

# Entwicklung einer Sanierungstechnologie für PFC belastete Grundwässer

am Beispiel Flughafen Nürnberg



## Inhalt

# 1. Projekt: Entwicklung einer Sanierungstechnologie für PFC-haltige Grundwässer

- In Zusammenarbeit mit TZW Karlsruhe
- Versuche im Labor und an einer Pilotanlage vor Ort
- Verfahren:

1. Adsorption an Aktivkohle und Ionenaustauscher

2. Membranfiltration

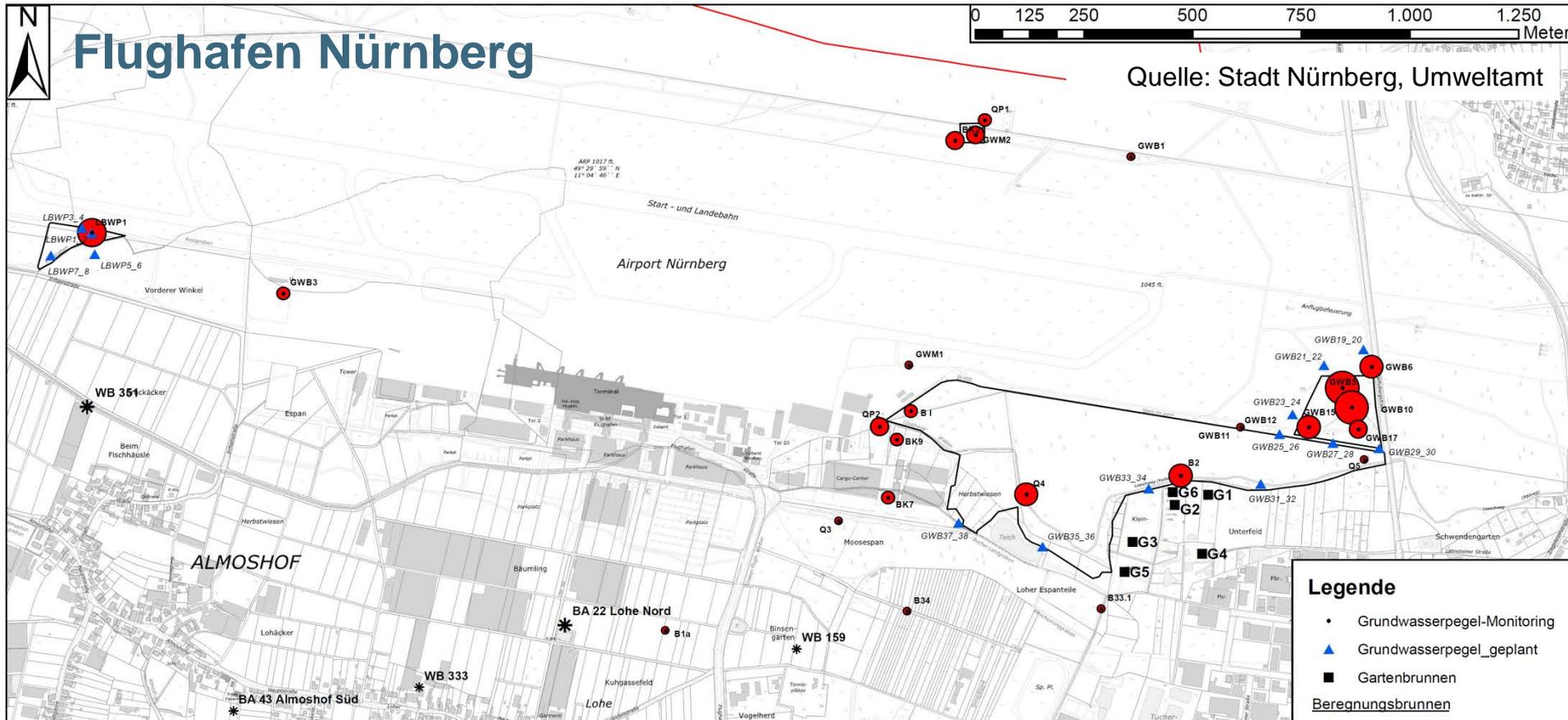
3. Elektrochemischer Abbau

# 2. Transportverhalten von PFOS in gestörten und ungestörten Böden

## Flughafen Nürnberg



Quelle: Stadt Nürnberg, Umweltamt



**Legende**

- Grundwasserpegel-Monitoring
- ▲ Grundwasserpegel\_geplant
- Gartenbrunnen

**Berechnungsbrunnen**

- \* Grundwasser Monitoring
- \* Technische Gewässeraufsicht

**Konzentrationen**

- < 0,3 µg/l
- 0,3 - 1,0 µg/l
- 1,0 - 10,0 µg/l
- 10,0 - 50,0 µg/l
- 50,0 - 100,0 µg/l

langjähriger Einsatz von PFC-haltigen Löschschäumen bei Löschübungen  
 → Verunreinigung von Boden, Grundwasser und Oberflächengewässer mit PFC  
 → aber auch: LHKW, BTEX, (C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub>-KW, PAK, MKW)

Im Bereich Löschbecken Ost wurden aufgrund der Übersichtlichkeit nur ausgewählte Pegel dargestellt.

## Laborversuche

Auswahl von 22 Sorptionsmaterialien:

- 16 Aktivkohlen, 3 Ionenaustauscher, 1 Sorptionsmaterial für PFC
- 2 synth. Aktivkohlen

Schüttel- und Säulenversuche zur

- Bestimmung der Geschwindigkeit
- Bestimmung der Beladungskapazität

Matrix

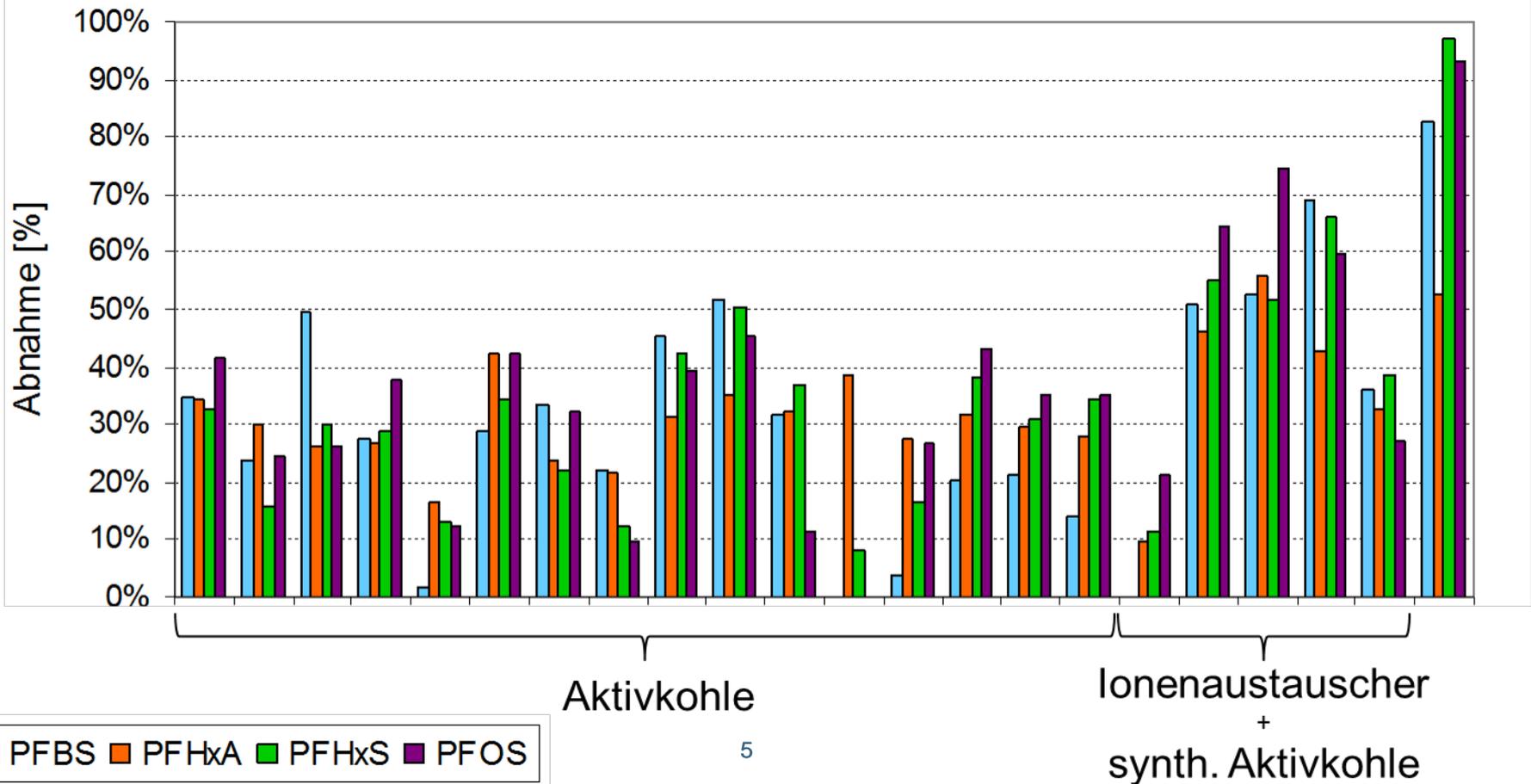
- Gespiktes Reinstwasser
- Original Grundwasser



## Laborversuche – Ergebnisse Batchversuche

Leitungswasser gespikkt mit PFOS, PFHxS, PFBS, PFHxA  
Versuchszeit: 30 Minuten

30 min

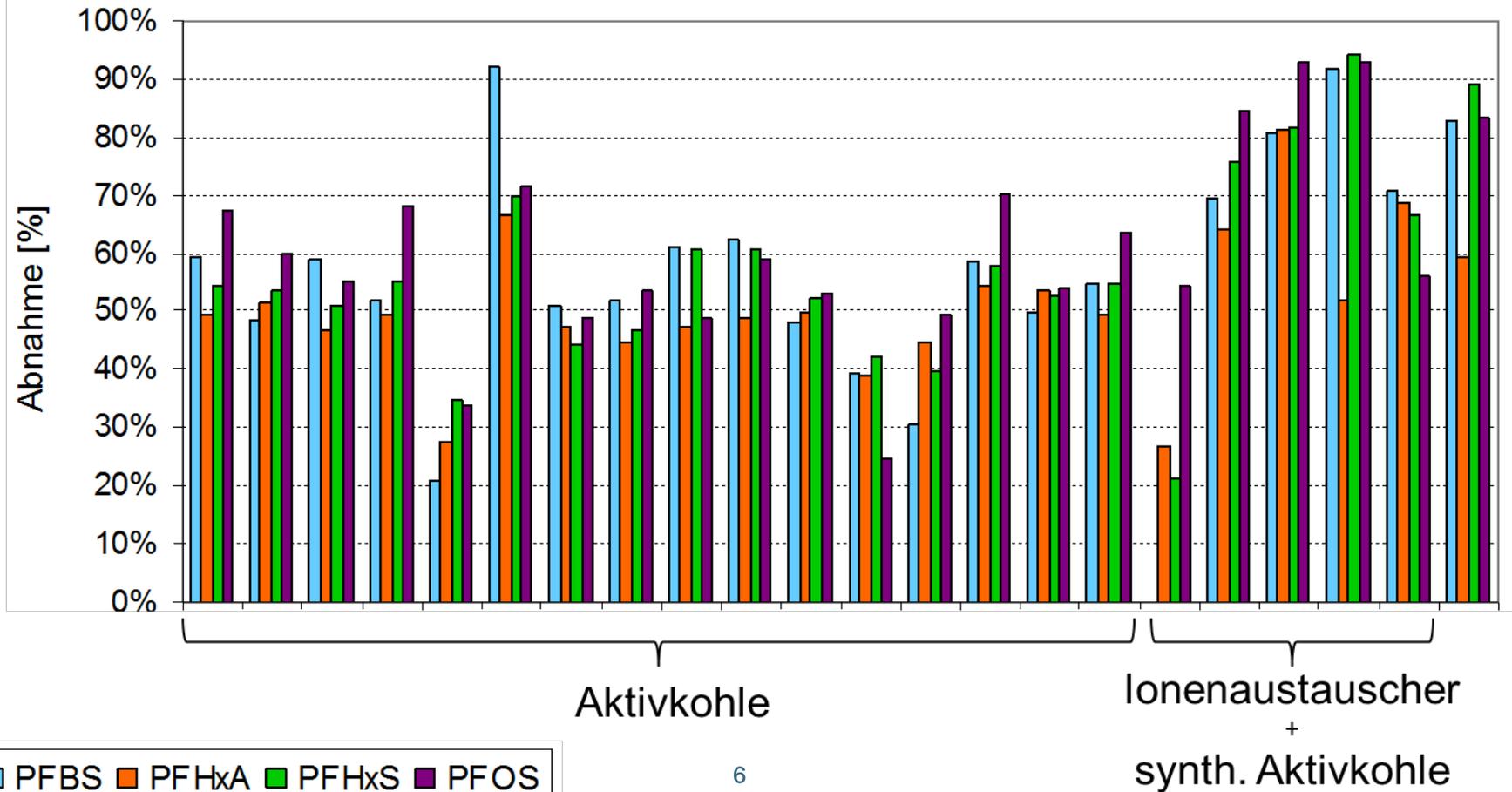


## Laborversuche – Ergebnisse Batchversuche

Leitungswasser gespikkt mit PFOS, PFHxS, PFBS, PFHxA

Versuchszeit: 60 Minuten

60 min

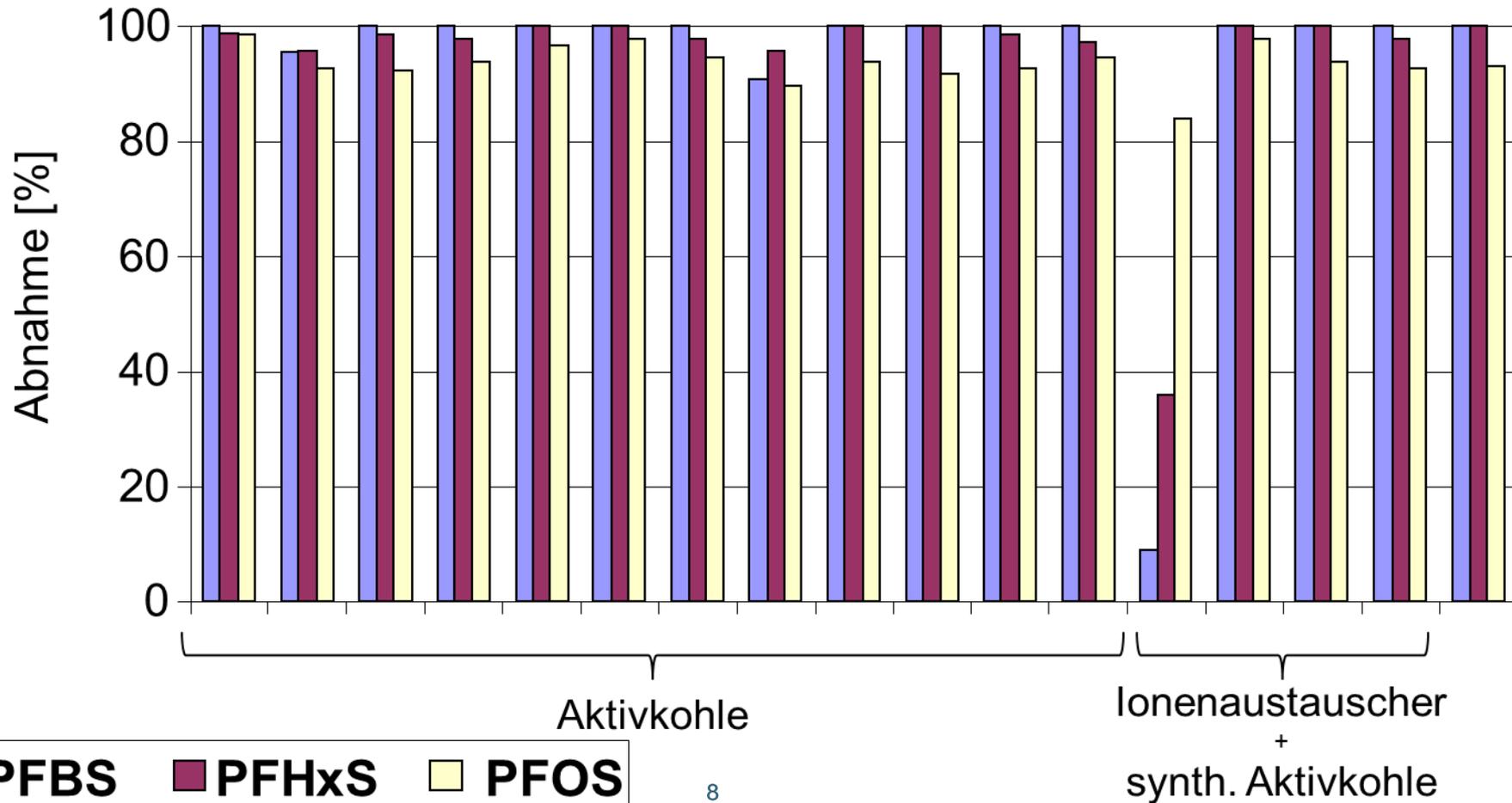




## Laborversuche – Ergebnisse Batchversuche TZW

Leitungswasser gespikt mit PFBS, PFHxS, PFOS

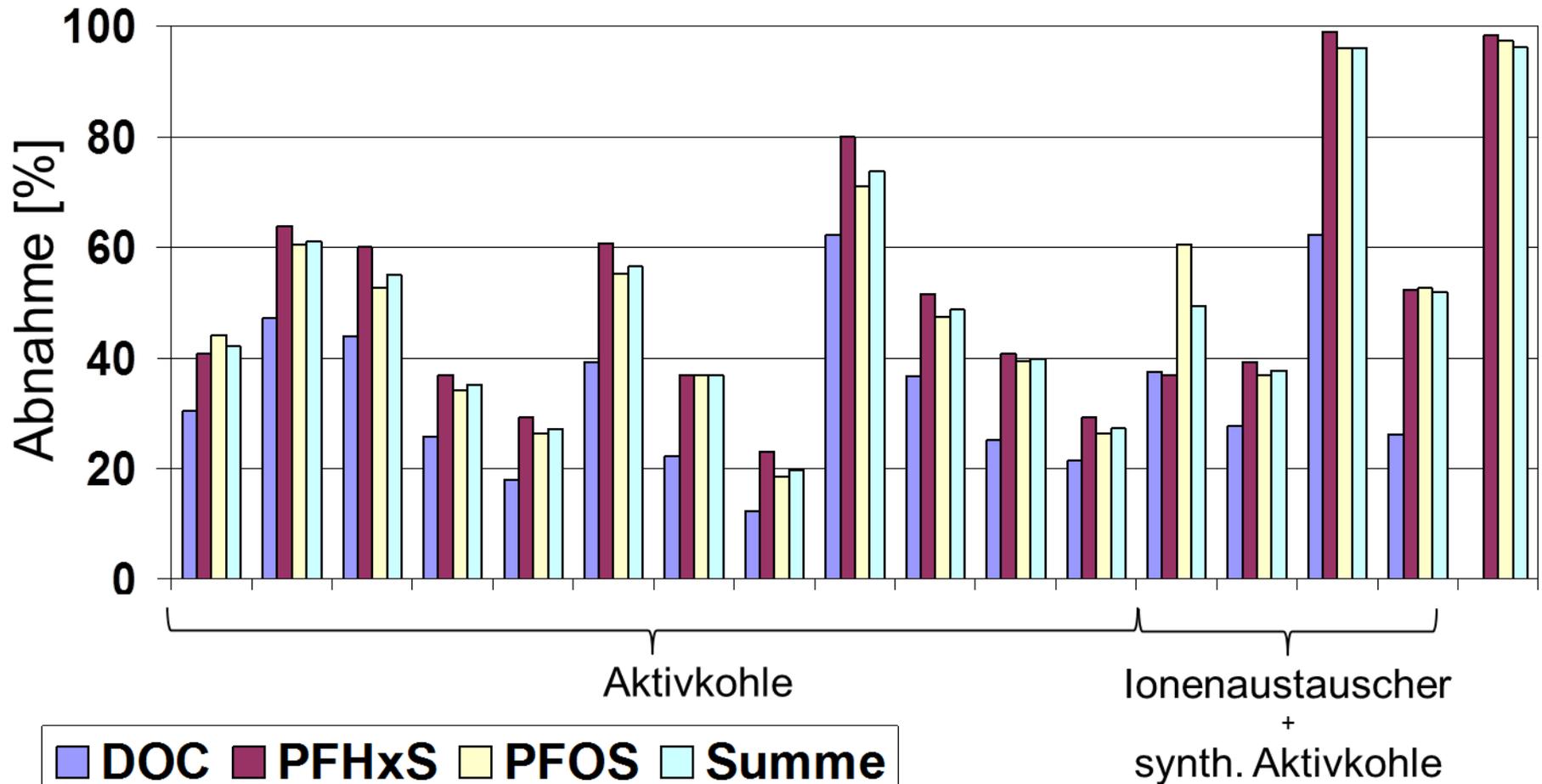
Versuchszeit: 4 Tage



## Laborversuche – Ergebnisse Batchversuche TZW

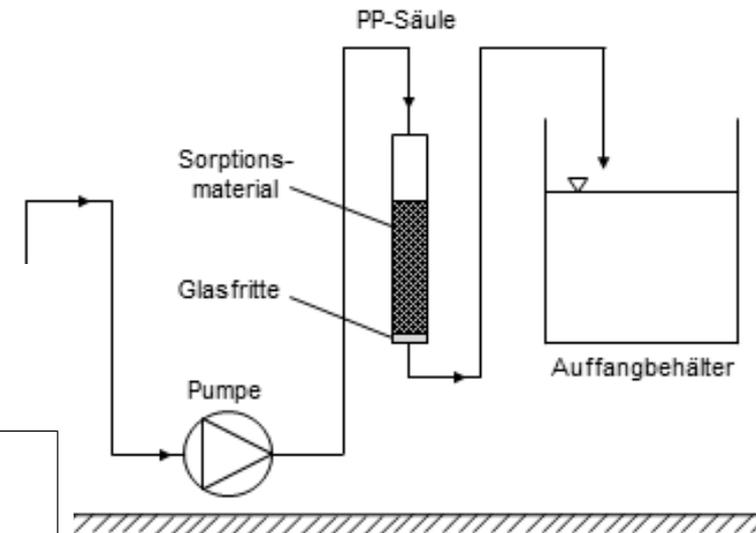
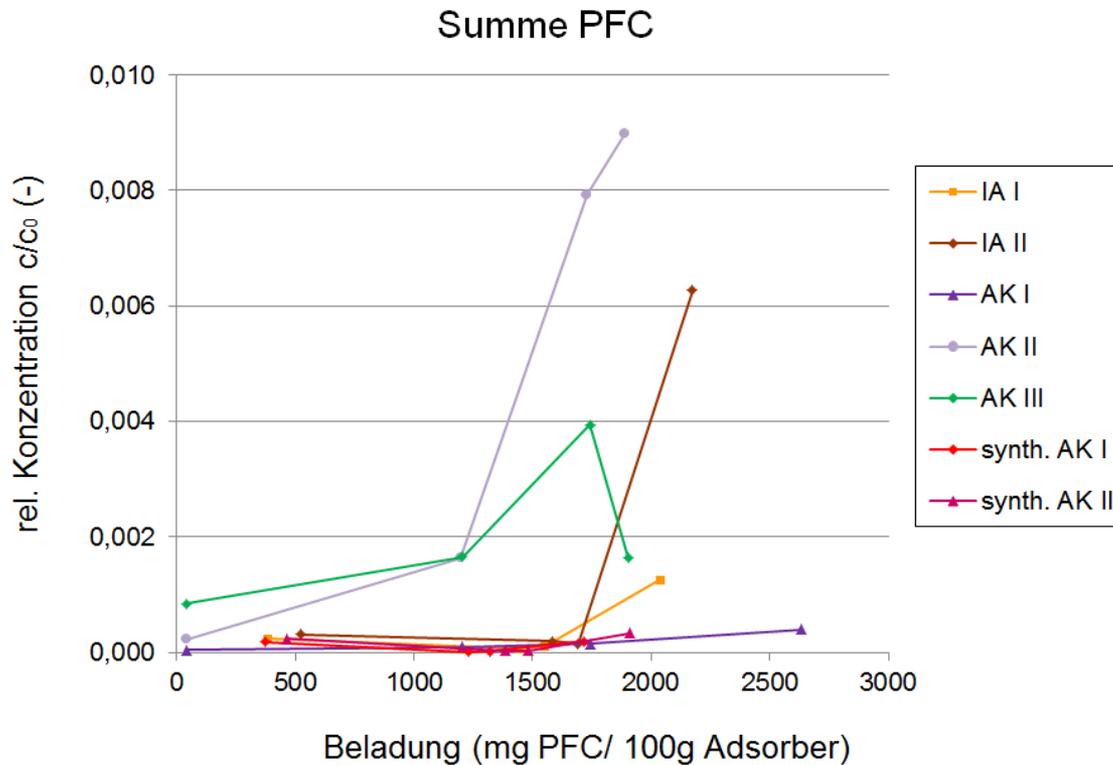
PFC verunreinigtes Grundwasser

Versuchszeit: 4 Tage



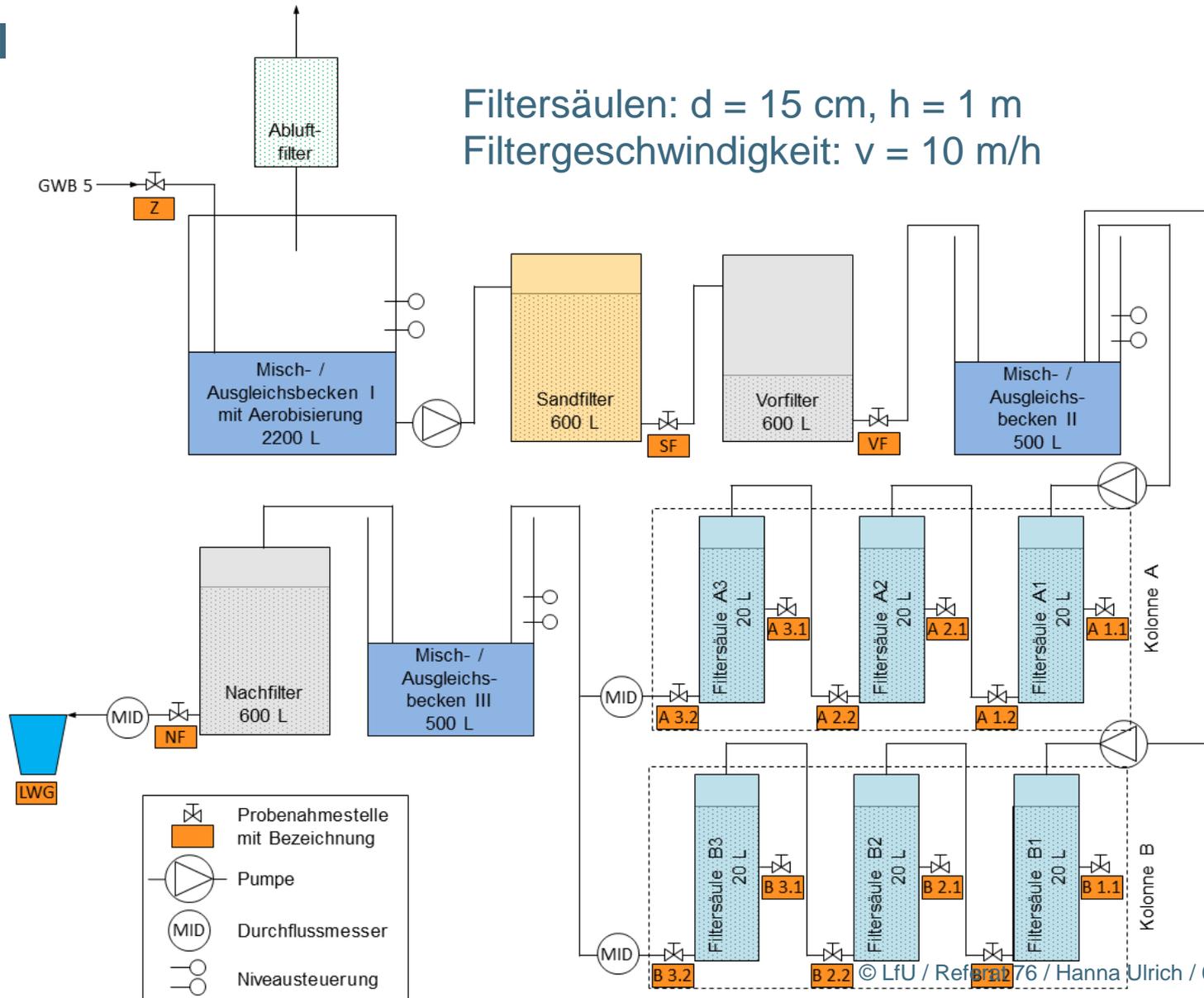
## Laborversuche – Ergebnisse Sä

### Bestimmung der Beladungskapazität



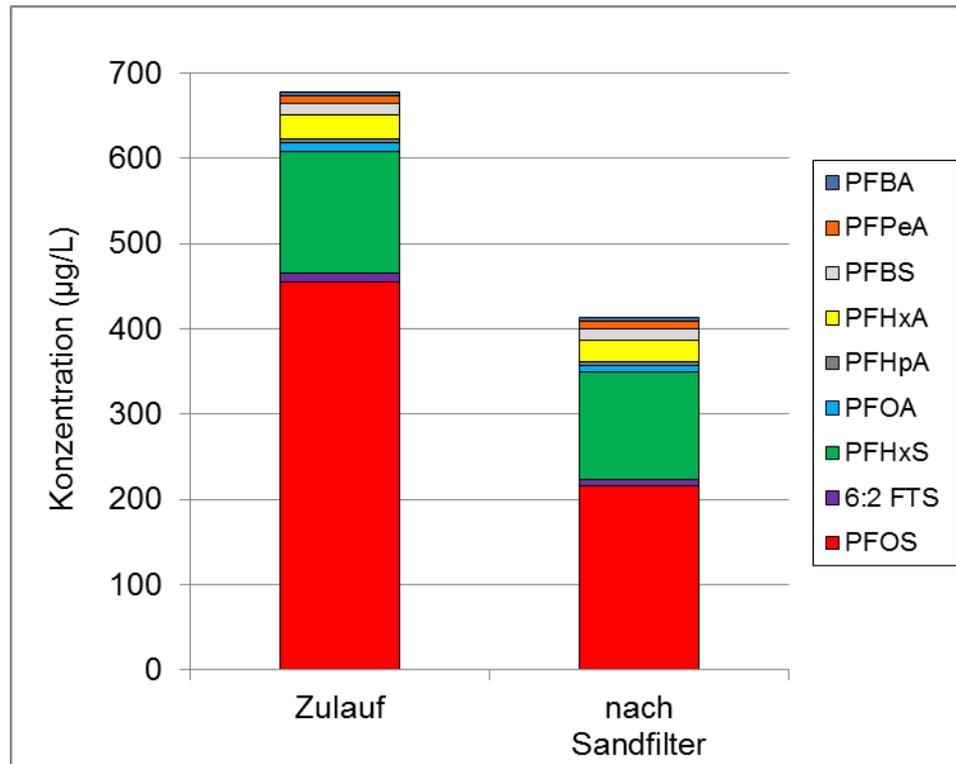
→ Vier Materialien ausgewählt für weitere Versuche an Pilotanlage

# Pilotanl





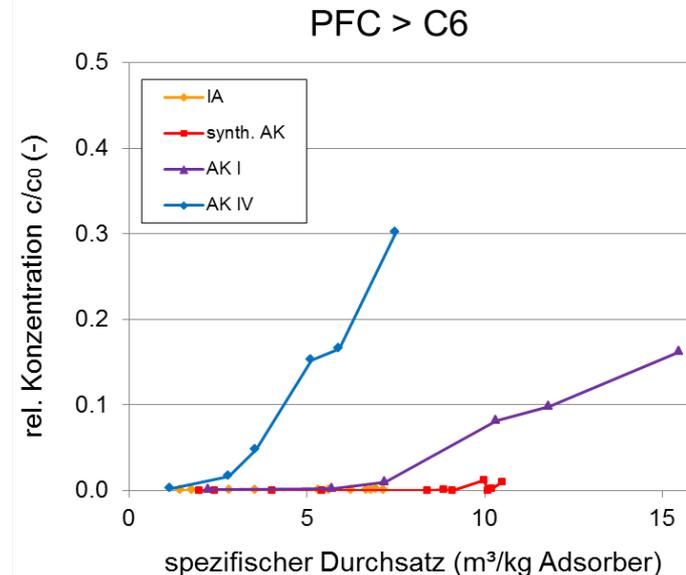
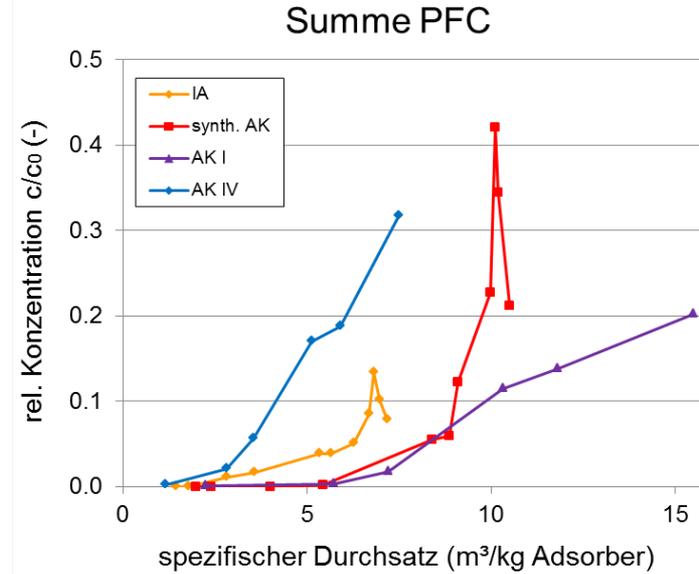
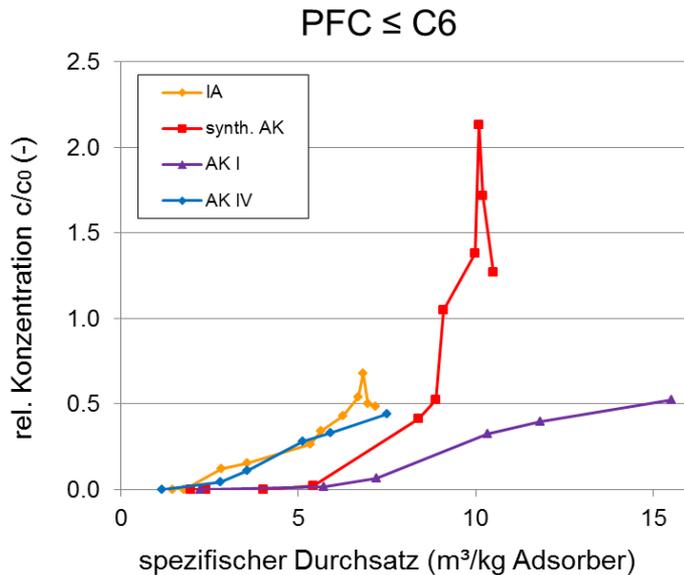
## Pilotanlage - Ergebnisse



→ Abnahme der PFOS-Konzentration um ca. 50%

# Pilotanlage - Ergebnisse

## Vergleich der unterschiedlichen Adsorptionsmaterialien

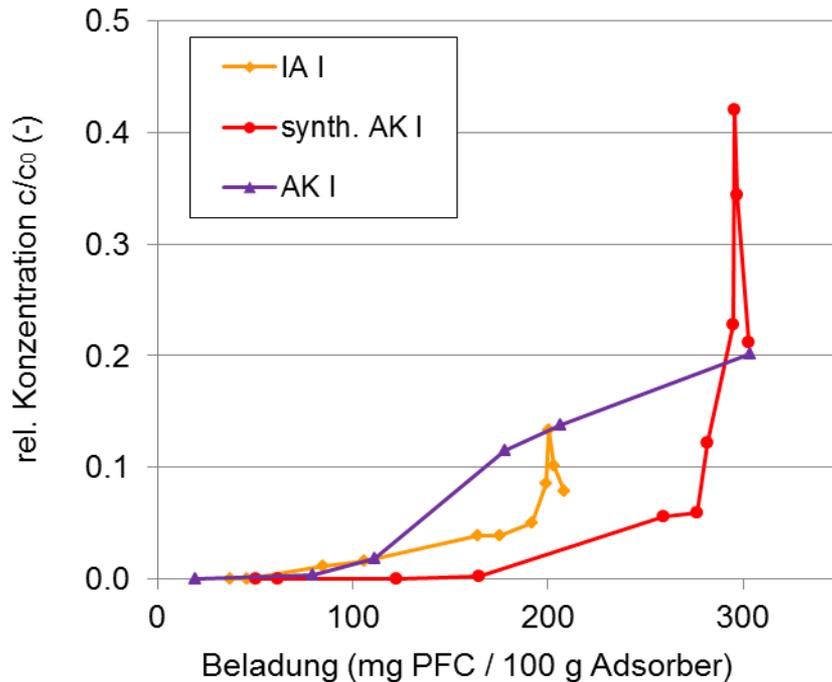


## Pilotanlage - Ergebnisse

Vgl. Beladung original Grundwasser vs. gespicktes Reinstwasser

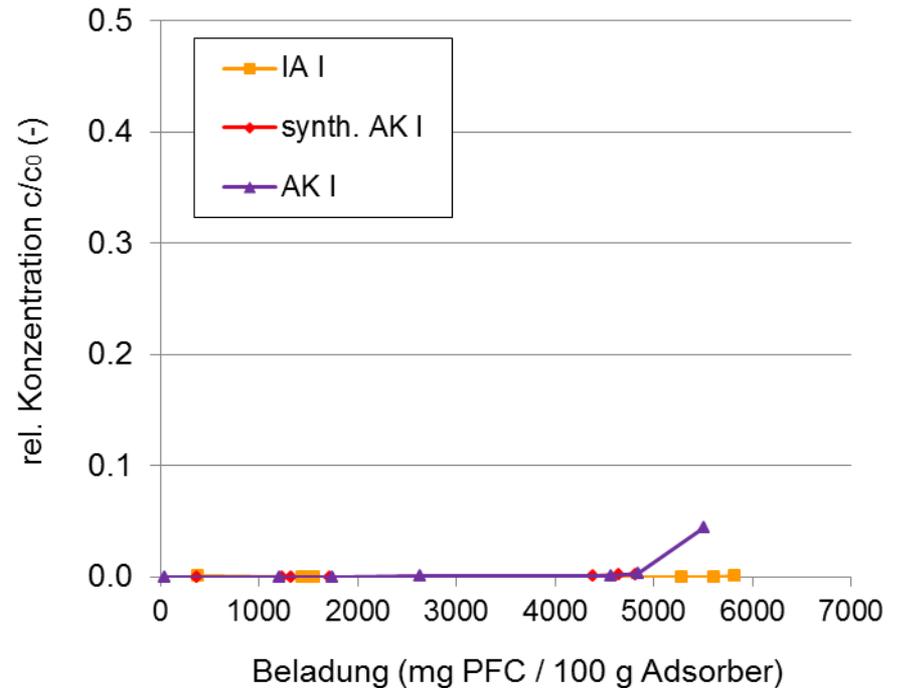
### Grundwasser

#### Summe PFC



### gespicktes Reinstwasser

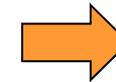
#### Summe PFC



## Pilotanlage - Ergebnisse

### Erreichte Beladung

Material	Beladung (Gew.-%) PFC ≤ C6 Grenzwert 1.0 µg/L	Beladung (Gew.-%) PFC > C6 Grenzwert 0.3 µg/L
IA	0.007	> 0,17
synth. AK	0.020	0.21
AK I	0.018	0.11
AK II	0.007	0.02



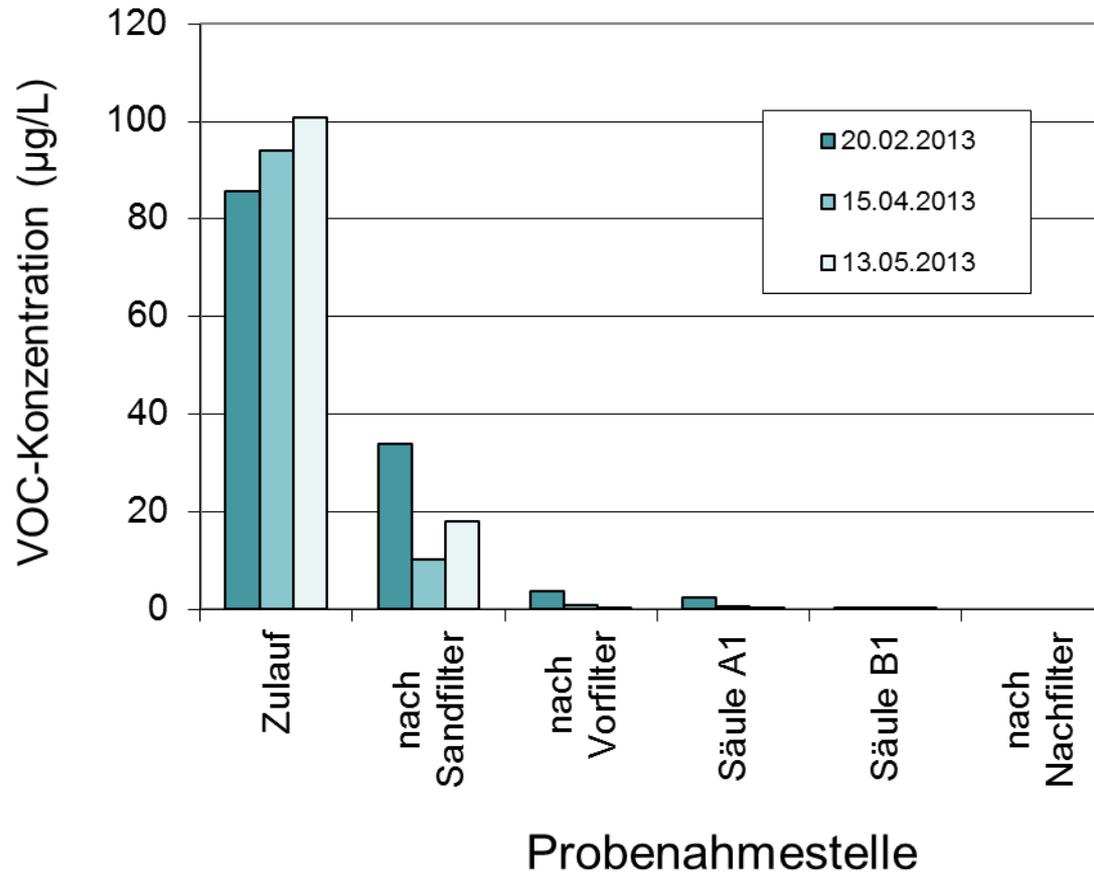
spezifische Kosten * (€/m <sup>3</sup> )
4.80
12.90
0.40
2.30

\* reine Kosten für Materialverbrauch

Material	TOC-Beladung (Gew.-%) PFC ≤ C6 Grenzwert 1.0 µg/L	TOC-Beladung (Gew.-%) PFC > C6 Grenzwert 0.3 µg/L
IA	1.8	> 6.4
synth. AK	5.0	8.0
AK I	5.6	5.2
AK IV	2.2	1.1

## Pilotanlage - Ergebnisse

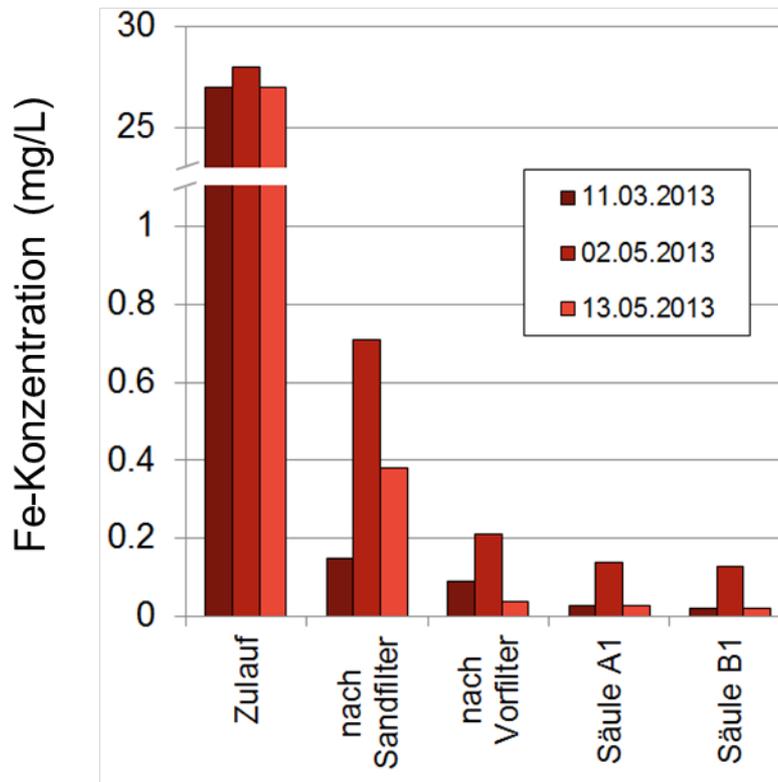
### Begleitkontaminanten VOC (LHKW + BTEX)



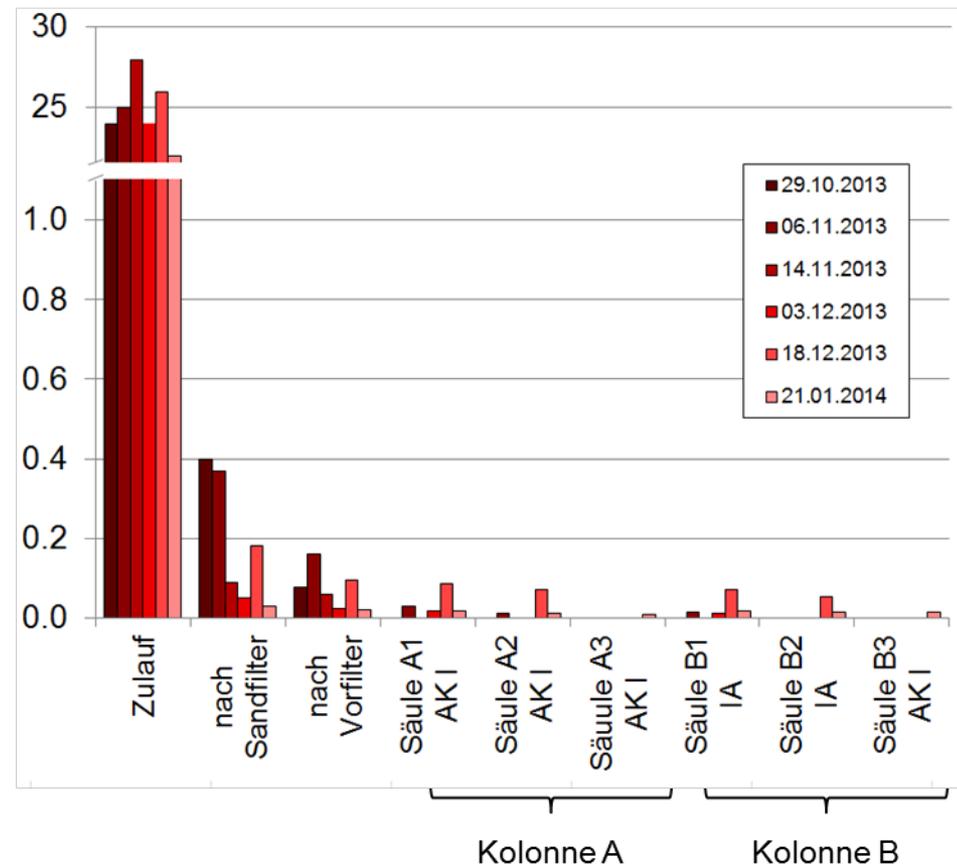
# Pilotanlage - Ergebnisse

## Eisen

1. Versuchsreihe



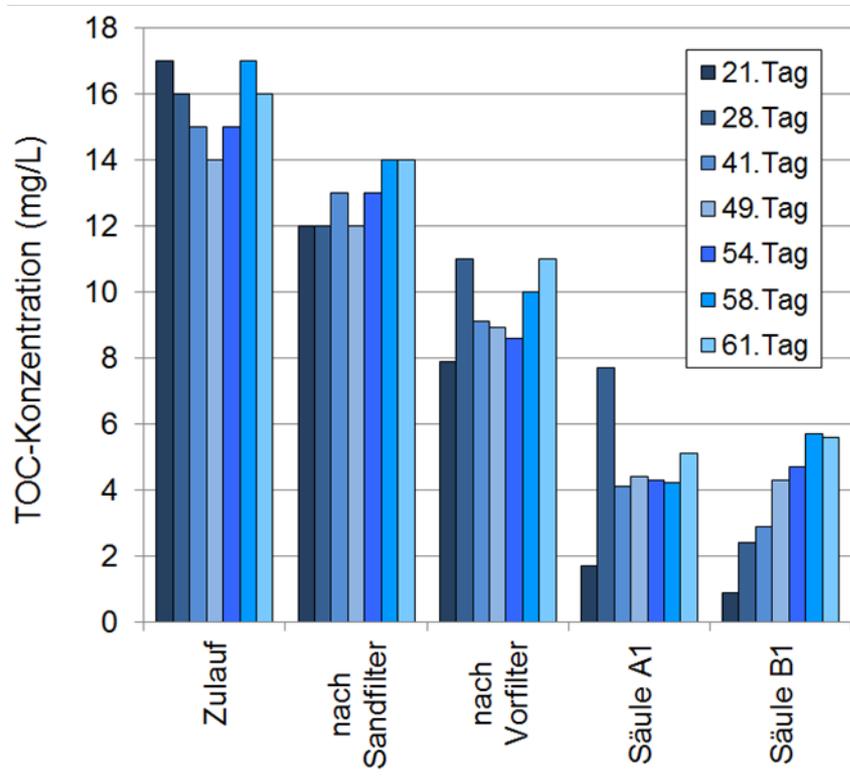
2. Versuchsreihe



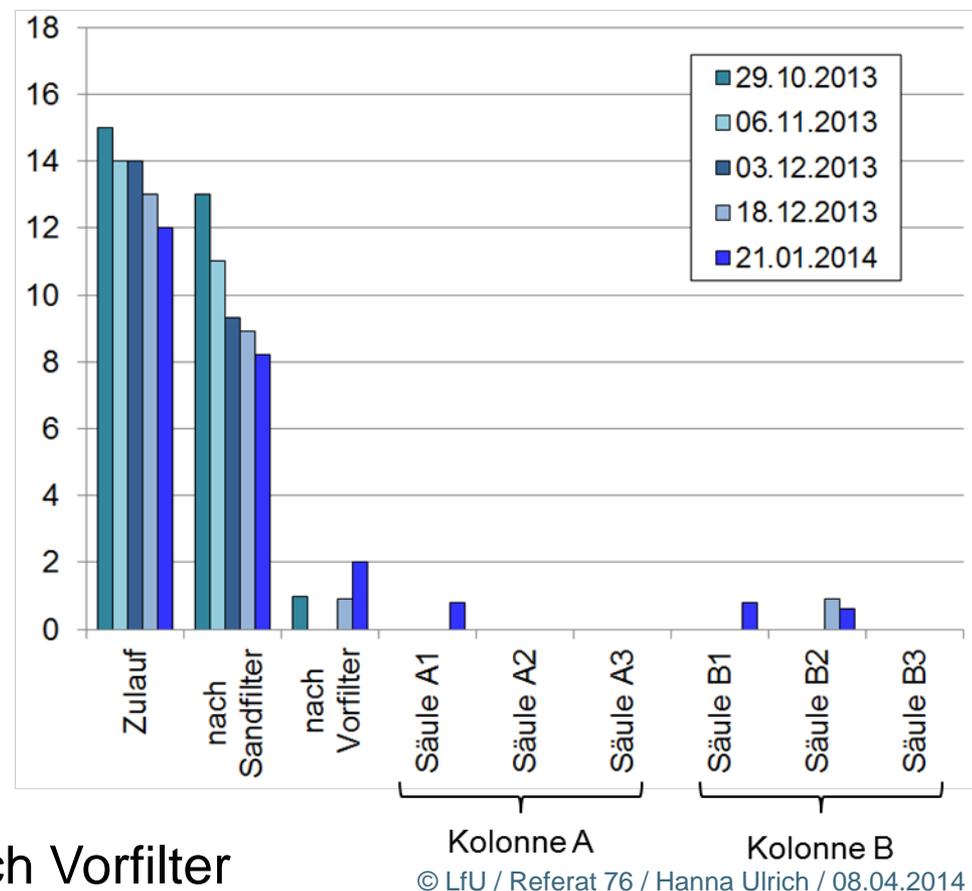
# Pilotanlage - Ergebnisse

## Gesamter organischer Kohlenstoff (TOC)

1. Versuchsreihe



2. Versuchsreihe



→ hohe TOC-Konzentrationen nach Vorfilter

## Zusammenfassung

Sorption mittels Aktivkohle / Ionenaustauscher:

- PFC-Entfernung ist möglich
- Aber:
  - geringe Beladung
  - schneller Durchbruch der kurzkettigen PFCs
  - hohe TOC-Beladung
- deutliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Materialien
- Grundwasserzusammensetzung spielt entscheidende Rolle
- PFC-Zusammensetzung: langkettige / kurzkettige PFC

## Untersuchung des Transport- und Mobilisierungsverhalten von PFOS in ungestörten und gestörten Böden

- Auswahl zweier hoch belasteter Standorte
- Entnahme von ungestörten Bodenkernen (Durchmesser = 30 cm, Höhe = 60 cm)
- Aufbau von zwei Kleinlysimetern aus dem gleichen, aber homogenisierten Bodenmaterial (=gestörter Boden)



## Untersuchung des Transport- und Mobilisierungsverhalten von PFOS in ungestörten und gestörten Böden

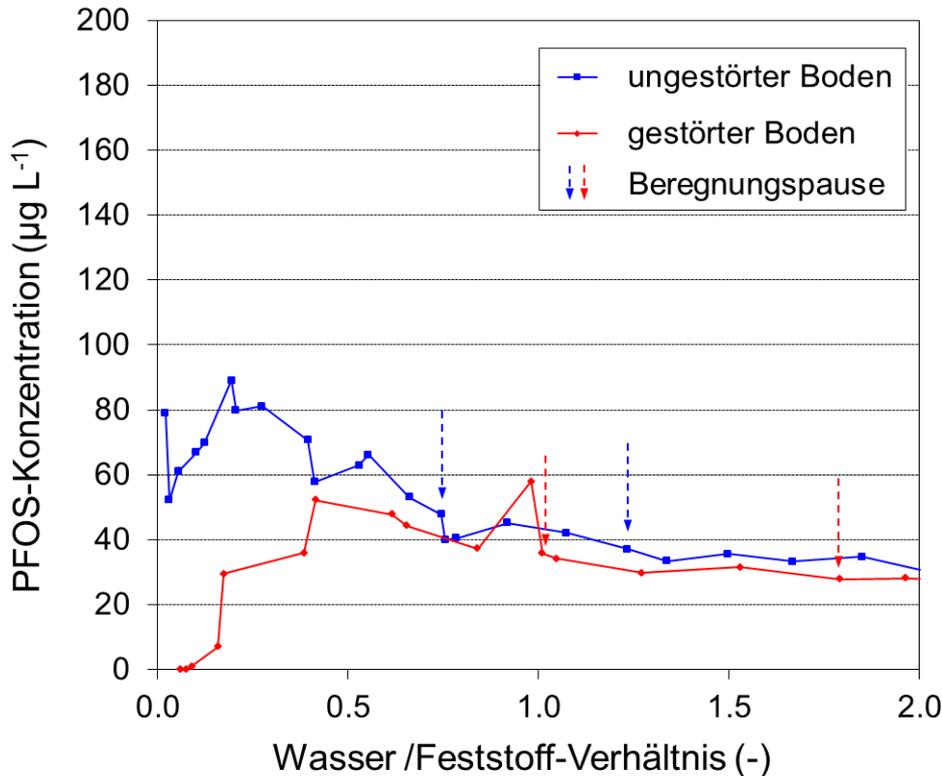
- Beregnung über 3 Monate bis zu einem Wert von 100 mm/h  
Beregnungspausen und einem Starkregenereignis
- konst. Temperatur (10° C)



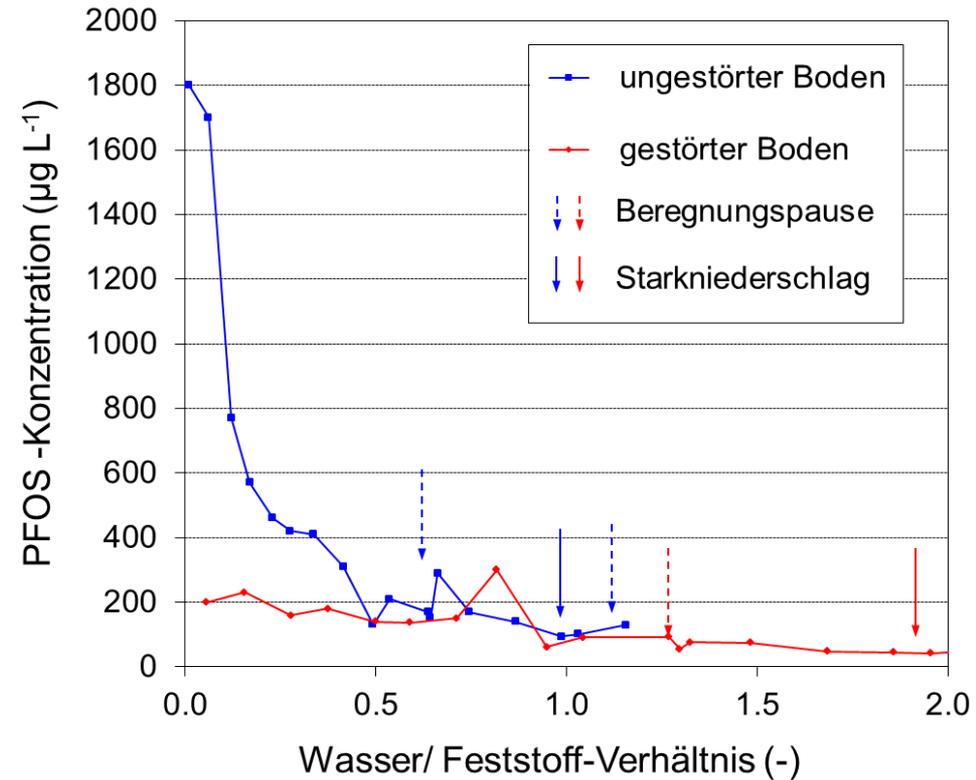


## Ergebnisse

Standort A



Standort B



- Anfangsphase: PFOS-Konzentration im Sickerwasser der gestörten Böden niedriger als in ungestörten → neue Sorptionsplätze, keine präferentiellen Fließwege
- Einstellung einer GG-Konzentration
- Standort B: höhere Konzentrationen → höherer PFOS-Feststoffgehalt, niedrigerer TOC-Feststoffgehalt

# Untersuchung des Transport- und Mobilisierungsverhalten von PFOS in ungestörten und gestörten Böden

## Fazit:

**Keine erhöhte Mobilisierung** von PFOS durch die Störung des  
Bodengefüges

→ Keine vermehrte PFOS-Freisetzung durch Erdbewegung im Zuge von  
Baumaßnahmen zu befürchten

---

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**