



Universität Stuttgart

Research Facility for Subsurface Remediation



Status Update September 2024



uni-stuttgart.de/pfclean

claus.haslauer@iws.uni-stuttgart.de



Michael Reinhard

EBERHARD KARLS
UNIVERSITÄT
TÜBINGEN



Christian Zwiener

LANDKREIS
RASTATT



Reiner Söhlmann



Versuchseinrichtung
zur Grundwasser- und
Altlastensanierung

Claus Haslauer



Marc Sick

GEIGER

Entsorgung

Martin Haberstock



Werner Bock



TZW

Technologiezentrum
Wasser

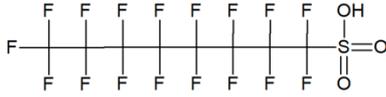
Frank Thomas Lange



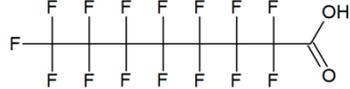
PFAS?

Was? Warum?

- Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen



PFOS



PFOA

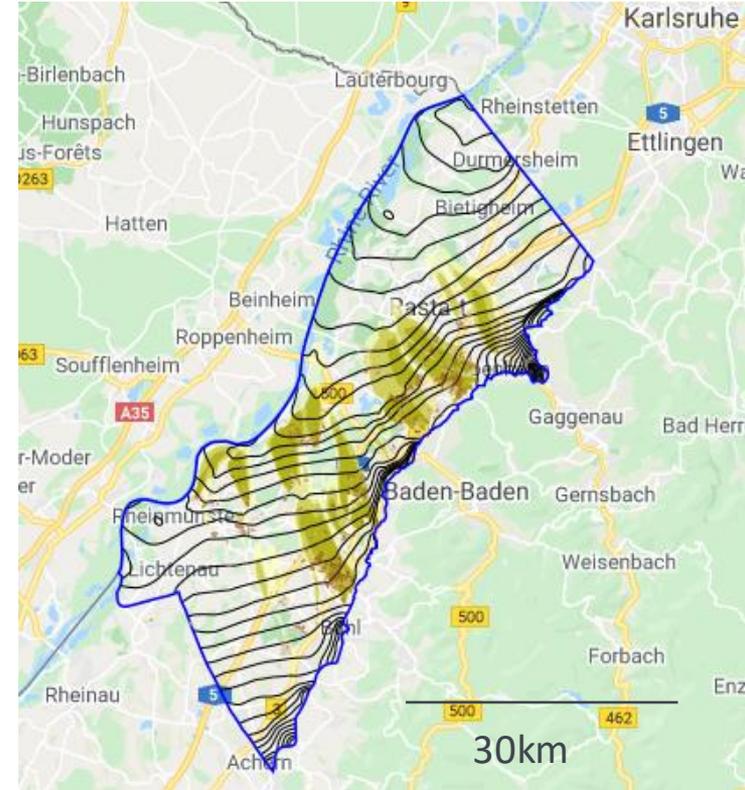
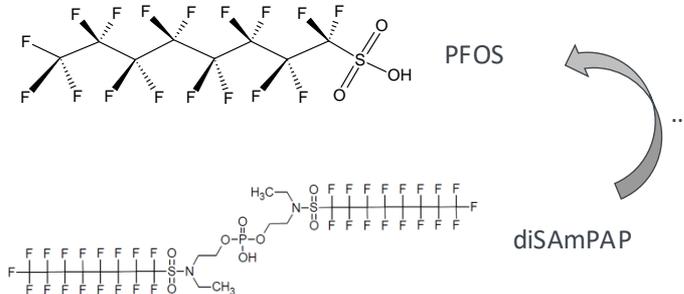
- Menschengemacht
- Wasser- und Öl- abweisend
- Persistent, ubiquitär, stabil in der Umwelt
→ “Ewigkeitschemikalien”
- Tausende verschiedene Substanzen¹
 - begrenzte analytische Standards



Pilotstandort 1: Rheintal – Hügelsheim

Non-point, "biosolid" (Biofeststoffe)

- Landwirtschaftliche Flächen
- Großflächig (>1200 ha)
>1 mg/kg PFAS measured in topsoil
- "Kompost" aus Papierindustrie (2005 - 2008)
- komplexe Infiltrations-Prozesse (Sorptions/Transformation)



BUSINESS

'Forever chemicals' appear on farms in U.S.

GRANDVIEW, TEXAS

The toxic contaminants were detected in fertilizer made from city sewage

BY HIROKO TABUCHI

For decades, farmers across America have been encouraged by the federal government to spread municipal sewage on millions of acres of farmland as fertilizer. It was rich in nutrients, and it helped keep the sludge out of landfills.

But a growing body of research shows that this black sludge, made from the sewage that flows from homes and factories, can contain heavy concentrations of chemicals thought to increase the risk of certain types of cancer and to cause birth defects and developmental delays in children.

Known as "forever chemicals" because of their longevity, these toxic contaminants are now being detected, sometimes at high levels, on farmland across the United States, including in Texas, Maine, Michigan, New York and Tennessee. In some cases the chemicals are suspected of sickening or killing livestock and are turning up in produce. Farmers are beginning to fear for their own health.

The national scale of farmland contamination by these chemicals — which are used in everything from microwave popcorn bags and firefighting gear to neonick pants and stain-resistant car-



county commissioner, Larry Woolley. "And the amount of beef and milk that's gone into the food chain, who knows what their PFAS levels are."

This year the Colemans and their neighbors James Farmer and Robin Alessi sued the biosolids producer Syngro and also the E.P.A., saying the agency had failed to regulate the chemicals in fertilizer.

They have stopped sending their cattle to market, saying they don't want to endanger public health. Their days are now filled with long hours of caring for a herd they don't expect to ever ship. To cover the costs, they work extra jobs and have dipped into their savings.

"A lot of people are still scared to talk about it," Mr. Coleman said. "But for us, it's all about being honest. I don't want to hurt anybody else, even though we feel people have hurt us."

MOUNTAINS OF SLUDGE

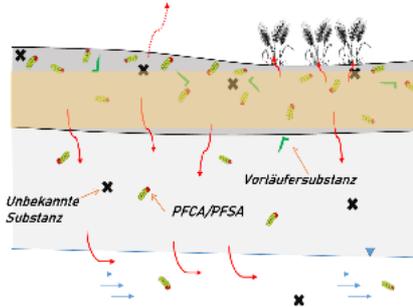
When the E.P.A. started promoting sludge as nutrient-rich fertilizer decades ago, it seemed like a good idea.

The 1972 Clean Water Act had required industrial plants to start sending their wastewater to treatment plants instead of releasing it into rivers and streams, which was a win for the environment but also produced vast new quantities of sludge that had to go somewhere.

It also meant contaminants like PFAS could end up in the sewage, and ultimately in fertilizer.

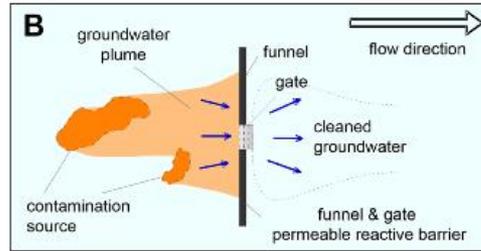
The sludge that allegedly contaminated the Colemans' farm came from the City of Fort Worth water district, which

Immobilisierung



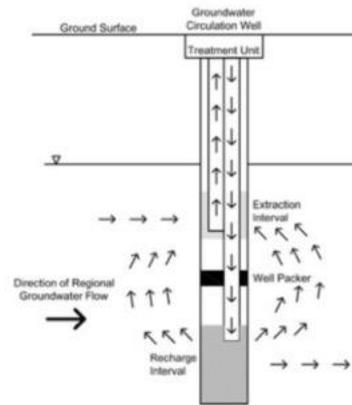
Hügelsheim,
ungesättigte
Bodenzone

erweiterte Sorptionsverfahren

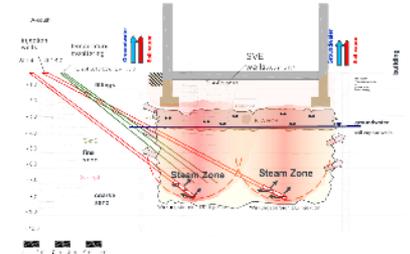


Reilingen, AFFF, Aquifer

Mobilisierung



thermische Desorption

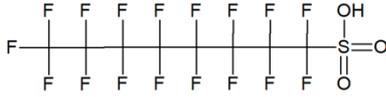


explorativ;
Labor & Technikum

PFAS?

Was? Warum?

- Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen



PFOS



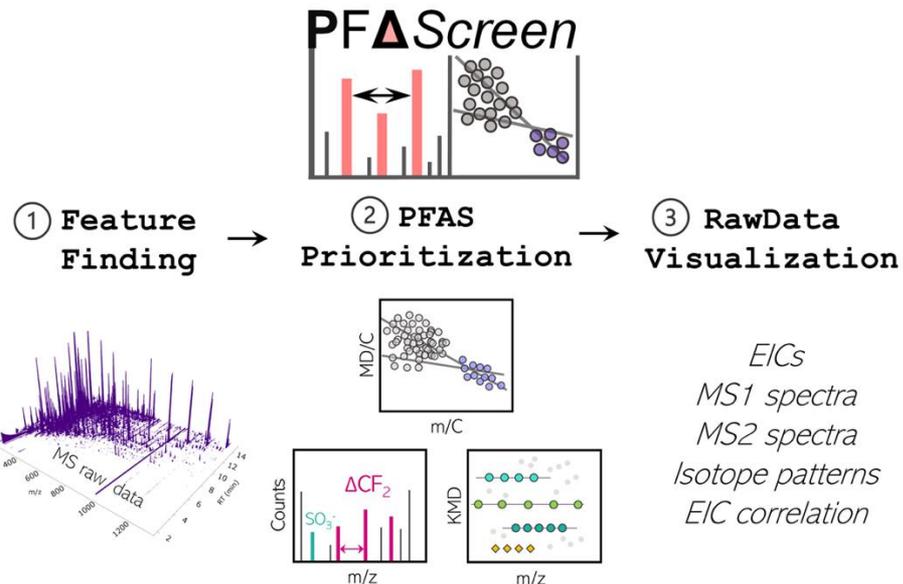
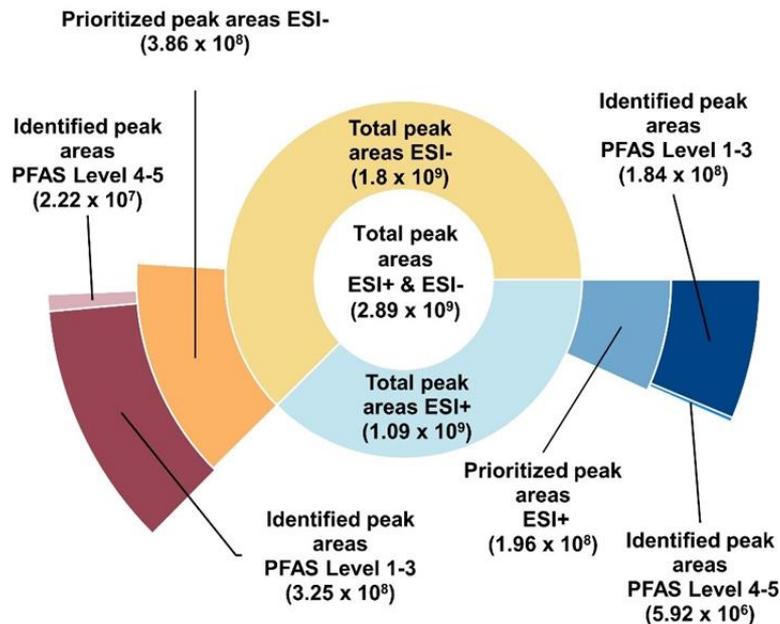
PFOA

- Menschengemacht
- Wasser- und Öl- abweisend
- Persistent, ubiquitär, stabil in der Umwelt
→ “Ewigkeitschemikalien”
- **Tausende verschiedene Substanzen**
- begrenzte analytische Standards



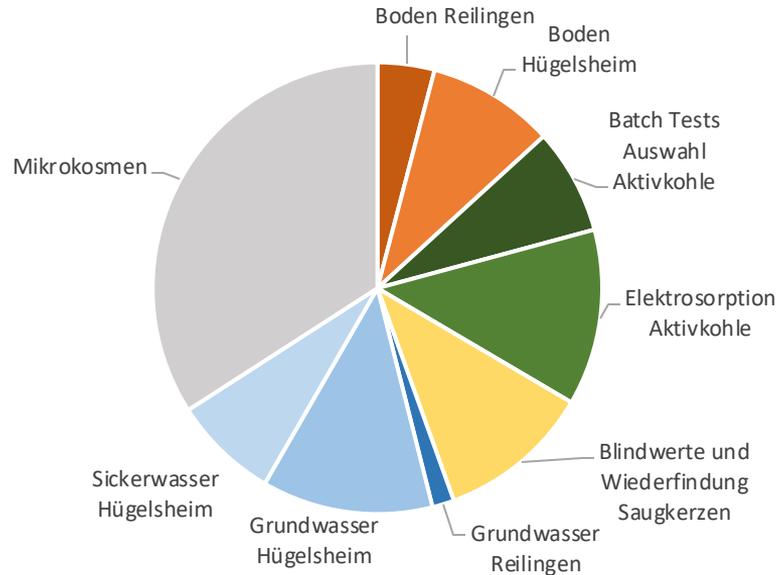
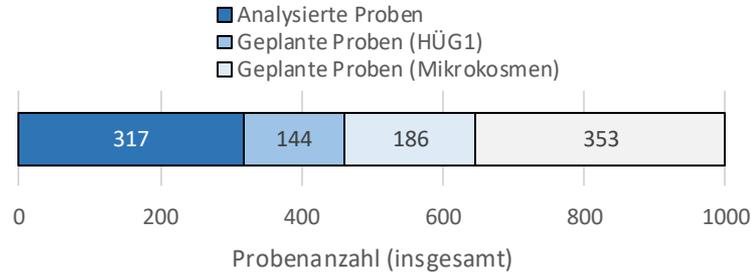
Non-Target Screening (Reilingen)

- Standort: Reilingen, Löschschaum-Kontaminanten (AFFF)
- NTS Workflow (PF Δ Screen)

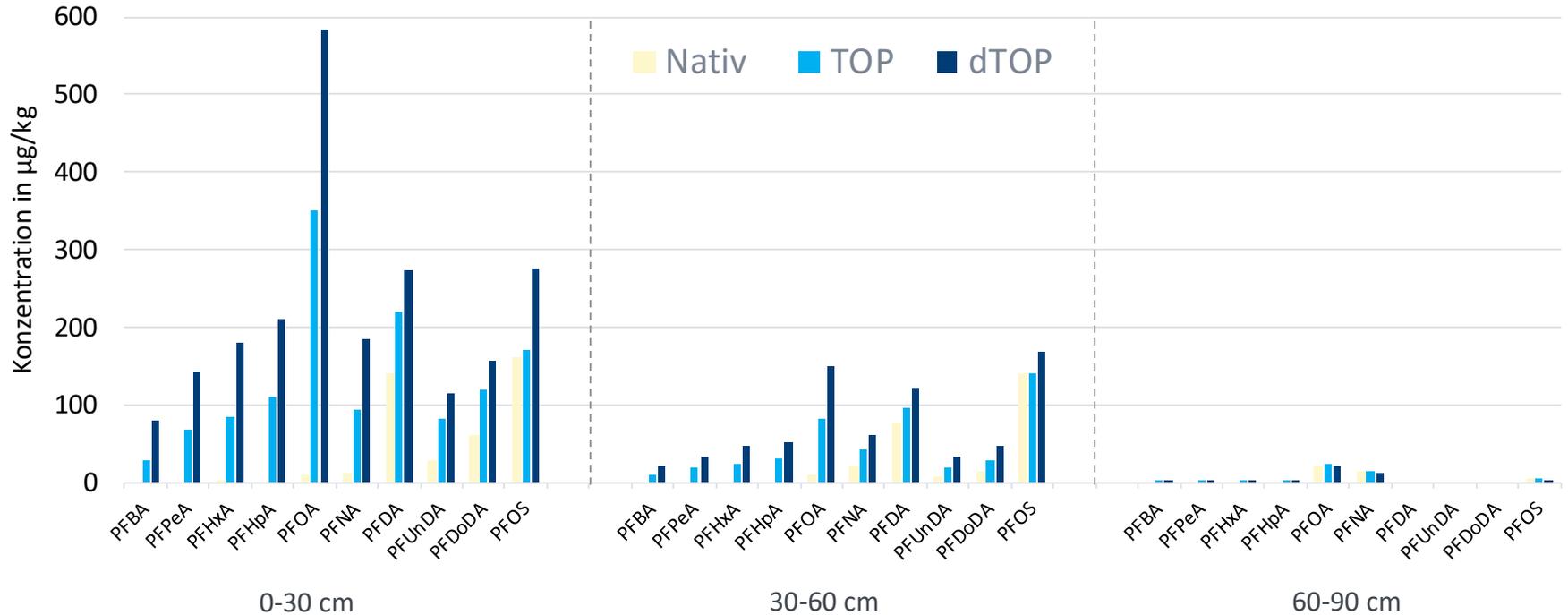


- 124 AFFF PFAS und Transformations-produkte
- Semiquantifizierung
- **Implikationen für Sanierung und analytische Begleitanalytik**

PFAS Target-Analytik und summarische Parameter



Optimierung eines Aufschlussverfahrens für nicht extrahierbare PFAS-Rückstände



Bodenprobe aus Hügelsheim (HÜG1) Fläche A

Pilotstandort Hügelsheim

Immobilisierung

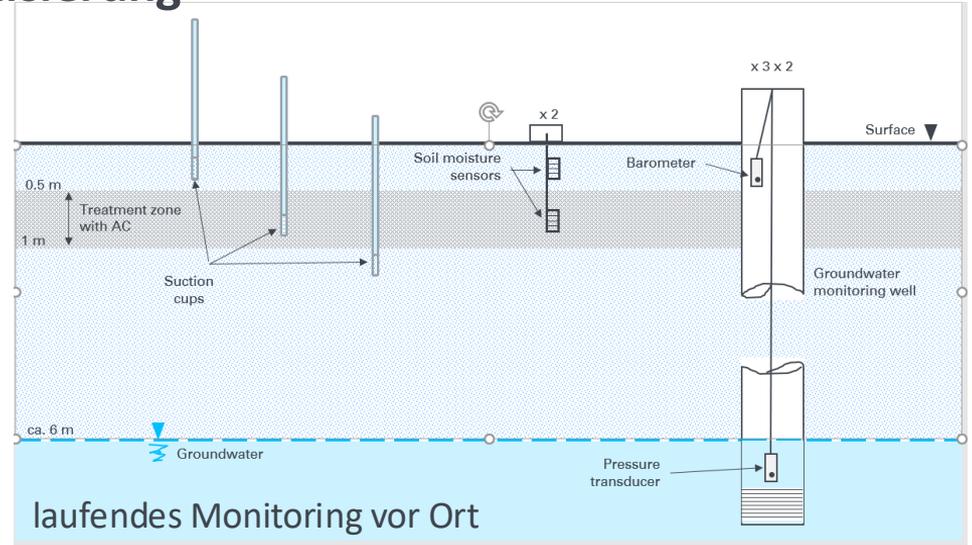
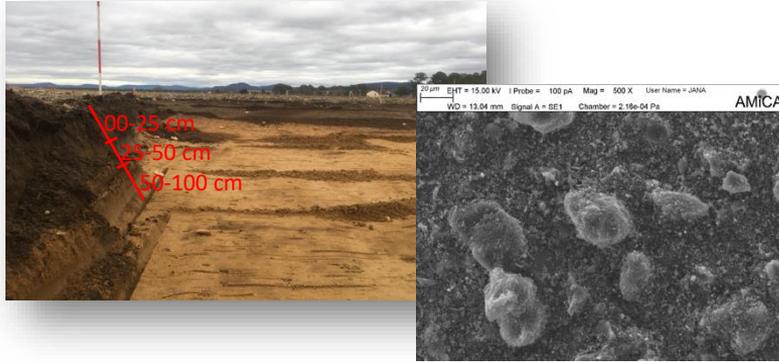


- GAC mit hoher Rückhaltefähigkeit (Kohlenauswahl)
- „Filter Teppich“, eingemischt
- Detailliertes Monitoring
(Grundwasser, Porenwasser, Boden)

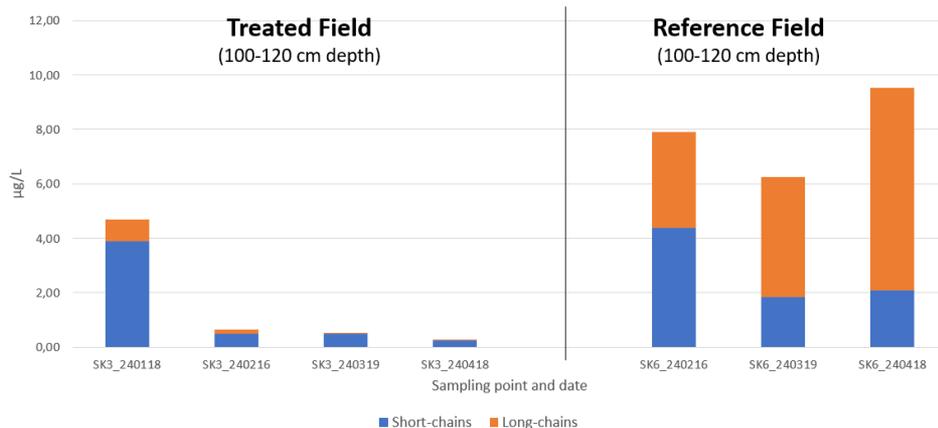


Pilotstandort Hügelsheim – Immobilisierung

Feldtest began im Januar;



vorläufige Ergebnisse



PFAS: Transport in the Variably Saturated Zone

Luft-Wasser-Grenzflächen, Transformationsprodukte

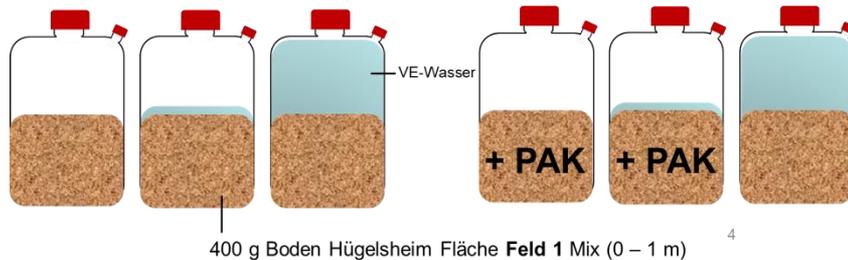


Transferprodukte Mikrokosmen

• Immobilisierung und verringerte Transformation

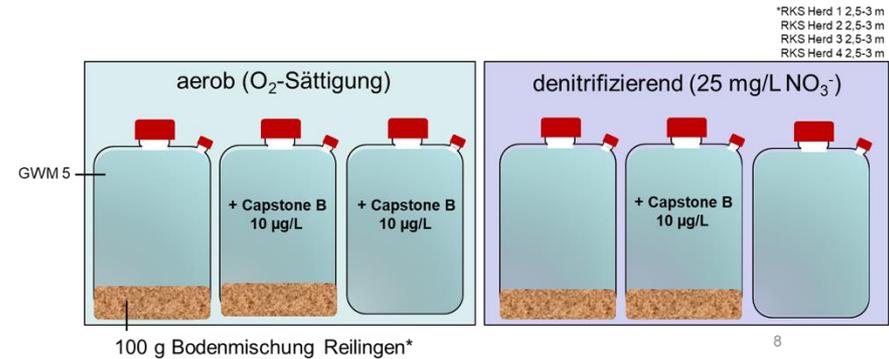
- Charakterisierung der Bildungsrate von Transformationsprodukten immobilisierter PFAS (Präkursoren) in Abhängigkeit der umweltrelevanten Parameter **Temperatur** und **Wassersättigung**
- 12 °C, 20 °C

- ➔ PFAS Abbau bei versch. Sättigungen (Regen/ versch. GW-Stände)
- ➔ Auswirkung der PAK auf biologische Abbauprozesse
- ➔ Auswirkung der Temperatur auf biologische Abbauprozesse



▪ Forcierte Mobilisierung

- Untersuchung der mikrobiellen Abbaubarkeit von PFAS (Präkursoren) in kontaminierten (und zusätzlich) dotierten Böden mit typischer PFAS-Belastung (z.B. Capstone B) unter Variation von **Temperatur** und **Elektronenakzeptoren**
- 4 °C, 12 °C, 25 °C



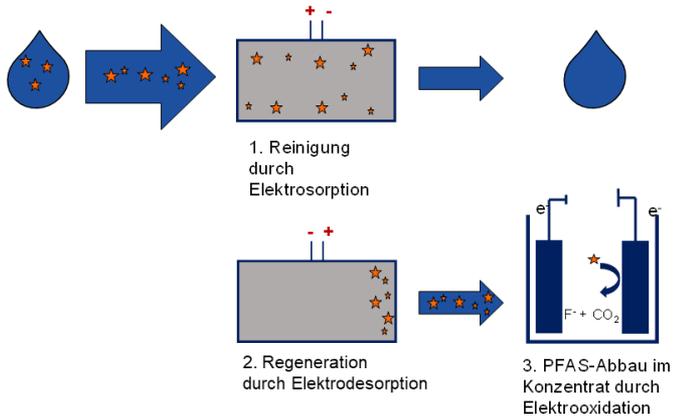
- ➔ Einfluss von Boden auf PFAS-Abbau
- ➔ Auswirkung der Elektronenakzeptoren auf biologische Abbauprozesse
- ➔ Auswirkung der Temperatur auf biologische Abbauprozesse

Elektrosorption /-desorption

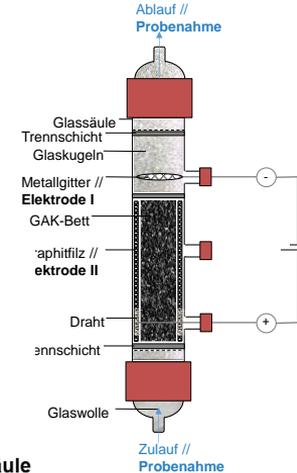
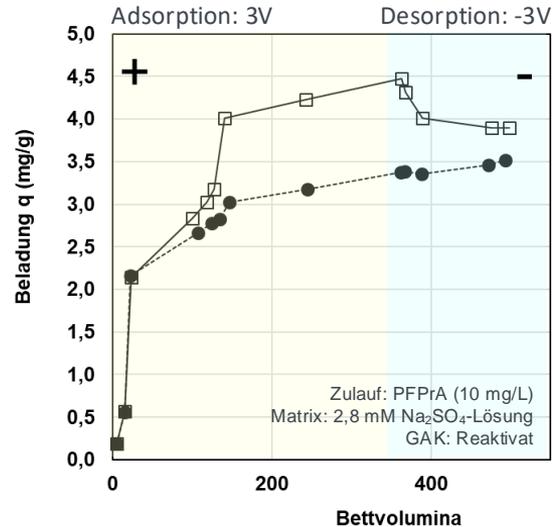
Problem → Sorption an AK vor allem für kurz-kettige Substanzen bislang unzureichend¹, i.d.R. Verbrennung der beladenen Kohle

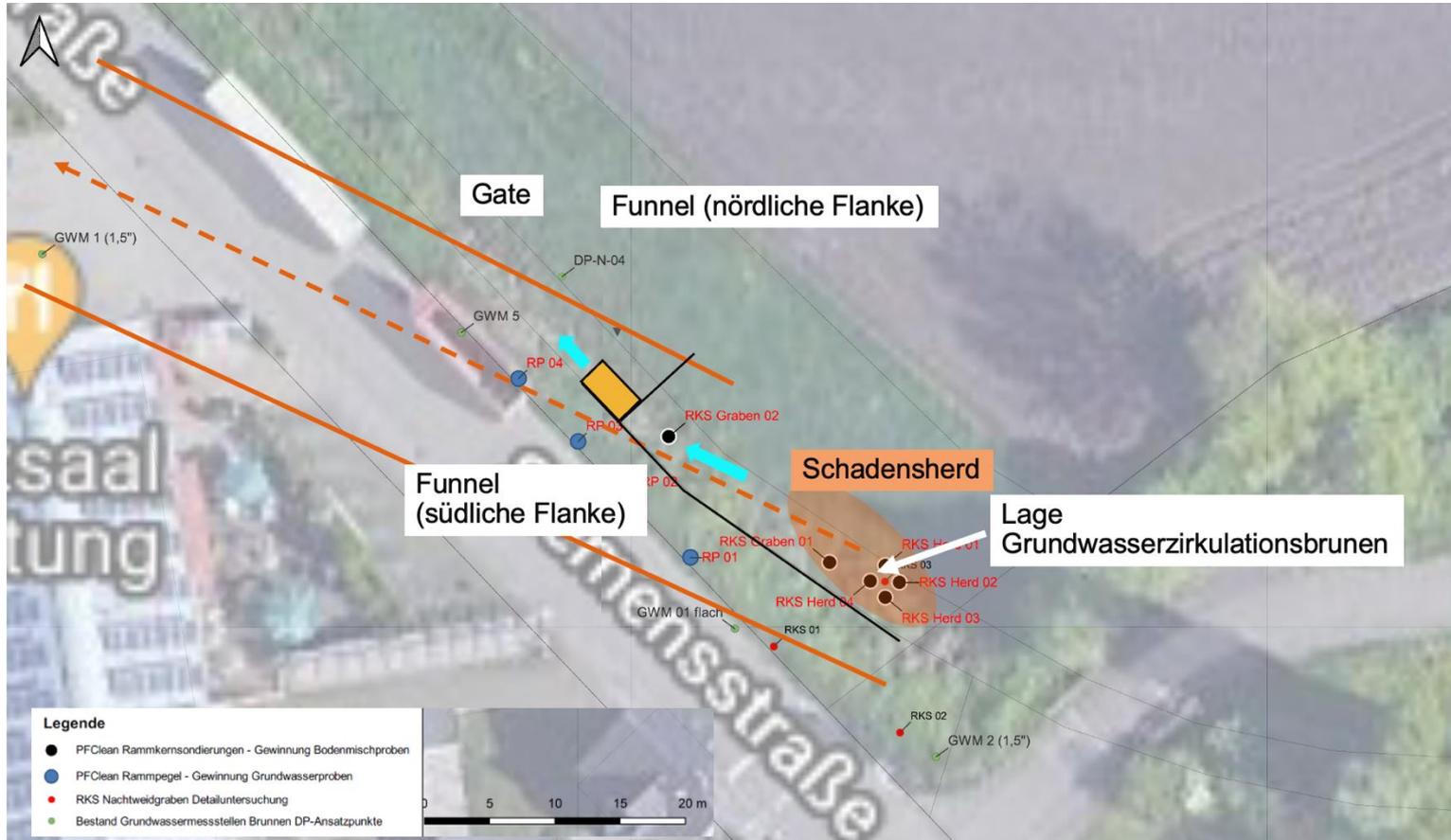
¹McCleaf et al., 2017

- Lösungsansatz:** Verbesserung der Sorption durch anodische Polarisierung der Kohle und Verbesserung der Desorption und damit Regeneration der Kohle durch Umpolung

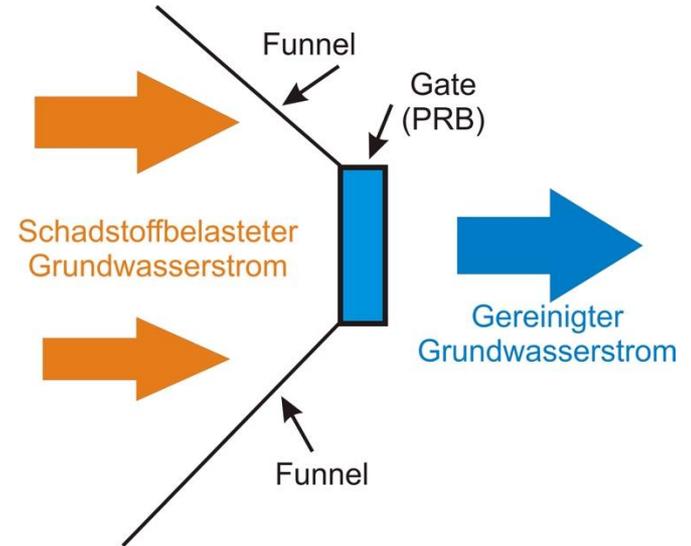
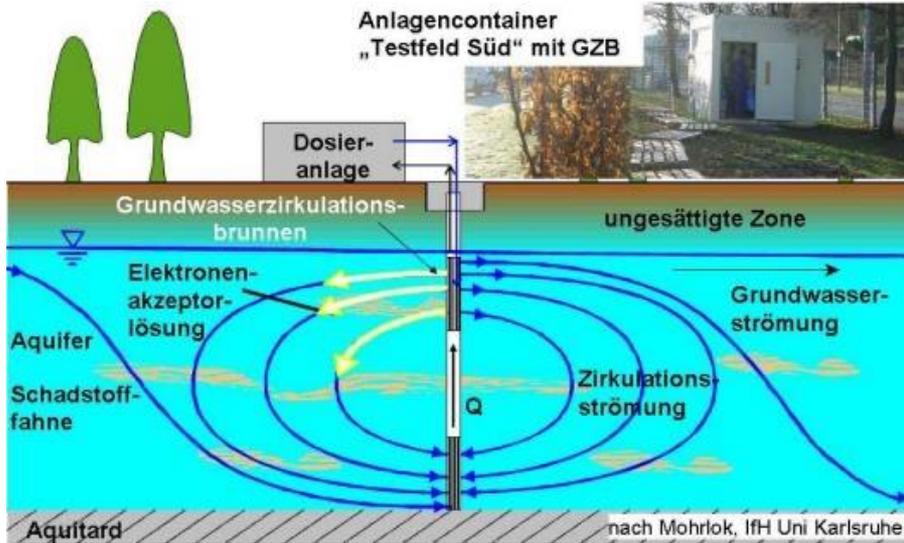


- Erste Ergebnisse:** Verbesserung der Adsorption ultra-kurz-kettiger PFAS durch anodische Polarisierung bisher bis zu 20 % mit Modelllösungen





Funnel & Gate; Grundwasserzirkulationsbrunnen (GZB) Elektrisch polarisierte Transformation; forcierte Transformation





Installation Reilingen

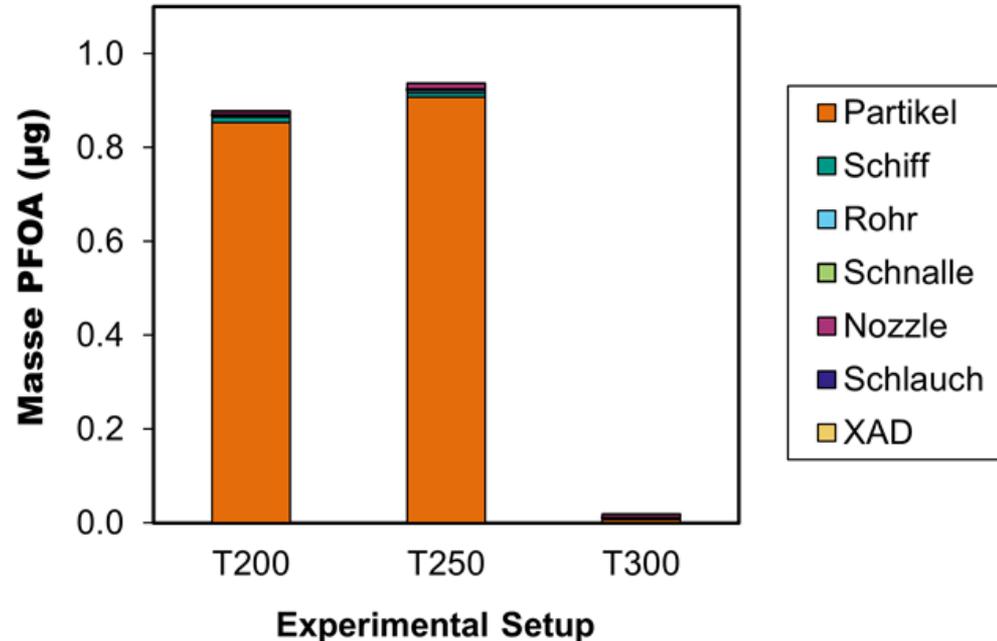


Thermische Desorption

Laborversuche – Aufbau

- Laborexperimente im Rohrforn
- PFOA Volatilisierung bei 250 °C
- Katalytische Zersetzung an Silica-Partikeln
- bei 250 °C, an Boden bei 300 °C

- **Weitere Identifizierung der dominierenden Behandlungsparam**
- **Identifizierung von Transformationsprodukten**



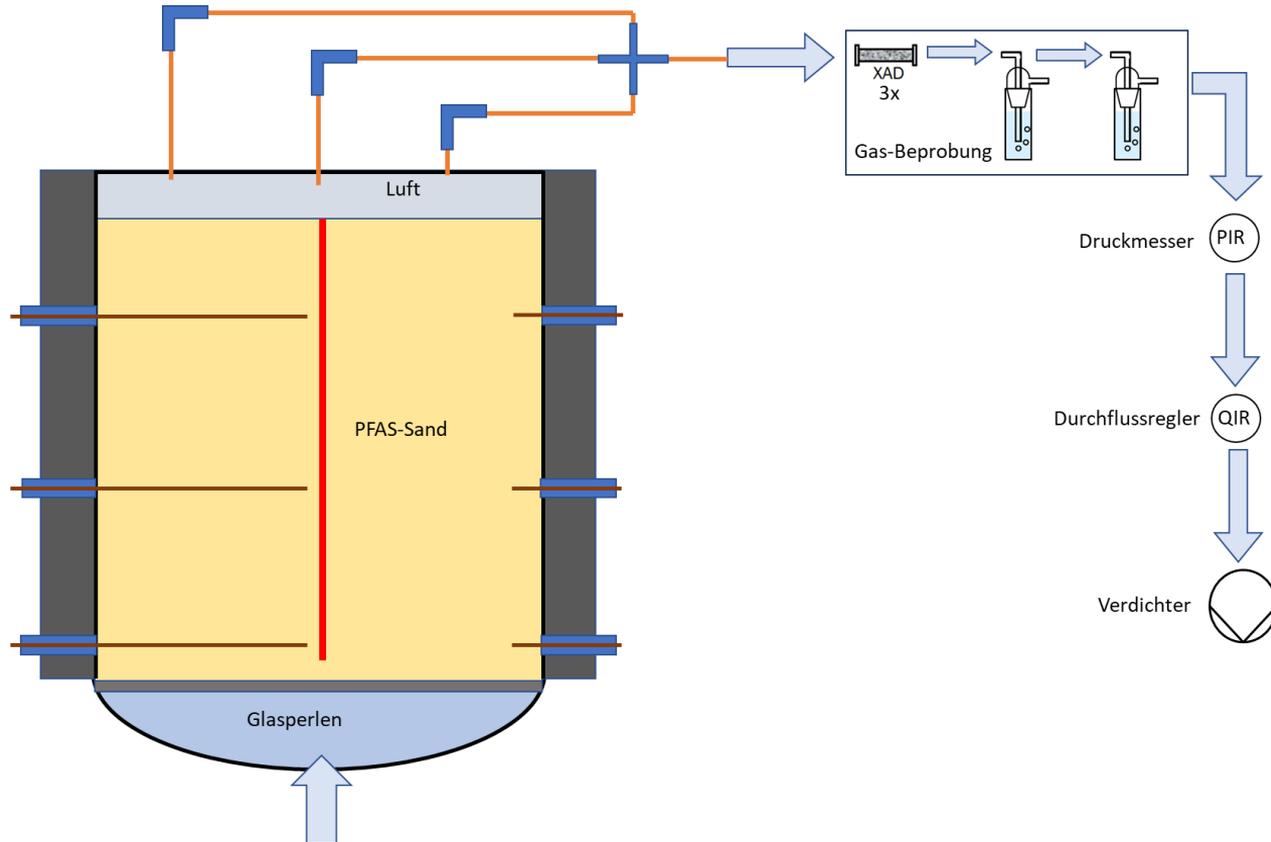
Thermische Desorption

Technikumversuche

- Mehrere Liter kontaminiertes Material
- Edelstahlsäule mit Heizlanzen zum Erhitzen
- Vor-Versuche zum Aufheizen fast abgeschlossen
 - Maximal bisher erreichte Temperatur 430°C
- Versuche steigern Komplexität
 - Einzelsubstanzen (kurz- und langkettig)
 - Vorläufer-Substanzen
 - Gemische
 - Material (künstlich kontaminierter Sand und Boden, Boden von Feldstandort)

Thermische Desorption

Technikumversuche

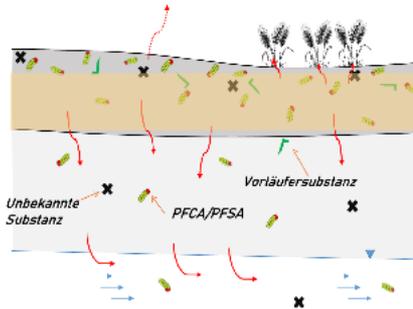


Thermische Desorption

Technikumversuche

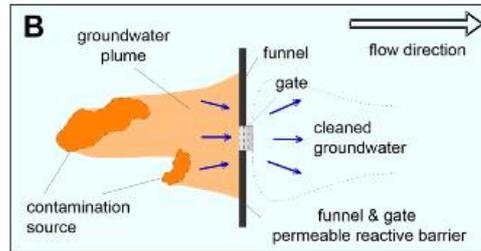


Immobilisierung



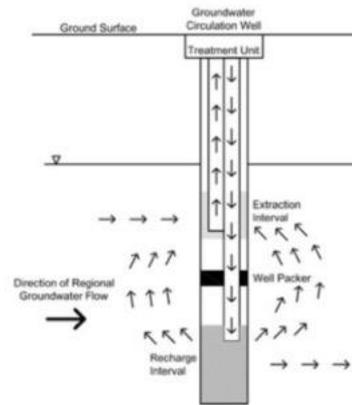
Hügelsheim,
ungesättigte
Bodenzone

erweiterte Sorptionsverfahren

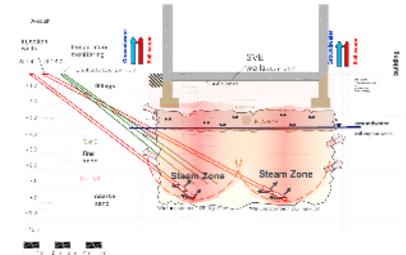


Reilingen, AFFF, Aquifer

Mobilisierung



thermische Desorption



explorativ;
Labor & Technikum



University of Stuttgart

Institute for Modelling Hydraulic and Environmental Systems
Research Facility for Subsurface Remediation

Thank you!



Claus Haslauer



claus.haslauer@iws.uni-stuttgart.de



https://mathstodon.xyz/@planetwater



@planetwater.bsky.social

www.vegas.uni-stuttgart.de



Thomas Bierbaum, Hue Nguyen, Anna Burkhardt,
Tobias Junginger, Simon Kleinknecht,



Grundwasser nachhaltig bewirtschaften



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung