

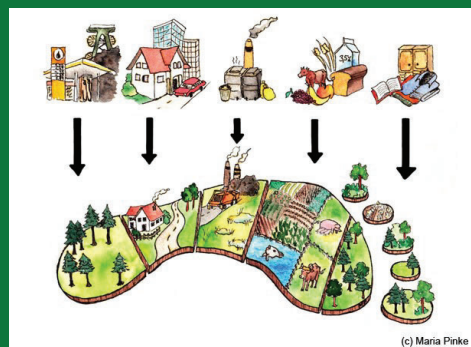
Für Mensch & Umwelt

Umwelt
Bundesamt

11. Fachtagung ChloroNet – Bauen und Sanieren

PFC – nur eine neue Herausforderung für die Sanierung von Boden und Grundwasser ?

Jörg Frauenstein
Fachgebiet II 2.6/ Maßnahmen des Bodenschutzes



Gliederung

- **Problemaufriss, Quellen und Dimension**
- **Aktivitäten und Handlungsempfehlungen**
- **Sanierungsmanagement für lokale und flächenhafte PFAS-Kontaminationen**
- **Ausblick**

PFC/ PFAS?

- Stoffgruppe umfasst mehr als 3.000 Stoffe und kommt nicht natürlich vor!
- PFAS emittieren während des gesamten Lebenszyklus.
- Polyfluorierte Chemikalien können zu persistenten perfluorierten Chemikalien (Precursor) abgebaut werden.
- Einige PFAS wirken toxisch und es gibt Hinweise auf endokrine Wirkungen.
- Alternativ zu langkettigen PFAS (PFOA, PFOS) verwendete kurzkettige PFAS sind wegen ihrer Persistenz und sehr hoher Mobilität ebenfalls besorgniserregend.

3

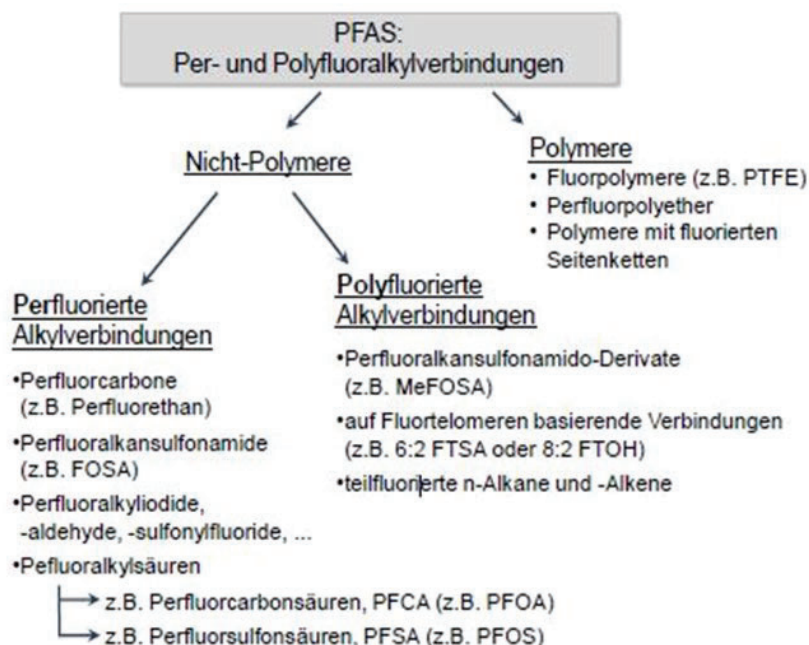


Abbildung 1-1: Übersicht, Beschreibung und Einordnung der umweltrelevanten PFAS mit Beispielen

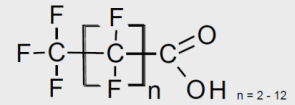
(PTFE: Polytetrafluorethylen; MeFOSA: N-Methyl-perfluorooktansulfonamid; 6:2 FTSA: 6:2 Fluortelomer sulfonic acid; 8:2 FTOH: 8:2 Fluortelomeralkohol; FOSA: Perfluoroktansulfonsäureamid; PFCA: perfluoroalkyl carboxylic acid; PFSA: perfluoroalkyl sulfonic acid) (modifiziert nach Buck et al. 2011).

4

Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC / PFAS)

verschiedene funktionellen Gruppen

PerFluoroalkyl Carboxylic Acids



Langkettige PFCAs: C₈₋₁₄ PFCAs

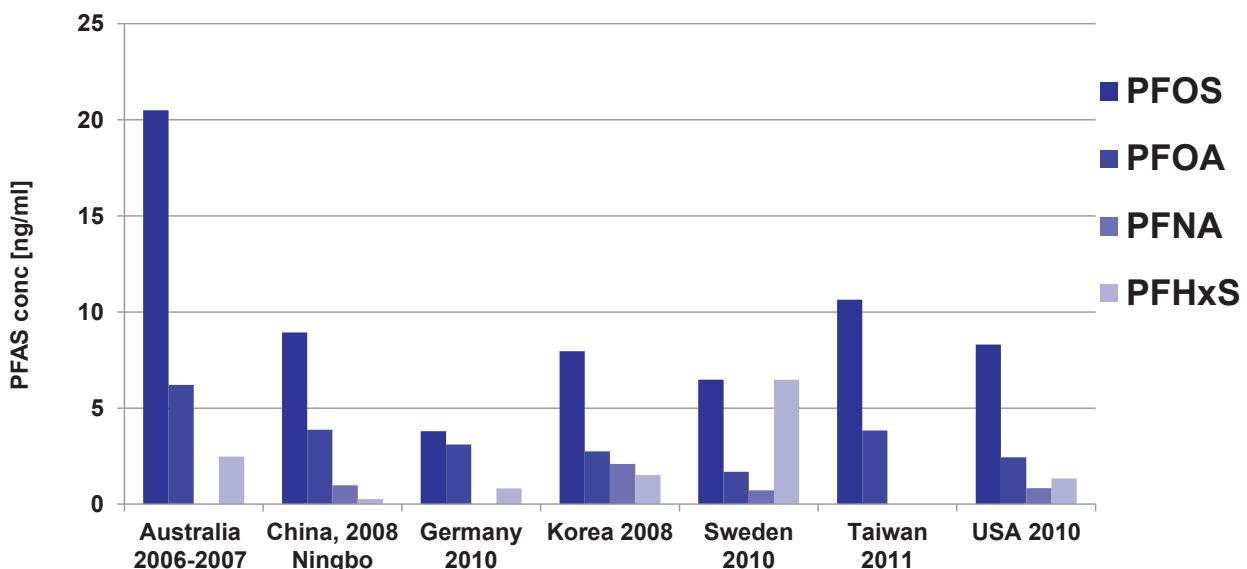
- Persistent in der Umwelt, Vorkommen in Oberflächengewässern, Akkumulation in Nahrungsnetzen und Trinkwasser, weiträumiger Transport Vorkommen in Blut und Muttermilch, Toxikologisches Profil (PFOS, PFOA, PFNA - Fortpflanzungsschädigend)

Kurzkettige PFCAs: C₄₋₇ PFCAs

- Persistenz und Anreicherung in der Umwelt, Transport über weite Distanzen bis in entlegene Regionen, wenig Rückhalt in Boden und Sediment, Nachweise in Oberflächenwasser, Grundwasser, Trinkwasser und Leitungswasser, Anreicherung in Pflanzen, Exposition des Menschen

5

PFC weltweit - langkettige PFC in Blut



Toms et al., 2009
Liu et al., 2009
Guo et al., 2011
Pan et al., 2010

Schroeter-Kermani 2013
Ji et al., 2012
Glynn et al., 2012
Hsu et al., 2013
Olsen et al., 2012

6

Aktuelle Datenlage in Deutschland (Böden)

Bundesland	Anzahl beprobter Standorte mit nachgewiesener Belastung	Anzahl Beprobung Bodendauerbeobachtung	Boden-Feststoffgehalte Σ PFAS, Minimal-/Maximalwerte in $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS	Boden-Eluatgehalte, Σ PFAS, Minimal-/Maximalwerte in $\mu\text{g}/\text{l}$
Baden-Württemberg	19	28	n.n. – 980	0,97-791,5
Bayern	19	1	153 – 845,3	0,3 -303
Hessen	36	4	< 4,6 - 600	-
Nordrhein-Westfalen	69 (nur 9 Standorte gemeldet)		69 – 35.000	\leq 0,1 - 950
Rheinland-Pfalz	4		< 10 – 3.250	\leq 0,05- 660
Schleswig-Holstein		9	<1	< 0,046

Die erhaltenen Daten ermöglichen derzeit weder einen tatsächlichen Überblick über die Belastungssituation der Böden mit PFAS noch zuverlässige Trendaussagen.

7

Maßgebliche Quellen

Branchen/Standorte, insbesondere:

- Flugplätze,
- Feuerwehrstützpunkte und Übungsgelände,
- Brandflächen nach Löschschaumeinsatz,
- Galvanikbetriebe (auch als Anlagenbestandteil),
- Papier- und Fotoindustrie,
- Abwasser / Klärschlamm / Beregnungswässer.

Verwendung:

- Outdoorbekleidung, Teppiche, fettabweisende Lebensmittelverpackungen, filmbildende Feuerlöschschäumen, Netzmittel in der Galvanik (PFOS und 6:2 FTS), Reinigungsmittel, Medizinprodukte, als Hilfsmittel (Fotoresistlacke für fotolithografische Prozesse) bei der Halbleiterherstellung, in Pestizidformulierungen, Biozide sowie Kosmetikprodukte u.v.a.m.

8

Bericht an die deutsche Umweltministerkonferenz (UMK)

Bundesministerium für Umwelt,
Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

Bonn, den 12. April 2017

Schriftlicher Bericht

für die 59. Amtschefkonferenz und die 88. Umweltministerkonferenz
vom 3.-5. Mai 2017 in Bad Saarow

TOP 25 **Zwischenbericht zu perfluorierten Verbindungen; Reduzierung/Vermeidung, Regulierung und Grenzwerte, einheitliche Analyse- und Messverfahren für fluororganische Verbindungen**

Berichterstatter: Bund

Allgemeines

Die Stoffgruppe der per- und polyfluorierten Chemikalien (PFC) umfasst mehr als 3000 Stoffe. Aufgrund unterschiedlicher chemischer Eigenschaften werden PFC in langkettige und kurzkettige Stoffe unterteilt. Polyfluorierte Chemikalien können zu persistenten perfluorierten Chemikalien abgebaut werden und werden daher als Vorläufer (Precursor) bezeichnet. PFC werden während des gesamten Lebenszyklus in die Umwelt emittiert, d. h. von der Herstellung der Chemikalien über den Einsatz bei der Fluorpolymherstellung oder

https://www.umweltministerkonferenz.de/documents/88-UMK-TOP25_-_Bericht-BMUB.pdf

9

Aufträge aus der Umweltministerkonferenz (UMK)

Die 88. UMK bittet Bund und Länder, Vorgaben für die Bewertung und Sanierung von Boden- und Gewässerverunreinigungen durch PFC-Verbindungen sowie für die Entsorgung PFC-haltiger Materialien zu erarbeiten. Auf Wunsch von LABO und LAWA (Länderarbeitsgemeinschaften für Wasser und Boden) unter Federführung des Bundes.

- Verbesserung der nationalen Datenlage
- Bund/Länder Fachgruppe PFC erarbeitet aktuell Leitfaden (Maßstäbe von PFC-Belastungen in Gewässern, Böden und Abfällen) auch in Form Prüf-, Grenz- und Zielwerten. Als Grundlage dienen die „Leitlinien zur vorläufigen Bewertung von PFC-Verunreinigungen in Wasser und Boden“ des Bayerischen Landesamtes für Umwelt.

10

Empfehlungen des UBA

- Regelungen für PFAS in der CLP-Verordnung, in REACH und der POP-Verordnung sind prioritär voranzutreiben.
- Minimierungsinitiativen auf EU- und OECD-Ebene erforderlich.
- Kontinuierliche Verbesserung der Datenlage sichern.
- Rechtlich verbindlichen Grenzwerten und wissenschaftlich abgeleitete Lebensmittelhöchstgehalte (weiter-)entwickeln.
- Aussagen zum Langzeitverhalten von „Emerging Pollutants“ zwingend erforderlich
- **Stärkung präventiver Ansätze.**
- Initiierung eines Forschungsschwerpunktes zu PFAS
→ Strategieansatz für Emerging Pollutants übertragbar machen!?

11

Strategischer Umgang mit Emerging Pollutants

DIMENSIONSERMITTLUNG

- Identifizierung und Gruppierung von PFAS (Art, Menge, verfahrenstypische Verwendung, Einsatzbedingungen, Entsorgungswege und Transferpfade).

PROBLEMÜBERWACHUNG

- Ausweitung des Monitorings auch auf PFAS, die als Ersatzalternative Grund zur Besorgnis geben, z. B. durch Non-Target-Methoden;
- Weiterentwicklung von Analyseverfahren für perfluorierte Verbindungen und polyfluorierte Vorläuferverbindungen;
- Überprüfung und Geeignetheit von Summenparameter (AOF, EOF) oder TOP Assays.

MINDERUNGSPOTENZIALE UND PRÄVENTION,

- Entwicklung von fluorfreien Alternativen und Alternativtechniken zur Substitution von PFAS.

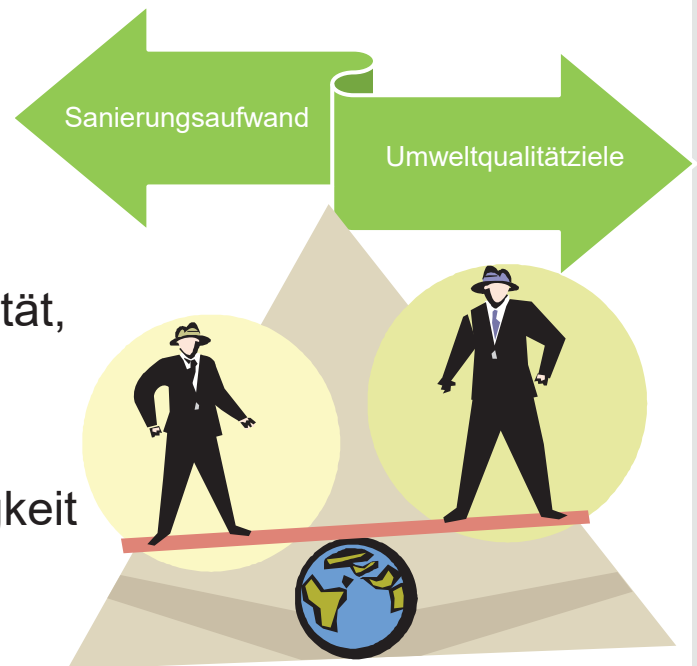
ABBAUMECHANISMEN UND SANIERUNGSOPTIONEN

- Untersuchungen zum Abbau der fluorierten Polymere;
- Sanierung/Aufbereitung PFAS in Trinkwasser und Klärschlamm;
- Entwicklung von Sanierungsverfahren für Boden und Grundwasser;
- PFAS-Transfer Boden-Pflanze zur Klärung der Pflanzenaufnahme.

12

Kostentreiber Sanierung?

- Sanierungsziele, fachliche und rechtliche Aspekte
- Sanierung, Planung, Verhältnismäßigkeit, Effektivität, Effizienz, Optimierung
- Beendigung der Sanierung
- Sanierungserfolg, Nachhaltigkeit



13

Sanierungs- und Managementansätze

- Trinkwasseraufbereitung - Flockung, Tiefen-, Mikro- und Ultrafiltration, Belüftung, Oxidation sowie Desinfektion **allein nicht geeignet**;
- Membranverfahren weisen die höchste Entfernungsleistung vor dem Ionenaustausch und der Adsorption an Aktivkohle auf.
- Grundwassersanierungsverfahren - **zweistufige Behandlungskonzepte**. Hierbei (belastetes Wasser wird zunächst in Rührreaktoren geleitet und mit geringen Mengen eines spezifischen biologisch abbaubaren Fällungsmittels versetzt. In einem zweiten Schritt wird das vorgereinigte Wasser dann mit Aktivkohle nachbehandelt).
- Erhebliche Kosten und **verfahrenstechnische Herausforderungen** bestehen bei der **Bodensanierung**. (Zerstörung der PFAS, alternativ Deponierung PFAS-kontaminierter Bodens).
- Mangels geeigneter und verhältnismäßiger Sanierungsverfahren für flächenhafte PFAS-Kontaminationen vornehmlich Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen.

14

Bewertung von PFAS-Sanierungsoptionen?

Technology	Status	Media		In-Situ	Ex-Situ	Treatment Type	Includes all PFAS	Cost	Efficiency	Comments
		Soil	Groundwater							
P&T, with GAC	●		●	?	●	A	●	●	●	Secondary treatment/disposal required for adsorptive media, not as efficient for PFOA and other PFAS
P&T, with synthetic resin (ion exchange)	●		●	?	●	A	●	?	●	Media can be regenerated on-site, still in research stage
Advanced Chemical Oxidation	●	?	●	●		D	●	●	● ●	Conditions to destroy PFAS are difficult to apply at full scale for in-situ remediation. Competition from other substances. Transformation to other PFAS?
Sonochemical Decomposition	●		●		●	D	●	?	●	Competition. May be effective towards some PFAS. Still in research stage
Air Separation	●		●	?	●	S	●	●	● ●	Secondary treatment/disposal required for separated concentrate
Filtration, Reverse Osmosis	●		●		●	S	●	?	●	Pretreatment required to increase filtration efficiency, still experimental
Nanofiltration	●		●		●	S	●	?	●	Pretreatment required to increase filtration efficiency, limited in total processing capacity
Sorption	?	●	●	●	●	A	?	?	?	Emerging. Efficiency in the long run?
Excavation and Incineration	●	●			●	D	●	●	●	High temperature incinerators required to completely destroy PFOS and PFOA
Stabilization	●	●	●	?	●	A	●	●	?	
A=Adsorption										
D=Destructive										
S=Separation										

Quelle: Vortragsfolie von Rambol (DK) auf AquaConSoil 2017

Sanierungsmanagement für lokale und flächenhafte PFAS-Kontaminationen - Eckdaten

- Auftragnehmer ARCADIS GmbH (PL Dr. Held, u.a. Einbindung Expertenteam)
- Vertragslaufzeit 27 Monate, Beginn 01.09.2017
- Projektsteuerungsgremium
- 2 themenbezogene Fachgespräche (Punktquellen, Diffuse Schadensbilder)
- Abschlusspräsentation

Ziel:

Vollzugstaugliche Arbeitshilfe, die bei der Auswahl von geeigneten und verhältnismäßigen Sanierungslösungen und Managementkonzepten unterstützt und rechtlich Rahmenbedingungen sowie ggf. flankierende Maßnahmen aufzeigt.

Arbeitspaket 1 – Literaturstudie

Beschreibung des Standes von Wissenschaft und Technik im Hinblick auf:

- Stoffeigenschaften, Verhaltens- und Abbaumuster, Abbauprodukte und Metabolisierungen, Persistenz und Mobilität,
- Zusammenstellung bereits vorliegender **ermessensleitender Dokumente**,
- **marktverfügbare Sanierungsverfahren**
- **Auswertung relevanter Sanierungsmaßnahmen (case studies)**

17

Arbeitspaket 2 – Sanierungsmöglichkeiten für PFAS-Kontaminationen in Punktquellen

Wirtschaftliche, technische und administrative Machbarkeit/Akzeptanz von Maßnahmenkonzepten und Sanierungsverfahren

Vergleichsmaßstab für eine Verfahrensbewertung ist die Deponierung von PFAS-kontaminierten Böden

- „Angemessene Sanierungszielwerte“
- Verhältnismäßige Sanierungsverfahren und Maßnahmenkonzepte
- Genehmigungsrechtliche Zulässigkeit
- Optimierung der PFC-belasteten (Rest-)Fraktion, eine Zerstörung der PFC ist praktisch nur thermisch >1200°C möglich
- „Gesicherte“ Entsorgungswege und -kapazitäten
- Herausforderungen bei Arbeiten in PFAS-kontaminierten Bereichen

18

Arbeitspaket 3 – Sanierungsmöglichkeiten für flächenhafte PFAS-Kontaminationen

Im Mittelpunkt stehen landwirtschaftlich genutzte Flächen:

- Einzelfallspezifische bzw. raumbezogene Rahmenbedingungen (Flächengröße, Schadstoffverteilung und –konzentration) bewerten,
- Ursachen der Kontamination und wirksame Quellenbeseitigung ermitteln,
- Existenz von verhältnismäßigen Sanierungsansätzen (Dekontamination, Sicherung) prüfen,
- geeignete Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen erwägen sowie
- sonstige administrative Optionen berücksichtigen.

Bei flächenhaft belasteten Flächen sind folgende Schadstoffübergänge besonders zu berücksichtigen:

- Boden – Nutzpflanzen (auf Ackerbauflächen und in Nutzgärten),
- Boden – Nutzpflanze – Tier – Mensch

19

Arbeitspaket 3 – aktuelle Herausforderungen

- Bevorzugte Expositions- und Eingreifszenarien,
- Materielle Anforderungen (Rahmenbedingungen, Ermittlung von Konzentrationsobergrenzen relevanter PFAS).
- Aspekte der zeitlichen Umsetzung (Konkretisierung von Maßnahmen, Wirkungs- und Sanierungsdauer, Überprüfungszyklen für behördlich Verbote und Nutzungseinschränkungen).
- Zusammenstellung einzelfallübergreifender Managementoptionen und zu definierender Rahmenbedingungen.

20

Arbeitspaket 4 – Arbeitshilfe

Zielgruppe: Behörden, Gutachter und Sanierungspflichtige

(Anlage: Kompendium zu aktuellem Stand von Wissenschaft und Technik)

- Kompakt, prägnant und anschaulich die fachlichen, administrativen und rechtlichen Kriterien darstellen und Lösungswege aufzeigen.
- Konzept für eine geeignete und qualitätsgesicherte Form der inhaltlichen Darstellung und Fortschreibung der Arbeitshilfe.

21

The logo of the Umwelt Bundesamt (Federal Environment Agency) is displayed in a green box. It consists of the text 'Umwelt Bundesamt' in white, with a small green circular icon containing a white stylized figure or symbol to the right of the word 'Umwelt'.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Jörg Frauenstein

Fachgebiet: Maßnahmen des Bodenschutzes

Umweltbundesamt Dessau

Wörlitzer Platz 1, 06813 Dessau-Roßlau

Tel: 0340 2103 3064

joerg.frauenstein@uba.de