



# PFAS-Monitoring im Grundwasser in Bayern

Christian Becker  
Referat 93  
Grundwasserbeschaffenheit



## PFAS-Monitoring des LfU im Grundwasser (Stand 12/2023)

- Untersuchung von insgesamt 828 Messstellen, davon ca. 760 im aktuellen WRRL-Messnetz
- Vereinzelt Messungen beginnend 2007, regelmäßige Untersuchung im Monitoring ab 2016
- Mindestparameterumfang: 15 Einzelstoffe je Messstelle
  - C4–C12-PFCA, C4/C6/C8-PFSA und 4:2/6:2/8:2-FTSA
- Maximaler Parameterumfang: 34 Einzelstoffe je Messstelle (bis 2023)
  - ultrakurzkettige PFAS: TFA und PFPrA
  - 20 PFAS gem. TrinkwV: C4–C13-PFCA und -PFSA
  - Vorläuferverbindungen: – polyfluoriert: 4:2/6:2/8:2-FTSA, Capstone A und B, **6:2/8:2-diPAP, 9Cl-PF3ONS**  
(Fluortelomer-Phosphate und 9-Chlorhexadecafluor-3-oxanonan-1-sulfonsäure)
  - perfluoriert: *N*-EtFOSAA und *N*-MeFOSAA  
(PFOS-Derivate: *N*-Alkyl-perfluorooctansulfonamidoessigsäuren)
  - industrielle Hilfsstoffe: HFPO-DA und DONA (Ethercarbonsäuren)



## Auswertung Wasserrahmenrichtlinie-Messnetz

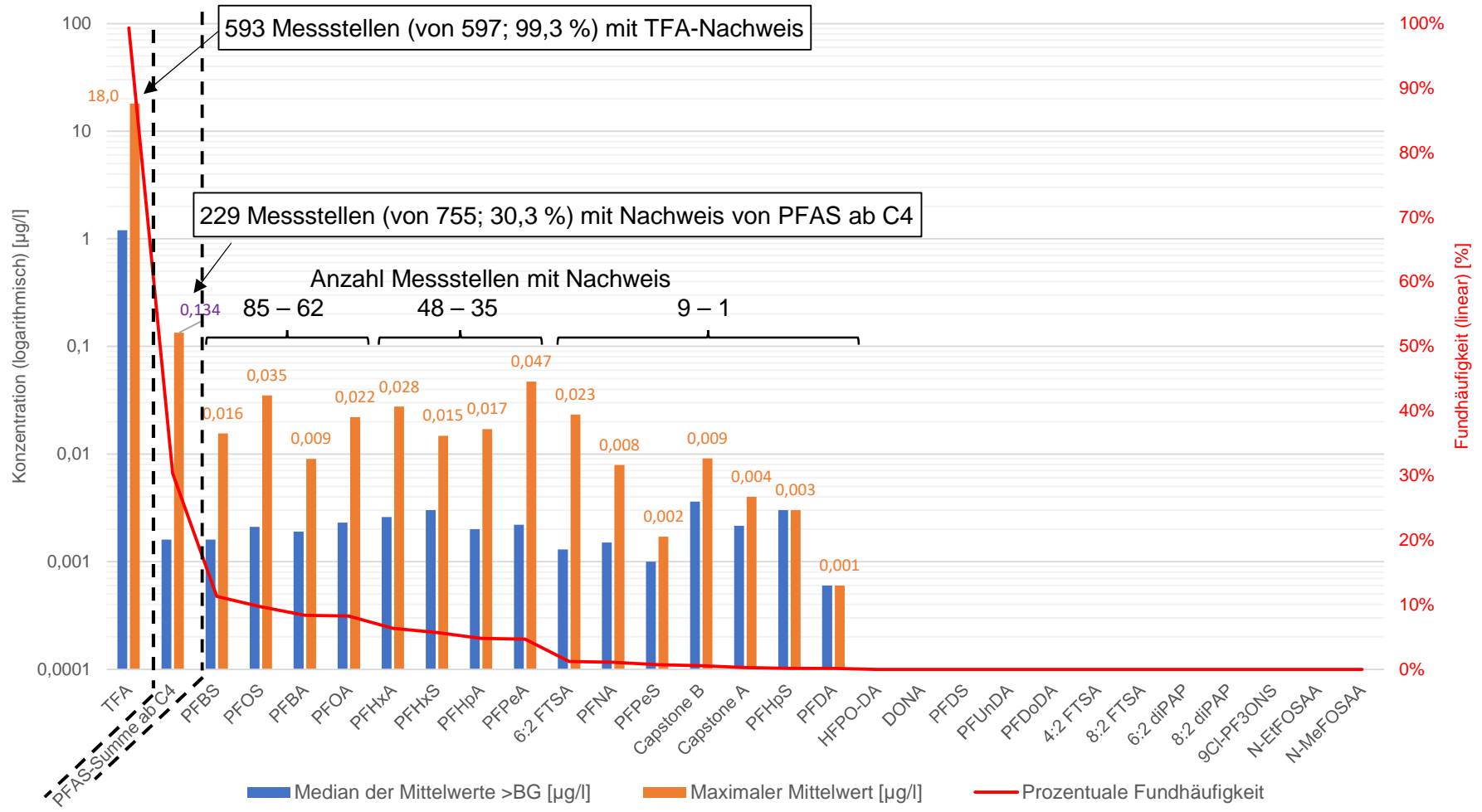
- Ausgewertet wurden 755 WRRL-Messstellen
- Vermeidung einer Verzerrung der Statistik durch Ausschluss von belasteten Messstellen, denen eindeutig Schadensfälle zugeordnet werden können (Summe PFAS  $\geq$  C4: ca. 0,1 – 1,5  $\mu\text{g/l}$ ):  
TrÜbPI Hohenfels Lkr. NM, Chemiepark Gendorf Lkr. AÖ (bislang einzige Region mit relevanten Funden von DONA und HFPO-DA im Grundwasser, Auswirkungen bis Passau), Flughäfen (militärisch und zivil) in den Lkr. FFB, LL, MM + N, Löscheinsatz bei Kunststoffhersteller Lkr. PAF.
- An 728 der 755 Messstellen wurden seit 2016 mind. 27 Parameter untersucht: 34 PFAS-Parameter ohne TFA und PFPrA sowie die fünf ab 2026 Trinkwasser-relevanten Parameter PFTTrDA, PFNS, PFDS, PFUnDS, PFDoDS und PFTTrDS.
- Auffällig belastete Messstellen ohne bekannte Ursache meist in Nähe von Deponien und Gruben (Summe PFAS  $\geq$  C4 bis zu 0,13  $\mu\text{g/l}$ )  
⇒ eher konstante Konzentrationen in Deponienähe (größeres Depot?)  
⇒ eher sinkende Tendenzen in Grubennähe (einmaliger Eintrag?)



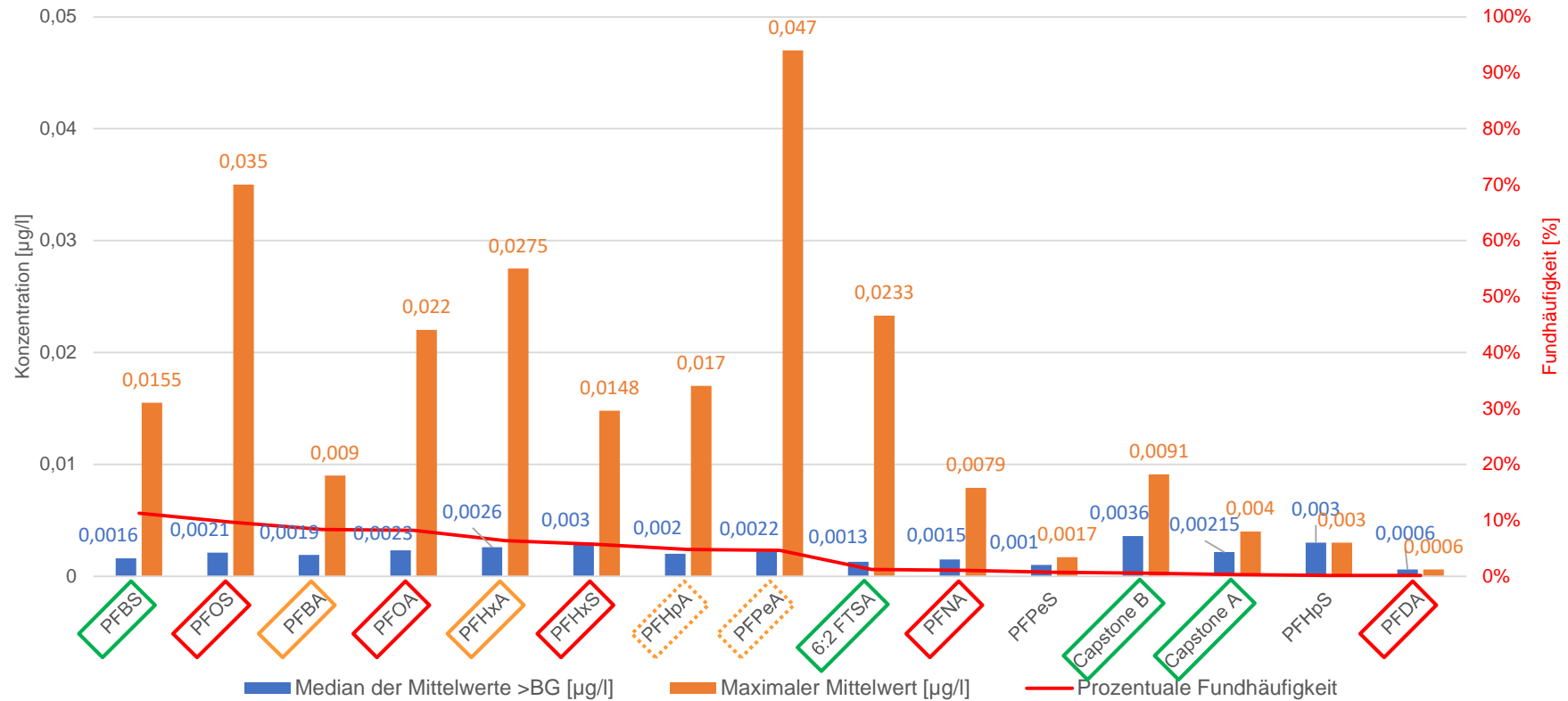
## Auswertung WRRL-Messnetz

- Zur besseren Vergleichbarkeit bei der Auswertung wurde die Bestimmungsgrenze für PFOS den übrigen PFAS  $\geq$  C4 rechnerisch angepasst (1,0 statt 0,2 ng/l).
- Bis auf TFA liegen die Mediane aller übrigen untersuchten PFAS  $>$  C2 unter der Bestimmungsgrenze.  
⇒ Das Diagramm stellt die Mediane der **nachgewiesenen** Konzentrationen dar.
- Unterschied von TFA zu längerkettigen PFAS:  
Hohe Fundhäufigkeit im Grundwasser auf ca. 1000fach höherem Konzentrationsniveau (Median ca. 1,2 µg/l), verursacht i. W. durch Abbau
  - fluorierter Treibhausgase in der Atmosphäre, wie z. B. „F-Gase“ in Kältemitteln (weniger ozonabbauende FKW/Hydrofluorolefine als Ersatz für FCKW) etc. sowie
  - Trifluormethyl-Seitenketten-haltiger Pflanzenschutzmittelwirkstoffe im Boden, wie z. B. Flurtamone, Flufenacet etc.

# Auswertung – alle nachweisbaren Parameter (logarithmische Darstellung)



# Auswertung – nachweisbare PFAS ≥ C4 (lineare Darstellung)



**Aktuell kommerziell relevante PFAS\* (z. B. Ersatzstoffe)**

**Abbauprodukte von aktuell kommerziell relevanten\* Vorläuferverbindungen\*\***

**Ehemals kommerziell relevante PFAS\* (z. B. Löschschäume, industrielle Hilfsstoffe)**

\* Nach Buck et al. (2021): Identification and classification of commercially relevant per- and poly-fluoroalkyl substances (PFAS). Ohne 3M.

\*\* PFBA aus Hydrofluorethern (Lösungs- und Kältemittel) bzw. PFHxA aus 6:2-Fluortelomerverbindungen.



## Ergebnisstatistik für Messstellen ohne bekannte Ursache

			Summe* PFAS ≥ C4				
Mittlere Filtertiefe		Anzahl	Anzahl Funde	Fundhäufigkeit	Maximum	Median	Anteil Mess-
von	bis				der Funde	stellen < 0,01 µg/l	
Quellen		385	78	20,3%	0,105	0,001	97,9%
Bohrungen		370	151	40,8%	0,13	0,0022	89,5%
0	5	43	22	51,2%	0,041	0,0022	88,4%
5	10	83	45	54,2%	0,057	0,0031	81,9%
10	15	58	19	32,8%	0,13	0,0016	89,7%
15	20	41	15	36,6%	0,026	0,002	90,2%
20	25	43	17	39,5%	0,024	0,0029	95,3%
25	35	37	14	37,8%	0,023	0,0009	91,9%
35	50	38	12	31,6%	0,024	0,001	92,1%
50	150	27	7	25,9%	0,025	0,0014	96,3%
<b>Art der Messstelle</b>							
Quellen		134	31	23,1%	0,105	0,0013	97,0%
Quellfassungen		251	47	18,7%	0,038	0,0009	98,4%
GWM		242	103	42,6%	0,13	0,0016	88,0%
Brunnen		128	48	37,5%	0,038	0,0013	92,2%
<b>Dominierende Landnutzung</b>							
Acker + Sonderkultur		245	82	33,5%	0,13	0,0017	93,1%
Grünland		85	26	30,6%	0,033	0,0013	94,1%
Wald		226	57	25,2%	0,072	0,001	96,0%
Siedlung		20	16	80,0%	0,057	0,0075	65,0%

\* Summe der gemittelten Einzelstoff-Konzentrationen seit Messbeginn

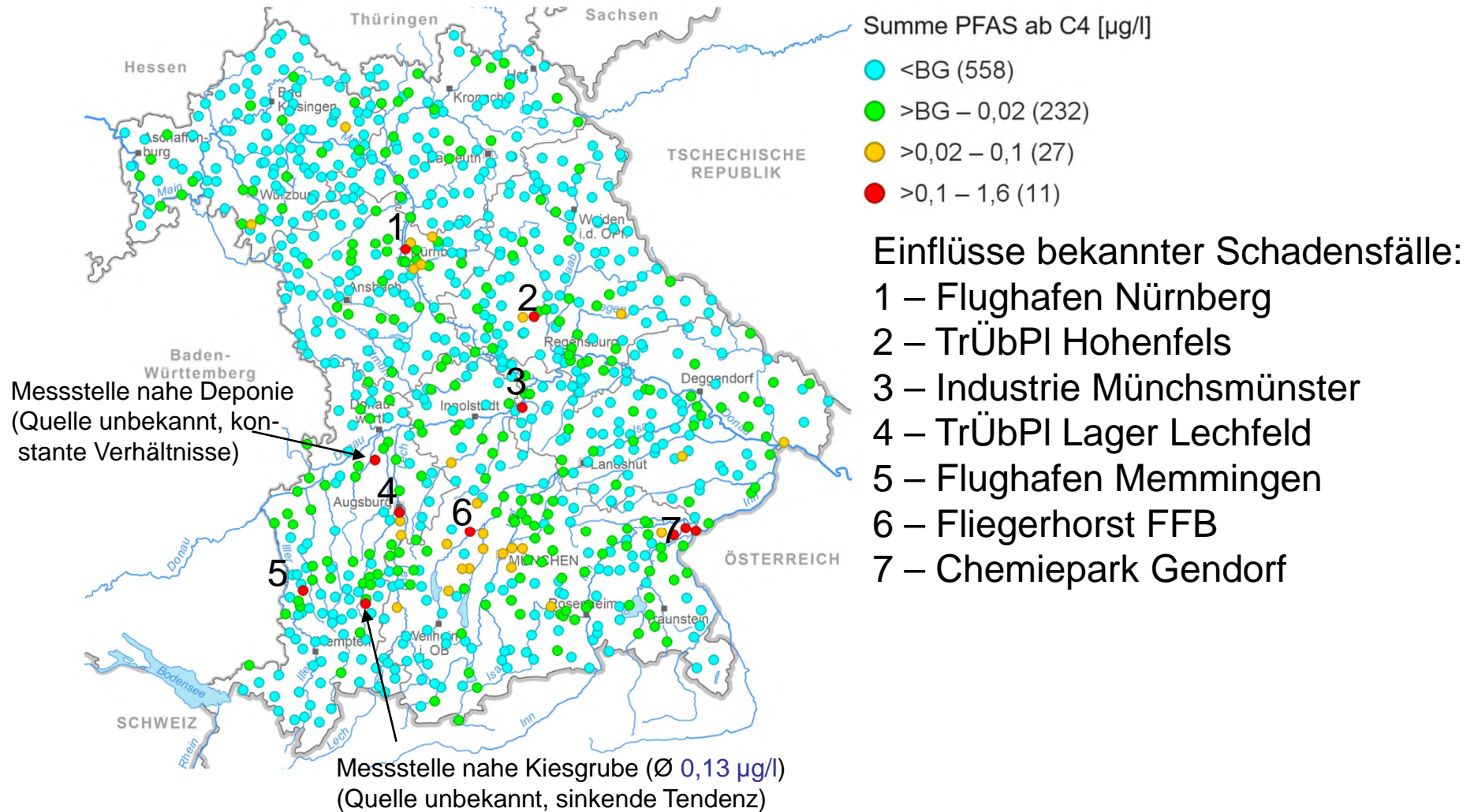


## Zusammenfassung Ergebnisse

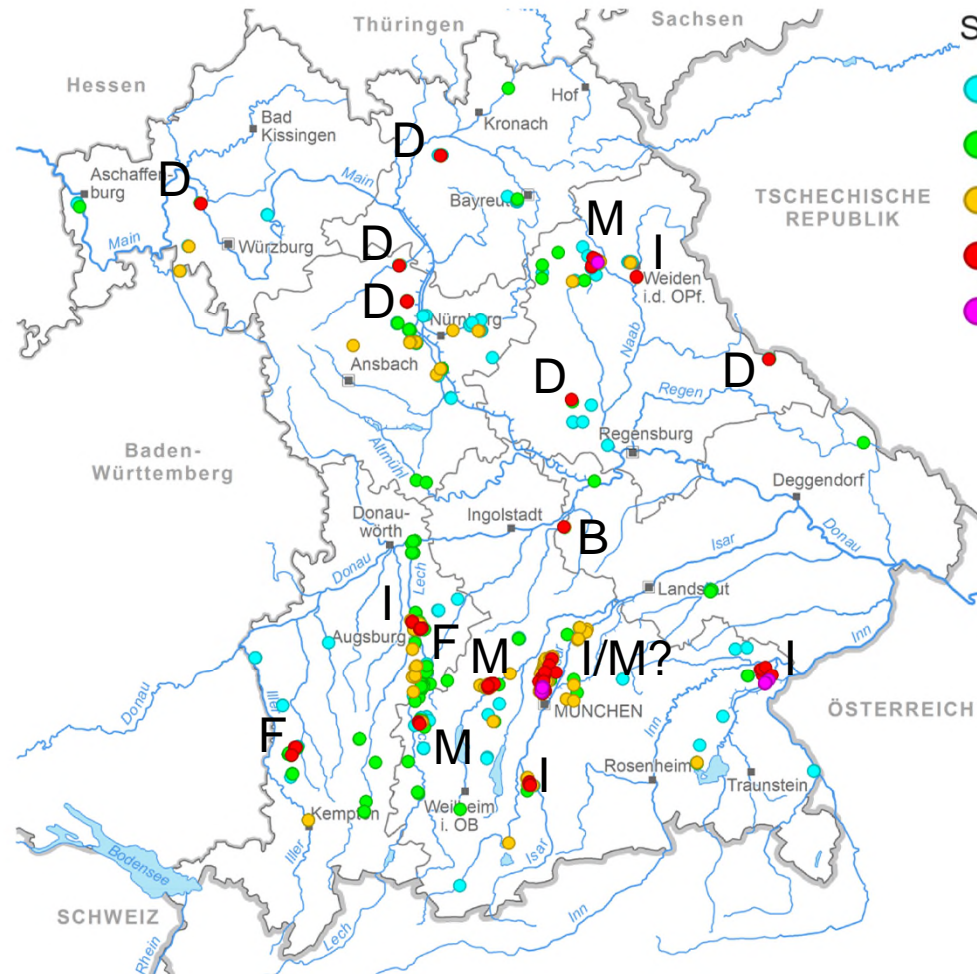
- Belastungsschwerpunkte:  
GWM > Quellen / flache GWM > tiefe GWM ( $\Rightarrow$  Versickerung und Sorption)  
GWM > WF ( $\Rightarrow$  geschützte Einzugsgebiete)  
siedlungsbeeinflusste Flächen > wenig / landwirtschaftlich beeinflusst  
(i. W. Flugplätze, Industrie, Abfall) > (Wald, Grünland, Acker)
- Außerhalb bekannter Schadensfälle und Industrieinflüsse häufigste Funde für C4-/C8-, gefolgt von C5/C6-PFCA/PFSA.  
Konzentrationsbereiche für nachgewiesene Parameter:  
Mediane 0,0016 – 0,003  $\mu\text{g/l}$  (PFHxS) / Maxima 0,009 – 0,047  $\mu\text{g/l}$  (PFPeA)
- Aktuelle REACH-Registrierungen für kommerziell relevante PFAS:
  - Unter den C4–C13-PFCA/PFSA: nur PFBS (1-10 t/a).
  - Unter den Vorläuferverbindungen in deutlich größerer Menge, z. B.:
    - 6:2-Fluortelomerverbindungen wie 6:2 FTSA und Capstone A (jeweils 10-100 t/a) sowie Capstone B (100-1000 t/a)  $\Rightarrow$  Abbauprodukt: PFHxA (PFPeA, PFHpA).
    - Ethyl und Methyl perfluor-*n*-butylether (Inhaltsstoffe von Novec 7200 bzw. 7100 von 3M: jeweils 100-1000 t/a)  $\Rightarrow$  Abbauprodukt: PFBA.



# Übersicht – Messstellen des behördlichen Monitorings (828)



# Übersicht – sonstige Messstellen (561, z.B. anlassbezogen oder WF)

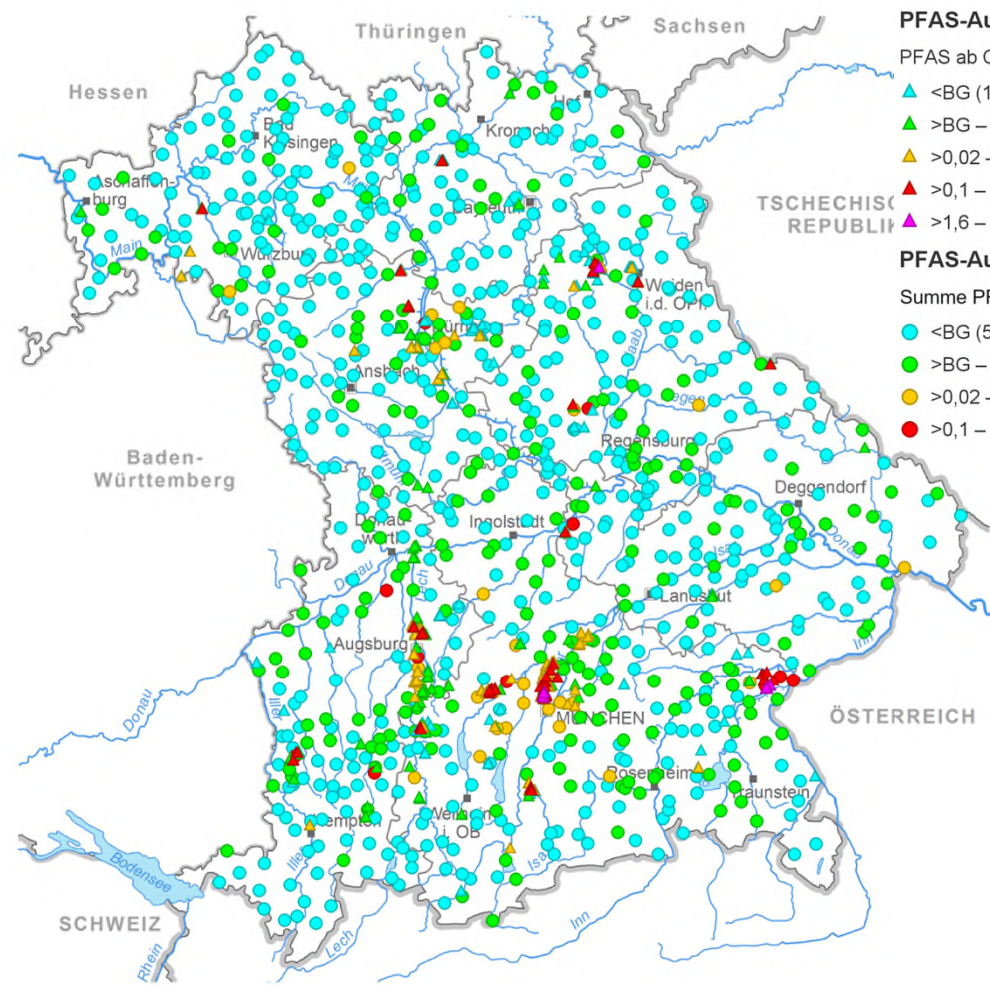


Summe PFAS ab C4 [ $\mu\text{g/l}$ ]

- <BG (170)
- >BG – 0,02 (133)
- >0,02 – 0,1 (138)
- >0,1 – 1,6 (102)
- >1,6 – 16 (18)

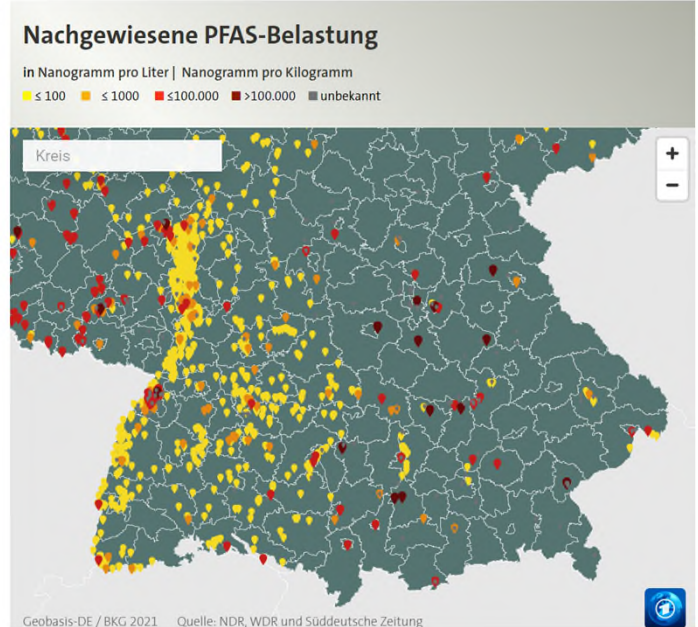
- Weitere mögliche PFAS-Quellen:
- B – Brandereignis (Löschmittel)
  - D – Deponie (Abfall)
  - F – Flugplatz (Löschmittel)
  - I – Industrie (Hilfsmittel, Produkt)
  - M – Militär (Löschmittel)

# Gesamtübersicht über alle Messstellen (1389)

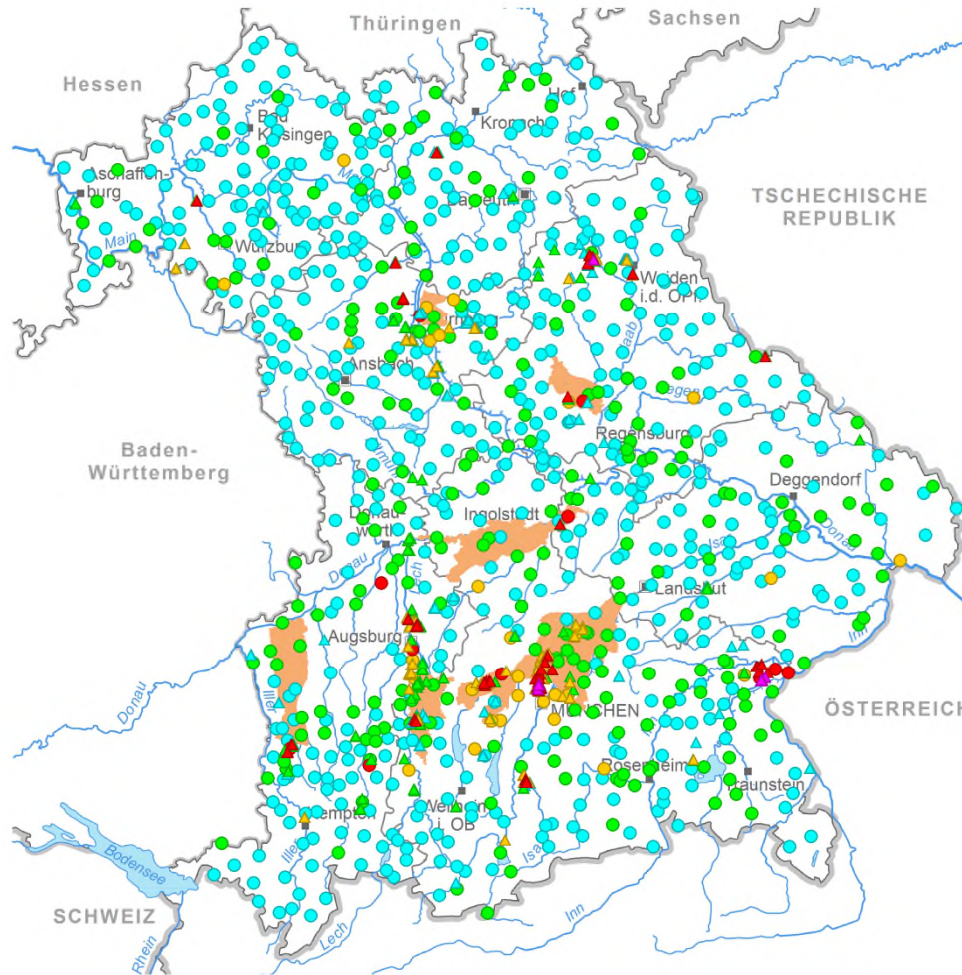


- PFAS-Auswertung\_12-2023\_Sonstige**
- PFAS ab C4 [ $\mu\text{g/l}$ ]
- ▲ <BG (170)
  - ▲ >BG – 0,02 (133)
  - ▲ >0,02 – 0,1 (138)
  - ▲ >0,1 – 1,6 (102)
  - ▲ >1,6 – 16 (18)
- PFAS-Auswertung\_12-2023\_LMN**
- Summe PFAS ab C4 [ $\mu\text{g/l}$ ]
- <BG (558)
  - >BG – 0,02 (232)
  - >0,02 – 0,1 (27)
  - >0,1 – 1,6 (11)

Gemeinsame Recherche von NDR, WDR und SZ in Böden und Gewässern (02/2023)



## GVAÖ-GWK in schlechtem Zustand (u.a. wegen PFOS)



8 GWK mit grundwasserverbundenen aquatischen Ökosystemen (GVAÖ) in schlechtem chemischen Zustand, d. h. Belastung von Oberflächengewässern durch kontaminiertes Grundwasser.

- Malm – Hohenfels
- Moränenland – Penzing
- Quartär – Dachau, Freising, Ingolstadt und Münchsmünster
- Sandsteinkeuper – Forst Tennenlohe
- Vorlandmolasse – Roggenburg (MM)

⇒ Ursachen: i. W. Löschübungen auf Flugplätzen (zivil und militärisch) und große Löscheinsätze an Industrieanlagen



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**