS und TFA untersucht. Die Stichproben deckten die Versorgung mit Trinkwasser von ca. 71 % der Bevölkerung der Schweiz und des Fürstentum Liechtensteins ab.

PFAS

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass in über der Hälfte der Trinkwasserproben (54 %) keine PFAS vorhanden sind. In den übrigen Proben (46 %) wurden PFAS mit einer Kohlenstoffkette $<C_9$ detektiert: PFOS, PFHxA, PFOA, PFBA, PFHxS, PFBS, PFPeA, PFHpA, PFPeS, PFHpS.¹ Langkettige PFAS mit einer Kohlenstoffkettenlänge $\geq C_9$ konnten, abgesehen von vereinzelt Detektionen von PFNA und PFDA, keine nachgewiesen werden. Im Trinkwasser welches aus Grund- und Oberflächenwasser produziert wurde und möglicherweise von Siedlung und Industrie beeinflusst wird, wurden eher PFAS gefunden. Weit weniger häufig wurden PFAS in Trinkwasserproben mit Ursprung Quellwasser oder mit möglicher Beeinflussung durch Landwirtschaft detektiert.

Die Resultate zeigen, dass aktuell gültige PFAS-Höchstwerte in der Schweiz in keiner Probe überschritten wurden. Der, seit diesem Jahr, gültige Höchstwert in der EU für die Summe von 20 PFAS von 0.1 $\mu\text{g/l}$ wurde in nur 5 von 564 Proben (0.9 %) überschritten. In der Regel machten jeweils eine oder zwei Substanzen (PFOS, PFHxA, PFBA oder PFPeA) den Hauptanteil der Summe der 20 PFAS aus. Dies lässt vermuten, dass Punktquellen die Ursache der Kontamination sind.

Einzelne europäische Länder haben tiefere Höchstwerte für PFAS eingeführt. Die Ergebnisse der Schweizer Kampagne wurden deshalb auch mit zukünftig gültigen Höchstwerten aus Deutschland und Dänemark verglichen. Den Höchstwert in Dänemark von 0.002 $\mu\text{g/l}$ für die Summe von 4 PFAS würden 26 % der Proben überschreiten, den zehnmal höher festgelegten Höchstwert in Deutschland hingegen nur 3 % der Proben.

Bezogen auf die von der US EPA vorgeschlagenen Höchstwerte für PFOS und PFOA im Trinkwasser von je 0.004 $\mu\text{g/l}$ liegt die PFOA-Konzentration bei 21 Proben (3.7 %) und die PFOS-Konzentration bei 42 Proben (7.4 %) über diesem Wert.

Die PFAS-Belastung des Schweizer Trinkwassers ist demzufolge weniger gravierend wie befürchtet. Sollte der EU-Höchstwert "Summe der PFAS" zukünftig in die Schweizer Lebensmittelgesetzgebung aufgenommen werden, zieht dies keine flächendeckende Umrüstung von Wasseraufbereitungsanlagen nach sich. Im Hinblick auf diese mögliche Verschärfung der aktuellen Höchstwerte werden die betroffenen Wasserversorger in der Pflicht sein, zu klären, mit welchen Massnahmen zukünftige Höchstwerte eingehalten werden können.

TFA

Für TFA ist bekannt, dass es ubiquitär vorkommt. Wie erwartet findet man TFA deshalb im Trinkwasser der gesamten Schweiz und des Fürstentum Liechtensteins. Abgesehen von vier Proben wurde in allen Trinkwasserproben TFA nachgewiesen. Keine der Proben überschritt den in Deutschland gültigen Trinkwasser-Leitwert von 60 $\mu\text{g/l}$. Nur zwei Proben lagen über dem in Dänemark gültigen Höchstwert von 9 $\mu\text{g/l}$. Beide Proben haben Grundwasser als Ursprung und sind möglicherweise beeinflusst von Siedlung und Industrie. Bezüglich TFA sind keine Massnahmen bei den Wasserversorgungen notwendig.

Fazit

Mit dieser Kampagne wurden die Ergebnisse, welche verschiedene Stellen über PFAS publiziert haben, bestätigt.^{2,3} Von tausenden bekannten PFAS wurde im Rahmen dieser Kampagne nur ein kleiner Bruchteil an Substanzen betrachtet. Zurzeit sind noch keine analytischen Methoden verfügbar, mit denen eine viel breitere Substanzpalette an PFAS aussagekräftig und empfindlich genug analysiert werden könnte.

Um die Konzentrationen von PFAS und TFA im Trinkwasser nachhaltig zu senken, sind Massnahmen an der Quelle gefordert. Die EU prüft derzeit ein Verbot der gesamten Chemikaliengruppe der PFAS. Voraussichtlich im Jahr 2025 kann mit einer Entscheidung der Europäischen Kommission über diesen Vorschlag gerechnet werden. Die Übernahme der EU-Regelungen wird auch in der Schweiz geprüft. Weil die Substanzen in der Umwelt extrem stabil sind, wird es jedoch noch Jahrzehnte dauern, bis PFAS ganz aus dem Trinkwasser verschwinden.

¹ Reihenfolge in absteigender Detektionshäufigkeit

² Amt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen BL, Kampagnenberichte "PFAS" vom 12.09.2022 und "Ultra-kurzkettige PFAS" vom 07.12.2022

³ Interkantonales Labor AR/AI/SH, Jahresbericht 2021, Kap. 3.6



2 Einleitung PFAS

PFAS

Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) sind schwer abbaubare Chemikalien, die industriell hergestellt werden und sich in der Umwelt sowie im menschlichen und tierischen Gewebe anreichern. Sie sind biologisch, chemisch und thermisch äusserst stabil und werden daher als langlebige organische Schadstoffe eingestuft. Einige PFAS stehen ausserdem im Verdacht krebserregend zu sein, teilweise existieren Verwendungsverbote.

Da die PFAS aufgrund ihrer besonderen chemischen Struktur sowohl Wasser als auch Fett abweisend sind, werden sie seit Jahrzehnten in vielfältigen industriellen Prozessen und Produkten eingesetzt, beispielsweise in der Textilindustrie (atmungsaktive Outdoor- und Sportbekleidung), Elektronik, Papierindustrie, Farben, Feuerlöschschäumen, Lebensmittelverpackungen, Teflonpfannen und in Skiwachs.

Auf Grund ihrer breiten Anwendung gelangen PFAS z. B. über kommunale Kläranlagen oder aus belasteten Standorten in die Umwelt. In der Regel werden diese Substanzen in der Kläranlage nicht abgebaut. Der Mensch nimmt PFAS unter anderem über die Nahrung und das Trinkwasser auf.⁴

TFA

Trifluoracetat (TFA) wird als Grundchemikalie für die Produktion von fluorierten Stoffen verwendet. Gleichzeitig ist es ein Abbauprodukt zahlreicher Fluorchemikalien (z. B. PFAS). Der Haupteintrag in die Umwelt findet durch Regen (atmosphärischer Abbau von PFAS-haltigen Kältemitteln), durch das Austragen von Pflanzenschutzmitteln und Dünger und durch die industrielle Einleitung über die ARA statt. TFA kann nicht weiter abgebaut werden, ist gut wasserlöslich und dadurch sehr mobil.⁵

3 Gesetzliche Grundlagen

PFAS

In der Schweiz gilt für Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) und Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS) je ein Höchstwert von 0.3 µg/l in Trinkwasser. Für Perfluorooctansäure (PFOA) sind maximal 0.5 µg/l im Trinkwasser erlaubt.⁶

Die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) hat die gesundheitlichen Risiken durch das Vorkommen von PFAS in Lebensmitteln im Juni 2020 neu bewertet. Als besonders kritisch werden die Substanzen PFOS, PFOA, PFHxS und Perfluorononansäure (PFNA) eingestuft. Die tolerierbare wöchentliche Aufnahmemenge für die Summe von PFOS, PFOA, PFHxS und PFNA wurde neu auf 4.4 Nanogramm pro Kilogramm Körpergewicht definiert. Der EFSA zufolge weisen Kleinkinder und andere Kinder die höchste Exposition auf. Die PFAS-Spiegel bei Säuglingen sind vor allem auf die Exposition während der Schwangerschaft und Stillzeit zurückzuführen.⁷

Am 16.12.2020 wurden in der EU neue Höchstwerte für PFAS im Trinkwasser definiert. Diese Höchstwerte sind in allen EU-Staaten seit dem 12. Januar 2023 gültig. Bis zum 12. Januar 2026 gilt, zum Ergreifen der für die Gewährleistung der Höchstwertehaltung erforderlichen Massnahmen, eine Übergangsfrist.⁸ Für die Summe von 20 perfluorierten Carbon- und Sulfonsäuren (C₄-C₁₃) gilt künftig ein Höchstwert von 0.1 µg/l, und für die Summe aller PFAS ein Höchstwert von 0.5 µg/l.

Dänemark hat bereits beschlossen, für die Summe von PFOS, PFOA, PFHxS und PFNA in Trinkwasser einen strengeren Höchstwert von 0.002 µg/l einzuführen.⁹ In Deutschland wird ab 2028 ein Grenzwert für die Summe der vier Stoffe von 0.02 µg/l gelten.¹⁰

Die US EPA (United States Environmental Protection Agency), eine unabhängige Behörde der Regierung der Vereinigten Staaten von Amerika zum Umweltschutz und zum Schutz der menschlichen Gesundheit, hat im März 2023 für PFOS und PFOA im Trinkwasser je einen Höchstwert (MCL = Maximum Contaminant Level) von 0.004 µg/l vorgeschlagen.¹¹

Das Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV) überprüft derzeit, ob die gesetzlichen Höchstwerte für PFAS in Lebensmitteln in der Schweiz angepasst werden müssen. Es ist frühestens 2026 mit

⁴ Nachrichten aus der Chemie, Zeitschrift der Gesellschaft Deutscher Chemiker GDCh, Langlebige Chemikalien – Die versteckten Kosten, 70, September 22, S 42-43

⁵ Umweltbundesamt, November 2021, Chemikalieneintrag in Gewässer vermindern – Trifluoracetat (TFA) als persistente und mobile Substanz mit vielen Quellen, ISSN 2363-829X (Download: bit.ly/2dowYYI)

⁶ Verordnung des EDI über Trinkwasser sowie Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen (TBDV)

⁷ EFSA Journal 2020;18(9):6223: Risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food

⁸ Richtlinie (EU) 2020/2184 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2020 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch

⁹ EurEau position paper on PFAS in the urban water cycle, January 2022, EurEau Brussels

¹⁰ Bundesgesetzblatt, Teil I, Nr. 159, Zweite Verordnung zur Novellierung der Trinkwasserverordnung vom 20. Juni 2023

¹¹ Environmental Protection Agency, PFAS National Primary Drinking Water Regulation Rulemaking, 40 CFR Parts 141 and 142, RIN 2040-AG18, EPA-HQ-OW-2022-0114; FRL 8543-01-OW



der Aufnahme von neuen Höchstwerten ins Lebensmittelgesetz zu rechnen. Es ist davon auszugehen, dass der EU-Höchstwert von 0.1 µg/l für die "Summe der PFAS" in der Schweiz übernommen wird.

TFA

TFA wird vom BLV als toxikologisch nicht-relevanter Metabolit von Pflanzenschutzmitteln eingestuft.¹² Die erlaubte Tagesdosis (ADI = acceptable daily intake) liegt gemäss EFSA bei 0.05 mg / kg KG / Tag.¹³ Das bedeutet, dass die erlaubte Dosis für eine 60 kg schwere Person 3 mg TFA pro Tag beträgt.¹⁴ In Deutschland gilt für TFA ein Trinkwasser-Leitwert von 60 µg/l. Das heisst eine gesundheitliche Beeinträchtigung ist bis 60 µg/l nach derzeitiger Kenntnis nicht zu befürchten.¹⁵ In Dänemark gilt ein TFA-Höchstwert von 9 µg/l im Trinkwasser.¹⁶

4 Motivation

PFAS

Bis vor dieser Kampagne wurde in der Schweiz Trinkwasser nur vereinzelt auf PFAS untersucht. Die bisher durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass es selten zu Höchstwertüberschreitungen von PFAS in Trinkwasser kommt. Sollten die Höchstwerte der EU-Richtlinie 2020/2184 oder sogar tiefere Höchstwerte für die vier von der EFSA beurteilten PFAS für Trinkwasser übernommen werden, ist davon auszugehen, dass gerade im Siedlungsgebiet weitere Wasserversorgungen betroffen sein werden.

Die Kommission Trink- und Badewasser und der VKCS waren deshalb der Ansicht, dass es sinnvoll ist zum Thema PFAS im Trinkwasser eine schweizweite Kampagne durchzuführen. Auf diese Weise können belastete Trinkwasserversorgungen erkannt werden und die betroffenen Wasserversorgungen können schon vor der Inkraftsetzung strengerer Höchstwerte allfällige Massnahmen treffen.

TFA

Über das Vorkommen von TFA im Trinkwasser der Schweiz ist ebenfalls wenig bekannt. Aufgrund bisher publizierter Messungen ist davon auszugehen, dass die TFA Konzentration im Trinkwasser im Bereich von 0.3 – 1.5 µg/l liegt.^{17,18} Die breit angelegte Probenahme der PFAS-Kampagne sollte dafür genutzt werden, um auch über die TFA-Konzentrationen im Schweizer Trinkwasser eine umfassende Grundlage zu schaffen.

Die PFAS- und TFA-Ergebnisse dieser Kampagne sollten letztendlich auch ins Risikomanagement des BLV's einfließen.

5 Probenahmen

5.1 Anzahl Proben

Vom 27.02.2023 bis zum 30.05.2023 wurden 564 Trinkwasserproben in der gesamten Schweiz und dem Fürstentum Liechtenstein amtlich erhoben und an fünf Kantonalen Laboratorien (BE, BL, SG, SH, VD) auf 20 PFAS sowie auf TFA (vgl. Tabelle 6) untersucht. Pro Kanton wurden mindestens 4 Proben erhoben. Die übrigen Proben sind unter den Kantonen und dem Fürstentum Liechtenstein nach Bevölkerungsgrösse aufgeteilt worden. Es wurden ausschliesslich Trinkwasserproben aus dem Verteilnetz erhoben. Die Probenahmestellen wurden von den zuständigen Kantonen so ausgewählt, dass die Proben die Anzahl Einwohner des Kantons möglichst gut repräsentieren. Wenn das Trinkwasser eines Kantons nur von einem oder wenigen Wasserversorgern produziert wird (z.B. Stadtkantone wie BS oder GE), wurde die Anzahl Proben durch den Probenehmerkanton auf eine sinnvolle Anzahl reduziert. Die effektiv erhobene Anzahl Proben pro Kanton ist der Tabelle 2 zu entnehmen.

Die nachfolgend ausgewerteten Metadaten zu den Proben ("Ursprung des Wassers", "mögliche Beeinflussung des Wassers" und "ungefähre Anzahl repräsentierte Konsumenten") wurden von den Probenehmenden nach bestem Wissen erhoben.

¹² Stellungnahme des Bundesrates auf die Interpellation 21.3873 (Schneider-Schüttel Ursula, 17.06.2021) vom 01.09.2021

¹³ Milligramm pro Kilogramm Körpergewicht pro Tag

¹⁴ European Food Safety Authority, 2014. Reasoned opinion on the setting of MRLs for saflufenacil in various crops, considering the risk related to the metabolite trifluoroacetic acid (TFA). EFSA Journal 2014;12(2):3585, 58 pp.

¹⁵ Umweltbundesamt, November 2021, Chemikalieneintrag in Gewässer vermindern – Trifluoroacetat (TFA) als persistente und mobile Substanz mit vielen Quellen, ISSN 2363-829X (Download: bit.ly/2dowYYI)

¹⁶ Königlicher Erlass Nr. 1383 vom 03/10/2022, Verordnung über die Wasserqualität und die Überwachung von Wasserversorgungsanlagen, Dänemark

¹⁷ Schweizer Radio und Fernsehen, Kassensturz, 26.04.2022, Pflanzengift TFA flächendeckend im Schweizer Trinkwasser

¹⁸ Messungen der Kantone SH, ZH



5.2 Ursprung des Wassers

Von den erhobenen Proben wurde der Ursprung des Wassers (Hauptanteil) erfasst. Grundwasser macht mit 213 Wasserproben (38 %) den Hauptanteil aus. Bei 176 Proben (31 %) wurde Quellwasser als Hauptanteil angegeben. 146 Trinkwasserproben (26 %) sind Mischungen aus Wasser verschiedenen Ursprungs. Nur bei 29 Proben (5 %) macht Oberflächenwasser den Hauptanteil aus. Die Prozentangaben beziehen sich auf die Anzahl Proben. Die Daten sind in der Abbildung 1 dargestellt.

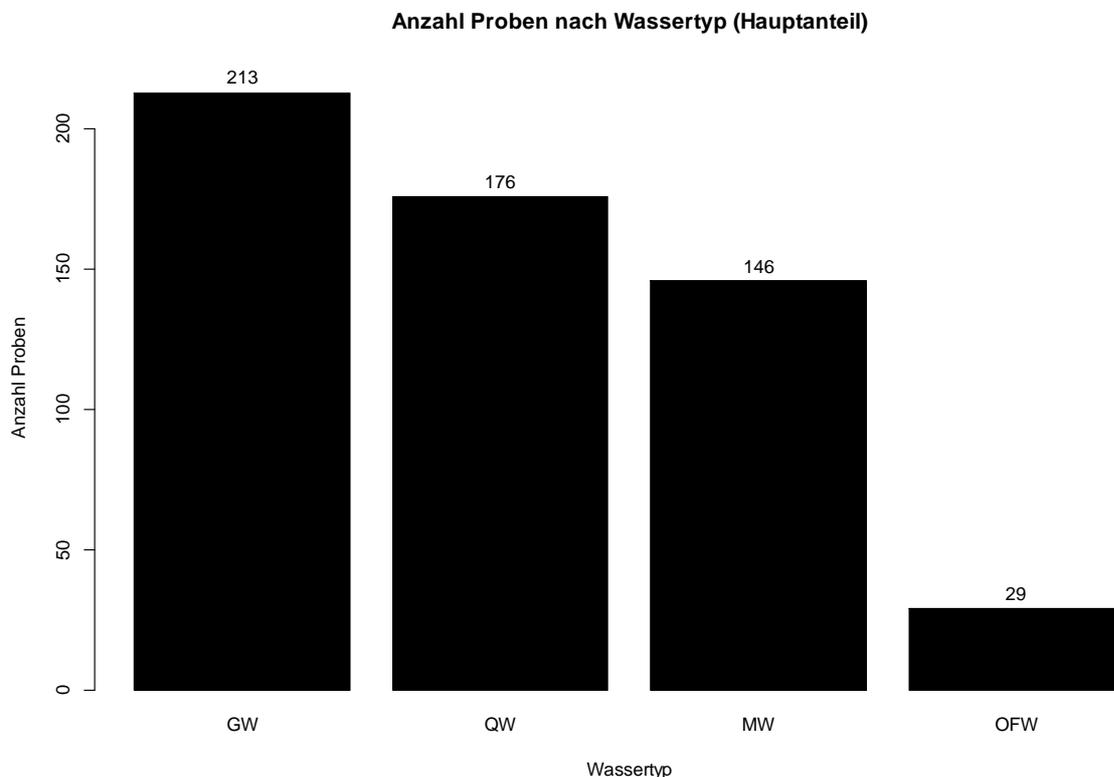


Abbildung 1: Anzahl Proben nach Wassertyp
(GW = Grundwasser, QW = Quellwasser, MW = Mischwasser, OFW = Oberflächenwasser)

Gemäss der SVGW Wasserstatistik 2022 (Hochrechnung) wurde das Schweizer Trinkwasser im Betriebsjahr 2021 zu 41 % aus Quellwasser, zu 38 % aus Grundwasser und zu 21 % aus Seewasser (Oberflächenwasser) gewonnen. Die Prozentangaben beziehen sich auf das geförderte Volumen.¹⁹

Als ungefähre Abschätzung ob die erhobenen Proben (Stichprobe) bezogen auf den Ursprung des Wassers in etwa repräsentativ für das in der Schweiz produzierte Trinkwasser sind, können die Zahlen des SVGW über die Trinkwassergewinnung pro Ressource mit dem Anteil der erhobenen Proben pro Wassertyp verglichen werden. Die Zahlen sind in der Tabelle 1 einander gegenübergestellt.

Der Anteil erhobener Proben mit Ursprung Grund- oder Quellwasser ist ähnlich zu den Hochrechnungen des SVGW über die geförderten Mengen pro Ressource in der Schweiz. Der Anteil erhobener Proben mit Ursprung Seewasser hingegen ist deutlich geringer wie die publizierte Zahl des SVGW. Eine Unsicherheit beim Vergleich dieser Zahlen ist, dass sich die Verteilung vom SVGW auf die geförderte Menge und die Angaben dieser Kampagne auf die Anzahl Proben bezieht. Unterschiede sind z. B. darauf zurückzuführen, dass Wasserversorgungen, die Trinkwasser aus Seewasser produzieren, oftmals städtische Wasserversorgungen sind. Diese produzieren grosse Mengen an Trinkwasser, sind aber in dieser Kampagne mit der Anzahl Proben unterrepräsentiert (vgl. Kapitel 5.1). Des Weiteren muss beachtet werden, dass in der vorliegenden Kampagne einige Proben als Mischwasser deklariert sind. D.h. sie wurden z.B. in Reservoirs erhoben, welche mit Quell- und Grundwasser befüllt werden. Abgesehen von diesen Punkten kann davon ausgegangen werden, dass die Proben dieser VKCS-Kampagne mehr oder weniger die Verteilung der Trinkwassergewinnung nach Wassertyp in der Schweiz widerspiegeln.

¹⁹ Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches SVGW, W15001 – Statistische Erhebungen der Wasserversorgungen in der Schweiz im Betriebsjahr 2021, Ausgabe 2022 (Tabelle 2.2, Hochrechnung)



Ursprung des Wassers / Wassertyp	Volumen-Anteil Gewinnung SVGW (%)*	Anteil Proben VKCS-Kampagne (%)**
Quellwasser (QW)	41	31
Grundwasser (GW)	38	38
Seewasser (Oberflächenwasser OFW)	21	5
Mischwasser (MW)	n.a.	26

Tabelle 1: Vergleich Ursprung des Wassers SVGW vs. Ursprung der Proben der Kampagne

*Prozent bezogen auf geförderttes Volumen

**Prozent bezogen auf Anzahl erhobene Proben

5.3 Mögliche Beeinflussung des Wassers

Nebst dem Ursprung des Wassers wurde auch erfasst, wie das Wasser möglicherweise beeinflusst ist. Es konnten mehrere Beeinträchtigungen pro Probe angegeben werden. Dies war bei ca. 200 Proben der Fall. Am meisten wurde die Kombination Beeinflussung durch Siedlung/Industrie (SI) und Landwirtschaft (LW) angegeben. Bei 40 Proben wurden alle drei Beeinflussungen angegeben.

Bei 425 von 564 Proben (75 %) wurde angegeben, dass ein Einfluss durch die Landwirtschaft möglich ist. 208 Proben (37 %) werden möglicherweise von Siedlung und Industrie beeinflusst (z. B. Galvanik, Textil & Lederindustrie, Metallverarbeiter, Druckfarben- & Fotoindustrie). Bei 89 Proben (16 %) handelt es sich um Wasser aus Fassungen mit Risikopotential. Das bedeutet, dass eine Beeinflussung durch z. B. einen bekannten Brandplatz, einen Feuerwehrübungsplatz oder eine Deponie denkbar ist. Bei 68 Wasserproben (12 %) war zum Zeitpunkt der Probenahme keine mögliche Beeinflussung bekannt. Die Daten sind in der Abbildung 2 dargestellt.

mögliche Beeinflussung des Wassers (Mehrfachnennung pro Probe möglich)

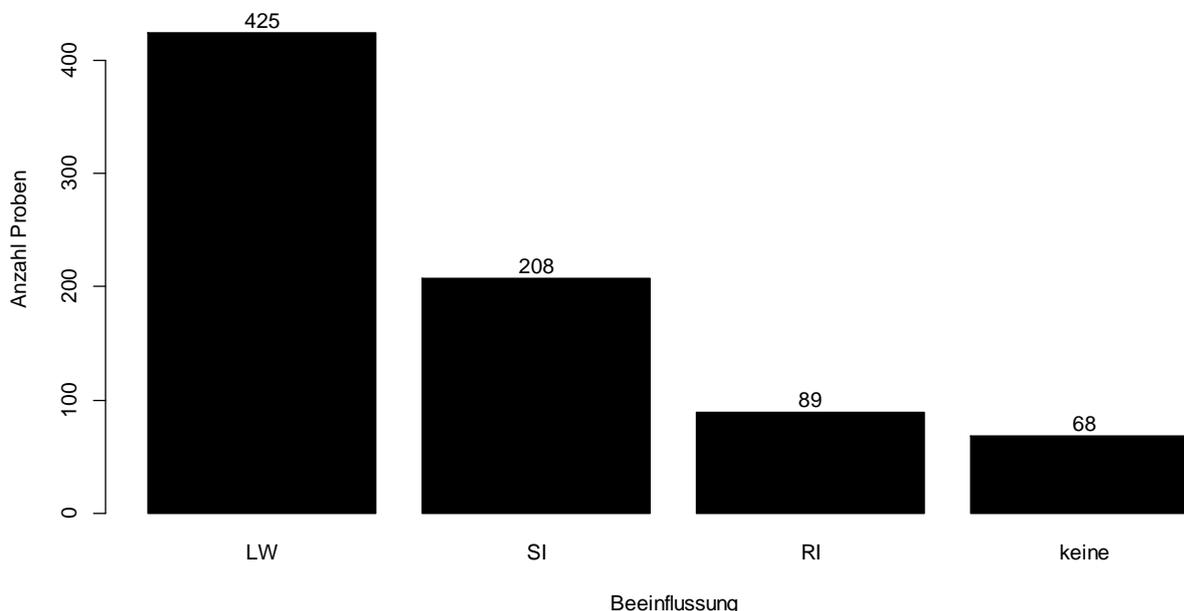


Abbildung 2: mögliche Beeinflussung des Wassers

(LW = Landwirtschaft, SI = Siedlungs-/Industrieinfluss, RI = Fassung mit Risikopotential, keine = keine Beeinflussung bekannt)



5.4 Mögliche Beeinflussung in Abhängigkeit des Wassertyps

In Abbildung 3 wird, nach Wassertyp unterschieden, dargestellt welche möglichen Beeinflussungen bei den 564 erhobenen Wasserproben angegeben wurden. Pro Probe konnten mehrere Beeinflussungen angegeben werden. Bei der Interpretation der Daten ist zu beachten, dass es sich bei den Angaben nicht um belegte Beeinflussungen resp. Nicht-Beeinflussungen handelt.

Die möglichen Beeinflussungen kommen unabhängig vom Wassertyp vor. Im Wassertyp OFW wurde die mögliche Beeinflussung durch Landwirtschaft (LW) deutlich weniger häufig angegeben, wie in den anderen Wassertypen. Ebenso wurde im Wassertyp Oberflächenwasser häufiger angegeben, dass das Wasser "keine" Beeinflussung erfährt. Bei der Interpretation ist allerdings zu beachten, dass von 564 Proben lediglich 29 Proben in die Kategorie OFW fallen. Tendenziell wurden beim Wassertyp Quellwasser die Beeinflussungen SI und RI weniger oft genannt wie bei den anderen Wassertypen. Die mögliche Beeinflussung durch Siedlung und Industrie (SI) ist beim Wassertyp Grundwasser am höchsten.

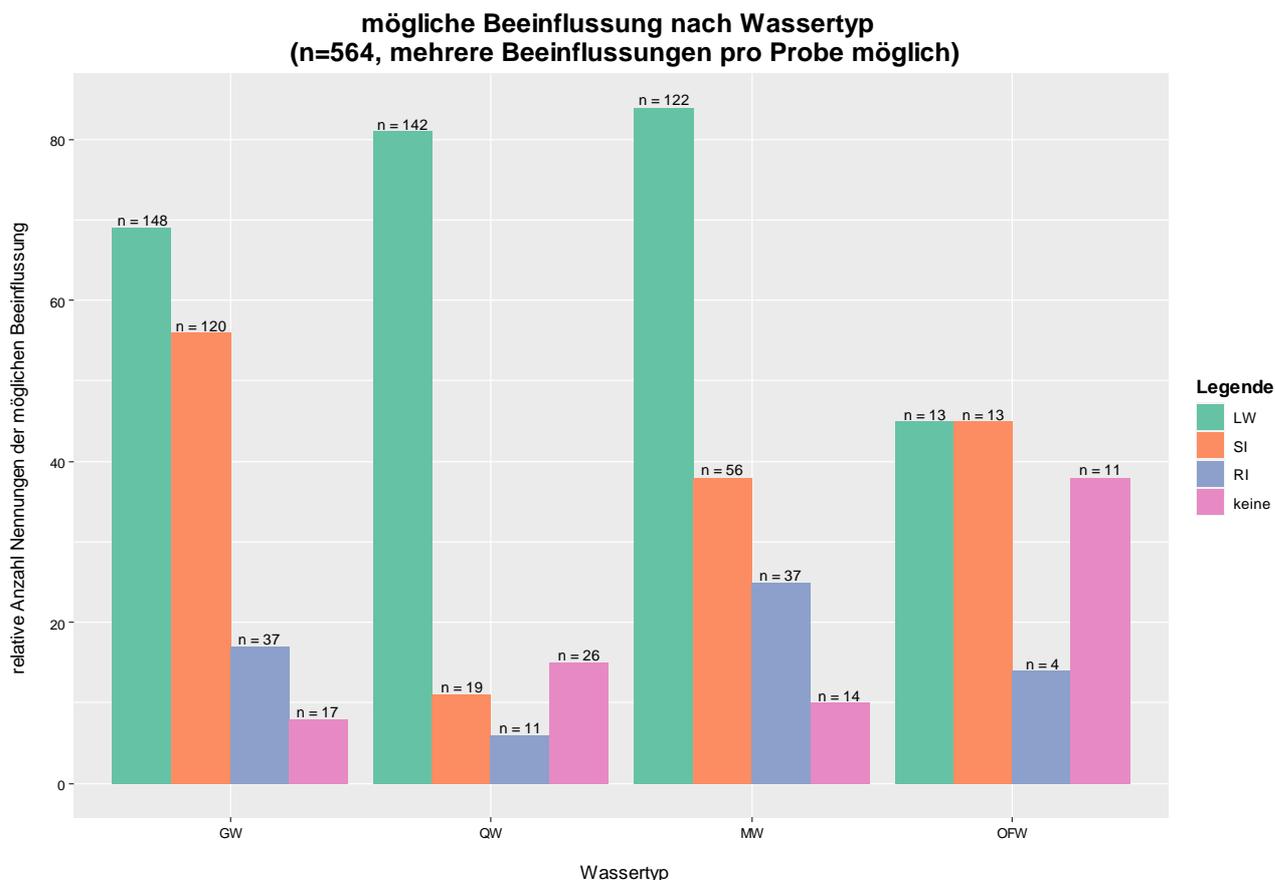


Abbildung 3: Auswertung der möglichen Beeinflussung nach Wassertyp
(n = Anzahl Nennungen; Balkenhöhe = relative Anzahl Nennungen)

(GW = Grundwasser, QW = Quellwasser, MW = Mischwasser, OFW = Oberflächenwasser)

(LW = Landwirtschaft, SI = Siedlungs-/Industrieinfluss, RI = Fassung mit Risikopotential, keine = keine Beeinflussung bekannt)



5.5 Ungefähre Anzahl repräsentierte Konsumenten

Zu jeder Probe wurde angegeben, wie viele Konsumentinnen und Konsumenten mit dem von der Probe repräsentierten Trinkwasser versorgt werden. Wenn von einer Wasserversorgung mehrere Proben erhoben wurden (z. B. eine Wasserversorgung einer Grossstadt) wurde die Bevölkerungszahl nur einmal gezählt. Die meisten Zahlen wurden bei der Erhebung auf 100 oder 1'000 gerundet. Aufgrund der Angaben konnte pro Kanton die ungefähre Anzahl Konsumierende, die durch die erhobenen Proben repräsentiert sind, ermittelt werden. Aus dieser Zahl wurde relativ zur Gesamtbevölkerung des Kantons der Anteil repräsentierter Konsumierender berechnet (vgl. Tabelle 2).

Der Anteil der repräsentierten Konsumierenden muss vorsichtig interpretiert werden. Teilweise sind die Wasserversorgungen stark segmentiert. Zudem ist entscheidend, ob vor allem in Wasserversorgungen von einwohnerstarken Gemeinden oder Städten Proben erhoben wurden oder ob diese nicht beprobt wurden. So kommt es, dass die Bevölkerung grosser Stadtkantone mit relativ wenig Proben nahezu vollständig repräsentiert sind (z. B. BS mit 7 Proben). Andererseits kann in Kantonen der Anteil repräsentierter Konsumierende tief ausfallen, wenn in einem Kanton viele kleine Wasserversorgungen vorhanden sind.

Bei den meisten Kantonen bewegt sich der Anteil repräsentierter Konsumierende zwischen 55 und 85 %. Auf die gesamte Schweiz bezogen wird das beprobte Trinkwasser von ca. 71 % der Schweizer Bevölkerung konsumiert. Mit der Stichprobe von 564 Proben dieser Kampagne ist also ein guter Teil des in der Schweiz konsumierten Trinkwassers repräsentiert.

Kanton	Anzahl Proben	Gesamtbevölkerung ²⁰	repräsentierte Konsumierende	
			Anzahl	Anteil (%)
AG	43	711'006	314'000	44
AR	7	55'749	37'000	66
AI	5	16'414	16'000	97
BL	20	294'283	225'500	77
BS	7	204'550	204'550	100
BE	63	1'051'083	748'800	71
FR	24	334'355	151'000	45
FL	7	39'680 ²¹	35'500	89
GE	6	517'802	518'900	100
GL	6	41'469	20'000	48
GR	15	202'509	107'000	53
JU	8	73'851	47'000	64
LU	28	424'756	318'500	75
NE	14	176'540	155'500	88
NW	6	44'410	31'180	70
OW	6	38'695	31'600	82
SH	9	85'201	63'000	74
SZ	13	164'899	109'900	67
SO	20	285'901	228'200	80
SG	30	525'870	313'450	60
TI	24	352'181	200'000	57
TG	20	289'580	162'850	56
UR	6	37'313	22'850	61
VD	50	830'221	720'440	87
VS	24	357'128	197'760	55
ZG	11	131'128	111'200	85
ZH	92	1'579'388	937'920	59
total	564	8'865'962	6'029'600	71

Tabelle 2: Anzahl repräsentierte Konsumierende nach Kanton

²⁰ Quelle: Statistik der Bevölkerung und Haushalte STATPOP, Bundesamt für Statistik, Zahlen per 31.12.2022

²¹ Quelle: statistikportal.li, Amt für Statistik Liechtensteinische Landesverwaltung, Zahlen per 31.12.2022



6 Analytik

6.1 Analysenlabore und Aufteilung der Proben

Für die Analytik der Proben haben sich fünf Kantonale Laboratorien (BE, BL, SG, SH, VD) zur Verfügung gestellt. Dadurch konnten die aufwändigen Analysen parallel innerhalb von vier Monaten durchgeführt werden. Dadurch konnten auch die nicht zu vernachlässigen Analysenkosten auf mehrere Kantone verteilt werden. Die Anzahl analysierten Proben sind in der Tabelle 3 pro Analysenlabor und Parameter aufgeführt. Für die 20 PFAS und TFA musste je eine separate Analysenmethode angewendet werden.

Parameter	Anzahl untersuchte Proben pro Analysenlabor					total
	BE	BL	SG	SH	VD	
PFAS (20 Substanzen)	102	169	78	113	102	564
TFA	102	121	-	191	150	564

Tabelle 3: Anzahl untersuchte Proben pro Analysenlabor

Während die PFAS-Analysen von fünf verschiedenen Laboratorien (BE, BL, SG, SH, VD) durchgeführt wurden, wurde die TFA-Analytik auf vier Labore (BE, BL, SH, VD) verteilt. In der Tabelle 4 ist aufgeführt, welche Analysenlabore die Proben welcher Kantone auf welche Parameter analysiert haben.

Analysenlabor	Messung der Proben von
BE	PFAS + TFA: BE, LU, ZG
BL	PFAS + TFA: BL, BS, AG, SO, UR, OW, NW, SZ PFAS: VS, TI
SG	PFAS: SG, TG, FL, GL, GR
SH	PFAS + TFA: SH, AR, AI, ZH TFA: SG, TG, FL, GL, GR
VD	PFAS + TFA: VD, GE, FR, NE, JU TFA: VS, TI

Tabelle 4: Zuteilung der Proben zu den Analysenlaboren

6.2 Anforderungen an die Methoden: Substanzen und Bestimmungsgrenzen (LOQ's)

Die Anforderungen an die Analysenmethoden (insb. die zu erreichenden LOQ's) wurden im Kampagnen-Konzept definiert. Sie sind in der Tabelle 6 aufgeführt.

Die verwendeten Methoden entsprechen den Anforderungen an die LOQ's. Lediglich der LOQ für PFBA liegt bei einer Methode um einen Faktor 2 über den Anforderungen. Dies beeinflusst die Hauptaussagen dieser Kampagne allerdings nicht.

6.3 Verwendete Methoden

Die von den Analysenlaboren verwendeten Methoden sind in der Tabelle 5 zusammengefasst.

Analysenlabor	PFAS-Methode	TFA-Methode
BE	SPE LCMSMS	LCMSMS
BL	SPE LCMSMS	LCMSMS
SG	Direct injection LCMSMS	-
SH	water evaporation LCMSMS	LCHRMSMS
VD	Direct injection LCMSMS	LCMSMS

Tabelle 5: Übersicht der Analysenmethoden

Um die Vergleichbarkeit der Methoden zu gewährleisten haben die Analysenlabore nebst dem regelmässigen Erfahrungsaustausch auch an mehreren Proficiency-Tests (PT z. B. AGLAE 22M59.1 & 22M59.2) teilgenommen. Ausserdem wurden auch reale Proben ausgetauscht und die Resultate verglichen. Die Ergebnisse der PT und Vergleichsmessungen waren zwischen den Analysenlaboren, als auch im Vergleich mit den internationalen Teilnehmenden, sehr zufriedenstellend.

6.4 Bestimmungsgrenzen und Messunsicherheiten

Die Bestimmungsgrenzen und Messunsicherheiten der verschiedenen Labore sind in Tabelle 6 zusammengefasst. Vergleicht man die Messunsicherheiten der verschiedenen Methoden pro Parameter, so ist erkennbar, dass sie sich je nach Methode um bis zu einen Faktor 4 unterscheiden. Die Gründe dafür können z. B. die unterschiedlichen Aufarbeitungen, Analysenmethoden und Geräte oder andere Berechnungsmethoden sein. Auch die Bestimmungsgrenzen unterscheiden sich von Labor zu Labor teilweise um einen Faktor 5 (in Einzelfällen um einen Faktor 10). Dies hat zur Folge, dass bei Konzentrationen $<0.005 \mu\text{g/l}$ je nach Labor bei



derselben Konzentration ein numerischer Wert bestimmt werden konnte oder das Ergebnis als <LOQ angegeben wurde. Da davon nur sehr tiefe Konzentrationen und einzelne Substanzen betroffen sind, ändert sich die Hauptaussage dieser Kampagne nicht. Aus diesem Grund wurden bei der Auswertung der LOQ des jeweiligen Labors beibehalten und die Ergebnisse nicht auf den höchsten LOQ aller Labore angepasst.

Messlabor Substanz	BE		BL		SG		SH		VD		Anforderung ²² LOQ (µg/l)
	LOQ (µg/l)	MU (%)									
PFBA	0.0005	40	0.001	20	0.010	46	0.005	25	0.001	40	0.005
PFPeA	0.0005	40	0.001	20	0.002	16	0.005	25	0.001	35	0.005
PFHxA	0.0005	40	0.001	20	0.002	19	0.001	20	0.001	30	0.005
PFHpA	0.0005	40	0.001	20	0.005	35	0.001	30	0.001	40	0.005
PFOA*	0.0005	40	0.001	20	0.001	22	0.001	20	0.001	50	0.001
PFNA*	0.0005	40	0.001	20	0.001	17	0.001	20	0.001	40	0.001
PFDA	0.0005	40	0.001	20	0.001	16	0.002	20	0.001	40	0.005
PFUnDA	0.0005	40	0.001	20	0.001	34	0.002	20	0.001	35	0.005
PFDODA	0.0005	40	0.001	20	0.001	45	0.002	20	0.001	40	0.005
PFTTrDA	0.0005	40	0.001	30	0.001	15	0.002	25	0.001	45	0.005
PFBS	0.0005	40	0.001	20	0.005	30	0.002	30	0.001	40	0.005
PFPeS	0.0005	40	0.001	25	0.001	10	0.002	25	0.001	35	0.005
PFHxS*	0.0005	40	0.001	20	0.001	28	0.001	20	0.001	35	0.001
PFHpS	0.0005	40	0.001	25	0.001	9	0.001	20	0.001	40	0.005
PFOS*	0.0005	40	0.001	20	0.001	9	0.001	25	0.001	40	0.001
PFNS	0.0005	40	0.001	30	0.001	10	0.001	20	0.001	45	0.005
PFDS	0.0005	40	0.001	20	0.001	10	0.002	30	0.001	40	0.005
PFUnS	0.0005	40	0.001	40	0.001	35	0.002	30	0.001	35	0.005
PFDoS	0.0005	40	0.001	60	0.001	13	0.002	30	0.001	56	0.005
PFTTrS	0.0005	40	0.001	45	0.001	14	0.002	30	0.001	40	0.005
TFA	0.2	15	0.1	28	-	-	0.2	20	0.1	40	0.2

Tabelle 6: Messunsicherheiten (MU) und LOQ's der verschiedenen Methoden (*von der EFSA toxikologisch beurteilte Substanzen)

Bei der Auswertung der Daten wurde, aufgrund der leicht unterschiedlichen Methoden und den dadurch variierenden LOD's, nicht zwischen "nicht nachweisbar" (<LOD) und "nicht bestimmbar" (zwischen LOD und LOQ) unterschieden. Alle Werte <LOD oder <LOQ wurden als <LOQ ausgewertet. Die Hauptaussagen der Kampagne verändern sich dadurch nicht.

6.5 Quantifizierung von PFAS-Isomeren

Für die Quantifizierung der linearen PFAS und der verzweigten PFAS (Isomere, branched-Form) wurde gemäss dem Guidance Document des EURL for halogenated POPs in Feed and Food²³ vorgegangen. Dies bedeutet, dass im Kalibrationssample der Peak des linearen PFAS integriert wurde, während in den Proben die Peaks der linearen und der verzweigten Form integriert wurden. Damit erfolgt die Auswertung gleich wie bei den Grundwasseruntersuchungen des BAFU oder der Labore, die im Kompetenznetzwerk Lab'Eaux zusammenarbeiten.

²² Damit der EU-Höchstwert "Summe der PFAS" bzw. ein möglicher Summenhöchstwert der vier von der EFSA beurteilten PFAS überprüft werden konnte, mussten mindestens die in der Tabelle 6 aufgeführten PFAS analysiert werden. Wenn alle PFAS in gleicher Menge im TW vorhanden wären, müsste mindestens ein LOQ von 0.005 µg/l pro Substanz erreicht werden. (Überlegung: Summe der PFAS 0.1 µg/l / 20 = 0.005 µg/l) Für die vier von der EFSA beurteilten PFAS (PFOA, PFNA, PFHxS, PFOS) war eine tiefere Bestimmungsgrenze von 0.001 µg/l erforderlich. Für TFA musste mindestens ein LOQ von 0.2 µg/l erreicht werden, da frühere Messungen von Kantonalen Laboratorien (insbesondere SH) zeigten, dass nur sehr wenige Proben Konzentrationen kleiner 0.2 µg/l aufweisen und diese Bestimmungsgrenze mit den in den Laboratorien verfügbaren Geräten vernünftig gemessen werden konnte.

²³ European Union Reference Laboratory (EURL) for halogenated POPs in Feed and Food, Guidance Document on Analytical Parameters for the Determination of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) in Food and Feed, Version 1.2, 11. May 2022



7 Ergebnisse

7.1 Detektierte Substanzen

20 PFAS – Einzelsubstanzen

In 306 von 564 Trinkwasserproben (54 %) wurden keine der 20 PFAS über der Bestimmungsgrenzen detektiert. 8 von 20 analysierten PFAS wurden in keiner der erhobenen Probe nachgewiesen. Es handelt sich dabei um die langkettigen PFAS mit einer Kohlenstoffkettenlänge $\geq C_9$: PFUnDA, PFDoDA, PFTrDA, PFNS, PFDS, PFUnS, PFDoS, PFTrS. Dieser Befund ist plausibel. Selbst wenn langkettige PFAS in der Umwelt vorkommen, ist davon auszugehen, dass diese an Böden und Sedimenten adsorbieren, sodass sie im Trinkwasser nicht mehr nachweisbar sind.²⁴

Die kürzerkettigen und gut wasserlöslichen PFAS hingegen, wurden häufig im Trinkwasser detektiert. In 258 Proben (46 %) konnten eines oder mehrere der 20 PFAS über der Bestimmungsgrenze nachgewiesen werden. Folgende Substanzen wurden in absteigender Häufigkeit nachgewiesen: PFOS, PFHxA, PFOA, PFBA, PFHxS, PFBS, PFPeA, PFHpA, PFPeS, PFHpS, PFNA, PFDA (vgl. Abbildung 4). Drei davon (PFOS, PFOA und PFHxS) gehören zu den vier PFAS die von der EFSA toxikologisch bewertet wurden. PFNA und PFDA wurden nur in fünf resp. einer Probe bis maximal 0.001 $\mu\text{g/l}$ nachgewiesen.

TFA

TFA ist sehr gut wasserlöslich und deshalb äusserst mobil. Zudem ist TFA sehr persistent. Dies ist an den Ergebnissen gut zu erkennen: Trifluoressigsäure wurde in 560 von 564 analysierten Trinkwasserproben (99 %) nachgewiesen. Diese Ergebnisse erstaunen nicht, da auch bei Untersuchungen in Deutschland TFA flächendeckend im Grundwasser nachgewiesen wurde.²⁵

Die im Text beschriebenen Daten sind in der Abbildung 4 und in der Tabelle 7 dargestellt und zusammengefasst. Die Anzahl Detektionen pro Kanton und Substanz sind im Anhang A.1 aufgeführt.

Anzahl Detektionen über der Bestimmungsgrenze aus 564 Proben

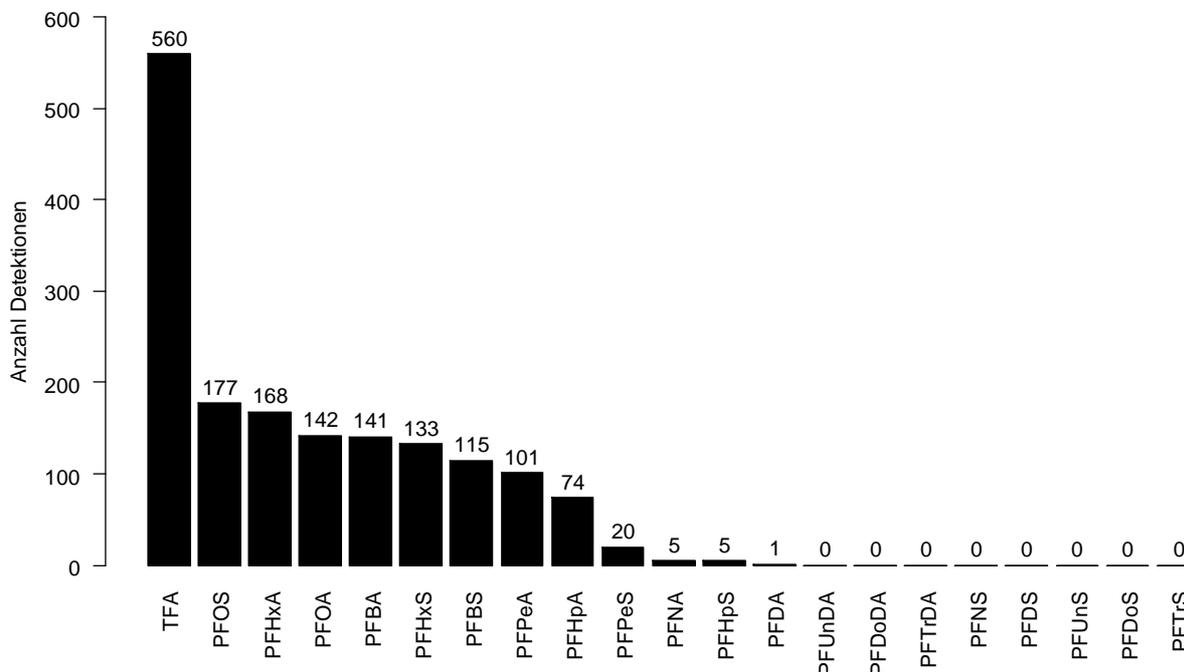


Abbildung 4: Anzahl Detektionen über der Bestimmungsgrenze pro Substanz

²⁴ Infoblatt: Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen (PFAS) in der Umwelt, Schweizerisches Oekotoxzentrum für angewandte Ökotoxikologie, Juli 2020

²⁵ Sturm et al, Trifluoressigsäure (TFA): Grundlagen für eine effektive Minimierung schaffen – Räumliche Analyse der Eintragspfade in den Wasserkreislauf, Juli 2023, Umweltbundesamt Texte 102/2023



7.2 Konzentrationen und berechnete PFAS-Summen

In der Auswertung dieser Kampagne wurde der Fokus auf quantifizierbare Konzentration >LOQ gelegt. Konzentrationen <LOQ wurden nicht ausgewertet resp. als Null angenommen.

20 PFAS – Einzelsubstanzen

Die Mittelwerte der gemessenen Konzentrationen von allen Einzelsubstanzen liegen zwischen 0.001 – 0.007 µg/l. Die höchsten gemessenen Konzentrationen wurden für PFBA, PFHxA, PFOS und PFPeA registriert (0.1 – 0.4 µg/l). Davon gehört nur PFOS zu den vier Substanzen, die von der EFSA toxikologisch beurteilt worden sind.

Summe 20 PFAS – berechneter Parameter

In 258 Proben (46 %) konnten PFAS nachgewiesen werden. Bei den Proben mit Positivbefunden wurde die "Summe der PFAS" gemäss der EU-Richtlinie 2020/2184 aus den Konzentrationen der 20 analysierten PFAS berechnet. Während der tiefste berechnete Wert 0.0005 µg/l beträgt, liegt die höchste berechnete Summe bei 0.436 µg/l.

Summe 4 PFAS – berechneter Parameter

In 211 Proben (37 %) konnte mindestens eine der von der EFSA toxikologisch bewerteten vier PFAS (PFOS, PFOA, PFHxS und PFNA) nachgewiesen werden. Die niedrigste berechnete Summe beträgt 0.0005 µg/l. Die höchste Summe beträgt 0.152 µg/l.

TFA

Im Vergleich zu den 20 PFAS Einzelsubstanzen ist die Konzentration bei TFA höher und beträgt im Mittel 0.765 µg/l. Die höchste gemessene Konzentration beträgt 20 µg/l.

Die mittleren und die höchsten Konzentrationen pro Substanz und pro berechnetem Summenwert sind in der Tabelle 7 ersichtlich.

Parameter	Auswertung der Werte >LOQ				
	Anzahl Werte (n)	Anzahl Werte relativ zu 564 erhobenen Proben (%)	tiefster Wert (µg/l)	höchster Wert (µg/l)	Mittelwert (µg/l)
PFBA	141	25	-	0.421	0.007
PFPeA	101	18	-	0.106	0.004
PFHxA	168	30	-	0.277	0.004
PFHpA	74	13	-	0.010	0.002
PFOA**	142	25	-	0.024	0.003
PFNA**	5	1	-	0.001	0.001
PFDA	1	0.2	-	0.001	-
PFUnDA	-	-	-	-	-
PFDoDA	-	-	-	-	-
PFTTrDA	-	-	-	-	-
PFBS	115	20	-	0.031	0.002
PFPeS	20	4	-	0.003	0.002
PFHxS**	133	24	-	0.030	0.003
PFHpS	5	1	-	0.002	0.001
PFOS**	177	31	-	0.114	0.005
PFNS	-	-	-	-	-
PFDS	-	-	-	-	-
PFUnS	-	-	-	-	-
PFDoS	-	-	-	-	-
PFTTrS	-	-	-	-	-
TFA	560	99	LOQ	20.0	0.765
Σ 20 PFAS*	258	46	0.0005	0.436	0.016
Σ 4 PFAS*	211	37	0.0005	0.152	0.008

Tabelle 7: Statistische Auswertungen der Werten >LOQ; LOQ's siehe Tabelle 6

*berechneter Parameter; ** von der EFSA toxikologisch beurteilte Substanzen



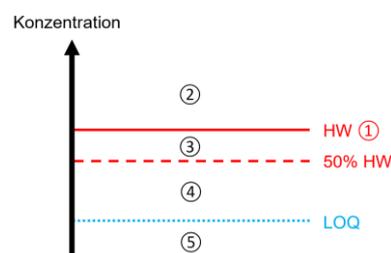
8 Diskussion

8.1 Erläuterungen zur Auswertung

Zur Gruppierung der Ergebnisse in Konzentrationsbereiche wurde, wenn möglich, wie folgt vorgegangen: Alle Messwerte, die über dem Höchstwert (HW) liegen, bilden eine Gruppe. Die zweite Gruppe bilden diejenigen Werte, welche innerhalb der halben Konzentration des Höchstwerts (HW – 50%) und des Höchstwerts liegen. Die Hälfte des Höchstwerts wurde deshalb gewählt, weil die EU Richtlinie 2020/2184 für die PFAS-Bestimmung einen Mindestverfahrenskennwert für die Messunsicherheit von 50% vorschreibt (Achtung: dies ist keine zusätzliche Toleranz für den Höchstwert). Mit der Wahl von diesem Bereich wird auch ersichtlich, welche Konzentrationen sich "unterhalb, aber nahe" am Höchstwert befinden. Wenn zum Parameter weitere Höchstwerte vorliegen (z. B. in anderen Ländern), wurden die Werte analog in Konzentrationsbereiche über und unterhalb des Höchstwerts aufgeteilt. Die dann noch übrig gebliebenen Proben wurden in zwei Gruppen gegliedert. Eine Gruppe mit Konzentrationen zwischen dem LOQ und 50% des Höchstwerts und eine Gruppe mit Werten <LOQ. Dies ist in der Tabelle 8 am Beispiel des EU-Höchstwerts für die Summe der PFAS dargestellt.

Nr.	Bezeichnung	Konzentration / Konzentrationsbereich (µg/l)
①	EU Höchstwert "Summe der PFAS"	0.1
②	Werte >HW	>0.1
③	Werte zwischen 50% HW – HW	>0.05 – 0.1
④	Werte zwischen LOQ und 50% HW	>LOQ – 0.05
⑤	Werte <LOQ	< LOQ

Tabelle 8: Erläuterung der Konzentrationsbereiche



8.2 Beurteilung der Werte nach aktuellem Recht

In keiner der 564 erhobenen Trinkwasserproben werden die aktuell in der Schweiz gültigen Höchstwerte überschritten.

8.3 Einordnung der Messwerte anhand von Regelungen in der EU oder anderen Ländern

Summe 20 PFAS

Von den 258 Proben (46 %), in denen PFAS nachgewiesen werden konnten, liegt die Summe der 20 PFAS bei den meisten Proben (245 Proben) zwischen dem LOQ und 0.05 µg/l. Lediglich bei 8 Proben (1.4 %) liegt die Summe der 20 PFAS zwischen 0.05 und 0.1 µg/l. Der künftig in der EU gültige Höchstwert von 0.1 µg/l wird nur bei 5 von 564 analysierten Proben (0.9 %) überschritten.²⁶ Die betroffenen Proben stammen sowohl aus Grund-, als auch aus Quellwasser. Bei vier dieser fünf Proben wurde bei der Probenahme angegeben, dass es sich um Fassungen mit Risikopotential handelt (z. B. bekannte PFAS Belastung durch Feuerlöschschaum). Weitere Angaben zu den betroffenen Proben sind der Tabelle 9 zu entnehmen. Die Anzahl Proben nach Konzentrationsbereich sind in der Abbildung 5 dargestellt.

Die gemessenen Konzentrationen der Einzelsubstanzen in den betroffenen Proben sind in der Tabelle 10 dargestellt. Aus dieser Tabelle geht hervor, dass jeweils eine oder zwei Substanzen (PFOS, PFHxA, PFBA oder PFPeA) deutlich höher konzentriert sind als die anderen. Nicht bei allen Proben werden die gleichen Substanzen nachgewiesen. Dies deutet darauf hin, dass die hoch konzentrierten PFAS wohl eher auf Punktquellen als auf einen diffusen Eintrag zurückzuführen sind.

Aus der Tabelle 10 ist ebenfalls ersichtlich, dass von den vier von der EFSA toxikologisch beurteilten Substanzen (PFOS, PFOA, PFHxS und PFNA) nur PFOS in zwei Proben den Hauptanteil ausmacht.

²⁶ Messunsicherheit nicht berücksichtigt



Anzahl Proben nach Konzentrationsbereich für Summe 20 PFAS

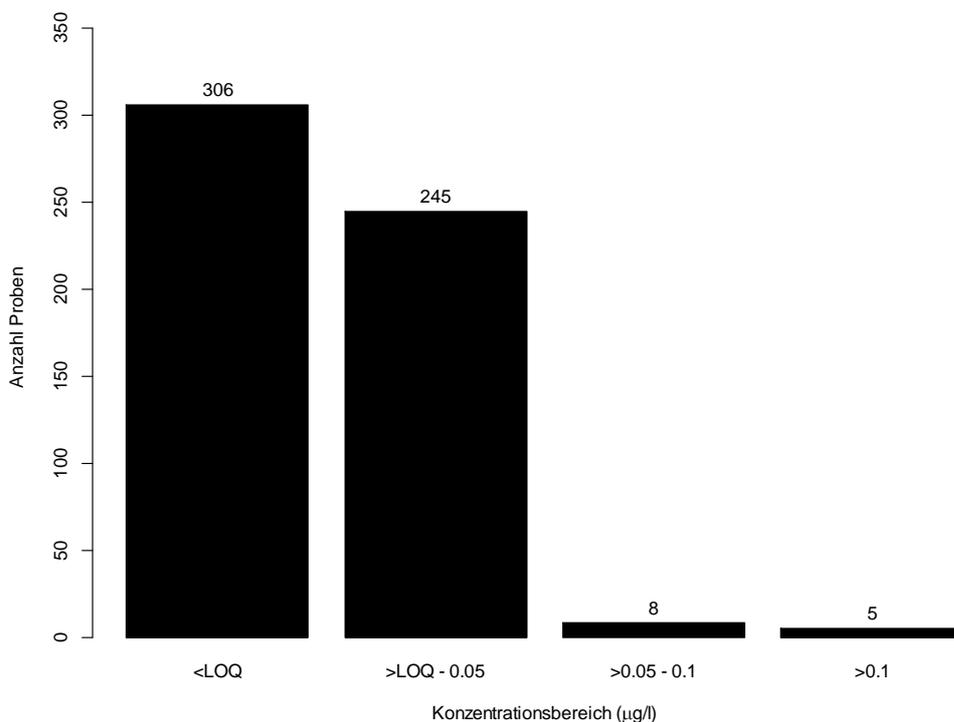


Abbildung 5: Anzahl Proben nach Konzentrationsbereich für die Summe 20 PFAS

Probe Nr.	Σ 20 PFAS (µg/l)	Anzahl Konsumierende	Wassertyp	Mögliche Beeinflussung	Bemerkung
1	0.436	2'250	Grundwasser	Fassung mit Risikopotential, Landwirtschaft	
2	0.428	340	Quellwasser	Fassung mit Risikopotential, Landwirtschaft	
3	0.165	28'000	Grundwasser	Siedlung/Industrie, Landwirtschaft	
4	0.117	3'300	Mischwasser	Fassung mit Risikopotential, Siedlung/Industrie, Landwirtschaft	
5	0.107	5'500	Grundwasser	Fassung mit Risikopotential, Siedlung/Industrie, Landwirtschaft	Früher sehr viel Industrie im Bereich des Grundwasserpumpwerks

Tabelle 9: Details zu den Proben mit Summe 20 PFAS > 0.1 µg/l.

Probe Nr.	Konzentration (µg/l)												
	Σ 20 PFAS	PFOS*	PFHxA	PFOA*	PFBA	PFHxS*	PFBS	PFPeA	PFHpA	PFPeS	PFNA*	PFHpS	PFDA
1	0.436	-	0.006	0.002	0.421	-	0.004	0.003	-	-	-	-	-
2	0.428	-	0.277	-	0.035	-	-	0.106	0.010	-	-	-	-
3	0.165	0.114	0.008	0.008	-	0.030	-	-	-	0.003	-	0.002	-
4	0.117	-	0.002	0.001	0.114	-	-	-	-	-	-	-	-
5	0.107	0.057	0.010	0.003	0.003	0.016	0.002	0.011	0.004	0.001	-	-	-

Tabelle 10: Zusammensetzung der Summe der 20 PFAS *von EFSA toxikologisch beurteilt
 fett markiert = EU-Höchstwert bereits durch eine Einzelsubstanz überschritten



Summe 4 PFAS

Weiter wurden die in Dänemark bzw. Deutschland festgelegten Höchstwerte der Summe 4 PFAS von 0.002 resp. 0.02 µg/l als Abgrenzungskriterium für die Konzentrationsbereiche gewählt. Die Anzahl Proben für die Summe der 4 PFAS sind in der Abbildung 6 für die verschiedenen Konzentrationsbereiche dargestellt.

Von den 211 Proben (37 %) in welchen mindestens eines der vier PFAS (PFOS, PFOA, PFHxS und PFNA) nachgewiesen werden konnten, liegt die Summe der 4 PFAS bei 63 Proben zwischen dem LOQ und dem dänischen Höchstwert. 148 (26 %) der 564 erhobenen Proben liegen über dem dänischen Höchstwert.²⁷ Hingegen überschreiten nur 16 Proben (3 %) den deutschen Höchstwert.²⁸ Davon ist bei 13 Proben der Ursprung Grundwasser. Als mögliche Beeinflussung werden mehrheitlich Fassungen mit Risikopotential und Siedlung/Industrie angegeben. Weitere Angaben zu den betroffenen Proben sind der Tabelle 11 zu entnehmen.

Die Verteilung der Konzentrationen der vier Substanzen ist in der Tabelle 12 dargestellt. Im Gegensatz zur Summe der 20 PFAS ist bei der Summe der 4 PFAS nicht immer eine Substanz deutlich höher konzentriert als die anderen. Es fällt zudem auf, dass nicht die gleichen Proben sowohl bei der Summe 20 PFAS, als auch bei der Summe 4 PFAS auffällig sind. Daraus lässt sich schliessen, dass die vier von der EFSA toxikologisch beurteilen Substanzen nicht immer diejenigen Substanzen sind, welche am höchsten konzentriert vorliegen. Während in den 16 Proben, die den deutschen Höchstwert überschreiten, PFOS, PFOA und PFHxS in allen Proben nachgewiesen wurden, hat man PFNA nur in zwei der 16 Proben mit jeweils 0.001 µg/l detektiert.

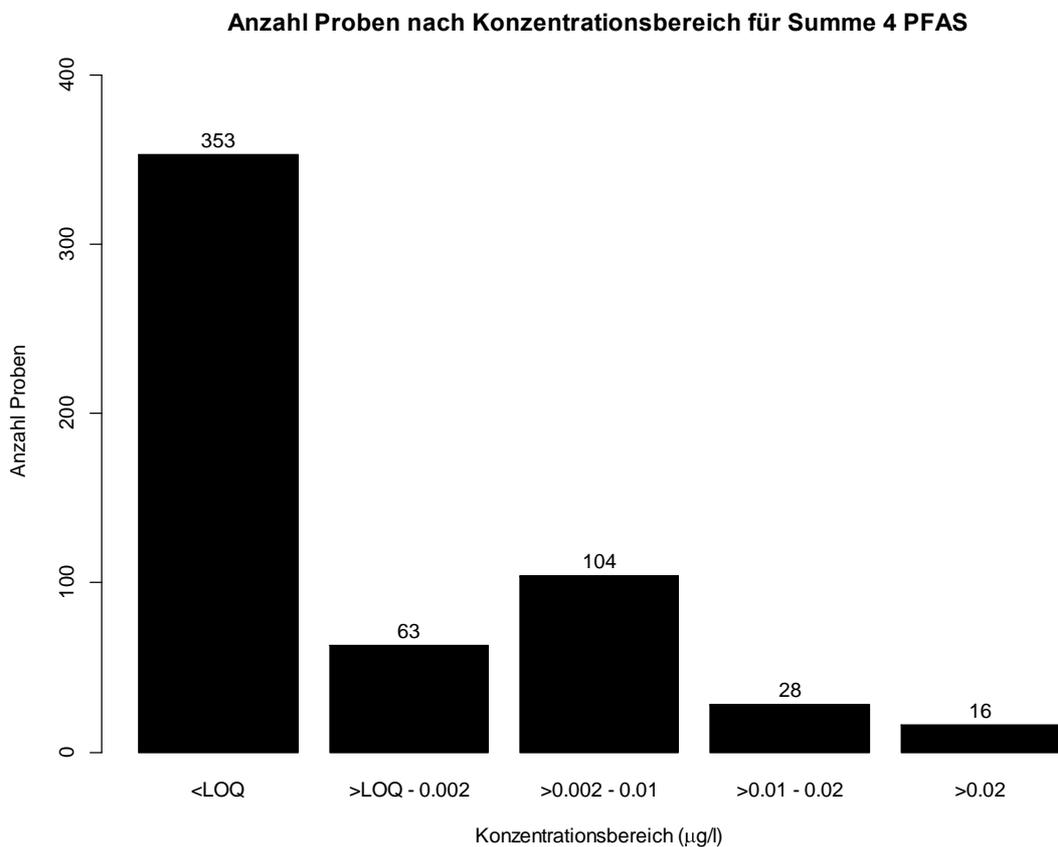


Abbildung 6: Anzahl Proben nach Konzentrationsbereich für die Summe 4 PFAS

²⁷ Messunsicherheit nicht berücksichtigt

²⁸ Messunsicherheit nicht berücksichtigt



Proben-Nr.	Σ 4 PFAS (µg/l)	Anzahl Konsumierende	Wassertyp	Mögliche Beeinflussung	Bemerkung
1 (3*)	0.152	28'000	Grundwasser	Siedlung/Industrie, Landwirtschaft	
2 (5*)	0.076	5'500	Grundwasser	Fassung mit Risikopotential, Siedlung/Industrie, Landwirtschaft	Früher sehr viel Industrie im Bereich des Grundwasserpumpwerks
3	0.058	7'000	Quellwasser	Fassung mit Risikopotential, Landwirtschaft	Alllast
4	0.051	10'500	Grundwasser	Siedlung/Industrie	
5	0.047	14'000	Grundwasser	Fassung mit Risikopotential, Siedlung/Industrie, Landwirtschaft	im Zuströmbereich liegt ein Feuerwehrausbildungszentrum
6	0.046	10'382	Mischwasser	Landwirtschaft	Möglicher Einfluss von einem Fluss.
7	0.043	3'300	Mischwasser	Fassung mit Risikopotential, Siedlung/Industrie	
8	0.034	4'600	Grundwasser	Siedlung/Industrie, Landwirtschaft	
9	0.024	1'500	Grundwasser	-	
10	0.024	6'000	Grundwasser	Fassung mit Risikopotential,	
11	0.023	10'000	Grundwasser	Siedlung/Industrie	
12	0.023	7'650	Grundwasser	Siedlung/Industrie, Landwirtschaft	
13	0.022	3'150	Grundwasser	Fassung mit Risikopotential, Landwirtschaft	
14	0.021	5'880	Grundwasser	Siedlung/Industrie, Landwirtschaft	
15	0.021	2'500	Grundwasser	Siedlung/Industrie	
16	0.021	1'700	Grundwasser	Siedlung/Industrie, Landwirtschaft	

Tabelle 11: Details zu den Proben mit Summe 4 PFAS > 0.02 µg/l. (*entspricht Probennummer von Tabelle 10)

Proben-Nr.	Konzentration (µg/l)						Differenz Σ 20 PFAS & Σ 4 PFAS
	Σ 4 PFAS	PFOS	PFOA	PFHxS	PFNA	Σ 20 PFAS	
1 (3*)	0.152	0.114	0.008	0.030	-	0.165	0.013
2 (5*)	0.076	0.057	0.003	0.016	-	0.107	0.031
3	0.058	0.032	0.011	0.015	-	0.072	0.014
4	0.051	0.032	0.005	0.014	-	0.083	0.032
5	0.047	0.023	0.011	0.013	-	0.062	0.015
6	0.046	0.019	0.003	0.024	-	0.070	0.024
7	0.043	0.013	0.024	0.006	-	0.069	0.026
8	0.034	0.021	0.009	0.003	0.001	0.046	0.012
9	0.024	0.010	0.007	0.007	-	0.036	0.012
10	0.024	0.017	0.001	0.006	-	0.027	0.003
11	0.023	0.005	0.009	0.008	0.001	0.033	0.009
12	0.023	0.009	0.003	0.011	-	0.045	0.022
13	0.022	0.012	0.005	0.005	-	0.046	0.024
14	0.021	0.007	0.004	0.010	-	0.047	0.026
15	0.021	0.008	0.008	0.005	-	0.039	0.018
16	0.021	0.003	0.014	0.004	-	0.037	0.016

Tabelle 12: Zusammensetzung der Summe der 4 PFAS (*entspricht Probennummer von Tabelle 10)
 fett markiert = deutscher Höchstwert bereits durch eine Einzelsubstanz überschritten

Einzelsubstanzen PFOA und PFOS

Die PFOA-Konzentration liegt bei 21 Proben (3.7 %) und die PFOS-Konzentration liegt bei 42 Proben (7.4 %) über dem von der US EPA vorgeschlagenen Höchstwert von 0.004 µg/l. Dies entspricht in etwa den Ergebnissen, welche der K-Tipp im Juni 2023 publiziert hat: Von 872 analysierten Proben haben bei PFOA 22 Proben (2.5 %) und bei PFOS 75 Proben (8.6 %) die vorgeschlagenen Werte der US EPA überschritten.²⁹ Die betroffenen Trinkwasserproben werden mehrheitlich aus Grundwasser produziert. Bei keiner Probe wurde der Wassertyp Oberflächenwasser angegeben. Die meisten Proben könnten möglicherweise durch Siedlung und Industrie beeinflusst sein. Auch Landwirtschaft wurde als mögliche Beeinflussung oft genannt. Die Daten sind in der Tabelle 13 zusammengefasst.

²⁹ K-Tipp, Giftstoffe im Trinkwasser: Jeder zweite Haushalt betroffen, Ausgabe Nr. 12, 12.Juni 2023



Substanz	Anzahl Proben >0.004 µg/l	Anzahl Proben nach Wassertyp	Anzahl Proben nach möglicher Beeinflussung*
PFOA	21 (3.7 %)	GW 17	LW 12
		QW 1	SI 17
		MW 3	RI 6
		OFW 0	keine 1
PFOS	42 (7.4 %)	GW 32	LW 27
		QW 1	SI 32
		MW 9	RI 16
		OFW 0	keine 2

Tabelle 13: Auswertung nach US EPA Höchstwerte (*Mehrfachnennung möglich)
 (GW = Grundwasser, QW = Quellwasser, MW = Mischwasser, OFW = Oberflächenwasser)
 (LW = Landwirtschaft, SI = Siedlungs-/Industrieinfluss, RI = Fassung mit Risikopotential, keine = keine Beeinflussung bekannt)

TFA

In keiner der Proben wurde der in Deutschland gültige Trinkwasser-Leitwert von 60 µg/l überschritten.³⁰ Auch die erlaubte Tagesdosis (ADI) für TFA wird in keiner Probe überschritten (Annahmen: Person mit 60 kg und Konsum von 2 Liter Wasser pro Tag).³¹ Zwei Proben überschreiten mit 20 µg/l resp. 11 µg/l jedoch den in Dänemark gültigen Höchstwert von 9 µg/l im Trinkwasser.³² Bei beiden Wasserversorgungen stammt das Trinkwasser aus Grundwasser, welches durch Siedlung und Industrie beeinflusst ist.

Anders wie im Kapitel 8.1 beschrieben, wurden hier die Konzentrationsbereiche so gewählt, dass man die Verteilung der Konzentrationen möglichst gut einschätzen kann. Bei 75 Proben (13 %) wurden TFA-Konzentrationen zwischen 1.0 und 9.0 µg/l bestimmt. Rund die Hälfte der Proben (311 Proben, 55 %) befinden sich im Konzentrationsbereich zwischen 0.50 und 1.0 µg/l. 172 Proben (31 %) liegen im Konzentrationsbereich zwischen dem LOQ und 0.50 µg/l. Lediglich bei vier Proben (1 %) konnte kein TFA über der Bestimmungsgrenze nachgewiesen werden. Drei davon sind Trinkwässer, die aus Grundwasser produziert werden. Die vierte Trinkwasserprobe besteht aus Quellwasser. Während bei zwei Proben als mögliche Beeinflussungen Landwirtschaft und Siedlung/Industrie angegeben wurden, sind bei einer Probe Siedlung/Industrie und Standort mit Risikopotential als mögliche Beeinflussung angegeben worden. Bei der vierten Probe wurde Landwirtschaft als mögliche Beeinflussung vermerkt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 7 dargestellt.

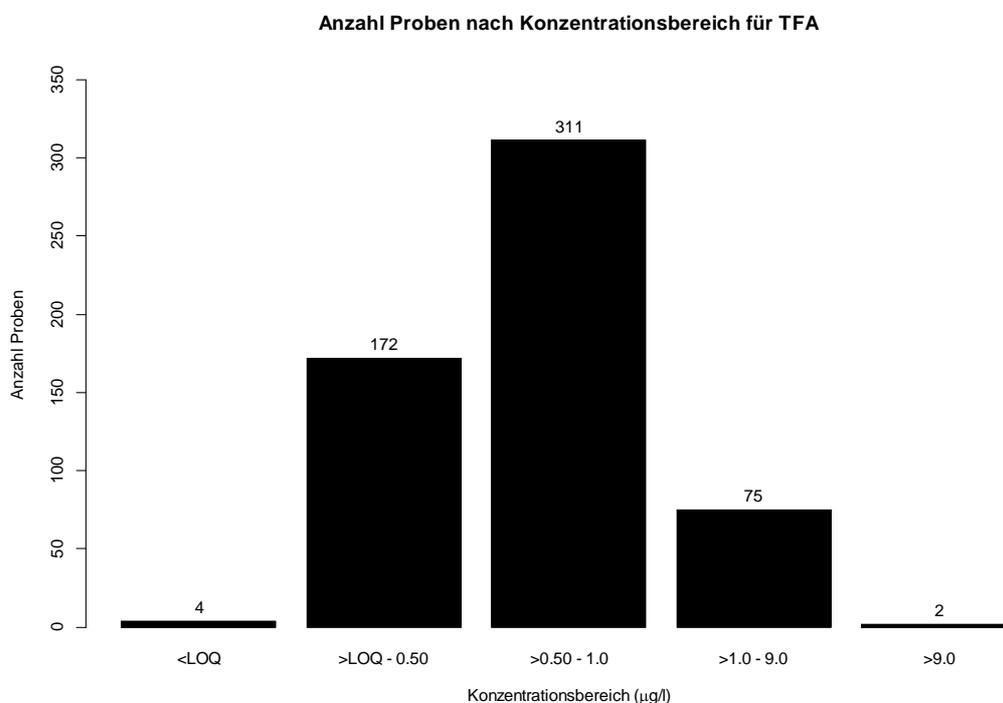


Abbildung 7: Anzahl Proben nach Konzentrationsbereich für TFA

³⁰ Umweltbundesamt, November 2021, Chemikalieneintrag in Gewässer vermindern – Trifluoracetat (TFA) als persistente und mobile Substanz mit vielen Quellen, ISSN 2363-829X (Download: bit.ly/2dowYYI)

³¹ European Food Safety Authority, 2014. Reasoned opinion on the setting of MRLs for saflufenacil in various crops, considering the risk related to the metabolite trifluoroacetic acid (TFA). EFSA Journal 2014;12(2):3585, 58 pp.

³² Königlicher Erlass Nr. 1383 vom 03/10/2022, Verordnung über die Wasserqualität und die Überwachung von Wasserversorgungsanlagen, Dänemark



8.4 Nachweis von PFAS in Abhängigkeit des Wassertyps

Um zu überprüfen, ob das PFAS-Vorkommen vom Wassertyp abhängig ist, wurden für die 3 Parameter (Summe 20 PFAS, Summe 4 PFAS, und TFA) jeweils die relative Anzahl Proben mit Messwerten über dem LOQ und die relative Anzahl Proben mit Messwerten unter dem LOQ ausgewertet. Die Daten sind in Abbildung 8 grafisch dargestellt.

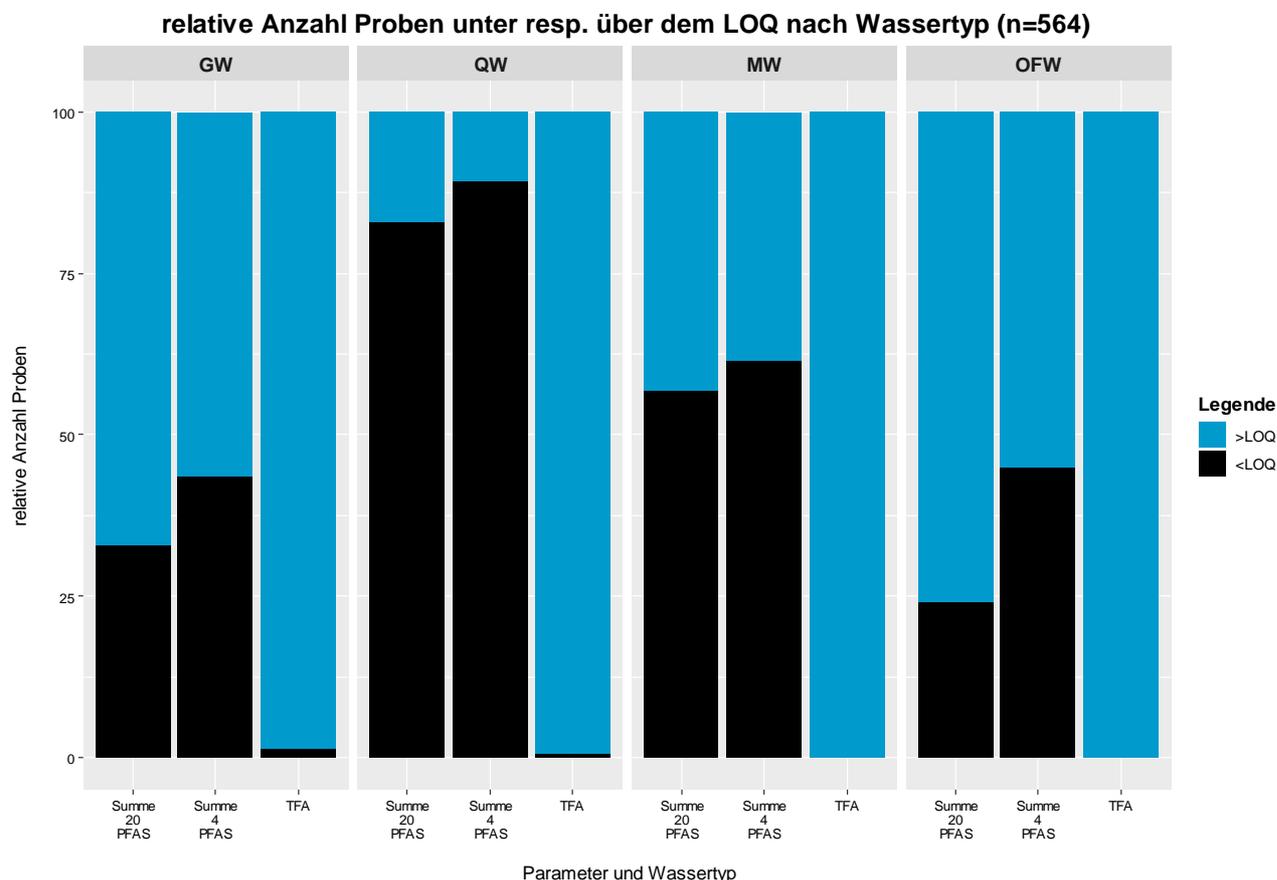


Abbildung 8: Auswertung Nachweis von PFAS in Abhängigkeit des Wassertyps (GW = Grundwasser, QW = Quellwasser, MW = Mischwasser, OFW = Oberflächenwasser)

Die 20 analysierten PFAS findet man in etwa 2/3 der Proben mit dem Wassertyp Grundwasser, in etwa 3/4 der Proben mit dem Wassertyp Oberflächenwasser sowie in etwas weniger als der Hälfte der Proben mit dem Wassertyp Mischwasser. Es ist davon auszugehen, dass Mischwasser oft eine Mischung aus Grund- und Quellwasser ist. Deutlich weniger oft findet man PFAS in den Proben mit dem Wassertyp Quellwasser: Nur in 1/5 dieser Proben wurden PFAS über der Bestimmungsgrenze nachgewiesen. Eine mögliche Erklärung ist, dass Quellwasser weniger von Siedlung und Industrie beeinflusst ist (Siehe Kap. 5.4).

Der oben beschriebene Unterschied zwischen den Wassertypen ist abgesehen vom Typ Oberflächenwasser bei den höchsten gemessenen Konzentrationen nicht erkennbar. Im Gegenteil, es werden sogar Werte im ähnlichen Konzentrationsbereich für Proben vom Wassertyp Quell- und Grundwasser registriert. Dies deutet darauf hin, dass PFAS-Punktquellen einen starken Einfluss auf das Wasser haben. Der Fokus darf also nicht nur auf die Herkunft des Wassers gelegt werden, sondern es müssen auch andere Faktoren wie Punktquellen berücksichtigt werden.

Die Auswertung zeigt, dass der Wassertyp keinen Einfluss darauf hat ob TFA nachgewiesen wird oder nicht. Nur in einzelnen Proben mit dem Wassertyp Quell- resp. Grundwasser kann kein TFA nachgewiesen werden.



8.5 Nachweis von PFAS in Abhängigkeit der möglichen Beeinflussung

In diesem Abschnitt wird ausgewertet, ob eine Abhängigkeit zwischen dem PFAS-Nachweis und der angegebenen möglichen Beeinflussung des Trinkwassers besteht (vgl. Abbildung 9). Wenn mehrere Beeinflussungen bei einer Probe genannt wurden, wurde die Probe bei jeder Beeinflussung berücksichtigt.

Während bei den Proben mit der möglichen Beeinflussung LW, RI oder keine in etwa bei der Hälfte der Proben PFAS nachgewiesen werden konnten, sind bei den Proben mit der möglichen Beeinflussung SI etwas öfter PFAS detektiert worden. Grosse Unterschiede der möglichen Beeinflussung des Wassers bezogen auf den PFAS-Nachweis sind allerdings nicht ersichtlich. TFA wird unabhängig von der möglichen Beeinflussung nachgewiesen.

relative Anzahl Proben unter resp. über dem LOQ nach möglicher Beeinflussung (n=564)

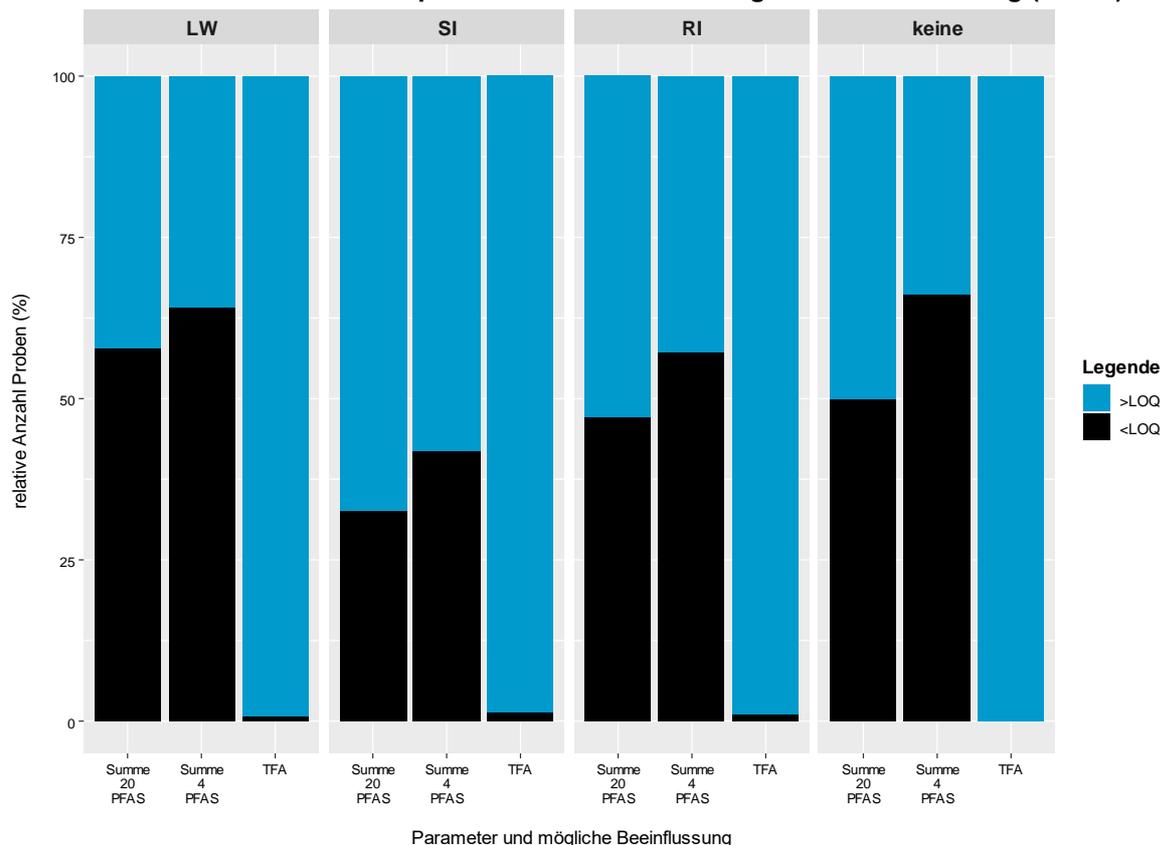


Abbildung 9: Nachweis von PFAS in Abhängigkeit der möglichen Beeinflussung (Mehrfachnennungen pro Probe möglich) (LW = Landwirtschaft, SI = Siedlungs-/Industrieinfluss, RI = Fassung mit Risikopotential, keine = keine Beeinflussung bekannt)

8.6 Repräsentativität und Limitierungen der Untersuchung

Das Ziel der Untersuchung war, die PFAS- und TFA-Konzentrationen im Schweizer Trinkwasser möglichst repräsentativ zu erfassen. Mit 564 Proben, die dem Trinkwasser von ca. 71% der Schweizer Einwohnerinnen und Einwohner entsprechen und Probenahmen in allen Kantonen, ist dies gut gelungen. Jedoch gibt es einige Limitierungen, die bei der Interpretation berücksichtigt werden müssen.

- Probenangaben (Metadaten)
Die mit der Probe erhobenen Daten "Ursprung des Wassers", "mögliche Beeinflussung des Wassers" und "ungefähre Anzahl repräsentierte Konsumenten" wurden von den Probenehmenden nach bestem Wissen erfasst. Insbesondere bei der Angabe der möglichen Beeinflussung wurden die Informationen aufgrund der Nutzung der Umgebung und nach bester Vermutung (best guess) gemacht. Auch die "ungefähre Anzahl repräsentierte Konsumenten" ist als guter Schätzwert zu verstehen.



- **Methoden der Messlabore**
 Obwohl alle Messlabore LCMSMS-Systeme zur Analytik verwenden, sind die angewendeten Analysenmethoden leicht unterschiedlich. Die Unterschiede äussern sich u. a. in den verschiedenen LOQ's und Messunsicherheiten. Dies führt insbesondere bei sehr tiefen Konzentrationen (<0.005 µg/l) dazu, dass je nach Messlabor ein numerischer Wert oder <LOQ als Ergebnis angegeben wurde.
- **Stichprobe und Momentaufnahme**
 Die Proben, welche im Rahmen dieser Kampagne erhoben wurden, sind als Stichprobe des Schweizer Trinkwassers zu einem bestimmten Zeitpunkt zu betrachten. Wie sich die Konzentrationen über die Zeit oder durch andere Einflüsse (z. B. unterschiedliche Grundwasserpegel oder Niederschlagsereignisse) verändern, ist nicht bekannt. Da anhand der Auswertung vermutet wird, dass vor allem Punktquellen zu sehr hohen PFAS-Konzentrationen im Trinkwasser führen, ist es möglich, dass aufgrund der Stichprobengrösse gewisse Punktquellen noch nicht erkannt wurden.
- **Analysierte Parameter**
 Es sind weit mehr PFAS bekannt, als die 20 PFAS und TFA, welche in dieser Kampagne untersucht wurden. Ob andere PFAS im Trinkwasser vorhanden sind, und wenn ja, welche und in welchen Konzentrationen, ist nicht bekannt.

9 Überprüfung der Zielerreichung

Im Konzept für diese Kampagne wurden verschiedene Ziele formuliert. In der nachfolgenden Tabelle 14 ist die Überprüfung der Zielerreichung zusammengefasst.

Ziel	Ziel erreicht / Frage beantwortet	Bemerkung
Schaffung einer Datengrundlage über die PFAS-Konzentrationen im Trinkwasser der gesamten Schweiz	Ja	<ul style="list-style-type: none"> • Stichprobe von 564 Trinkwasserproben • 21 analysierte Parameter • Das beprobte Trinkwasser wird von etwas mehr wie zwei Drittel (ca. 71 %) der Schweizer Bevölkerung konsumiert.
Die Daten der Kampagne sollen zur Entwicklung einer Massnahmenstrategie herangezogen werden, wenn bekannt ist, welche neuen PFAS-Höchstwerte in der Schweiz gelten.	Ja	<ul style="list-style-type: none"> • Datengrundlage für Kantone und Wasserversorger geschaffen
Welche PFAS findet man im Trinkwasser über der in diesem Konzept festgelegten Bestimmungsgrenzen	Ja	<ul style="list-style-type: none"> • PFAS mit einer kürzeren Kohlenstoffkette <C₉ • Es wurden nicht mit den im Konzept festgelegten LOQ's ausgewertet, sondern die LOQ's der einzelnen Labore. • Siehe Kapitel 7.1
Wie viele Proben überschreiten die aktuellen TBDV Höchstwerte?	Ja	<ul style="list-style-type: none"> • Keine
Wie viele Proben überschreiten den Höchstwert "Summe der PFAS" der EU? Wie viele Konsumenten sind in der Schweiz davon betroffen (Abschätzung)?	Ja	<ul style="list-style-type: none"> • 5 Proben (ohne Berücksichtigung der Messunsicherheit) • Das Trinkwasser der 5 Proben wird an ca. 40'000 Personen geliefert.
Wie gross ist die Summe für PFOA, PFNA, PFHxS und PFOS im Trinkwasser?	Ja	<ul style="list-style-type: none"> • Bei 16 Proben (3 %) liegt die Konzentration über 0.02 µg/l (Höchstwert Deutschland). • Wenn in einer Probe die "Summe der PFAS" über 0.1 µg/l liegt, bedeutete das nicht, dass auch die Summe der 4 PFAS auffällig hoch ist.
Was bedeuten die Ergebnisse für die Vollzugsbehörden/Wasserversorger, wenn die EU-Höchstwerte in der Schweiz übernommen würden?	Ja	<ul style="list-style-type: none"> • Nur bei einzelnen Wasserversorgern liegt die Konzentration über dem EU-Höchstwert "Summe der PFAS". • Im Einzelfall muss die Ursache abgeklärt werden und es müssen Massnahmen getroffen werden, wenn neue Höchstwerte in Kraft treten.
Sind aufgrund der Kampagne weitere Schritte/Abklärungen notwendig? Wenn ja, welche?	Ja	<ul style="list-style-type: none"> • Es wird empfohlen die noch nicht beprobten Trinkwasserproduktionen ebenfalls auf PFAS zu untersuchen um allfällige weitere Punktquellen ausfindig zu machen. • Es wäre allenfalls interessant zu untersuchen, wie sich die Konzentrationen bei verschiedenen Einflüssen (Witterung, Grundwasserpegel) verändern.

Tabelle 14: Übersicht Zielerreichung



10 Fazit

Die PFAS-Belastung von Trinkwasser in der Schweiz ist weniger gravierend wie befürchtet. Sollte der EU-Höchstwert "Summe der PFAS" in das Schweizer Lebensmittelrecht übernommen werden, sind keine flächendeckenden Massnahmen bei den Wasserversorgungen notwendig. Nur vereinzelt werden Massnahmen getroffen werden müssen. Die PFAS-Belastungen dürften in den meisten Fällen auf Punktquellen zurückzuführen sein.

PFAS werden auch in der Zukunft im Trinkwasser nachweisbar sein. Um die Konzentrationen von PFAS und TFA im Trinkwasser nachhaltig zu senken, sind Massnahmen an der Quelle gefordert. Die EU prüft derzeit ein Verbot der gesamten Chemikaliengruppe der PFAS. Frühestens im Jahr 2025 kann mit einer Entscheidung der Europäischen Kommission über diesen Vorschlag gerechnet werden. Die Übernahme der EU-Regelungen wird auch in der Schweiz geprüft. Weil die Substanzen in der Umwelt extrem stabil sind, wird es jedoch noch Jahrzehnte dauern, bis PFAS ganz aus dem Trinkwasser verschwinden.

Die im Konzept formulierten Ziele wurden erreicht. Es wurde für die Schweiz und das Fürstentum Liechtenstein eine aussagekräftige Datengrundlage zum Vorkommen von ausgewählten PFAS im Trinkwasser generiert. Die Organisation der Kampagne und die Zusammenarbeit zwischen den Kantonen hat reibungslos funktioniert.



12 Abkürzungsverzeichnis

ADI	Acceptable Daily Intake, zulässige tägliche Aufnahmemenge
AG	Arbeitsgruppe
ARA	Abwasserreinigungsanlage
ALV BL	Amt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen BL
BLV	Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen
BAFU	Bundesamt für Umwelt
EFSA	Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit
EU	Europäische Union
GW	Grundwasser
HW	Höchstwert
Komm TBW	Kommission Trink- und Badewasser
LCMSMS	Flüssigchromatographie gekoppelt mit einem Tandem-Massenspektrometer
LOD	Limit of Detection
LOQ	Limit of Quantitation, Bestimmungsgrenze
LW	Landwirtschaft
MCL	Maximum Contaminant Level
MU	Messunsicherheit
MW	Mischwasser
n.a.	not applicable (nicht anwendbar, nicht zutreffend)
OFW	Oberflächenwasser
PFAS	Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen
PFBA	Perfluorbutansäure
PFPeA	Perfluorpentansäure
PFHxA	Perfluorhexansäure
PFHpA	Perfluorheptansäure
PFOA	Perfluoroctansäure
PFNA	Perfluorononansäure
PFDA	Perfluordecansäure
PFUnDA	Perfluorundecansäure
PFDoDA	Perfluordodecansäure
PFTTrDA	Perfluortridecansäure
PFBS	Perfluorbutansulfonsäure
PFPeS	Perfluorpentansulfonsäure
PFHxS	Perfluorhexansulfonsäure
PFHpS	Perfluorheptansulfonsäure
PFOS	Perfluoroctansulfonsäure
PFNS	Perfluorononansulfonsäure
PFDS	Perfluordecansulfonsäure
PFUnDS	Perfluorundecansulfonsäure
PFDoDS	Perfluordodecansulfonsäure
PFTTrDS	Perfluortridecansulfonsäure
PT	Proficiency Test
QW	Quellwasser
RI	Fassung mit Risikopotential
SI	Siedlung und Industrie
SPE	Solid Phase Extraction (Festphasenextraktion)
SVGW	Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfachs
TBDV	Verordnung über Trinkwasser sowie Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen
TFA	Trifluoressigsäure
µg/l	Mikrogramm pro Liter
US EPA	United States Environmental Protection Agency
VKCS	Verband der Kantonschemiker der Schweiz



A Anhang

A.1 Detektierte Substanzen nach Kanton

Kanton	Anz. Proben	PFBA	PFPeA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUnDA	PFDoDA	PFTrDA	PFBS	PFPeS	PFHxS	PFHpS	PFOS	PFNS	PFDS	PFUnS	PFDoS	PFTrS	TFA
AG	43	26	23	24	9	19	-	-	-	-	-	20	6	25	2	23	-	-	-	-	-	43
AR	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	7
AI	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	5
BL	20	18	18	18	12	13	3	-	-	-	-	12	-	12	-	13	-	-	-	-	-	20
BS	7	4	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7
BE	63	22	16	18	11	18	-	-	-	-	-	21	2	22	1	21	-	-	-	-	-	63
FR	24	6	6	6	1	2	-	-	-	-	-	3	-	1	-	2	-	-	-	-	-	23
FL	7	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	7
GE	6	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
GL	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
GR	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	15
JU	8	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
LU	28	16	6	11	1	7	-	-	-	-	-	13	3	13	-	12	-	-	-	-	-	28
NE	14	4	3	3	1	2	-	-	-	-	-	3	-	1	-	1	-	-	-	-	-	14
NW	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
OW	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
SH	9	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	9
SZ	13	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13
SO	20	11	5	9	5	11	-	-	-	-	-	15	3	14	-	10	-	-	-	-	-	19
SG	30	-	1	5	-	6	-	-	-	-	-	-	2	4	1	10	-	-	-	-	-	30
TI	24	15	8	11	7	13	1	1	-	-	-	8	3	9	1	11	-	-	-	-	-	23
TG	20	-	-	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	6	-	-	-	-	-	20
UR	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
VD	50	6	7	8	3	5	-	-	-	-	-	4	1	4	-	8	-	-	-	-	-	50
VS	24	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24
ZG	11	3	1	3	-	5	-	-	-	-	-	2	-	3	-	3	-	-	-	-	-	11
ZH	92	1	2	43	23	38	1	-	-	-	-	13	-	22	-	50	-	-	-	-	-	92
total	564	141	101	168	74	142	5	1	-	-	-	115	20	133	5	177	-	-	-	-	-	560
%	100	25	18	30	13	25	1	0.2	-	-	-	20	4	24	1	31	-	-	-	-	-	99

Tabelle A1: Anzahl Detektionen über der Bestimmungsgrenze pro Substanz und Kanton