



# PFAS in den Alpen

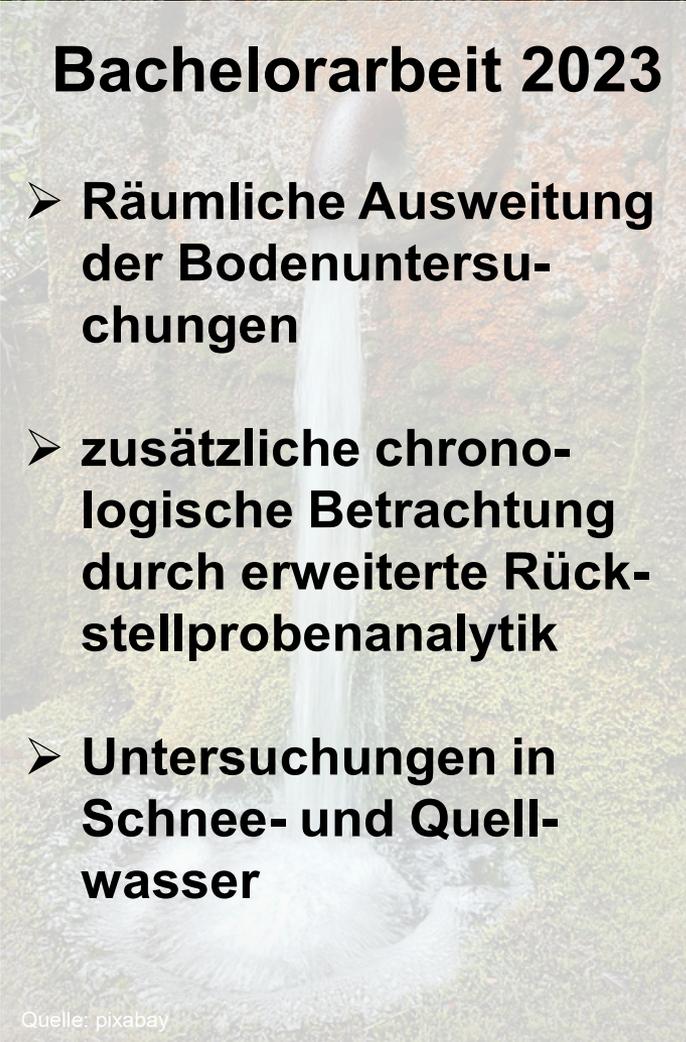
Bodenuntersuchungen im  
Nationalpark  
Berchtesgaden

## Datenquellen



**Bodendauer-  
beobachtungs-  
flächen (BDF);  
Erkenntnisse bis  
2022**

Quelle: pixabay

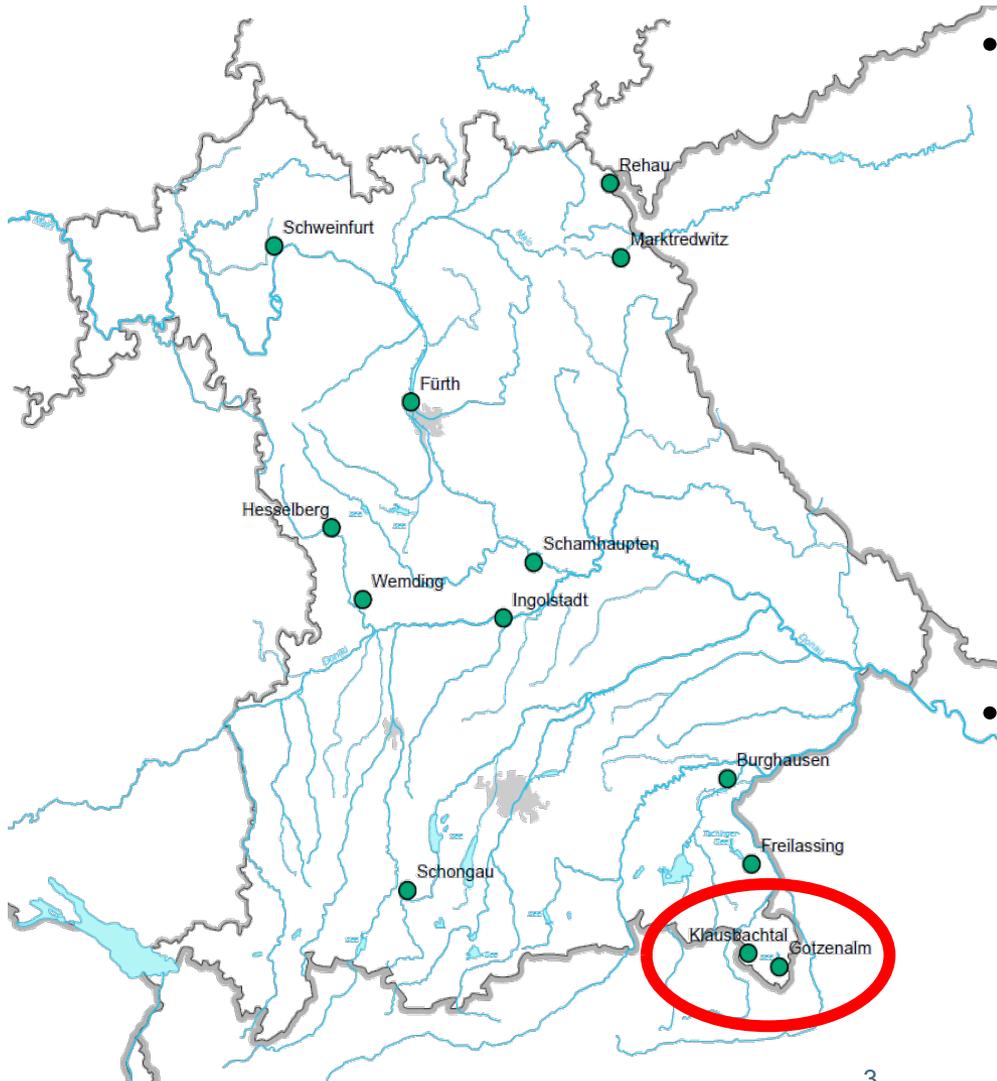


**Bachelorarbeit 2023**

- **Räumliche Ausweitung  
der Bodenuntersu-  
chungen**
- **zusätzliche chrono-  
logische Betrachtung  
durch erweiterte Rück-  
stellprobenanalytik**
- **Untersuchungen in  
Schnee- und Quell-  
wasser**

Quelle: pixabay

## Schwerpunkt-BDF (S-BDF): Eckdaten



- **Basis-BDF:**

- insgesamt 60 BDF (30 x 30 m)
- Flächeneinrichtung 1986/87, ab da auch Rückstellproben
- an unbelasteten Standorten
- Probenahme horizontbezogen bis 30 cm Bodentiefe im 10-Jahres-Turnus nach bundeseinheitlichem Schema (3 Mischproben aus 18 Einzelpunkten an 2 rotierenden Probenahmeachsen)

- **S-BDF seit 2010:**

- Probennahme im dreijährigen Turnus
- horizontbezogen mittels Rammkernsonde bis 1 m Bodentiefe
- Gotzenalm 1700 m, Klausbachtal 800 m ü. NN (Waldweide)

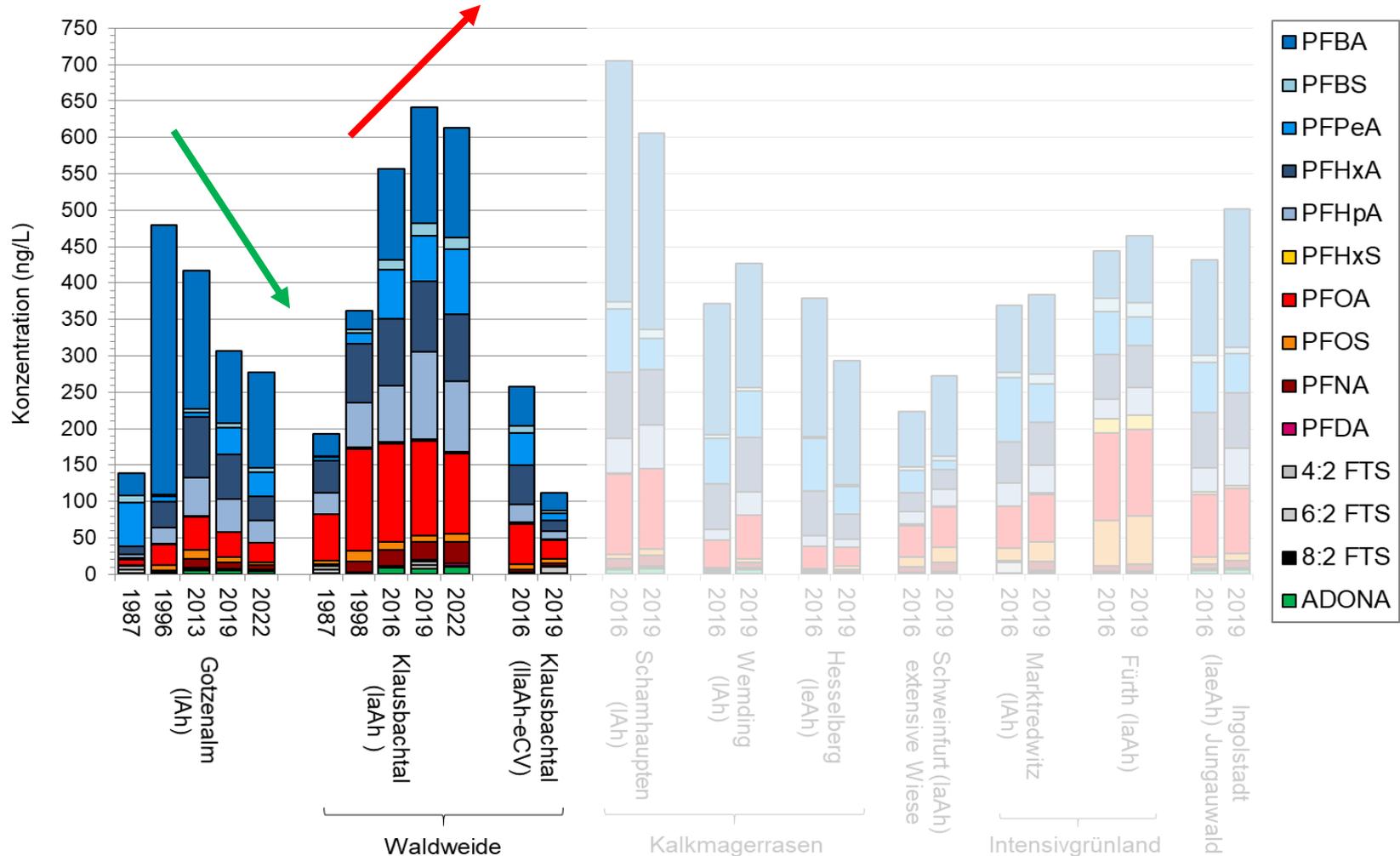
## S-BDF: PFAS-Analytik

- **Oberbodenproben:** Trocknung 40° C, Siebung < 2 mm, 2:1-Schütteleluat nach DIN 19529
- **Bestimmung PFAS:** DIN 38407-F42 (BG = 0,001 µg/l, Messunsicherheit bis 40 %)

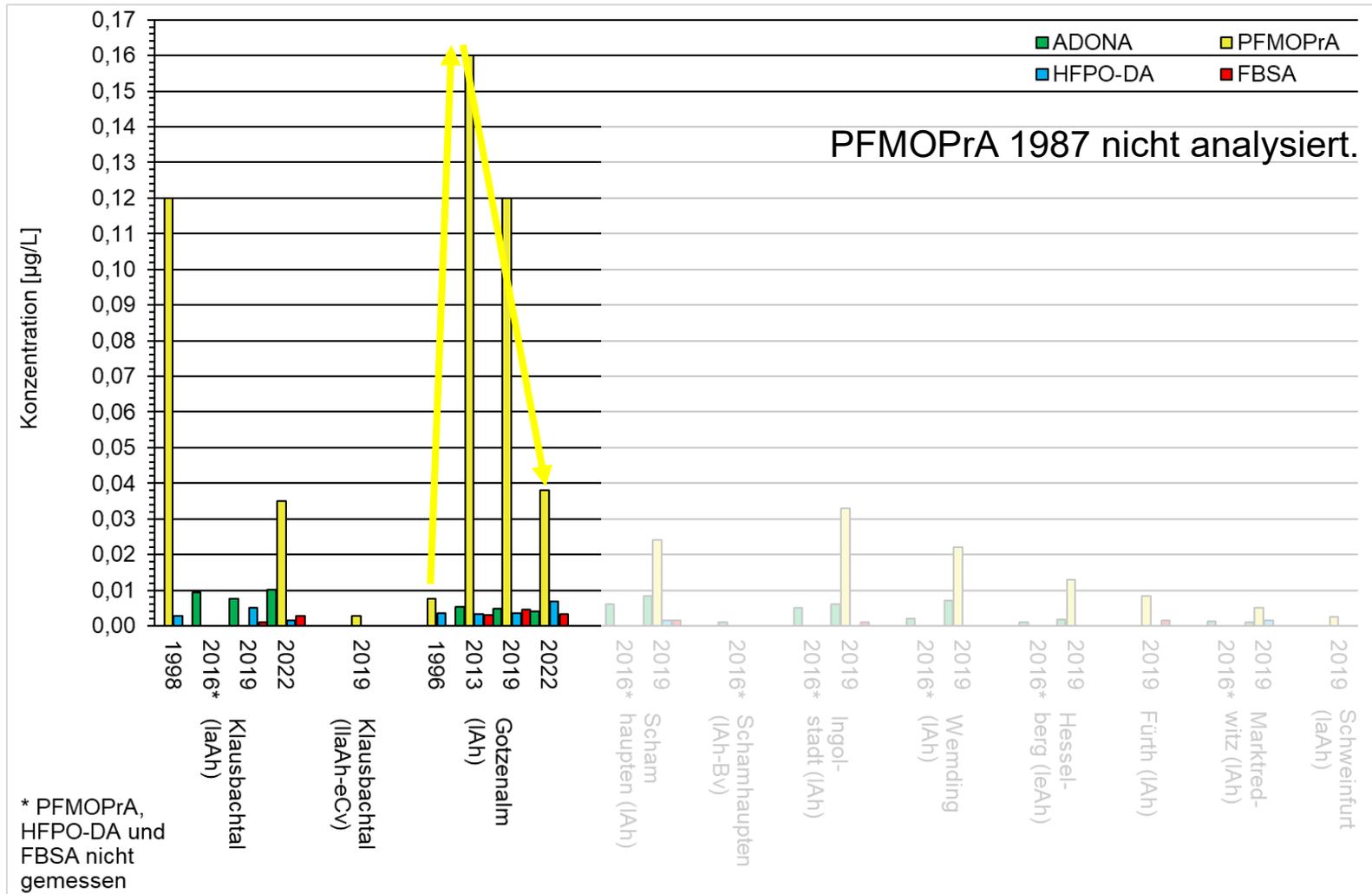
Substanz <sup>α</sup>	Abkürzung <sup>α</sup>
Perfluorbutansäure <sup>α</sup>	PFBA <sup>α</sup>
Perfluorpentansäure <sup>α</sup>	PFPeA <sup>α</sup>
Perfluorhexansäure <sup>α</sup>	PFHxA <sup>α</sup>
Perfluorheptansäure <sup>α</sup>	PFHpA <sup>α</sup>
Perfluoroctansäure <sup>α</sup>	PFOA <sup>α</sup>
Perfluorononansäure <sup>α</sup>	PFNA <sup>α</sup>
Perfluordecansäure <sup>α</sup>	PFDA <sup>α</sup>
Perfluorundecansäure <sup>α</sup>	PFUdA <sup>α</sup>
Perfluordodecansäure <sup>α</sup>	PFDoA <sup>α</sup>
Perfluorbutansulfonsäure <sup>α</sup>	PFBS <sup>α</sup>
Perfluorpentansulfonsäure <sup>2α</sup>	PFPeS <sup>α</sup>
Perfluorhexansulfonsäure <sup>α</sup>	PFHxS <sup>α</sup>
Perfluorheptansulfonsäure <sup>α</sup>	PFHpS <sup>α</sup>
Perfluoroctansulfonsäure <sup>α</sup>	PFOS <sup>α</sup>
Perfluorononansulfonsäure <sup>α</sup>	PFNS <sup>α</sup>
Perfluordecansulfonsäure <sup>α</sup>	PFDS <sup>α</sup>
Perfluordodecansulfonsäure <sup>α</sup>	PFDoS <sup>α</sup>
4:2-Fluortelomersulfonsäure <sup>α</sup>	4:2-FTS <sup>α</sup>
6:2-Fluortelomersulfonsäure <sup>α</sup>	6:2-FTS <sup>α</sup>
8:2-Fluortelomersulfonsäure <sup>α</sup>	8:2-FTS <sup>α</sup>
Perfluor-4.8-dioxa-3H-nonansäure (Ammoniumsalz-der) <sup>2α</sup>	ADONA <sup>α</sup>

Substanz <sup>α</sup>	Abkürzung <sup>α</sup>
10:2-Fluortelomersulfonsäure <sup>2α</sup>	10:2-FTS <sup>α</sup>
Perfluorobutansulfonamid <sup>2α</sup>	FBSA <sup>α</sup>
Perfluorohexansulfonamid <sup>2α</sup>	PFHxSA <sup>α</sup>
Perfluoroctansulfonamid <sup>2α</sup>	PFOSA <sup>α</sup>
N-methylperfluorooctansulfonamid <sup>2α</sup>	N-MeFOSA <sup>α</sup>
N-ethylperfluorooctansulfonamid <sup>2α</sup>	N-EtFOSA <sup>α</sup>
N-Methylperfluor-1-octansulfonamidoessigsäure <sup>2α</sup>	N-MeFOSAA <sup>α</sup>
N-Ethylperfluor-1-octansulfonamidoessigsäure <sup>2α</sup>	N-EtFOSAA <sup>α</sup>
9-Chlorhexadecafluor-3-oxanonan-1-sulfonsäure <sup>2α</sup>	9Cl-PF3ONS <sup>α</sup>
11-Chloreicosafuor-3-oxanonan-1-sulfonsäure <sup>2α</sup>	11Cl-PF3OUdS <sup>α</sup>
Perfluor-2-propoxvoropansäure <sup>2α</sup>	HFPO-DA-(GenX) <sup>α</sup>
Perfluor-3-methoxvoropansäure <sup>2α</sup>	PFMOPrA <sup>α</sup>
DPOSA-(Capstone-A) <sup>2α</sup>	/ <sup>α</sup>
CDPOS-(Capstone-B) <sup>2α</sup>	/ <sup>α</sup>
Perfluor-3,7-dimethyloctansäure <sup>2α</sup>	PF-3,7-DMOA <sup>α</sup>
7H-Perfluorheptansäure <sup>2α</sup>	HPFHpA <sup>α</sup>
2-Perfluorooctylethansäure <sup>2α</sup>	H2PFDA <sup>α</sup>
2H,2H,3H,3H-Perfluorundecansäure <sup>2α</sup>	H4PFU <sup>α</sup>
2H-Perfluor-2-decansäure <sup>2α</sup>	8:2-FTUCA <sup>α</sup>

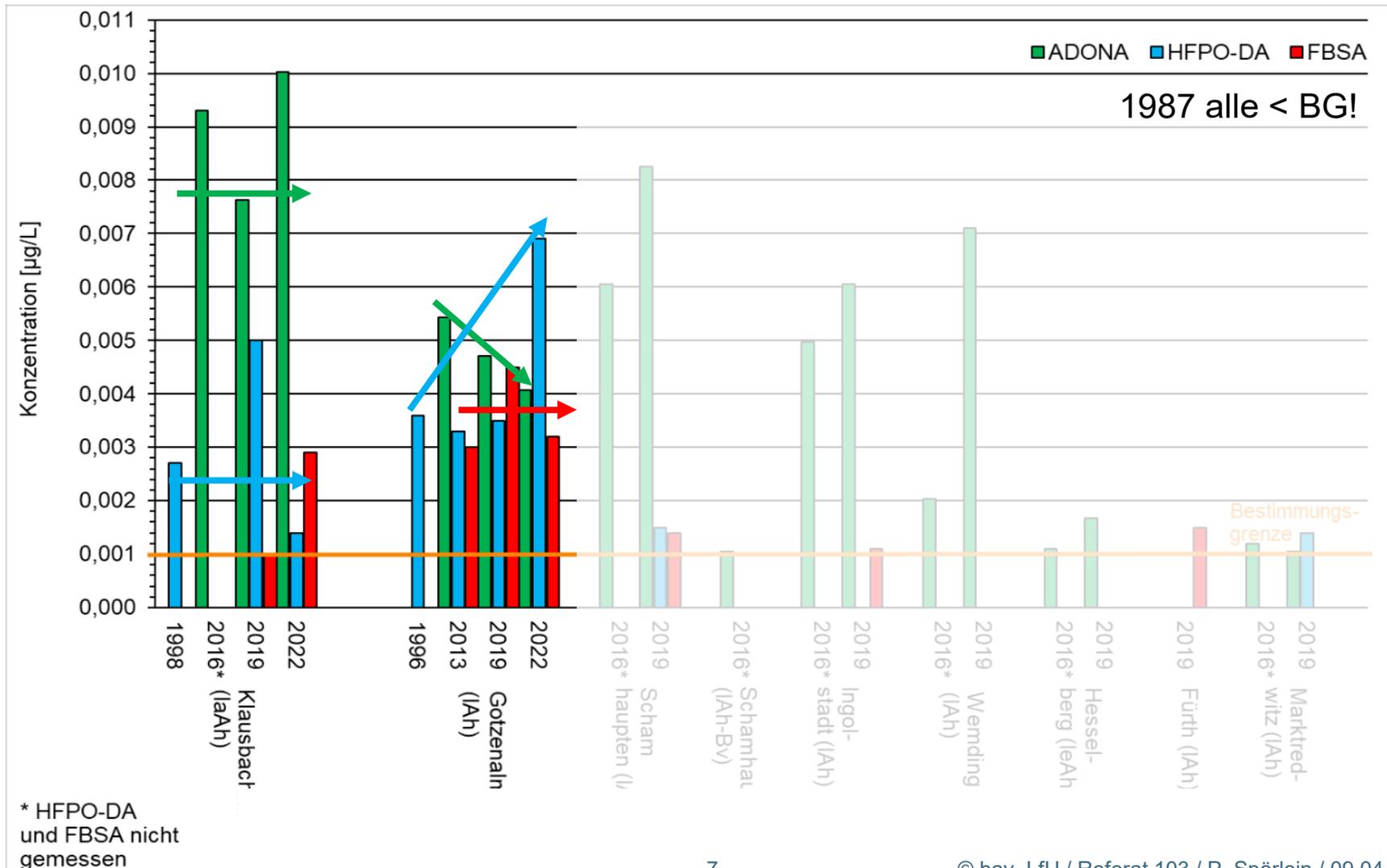
## S-BDF: zeitliche Veränderungen (2:1-Eluat) „klassische“ PFAS



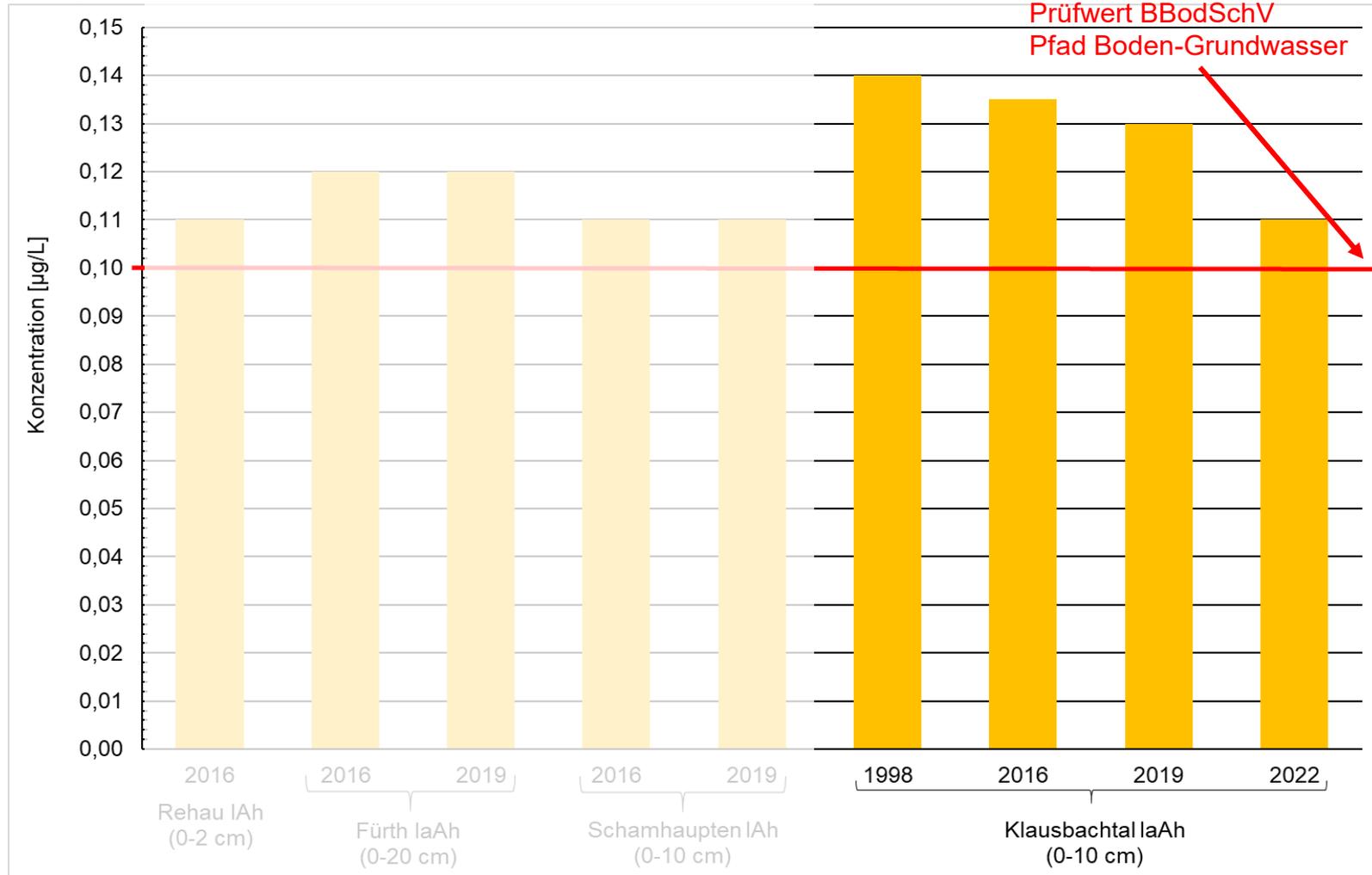
## S-BDF: „neue“ PFAS (HFPO-DA, PFMOPrA, FBSA, ADONA, 2:1-Eluat)



## S-BDF: „neue“ PFAS (HFPO-DA, FBSA, ADONA, 2:1-Eluat)



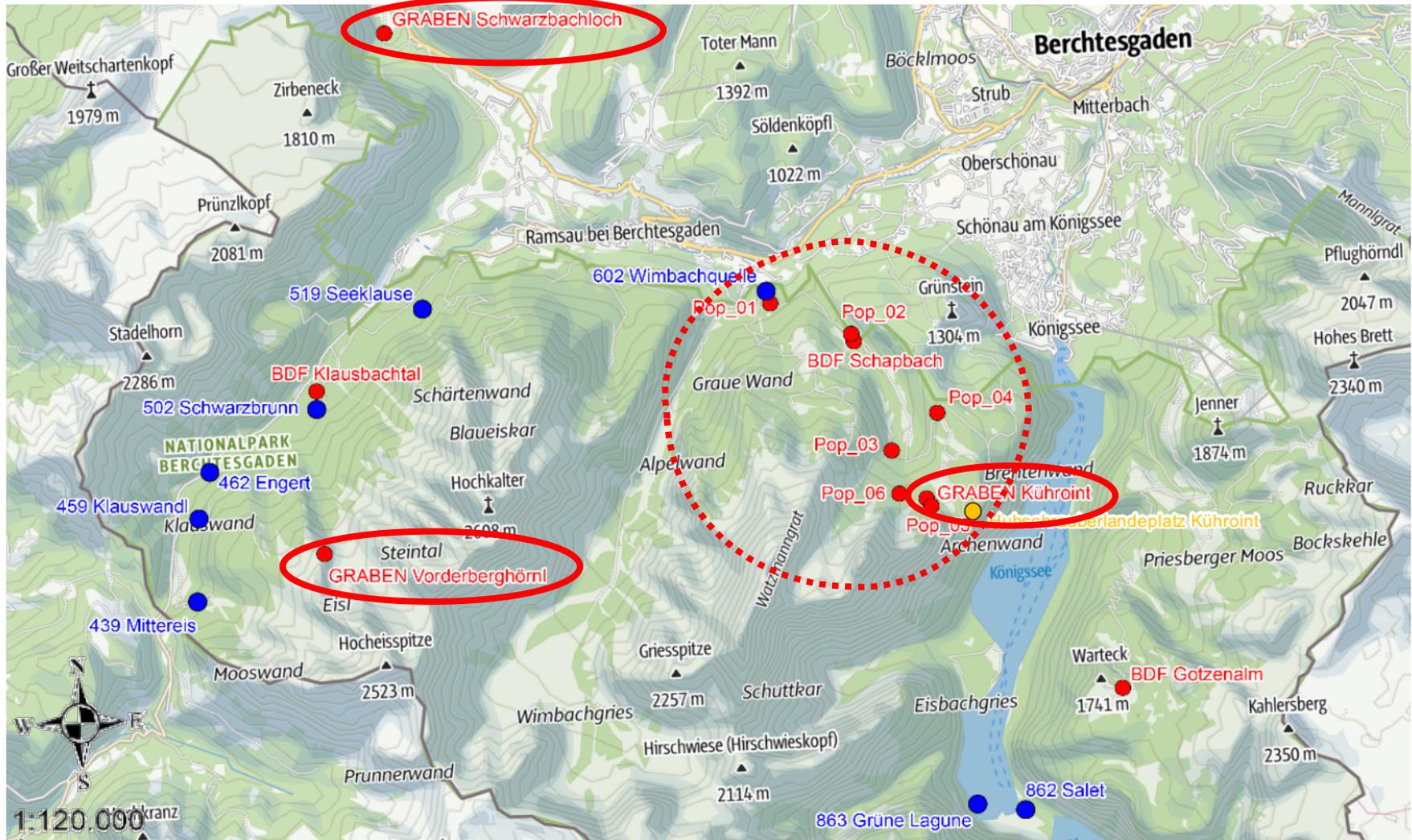
## S-BDF: PFOA-Grenzwertüberschreitungen im Oberboden (2:1- Eluat)



## Bachelorarbeit 2023: Probenahme

- **Oberboden** im Juni 2023 neben BDF auch an Punkten von 2 früheren Projekten nach Satellitenschema (8 Punkte auf Fläche von 135 m<sup>2</sup>):
  - „GRABEN“ (bayernweite Hintergrundwerte, 2000, 3 Standorte)
  - „PopAlp“ (Spezialuntersuchung auf organ. Schadstoffe, 2009, 6 Standorte)
- ⇒ Rückstellproben vorhanden
  
- Beprobung von **Quellen** im Einzugsgebiet der Standorte Klausbachtal/Hochkalter, Watzmann/Kührointalm, Gotzenalm im Mai 2023
  
- **Schnee**probenahme (Neu- & Altschnee) von März bis Mai 2023

## Bachelorarbeit: Standorte



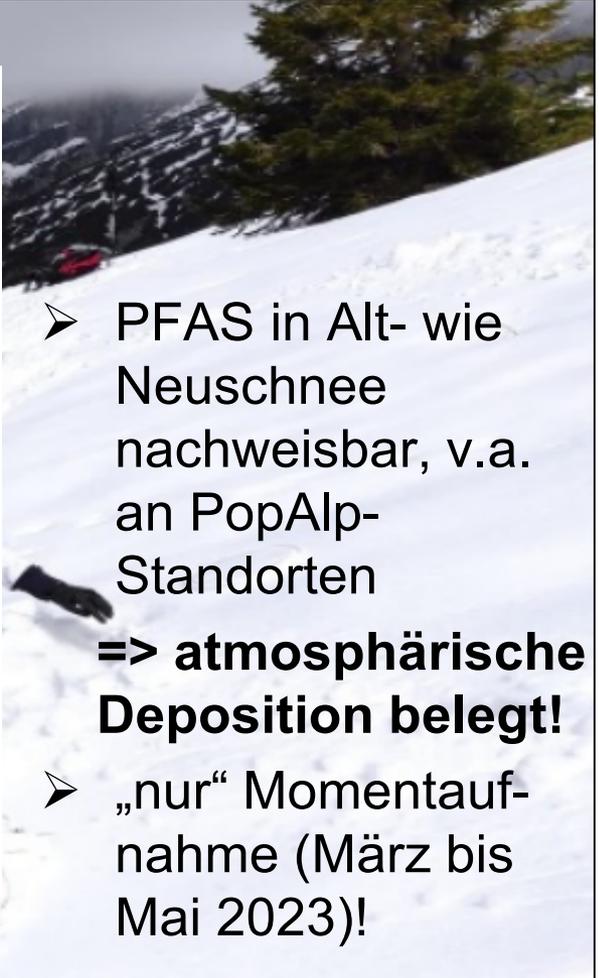
## Bachelorarbeit: PFAS-Analytik

- Bodenproben:  
Trocknung 40° C,  
Siebung < 2 mm,  
2:1-Schütteleluat  
nach DIN 19529
- Bestimmung PFAS:  
DIN 38407-F42  
(BG = 0,001 µg/l,  
Messunsicherheit  
bis 40 %)

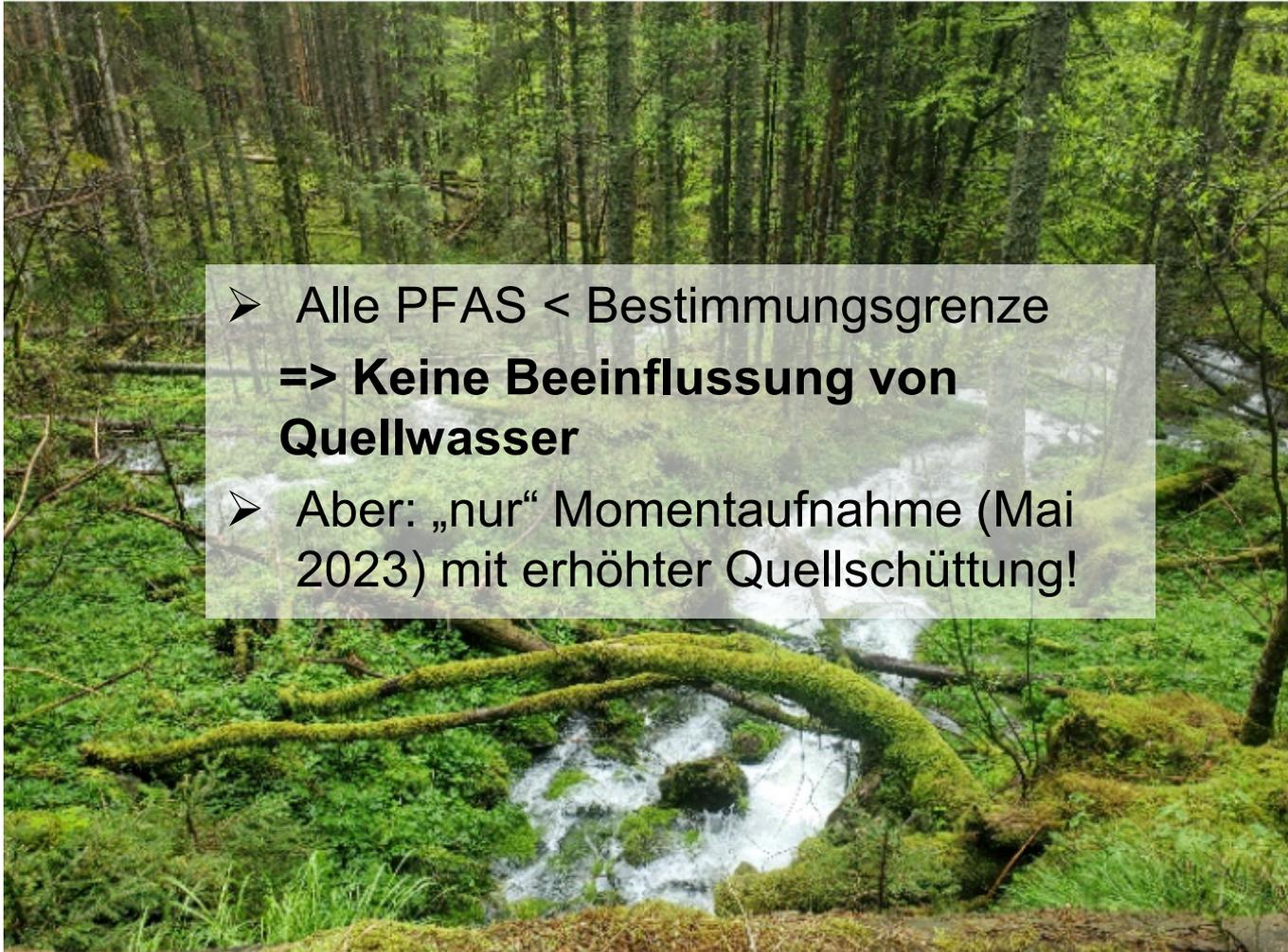
Substanz	Abkürzung	ergänzende Informationen
Perfluorpropionsäure	PFPrA	ultra-kurzkettige PFCA (Perfluorcarbon-säure)
Perfluorbutansäure	PFBA	kurzkettige PFCA
Perfluorpentansäure	PFPeA	
Perfluorhexansäure	PFHxA	
Perfluorheptansäure	PFHpA	
Perfluorbutansulfonsäure	PFBS	kurzkettige PFSA (Perfluorsulfonsäure)
Perfluorpentansulfonsäure	PFPeS	
Perfluoroctansäure	PFOA	langkettige PFCA
Perfluorononansäure	PFNA	
Perfluordecansäure	PFDA	
Perfluorundecansäure	PFUdA	
Perfluordodecansäure	PFDoA	langkettige PFSA
Perfluorhexansulfonsäure	PFHxS	
Perfluorheptansulfonsäure	PFHpS	
Perfluoroctansulfonsäure	PFOS	
Perfluorononansulfonsäure	PFNS	
Perfluordecansulfonsäure	PFDS	
Perfluordodecansulfon-säure	PFDoS	Ersatzstoff für PFOA in der Fluorpolymer-herstellung
Ammonium 4,8-dioxa-3H-perfluornonanoat	DONA (Säure von ADONA)	
Perfluoro-2-methyl-3-oxahexansäure	HFPO-DA (Säure von GenX)	Abbauprodukt und Nebenprodukt in der Herstellung von DONA
Perfluoro-3-methoxypropionsäure	PFMOPrA	
DPOSA	Capstone A	Ersatzstoffe für PFOS in Feuerlöschschäumen
CDPOS	Capstone B (6:2 FTAB)	
N-Methylperfluorooctan-sulfonamidoessigsäure	N-MeFOSAA	Vorläuferverbindung von PFOS; Abbau zu PFOA
Perfluorobutansulfonamid	FBSA	Halbleiterindustrie

## Bachelorarbeit: Ergebnisse Schneeproben

Bezeichnung	Parameter	Wert/ [ $\mu\text{g/l}$ ]
GRABEN Kühroint	PFBA	0,002
	PFHpA	0,0005
Pop_02	PFBA	0,0012
	PFHpA	0,00067
	PFOA	0,00058
Pop_03	PFHpA	0,00067
Pop_04	PFBA	0,001
	PFHpA	0,001
	PFOA	0,00094
	PFNA	0,00061
Pop_05	PFOA	0,001
Pop_06	PFHpA	0,00054
	PFOA	0,00066

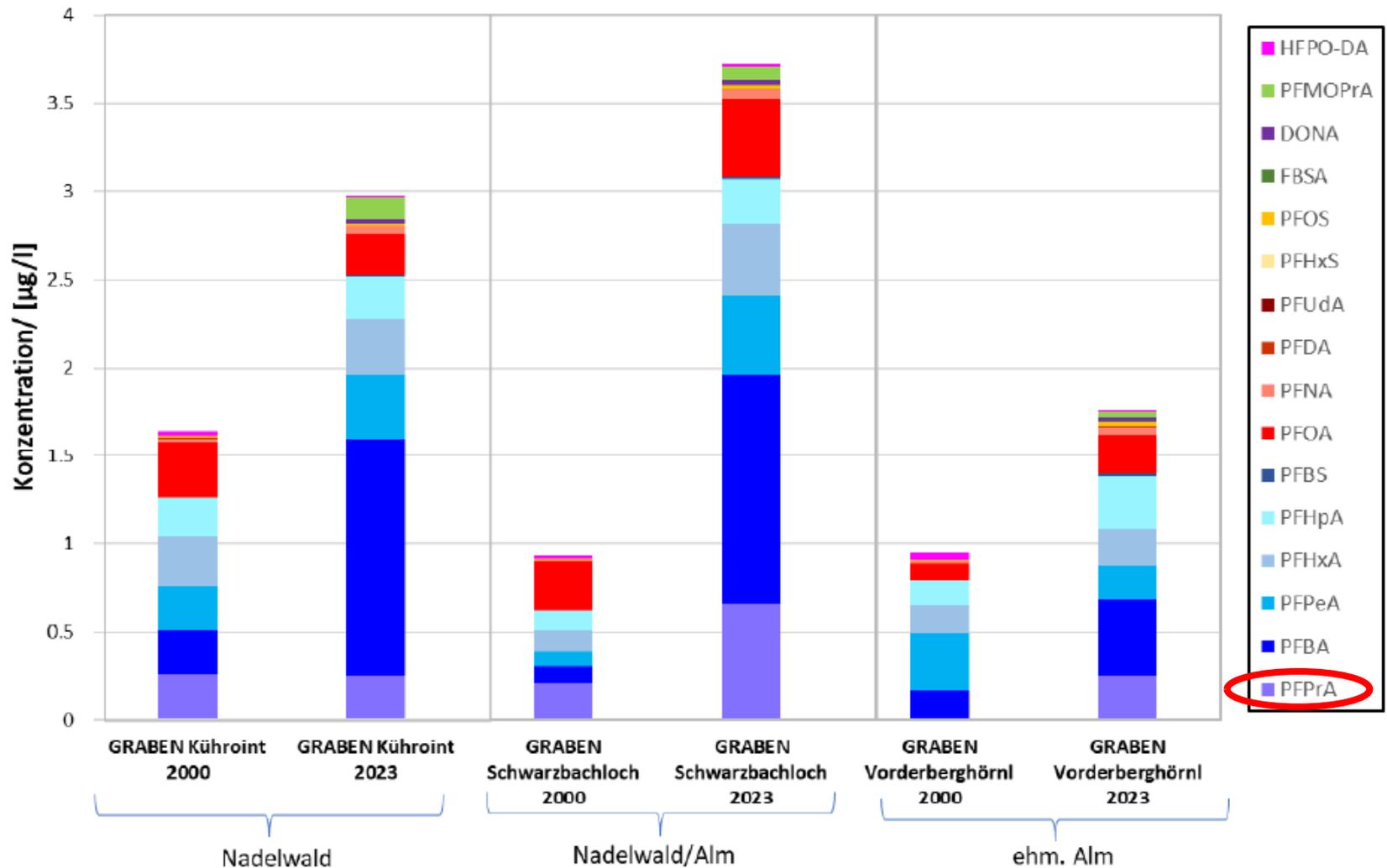
- 
- PFAS in Alt- wie Neuschnee nachweisbar, v.a. an PopAlp-Standorten
  - => atmosphärische Deposition belegt!**
  - „nur“ Momentaufnahme (März bis Mai 2023)!

## Bachelorarbeit: Ergebnisse Quellproben

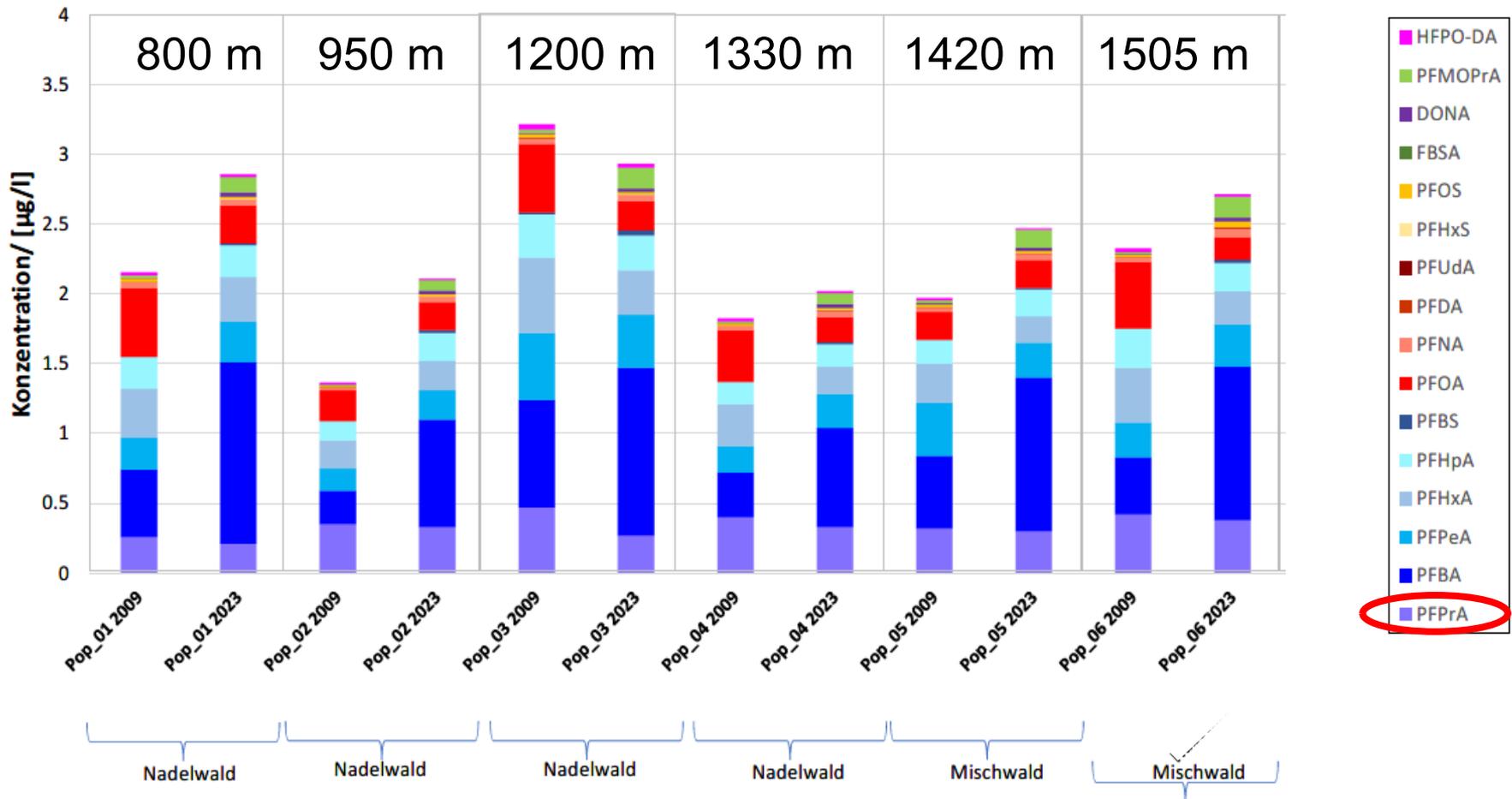


- Alle PFAS < Bestimmungsgrenze  
=> **Keine Beeinflussung von  
Quellwasser**
- Aber: „nur“ Momentaufnahme (Mai  
2023) mit erhöhter Quellschüttung!

## Bachelorarbeit: Ergebnisse GRABEN-Oberbodenproben

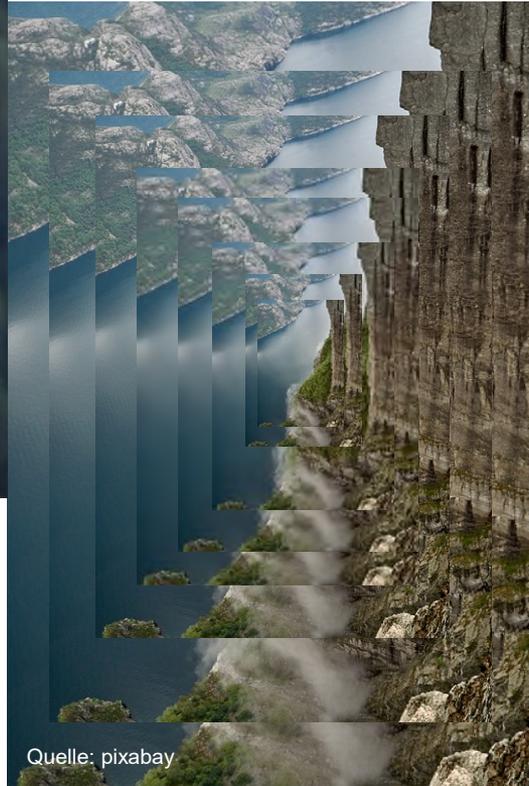
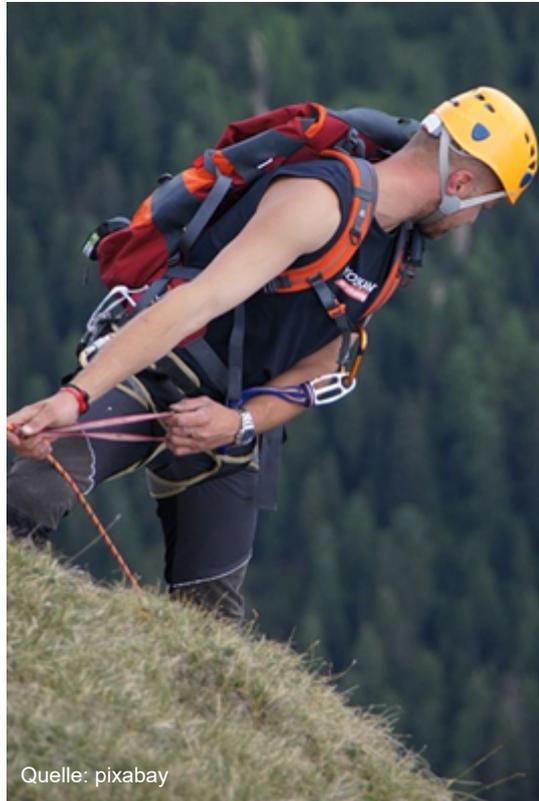


# Bachelorarbeit: Ergebnisse PopAlp-Oberbodenproben



## Ergebnisse & Ausblick

- Vorkommen von PFAS auch an „natürlichen“ Standorten, u.a. auch Prüfwertüberschreitungen für PFOA (BBodSchV, Pfad Boden-Grundwasser, Ort der Probenahme)
  - Erstnachweise in Rückstellproben von 1987
  - I.d.R. Zunahme über die Zeit bei
    - PFAS-Stoffspektrum
    - PFAS-Summenkonzentration
    - Konzentration v.a. der kurzkettigen PFAS & „neuer“ PFAS, z.B. FBSA, ADONA
  - I.d.R. Stagnation bei der Konzentration langkettiger PFAS
- 
- ➔ Betrachtung auch von Boden-Vorräten
  - ➔ Ausweitung der Messungen auf Deposition = Bergerhoff
  - ➔ Messungen in Quellwasser sowie Deposition „kontinuierlich“



**Danke an die Kolleginnen und Kollegen des LfU-  
Referats 76, Herrn Mühlbacher vom  
Wasserwirtschaftsamt München und natürlich  
Anna Schwimmbeck für die Erstellung der  
gelungenen Bachelorarbeit!**

(„Untersuchungen zur Bodenbelastung mit Per- und polyfluorierten Alkylverbindungen (PFAS) im Nationalpark Berchtesgaden unter besonderer Berücksichtigung des atmosphärischen Transports“)

**&  
Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!**

