

2024 | Fachbereiche Bodenschutz und Grundwasser

Per- und polyfluorierte Verbindungen (PFAS) Messkampagne Kanton Uri 2022 bis 2023

Synthesebericht



IMPRESSUM

Herausgeber

Amt für Umwelt
Klausenstrasse 4
6460 Altdorf
Telefon: 041 875 24 30
E-Mail: afu@ur.ch
www.ur.afu.ch

Autor

Michael Fuchs, MONITRON AG

Begleitung

Harry Ilg, Amt für Umwelt
Simon Walker, Amt für Umwelt
Lorenz Jaun, Amt für Umwelt
Regula Hodler, Amt für Umwelt
Alexander Imhof, Amt für Umwelt

Bezugsquelle: Herausgeber
Altdorf, 14. März 2024

Titelbild:

Probenahme Boden bei Industrieareal und Grundwasserbeprobung mit PFAS-freier Ausrüstung

INHALTSVERZEICHNIS

1. AUSGANGSLAGE UND ZIELSETZUNG	1
1.1 Was sind PFAS?	1
1.2 Aktuelle Beurteilungs- und Grenzwerte	1
1.2.1 Trink- und Grundwasser	1
1.2.2 Boden	2
1.3 Untersuchungen im Kanton Uri	3
1.3.1 Untersuchungen Grundwasser	3
1.3.2 Untersuchungen Boden	3
2. VORGEHEN KANTONALE MESSKAMPAGNEN	4
2.1 Auswahl der Probenahmestandorte	4
2.1.1 Grundwasser	4
2.1.2 Boden	4
2.2 Vorgehen bei den Probenahmen	6
2.3 Zeitpunkt der Probenahmekampagnen	6
3. ZUSAMMENFASSUNG DER MESSRESULTATE	7
3.1 Resultate Grundwasserproben	7
3.2 Resultate Bodenproben	8
4. BEURTEILUNG DER RESULTATE	9
4.1 Grundwasser	9
4.2 Boden	9
5. SCHLUSSFOLGERUNGEN	11

ANHANGVERZEICHNIS

Anhang A	Übersicht Ergebnisse Beprobungen PFAS Grundwasser 2021/2022
Anhang B	Übersicht Ergebnisse Beprobungen PFAS Boden 2023

1. Ausgangslage und Zielsetzung

1.1 Was sind PFAS?

Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) sind eine grosse Gruppe von Industriechemikalien. PFAS werden seit Mitte des 20. Jahrhunderts hergestellt und finden aufgrund ihrer wasser-, fett- und schmutzabweisenden Stoffeigenschaften weitreichenden Einsatz in industriellen Prozessen und technischen Anwendungen. Die Anwendungsgebiete sind vielfältig: So finden sich PFAS beispielsweise in schaumbildenden Feuerlöschschäumen, beschichtetem Papier und Karton (z. B. Fast-Food-Verpackungen, Backpapier), wasserabweisenden Textilien, Antihaftbeschichtungen von Küchenutensilien, Imprägniermitteln oder Ski-Wachsen sowie in einer Vielzahl weiterer Bereiche. Darüber hinaus können diese Verbindungen als Verunreinigungen oder nicht beabsichtigte Nebenprodukte in Verbraucherprodukten vorkommen. Verbraucherinnen und Verbraucher können nicht immer erkennen, ob Produkte PFAS enthalten.

Durch die starken Kohlenstoff-Fluor-Bindungen sind PFAS äusserst stabil respektive kaum abbaubar und werden daher auch als «forever chemicals – Ewigkeitschemikalien» bezeichnet. So vorteilhaft und nützlich diese Eigenschaften in einer Vielzahl an Produkten und Prozessen sind, so problematisch sind PFAS in der Umwelt, wo sie sich anreichern und damit auch in die Nahrungskette eingetragen werden. Die Europäische Umweltagentur geht bei grossen PFAS-Belastungen etwa von einem erhöhten Risiko für Leberschäden, Nieren- und Hodenkrebs, Schilddrüsenerkrankungen sowie Entwicklungsschäden bei ungeborenen Kindern aus.

Aus diesem Grund wurden in den letzten Jahren weltweit viele Forschungs- und Untersuchungsprogramme durchgeführt oder sind noch am Laufen. In der Schweiz beschäftigt sich insbesondere das Bundesamt für Umwelt (BAFU) im Rahmen verschiedener umweltrechtlichen Fragestellungen intensiv mit PFAS.

1.2 Aktuelle Beurteilungs- und Grenzwerte

Die bundesrechtlichen Vorgaben enthalten derzeit nur vereinzelt Beurteilungs- und Grenzwerte für PFAS-Substanzen in der Umwelt. Die Herleitung und Festlegung der fehlenden Werte sind Bestandteil aktueller Abklärungen auf Bundesstufe (Motion 22.3929 Maret). Aufgrund der aktuellen Entwicklungen sind bestehende Werte möglicherweise ebenfalls Anpassungen unterworfen.

1.2.1 Trink- und Grundwasser

Die Verordnung des EDI über Trinkwasser sowie Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen (TBDV; SR 817.022.11) bezeichnet aktuell Höchstwerte für drei PFAS-Stoffe:

- Perfluorooctansulfonat (PFOS): 0.3 µg/l (300 ng/l)
- Perfluorhexansulfonat (PFHxS): 0.3 µg/l (300 ng/l)
- Perfluorooctansäure (PFOA): 0.5 µg/l (500 ng/l)

Gemäss Angaben des zuständigen Bundesamts für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV) werden die lebensmittelrechtlichen Vorgaben zu den PFAS im Trinkwasser künftig voraussichtlich verschärft.

Generell soll Grundwasser gemäss Anhang 1 Gewässerschutzverordnung (GSchV; SR 814.201) keine künstlichen langlebigen Stoffe enthalten – eigentliche spezifische Anforderungswerte für PFAS sind in der Gewässerschutzverordnung jedoch nicht festgelegt.

Auch hinsichtlich der altlastenrechtlichen Beurteilung liegen derzeit in der massgebenden Verordnung über die Sanierung von belasteten Standorten (Altlasten-Verordnung [AltIV]; SR 814.680) noch keine allgemeingültigen Konzentrationswerte (K-Werte) für PFAS im Grundwasser vor. Hier gilt gemäss Anhang 1 Absatz 1 AltIV folgende Bewertungsgrundlage:

«Sind für Stoffe, die Gewässer verunreinigen können und mit denen ein Standort belastet ist, keine Konzentrationswerte (K-Werte) festgelegt, so legt die Behörde solche mit Zustimmung des BAFU im Einzelfall nach den Vorschriften der Gewässerschutzgesetzgebung fest.»

Das BAFU hat bisher standortspezifisch in zahlreichen Fällen dem PFAS-Summen-K-Wert nach Anhang 1 AltIV von 50 ng TEQ¹/l zugestimmt.

1.2.2 Boden

Die Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo; SR 814.12) enthält noch keine PFAS-spezifischen Richt-, Prüf- und Sanierungswerte.

Ebenso fehlen entsprechende K-Werte für die Beurteilung der Sanierungsbedürftigkeit von PFAS-belasteten Böden im Sinne der AltIV. Gemäss Anhang 3 AltIV gilt dabei folgende Bewertungsgrundlage:

«Sind für Stoffe, die Böden verunreinigen können und mit denen ein Standort belastet ist, keine Konzentrationswerte (K-Werte) festgelegt, so legt die Behörde solche mit Zustimmung des BAFU im Einzelfall nach den Vorschriften der Umweltschutzgesetzgebung fest.»

Das BAFU hat bisher standortspezifisch in Einzelfällen dem PFAS-Summen-K-Wert nach Anhang 3 Ziffer 2 AltIV (sensible Bodennutzungen wie Haus- und Familiengärten, Kinderspielplätze und Anlagen, auf denen Kinder regelmässig spielen) von 30 µg TEQ/kg zugestimmt.

¹ TEQ = Toxizitätsäquivalent, dabei werden die beprobten PFAS-Einzelstoffe toxizitätsgewichtet aufsummiert.

1.3 Untersuchungen im Kanton Uri

Das Ziel der vorliegenden Untersuchungen lag darin, einen Überblick über das Vorkommen und die Verbreitung von PFAS in der Umwelt im Kanton Uri zu erhalten. Dafür wurden Probenahmen und Analysen bisheriger nationaler Untersuchungen konsultiert und durch kantonsspezifische Messkampagnen in den beiden relevanten Schutzgütern Grundwasser und Boden ergänzt.

1.3.1 Untersuchungen Grundwasser

Im Rahmen des Messprogramms "Nationale Grundwasserbeobachtung" (NAQUA) werden im Kanton Uri in Zusammenarbeit mit dem BAFU seit 2003 drei repräsentative Grund- und Quellwasserfassungen jährlich beprobt und unter anderem auf qualitative Parameter wie beispielsweise Rückstände von Mikroverunreinigungen und Pflanzenschutzmitteln analysiert (ein Grundwasserpumpwerk im Unteren Urner Reusstal und je eine Quellwasserfassung im Unteren Urner Reusstal und im Urserntal). Aufgrund der nationalen Aufmerksamkeit für die Thematik wurden 2021 in einer Pilotstudie erstmals auch Untersuchungen bezüglich PFAS bei diesen drei NAQUA-Messstellen durchgeführt.

Um einen besseren Überblick zu erhalten, wurden im Dezember 2022 in einer kantonalen Messkampagne zusätzlich zehn ausgewählte Messstellen (Grundwasserpumpwerke oder Quellwasserfassungen) hinsichtlich der wichtigsten PFAS-Verbindungen beprobt. Der Fokus der Beprobung lag dabei schutzgutbasiert auf der Trinkwassernutzung grösserer Wasserversorgungen und einer grossen geografischen Verteilung.

1.3.2 Untersuchungen Boden

In einer Studie² der Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften (ZHAW) im Auftrag des BAFU fand 2022 erstmals eine systematische Untersuchung und Auswertung der Gehalte von 32 PFAS-Verbindungen in Schweizer Böden statt. Als Grundlage dienten Messdaten mit insgesamt 147 Oberboden- und 89 Unterbodenproben. Bei der Auswahl der Messflächen wurde nicht auf potenziell verschmutzte Standorte fokussiert. Es wurden vielmehr verschiedene Regionen, Nutzungsarten und Klimazonen berücksichtigt.

Die Resultate dieser Studie legen einen stark diffusen Eintrag von PFAS auf Schweizer Böden nahe. Die Summenkonzentration von 8 PFAS-Verbindungen (nicht toxizitätsgewichtet) lag in 95% aller Proben bei < 5 µg/kg PFAS, womit dieser Wert schweizweit als Hintergrundkonzentration betrachtet werden kann. Auch wenn die alpinen Standorte die vergleichsweise niedrigsten Konzentrationen aufweisen, finden sich PFAS auch in abgelegenen Gebieten der Schweiz. Im Kanton Uri liegen aus dieser Studie PFAS-Messdaten von vier Standorten aus Proben der Jahre 2014 und 2015 vor, mit PFAS-8/9-Summenwerten zwischen 0.9 und 3.7 µg/kg PFAS.

Um detailliertere Kenntnis über die PFAS-Belastung der Böden im Kanton Uri zu erlangen, hat das Amt für Umwelt in einer zusätzlichen kantonalen Messkampagne im Jahr 2023 weitere Standorte untersucht. Im Gegensatz zur Studie der ZHAW erfolgte die Auswahl der insgesamt 13 Messstandorte ausschliesslich mit Bezug auf vorhandene und mögliche PFAS-Belastungsquellen. Aussagen zur PFAS-Hintergrundbelastung der Urner Böden waren bei dieser Kampagne nur untergeordnet von Interesse.

² Thalman et al. (2022), Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) in Schweizer Böden, Altlasten spektrum 06.22. XHUB_Master_v04r10 (zhaw.ch)

2. Vorgehen kantonale Messkampagnen

Es wurden die gleiche Methodik und ein standardisiertes Analytikprogramm gewählt, um mit nationalen Untersuchungskampagnen vergleichbare Resultate zu erzielen.

Die Probenahmen erfolgten nach den massgebenden Vollzugsvorgaben des BAFU wie auch zusätzlich nach den Vorgaben des mit der Analytik beauftragten Labors.

2.1 Auswahl der Probenahmestandorte

Für die Untersuchung von PFAS im Kanton Uri wurden daher zwei Ansätze für die Probenahmen verfolgt. Die Probenahmen im Grundwasser erfolgten schutzgutspezifisch, d.h. im Zusammenhang des Grundwasserschutzes und im Rahmen der Trinkwassernutzung. Die Probenahmen Boden erfolgten quellenbasiert, also aufgrund von konkreten Hinweisen oder Vermutungen für eine Anwendung von PFAS-haltigen Produkten.

2.1.1 Grundwasser

Beprobt wurde als Trinkwasser genutztes Grundwasser. Dabei handelt es sich um grössere Wasserversorgungen mit Nutzungen aus Grundwasserpumpwerken oder Quellen.

Die Auswahl der Messstellen wurde aufgrund der geografischen Lage (verschiedene Einzugsgebiete), des geologischen Hintergrunds, der möglichen Beeinflussung (Siedlung, Landnutzung) und Relevanz der Wasserversorgungen vorgenommen.

Konkret wurden folgende Messstellen Grundwasser schutzgutbezogen beprobt:

- 6 Grundwasserpumpwerke (davon ein Grundwasseraufstoss)
- 4 ausgewählte Quellwasserfassungen

2.1.2 Boden

Folgende Messstellen Boden wurden quellenbasiert beprobt:

- 3 Übungsplätze mit Löschschaumeinsatz

Die Verwendung von PFAS in leistungsfähigen Löschsäumen ist seit den 1960er Jahren bekannt. In der Schweiz wurden diese ab ca. den 1970er Jahren eingesetzt und ab dem Jahr 2011 schrittweise verboten. Der Einsatz von PFAS-haltigen Löschsäumen bei Bränden war bis Ende 2014 erlaubt, respektive für Funktionskontrollen bis Ende 2018. Allgemein wird davon ausgegangen, dass in der Schweiz auch nach 2018 noch bei vielen Feuerwehren PFAS-haltige Löschsäume vorrätig waren und eingesetzt wurden. Die genaue Zusammensetzung dieser synthetischen Schaummittel (AFFF) ist nicht bekannt und aufgrund von Betriebsgeheimnissen und Veränderungen in der Rezeptur im Verlauf der Zeit realistischerweise nicht mehr herzuleiten.

Im Rahmen der vorliegenden PFAS-Bodenuntersuchungen im Kanton Uri wurden Bodenproben aus einem Grünstreifen bei drei Übungsflächen von Schadenwehrorganisationen entnommen, wobei bekannt ist, dass vor Ort Löschschaum über längere Zeit eingesetzt wurde. Diese Standorte sind exemplarisch für weitere mögliche Übungsplätze zu betrachten. Der Zeitpunkt über den Einsatz von verschiedenen Produkten ist nicht bekannt.

- 1 Schadenplatz mit Löschschaumeinsatz

Für die Probenahme wurde aus jüngeren Grossbrandereignissen ein Standort ausgewählt, auf dem bekannterweise Löschschaum zum Einsatz kam und der davon betroffene Boden nicht abgetragen wurde. Dabei kamen potenziell PFAS-haltige Löschsäume zum Einsatz.

- 4 Wintersport Standorte

- bei zwei Langlaufloipen
- in einem Skigebiet
- und bei einer SAC-Hütte

Im Ski- und Langlaufsport kommen auch PFAS-haltige Wachse (Fluorwachse) zum Einsatz. Für die Probenahme standen Standorte mit hohen touristischen Frequenzen im Fokus, d.h. Start-/Zielbereiche der betreffenden Wintersportanlagen.

Im Weiteren sind PFAS auch in wasser- und schmutzabweisender Outdoor-Kleidung enthalten. Um die Belastungssituation der Böden aus dieser Quelle zu erfassen, wurde der Standort einer SAC-Hütte als Ausgangspunkt für Hochtouren im Sommer und Winter beurteilt.

- 3 Industrie-Umgebungen

Im Kanton Uri bestehen (respektive bestanden) eine Reihe von galvanischen und chemischen Industriebetrieben mit potenziellem Einsatz von PFAS-haltigen Produkten. Viele der Betriebe sind im Kataster der belasteten Standorte (KbS) eingetragen und werden im Rahmen der Altlastenuntersuchung auch auf die PFAS-Belastung hin untersucht.

Um ein Bild über die Belastungssituation bei Industrieanlagen zu erhalten, wurde im Rahmen der vorliegenden Untersuchung der Boden im Bereich von drei ausgewählten Industriearealen untersucht.

- 1 Schlackendeponie-Umgebung

Es stellt sich die Frage, ob in den angelieferten und abgelagerten Schlacken aus Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA) noch PFAS vorhanden sind oder diese sich bei den KVA-Brenntemperaturen von rund 1000 °C vollständig zersetzt haben. Um eine erste Aussage zur PFAS-Belastung im direkten Umkreis einer Deponie Typ D (ehem. Schlackendeponie) zu erhalten, wurde der Boden an einem Standort im umliegenden Wiesland beprobt.

- 1 Klärschlammstandort

Kläranlagen waren und sind auch heute nicht dafür ausgestattet, PFAS vollständig aus dem Abwasser zu entfernen. Es ist daher nicht auszuschliessen, dass PFAS im Abwasser von Kläranlagen oder im Klärschlamm enthalten sind. Der Austrag von Klärschlamm auf Landwirtschaftsflächen war vor einigen Jahrzehnten auch im Kanton Uri Praxis. Für die Probenahme wurde exemplarisch eine landwirtschaftlich genutzte Fläche ausgewählt, auf der in der Vergangenheit bekannterweise wiederholt Klärschlammkompost ausgetragen und das Terrain seither nicht massgeblich verändert wurde.

2.2 Vorgehen bei den Probenahmen

Die Probenahmen Grundwasser wurden wie folgt durchgeführt:

1. Festlegung der Messstellen
2. Kontaktaufnahme Wasserversorgungen betreffend Probenahmen
3. Abklärungen und Anweisungen (z. B. Vorpumpen) an Wasserversorgungen
4. Probenahmen ab Hahn in den Grundwasserpumpwerken und an den Quellwasserfassungen
5. Messung der Feldparameter: pH, elektrische Leitfähigkeit und Wassertemperatur
6. Gekühlte Lagerung und Versand Proben per Express ins Analytiklabor
7. Analytikprogramm nach einem aktuell gültigen Analytikprogramm mit 9 wichtigen PFAS-Verbindungen (Bezeichnung Labor: PFASWBafu9).

Die Probenahmen Boden wurden wie folgt durchgeführt:

1. Festlegung der Probenahmefläche
2. Kontaktaufnahme Eigentümer und Bewirtschafter betreffend Probenahmen
3. Entnahme der Flächenprobe mit 20 bis 25 Einstichen mittels Bohrstock (bei geringer Entnahmemenge aufgrund untiefem Bodenaufbau bis 40 Einstiche möglich)
Sofern möglich Einstich bis 40 cm OK Terrain und Auftrennen 0 – 20 cm und 20 – 40 cm. Separate Aufbereitung und Probenahme Oberboden 0 – 20 cm und Unterboden 20 – 40 cm
4. Probenahmen erfolgten mit PFAS-freien Kleidern und ohne weitere Hilfsmittel als einem Bohrstock aus Stahl. Der Bohrstock wurde nach jeder Probenahme gereinigt.
5. Versand der Proben ins Analytiklabor
6. Analytikprogramm nach einem aktuell gültigen Analytikprogramm mit 9 wichtigen PFAS-Verbindungen (Bezeichnung Labor: PFASBBafu9).

2.3 Zeitpunkt der Probenahmekampagnen

Die Probenahmen in den Grundwasserfassungen respektive Grundwasserpumpwerken und bei den ausgewählten genutzten Quellwasserfassungen wurden zwischen dem 12.12.2022 und 13.12.2022 durchgeführt.

Die Probenahmekampagne Boden wurde im Zeitraum zwischen 24.06.2023 und 17.10.2023 durchgeführt.

3. Zusammenfassung der Messresultate

3.1 Resultate Grundwasserproben

Im Labor wurden 9 Verbindungen gemäss den momentanen Vorgaben BAFU analysiert (Messprogramm PFASWBafu9). Die Bestimmungsgrenze der einzelnen Stoffe lag dabei bei 1 ng/l. Die Bestimmungsgrenze der Summe PFAS TEQ lag in dieser Messkampagne bei 5 ng/l.

In Tabelle 1 sind die Summen PFAS TEQ der bisherigen NAQUA-Messungen 2021 sowie der kantonalen Messkampagne 2022 dargestellt, in Anhang A die detaillierten Ergebnisse.

Probenahmeort	Datum, Zeit	Summe PFAS (gewichtet TEQ, 9 Verbindungen)
Quelle 6 (NAQUA), Kristallin	10.05.2021, 09:20 Uhr	< 5 ng/l
Grundwasserpumpwerk 6 (NAQUA) Unteres Urner Reusstal	10.05.2021, 11:30 Uhr	3 ng/l
Quelle 5 (NAQUA), Kristallin	28.05.2021, 09:30 Uhr	< 5 ng/l
Quelle 5 (NAQUA), Kristallin	09.08.2021, 08:30 Uhr	< 5 ng/l
Quelle 6 (NAQUA), Kristallin	09.08.2021, 11:00 Uhr	< 5 ng/l
Grundwasserpumpwerk 6 (NAQUA) Unteres Urner Reusstal	25.11.2021, 10:20 Uhr	< 5 ng/l
Grundwasserpumpwerk 1 Unteres Urner Reusstal	12.12.2022, 11.30 Uhr	< 5 ng/l
Grundwasserpumpwerk 2 Urserntal	12.12.2022, 10.00 Uhr	< 5 ng/l
Grundwasserpumpwerk 3 Unteres Urner Reusstal	13.12.2022, 11.00 Uhr	< 5 ng/l
Grundwasserpumpwerk 4 Unteres Urner Reusstal	12.12.2022, 11:30 Uhr	125 ng/l
Grundwasserpumpwerk 5 Ausserhalb Reusstal	12.12.2022, 14:00 Uhr	6 ng/l
Grundwasseraufstoss Unteres Urner Reusstal	12.12.2022, 10:30 Uhr	< 5 ng/l
Quelle 1, Sedimentgesteine	12.12.2022, 10:45 Uhr	< 5 ng/l
Quelle 2, Sedimentgesteine	12.12.2022, 09:30 Uhr	< 5 ng/l
Quelle 3, Kristallin	12.12.2022, 11:00 Uhr	< 5 ng/l
Quelle 4, Sedimentgesteine (Karst)	12.12.2022, 09:00 Uhr	< 5 ng/l

Tabelle 1 Analytikresultate Grundwasser

3.2 Resultate Bodenproben

Im Labor wurden 9 Verbindungen gemäss den momentanen Vorgaben des BAFU analysiert (Messprogramm PFASBBafu9). Die Bestimmungsgrenze der einzelnen Stoffe lag dabei bei 0.1 µg/kg.

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass sich diese Beurteilung auf Wasserproben bezieht und diese nicht 1:1 auf Feststoffgehalte übertragen werden kann, denn die Löslichkeit in der Bodenmatrix ist stoffspezifisch, höchstwahrscheinlich ebenso die Bioverfügbarkeit. Sie wird jedoch im Sinne einer Vergleichbarkeit mit den Wasserproben allgemein in der Schweiz zurzeit so verwendet.

In Tabelle 2 sind die nicht toxizitätsgewichteten Summenkonzentrationen von 9 PFAS-Verbindungen dargestellt, in Anhang B die detaillierten Ergebnisse.

Probenahmeort	Datum	Summe PFAS (9 Verbindungen, nicht toxizitätsgewichtet)	
		Oberboden	Unterboden
Löschschaumübungsplatz 1	28.06.2023	19 µg/kg	11 µg/kg
Löschschaumübungsplatz 2	17.10.2023	108 µg/kg	101 µg/kg
Löschschaumübungsplatz 3	12.09.2023	610 µg/kg	kein Unterboden vorhanden
Löschschaumeinsatz	25.07.2023	30 µg/kg	8 µg/kg
Wintersport Loipe 1	26.07.2023	4 µg/kg	1 µg/kg
Wintersport Loipe 2	08.08.2023	12 µg/kg	3 µg/kg
Wintersport Ski	01.07.2023	4 µg/kg	kein Unterboden vorhanden
SAC-Hütte	24.06.2023	6 µg/kg	kein Unterboden vorhanden
Industrie 1	13.09.2023	1 µg/kg	1 µg/kg
Industrie 2	28.09.2023	9 µg/kg	3 µg/kg
Industrie 3	13.09.2023	6 µg/kg	2 µg/kg
Schlackendeponie	05.09.2023	5 µg/kg	2 µg/kg
Klärschlamm	06.09.2023	3 µg/kg	1 µg/kg

Tabelle 2 Analytikresultate Boden

4. Beurteilung der Resultate

4.1 Grundwasser

Die Beprobungen und Analytikresultate zeigen Folgendes:

- Bei keiner der beprobten Quellwasserfassungen wurden PFAS nachgewiesen.
- Insgesamt wurden in drei Grundwasserfassungen PFAS nachgewiesen. Bei zwei Grundwasserfassungen lagen nur geringe Konzentrationen von wenigen Einzelstoffen knapp über der Bestimmungsgrenze vor, wovon im Grundwasserpumpwerk 6 (NAQUA) der Nachweis in der Folgemessung nicht bestätigt werden konnte.
- Nur im Grundwasserpumpwerk 4 wurden insgesamt erhöhte PFAS-Werte festgestellt und 7 der 9 analysierten Stoffe nachgewiesen, wovon insbesondere die Konzentration von Perfluoroktansulfonsäure (PFOS) erhöht war.
- In den restlichen 4 Grundwasserfassungen wurden keine PFAS-Belastungen festgestellt.

Mit Bezug auf die im Kapitel 1.2.1 aufgeführten Beurteilungs- und Grenzwerte können die Messresultate wie folgt beurteilt werden:

- Alle vorliegenden Wasserproben halten die aktuell geltenden Höchstwerte für Trinkwasser gemäss TBDV ein.
- Mit Ausnahme der Probe beim Grundwasserpumpwerk 4 liegen alle Messwerte weit unter dem vom BAFU kommunizierten PFAS-Summen-K-Wert.
- Beim Grundwasserpumpwerk 4 sind infolge der K-Wert-Betrachtung aus altlastenrechtlicher Sicht und im Sinne des Vorsorgeprinzips weitere Abklärungen notwendig. Aufgrund des erhöhten PFOS-Signals sind im Einzugsgebiet vordergründig Belastungsherde durch Löschschaumeinsätze zu eruieren. Die diesbezüglichen Abklärungen rund um das Grundwasserpumpwerk 4 wurden bereits in Angriff genommen und bestätigen diesen Verdacht. Die erforderlichen Altlastenuntersuchungen bei der mutmasslichen PFAS-Quelle sind bereits in die Wege geleitet.

4.2 Boden

Die Beprobungen und Analytikresultate zeigen Folgendes (Resultate, wo nicht anders vermerkt (TEQ), als nicht toxizitätsgewichtete PFAS-Summenkonzentrationen von 9 PFAS-Verbindungen):

- Beim Ausmass der PFAS-Belastungen bestehen in Abhängigkeit von der jeweiligen Quelle grosse Unterschiede.
- Die PFAS-Bodenbelastungen aus der vorliegenden kantonalen Messkampagne lagen teilweise über der aus der ZHAW-Studie 2022 abgeleiteten, schweizweit geltenden PFAS-Hintergrundkonzentration von 5 µg/kg. Die mutmasslichen PFAS-Belastungsquellen konnten insbesondere bei Standorten mit Löschschaumeinsatz bestätigt werden.
- Der regelmässige Einsatz von Löschschaum auf Übungsplätzen oder der Einsatz bei einem Grossbrandereignis hinterliess im betroffenen Boden erhöhte Konzentrationen von PFAS, erwartungsgemäss vor allem der Verbindung PFOS.

Auf zwei der drei Löschschaumübungsplätzen wurden Belastungen über 30 µg/kg Summe PFAS TEQ/kg gemessen (siehe Anhang B, letzte Spalte). Die Überschreitung dieses Werts hat bei Böden mit sensibler Nutzung bisher in Einzelfällen eine altlastenrechtliche Beurteilung der Sanierungsbedürftigkeit ausgelöst. Auf den Übungsplätzen findet jedoch keine sensible Nutzung des Bodens statt.

Auffällig war die grosse Variabilität der Messwerte der untersuchten Plätze, die mit der Nutzungsdauer, der Intensität und dem eingesetzten Produkt im Zusammenhang stehen dürfte. Im Vergleich zu den übrigen Messstandorten fällt zudem auf, dass die PFAS-Belastung auf Übungsplätzen mit regelmässigem Löschschaumeinsatz nicht nur im Ober- sondern auch im Unterboden erhöht ist.

- Löschschaumübungsplätze (Oberboden)
 - Summe PFAS TEQ: 21 µg/kg, 207 µg/kg und 1'074 µg/kg
 - PFOS (Einzelverbindung), ungewichtet: 6 µg/kg, 95 µg/kg und 520 µg/kg
- Löschschaumübungsplätze (Unterboden)
 - Summe PFAS TEQ: 12 µg/kg und 194 µg/kg
 - PFOS (Einzelverbindung), ungewichtet: 4 µg/kg und 93 µg/kg
- Löschschaumeinsatz (Oberboden)
 - Summe PFAS TEQ: 22 µg/kg
 - PFOS (Einzelverbindung), ungewichtet: 6 µg/kg
- Bei den beprobten Standorten Wintersport fällt bei einem Loipenstandort mit hoher Nutzungsfrequenz eine PFAS-Summenkonzentration über der Hintergrundbelastung von 5 µg/kg auf. Die Belastungen stammen wohl grossmehrheitlich von fluorhaltigem Wachs. Eine allfällig neue und sensible Nutzung dieses Standorts müsste kritisch beurteilt werden und hätte weitere Abklärungen zur Folge.
Mit 6 µg/kg PFAS konnte bei einer SAC-Hütte mit entsprechender Nutzung (PFAS-haltige Kleider / Ausrüstungen) auch in abgelegenen Gebieten eine Belastung im Bereich der PFAS-Hintergrundbelastung festgestellt werden.
- Im Umkreis der galvanischen und chemischen Industrien im siedlungsnahen Gebiet liegen die PFAS-Summenkonzentrationen im Bereich der Hintergrundbelastung oder nur leicht darüber. Aufgrund der vorliegenden Messdaten ist keine eindeutige Zuordnung zu den Quellen dieser Belastungen möglich.
- Im angrenzenden Wiesland einer Schlackendeponie und auf einer Klärschlammaustragfläche konnten keine Werte über der Hintergrundbelastung festgestellt werden (1 bis 5 µg/kg PFAS).

5. Schlussfolgerungen

Damit lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen:

- Das Wasser aller bisher beprobten Grund- und Quellwasserfassungen kann hinsichtlich der aktuell geltenden lebensmittelrechtlichen Vorgaben zu PFAS als Trinkwasser genutzt werden.
- Vereinzelt sind PFAS-Signale knapp über der analytischen Bestimmungsgrenze in Grundwasserfassungen erkennbar. Über die Herkunft dieser Einzelstoffnachweise können keine gesicherten Aussagen gemacht werden.
- Die erhöhten PFAS-Belastungen in einem beprobten Grundwasserpumpwerk weisen offenbar einen Zusammenhang mit nahegelegenen belasteten Standorten respektive mit punktuellen PFAS-Einträgen auf (Verdacht auf Versickerung von PFAS-haltigem Löschschaum). Hierzu laufen bereits weiterführende altlastenrechtliche Abklärungen.
- Die Analysen von Bodenproben bestätigen, dass PFAS in Böden flächendeckend nachgewiesen werden können.
- Bei fast allen Messresultaten der vorliegenden Kampagne besteht ein mehr oder weniger deutlich abnehmender Belastungsgradient vom Ober- zum Unterboden. Offenbar zeigt der (organische) Oberboden bei PFAS ein klares Rückhaltevermögen und verhindert respektive verzögert zumindest ein vollständiges Auswaschen der Stoffe in den Untergrund. Bei regelmässigen und punktuellen PFAS-Einträgen (Löschschaum-Übungsplätze) nimmt jedoch auch die Belastung im Unterboden und möglicherweise in tiefer liegenden Untergrundschichten zu.
- Die Quellen von PFAS im Boden sind sehr vielfältig. Löschschäume können aus der aktuellen Studie als die massgeblichen Quellen von PFAS-Einträgen in die Böden bezeichnet werden. Aber auch andere Quellen wie die Verwendung von Skiwachs und wasserabweisenden Sportkleidern und Materialien können PFAS-Spuren im Boden hinterlassen. Hingegen liegen die Messwerte im Siedlungsgebiet und insbesondere im Umfeld von Industrien mit ehemals möglichem Einsatz von PFAS im Bereich der Hintergrundbelastung. Aufgrund des wahrscheinlichen diffusen Eintrages können hier keine gesicherten Aussagen zur Herkunft der gemessenen Belastungen gemacht werden.

Basierend auf den Erkenntnissen der aktuellen Untersuchungen wie auch den Untersuchungen anderer Kantone und des Bundes sowie den diversen laufenden Forschungsarbeiten sollte die Problematik der PFAS im Auge behalten werden. Noch immer werden in diversen Produkten persistente PFAS eingesetzt und hinterlassen aufsummierende Belastungen in der Umwelt. Für den umweltrechtlichen Vollzug ist die Herleitung und Festlegung verbindlicher Grenz- und Beurteilungswerte auf Bundesstufe unabdingbar.

MONITRON AG



Michael Fuchs
Projektleiter



Hansjörg Geisser
Leitender Messtechniker

Altdorf, den 14.03.2024

BETEILIGTE MITARBEITENDE

Michael Fuchs (Projektleiter), Michael Arnold (Messtechniker)

ANHANG A

**ÜBERSICHT ERGEBNISSE BEPROBUNGEN PFAS
GRUNDWASSER 2021/2022**

Ergebnisse der PFAS-Grundwassermessungen Uri 2021/2022

Jahr der Probenahme	Datum
---------------------	-------

2021	10.05.2021 09:20
2021	10.05.2021 10:30
2021	28.05.2021 09:30
2021	09.08.2021 08:30
2021	09.08.2021 11:00
2021	25.11.2021 10:20
2022	12.12.2022 11:30
2022	12.12.2022 10:00
2022	13.12.2022 11:00
2022	12.12.2022 11:30
2022	12.12.2022 14:00
2022	12.12.2022 10:30
2022	12.12.2022 10:45
2022	12.12.2022 09:30
2022	12.12.2022 11:00
2022	12.12.2022 09:00

Ort der Probenahme	Toxizitätsäquivalenzfaktor TEF:									Σ PFAS-9 [ng/l]	Σ PFAS-9 toxizitäts-gewichtet [ng TEQ/l]
	0.001	0.6	2	0.05	0.05	0.01	1	1	10		
	PFBS	PFHxS	PFOS	PFBA	PFPeA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA		
Quelle 6 (NAQUA)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<5	<5
Grundwasserpumpwerk 6 (NAQUA)	<1	1	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	2	3.0
Quelle 5 (NAQUA)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<5	<5
Quelle 5 (NAQUA)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<5	<5
Quelle 6 (NAQUA)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<5	<5
Grundwasserpumpwerk 6 (NAQUA)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<5	<5
Grundwasserpumpwerk 1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<5	<5
Grundwasserpumpwerk 2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<5	<5
Grundwasserpumpwerk 3	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<5	<5
Grundwasserpumpwerk 4	<1	10	57	1	6	6	1	2	<1	83	125
Grundwasserpumpwerk 5	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	6	<1	6	6
Grundwasseraufstoss	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<5	<5
Quelle 1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<5	<5
Quelle 2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<5	<5
Quelle 3	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<5	<5
Quelle 4	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<5	<5

FARBLEGENDE: keine Belastung / unter Bestimmungsgrenze geringe Belastung
 erhöhte Belastung über K-Wert Bafu

ANHANG B

**ÜBERSICHT ERGEBNISSE BEPROBUNGEN PFAS
BODEN 2023**

Ergebnisse der PFAS-Bodenmessungen Uri 2023

Jahr der Probenahme	Datum	Toxizitätsäquivalenzfaktor TEF:										Σ PFAS-9 [µg/kg]	Σ PFAS-9 toxisitäts-gewichtet [µg TEQ/kg]	
		Tätigkeit Ort der Probenahme	Art der Probe	0.001	0.6	2	0.05	0.05	0.01	1	1			10
2023	28.06.2023	Löschschaum Übungsplatz	Oberboden 0-20cm	<0.1	0.4	6.2	1.2	4.9	2.4	1.6	1.4	0.5	18.60	20.97
2023	28.06.2023	Löschschaum Übungsplatz	Unterboden 20-40cm	<0.1	0.3	4	0.7	2.6	1.4	0.8	0.8	0.2	10.80	11.96
2023	17.10.2023	Löschschaum Übungsplatz	Oberboden 0-20cm	<0.1	1.6	95	1.5	4.2	2.5	1.1	1	1.4	108.30	207.37
2023	17.10.2023	Löschschaum Übungsplatz	Unterboden 20-40cm	<0.1	1.5	93	0.7	2.2	1.3	0.8	0.6	0.6	100.70	194.46
2023	12.09.2023	Löschschaum Übungsplatz	Oberboden 0-20cm	3.6	28	520	5	21	24	2.7	5.3	0.8	610.40	1'074.34
2023	25.07.2023	Löschschaum Einsatz	Oberboden 0-20cm	<0.1	0.2	6	3.4	11	5.4	2.5	1.2	0.5	30.20	21.59
2023	25.07.2023	Löschschaum Einsatz	Unterboden 20-40cm	<0.1	<0.1	1.5	1	3.4	1.7	0.6	0.2	<0.1	8.40	4.04
2023	26.07.2023	Wintersport Loipe	Oberboden 0-20cm	<0.1	<0.1	0.7	0.2	0.7	0.7	0.5	1	0.4	4.20	6.95
2023	26.07.2023	Wintersport Loipe	Unterboden 20-40cm	<0.1	<0.1	0.3	<0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	<0.1	0.90	0.91
2023	08.08.2023	Wintersport Loipe	Oberboden 0-20cm	<0.1	<0.1	7.7	0.2	0.3	0.3	0.5	1.8	1.2	12.00	29.73
2023	08.08.2023	Wintersport Loipe	Unterboden 20-40cm	<0.1	<0.1	0.9	0.1	0.1	0.2	0.3	1.3	0.2	3.10	5.41
2023	01.07.2023	Wintersport	Oberboden 0-20cm	0.2	<0.1	2.2	0.1	0.4	0.3	0.2	0.5	0.4	4.30	9.13
2023	24.06.2023	SAC-Hütte	Oberboden 0-10cm	<0.1	<0.1	4.8	0.2	0.2	0.1	0.2	0.5	0.4	6.40	14.32
2023	13.09.2023	Galvanische & chemische Industrie	Oberboden 0-20cm	<0.1	<0.1	0.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.50	1.00
2023	13.09.2023	Galvanische & chemische Industrie	Unterboden 20-40cm	<0.1	<0.1	0.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.50	1.00
2023	28.09.2023	Galvanische & chemische Industrie	Oberboden 0-20cm	<0.1	0.3	6	0.5	0.2	0.3	0.3	0.7	0.2	8.50	15.22
2023	28.09.2023	Galvanische & chemische Industrie	Unterboden 20-40cm	<0.1	0.1	2.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.3	<0.1	2.50	4.57
2023	13.09.2023	Galvanische & chemische Industrie	Oberboden 0-20cm	<0.1	0.1	4.3	0.3	0.1	0.2	0.2	0.6	0.1	5.90	10.48
2023	13.09.2023	Galvanische & chemische Industrie	Unterboden 20-40cm	<0.1	0.1	1.3	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.2	<0.1	1.60	2.86
2023	05.09.2023	Schlackendeponie	Oberboden 0-20cm	<0.1	0.4	2.8	0.3	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	4.50	7.46
2023	05.09.2023	Schlackendeponie	Unterboden 20-40cm	<0.1	0.2	1.4	0.2	<0.1	0.1	<0.1	0.2	<0.1	2.10	3.13
2023	06.09.2023	Klärschlamm	Oberboden 0-20cm	<0.1	<0.1	2.2	0.2	<0.1	<0.1	0.2	0.5	0.3	3.40	8.11
2023	06.09.2023	Klärschlamm	Unterboden 20-40cm	<0.1	<0.1	0.6	0.1	0.1	<0.1	0.1	0.4	<0.1	1.30	1.71

Ergebnisse der PFAS-Bodenmessungen Uri 2014 -2015

Jahr der Probenahme	Datum	Toxizitätsäquivalenzfaktor TEF:										Σ PFAS-8/9 [µg/kg]	Σ 8/9 PFAS toxisitäts-gewichtet [µg TEQ/kg]	
		Tätigkeit Ort der Probenahme	Art der Probe	0.001	0.6	2	0.05	0.05	0.01	1	1			10
2015	unbekannt	Grasland	Oberboden 0-20cm	0.034183	0.03	0.82	n.a.	0.00	0.00	0.13	0.28	0.14	1.44	3.46
2015	unbekannt	Grasland	Unterboden 65-76 cm	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2014	unbekannt	Grasland	Oberboden 0-20cm	0	0.00	0.25	n.a.	0.00	0.00	0.13	0.33	0.16	0.88	2.60
2014	unbekannt	Grasland	Unterboden 47-54 cm	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2014	unbekannt	Grasland	Oberboden 0-20cm	0	0.10	2.98	n.a.	0.00	0.00	0.09	0.43	0.10	3.70	7.54
2014	unbekannt	Grasland	Oberboden 0-20cm	0	0.00	0.11	n.a.	0.00	0.00	0.18	0.34	0.17	0.80	2.45

FARBLEGENDE:	 Hintergrundbelastung	 grösser als Hintergrundbelastung
	 erhöhte Belastung unter K-Wert Bafu	 erhöhte Belastung über K-Wert Bafu