

**University of Stuttgart**  
Versuchseinrichtung zur Grundwasser- und Altlastensanierung  
**VEGAS**

PFClean

# Innovatives modulares System zur nachhaltigen Reduzierung von PFAS Kontaminanten aus Boden und Grundwasser

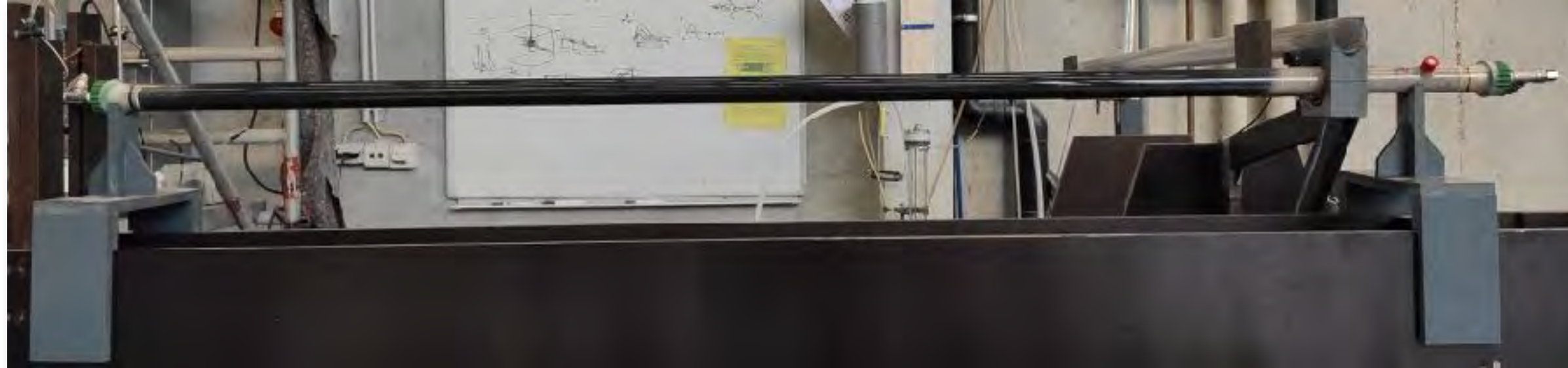


[claus.haslauer@iws.uni-stuttgart.de](mailto:claus.haslauer@iws.uni-stuttgart.de)





# Enhanced and Innovative in-situ Biotechnologies for Contaminated Land Remediation





# Vision, Mission & Strategy

## Bridging the Gap across Scales



Batch

Varying concentrations and behavior of reactions

0D



Columns

Interaction with porous media, hydraulic processes

1D



„Sand box“

Additional processes, contaminant migration

2D



VEGAS tank!

9 m x 6 m x 4 m

Verification, heterogeneity, density-effects, pilot-scale

3D



<http://www.uni-stuttgart.de/pfclean>







Michael Reinhard

EBERHARD KARLS  
UNIVERSITÄT  
TÜBINGEN



Christian Zwiener

LANDKREIS  
RASTATT



Reiner Söhlmann

GEIGER  
Entsorgung

Martin Haberstock



Claus Haslauer



Marc Sick



Werner Bock



TZW

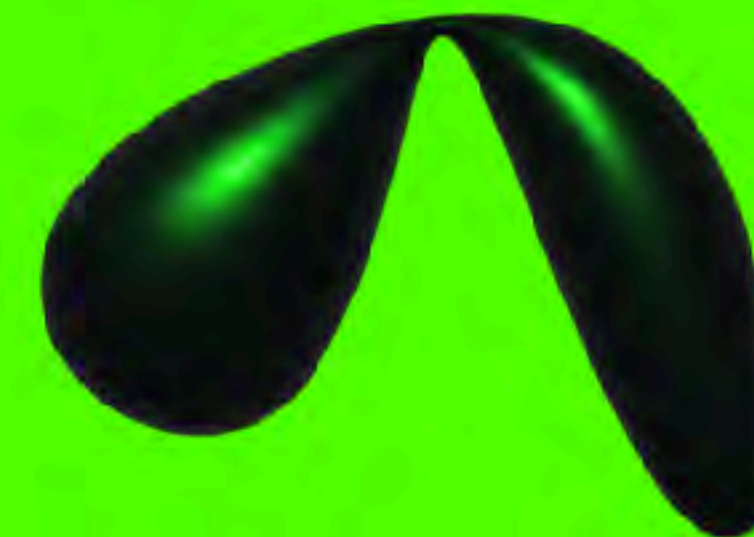
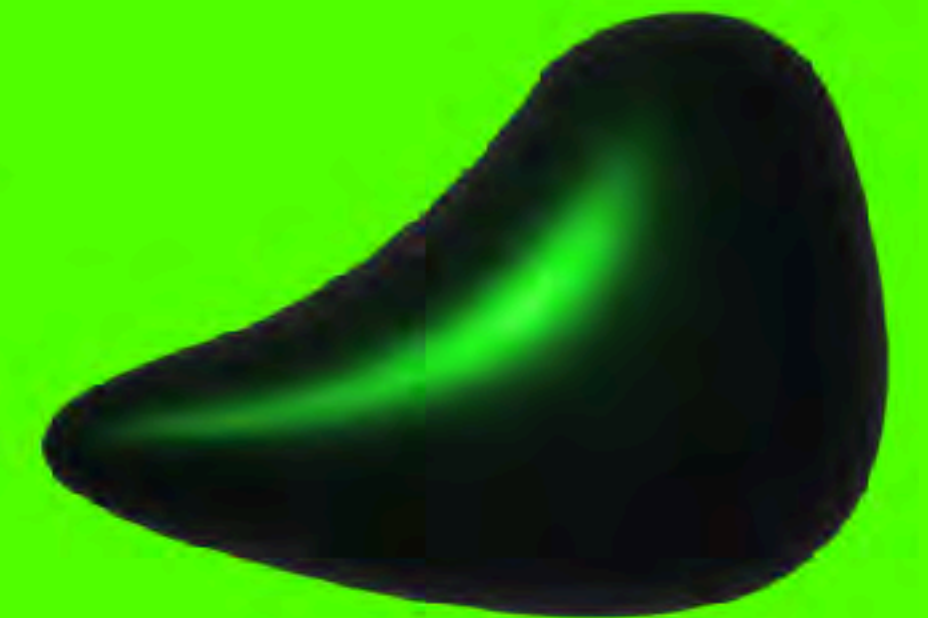
Technologiezentrum  
Wasser

Frank Thomas Lange





PFAS sind Chemikalien. Man kann sie nicht riechen, nicht schmecken, nicht sehen. Sie werden für die Herstellung hunderter Produkte gebraucht - und sie stehen im Verdacht, die Gesundheit zu schädigen. Wenn sie einmal in die Umwelt gelangen, dann bleiben sie dort. Womöglich für immer.





# The Forever Pollution Project

Journalists tracking PFAS across Europe

## The Forever Pollution Project

The Forever Pollution Project is a collaboration of journalists and media from across Europe, unveiling the scale and character of the pollution with PFAS. The PFAS-abbreviation describes an entire family of chemicals widely used in our societies, chemicals that are linked to cancer and infertility, among a dozen other diseases. It was estimated that PFAS put a burden of between 52 and 84 billion euros on European health systems each year.

The Forever Pollution Project was initiated by Tim Luimes (Investigative Desk, Netherlands). A mapping methodology was developed by Stéphane Harel (Le Monde, France) modelled over inspiration from US scientists. The investigation was carried out by a core team with journalists from five countries from late 2021 and onwards.

In the autumn of 2022, Arena for Journalism in Europe was asked to help scale the team across Europe, raising the number of countries of publication from five to 13 for publication over the spring of 2023.

This website links to the publications carried by media across Europe.

### Funding

Members of the core team obtained financial support from Journalismfund.eu and IJREL.

Arena for Journalism in Europe is financed via own income and a diverse group of funders.

### The teams and Arena

### Media partners

**DATADISTA**

Spain

**Knack**

Belgium

**le Scienze**

Italy



Latvia

**Le Monde**

France

**NDR**

Germany

**nrc**

Netherlands

**POLITIKEN**

Denmark



Italy



Spain



Switzerland



Germany

**The Guardian**

United Kingdom



Netherlands

**WATERSHED**

United Kingdom

**WDR**

Germany



Finland

<https://foreverpollution.eu/about/>



Stand: 23.02.23 06:00 Uhr

## Jahrhundertgift PFAS: Wie verseucht ist Deutschland?

von S. Pilz, C. Felke, L. Busch, I. Schneider, S. Wippermann, M. Bewarder, J. Edelhoff, A. Hoferichter, D. Drepper



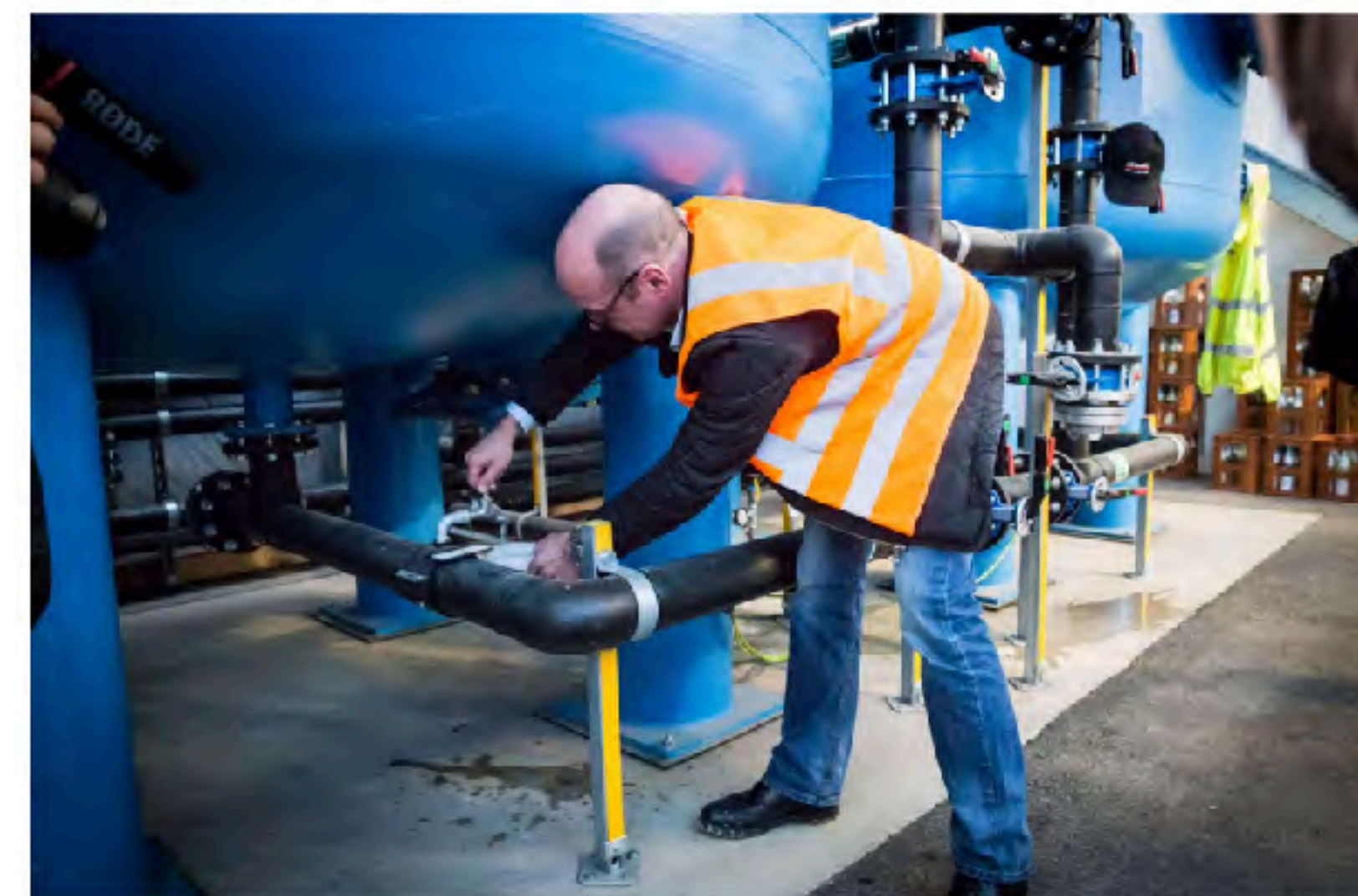
Es war einer der größte Einsätze der Kieler Feuerwehren seit Jahrzehnten: 2009 brannte eine Abfüllanlage für Paraffin am Ufer des Nord-Ostsee-Kanals, mehrere Tanks waren explodiert. Das Feuer wurde gelöscht, doch der Löschschaum, der damals eingesetzt worden ist, war wohl giftig: Das zeigen Bodenproben, die ein Panorama-Reporter unlängst an der Stelle des Brandes genommen hat. Das Ergebnis der Labor-Analyse des Fraunhofer-Instituts: Der Boden könnte mit PFAS verseucht sein, auch noch knapp 14 Jahre nach dem Brand. Die Chemikalien steckten offenbar im Löschschaum. Weitere Testungen sind wohl notwendig.

<https://daserste.ndr.de/panorama/archiv/2023/Jahrhundertgift-PFAS-Wie-verseucht-ist-Deutschland,pfas104.html>

StZPlus PFAS-Chemikalien

## Gift im Stuttgarter Grundwasser

24.02.2023 - 16:18 Uhr



Das Grundwasser im Stuttgarter Schlossgarten (hier ein Archivbild von 2015) enthält PFAS-Chemikalien. Foto: Lichtgut/Achim Zweygarth

**Proben vom Schlossgarten enthalten mehr giftige PFAS-Chemikalien als die von den meisten anderen Messstellen im Land. Was bedeutet das fürs Trinkwasser?**

<https://www.stuttgarter-zeitung.de/inhalt.pfas-chemikalien-gift-im-stuttgarter-grundwasser.ce806042-2d04-4305-a1e1-fbc415b6178e.html>



**PFAS**

## US food pesticides contaminated with toxic 'forever chemicals' testing finds

**PFAS are present at 'potentially dangerous' levels in widely used chemicals sprayed on food crops destined for Americans' plates**



📷 Spraying pesticide at grape vineyard in the San Joaquin Valley, California. Photograph: Education Images/ UIG/Getty Images

**Tom Perkins**

Sun 7 May 2023 11.00 BST



Some of the United States' most widely used food pesticides are contaminated with "potentially dangerous" levels of toxic PFAS "forever chemicals", new [testing of the products](#) finds.

The Environmental Protection Agency has previously been silent on **PFAS** in food pesticides, even as it found the chemicals in non-food crop products. The potential for millions of acres of contaminated food cropland demands swifter and stronger regulatory action, the paper's authors say.



# PFAS Quellen

es gibt viele; in diesem Projekt zwei typische:



Feuerlöschschäume; AFFF  
point source  
Reilingen



landwirtschaftlich; aus Textilindustrie  
non-point source  
Rheintal bei Rastatt / Baden-Baden

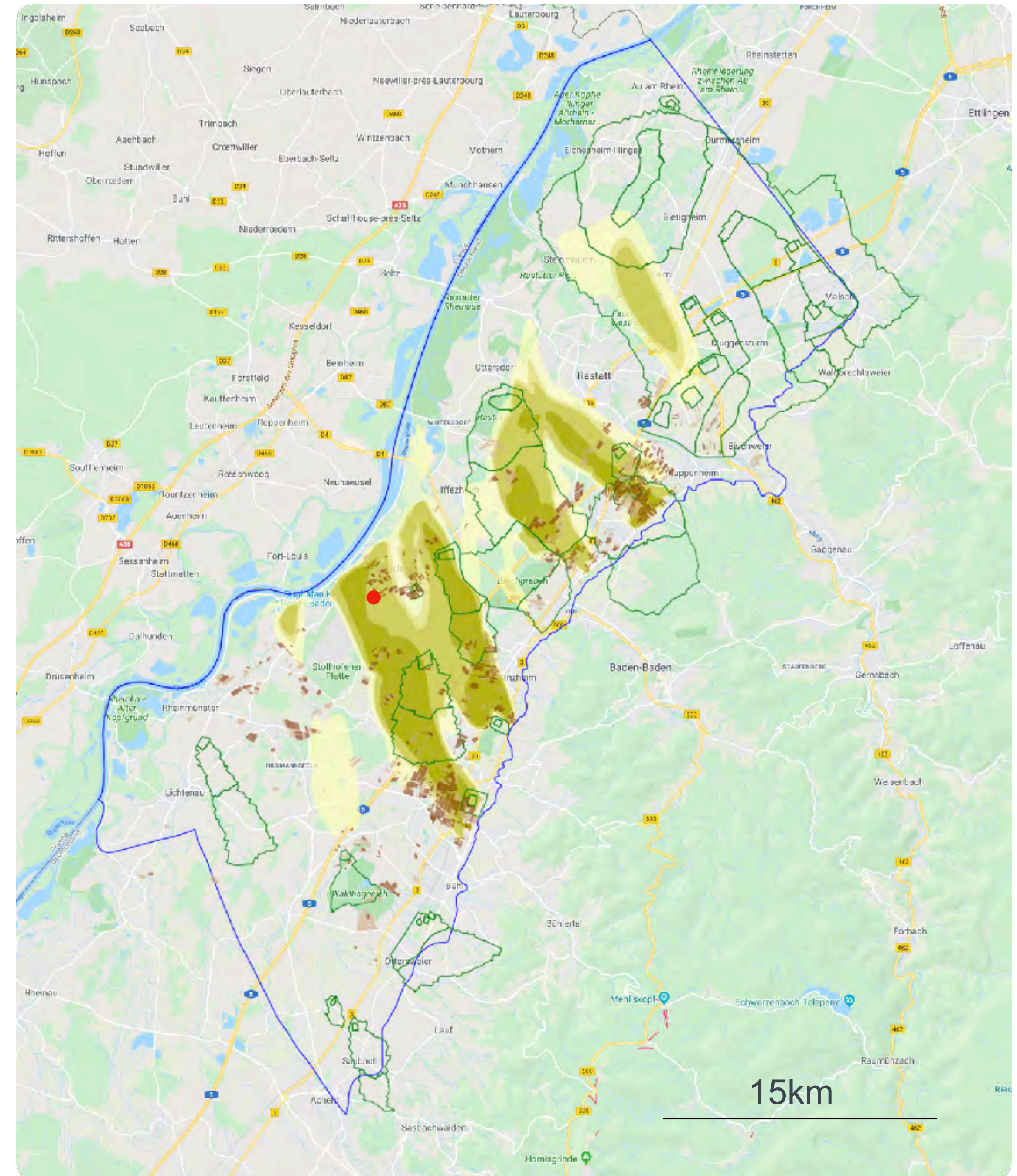


8. Juli 2021; Blickrichtung Nordwesten



**Kartenlayer** ▼

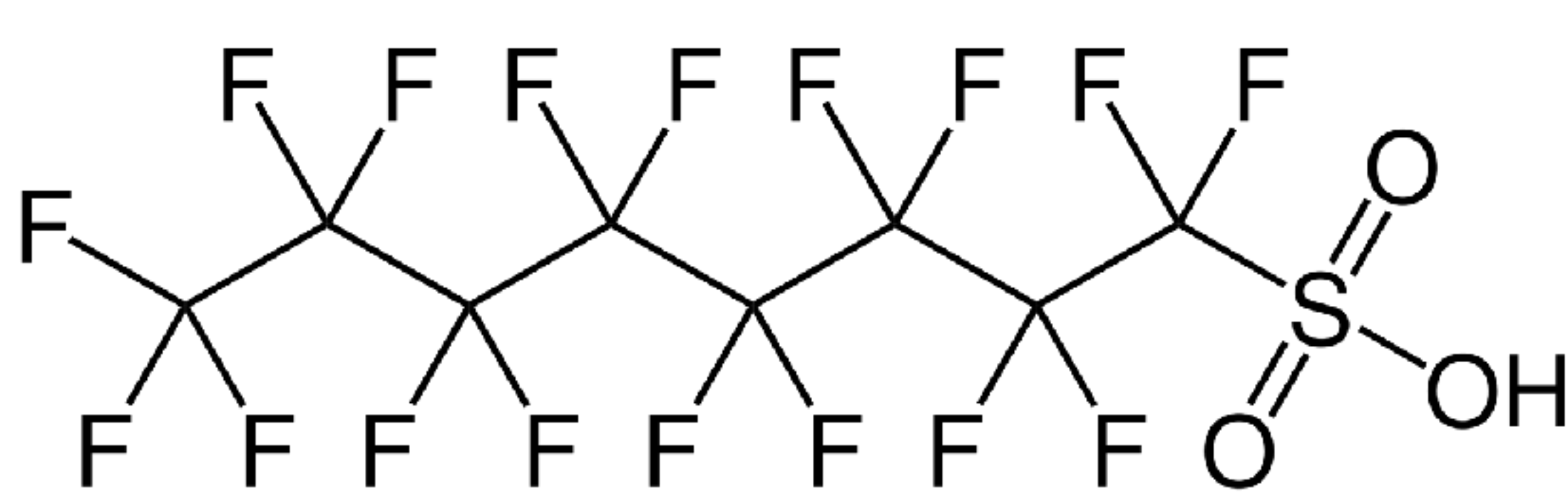
- Quotientensumme  
im oberen GW-Leiter  
Jahr: 2024  
0.25 0.75 1 > 3
- Wasserschutzgebiete
- Grundwasserhöhenlinie
- Modellgebiet
- Untersuchte Flächen  
Stand Mai 2019
  - mögliche Eintragsflächen (QS im Eluat >1)
  - unbelastet (QS im Eluat ≤1)



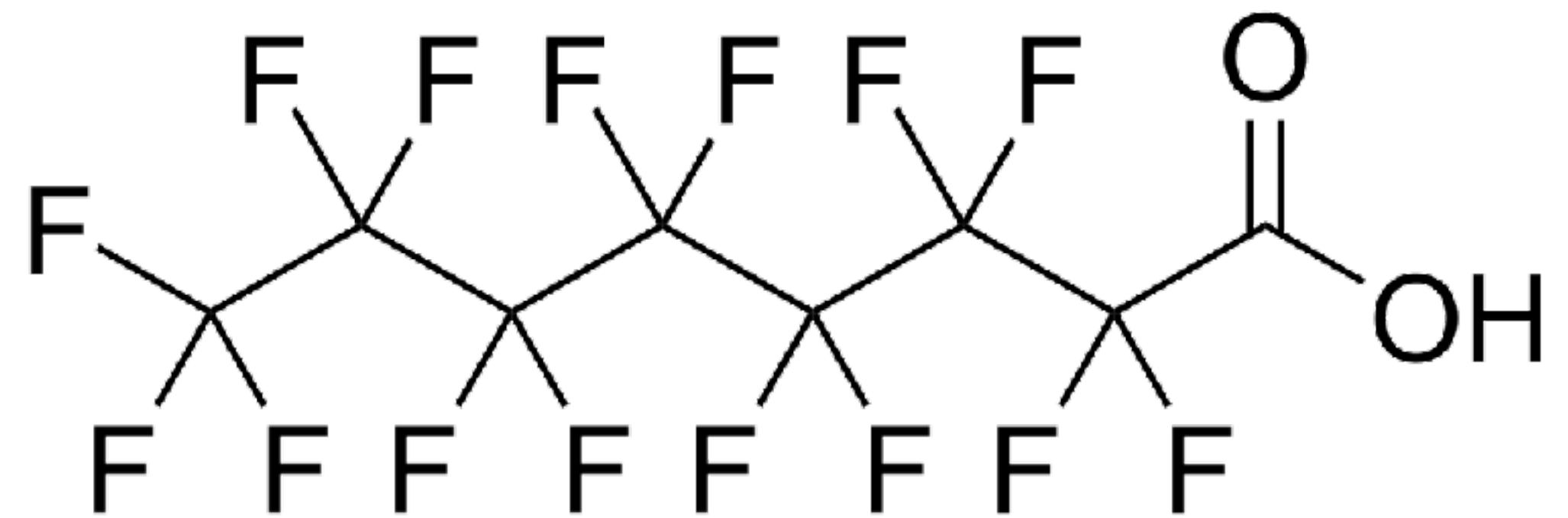


# PFAS Eigenschaften

- synthetisch, organisch, fluorierte Alkyl-Ketten mit verschiedenen funktionellen Gruppen
  - Fluor-haltiger Teil: lipophob & hydrophob
  - Kopf: hydrophil



PFOS (C8, Sulfonsäure)



PFOA (C8, Carbonsäure)



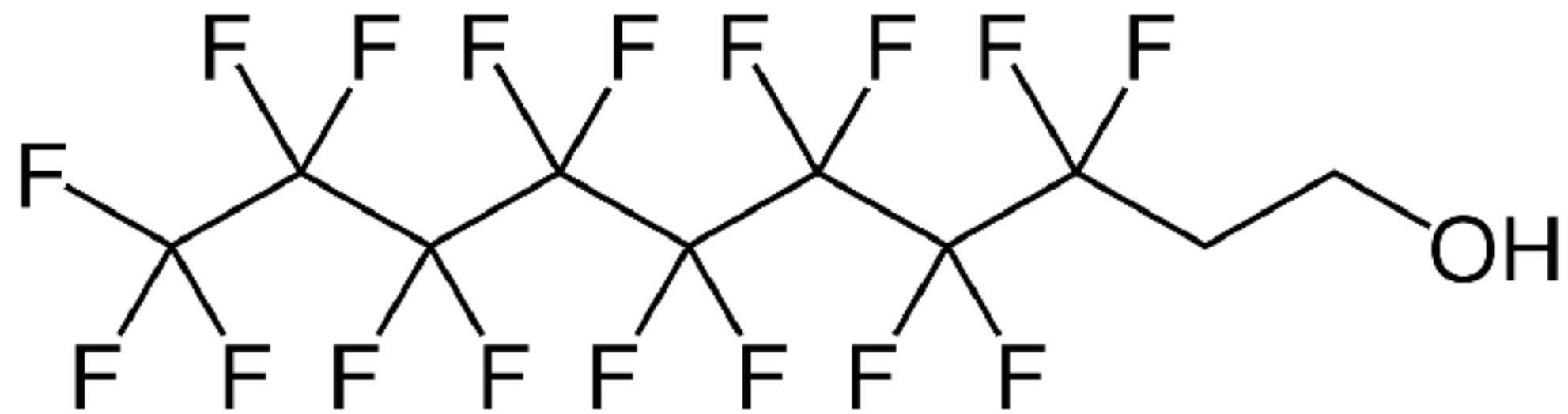
# PFAS Eigenschaften

- synthetisch, organisch, fluorierte Alkyl-Ketten mit verschiedenen funktionellen Gruppen
  - Fluor-haltiger Teil: lipophob & hydrophob
  - Kopf: hydrophil
- aktuell ca. 5000 Einzelsubstanzen; analytisch wenige quantifizierbar
- sorbierend
- von Natur aus kaum abbaubar, bioakkumulierend
- teilweise: Transformationsprodukte

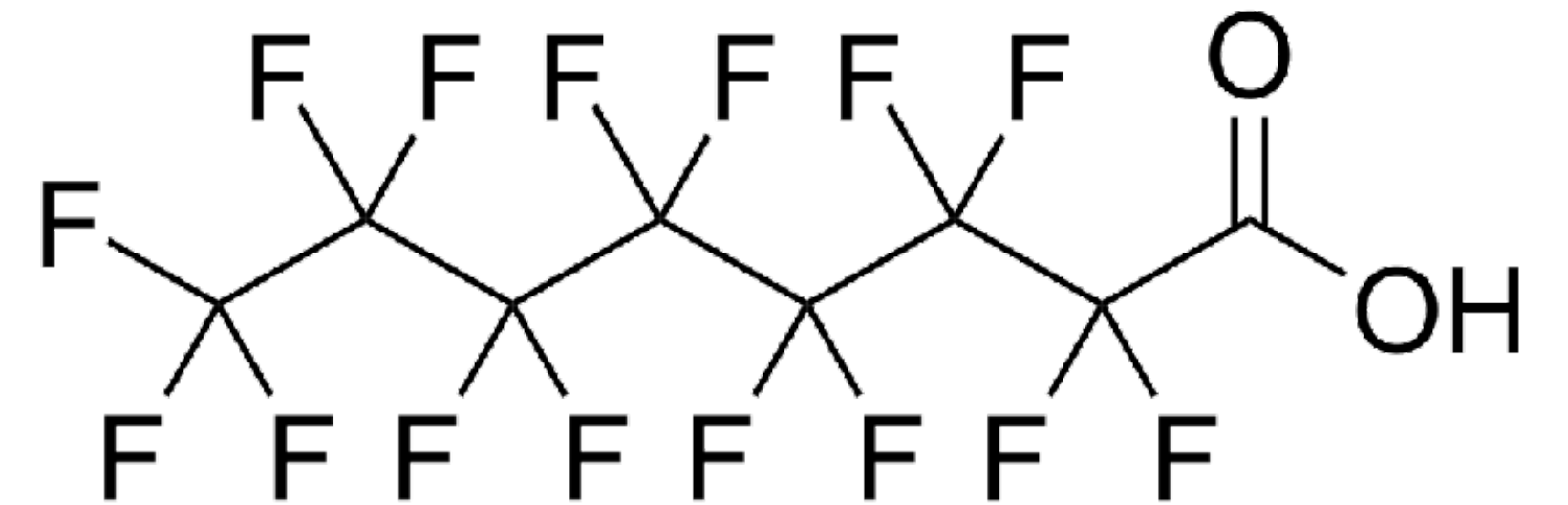
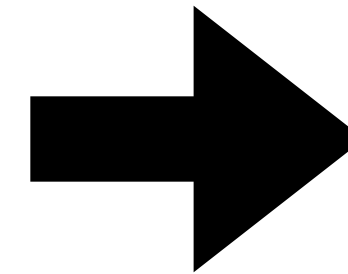


# Transformationen

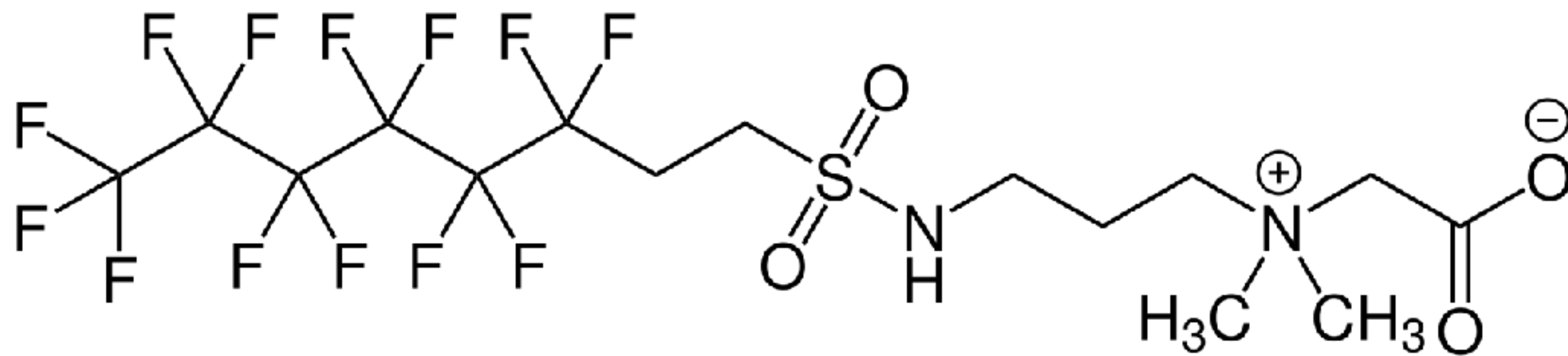
z.B. Capstone / FTOH  $\rightarrow$  PFCA



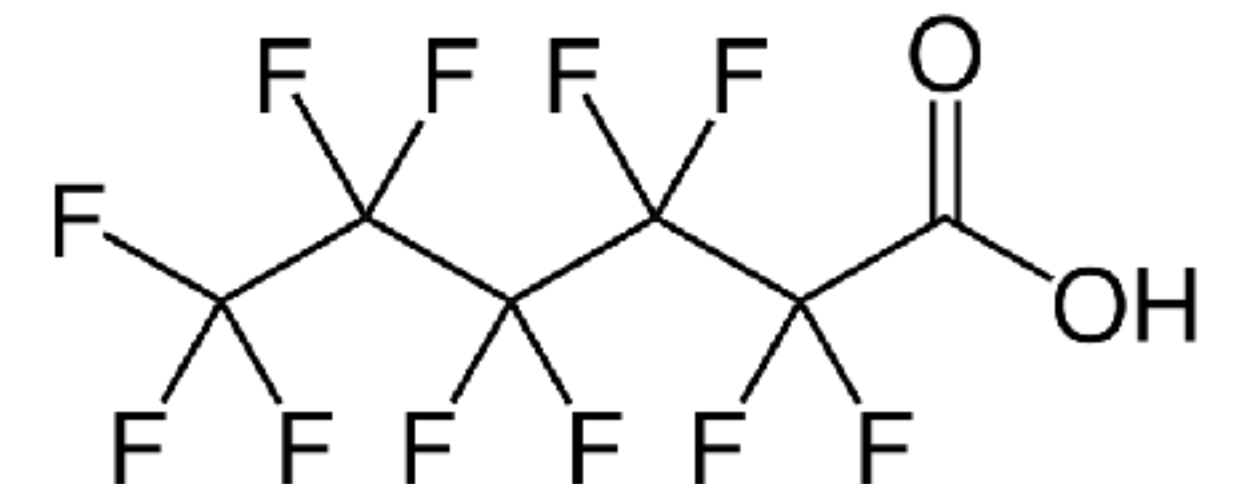
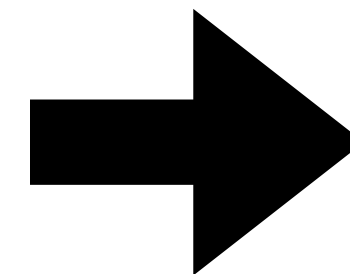
8:2 FTOH



PFOA (C8, Carbonsäure)



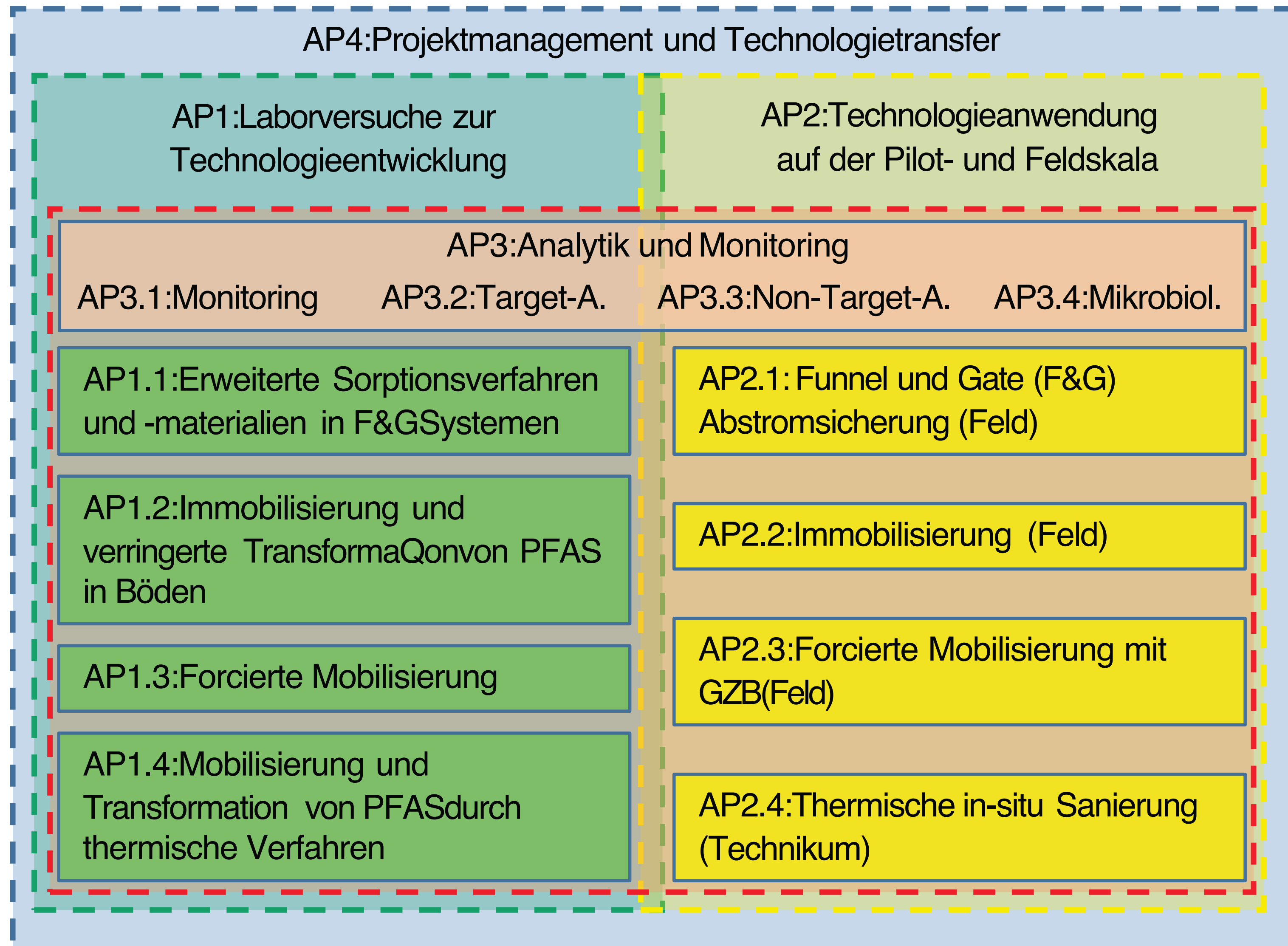
Capstone



PFHxA (C6, Carbonsäure)



# PFClean



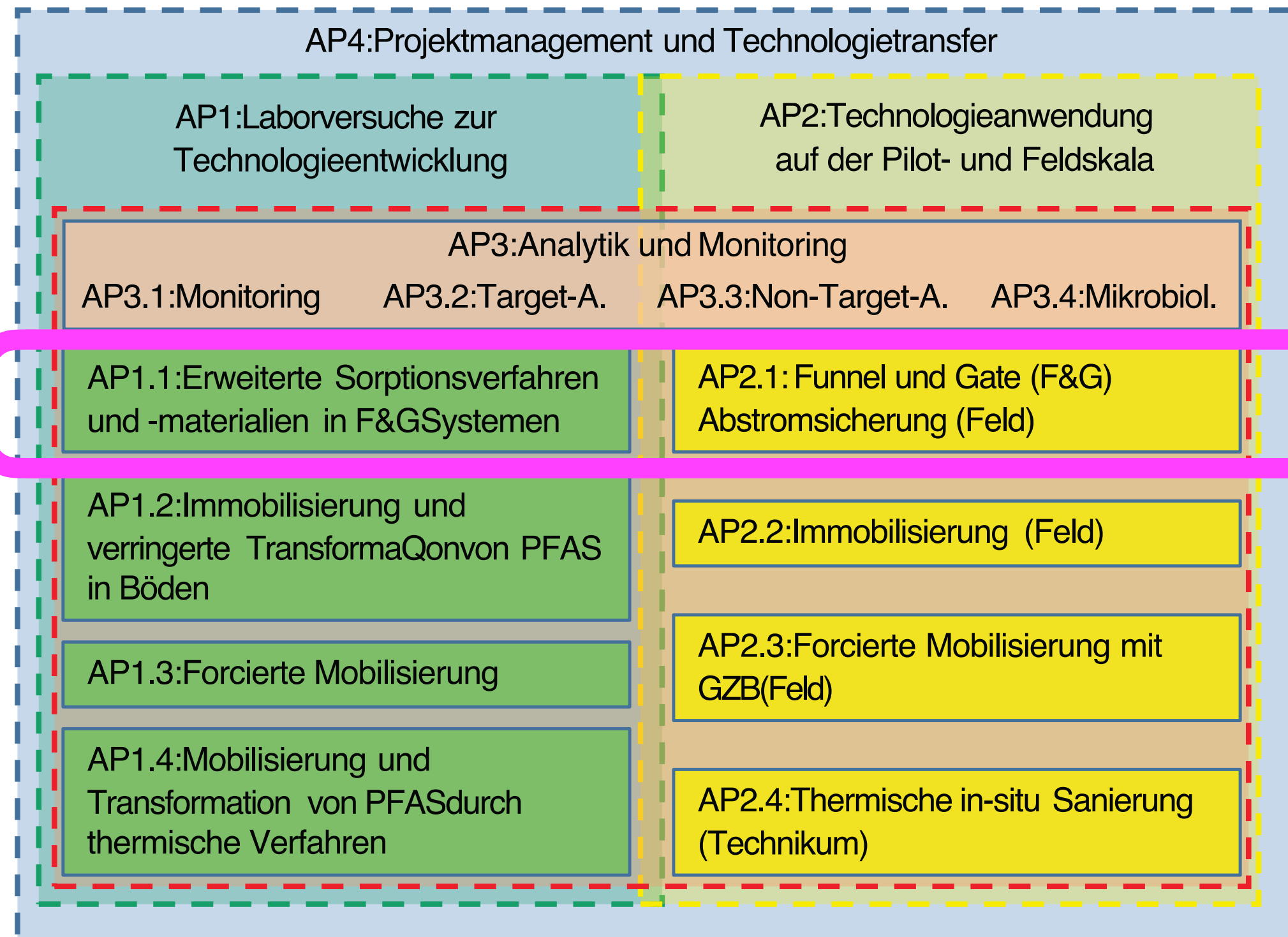
elektrisch polarisierte  
 verzögerte  
 forcierte  
 thermische

Transformation

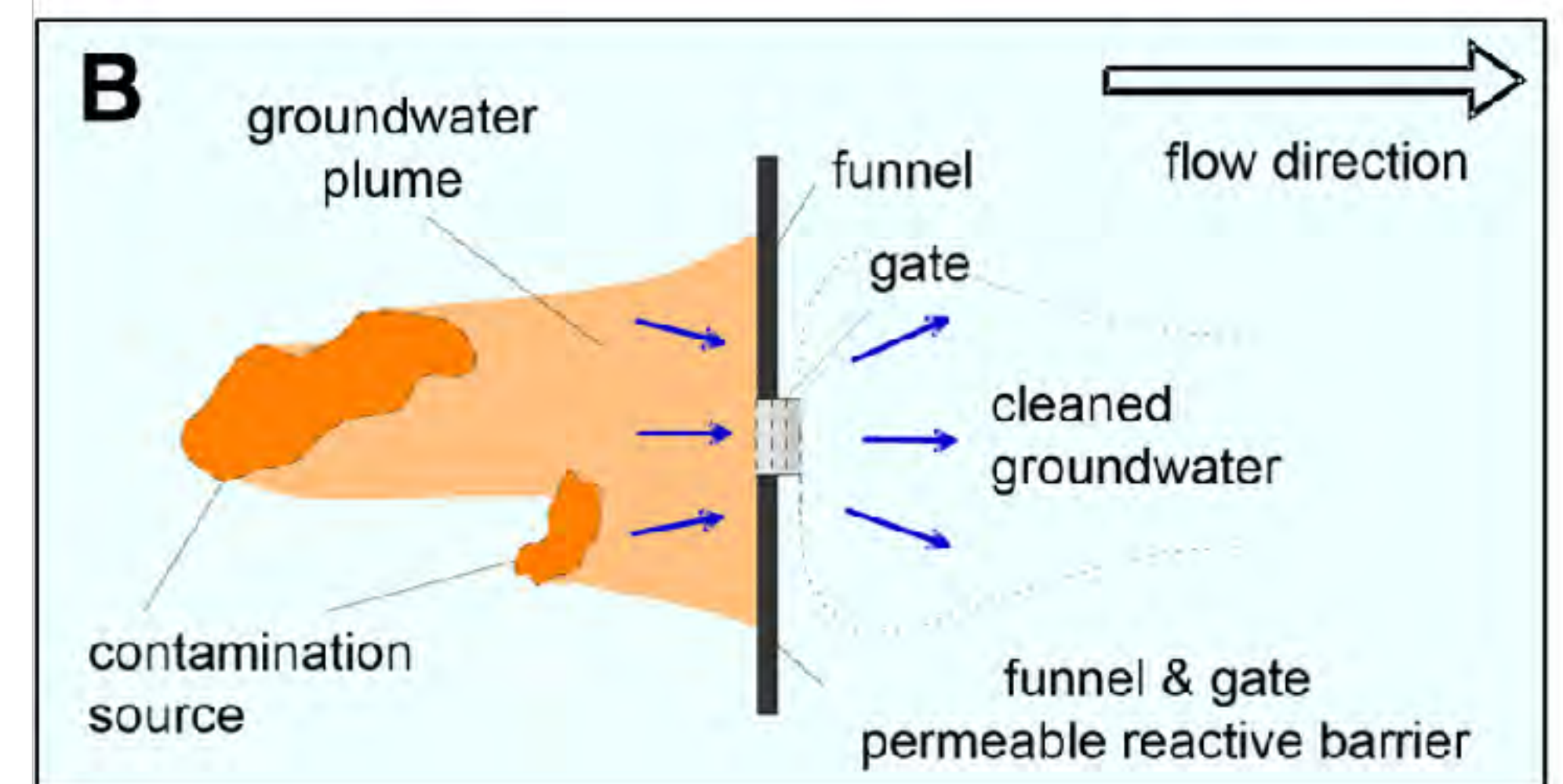
F&G  
 GZB



# elektrisch polarisierte Transformation

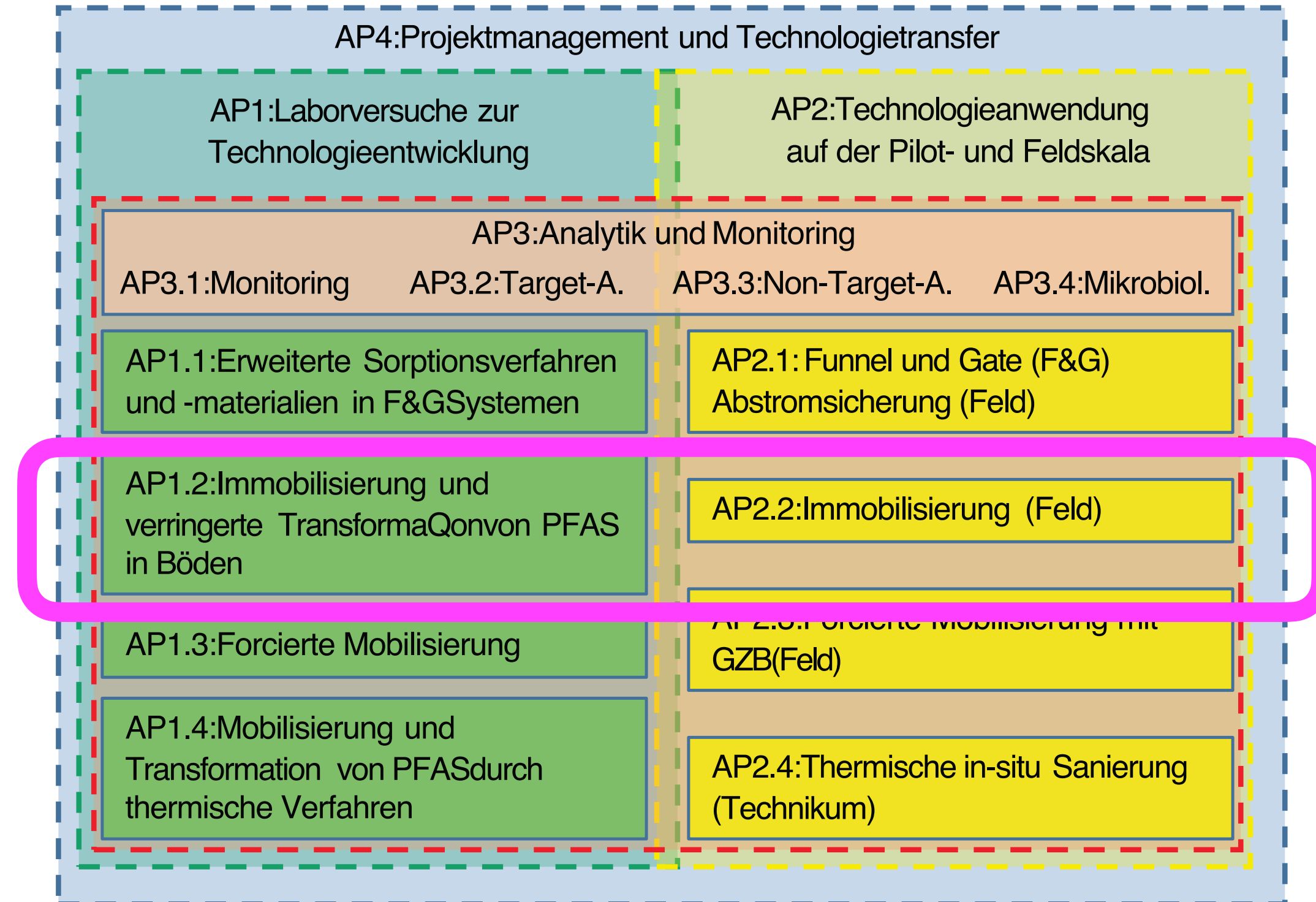


- Systeme zur Ausschleusung mobilisierter PFAS und zur Abstomsicherung von Punktquellen
- Die Sorptionsmaterialien im Gate sind austauschbar.
- Herausforderung ist die Erhöhung der Sorptionskapazität mobiler kurzkettiger Perfluorcarbonsäuren (PFCA). Dies soll durch elektrische Polarisation leitender Adsorber (Aktivkohle) erreicht werden.

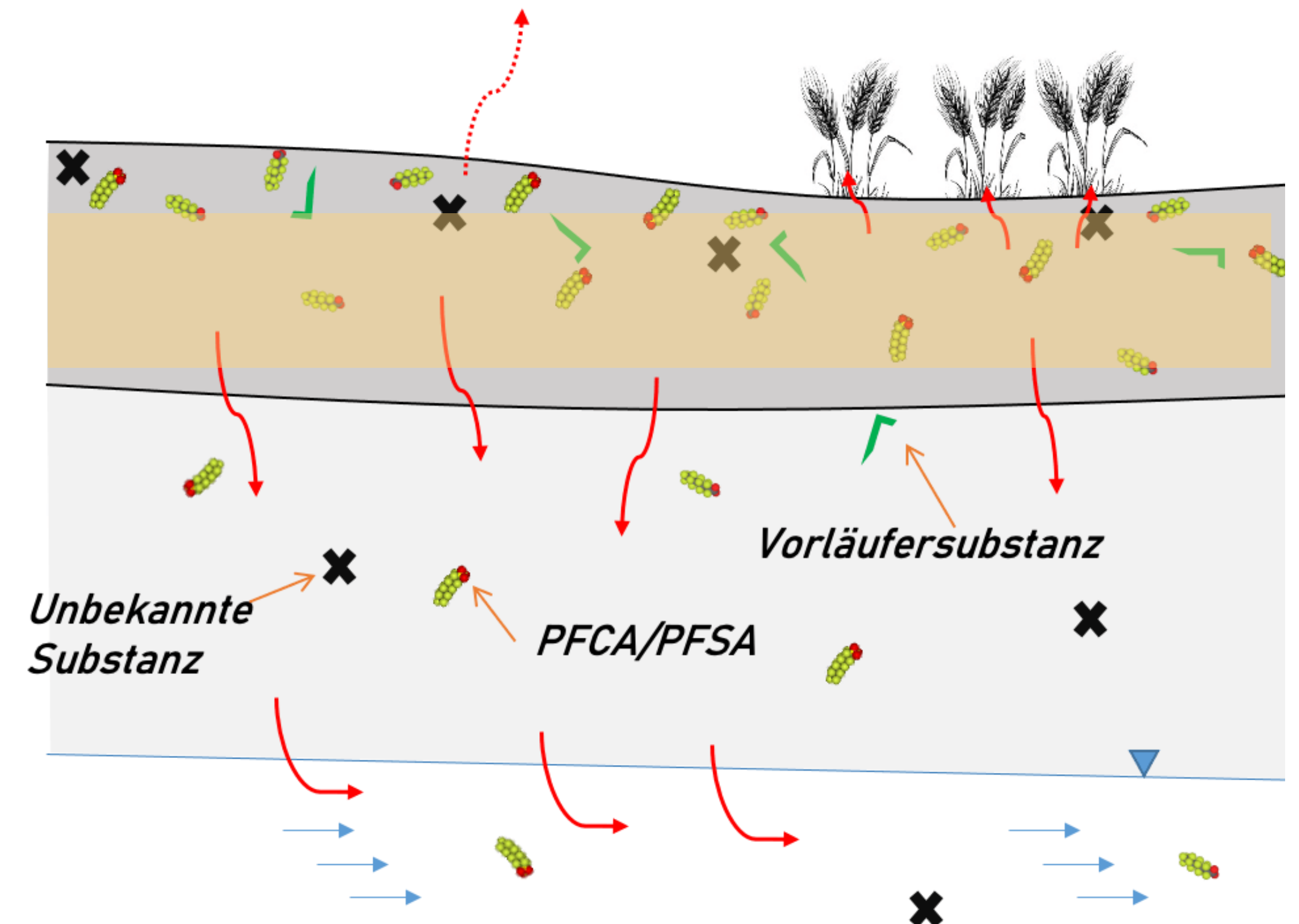




# verzögerte Transformation

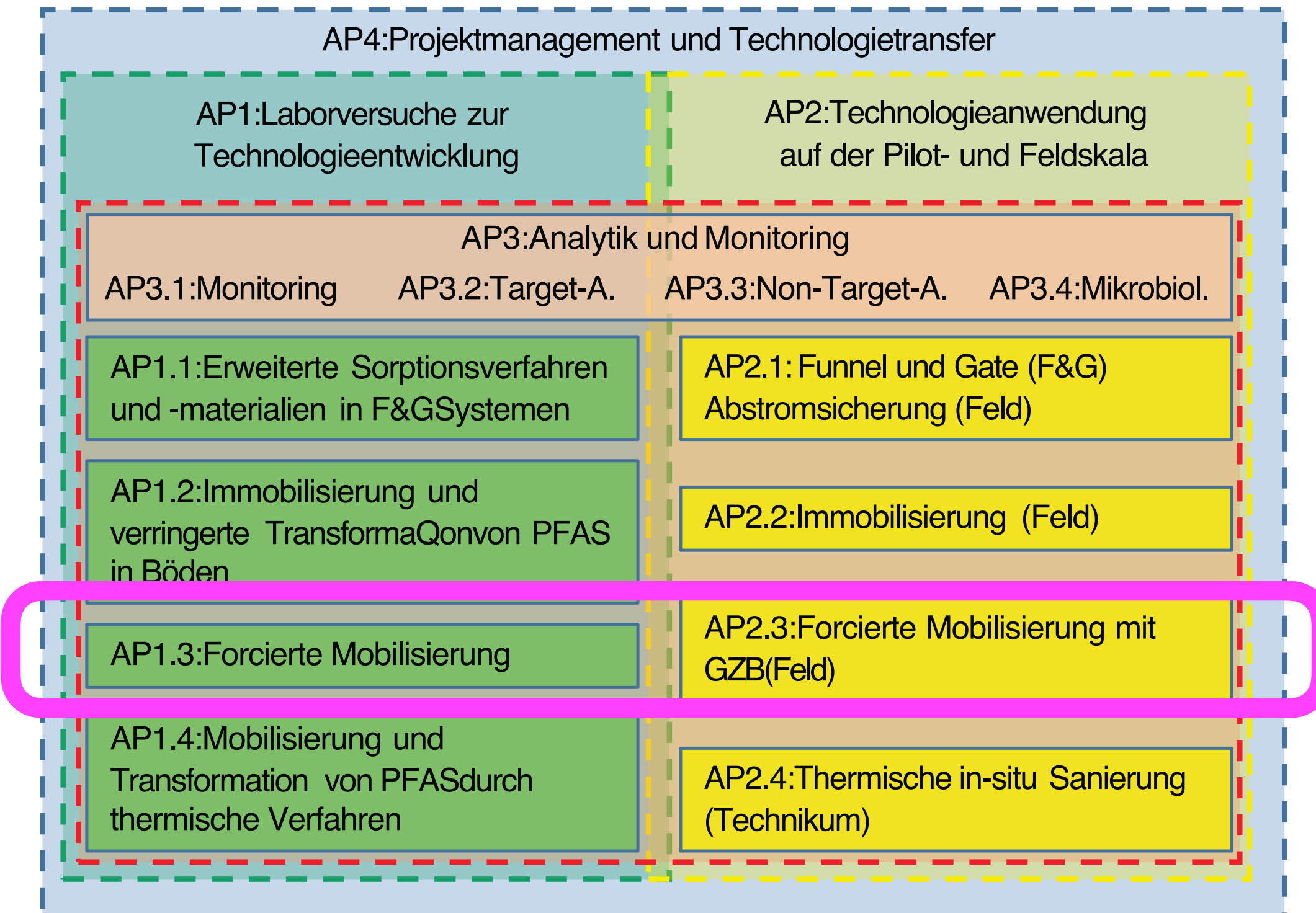


Ziel ist eine Verminderung der Transformation der sorbierten PFAS durch Adsorptionsmaterialien und damit eine reduzierte Nachlieferung mobiler, kurzkettiger Transferprodukte ins Grundwasser

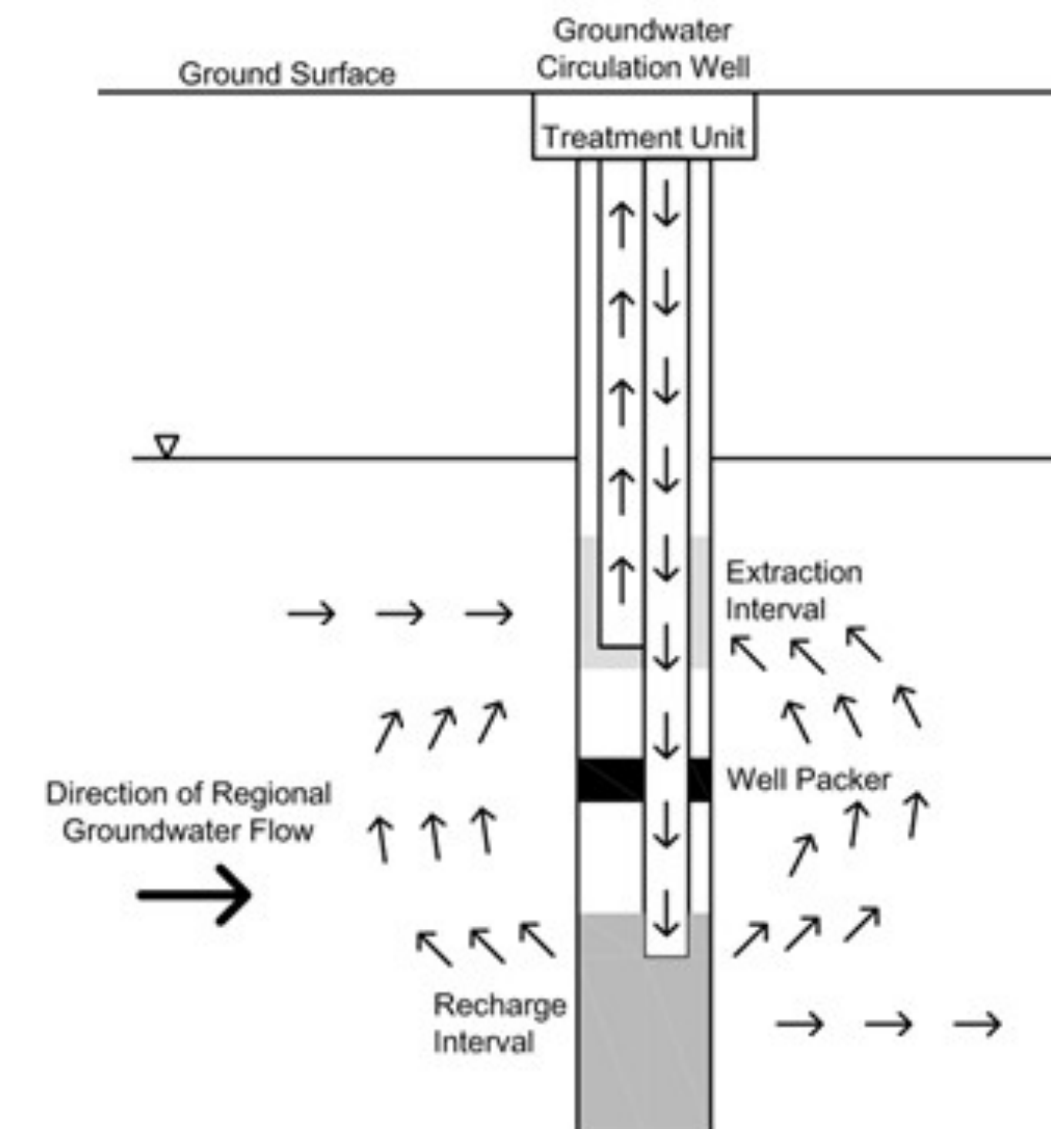




# forcierte Transformation mit Ausschleussung

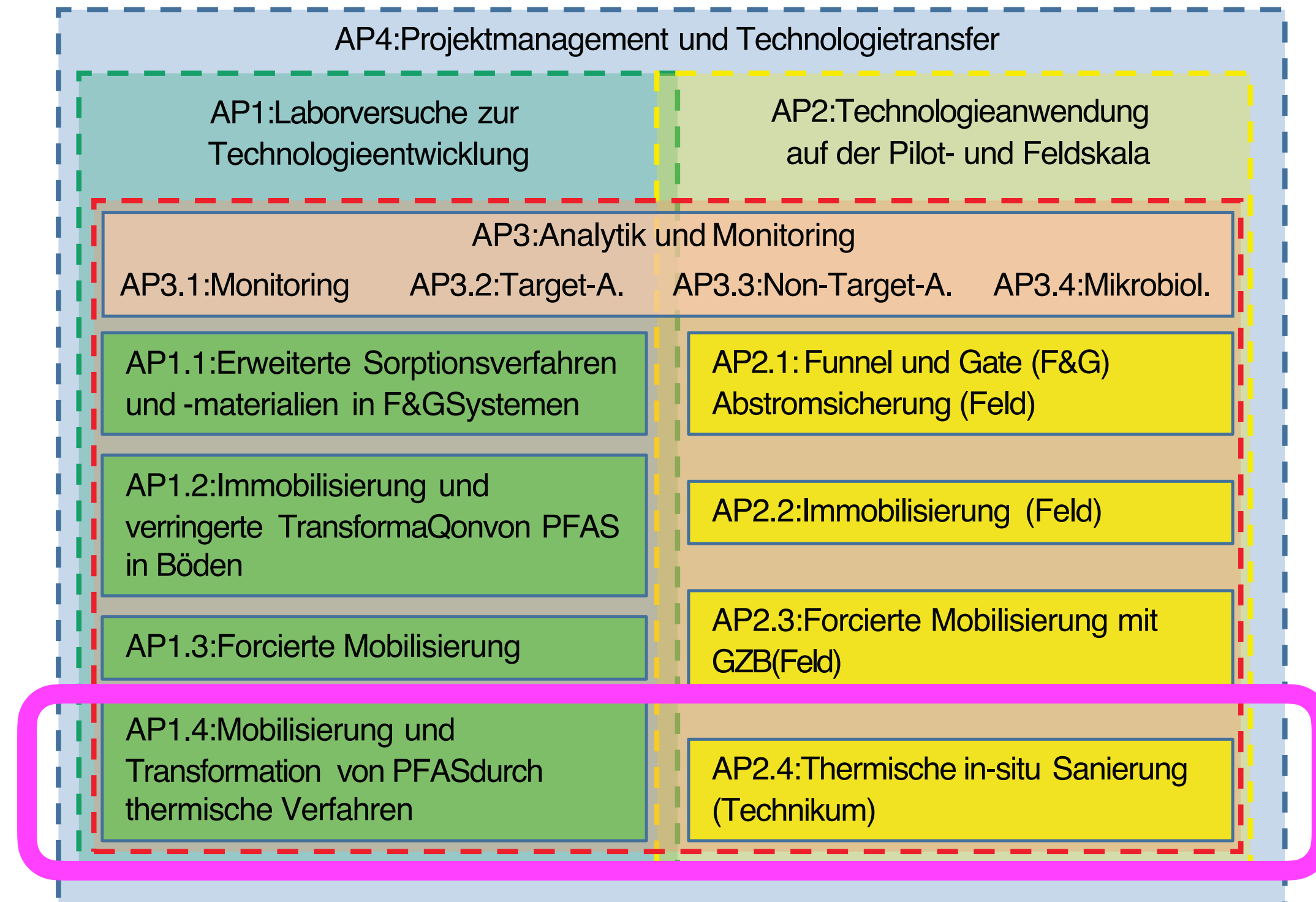


als Alternative zur Immobilisierung im Aquifer durch Unterstützung der mikrobiellen Transformation (Management von Temperatur, Zugabe von Elektronenakzeptoren). Ziel ist die zeitlich beschleunigte Umsetzung der sorbierten Schadstoffquelle im *Grundwasserleiter* über mobile Transferprodukte

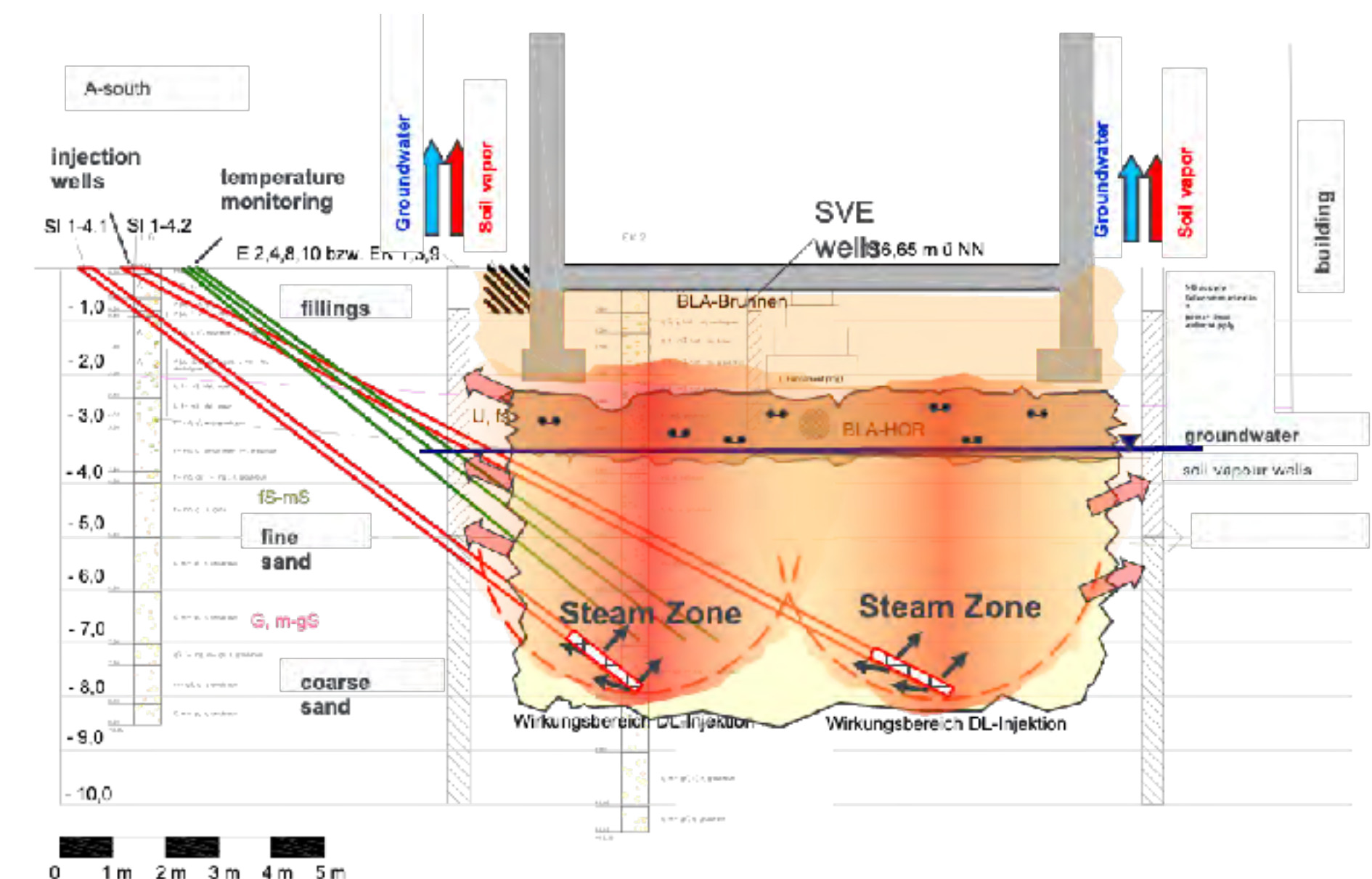




# thermische Transformation



Umsetzung und Mobilisierung von immobilisierten Präkursoren bei erhöhten Temperaturen. Dabei sollen thermisch-katalytische Prozesse, die zur Bildung von TP führen, charakterisiert und bezüglich einer Mobilisierung und Ausschleusung beurteilt werden. Mit diesen grundlegenden Kenntnissen wird die Auslegung von thermischen in-situ Verfahren optimiert

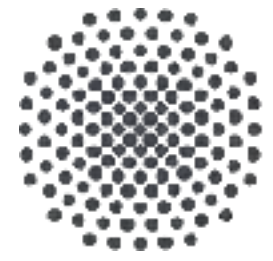




# Grundwasserbewirtschaftung

- Monitoring (Menge und Qualität)
  - Boden, Grundwasser, variabel gesättigte Zone
  - Materialeigenschaften (auch thermische)
  - räumliche und zeitliche Variabilität
- Prozesse und deren Modellierung





**University of Stuttgart**

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



# Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Immobilization of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS):  
Comparison of leaching behavior by three different leaching tests

Thomas Bierbaum et al., 2023; STOTEN;

doi: [10.1016/j.scitotenv.2023.162588](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162588)

PD Dr.-Ing. Claus Haslauer  
Dr.-Ing. Simon Kleinknecht

+49 (711) 685 - 64716

[www.vegas.uni-stuttgart.de](http://www.vegas.uni-stuttgart.de)

[@vegasIWS](https://twitter.com/vegasIWS)

[@vegasiws@mathstodon.xyz](mailto:vegasiws@mathstodon.xyz)

University of Stuttgart

IWS/VEGAS

Pfaffenwaldring 61, 70569 Stuttgart

Germany



Eine Initiative des Bundesministeriums  
für Bildung und Forschung



**Wasser: N**  
SCHUTZ. NUTZUNG. INNOVATION.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



Grundwasser nachhaltig bewirtschaften