

PFAS-ENTFERNUNG BEI DER TRINKWASSERAUFBEREITUNG

WaBoLu-Wasserkurs, Berlin, 6.11.2024

Marcel Riegel



PFAS-ENTFERNUNG BEI DER TRINKWASSERAUFBEREITUNG

- Für **organische Spurenstoffe** eingesetzte Verfahren:

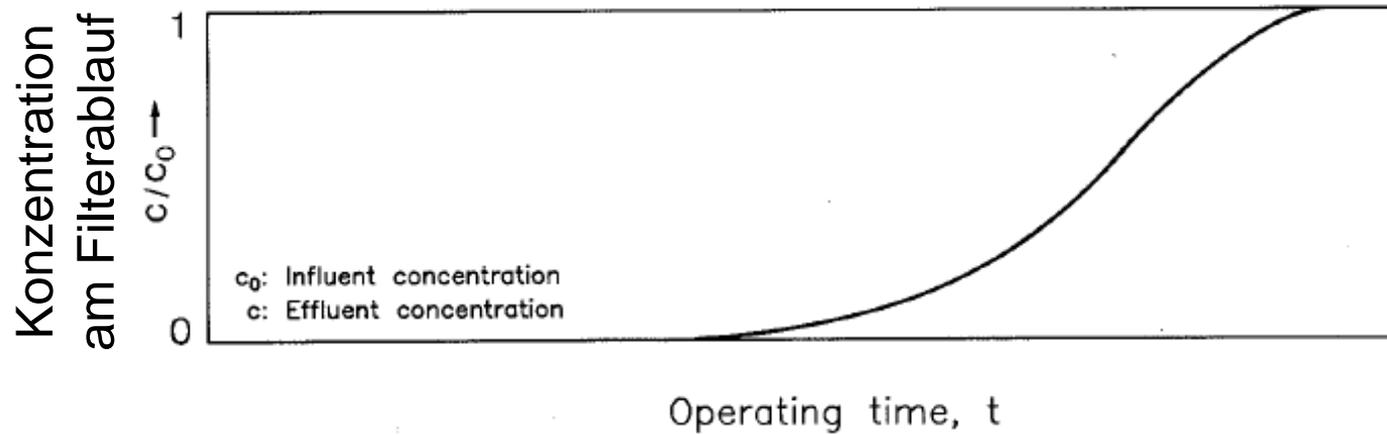
- Biologische (Uferpassage)
- Strippung (mech. Entsäuerung)
- Oxidative (Ozonung)
- Adsorption (Aktivkohle)
- Membranfiltration

- Für **PFAS** geeignete Verfahren:

- Adsorption (Aktivkohle)
- Membranfiltration

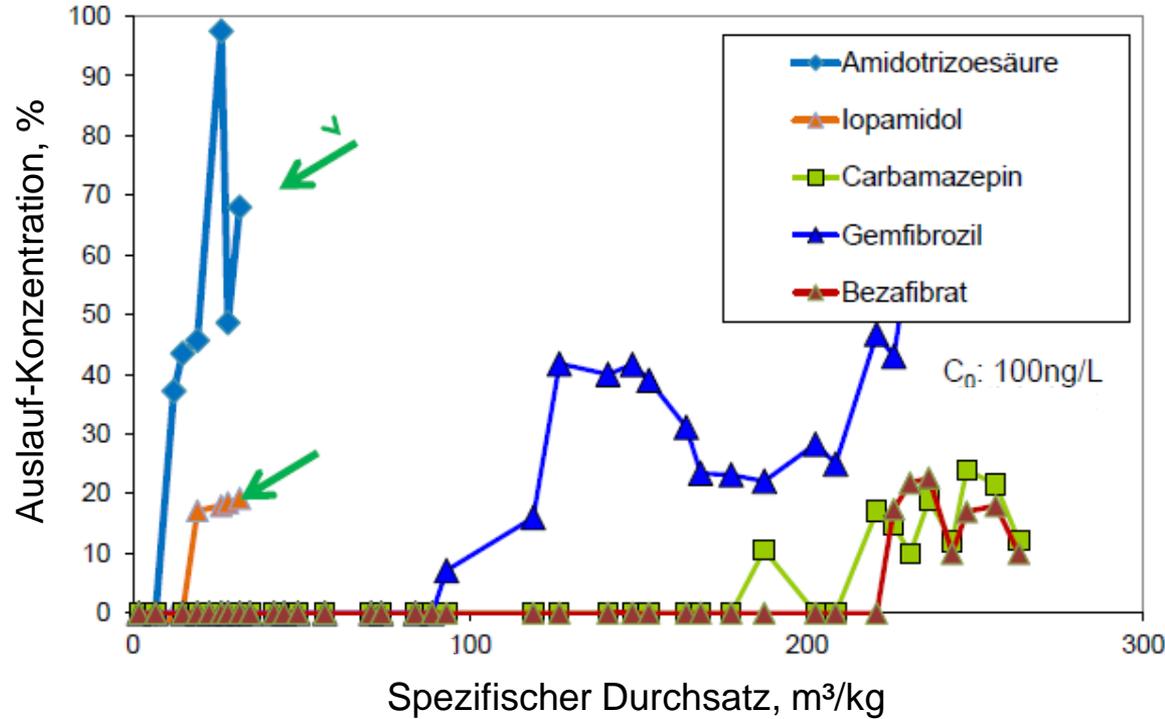
AKTIVKOHLEFILTRATION

- Rückhalteverhalten einer jeden Substanz = Durchbruchskurve



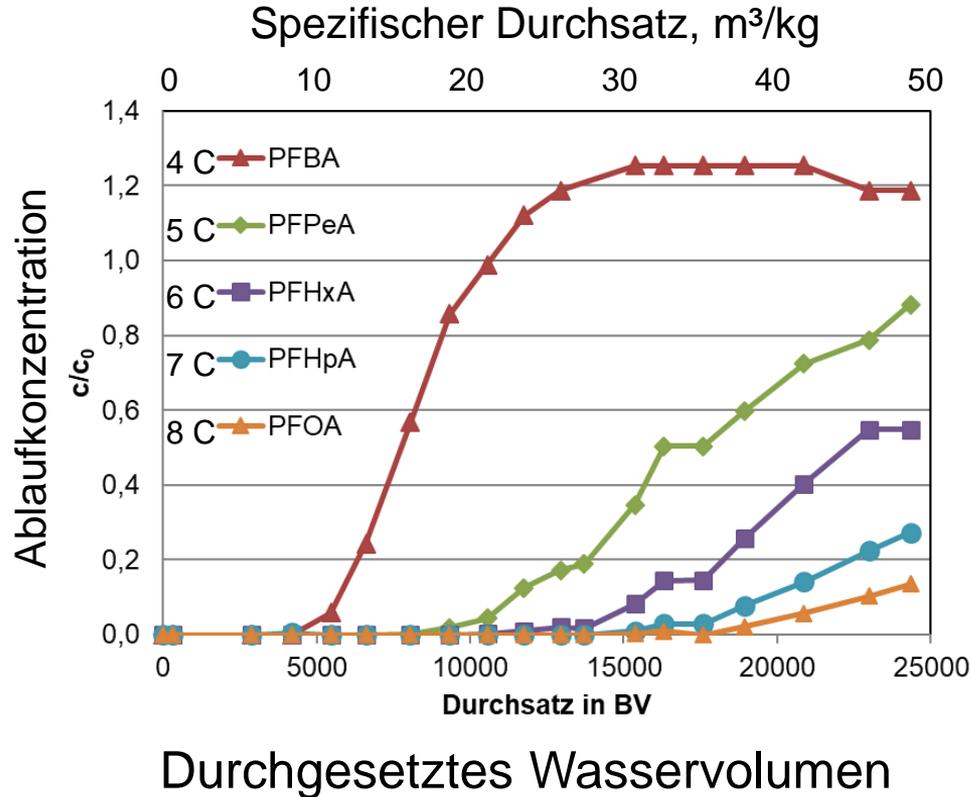
- Zeitpunkt des Konzentrationsanstieges abhängig von mehreren Faktoren, auch vom **Adsorptionsverhalten der Zielsubstanz**

DURCHBRUCHVERHALTEN



Einheit: m^3 Wasser / kg Aktivkohle

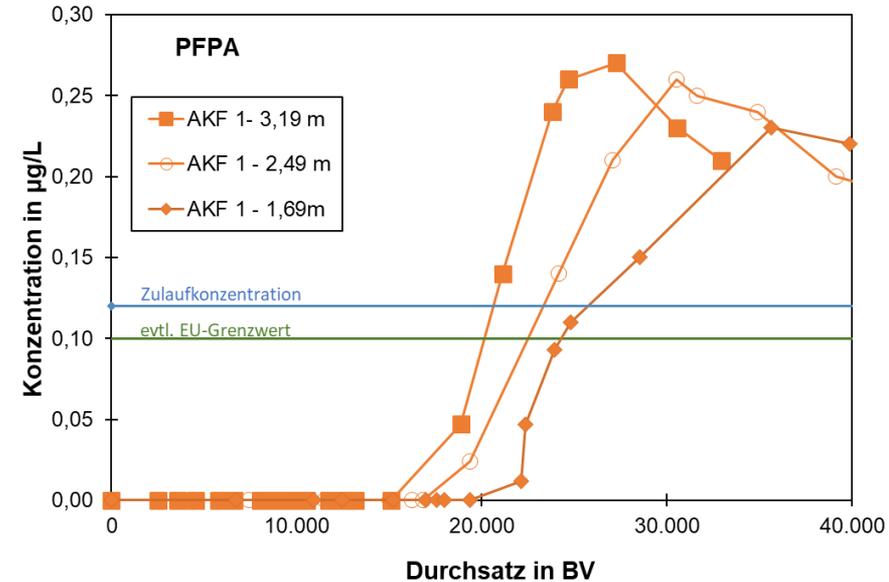
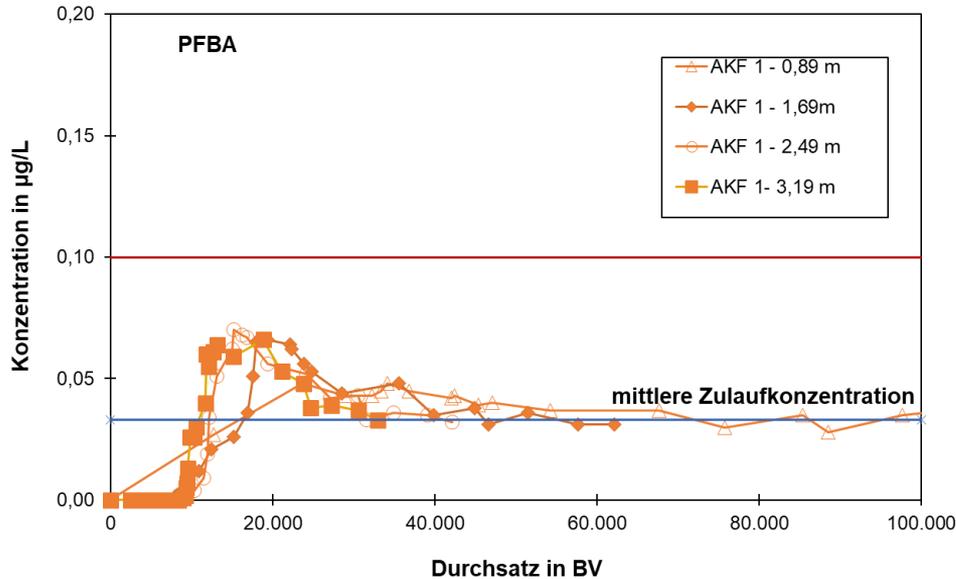
PFAS: UNTERSCHIEDLICH GUT ADSORBIERBAR



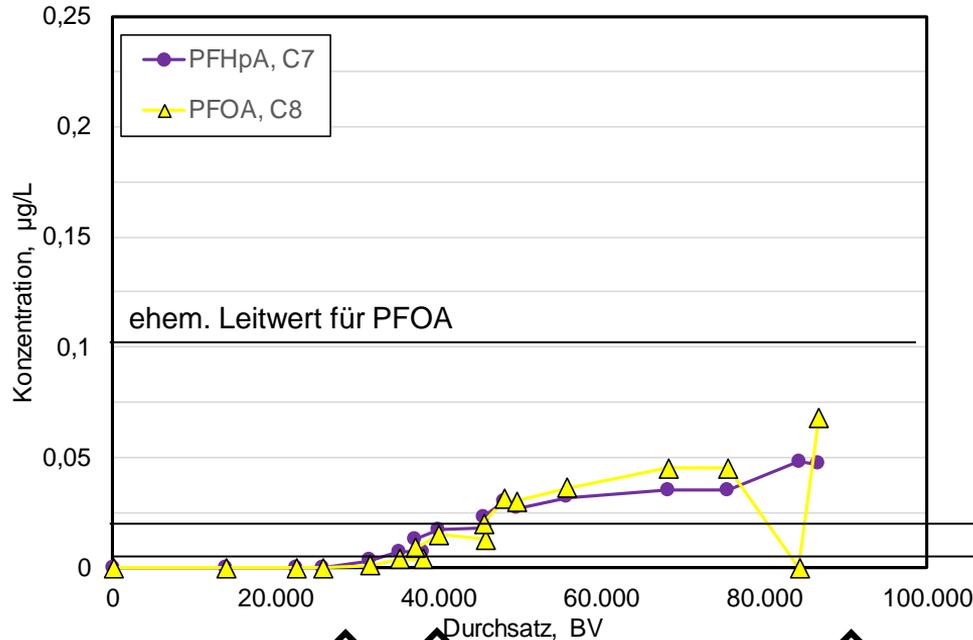
- Kurzkettige PFAS sind deutlich schlechter entfernbar
- ⇒ Falls kurzkettige PFAS entfernt werden müssen, sind häufige Aktivkohlewechsel nötig
- ⇒ Art der PFAS-Rohwasserbelastung wichtig

CHROMATOGRAPHIE-EFFEKT

- Chromatographie-Effekt bei kurz-kettigen PFAS kann GW-Überschreitung beschleunigen

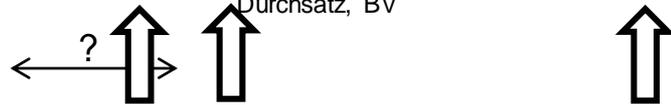


DURCHBRUCH VON GUT ADSORBIERB. PFAS



- PFOA: gut adsorbierbar
- Trotzdem: „schleichender“ Durchbruch
- Laufzeit der Aktivkohle abhängig von Zielkonzentration

Σ 4 PFAS = 20 ng/L
Σ 4 PFAS = 2 ng/L



Wechselzeitpunkt je Grenzwert

⇒ Hohe Kosten,
großer CO₂-Fußabdruck

AUSWIRKUNGEN VON GRENZWERTEN AUF DIE AUFBEREITUNG

Sehr niedrige Grenzwerte

- z.B. Trinkwassergrenzwert „ Σ PFAS 4“ = 0,02 $\mu\text{g/L}$ (= **20 ng/L**)
(enthält nur langkettige PFAS)
- Grenzwert anderer europäischer Länder (deutscher Zielwert):
0,002 $\mu\text{g/L}$ (= **2 ng/L**)

- Laufzeit von Aktivkohlefiltern nimmt ab
- Problem: Schlupf bei Aktivkohle / Umkehrosmose

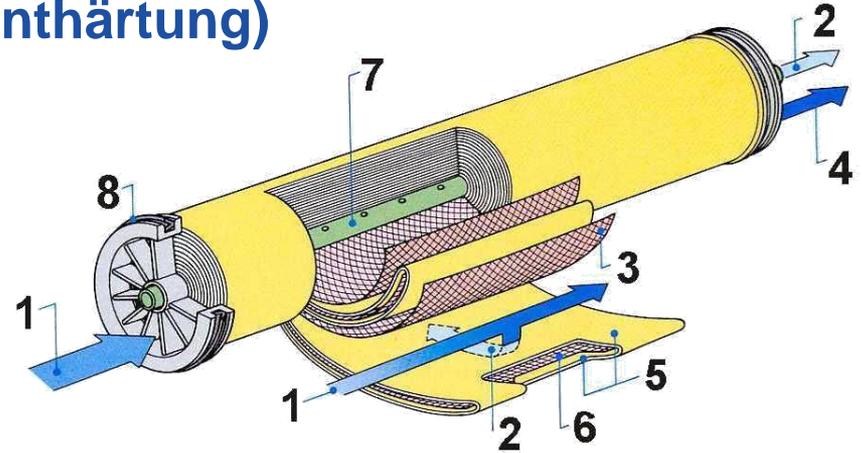
VERBLEIB DER PFAS NACH DER ADSORPTION

- Nach Aktivkohlewechsel erfolgt eine thermische Behandlung
 - Verbrennung
 - Reaktivierung mit Wiedereinsatz
- Hierbei (hoffentlich) vollständige Zerstörung der PFAS
- Umwandlung in Fluorid (F⁻)

AUFBEREITUNG MIT UMKERHOSMOSE

Eigentlicher Zweck: Entsalzung (Enthärtung)

- „Porendurchmesser“ ca. 0,1 nm
- Druckdifferenz: ca. 8 bar
- Rückhalt von
 - gelösten Salzen
 - nahezu allen Wasserinhaltsstoffen
- Permeat = „destilliertes“ Wasser
- = Trennverfahren
 - Permeat: frei von „allen“ Inhaltsstoffen
 - Konzentrat: beinhaltet alle Inhaltsstoffe

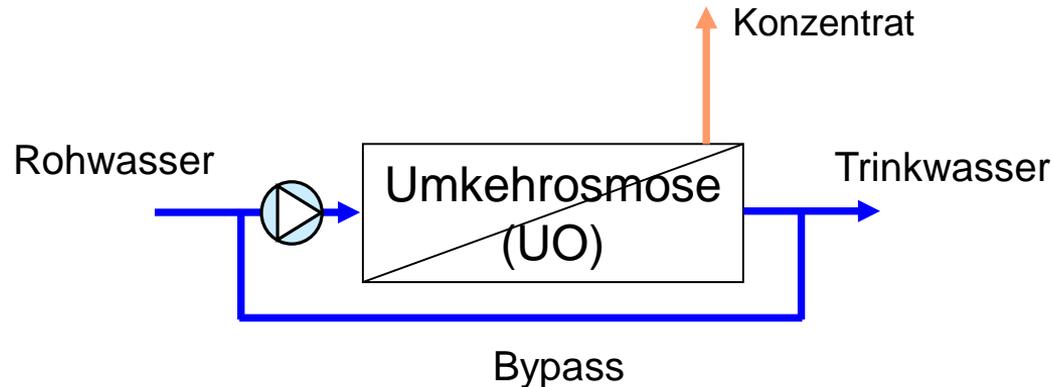


Quelle: Toray

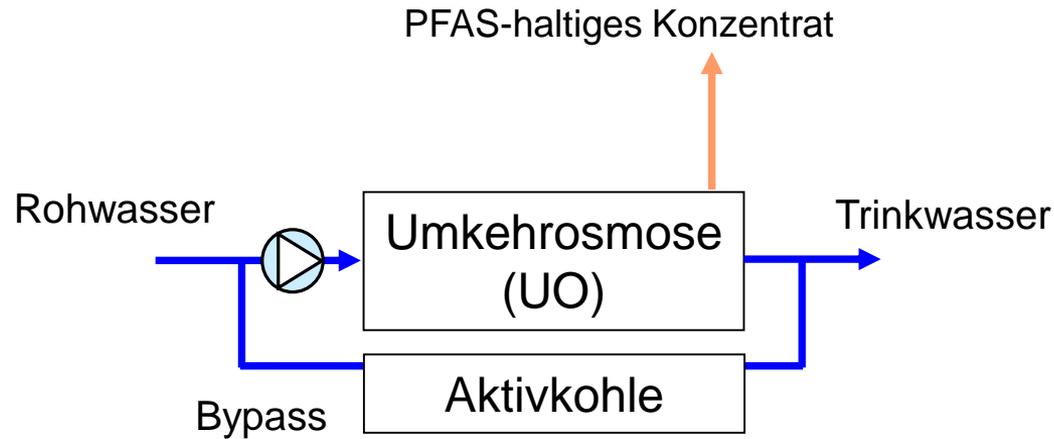


PFAS-ENTFERNUNG MIT DICHTEN MEMBRANEN

- Umkehrosmose entfernt 100 % der PFAS
- Einsatz der UO zur Enthärtung: lediglich Teilstrombehandlung
- Entfernung im Teilstrom: 0 %
- Anteil Bypass: ca. 50 %
- **Gesamtentfernung PFAS: 50 %**



ERHÖHUNG DER ENTFERNUNGSRATE

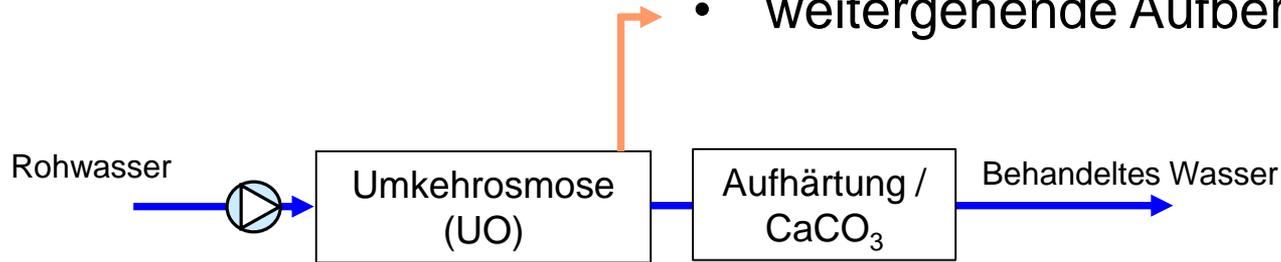


- Behandlung des Bypass' mittels Aktivkohle
- Bereits beschriebenen Problematik bei der Entfernung kurzkettiger PFAS und niedriger Grenzwerte \Rightarrow kurze Laufzeiten

PROBLEM DER VOLLSTROMBEHANDLUNG BEI DER TRINKWASSERAUFBEREITUNG

PFAS-haltiges Konzentrat

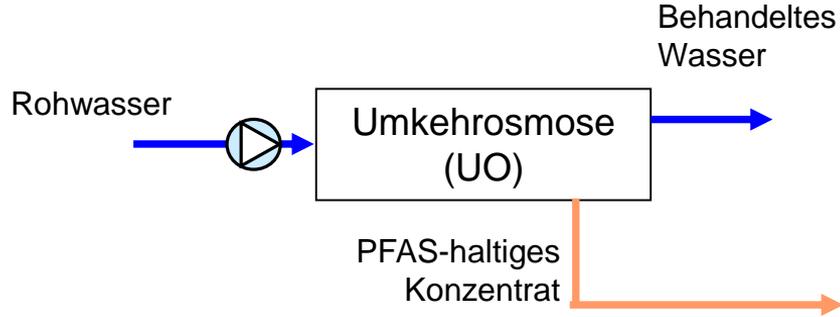
- 20 % der Rohwassermenge
- weitergehende Aufbereitung



Zusätzliche Aufbereitung zur Aufhärtung

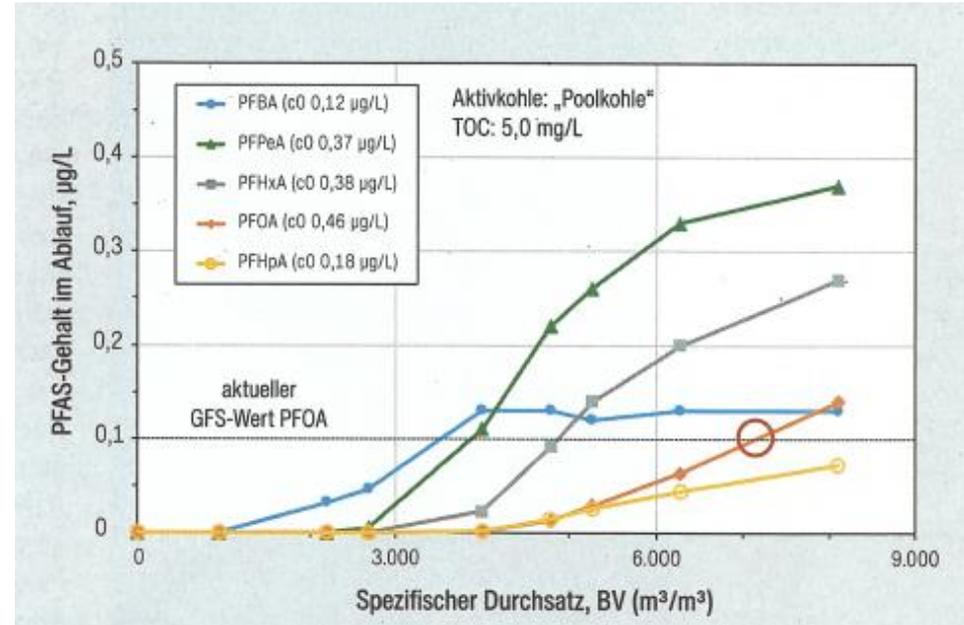
Höhere Wasserrechte / Rohwasserbedarf (25 %)

PROBLEM DER KONZENTRATENTSORGUNG



PFAS-haltiges Konzentrat

- 20 % der Rohwassermenge,
Effizienz: 80 %
= Volumen-
Reduzierungsfaktor: 5
- weitergehende Aufbereitung

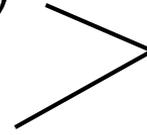


© energie | wasser praxis, Stauder, 09/2024

AUSBLICK ZUR TRINKWASSERAUFBEREITUNG

Neue Adsorbentien:

- Ionenaustausch (einmalige Nutzung)
- Andere Materialien
(Modifizierte Tonerde „FluoroSorb“)
- Materialmischungen



Herausforderungen:

- Hohe Selektivität und Kapazität für PFAS
- Kurzkettige PFAS sind schlecht adsorbierbar
- Konkurrenz zu anderen Wasserinhaltsstoffen
(DOC oder Sulfat)

- Höhere Kapazitäten für
(viele) PFAS
- Schnellere Kinetik
⇒ kleinere Filterkessel
⇒ geringere Baukosten
- Preis
 - Ionenaustauscher:
teurer als AK
 - Mod. Tonerde: wie AK

AUSBLICK ZUR TRINKWASSERAUFBEREITUNG

Flüssig-flüssig-Trennungen mit anschließender Zerstörung:

- Umkehrosmose = Flüssig-flüssig-Trennung (VRF = 5)
- Andere Verfahren
 - Schaumfraktionierung (VRF = 100)
 - Ionenaustausch mit Regeneration (VRF = 100 – 1000)
- Integration dieser Techniken in die TWA (Rohwasser, Membrankonzentrate)
- Anschließende zerstörende Technik
 - Behandlung im unterkritischen Bereich
 - Plasmastrahl-Behandlung
 - Elektrochemischer Abbau

ZUSAMMENFASSUNG PFAS-ENTFERNUNG BEI DER TRINKWASSERAUFBEREITUNG

- Standard-Verfahren: Aktivkohle
- Technische Limitierungen
 - Schlecht adsorbierbare PFAS
 - DOC
 - niedrige Grenzwerte
- Alternativen:
- Andere Adsorbentien
 - Ionenaustauscher
 - Tonerde
- Flüssig-flüssig-Trennungen mit anschließender Zerstörung



Dr.-Ing. Marcel Riegel
TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser
Karlsruher Straße 84 / 76139 Karlsruhe
0721 9678-132
marcel.riegel@tzw.de
