

4. April 2024

## Altstandort „Feuerwehrschiele Lebring“

### Gefährdungsabschätzung und Prioritätenklassifizierung



Feuerlöschübungsereich (2023)

#### Zusammenfassung

Im zentralen Teil des Areals der „Feuerwehrschiele Lebring“ ist es durch die jahrzehntelange Verwendung von Feuerlöschschäumen im Rahmen von Löschübungen zu einer erheblichen Kontamination des Untergrundes mit per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS), vornehmlich Perfluorooctansulfonsäure (PFOS), gekommen. Der erheblich kontaminierte Untergrundbereich umfasst ein Volumen von maximal 200.000 m<sup>3</sup>. Ausgehend von dieser Untergrundkontamination hat sich eine mehr als 5 km lange Schadstofffahne im Grundwasserabstrom ausgebildet. Die im Grundwasser transportierte PFAS-Fracht ist als sehr groß zu beurteilen. Aufgrund der Eigenschaften der Schadstoffgruppe der PFAS und der (hydro-)geologischen Rahmenbedingungen ist mittelfristig weder mit einer Verringerung des Schadstoffeintrags aus der Quelle noch mit einer Rückbildung der Schadstofffahne zu rechnen. Von der Grundwasserverunreinigung sind kommunale und private Trinkwassernutzungen betroffen. Entsprechend den Kriterien für die Prioritätenklassifizierung ergibt sich für den Altstandort die Priorität 1.

# 1 LAGE DES ALTSTANDORTES UND DER ALTLAST

## 1.1 Lage des Altstandortes

Bundesland: Steiermark  
Bezirk: Leibnitz  
Gemeinde: Lebring-Sankt Margarethen (61021)  
KG: Lebring (66418)  
Grundst.-Nr.: 839/4, 839/5, 839/7, 839/8, 839/10, 839/11, 839/12, 839/13, 839/16, 839/17, 839/18, 839/19, 839/22, 839/23, 839/24, 839/25, 839/26, 839/29, 839/30, 839/31, 839/32, 839/34, 839/38, 839/39, 839/40, 839/43, 839/44, 839/45, 839/46, 839/47, 839/48, 839/49, 839/52, 868/4

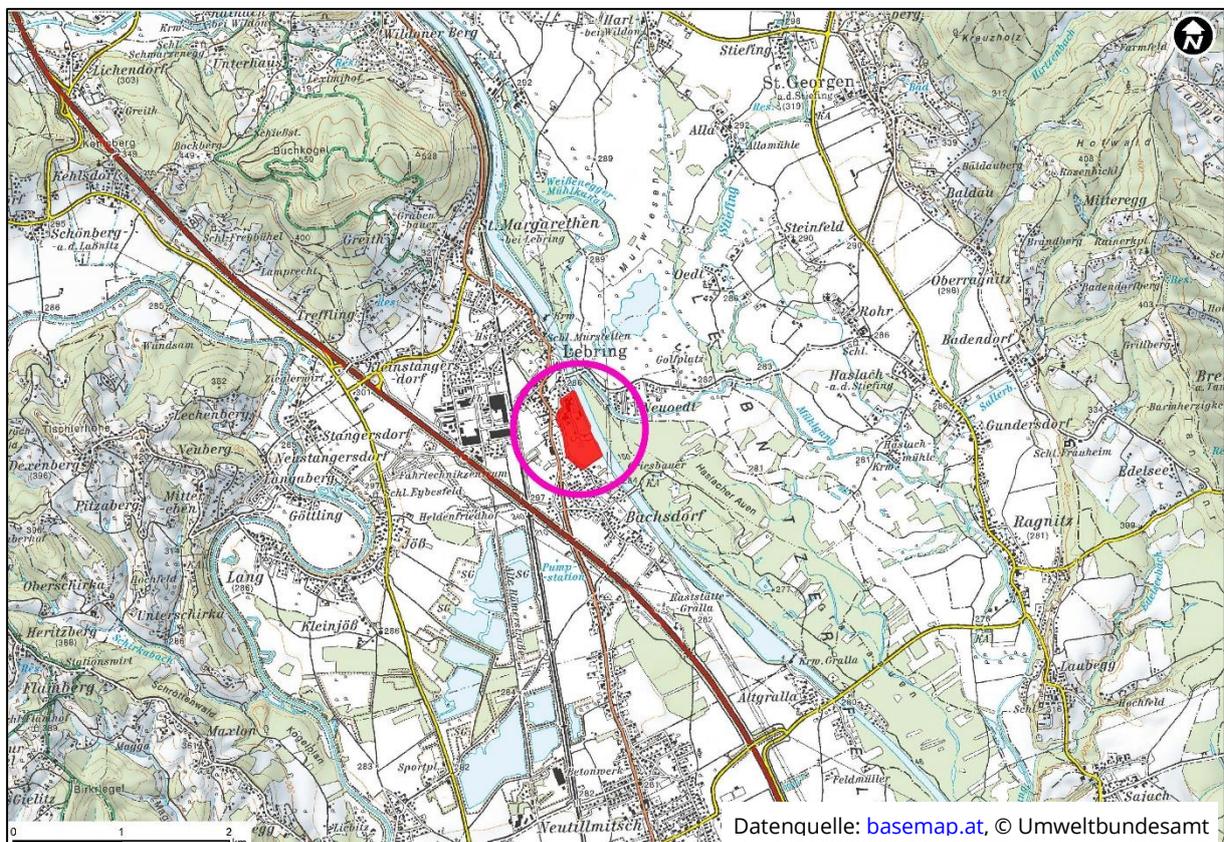


Abb. 1: Übersichtslageplan

## 1.2 Lage der Altlast

Bundesland: Steiermark  
Bezirk: Leibnitz  
Gemeinde: Lebring-Sankt Margarethen (61021)  
KG: Lebring (66418)  
Grundst.-Nr.: 839/4, 839/7, 839/8, 839/10, 839/11, 839/12, 839/13,  
839/16, 839/17, 839/18, 839/19, 839/22, 839/23, 839/24,  
839/25, 839/26, 839/31, 839/32, 839/34, 868/4

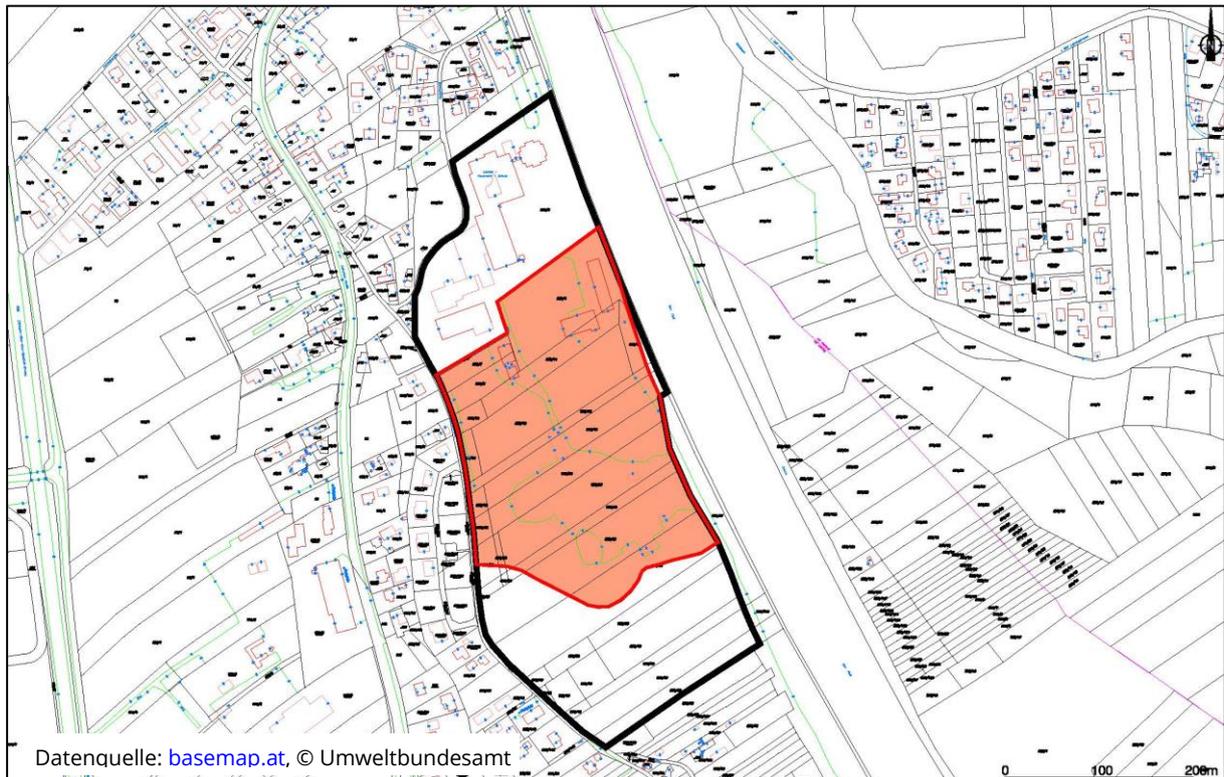


Abb. 2: Lage des Altstandortes (schwarzes Polygon) und der Altlast (rotes Polygon) im Katasterplan

## 2 BESCHREIBUNG DER STANDORTVERHÄLTNISSE

### 2.1 Betriebliche Anlagen und Tätigkeiten

Der Altstandort „Feuerwehrschieule Lebring“ befindet sich südlich des Ortszentrums von Lebring am rechten Ufer der Mur. Zwischen dem Altstandort und der Mur befindet sich ein rund 2 m hoher Hochwasserschutzdamm. Die Seehöhe des Areals liegt mit Ausnahme einiger künstlicher Erhöhungen bei rund 284 m. ü. A.

Auf dem Altstandort befindet sich die „Feuerwehr- und Zivilschutzschule Steiermark“ des Landesfeuerwehrverbandes, welche ab 1973 auf einer davor vollständig bewaldeten Fläche entlang der Mur errichtet wurde. Zu den ersten Bauwerken zählten die Atemschutzwerkstätte, die Atemschutzübungsanlagen, das Trümmerhaus, der Trümmerkegel, kombinierte Übungsstationen, Brandübungsstationen und der Löschübungsplatz (siehe Abb. 3). Bis in die 1980er-Jahre erfolgten weitere Zubauten. Der auch heute noch benutzte Löschübungsplatz, der sich auf einer Lichtung im bewaldeten, zentralen Teil des Areals befindet, war zumindest bis 1990 weitgehend unbefestigt.

Seit der Fertigstellung der Feuerwehrschieule im Jahr 1975 wurden zahlreiche Kurse und Schulungen – zuletzt jährlich rund 600 – abgehalten, an denen in den letzten Jahren im Schnitt etwa 14.500 Teilnehmer pro Jahr von Feuerwehren und anderen Einsatzorganisationen sowie Unternehmen und Schulen teilnahmen. Bei den Löschübungen wurden u. a. synthetische Löschsäume, sogenannte Aqueous Film Forming Foams (AFFF) eingesetzt, die einen wasserhaltigen Film zwischen Schaum und brennbarer bzw. brennender Flüssigkeit ausbilden. Diese Löschsäume enthielten per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS), wobei in der Vergangenheit Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) in den meisten dieser Löschsäume die Hauptkomponente darstellte (bis zu 10 g/l).

Löschsäume kommen derzeit nur auf dem befestigten Übungsplatz zum Einsatz, der über einen Kanal an ein Auffangbecken angeschlossen ist, dessen Inhalt extern entsorgt wird. Aufgrund der fehlenden Versiegelung bis zumindest 1990 konnten jedoch im zentralen Teil des Altstandortes in den 1970er- und 1980er-Jahren auch Wässer mit Löschsäumen direkt im Untergrund versickern.

Altstandort „Feuerwehrscheule Lebring“  
Gefährdungsabschätzung und Prioritätenklassifizierung

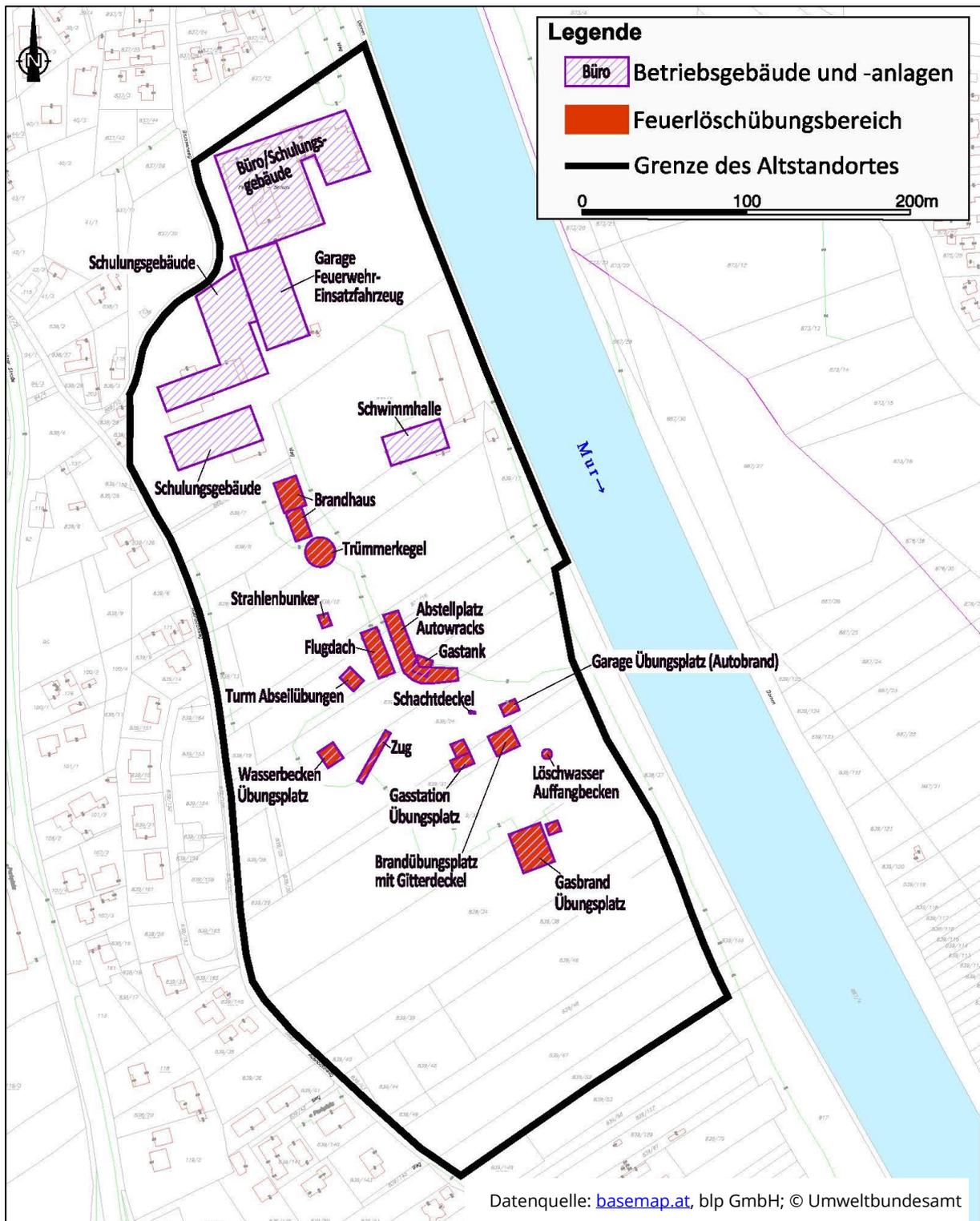


Abb. 3: Lage von Betriebsgebäuden und Anlagen bzw. Einrichtungen

## 2.2 Untergrundverhältnisse

Der Altstandort „Feuerwehrschieule Lebring“ befindet sich in der uferbegleitenden Auzone der Mur, auf der pleistozänen Niederterrasse (Würm) des Leibnitzerfeldes, die im Bereich des Altstandortes durch sandige Fein- bis Grobkiese mit Mächtigkeiten bis etwa 7 m aufgebaut wird. Diese Sedimente bilden den Grundwasserleiter. Im Liegenden sind als Grundwasserstauer feinsandige Schluffe anzutreffen.

Der mittlere Grundwasserspiegel liegt zwischen 279,5 m. ü. A. und 281,5 m. ü. A. Der Grundwasserflurabstand beträgt im Mittel ca. 3 m und die Mächtigkeit des Grundwassers 3 m bis 4 m (siehe Abb. 4). Die Fließrichtung des Grundwassers verläuft generell von NNW nach SSE. Im weiteren Abstrom bzw. bei höheren Wasserständen wird das Grundwasser von der Mur infiltriert. Im Grundwasseranstrom ist aufgrund einer ca. 800 m flussaufwärts gelegenen Kraftwerk-Staustufe ein ausgeprägtes NW-SE-Gefälle vorhanden (siehe Abb. 6 und Abb. 11).

Die hydraulische Durchlässigkeit wurde auf Basis von Kurzpumpversuchen mit durchschnittlich  $2,0 \cdot 10^{-3}$  m/s ermittelt. Das hydraulische Gefälle beträgt rund 0,2 %. Unter Annahme einer mittleren Grundwassermächtigkeit von 3,5 m kann daraus der spezifische Grundwasserdurchfluss im Bereich des Altstandortes mit  $1,2 \text{ m}^3$  pro Tag und Querschnittsmeter abgeschätzt werden. Bei einer Abstrombreite von 250 m ergibt sich eine hydraulische Fracht von rund  $300 \text{ m}^3$  pro Tag. Das Verdünnungspotential des Grundwasserstroms gegenüber dem Sickerwasser im Bereich von nicht versiegelten oder bebauten Flächen kann unter Berücksichtigung der lokalen meteorologischen Verhältnisse und der Waldbedeckung grob mit einem Faktor von rund 7 abgeschätzt werden.

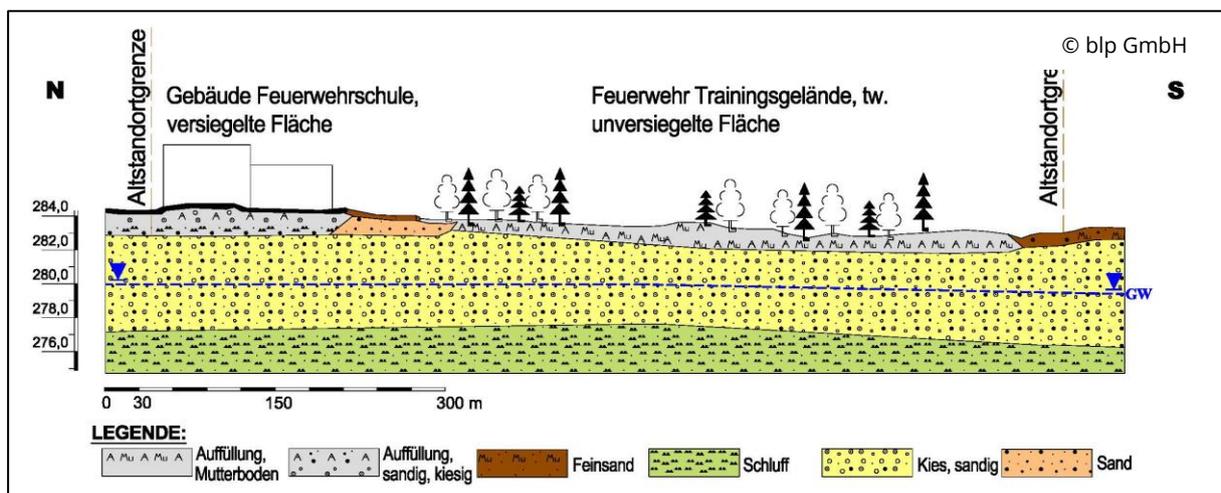


Abb. 4: Schematisches Untergrundprofil (Nord-Süd)

## 2.3 Schutzgüter und Nutzungen

Der nördliche Teil des Altstandortes, auf dem sich die Gebäude befinden, ist überwiegend versiegelt bzw. bebaut. Im Süden befindet sich entlang der Mur ein ausgedehntes Waldgebiet (siehe Abb. 5).

Das Areal des Altstandortes wird im Norden, im Westen und im Süden von Siedlungsflächen begrenzt. Etwa 450 m westlich des Standortes befindet sich ein Industriegebiet. Direkt im Süden angrenzend befindet sich ein Kinderspielplatz, im Osten grenzt die Mur unmittelbar an den Standort (siehe Abb. 5).

Der Altstandort liegt im Grundwasserkörper „Leibnitzerfeld“ (GK 100098), der eine Gesamtfläche von ca. 103 km<sup>2</sup> umfasst und im näheren und weiteren Grundwasserabstrom des Altstandortes in den Gemeinden St. Margarethen-Lebring, Tillmitsch, Lang, Gralla und Leibnitz als Trinkwasserreservoir genutzt wird. In diesem Bereich befinden sich zahlreiche kommunale und private Trinkwasserbrunnen. Der zu untersuchende Altstandort befindet sich in einem Grundwasserschongebiet.



Abb. 5: Lage des Altstandortes und seiner Umgebung im Luftbild (Befliegung 2021)

Aufgrund der festgestellten Verunreinigung des Grundwassers mit per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen wurden im Frühjahr 2021 in der Gemeinde Lebring-Sankt Margarethen zwei kommunale Trinkwasserbrunnen vom Netz genommen.

Im weiteren Grundwasserabstrom des Altstandortes befinden sich mehrere grundwassergepeiste Teiche, die z. T. als Badeseen und Fischgewässer genutzt werden (siehe Abb. 12).

### 3 UNTERSUCHUNGEN

#### 3.1 Trink-, Grund- und Oberflächenwasseruntersuchungen im Leibnitzer Feld (2016-2022)

Im Rahmen der Trinkwasser-Überwachung wurden im Leibnitzer Feld in den Jahren 2016, 2017 und 2018 erhöhte Konzentrationen an per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS) im Trinkwasserleitungssystem der Gemeinde Lebring-Sankt Margareten sowie in zwei Trinkwasserbrunnen der Gemeinde Leibnitz festgestellt. Überwiegend handelte es sich dabei um den Stoff Perfluorooctansulfonsäure (PFOS). Die Konzentrationen ( $\Sigma$  PFAS) lagen z. T. über dem Parameterwert der Trinkwasserverordnung (TWV) von 0,1 µg/l.

Zur Eingrenzung der Belastungssituation wurden im Jahr 2020 im Raum Lebring-Leibnitz im Rahmen des Lebensmittel-Monitoring Projekts POPMON (AGES & Umweltbundesamt, 2021) weitere etwa 20 Proben aus Trink-, Grund- und Tränkwassermessstellen analysiert. Demnach hatte die PFAS-Verunreinigung ihren Ursprung im Ortsgebiet von Lebring und reichte bis in das Gemeindegebiet von Leibnitz.

Im Rahmen eines Untersuchungsprogrammes gemäß §13 ALSAG wurden 2021/2022 an bis zu rund 80 Grundwassermessstellen und Brunnen im Bereich zwischen Lebring und Leibnitz in vier Durchgängen Grundwasserproben entnommen und u. a. auf folgende 20 PFAS-Einzelsubstanzen gemäß TWV untersucht:

##### Carbonsäuren

- Perfluorbutansäure (PFBA)
- Perfluorpentansäure (PFPeA)
- Perfluorhexansäure (PFHxA)
- Perfluorheptansäure (PFHpA)
- Perfluorooctansäure (PFOA)
- Perfluornonansäure (PFNA)
- Perfluordecansäure (PFDA)
- Perfluorundecansäure (PFUnDA)
- Perfluordodecansäure (PFDoDA)
- Perfluortridecansäure (PFTrDA)

##### Sulfonsäuren

- Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)
- Perfluorpentansulfonsäure (PFPeS)
- Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)
- Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS)

- Perfluorooctansulfonsäure (PFOS)
- Perfluorononansulfonsäure (PFNS)
- Perfluordecansulfonsäure (PFDS)
- Perfluorundecansulfonsäure (PFUnDS)
- Perfluordodecansulfonsäure (PFDoDS)
- Perfluortridecansulfonsäure (PFTrDS)

Die Analysen ergaben das in Abb. 6 dargestellte Belastungsbild.

Der Ursprung der PFAS-Verunreinigung des Grundwassers ließ sich in den Bereich des Altstandortes „Feuerwehrschieule Lebring“ zurückverfolgen. Von der Verunreinigung waren zahlreiche Brunnen und Messstellen betroffen, der Bereich mit PFAS-Belastungen über 0,1 µg/l reichte mehr als 5 km nach Süden.

Als Hauptkontaminanten konnten in fast allen Messstellen PFOS, gefolgt von PFHxS identifiziert werden. Diese beiden Stoffe konnten über die gesamte Fahnenlänge nachgewiesen werden. Im Nahbereich der Schadstoffquelle waren zudem die Stoffe PFPeA und PFHxA in erhöhten Konzentrationen zu detektieren. Untergeordnet kamen auch PFBA, PFOA, PFHpA und PFPeS vor.

Neben dem Grundwasser wurden auch ausgewählte Oberflächengewässer beprobt und in Hinblick auf die oben genannten 20 PFAS untersucht. In der Mur waren flussaufwärts der Feuerwehrschieule PFAS-Konzentrationen von maximal 0,0046 µg/l und in der Laßnitz, die im südlichen Randbereich der Schadstofffahne verläuft, maximal 0,0011 µg/l gemessen. In den grundwassergespeisten Teichen südlich des Altstandortes konnten mit Werten zwischen 0,18 µg/l und 0,43 µg/l wesentlich höhere Konzentrationen nachgewiesen werden. Zum Vergleich betragen die Umweltqualitätsnormen in der QZV Chemie Oberflächengewässer für die Einzelsubstanz PFOS in Hinblick auf den Jahresdurchschnittswert 0,00065 µg/l und auf die zulässige Höchstkonzentration 36 µg/l.

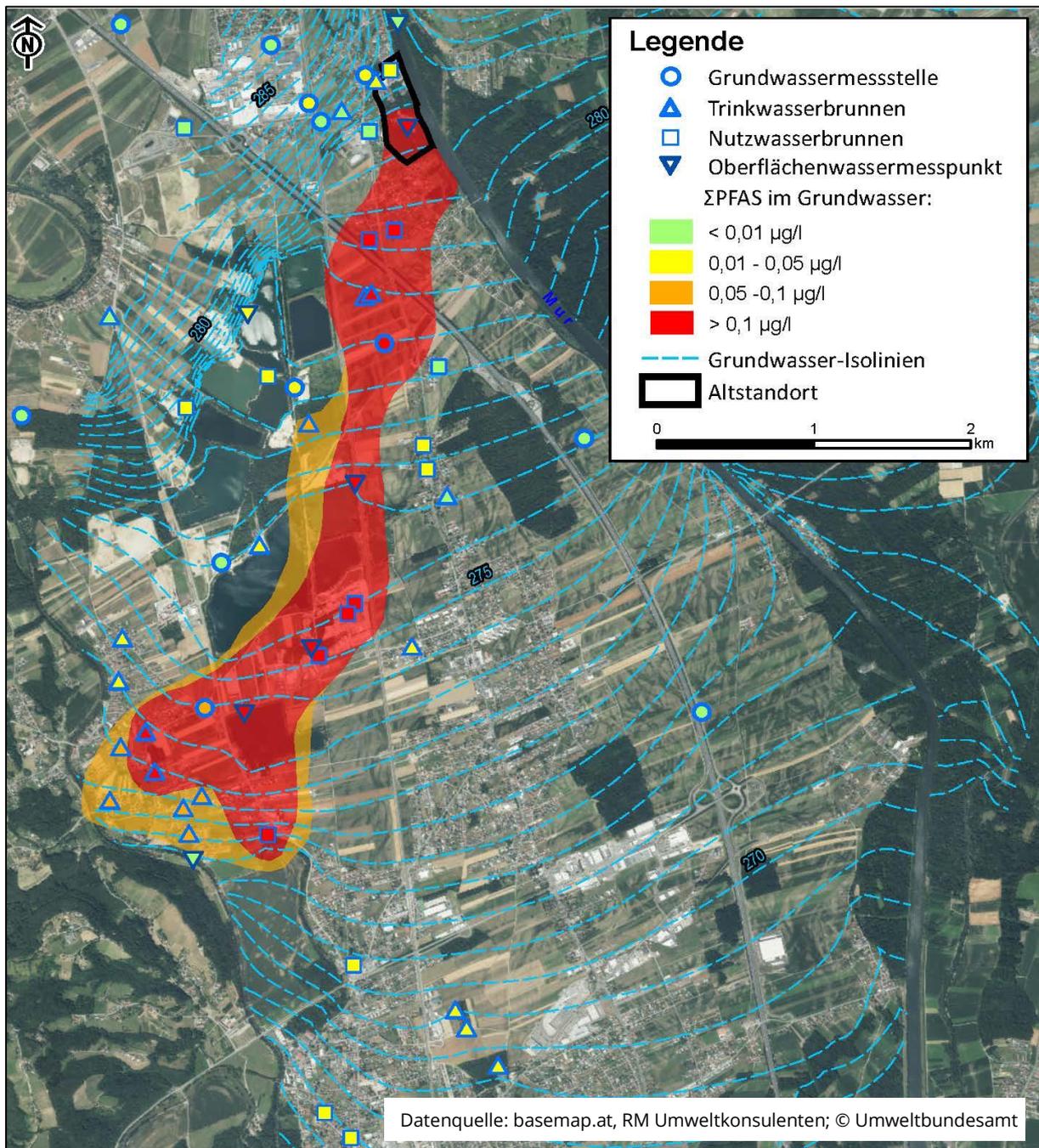


Abb. 6: PFAS-Konzentrationen im Grundwasserabstrom des Altstandortbereiches im Juni 2022

### 3.2 Untersuchungen im Bereich des Altstandortes (2022-2023)

#### 3.2.1 Untergrunduntersuchungen

Zur Erkundung der vermuteten PFAS-Eintragsstellen in der ungesättigten Zone wurden im Rahmen von drei Kampagnen (Jänner, April und August 2023) insgesamt 52 Rammkernsondierungen mit einem Bohrdurchmesser von DN80 bzw. DN60 bis in das Grundwasser (3 m bis

5 m Tiefe) abgeteuft (RKS 1 bis RKS 55; Lage: siehe Abb. 7 und Abb. 8). Dabei wurden insgesamt 256 Feststoffproben aus unterschiedlichen Tiefenstufen entnommen. Neben den Rammkernsondierungen wurden zehn Baggerschürfe hergestellt (SCH 4 bis SCH 13; Lage: siehe Abb. 7 und Abb. 8) und daraus 42 Proben entnommen. Weitere 20 Proben wurden aus ausgewählten Bohrungen zur Herstellung der Grundwassermessstellen (GW03 bis GW06, GW18, GW19; siehe Abb. 11) gewonnen.

Aus diesen mehr als 300 Proben wurden Eluate mit einem Wasser/Feststoff-Verhältnis von 2:1 hergestellt und in diesen folgende Parameter untersucht:

- 20 PFAS-Einzelsubstanzen gemäß TWV

An ausgewählten Proben wurden zudem 10:1-Eluate analysiert.

Zusätzlich wurden 85 der entnommenen Feststoffproben auch in Hinblick auf folgende Parameter untersucht:

- 20 PFAS-Einzelsubstanzen gemäß TWV
- Kohlenwasserstoff-Index (KW-Index)

Die am höchsten belasteten Eluatproben waren nördlich des Übungsplatzes in RKS 27, RKS 29 und RKS 30 mit Werten über 100 µg/l zu verzeichnen. In einer Entfernung von ca. 30 m bis 50 m um diese Aufschlüsse lagen die Konzentrationen in den Eluaten durchwegs über 10 µg/l. Südlich dieses Kontaminationsschwerpunktes waren im Umfeld der beiden Kreisverkehre großteils Werte über 1 µg/l, vereinzelt auch über 10 µg/l festzustellen. Konzentrationen über dem Prüfwert von 0,1 µg/l waren zudem in zahlreichen weiteren Untergrundproben nachzuweisen (siehe Abb. 8). Mit durchschnittlich rund 60 % trug die Substanz PFOS in der überwiegenden Anzahl der Proben am meisten zu den erhöhten Werten bei.

Die höchsten PFAS-Gesamtgehalte mit Werten deutlich über 100 mg/kg traten im selben Bereich auf (RKS 26, RKS 29, RKS 30, RKS 31, RKS 32, RKS 36, RKS 41, RKS 45, SCH 05). In einer Probe aus Schurf SCH 05 war die Maximalkonzentration mit 1.600 µg/kg zu verzeichnen.

In Hinblick auf den Parameter KW-Index traten lediglich in zehn der 85 Untergrundproben Überschreitungen des Prüfwerts a gemäß ÖNORM S2088-1 von 100 mg/kg TS auf, wobei der Höchstwert von rund 400 mg/kg in einer oberflächennahen Probe aus SCH 05 festgestellt wurde.

Altstandort „Feuerwehrscheule Lebring“  
Gefährdungsabschätzung und Prioritätenklassifizierung

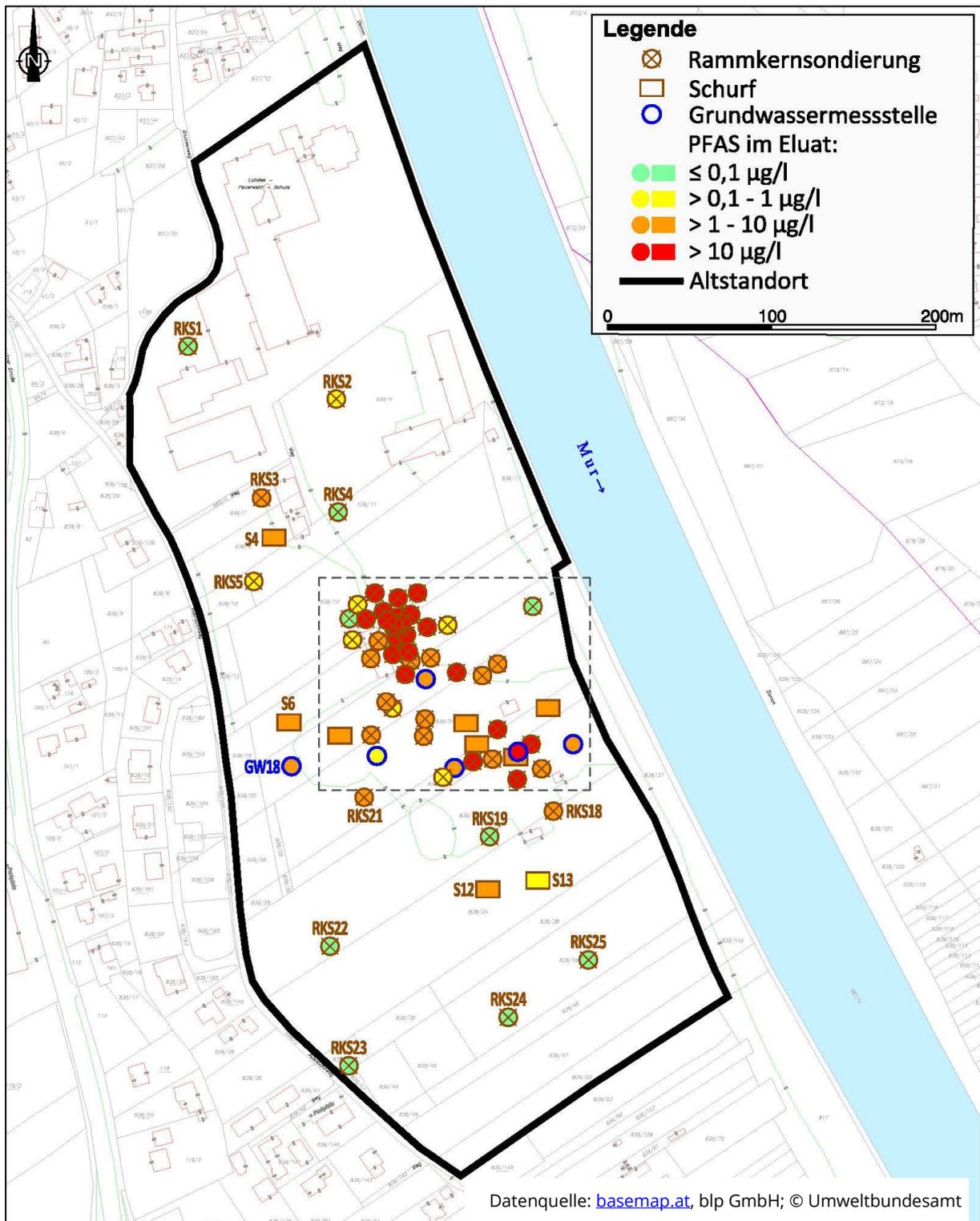


Abb. 7: PFAS-Konzentrationen im Eluat (2:1) der Untergrundproben (Maximalgehalt aller Proben der einzelnen Aufschlüsse)

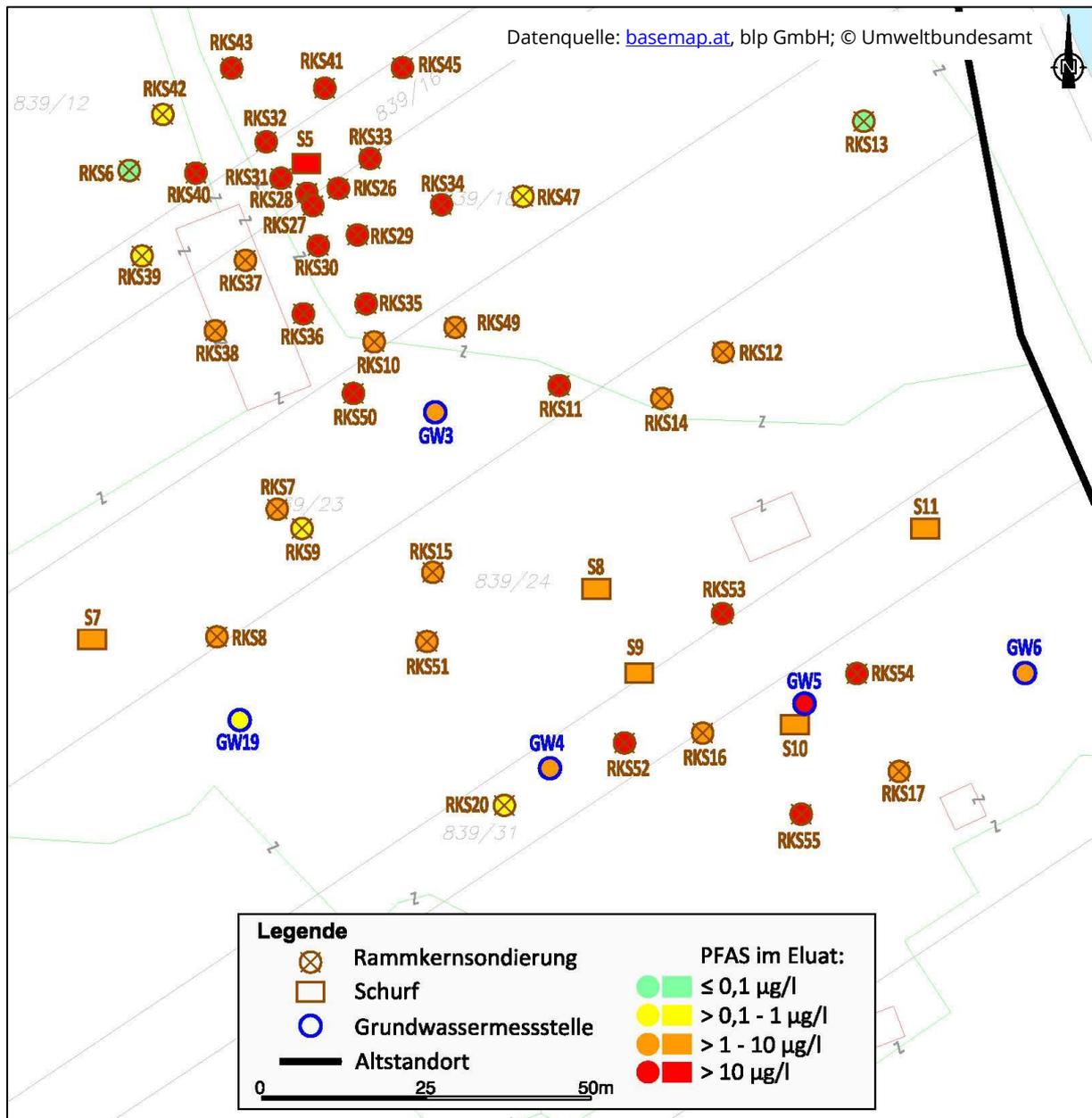


Abb. 8: PFAS-Konzentrationen im Eluat (2:1) der Untergrundproben (Maximalgehalt aller Proben der einzelnen Aufschlüsse); Detailansicht zentraler Bereich

### 3.2.2 Grundwasseruntersuchungen

Um erste Anhaltspunkte zu erlangen, wurden aus 45 der 52 Rammkernsondierungen Schöpfproben des Grundwassers entnommen und in Hinblick auf die 20 PFAS-Einzelsubstanzen gemäß TWV analysiert.

Altstandort „Feuerwehrscheule Lebring“  
Gefährdungsabschätzung und Prioritätenklassifizierung

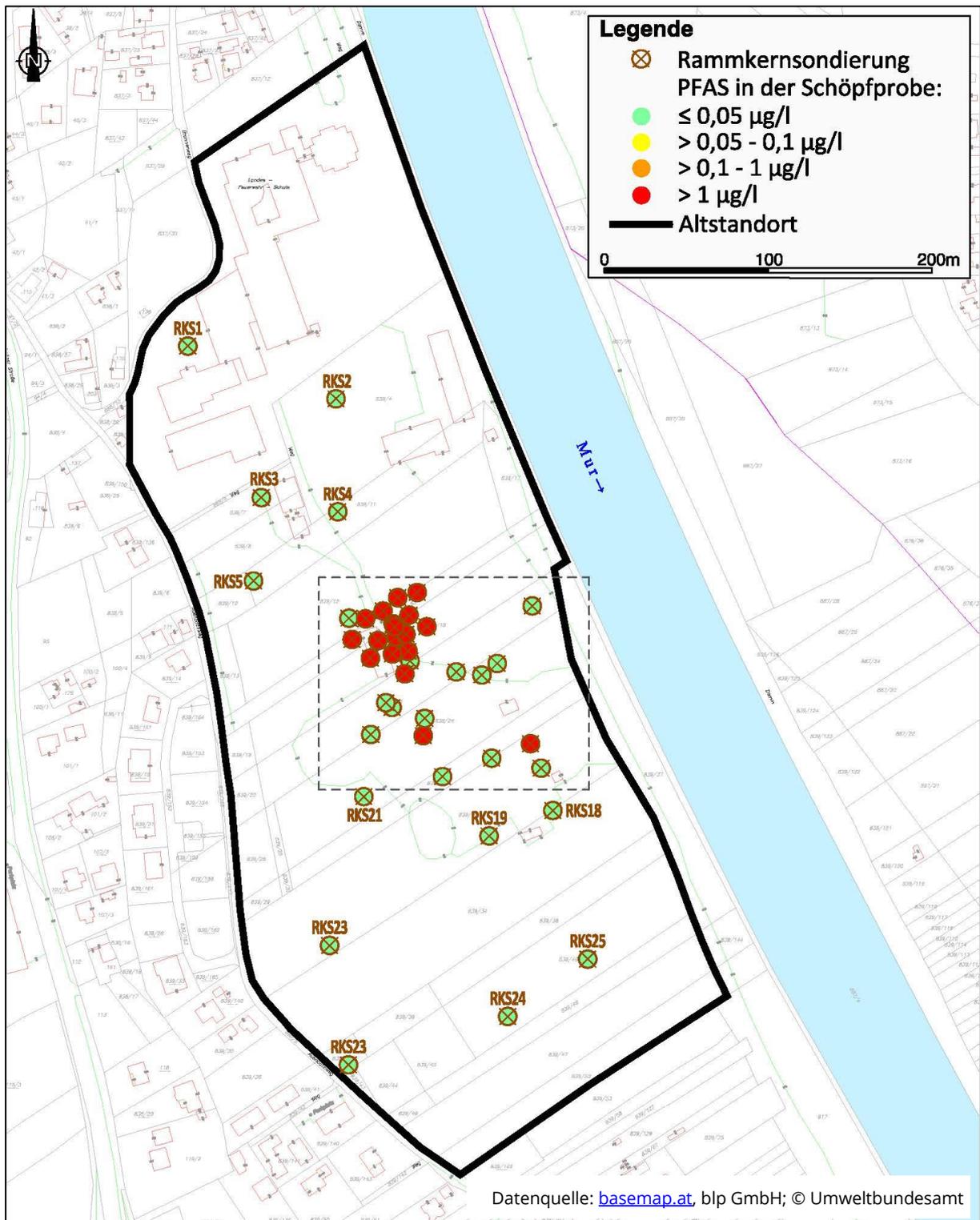


Abb. 9: PFAS-Konzentrationen in den Schöpfproben aus den Rammkernsondierungen

Analog den Eluat- und Gesamtgehalten der Feststoffproben waren in den Schöpfproben die höchsten PFAS-Konzentrationen (> 100 µg/l) nördlich des zentralen Übungsplatzes (RKS 28, RKS 30, RKS 34, RKS 35) festzustellen. Im Grundwasserabstrom dieses Bereichs lagen die

Werte zwischen 20 µg/l und 50 µg/l und damit mehr als zwei Zehnerpotenzen über dem Parameterwert der TWV von 0,1 µg/l (siehe Abb. 9 und Abb. 10).

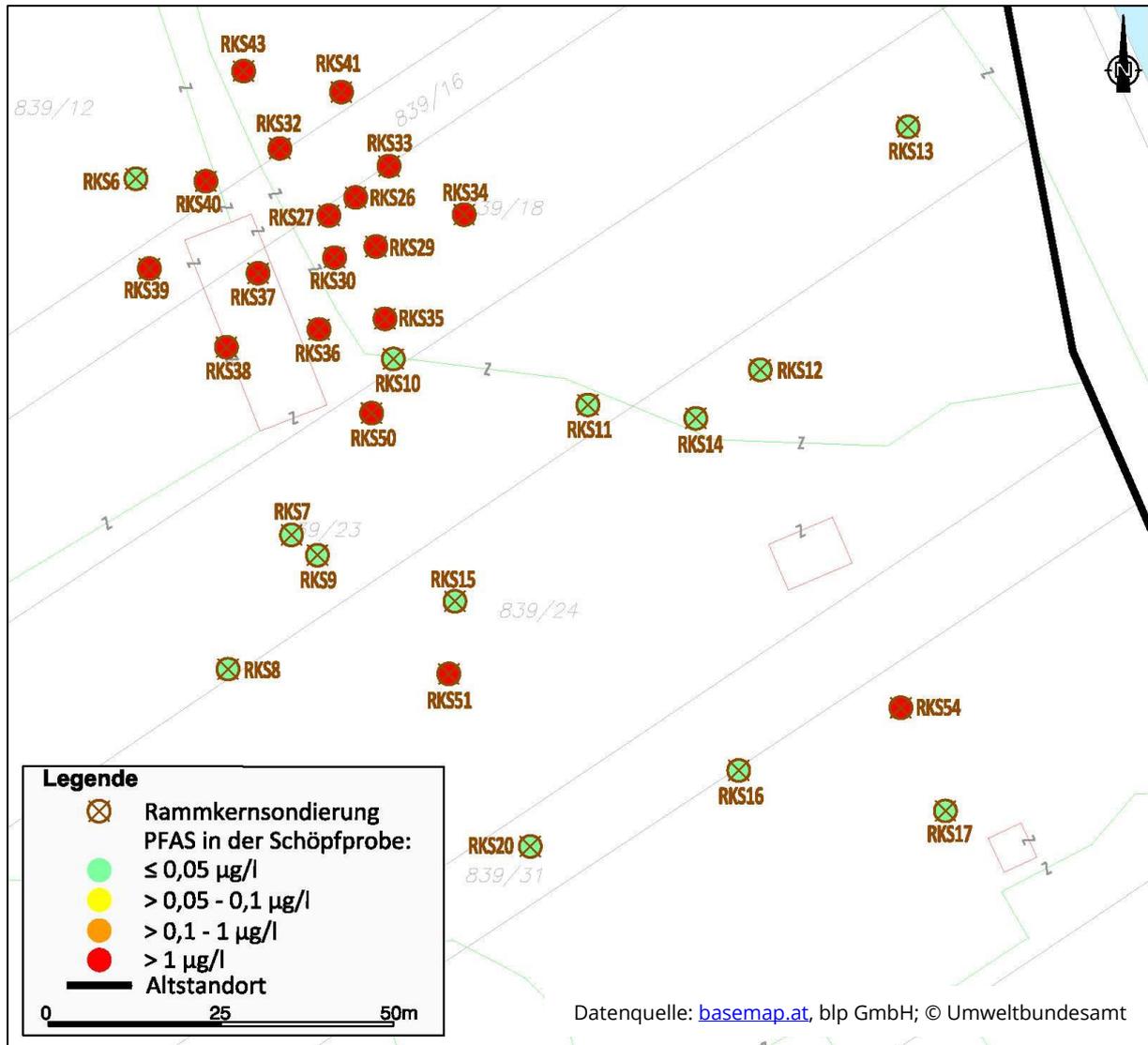


Abb. 10: PFAS-Konzentrationen in den Schöpfproben aus den Rammkernsondierungen – Detailansicht zentraler Bereich

Im März und Juli 2023 wurden im An- und Abstrom des Altstandortes 19 Grundwassermessstellen errichtet, wobei die Messstellen

- GW 01, GW 02 und GW 16 den Anstrom des Altstandortes,
- GW 03 bis GW 06, GW 18 und GW 19 den unmittelbaren Abstrom des zentralen Übungsplatzes und (1. Abstromebene)
- GW 07 bis GW 15 und GW 17 den Abstrom des Altstandortes (2. Abstromebene)

repräsentieren.

Diese Messstellen sowie einige Hausbrunnen im näheren Umfeld des Altstandortes wurden an drei Terminen (Anstrom, 2. Abstromebene, Hausbrunnen) bzw. zwei Terminen (alle Messstellen) im April, Juli und September 2023 beprobt (siehe Abb. 11). Die Grundwasserproben wurden auf folgende Parameter analysiert:

- 20 PFAS-Einzelsubstanzen gemäß TWV

Beim 2. Durchgang (27 Messstellen bzw. Brunnen) wurden darüber hinaus folgende Parameter analysiert:

- Parameterblock I, GZÜV, Anlage 15
- Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber, Zink
- Kohlenwasserstoff-Index (KW-Index)
- aromatische Kohlenwasserstoffe (BTEX – Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylole)
- leichtflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe (Tetrachlorethen, Trichlorethen, 1,1-Dichlorethen, cis-1,2-Dichlorethen, trans-1,2-Dichlorethen, Tetrachlormethan, Trichlormethan, Dichlormethan, 1,1,1-Trichlorethan, 1,1-Dichlorethan, 1,2-Dichlorethan, Vinylchlorid)
- Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK; 16 Substanzen gem. US EPA)

Beim 3. Durchgang wurden zusätzlich folgende PFOS-Ersatzstoffe analysiert:

- 6:2 Fluortelomersulfonsäure (6:2 FTS): alle Messstellen
- Capstone A, Capstone B, GenX: GW 03, GW 13 und GW 16

Im Zuge des 2. Probenahmedurchgangs wurden an GW 03 und im Zuge des 3. Termins an GW 03, GW 04, GW 05 und GW 19 jeweils achtstündige Pumpversuche durchgeführt und zu Beginn sowie jeweils nach 1 h, nach 2 h, nach 4 h und nach 8 h Proben entnommen und auf PFAS analysiert.

In Tab. 1 und Abb. 11 sind ausgewählte Ergebnisse der Untersuchungen zusammengefasst.

Tab. 1 Mittlere PFAS-Konzentrationen im Grundwasser (zeitliche und räumliche Medianwerte inkl. Pumpversuche)

[µg/l]	Σ PFAS 20			PFOS	PFHxS	PFHxA	PFHpS	PFHpA	restl. Stoffe*
	Median	Max	Min	Median	Median	Median	Median	Median	Median
<b>Anstrom</b> (GWMS 01, GWMS 02, Pegel Brunnenweg, Brunnen Süd, GWMS 06)	0,014	0,037	0,005	0,0033	0,0016	<0,001	<0,0003	<0,001	43%
<b>1. Abstromebene</b> GWMS 18, GWMS 19, GWMS 04 bis GWMS 06	<b>2,2</b>	<b>6,0</b>	<b>0,17</b>	1,0	0,31	0,13	0,022	0,025	11%
<b>2. Abstromebene</b> GWMS 07 bis GWMS 15, GWMS 17	<b>1,1</b>	<b>5,8</b>	0,010	0,40	0,22	0,14	0,0095	0,033	21%
<b>Brunnen im nahen Abstrom</b>	<b>0,56</b>	<b>1,1</b>	0,065	0,15	0,13	0,063	0,0031	0,016	28%
<b>Parameterwert TWV</b>	<b>0,1</b>			-					
* Anteil der restlichen Einzelsubstanzen aus dem Parameter "Summe 20 PFAS" gemäß TWV									

Im Anstrom des Altstandortes waren PFAS-Konzentrationen in einer Größenordnung von 0,01 µg/l bis 0,04 µg/l („Pegel Brunnenweg“) festzustellen. Der Anteil von PFOS an der Gesamtkonzentration betrug in diesem Bereich durchschnittlich rund 25 %.

In der 1. Abstromebene im Bereich des Übungsplatzes traten demgegenüber sehr hohe PFAS-Konzentrationen auf. Die Maximalkonzentration von 6 µg/l war in der Messstelle GW 04 am Ende des achtstündigen Pumpversuches zu beobachten. Mit Ausnahme von GW 06 waren an allen anderen Messstellen in dieser Abstromreihe durchwegs Konzentrationen über 1 µg/l festzustellen (Median: 2,2 µg/l). Als relevante Einzelsubstanz konnte mit einer mittleren Konzentration von 1 µg/l PFOS identifiziert werden, ihr Anteil lag im Durchschnitt bei rund 65 %. Daneben waren PFHxS und PFHxA sowie untergeordnet PFHpS und PFHpA relevant. Der Anteil dieser fünf Einzelsubstanzen an der Gesamtbelastung lag bei knapp 90 %.

Auch in der 2. Abstromebene traten mit Ausnahme von der nahe der Mur gelegenen Messstelle GW 07 durchwegs Konzentrationen deutlich über dem Parameterwert der TWV von 0,1 µg/l auf. An den Messstellen GW 11 bis GW 14 lagen die Werte an allen drei Terminen über 1 µg/l. Die höchsten PFAS-Konzentrationen traten beim 3. Termin auf, in GW 11 bis GW 13 lagen die Werte zwischen 4 µg/l und 5 µg/l. Auch in diesem Bereich war PFOS die Einzelsubstanz mit der im Mittel höchsten Konzentration (0,4 µg/l), allerdings war der Anteil an PFHxS und PFHxA deutlich höher als in der 1. Ebene.

Der PFOS-Ersatzstoff 6:2 FTS war in der 1. Abstromebene in Konzentrationen zwischen 0,1 µg/l und 0,3 µg/l und in der 2. Abstromebene mit einer Maximalkonzentration von 2,8 µg/l nachweisbar. Die an ausgewählten Messstellen untersuchten Substanzen Capstone A und GenX waren hingegen nicht nachweisbar bzw. lag ihre Konzentration unter der Bestimmungsgrenze. Capstone B war lediglich in GW 13 mit einer Konzentration von 0,6 µg/l detektierbar.

Hinsichtlich der anderen untersuchten Stoffe ergaben sich mit wenigen Ausnahmen (in Einzelfällen z. B. Chlorid und Sulfat) keine Prüfwertüberschreitungen. Die Konzentrationen organischer Schadstoffe (BTEX, KW, PAK, CKW) lagen bis auf einzelne Ausnahmen unter den jeweiligen Bestimmungsgrenzen.

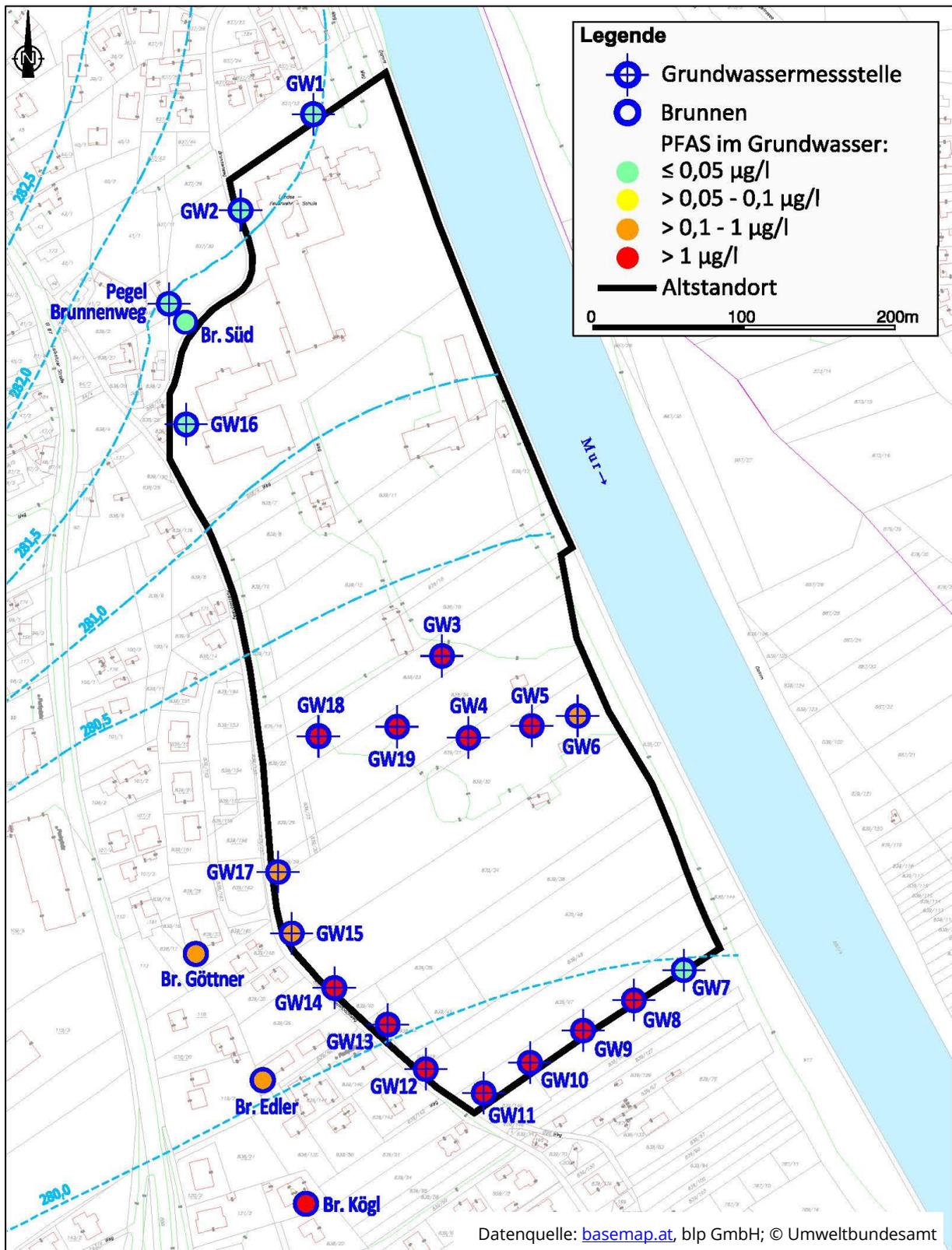


Abb. 11: PFAS-Konzentrationen im Grundwasser (jeweiliger Maximalgehalt aller Probenahmetermine)

### 3.2.3 Untersuchung von Gemüse, Obst und Gießwasser

Im Rahmen des Untersuchungsprogrammes wurden Obst- und Gemüseproben entnommen und in Hinblick auf folgende vier PFAS gemäß European Food Safety Authority (EFSA) untersucht:

- Perfluorooctansäure (PFOA)
- Perfluornonansäure (PFNA)
- Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)
- Perfluorooctansulfonsäure (PFOS)

Die Obst- und Gemüsebehebungen fanden im Oktober 2022 sowie im Jänner, August und Oktober 2023 statt, wobei insgesamt rund 50 Proben aus privaten Gärten und einem landwirtschaftlichen Betrieb entnommen wurden (siehe Abb. 12). Die Proben umfassten jeweils 100 g bis 500 g von unterschiedlichen Blattgemüsen (z. B. Kohl, diverse Salatsorten, Spinat), Fruchtgemüsen (z. B. Paprika, Paradeiser, Zucchini, Melanzani, Wassermelone, Gurken), Wurzelgemüsen (z. B. Karotten, Erdäpfel, Sellerie, Rote Rüben), Obstsorten (z. B. Äpfel, Weintrauben, Kiwi) sowie je eine Probe von Walnüssen und Mais.

In fast allen Gemüse- und Obstproben lagen die PFAS-Konzentrationen unter den jeweiligen Nachweisgrenzen. Lediglich in drei Proben waren PFAS nachweisbar. Dies betraf eine Zucchiniprobe mit einem PFAS-Gehalt von 1,0 µg/kg FG, eine Wassermelone mit 1,9 µg/kg FG und eine Salatprobe mit 0,7 µg/kg FG. Als relevante Einzelsubstanz war PFOA festzustellen. In der Wassermelone zusätzlich 0,07 µg/kg PFOS.

Die beiden betroffenen Hausgärten liegen wenige hundert Meter südlich des Altstandortes. Im Bereich dieser Gärten wurden im Oktober 2023 Proben aus zwei Brunnen entnommen, deren Wasser zum Gießen in den betroffenen Gärten herangezogen wird. Als Referenz wurden zusätzlich Gießwasserproben aus zwei Brunnen gezogen, die der Bewässerung von Gärten mit unbelastetem Gemüse dienen. Alle Gießwasserproben wurden auf die 20 PFAS-Einzelsubstanzen gemäß TWV analysiert. Die Lage der Brunnen kann Abb. 12 entnommen werden.

Während die Gießwasserproben aus den beiden Gärten mit den erhöhten PFAS-Gehalten im Gemüse mit 0,34 µg/l bzw. 0,68 µg/l stark erhöhte PFAS-Konzentrationen aufwiesen, lagen die Werte in den anderen beiden Brunnen mit 0,012 µg/l bzw. 0,0063 µg/l deutlich darunter.

### 3.2.4 Untersuchung von Fischen

Im Oktober 2023 wurden aus zwei Teichen im Abstrom des Altstandortes und aus zwei Referenzteichen östlich der Mur (siehe Abb. 12) insgesamt sieben Fischproben entnommen (1 Karpfen, 4 Rotaugen, 1 Aitel, 1 Laube) und das Muskelfleisch auf die oben genannten vier PFAS gemäß EFSA untersucht.

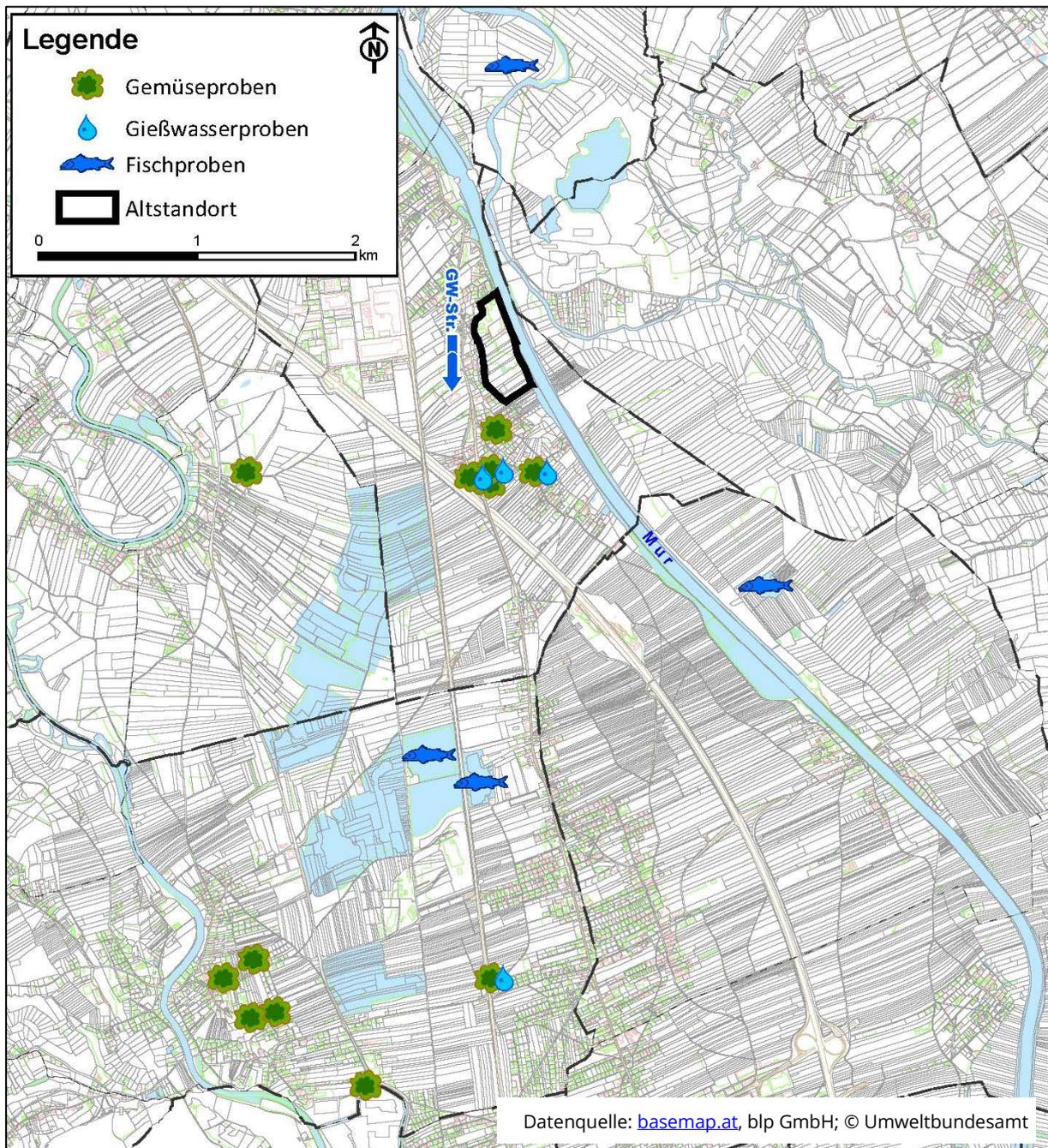


Abb. 12: Probenahmebereiche für Gemüse/Obst, Gießwasser und Fische

In allen untersuchten Fischen waren PFAS analytisch bestimmbar, wobei fast ausschließlich PFOS nachgewiesen werden konnte. In den als Referenz analysierten Exemplaren lagen die PFOS-Gehalte bei 0,34 µg/kg (Karpfen) bzw. 1,2 µg/kg (Rotaugen) und damit deutlich unter den Gehalten der Exemplare aus den Teichen im Grundwasserabstrom des Altstandortes. In diesen wurden durchwegs hohe PFOS-Konzentrationen detektiert: 170 µg/kg (Aitel), 22 µg/kg (Laube) sowie 24 µg/kg, 76 µg/kg und 80 µg/kg (Rotaugen).

Für Karpfen, Aiteln und Lauben sind in der EU Verordnung 2023/915 keine spezifischen zulässigen Höchstkonzentrationen festgelegt, weshalb ein Wert von 2,0 µg/kg FG für die Summe

der vier PFAS heranzuziehen ist. Dieser Wert gilt auch für die Einzelsubstanz PFOS. Für Rotaugen gilt gemäß dieser Verordnung ein Summenwert von 45 µg/kg FG und ein PFOS-Wert von 35 µg/kg FG.

In dem Teich, aus dem die beiden Rotaugen mit den höheren PFOS-Werten sowie die Aitel stammen, wurden im Jahr 2022 an zwei Terminen hohe PFOS-Konzentrationen von 0,18 µg/l (Summe 20 PFAS: 0,37 µg/l) bzw. 0,17 µg/l (Summe 20 PFAS: 0,45 µg/l) gemessen (siehe 3.1).

## 4 GEFÄHRDUNGSABSCHÄTZUNG

Der Altstandort „Feuerwehrschieule Lebring“ befindet sich südlich des Ortszentrums von Lebring am rechten Ufer der Mur. Auf dem Altstandort befindet sich die „Feuerwehr- und Zivilschieulhschieule Steiermark“ des Landesfeuerwehrverbandes, welche ab 1973 auf einer davor vollständig bewaldeten Fläche entlang der Mur errichtet wurde. Der auch heute noch benutzte Löschieübungsplatz, der sich auf einer Lichtung im bewaldeten, zentralen Teil des Areals befindet, war zumindest bis 1990 weitgehend unbefestigt.

Seit der Fertigstellung der Feuerwehrschieule wurden auf dem Areal regelmäßig zahlreiche Löschieübungen durchgeführt, bei denen u. a. synthetische Löschie-schäume, sogenannte Aqueous Film Forming Foams (AFFF) eingesetzt. Diese Löschie-schäume enthielten per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS), wobei in der Vergangenheit Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) in den meisten dieser Löschie-schäume die Hauptkomponente darstellte. Löschie-schäume kommen derzeit nur auf dem befestigten Übungsplatz zum Einsatz, welcher über einen Kanal an ein Auffangbecken angeschlossen ist, dessen Inhalt extern entsorgt wird. Aufgrund der fehlenden Versiegelung bis zumindest 1990 konnten jedoch im zentralen Teil des Altstandortes in den 1970er- und 1980er-Jahren auch Wässer mit Löschie-schäumen direkt im Untergrund versickern.

Der Altstandort liegt im Grundwasserkörper „Leibnitzerfeld“, der im näheren und weiteren Grundwasserabstrom des Altstandortes in den Gemeinden St. Margarethen-Lebring, Tillmitsch, Lang, Gralla und Leibnitz als Trinkwasserreservoir genutzt wird. In diesem Bereich befinden sich zahlreiche kommunale und private Trinkwasserbrunnen.

Im Rahmen der Trinkwasser-Überwachung wurden im Leibnitzer Feld erhöhte Konzentrationen an per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS) im Trinkwasserleitungssystem der Gemeinde Lebring-Sankt Margarethen sowie in zwei Trinkwasserbrunnen der Gemeinde Leibnitz festgestellt. Überwiegend handelte es sich dabei um den Stoff Perfluorooctansulfonsäure (PFOS). Die Konzentrationen ( $\Sigma$  PFAS) lagen z. T. über dem Parameterwert der Trinkwasserverordnung (TWV) von 0,1 µg/l. Zur Eingrenzung der Belastungssituation wurden im Jahr 2020 weitere etwa 20 Proben aus Trink-, Grund- und Tränkwassermessstellen analysiert. Demnach hatte die PFAS-Verunreinigung ihren Ursprung im Ortsgebiet von Lebring und reichte bis in das Gemeindegebiet von Leibnitz. Aufgrund der festgestellten Verunreinigung des Grundwassers wurden im Frühjahr 2021 in der Gemeinde Lebring-Sankt Margarethen zwei kommunale Trinkwasserbrunnen vom Netz genommen.

In den Jahren 2021/2022 wurden an bis zu und 80 Grundwassermessstellen und Brunnen im Bereich zwischen Lebring und Leibnitz in vier Durchgängen Grundwasserproben entnommen und auf PFAS untersucht. Auf Basis dieser Untersuchungen ließ sich die Grundwasserverunreinigung in den Bereich des Altstandortes „Feuerwehrschieule Lebring“ zurückverfolgen. Von der Verunreinigung waren zahlreiche Brunnen und Messstellen sowie grundwassergespeiste

Teiche betroffen. Der Bereich mit PFAS-Belastungen über 0,1 µg/l reichte mehr als 5 km nach Süden.

In den Jahren 2022 und 2023 wurden im Bereich des Altstandortes „Feuerwehrschieule Lebring“ rund 60 Rammkernsondierungen und Schürfe hergestellt und dabei zahlreiche Untergrund und Grundwasserproben entnommen und vor allem in Hinblick auf PFAS analysiert. Darüber hinaus wurden 19 Grundwassermessstellen in zwei Abstromebenen errichtet, die an drei Terminen beprobt wurden, sowie Untersuchungen an Lebensmitteln (Gemüse, Obst, Fische) durchgeführt.

Die Untergrunduntersuchungen ergaben in jenem zentralen Bereich des Areals, in dem seit Mitte der 1970er-Jahre zahlreiche Feuerlöschübungen durchgeführt wurden, eine massive Belastung durch PFAS. In dem am höchsten belasteten Bereich, der etwa 5.000 m<sup>2</sup> umfasst, waren in den 2:1-Eluaten Konzentrationen von bis zu 220 µg/l (Prüfwert: 0,1 µg/l) und Gesamtgehalte von bis zu 1.600 µg/kg nachzuweisen. Südlich davon ist ein weiterer Bereich mit Eluatgehalten bis 20 µg/l und Gesamtgehalten bis 160 µg/kg vorhanden. Rund um diese Hotspots waren in zahlreichen weiteren Proben erhöhte PFAS-Konzentrationen festzustellen, wobei in der überwiegenden Anzahl der Proben PFOS die relevante Einzelsubstanz war. Der erheblich kontaminierte Untergrundbereich umfasst eine Fläche von rund 70.000 m<sup>2</sup> und ein Volumen von grob geschätzt maximal 200.000 m<sup>3</sup> und beschränkt sich auf die ungesättigte Zone und den Grundwasserschwankungsbereich, d. h. auf eine Tiefe von durchschnittlich 3 m (siehe Abb. 13).

Während im Grundwasseranstrom des Altstandortes eine moderate PFAS-Grundbelastung in der Größenordnung von 0,01 µg/l bis 0,04 µg/l vorlag, war in beiden Abstromebenen eine massive Grundwasserbelastung durch PFAS von durchwegs 1 µg/l bis maximal 6 µg/l festzustellen, die um mindestens eine Zehnerpotenz über dem Parameterwert der Trinkwasserverordnung (TWV) von 0,1 µg/l liegt. Grundwasserkonzentrationen über diesem Wert konnten bis zu mehr als 5 km Entfernung vom Schadensherd in zahlreichen Messstellen festgestellt werden. Dadurch sind auch zahlreiche Brunnen betroffen, die der kommunalen oder privaten Trinkwasserversorgung dienen. Maßgeblicher Schadstoff war über die gesamte Fahnenlänge PFOS, gefolgt von PFHxS. Im Nahbereich der Schadstoffquelle waren zudem PFPeA und PFHxA in erhöhten Konzentrationen zu detektieren. Unter Heranziehung der hydraulischen Parameter sowie bei Annahme einer schadstoffbelasteten Grundwassermächtigkeit von 3 m und einer Abstrombreite von rund 250 m kann die im unmittelbaren Abstrom des Hotspots-Bereiches transportierte PFAS-Fracht im Grundwasser grob mit im Mittel 0,6 g pro Tag und maximal 2 g pro Tag abgeschätzt werden. PFAS-Frachten in dieser Größenordnung sind als sehr groß zu beurteilen.

Untersuchungen von Gemüse- und Fischproben aus dem Bereich der Schadstofffahne zeigen stark erhöhte PFOS-Konzentrationen von bis zu 170 µg/kg in allen Fischproben aus den grundwassergespeisten Teichen und in Einzelfällen auch erhöhte PFOA-Konzentrationen von bis zu 1,9 µg/kg in den Gemüseproben. Die erhöhten Werte für die Gemüseproben korrelieren mit erhöhten PFAS-Werten in den jeweiligen Brunnen, deren Wasser zum Gießen verwendet wird.

Neben PFAS waren auf dem Altstandort Untergrundverunreinigungen durch Mineralölkohlenwasserstoffe festzustellen, die aber nur kleinräumig mit geringer Intensität auftraten. Im Grundwasser lagen die Konzentrationen anderer Schadstoffe, wie chlorierte, aromatische oder polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe durchwegs unter den jeweiligen Prüfwerten, in den meisten Fällen auch unter den jeweiligen Bestimmungsgrenzen.

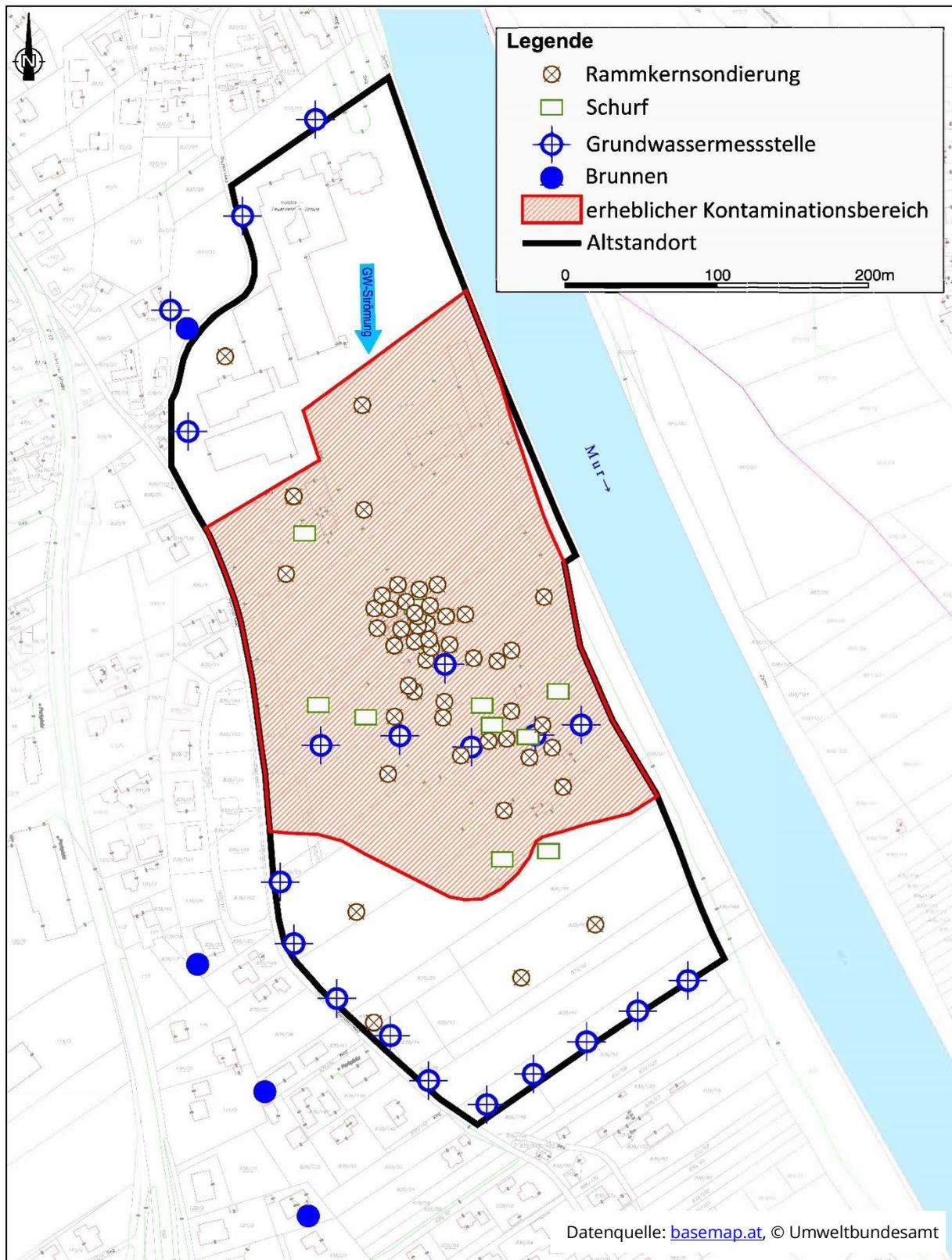


Abb. 13: Lage des durch PFAS erheblich kontaminierten Untergrundbereiches

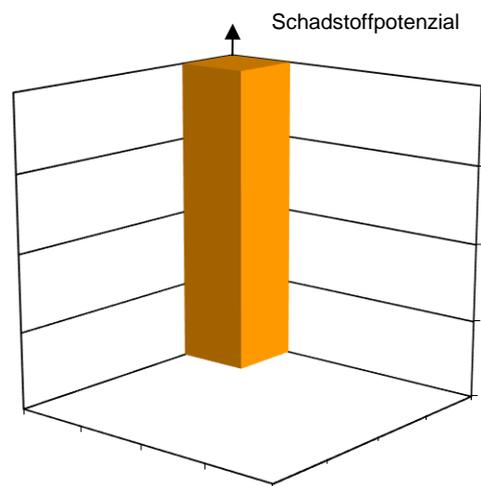
Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass es im zentralen Teil des Areals der „Feuerwehrschieule Lebring“ durch die jahrzehntelange Verwendung von Feuerlöschschäumen im Rahmen von Löschübungen zu einer erheblichen Kontamination des Untergrundes mit per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS), vornehmlich Perfluorooctansulfonsäure (PFOS), gekommen ist. Ausgehend von dieser Untergrundkontamination hat sich eine mehr als 5 km lange Schadstofffahne im Grundwasserabstrom ausgebildet. Die im Grundwasser transportierte PFAS-Fracht ist als sehr groß zu beurteilen. Aufgrund der Eigenschaften der Schadstoffgruppe der PFAS und der (hydro-)geologischen Rahmenbedingungen ist mittelfristig weder mit einer Verringerung des Schadstoffeintrags aus der Quelle noch mit einer Rückbildung der Schadstofffahne zu rechnen. Von der Grundwasserverunreinigung sind kommunale und private Trinkwassernutzungen betroffen.

## 5 PRIORITÄTENKLASSIFIZIERUNG

Maßgebliches Schutzgut für die Bewertung des Ausmaßes der Umweltgefährdung ist das Grundwasser. Die maßgeblichen Kriterien für die Prioritätenklassifizierung können wie folgt zusammengefasst werden:

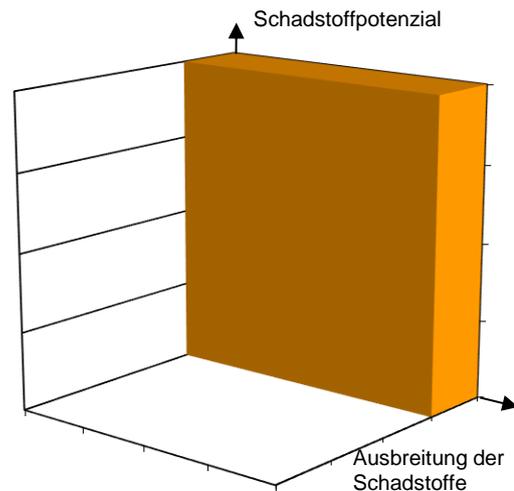
### 5.1 Schadstoffpotenzial: äußerst groß (4)

In einem für Feuerlöschübungen zwecke genutzten Teil der Feuerwehrschieule Lebring ist es durch die jahrzehntelange Verwendung von Löschschäumen zu einer erheblichen Kontamination des Untergrundes mit per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS) gekommen. Der erheblich kontaminierte Untergrund umfasst ein Volumen von maximal 200.000 m<sup>3</sup>. Leitparameter für die Verunreinigungen ist Perfluorooctansulfonsäure (PFOS). Aufgrund ihrer stofflichen Eigenschaften weist PFOS ein hohes Gefährdungspotential für das Grundwasser auf.



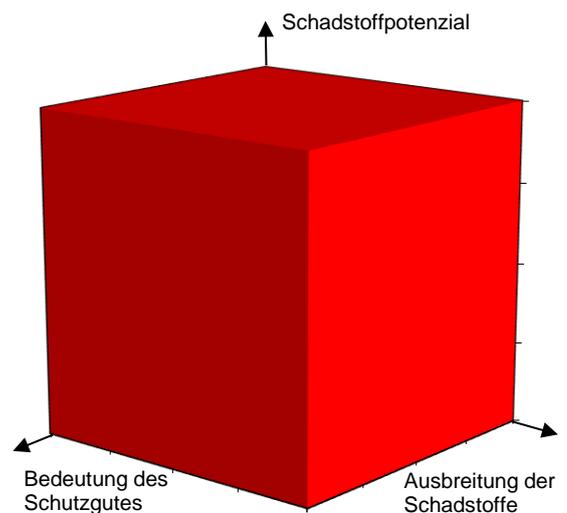
## 5.2 Schadstoffausbreitung: weitreichend (4)

Ausgehend von der Untergrundkontamination hat sich eine mehr als 5 km lange Schadstofffahne im Grundwasserabstrom ausgebildet. Die im Grundwasser transportierte PFAS-Fracht ist als sehr groß zu beurteilen. Aufgrund der Eigenschaften der Schadstoffgruppe der PFAS und der (hydro-)geologischen Rahmenbedingungen ist mittelfristig weder mit einer Verringerung des Schadstoffeintrags in das Grundwasser noch mit einer Rückbildung der Schadstofffahne zu rechnen.



## 5.3 Schutzgut: hochwertig (4)

Der betroffene Grundwasserstrom ist ergiebig. Im Grundwasserabstrom des Altstandortes sind zahlreiche Brunnen vorhanden, die der kommunalen und privaten Trinkwasserversorgung dienen, und die von der Grundwasserverunreinigung durch PFAS betroffen sind. Im Jahr 2021 wurden aufgrund der PFAS-Belastung zwei kommunale Trinkwasserbrunnen vom Netz genommen.



## 5.4 Prioritätenklasse – Vorschlag: 1

Entsprechend der Beurteilung der vorhandenen Untersuchungsergebnisse, der Gefährdungsabschätzung und den im § 14 Altlastensanierungsgesetz festgelegten Kriterien ergibt sich die Prioritätenklasse 1.

## 6 HINWEISE ZUR NUTZUNG

Bei der Nutzung des Altstandortes und seiner Umgebung sind zumindest folgende Punkte zu beachten:

- Im Bereich des Altstandortes ist im Untergrund mit erheblichen Verunreinigungen durch per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) zu rechnen.
- Bei einer Änderung der Nutzung können sich durch kontaminiertes Material zusätzliche Gefahrenmomente ergeben.
- In Zusammenhang mit allfälligen zukünftigen Bauvorhaben bzw. der Befestigung oder Entsiegelung von Oberflächen ist zu berücksichtigen, dass in Abhängigkeit von der Art der Ableitung der Niederschlagswässer Schadstoffe mobilisiert werden können.
- Aushubmaterial im Bereich des Altstandortes kann erheblich kontaminiert sein.
- Das Grundwasser im Bereich des Altstandortes und in seinem näheren und weiteren Abstrom kann stark verunreinigt sein.
- Die Nutzungsmöglichkeiten des Grundwassers im Bereich der Schadstofffahne können eingeschränkt sein (z. B. hinsichtlich Trinkwasser, Tränk- oder Gießwasser).
- Die Eignung des Grundwassers im Bereich der Schadstofffahne als Tränkwasser oder zur Bewässerung von Gemüsepflanzen sollte im Einzelfall geprüft werden.
- Ob Gemüse, das mit Grundwasser aus dem Bereich der Schadstofffahne bewässert wird, zum Verzehr geeignet ist, sollte im Einzelfall geprüft werden.
- Ob Fische aus Gewässern, die von Grundwasser aus dem Bereich der Schadstofffahne gespeist werden, zum Verzehr geeignet sind, sollte im Einzelfall geprüft werden.

## 7 HINWEISE ZUR SANIERUNG

### 7.1 Ziele der Sanierung

Im Bereich des Altstandortes „Feuerweherschule Lebring“ ist auf einer Fläche von 70.000 m<sup>2</sup> ein Untergrundvolumen von maximal 200.000 m<sup>3</sup> durch per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) verunreinigt. Die Verunreinigungen beschränken sich zum überwiegenden Teil auf die ungesättigte Untergrundzone und den Grundwasserschwankungsbereich, i. e. auf eine Tiefe von durchschnittlich 3 m.

Ausgehend von der Kontamination des Untergrundes sind im Grundwasserabstrom des Altstandortes bis in eine Entfernung von mehr als 5 km erhöhte PFAS-Konzentrationen festzustellen. Von dieser Verunreinigung sind kommunale und private Trinkwasserversorgungen betroffen.

Aufgrund der Eigenschaften der Schadstoffe und der Standortverhältnisse sowie der wasserwirtschaftlichen Rahmenbedingungen (gut nutzbarer, ergiebiger Grundwasserleiter) kann folgendes Sanierungsziel formuliert werden:

- Die Ausbreitung von Schadstoffen im Grundwasser ist kurzfristig auf ein solches Maß zu reduzieren,
- dass es mittelfristig zu einer Rückbildung der Schadstofffahne im Grundwasser kommt und
- damit im weiteren Abstrom dauerhaft und uneingeschränkt eine Nutzung zu Trinkwasserzwecken gewährleistet werden kann.

## 7.2 Empfehlungen zur Variantenstudie

Bei der Durchführung einer Variantenstudie wird eine Berücksichtigung folgender Punkte empfohlen:

- Grundsätzlich sind sowohl Dekontaminations- als auch Sicherungsmaßnahmen bzw. eine Maßnahmenkombination zur Erreichung der Sanierungsziele geeignet.
- Aufgrund der Schadstoffverteilung und -intensität wären in Hinblick auf eine Verringerung des Schadstoffeintrages in das Grundwasser (Teil)aushübe von Hot-Spots vermutlich sehr wirksam. Um Aushubmaßnahmen planen zu können, sind weitere Detailuntersuchungen zur Abgrenzung des Schadensherdes in der ungesättigten Zone notwendig.
- In-situ-Dekontaminationsmaßnahmen sind in Anbetracht der Persistenz von PFAS grundsätzlich kritisch zu bewerten. Ihre Wirksamkeit wäre vorab im Labor- und im Feldmaßstab zu überprüfen.
- Zur Verhinderung einer weiteren Ausbreitung der Schadstoffe erscheinen klassische hydraulische Sicherungsmaßnahmen („Pump and Treat“) geeignet. In diesem Zusammenhang wären insbesondere folgende Punkte zu beachten:
  - Bei der Planung der Lage von Sperrbrunnen sollte insbesondere der quantitative Einfluss der Mur und ggf. die bis dato nur stichprobenartig untersuchte Schadstoffbelastung im südlichen Teil des Altstandortes geprüft werden.
  - Bei allen hydraulischen Maßnahmen ist auf eine ausreichende Wirksamkeit der Grundwasserreinigungsmaßnahmen – auch in Hinblick auf bis dato noch nicht untersuchte PFOS-Ersatzstoffe – zu achten.
- Alleinige Versiegelungs- oder oberflächliche Abdichtungsmaßnahmen sind auf Basis des bisherigen Wissensstandes nur bedingt geeignet, den Schadstoffeintrag in das Grundwasser in größerem Ausmaß zu unterbinden.
- Bei Umschließungsmaßnahmen ist die Lage des Grundwasserstauers im Detail zu erkunden und dessen Eignung in Hinblick auf seine hydraulischen Eigenschaften zu prüfen.

Begleitend zu den Sanierungs- bzw. Sicherungsmaßnahmen sollte das Grundwasser in Hinblick auf eine mögliche weitere Ausbreitung der Schadstofffahne regelmäßig überwacht werden.

Dr. Gernot Döberl e.h.

## Anhang

### Verwendete Unterlagen und Bewertungsgrundlagen

- AGES & Umweltbundesamt (2021): POPMON II. Risikokommunikation und risikobasier-tes Monitoring von persistenten organischen Schadstoffen in verschiedenen Umwelt-matrices, Futter- und Lebensmitteln an potentiell belasteten Standorten in Österreich. Wien.
- Ergänzende Untersuchungen gemäß §13 ALSAG „Altstandorte und Altablagerungen Leibnitzer Feld Mitte; Grundwassermonitoring (Erkundungsphase I)“. Zwischenbericht. Frohnleiten, Februar 2022.
- Ergänzende Untersuchungen gemäß §13 ALSAG „Altstandorte und Altablagerungen Leibnitzer Feld Mitte; Grundwassermonitoring (Erkundungsphase I)“. Abschlussbe-richt. Frohnleiten, September 2022.
- Ergänzende Untersuchungen gemäß §13 ALSAG „Altstandort Feuerwehrschieule Lebring“. Zwischenbericht. Wien, Oktober 2022.
- Ergänzende Untersuchungen gemäß §13 ALSAG „Altstandort Feuerwehrschieule Lebring“. Abschlussbericht. Wien, November 2023.
  
- ÖNORM S 2088-1: Kontaminierte Standorte; Teil 1: Standortbezogene Beurteilung von Verunreinigungen des Grundwassers bei Altstandorten und Altablagerungen, 1. Mai 2018.
- QZV Chemie Oberflächengewässer: Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Festlegung des Zielzustandes für Oberflächengewässer (Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer – QZV Chemie OG). BGBl. II Nr. 96/2006i. d. g. F.
- Trinkwasserverordnung (TWV): Verordnung des Bundesministers für soziale Sicherheit und Generationen über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung - TWV). BGBl. II Nr. 304/2001 i. d. g. F.
- Verordnung (EU) 2023/915 der Kommission vom 25. April 2023 über Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006.

Die ergänzenden Untersuchungen wurden im Rahmen der Vollziehung des Altlastensanie-rungsgesetzes vom Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innova-tion und Technologie veranlasst und finanziert. Vom Amt der Steiermärkischen Landesregie-rung wurden zahlreiche Analyseergebnisse von Trinkwasserbrunnen und Gemüse zur Verfü-gung gestellt.