



Baden-Württemberg

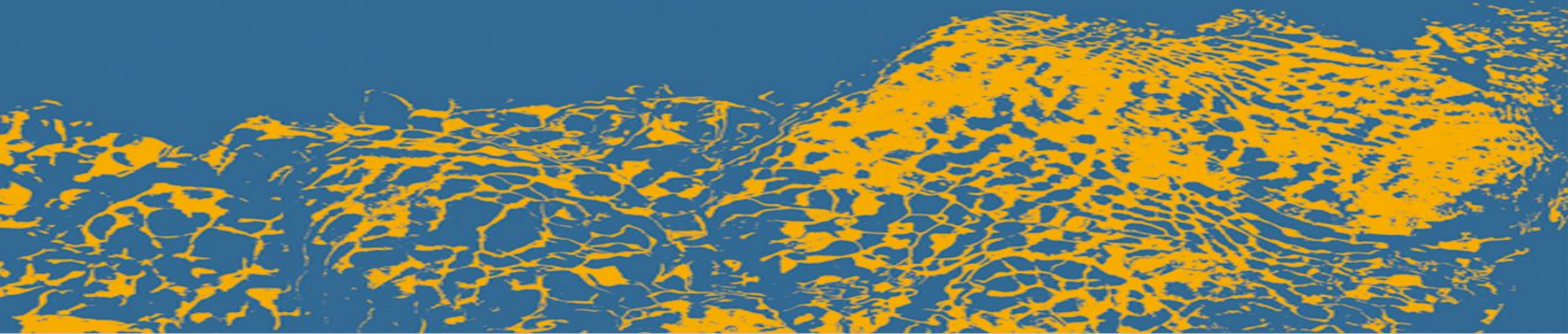
REGIERUNGSPRÄSIDIUM KARLSRUHE

Bayerisches Landesamt für
Umwelt



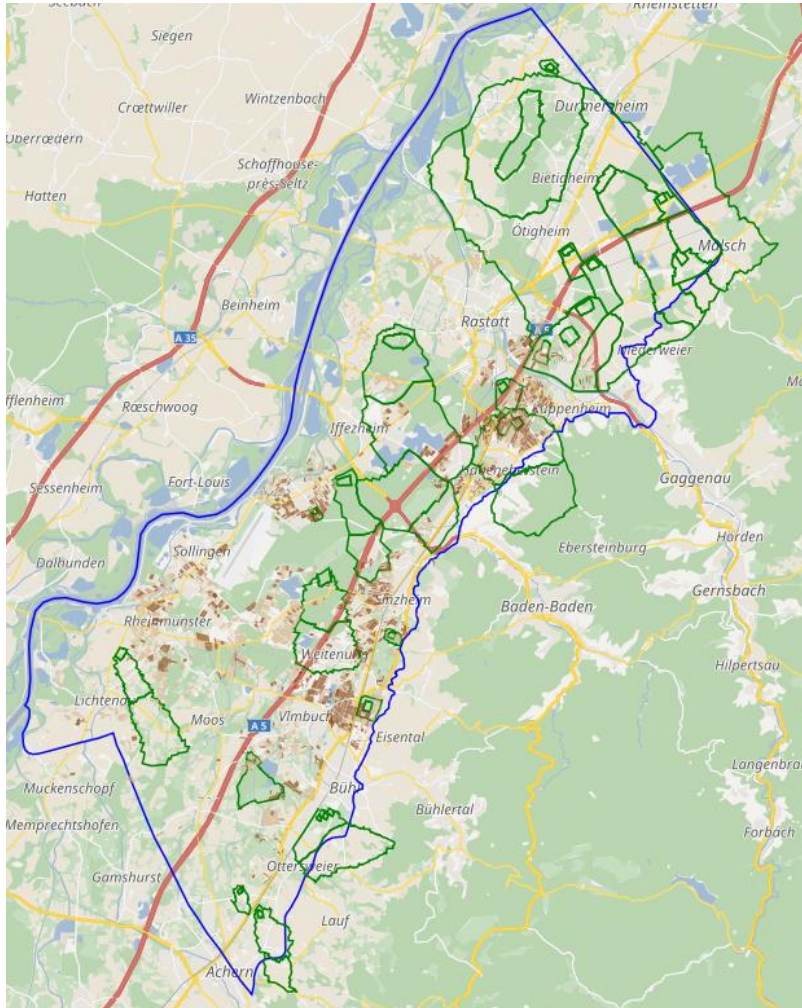
Verhalten von Precursor- Substanzen im Boden

Ergebnisse aus
Großlysimeteruntersuchungen





Projekt Hintergrundinformation



- großräumige PFAS-Kontamination in Mittelbaden (Baden Württemberg)
 - Ursache: wahrscheinlich bedingt durch die Aufbringung PFAS-haltiger Komposte mit Papierschlämmen als „Bodenverbesserer „ (2006-2008)
 - 1.Fund: PFAS Befund bei einem Screening des Rastatter Wasserversorgers Ende 2012
 - Betroffenes Gebiet: ca. 1100 ha in Mittelbaden und ca. 550 ha in Mannheim
 - PFAS liegen in großem Umfang als sog. Vorläufer (Precursor) vor
 - Seit 2018 Projektkooperation LfU und Regierungspräsidium Karlsruhe:
 - 2018 – 2020 Kleinlysimeterversuche
 - Seit 2019 Großlysimeterversuche

Großlysimeter Fragestellung

- Darstellung des Transportverhalten von PFAS im Boden unter weitgehend realitätsnahen Bedingungen
- Im Mittelpunkt der Untersuchung steht dabei der Pfad Boden-Grundwasser



Standort LfU Wielenbach



Großlysimeter Versuchsaufbau

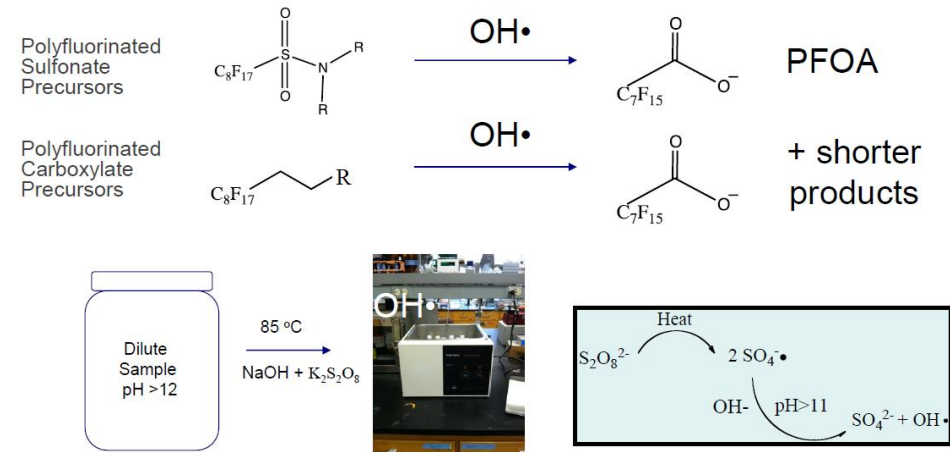
- Seit 2019: 4 Großlysimeter ($d = 1 \text{ m}$, $h = 2 \text{ m}$) aus dem Schadensfall Rastatt/Baden-Baden
 - 2 für Region typische Standorte mit unterschiedlichen Bodenbedingungen
 - Als Ackerstandort betrieben
 - Natürliche Wetterbedingungen (keine Beregnung)
 - Tracer: Kaliumbromid
 - Feststoffbestimmung, Elutionen (DIN 19529) und Sickerwasseranalyse
 - Analysenumfang :
 - Boden: „Standard“ PFAS (20 Verbindungen, DIN 38414-14), Vorläuferverbindungen (6:2 diPAP, 8:2 diPAP, SamPAP), Summenparameter (EOF, Top Assay), C-Org
 - Sickerwasser/ Eluat: „Standard“ PFAS (DIN 38407-42), Summenparameter (AOF, TOP Assay), TOC, pH, Leitfähigkeit, Temp., Trübung
 - Wöchentliche Probenahme des Sickerwassers (soweit möglich)
 - Laufzeit: 6 Jahre

EOF (extrahierbares organisch gebundenes Fluor)

- Summenparameter
 - Zweifache Extraktion des Feststoffs mit Methanol
 - Clean-up-Schritt (Entfernung anorganisches Fluorid)
 - Verbrennungsanalyse gekoppelt mit Ionenchromatografie
- Berechnung Fluor Gehalt der messbaren PFAS Verbindungen
 - Vergleich mit EOF gibt Aufschluss über Vorhanden sein nicht bestimmbarer PFAS

TOP Assay (Total Oxidizable Precursor-Assay)

- Oxidation zahlreicher Vorläuferverbindungen mittels OH-Radikale zu den messbaren Perfluorcarbonsäuren (PFCA)



http://www.emergingcontaminants.eu/application/files/5514/5260/6214/42_Environmental_Fate_and_t

TOP-Assay für Feststoffe

- Methanol Extraktion
- Anschließende Oxidation

Entnahmestellen



Standort Steinbach

- Flach pseudovergleyte Normvega aus Auenschluff
- Lysimeter Stein 1 und Stein 2



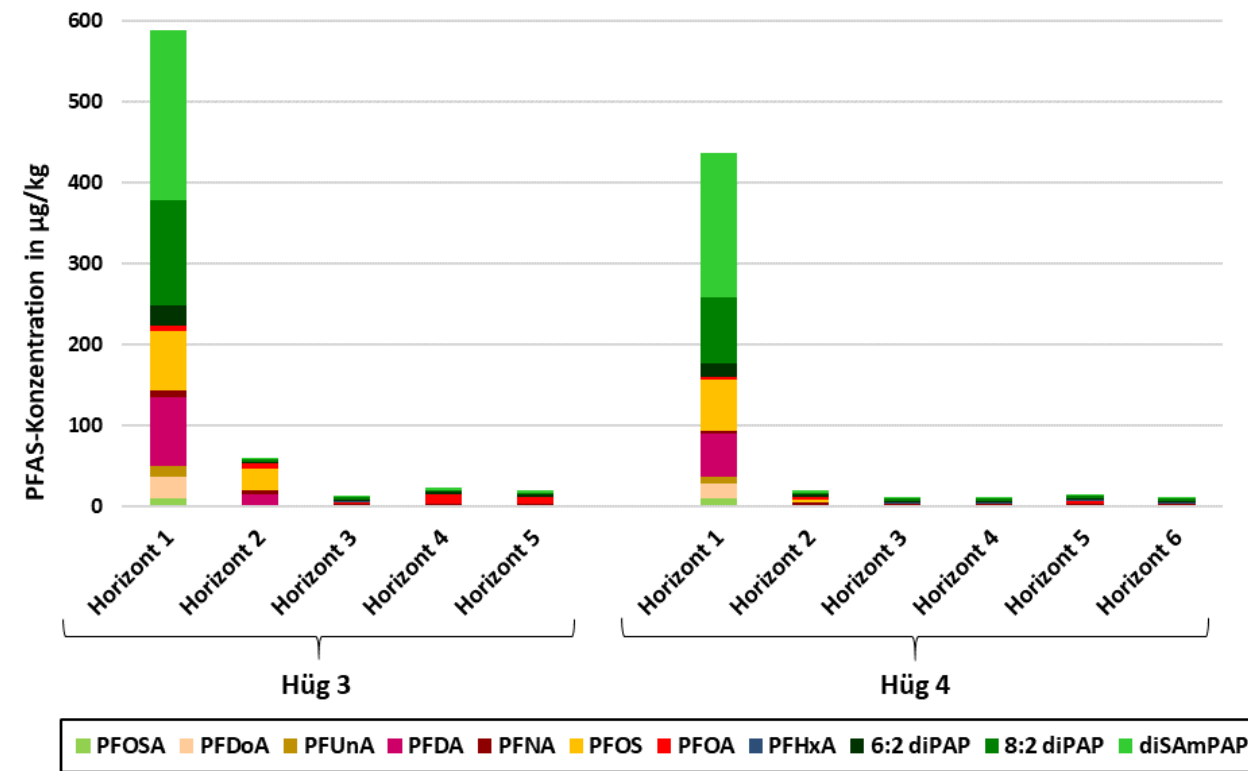
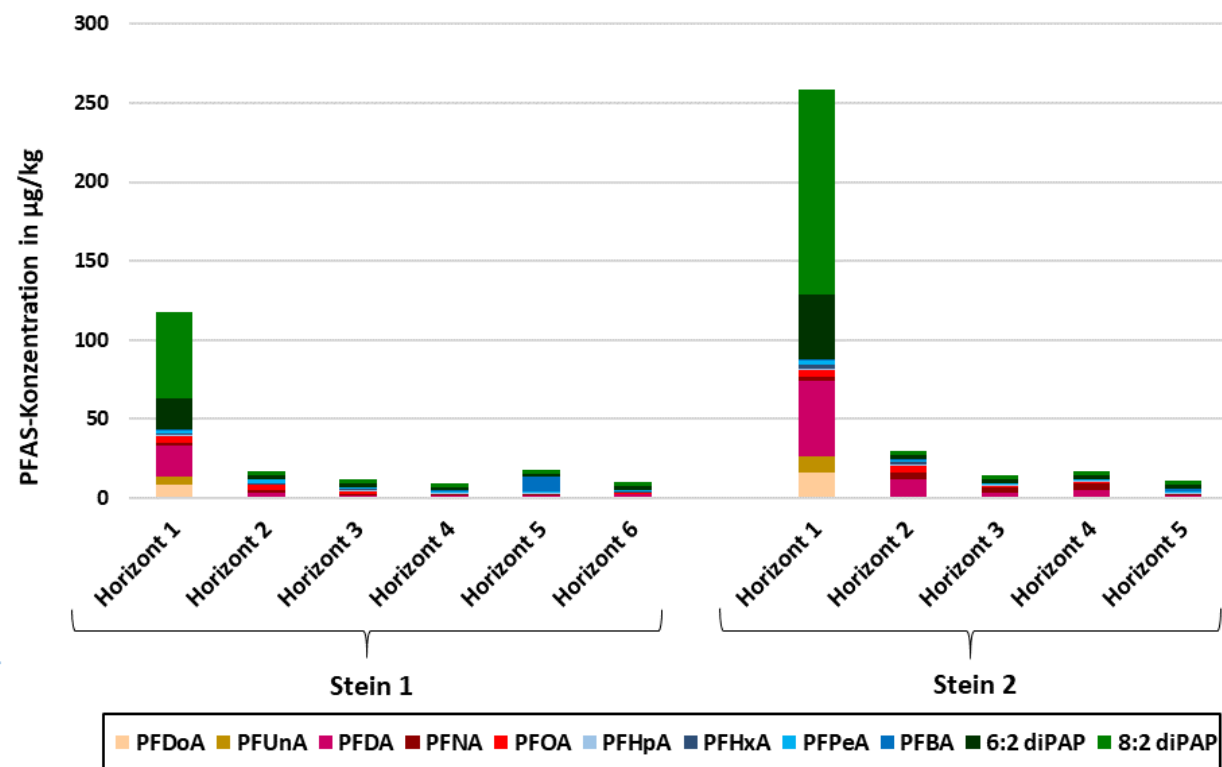
Standort Hügelsheim:

- Tief reliktsch vergleyte Braunerde aus kiesführenden Lehmsanden
- Lysimeter Hüg 3 und Hüg 4

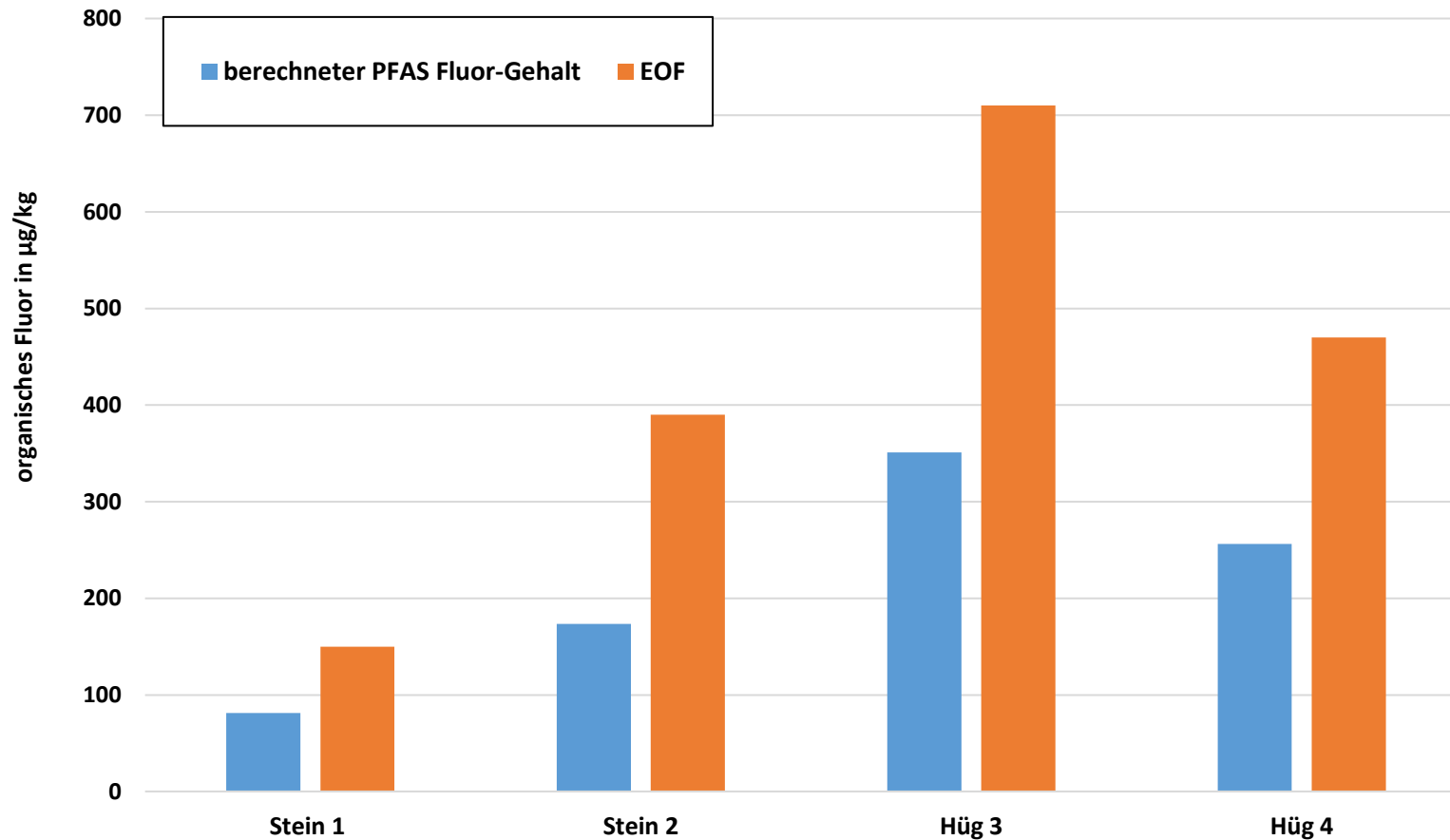
Lysimeterentnahme



Feststoffbestimmung zu Versuchsbeginn



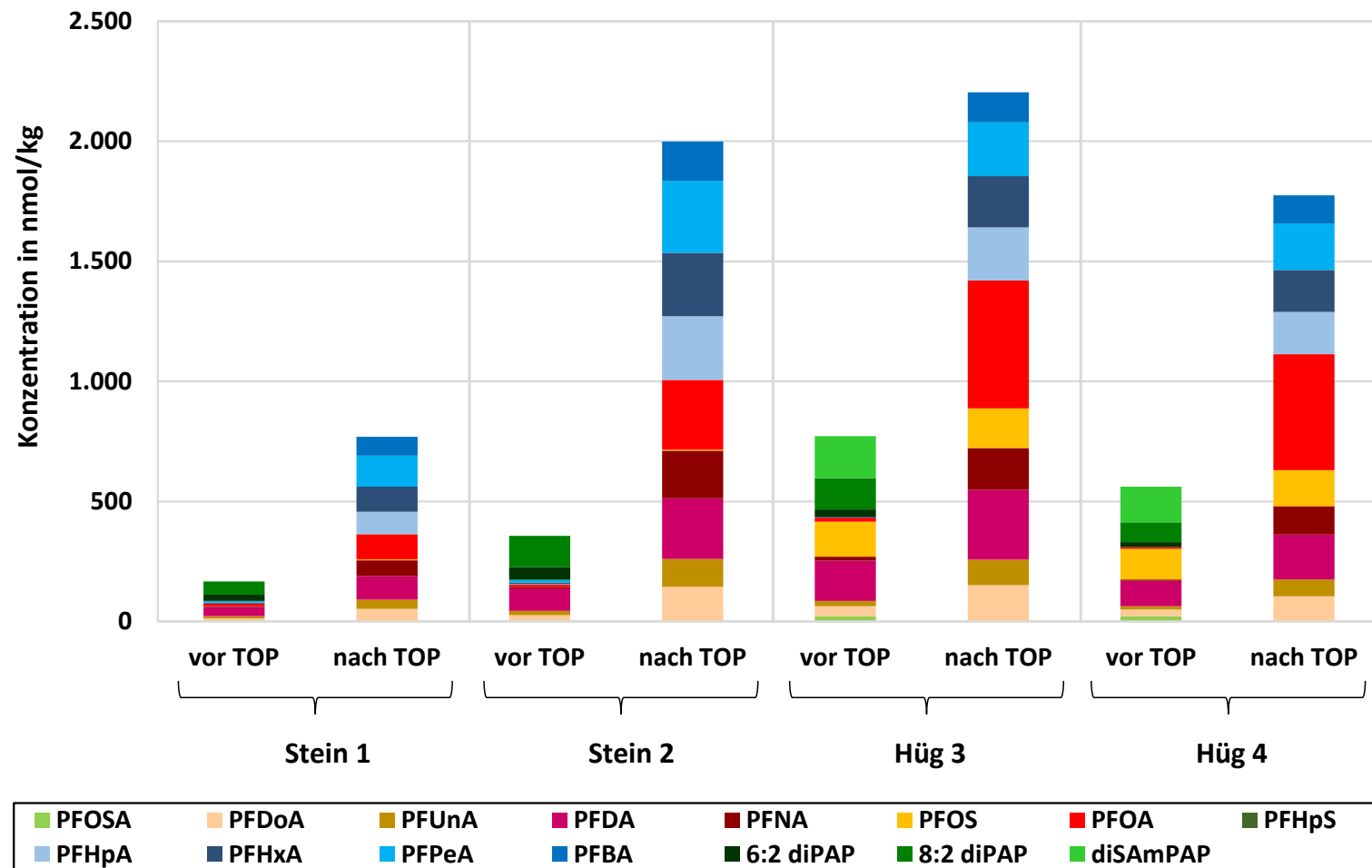
Ergebnisse EOF im Oberboden



Großer Anteil unbekannter
PFAS vorhanden

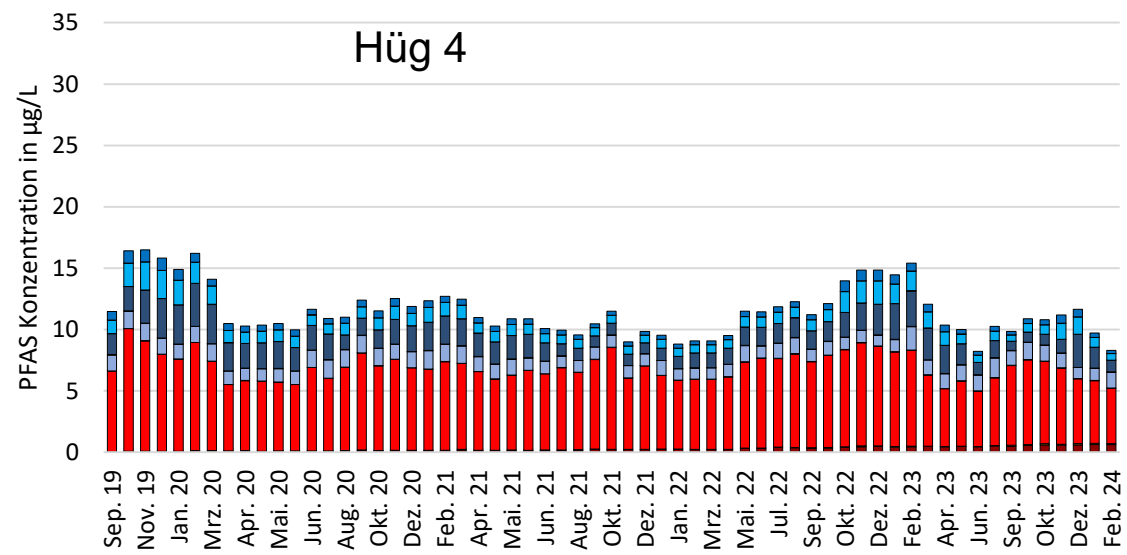
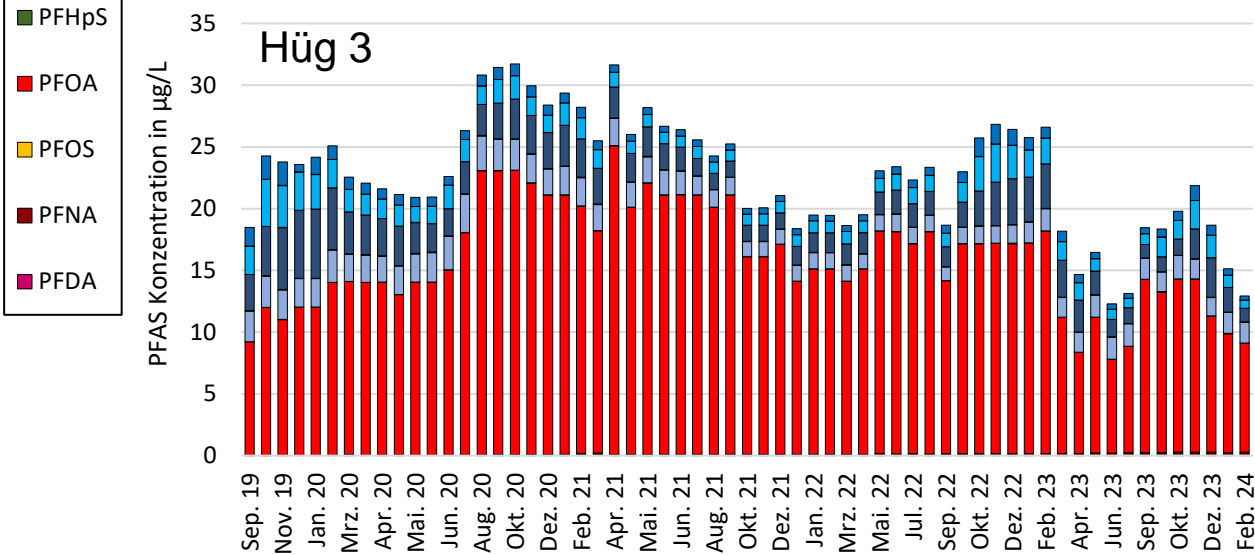
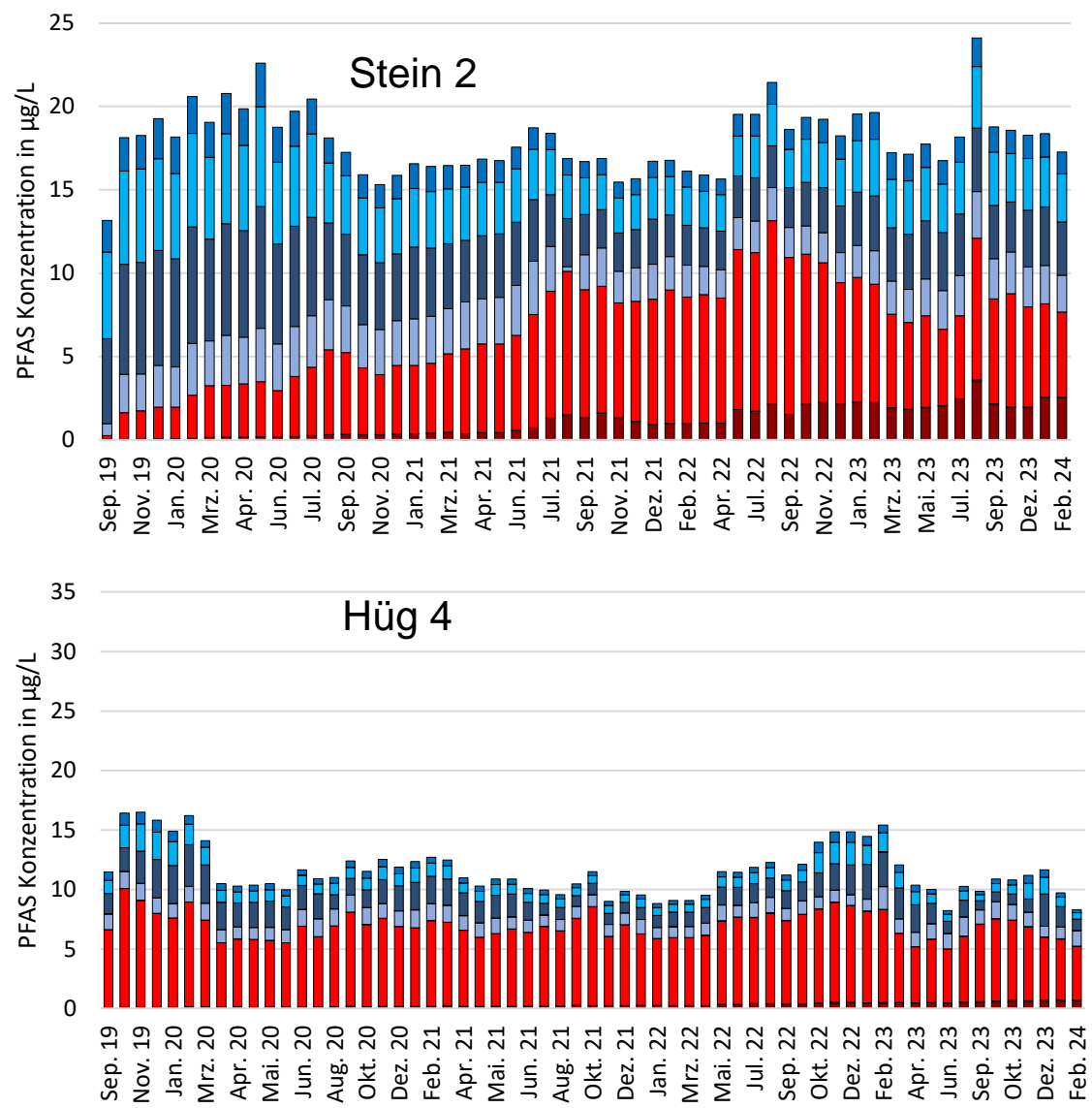
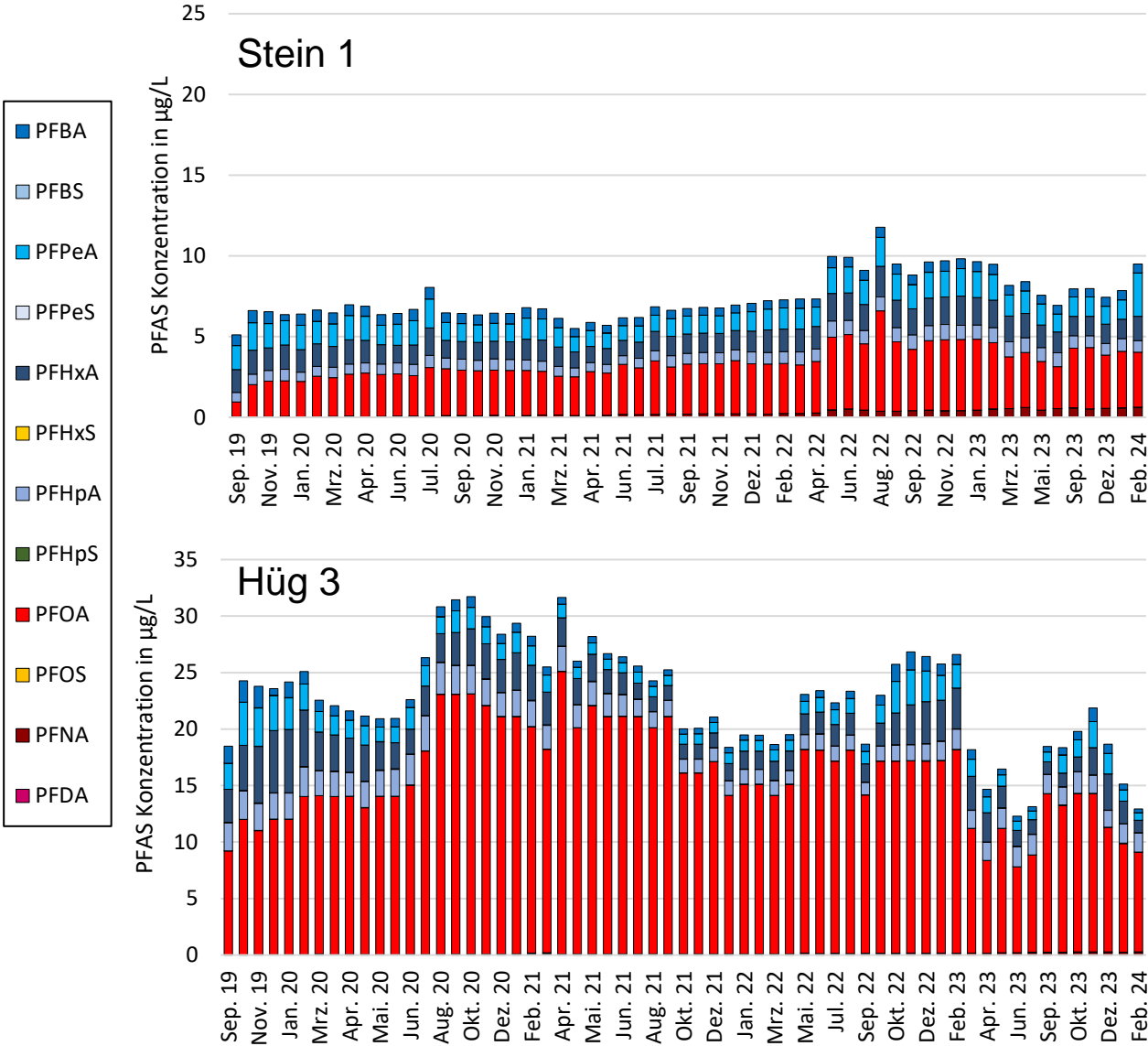
➤ Aber: nur im Oberboden

Ergebnisse TOP Assay (Feststoff) im Oberboden



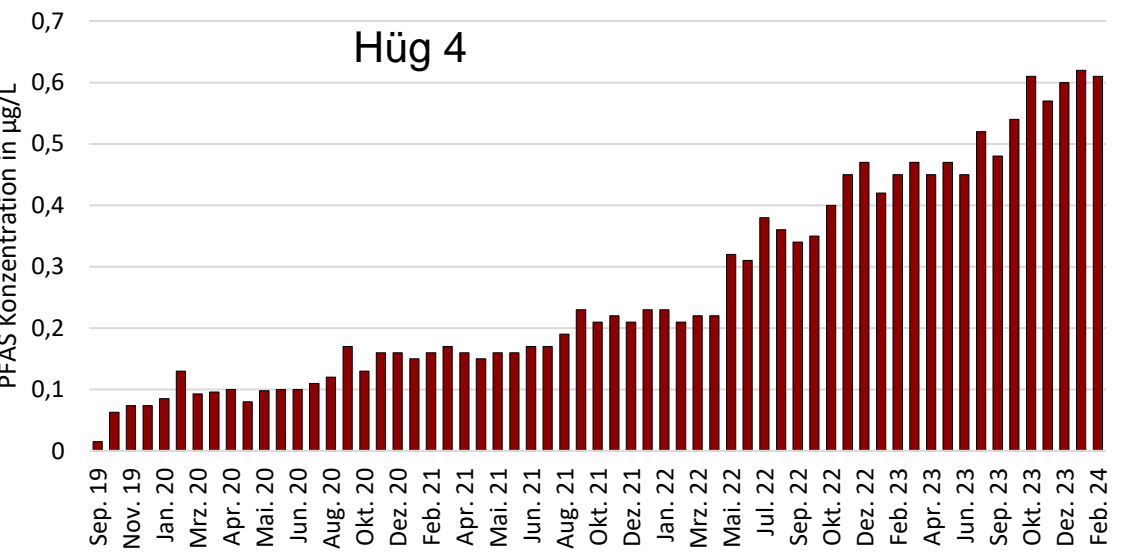
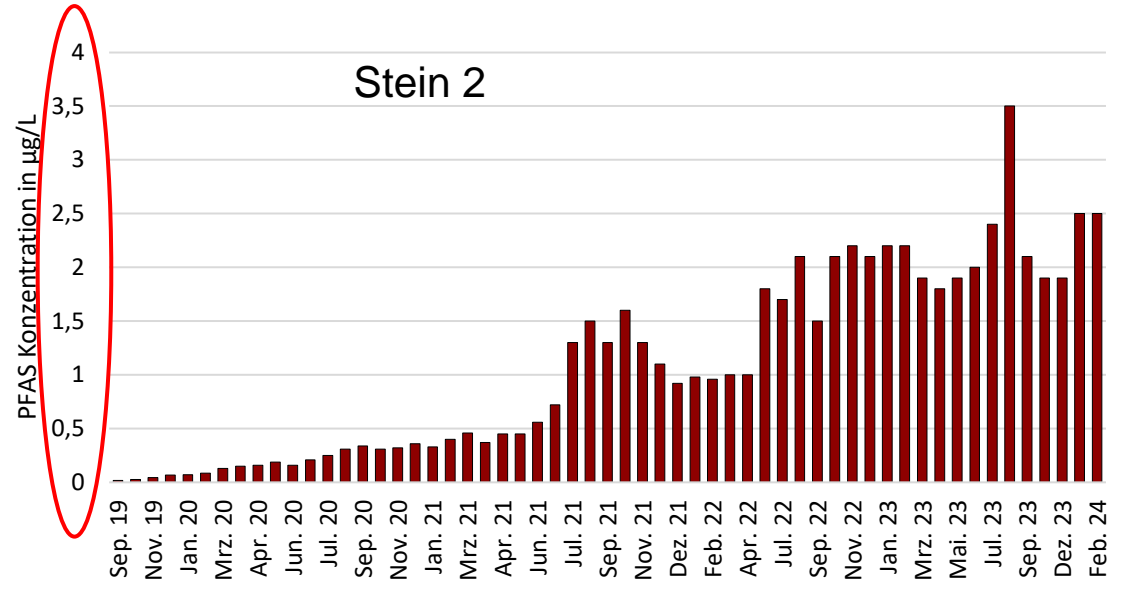
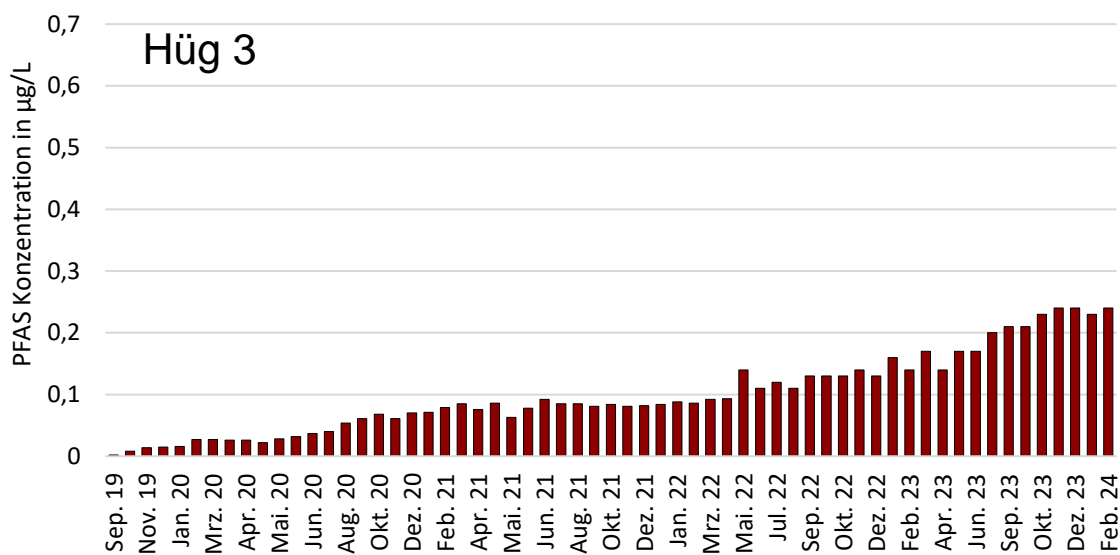
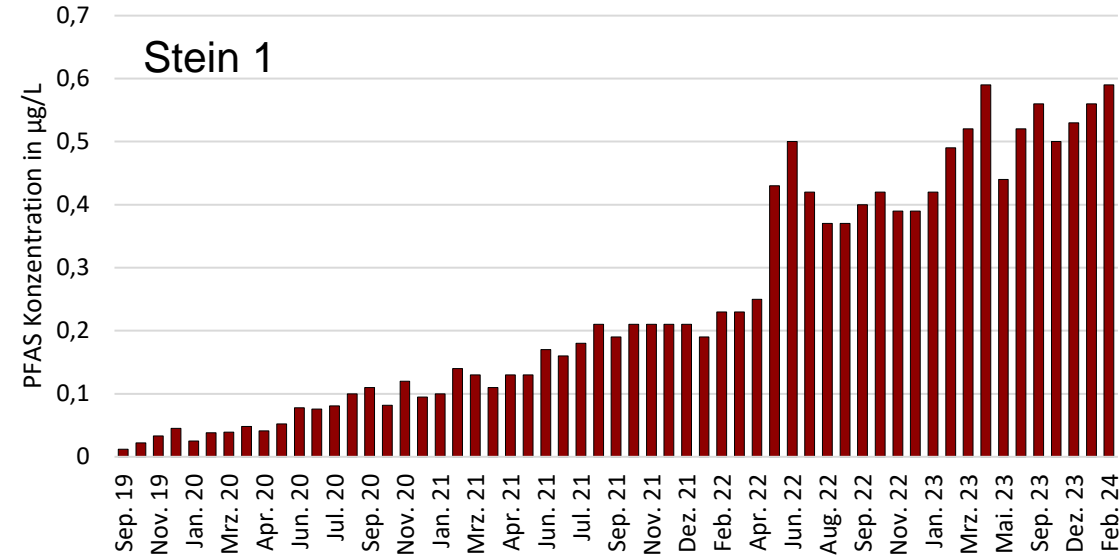
- Großer Anteil unbekannter PFAS vorhanden
- Auffällig: Zunahme langkettiger PFAS (C 9 – C 12) nach TOP
 - langkettige Vorläufer müssen vorhanden sein
 - Ergebnisse aus FluorTECH Projekt deuten auf 8:2/10:2 diPAP, 10:2 diPAP, 10:2/12:2 diPAP und 12:2 diPAP hin

PFAS im Sickerwasser

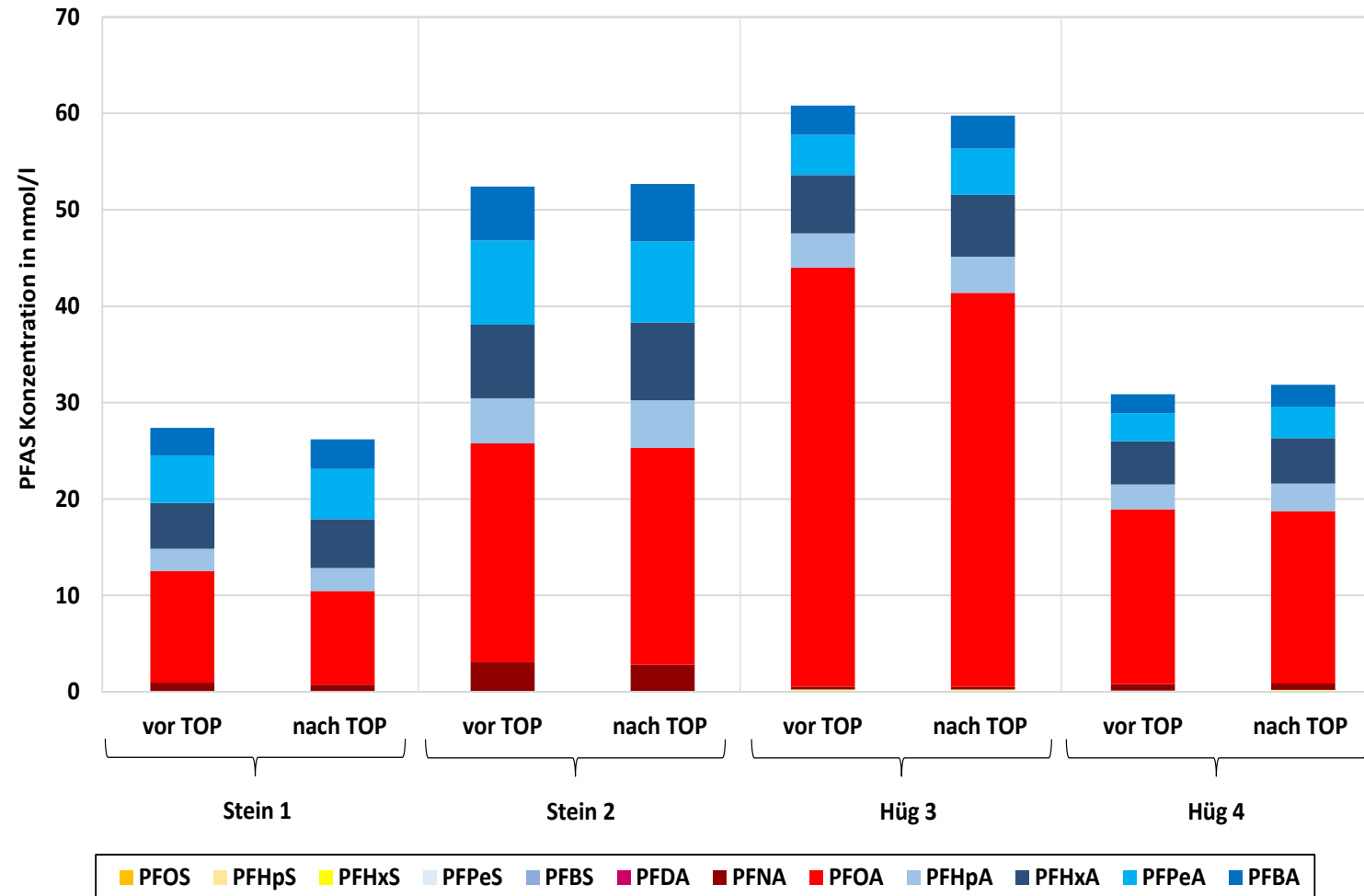


PFAS im Sickerwasser

- PFBA
- PFBS
- PFPeA
- PFPeS
- PFHxA
- PFHxS
- PFHpA
- PFHpS
- PFOA
- PFOS
- PFNA
- PFDA



TOP Assay im Sickerwasser



- Keine Vorläuferverbindungen im Sickerwasser
- Keine unbekanntes PFAS im Sickerwasser

PFAS in Gerste 2020

Korn

	Stein 1 in µg/kg	Stein 2 in µg/kg	Hüg 3 in µg/kg	Hüg 4 in µg/kg
PFBA	2,3	3,6	< BG	n.n.
PFPeA	< BG	3,0	n.n.	n.n.
Summe	2,3	6,6	0,0	0,0

Stroh

	Stein 1 in µg/kg	Stein 2 in µg/kg	Hüg 3 in µg/kg	Hüg 4 in µg/kg
PFBA	11	19	7,8	6,1
PFPeA	11	17	7,9	5,8
PFHxA	< BG	2,4	< BG	< BG
PFOA	< BG	2,4	< BG	n.n.
PFDA	< BG	3,2	< BG	n.n.
PFOS	n.n.	< BG	8,6	5,8
Summe	22,1	43,9	24,3	17,7



PFAS im Winterweizen 2021

Korn

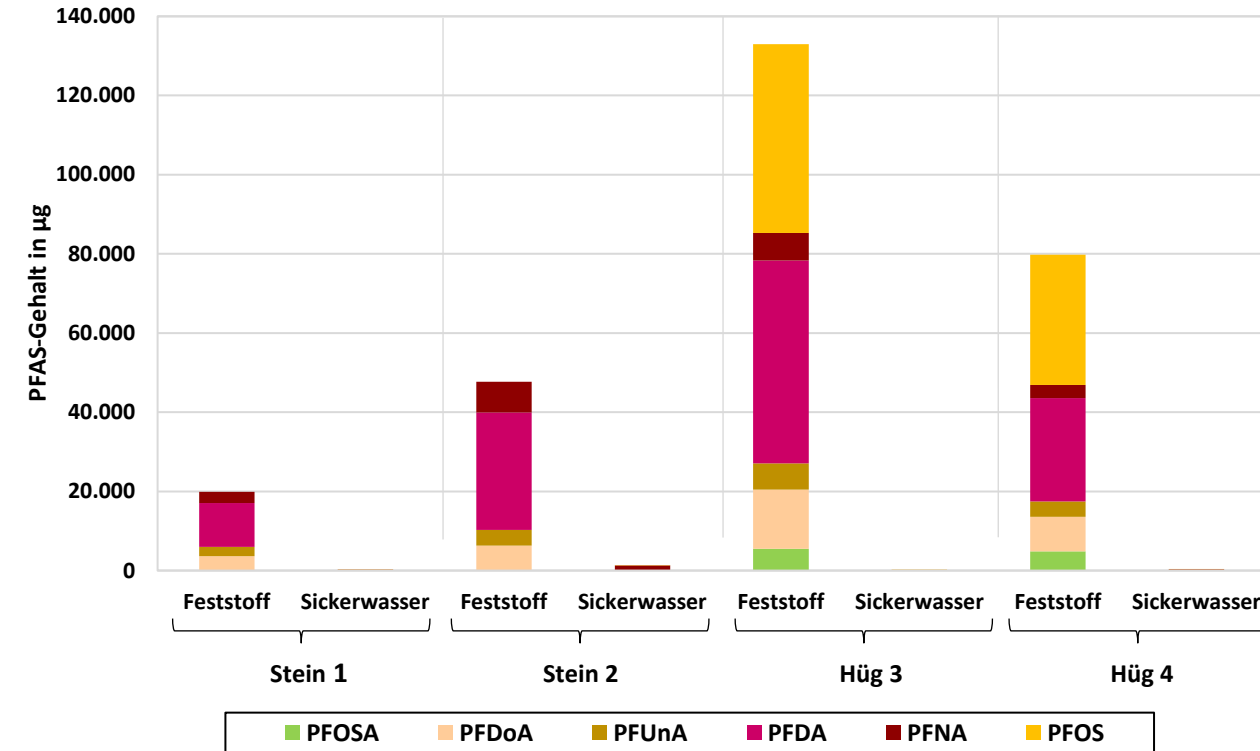
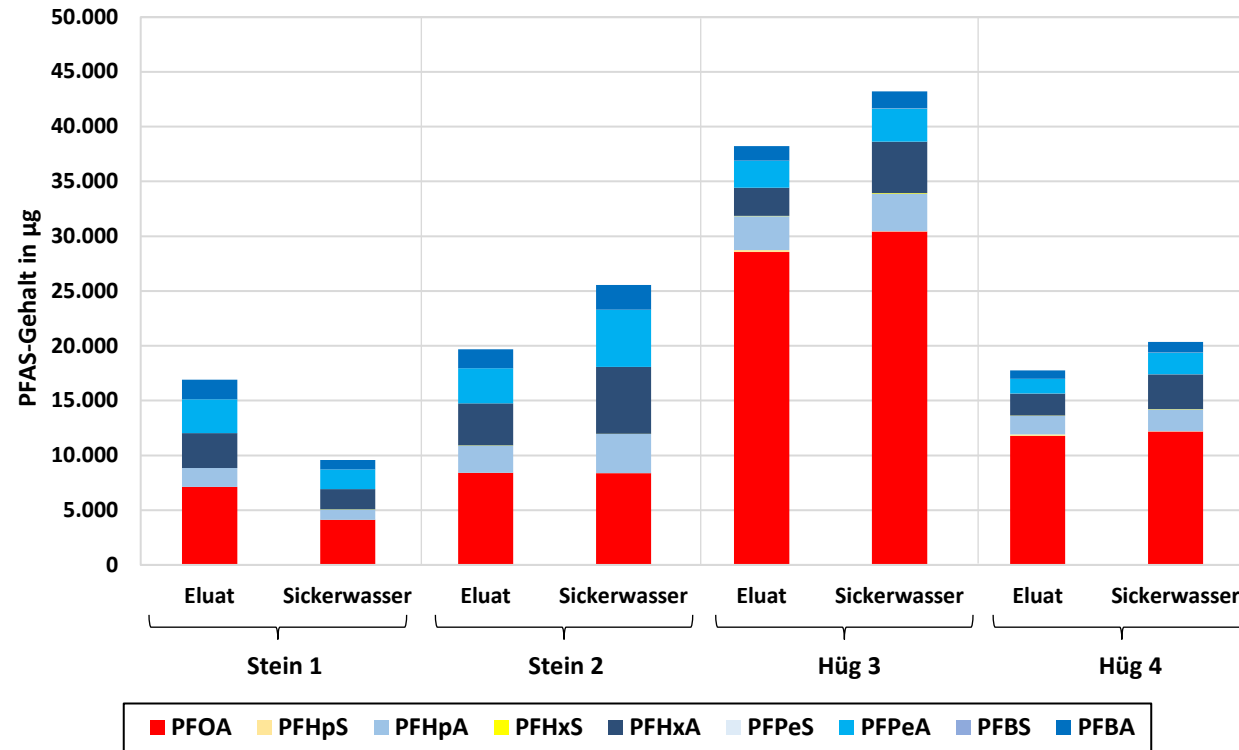
	Stein 1 in µg/kg	Stein 2 in µg/kg	Hüg 3 in µg/kg	Hüg 4 in µg/kg
PFPrA	8,2	14	6,0	4,9
PFBA	20	36	12	10
PFPeA	10	21	6,8	6,0
PFHxA	5,2	9,0	3,5	3,2
Summe	43	80	28	24

Stroh

	Stein 1 in µg/kg	Stein 2 in µg/kg	Hüg 3 in µg/kg	Hüg 4 in µg/kg
PFPrA	5,7	11	4,7	4,3
PFBA	11	22	7,9	6,5
PFPeA	11	24	8,2	9,3
PFHxA	2,3	4,7	2,3	2,3
PFOA	< BG	3,1	< BG	< BG
PFDA	< BG	8,0	8,8	3,6
PFOS	n.n.	< BG	57	34
Summe	30	73	89	60



Bilanz

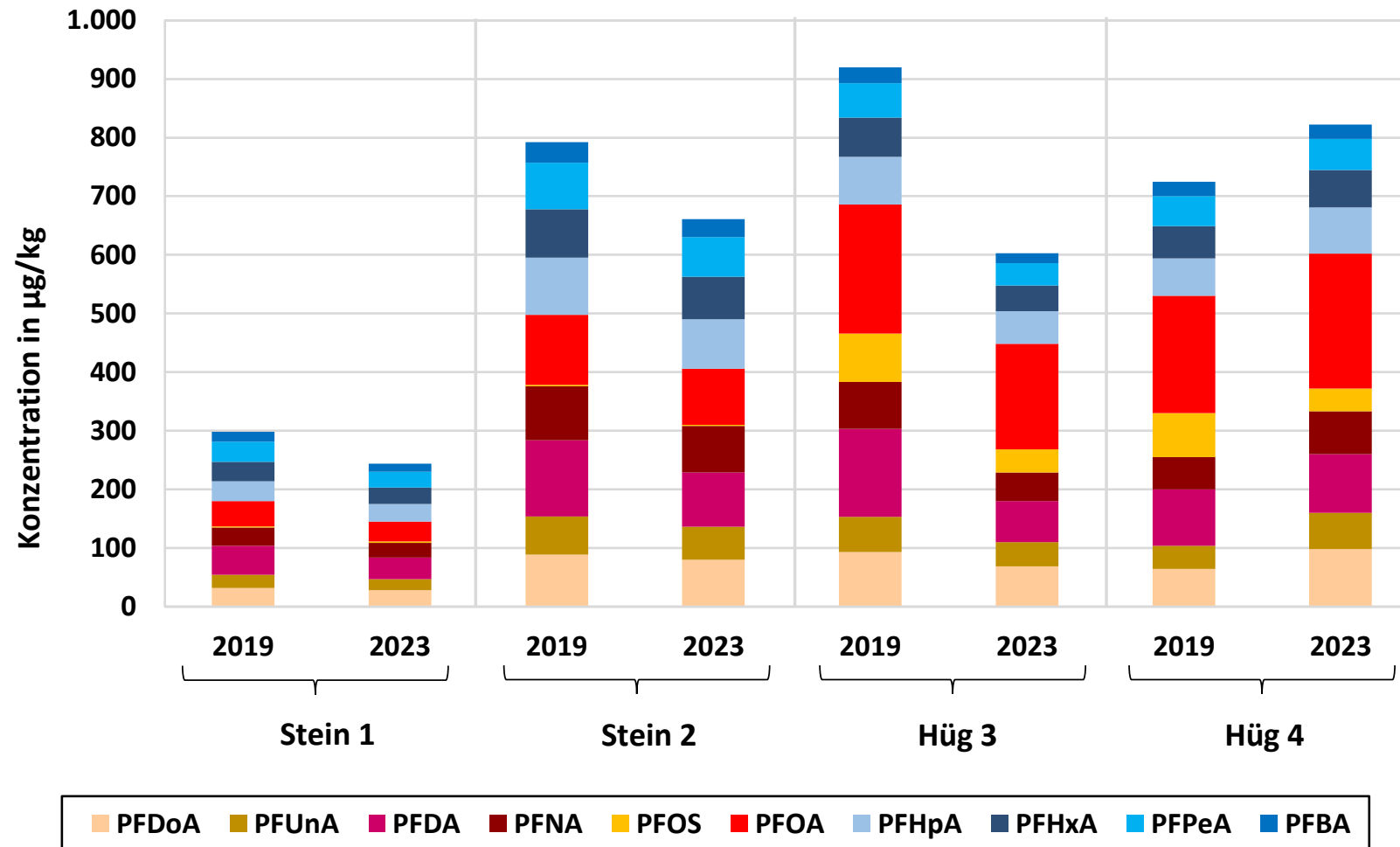


Zeitraum Sickerwasser September 2019 bis März 2023

Probenahme Oberboden März 2023



Ergebnisse TOP-Assay (Feststoff) im Oberboden März 2023



Zusammenfassung

- Es findet sich ein großer Anteil unbekannter PFAS im Oberboden
- Ein Abbau der Vorläuferverbindungen zu den messbaren PFAS Verbindungen im Boden findet statt
- Es werden keine Vorläuferverbindungen mit dem Sickerwasser ausgetragen
- Zunahme der PFNA Konzentration im Sickerwasser

- PFAS Anteil über Getreideernte entfernt <0,1%



Danke für die Aufmerksamkeit!

Kontaktdetails:

 Ann-Sophie.Heldele@lfu.bayern.de

Abschlussbericht:

<https://www.bestellen.bayern.de/>

Artikel-Nr. lfu_all_00177

Untersuchungen zum Transportverhalten von PFAS aus Papierschlämmen in Großlysimetern -
Projekt: PFAS Precursor II