Für Mensch & Umwelt

Umwelt Bundesamt

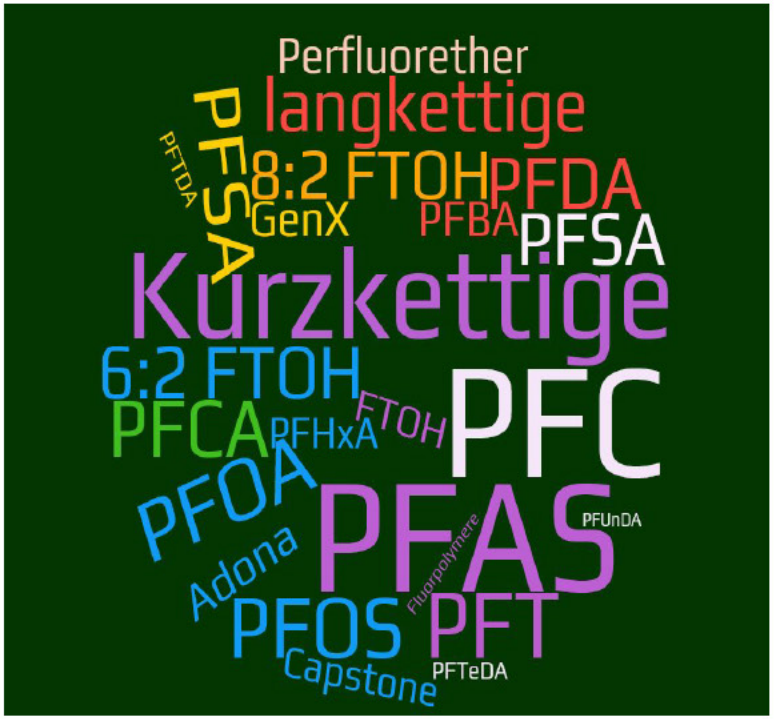
21. Niedersächsisches Bodenschutzforum in Hannover 2022

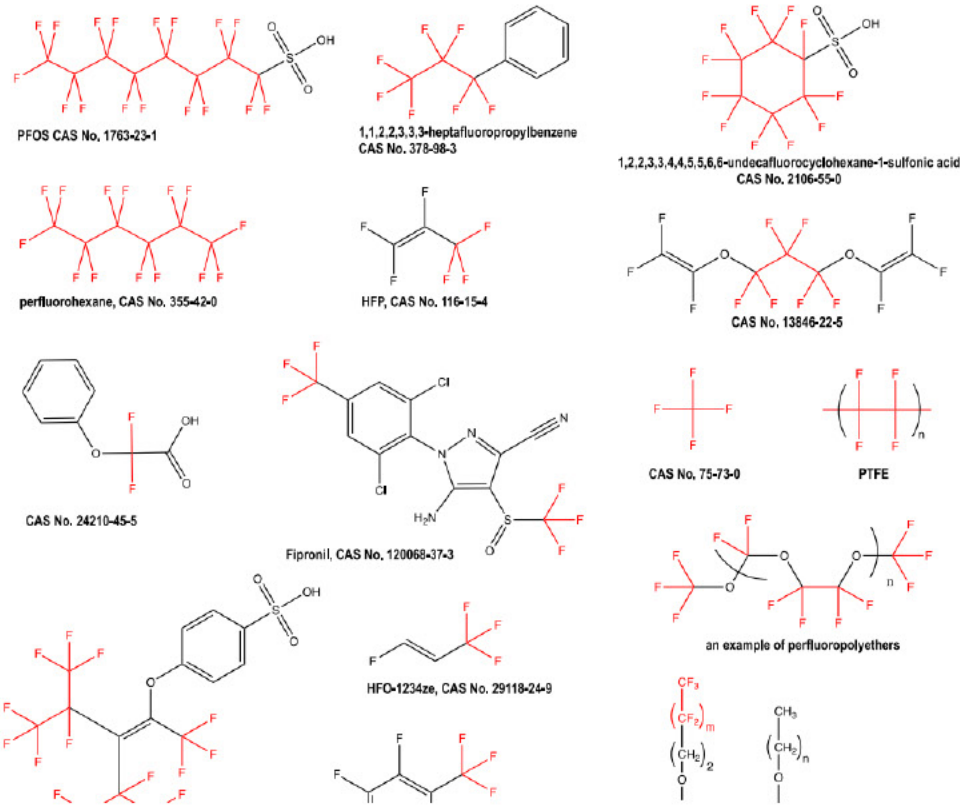
Empfehlungen zum Umgang mit PFAS in Böden und Grundwasser

Annegret Biegel-Engler
Umweltbundesamt
II 2.6 Maßnahmen des Bodenschutzes

Definition: **per- und polyfluorierte Chemikalien**

PFAS: fluorierte Stoffe, die mindestens ein vollständig fluoriertes Methyl- oder Methylen-Kohlenstoffatom enthalten

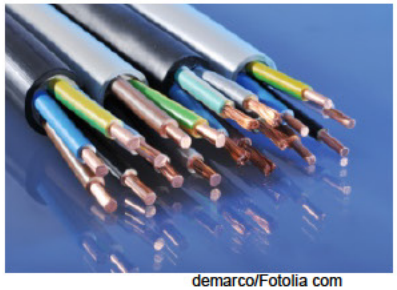




LINK: neue PFAS- Terminology der OECD

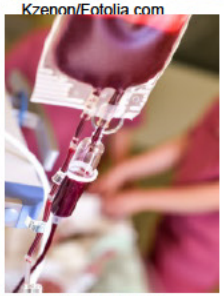
Einzigartige Eigenschaften – unzählige Verwendungen

Kzenon/Fotolia.com


demarco/Fotolia com

Jürgen Fälchle/Fotolia com

industrieblick/Fotolia com


Tobilander/Fotolia.com

Stillfx/Fotolia.com

Hohe Stabilität, wasser-, öl- und schmutzabweisend

PhotoSG/Fotolia.com

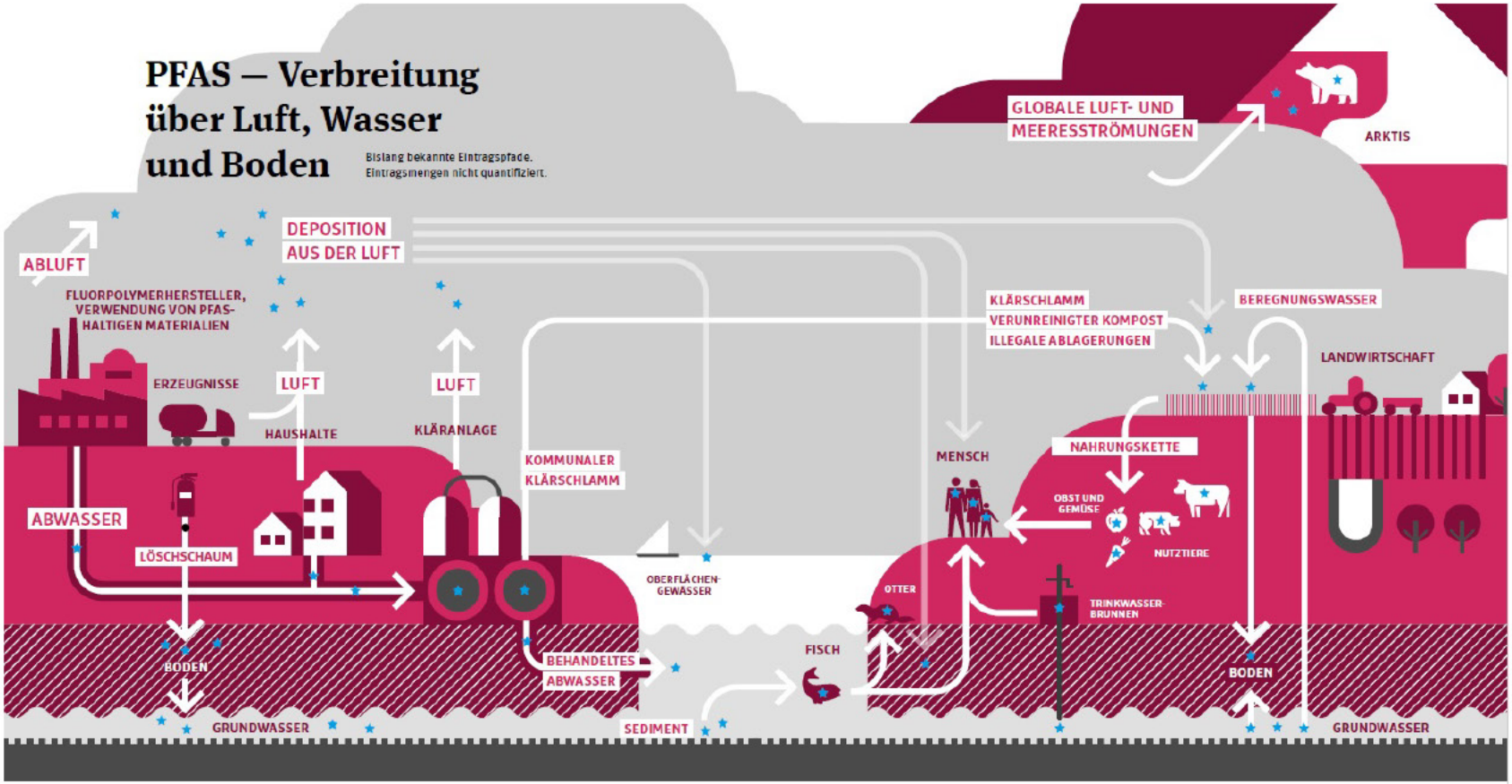
Luisa Leal/Fotolia.com

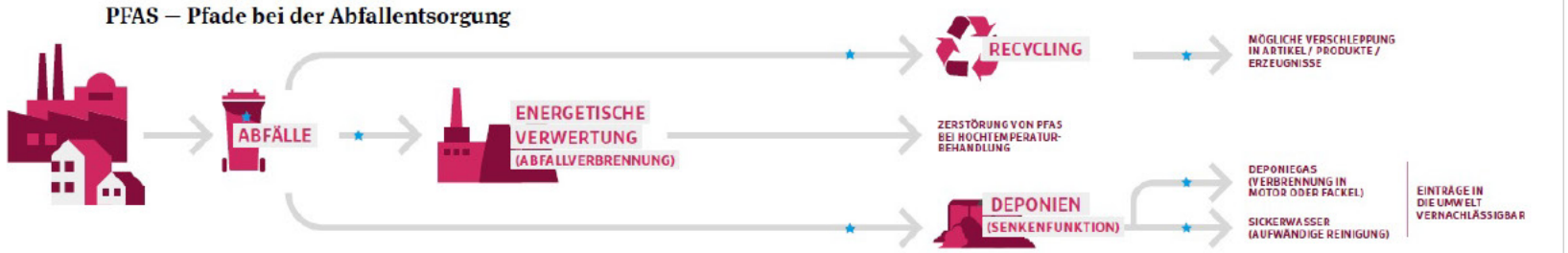
http://www.mirror.co.uk/
Foto: Getty

© Panthermedia: Mauricio Jordan de Souza Coelho

Foto: dpa

https://www.pco-group com





https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/schwerpunkt-1-2020-pfas-gekommen-um-zu-bleiben

EFSA-Neubewertung – tolerierbare wöchentliche Aufnahme (TWI)

TWI in ng/kg KG	2009 [1]	2018 [2]
PFOA	10.500	6
PFOS	1.050	13

[1] https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2009.06.132, [2] doi:10.2903/j.efsa.2018.5194, [3] doi: 10.2903/j.efsa.2020.6223

EFSA-Neubewertung – tolerierbare wöchentliche Aufnahme (TWI)

TWI in ng/kg KG	2009 [1]	2018 [2]	2020 [3]
PFOA	10.500	6	4,4
PFOS	1.050	13	
PFNA			
PFHxS			

[1] https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2009.06.132, [2] doi:10.2903/j.efsa.2018.5194, [3] doi: 10.2903/j.efsa.2020.6223

Verhalten von PFAS in Boden

Langkettige PFAS (z.B. PFOA, PFOS)

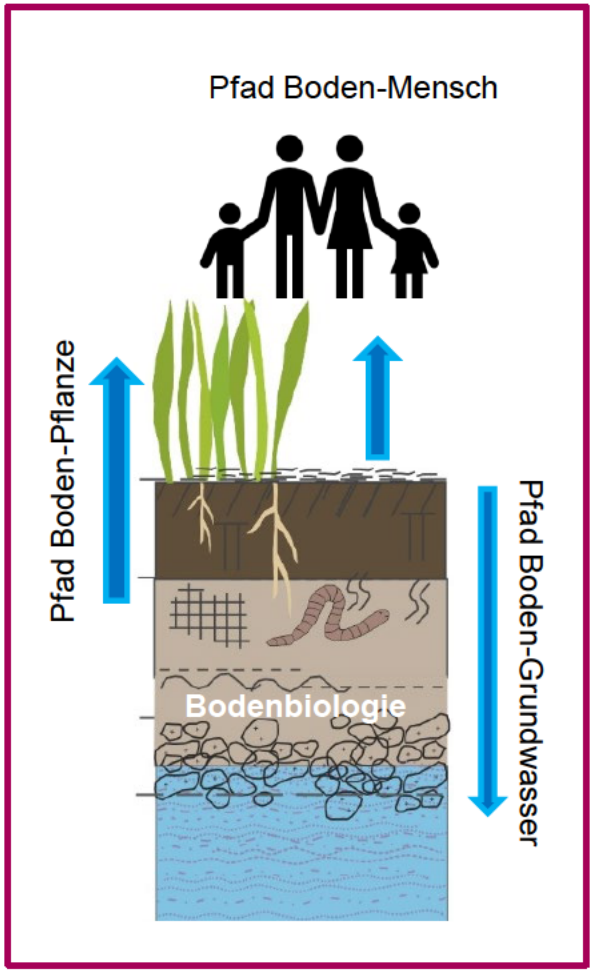
- Adsorption an Oberflächen
- Langsame Verlagerung in Grund- und Oberflächenwasser
- Bevorzugte Anreicherung in/an Wurzeln

Kurzkettige PFAS (z.B. PFHxA, PFBA)

- Hohe Wasserlöslichkeit
- Hohe Mobilität
- Kaum Rückhalt in Boden und Sediment
- Anreicherung im Grundwasser/Oberflächenwasser
- Aufnahme in wasserreiche pflanzliche Gewebe

Vorläuferverbindungen/Polymere

- Z.T. hohe Adsorption an Bodenmatrix (PAPs, diPAPS)
- Abbau zu persistenten PFAS im Laufe der Zeit



Pfad Boden-Pflanze
Ableitung von Transferfaktoren für PFAS

UBA-Refoplanprojekt 2017-2021 (UBA Texte 77/2022)

- Literaturstudie
- Steigerungsversuch - Boden-Pflanze Transfer von PFAS im Gefäßversuch
- Feldbeobachtungsstudie - Einflussfaktoren auf PFAS-Transfer zwischen Boden und Pflanze im Freiland

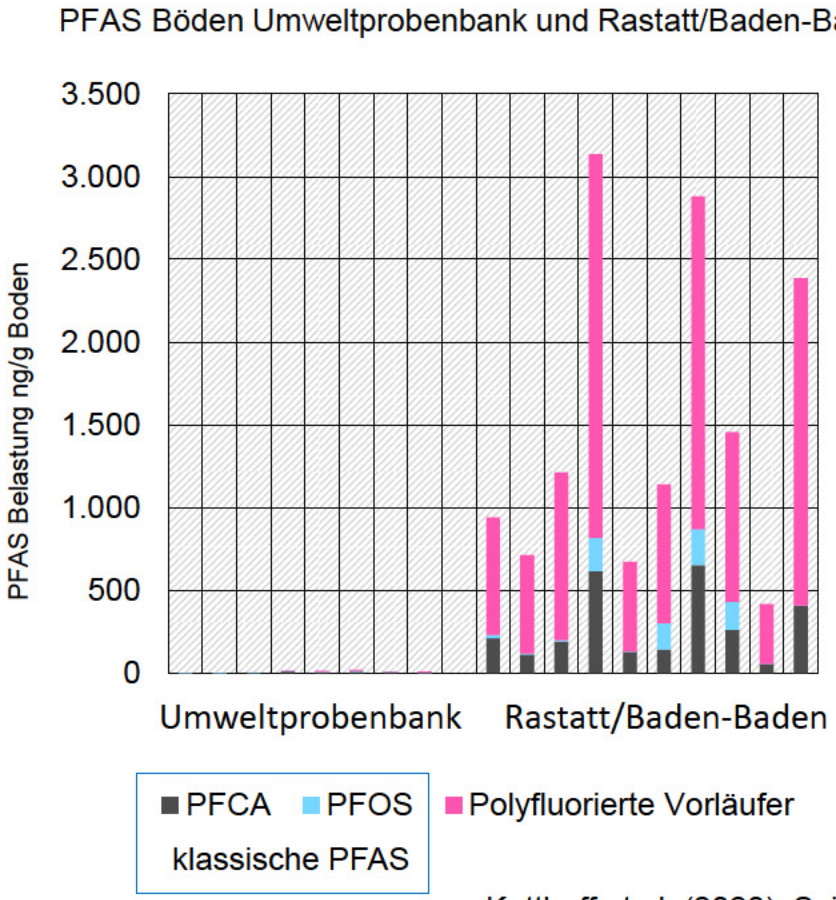
Transferfaktoren:

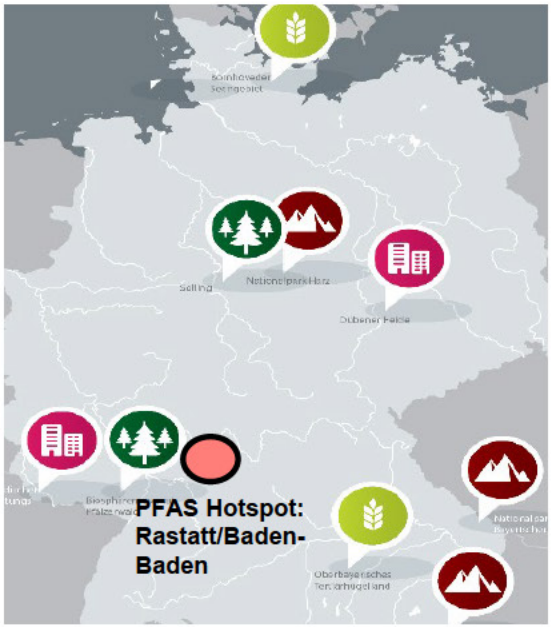
⇨ sind abhängig vom verwendeten Bodenwert
⇨ unterscheiden sich nach Bodenart
⇨ sinken mit zunehmender PFAS-Kettenlänge
⇨ sind nicht linear zu PFAS-Bodengehalten

$$Transferfaktor = \frac{PFAS_{Pflanze\ (\mu g/kg)}}{PFAS_{Boden\ (\mu g/kg)}}$$

Erarbeitung von fachlichen Grundlagen für die Ableitung von Bewertungsmaßstäben für weitere bodenrelevante, bisher nicht in der BBodSchV enthaltenen Schadstoffe und Schadstoffgruppen in Böden (Schwerpunkt PFAS) im Wirkungspfad Boden-Pflanze | Umweltbundesamt

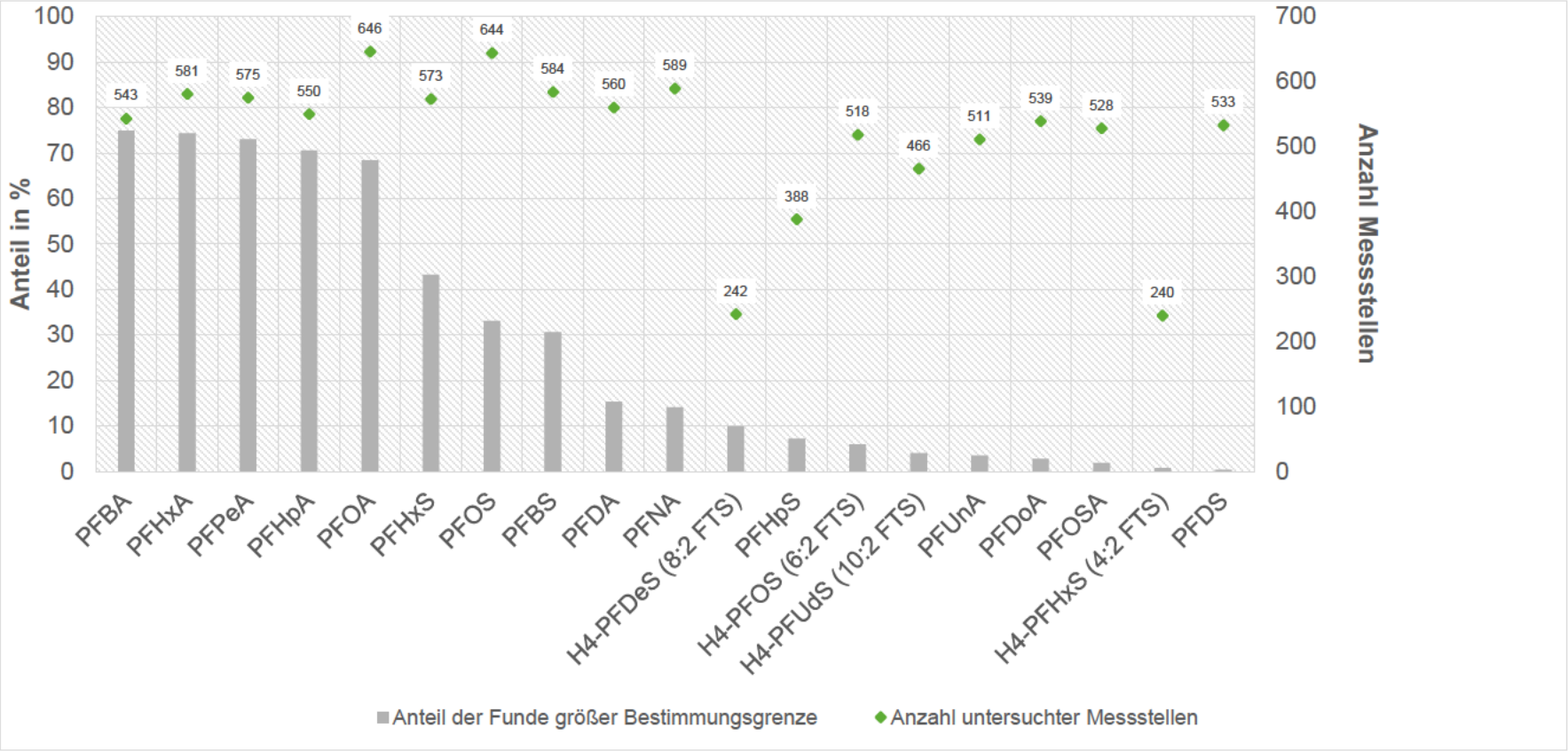
Dimensionen – Hintergrundgehalte versus Schadensfälle





Kotthoff et al. (2020); Science of The Total Environment, 740
https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140116

PFAS im Grundwasser



Relative Anteile der PFAS-Funde in deutschen Grundwässern und Anzahl der beprobten Messstellen; Daten aus vier Bundesländern für den Betrachtungszeitraum 2010-2016

PFAS-Spektrum in Boden und Grundwasser hängt von der Eintragsquelle ab

Kzenon/Fotolia com

z.B. Polymere auf Basis fluorierter Betaine, 6:2 FTS

Bis 2011: PFOS

industrieblick/Fotolia com

PAPs: polyfluorierte Alkylphosphatester

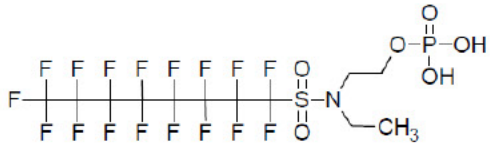
SAmPAPs: Perfluoroktan-sulfonamidoethanol-basierte Phosphatester

Jürgen Fälchle/Fotolia.com

Seitenkettenfluorierte Polymere auf 6:2 FTOH Basis

PTFE

monoSAmPAP



Nicht mit Standardanalytik nachweisbar

Quelle; http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC14/Overview/tabid/7398/Default.aspx

Exkurs - Analytik von Vorläufersubstanzen: TOP-Assay (Total oxidisable precursor)

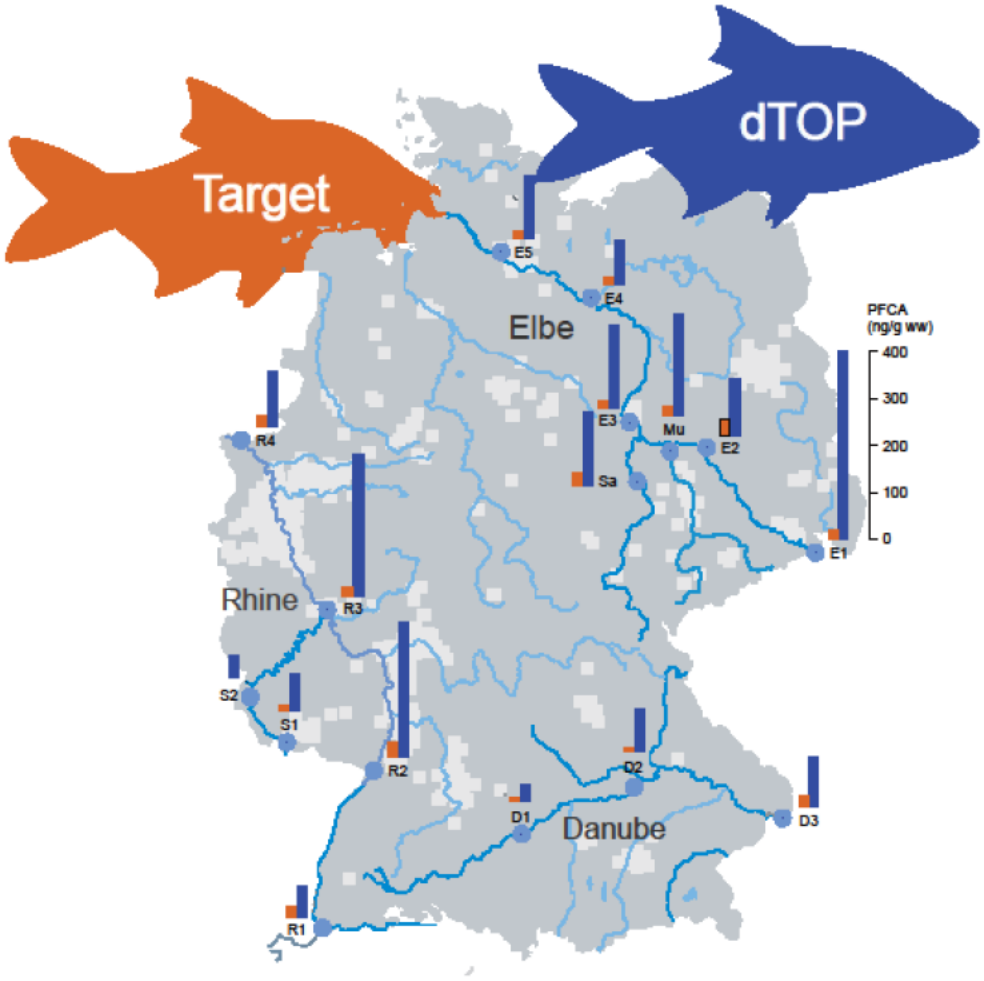
Problem:

- Standardanalytik ohne TOP-Assay liefert meist nur einen kleinen Ausschnitt der PFAS-Belastung

Vorteil TOP-Assay:

- Großes Spektrum der PFAS-Gehalte lässt sich darstellen

- Oxidation der Vorläuferverbindungen zu den persistenten PFAS unter harschen Laborbedingungen
- anschließend erfolgt eine Analytik auf die Standard-PFAS



Göckener et. al. Environ. Sci. Technol. 2021 15;782:146825
https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146825

PFAS-Schadenfälle in Deutschland – Abfrage im Altlastenausschuß

PFAS Hotspots in der EU	
Italien	Veneto
Schweden	Ronneby
Niederlande	Dordrecht
Belgien	Zwjindrecht
Dänemark	Koror
Deutschland	Altöttingen, Arnsberg, Rastatt

Bundeseinheitlicher Leitfaden zur Bewertung von PFAS-Schadensfällen

- Bislang fehlen gesetzlich verbindliche Werte für PFC in Bundesbodenschutzverordnung
- 87. UMK - Bitte an Bund und Länder zur die Erarbeitung einheitlicher Vorgaben für die Bewertung und Sanierung von Boden- und Gewässerverunreinigungen sowie für die Entsorgung von PFC-haltigen Materialien gebeten (TOP 25/40).
- Ad-hoc Bund-Länder AG - Vertreter*Innen aus Ausschüssen der LABO, LAGA und LAWA sowie aus dem Bund/Länder Arbeitskreis Abwasser, der Leitstelle des Bundes für Boden- und Grundwasserschutz, UBA und BMUV.
- Zustimmung von LABO, LAWA, LAGA
- Leitfaden ist als Papier des Bundes auf den Webseiten der UMK-Gremien und von BMUV und UBA veröffentlicht.

→ Behörden können jetzt trotz fehlender gesetzlichen Vorgaben PFAS-Fälle bewerten

https://www.bmuv.de/download/leitfaden-zur-pfas-bewertung

Inhalt des Leitfadens

- Bewertungsrahmen
- Hintergrundinformationen
- Maßstäbe für die Bewertung von Untersuchungsergebnissen und für Entscheidungen über ggf. erforderliche weitergehende Maßnahmen bei bestehenden Boden- und Gewässerverunreinigungen.

GFS-Werte und GOW für PFAS im Grundwasser

Stoff	GFS [µg/l]*	GOW [µg/l]
PFBA	10	
PFPeA		3.0
PFHxA	6.0	
PFHpA		0.3
PFOA	0.1	
PFNA	0.06	
PFDA		0.1
PFBS	6.0	
PFHxS	0.1	
PFHpS		0.3
PFOS	0.1	
H4PFOS		0.1
PFOSA		0.1
other PFAS with R1-(CF2)n-R2, n>3		0.1

* Gelten gleichzeitig als Trinkwasserleitwerte nach der Trinkwasserverordnung

GFS sind ab 01.08.2022 Prüfwerte für den Pfad Boden-Grundwasser in der nov. BBodschV

Umgang mit PFAS-haltigen Bodenmaterial (GFS-basiert)

Vorläufige maximal zulässige Konzentrationen im W/F 2:1-Eluat in µg/l für die entsprechenden Verwertungskategorien (GFS-basierte Werte)

	VK 1 Uneingeschränkter offener Einbau	VK 2 Eingeschränkter offener Einbau	VK 3 Eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen
Perfluorbutansäure, PFBA	≤ 10,0	≤ 20,0	≤ 50
Perfluorhexansäure, PFHxA	≤ 6,0	≤ 12,0	≤ 30
Perfluoroktansäure, PFOA	≤ 0,1	≤ 0,2	≤ 1
Perfluornonansäure, PFNA	≤ 0,06	≤ 0,12	≤ 0,6
Perfluorbutansulfonsäure, PFBS	≤ 6,0	≤ 12,0	≤ 30
Perfluorhexansulfonsäure, PFHxS	≤ 0,1	≤ 0,2	≤ 1
Perfluoroktansulfonsäure, PFOS	≤ 0,1	≤ 0,2	≤ 1

Umgang mit PFAS-haltigen Bodenmaterial (GOW-basiert)

Vorläufige zulässige Konzentrationen für Orientierungswerte im W/F 2:1-Eluat in µg/l für die entsprechenden Verwertungskategorien (GOW-basierte Werte)

	VK 1 Uneingeschränkter offener Einbau	VK 2 Eingeschränkter offener Einbau	VK 3 Eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen
Perfluorpentansäure, PFPeA	≤ 3,0	≤ 6,0	≤ 15
Perfluorheptansäure, PFHpA	≤ 0,3	≤ 0,6	≤ 3
Perfluordecansäure, PFDA	≤ 0,1	≤ 0,2	≤ 1
Perfluorheptansulfonsäure, PFHpS	≤ 0,3	≤ 0,6	≤ 3
6:2-Fluortelomersulfonsäure, 6:2 FTSA (H4PFOS)	≤ 0,1	≤ 0,2	≤ 1
Perfluoroctansulfonamid, PFOSA	≤ 0,1	≤ 0,2	≤ 1
Andere PFAS	≤ 0,1	≤ 0,2	≤ 1

Sanierung von Boden und Grundwasser

- aufgrund der Stabilität der Stoffe sehr aufwändig, viele Verfahren, die für andere Schadstoffe anwendet werden, funktionieren bei PFC nicht.
- Einige PFAS, wie z.B. PFOA und PFOS, adsorbieren an Oberflächen und lassen sich deswegen mit **Aktivkohlefiltern** aus Grundwasser entfernen. Sind auch mobile PFC im Grundwasser enthalten, wird die Beladekapazität der Aktivkohle deutlich schneller erreicht, so dass diese Filter schneller ausgetauscht werden müssen.

- **thermische Bodenbehandlung** mit Temperaturen über 1.200 Grad Celsius (°C)
- **Bodenwäsche**
- Deponierung
- **Immobilisierung** (bislang keine Langzeiterfahrungen vorhanden)

LABO-Arbeitshilfen

- Arbeitshilfe zur flächendeckenden Erfassung, standortbezogenen historischen Erkundung und zur orientierenden Untersuchung (Projektstufe 1)
- Exemplarische flächendeckende systematische Erfassung und standortbezogene Erhebung (Projektstufe 2)

  zwei ausgewählte Gebiete

  → die Stadt Velbert, Kreis Mettmann, NRW

  → die Stadt Villingen-Schwenningen in BaWü

  exemplarische standortbezogene Erkundungen

  → ein ehem. galvanischer Betrieb in Wuppertal, NRW

  → der frühere NATO-Militärflugplatz Bitburg in RP

http://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/static/LFP/Dateien/LABO/LABO-B-4-14-PFC_Handbuch.pdf

http://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/static/LFP/Dateien/LABO/LABO-B-4-15-Abschlussbericht.pdf

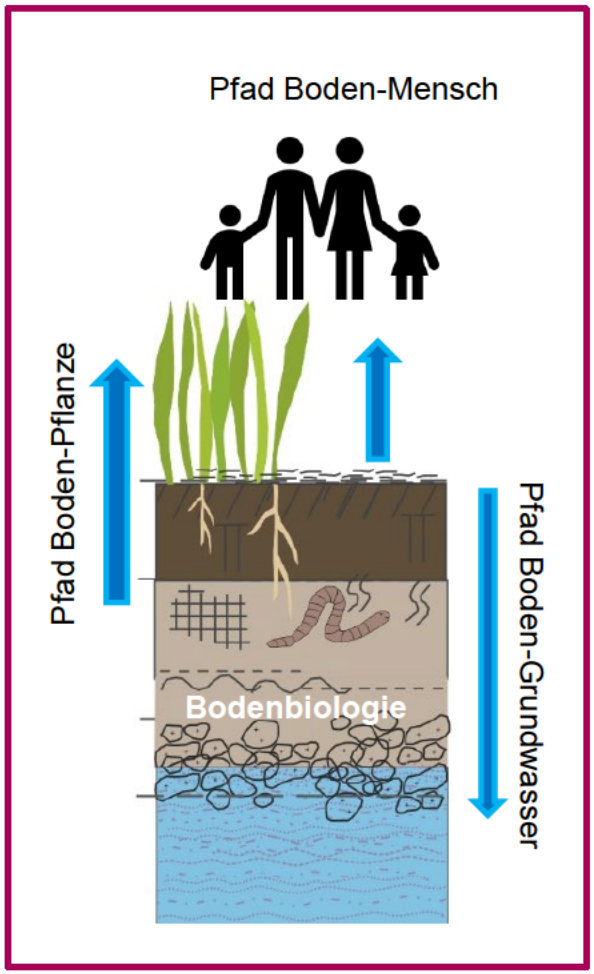
Arbeitshilfe zum Sanierungsmanagement von PFAS-Schadenfällen

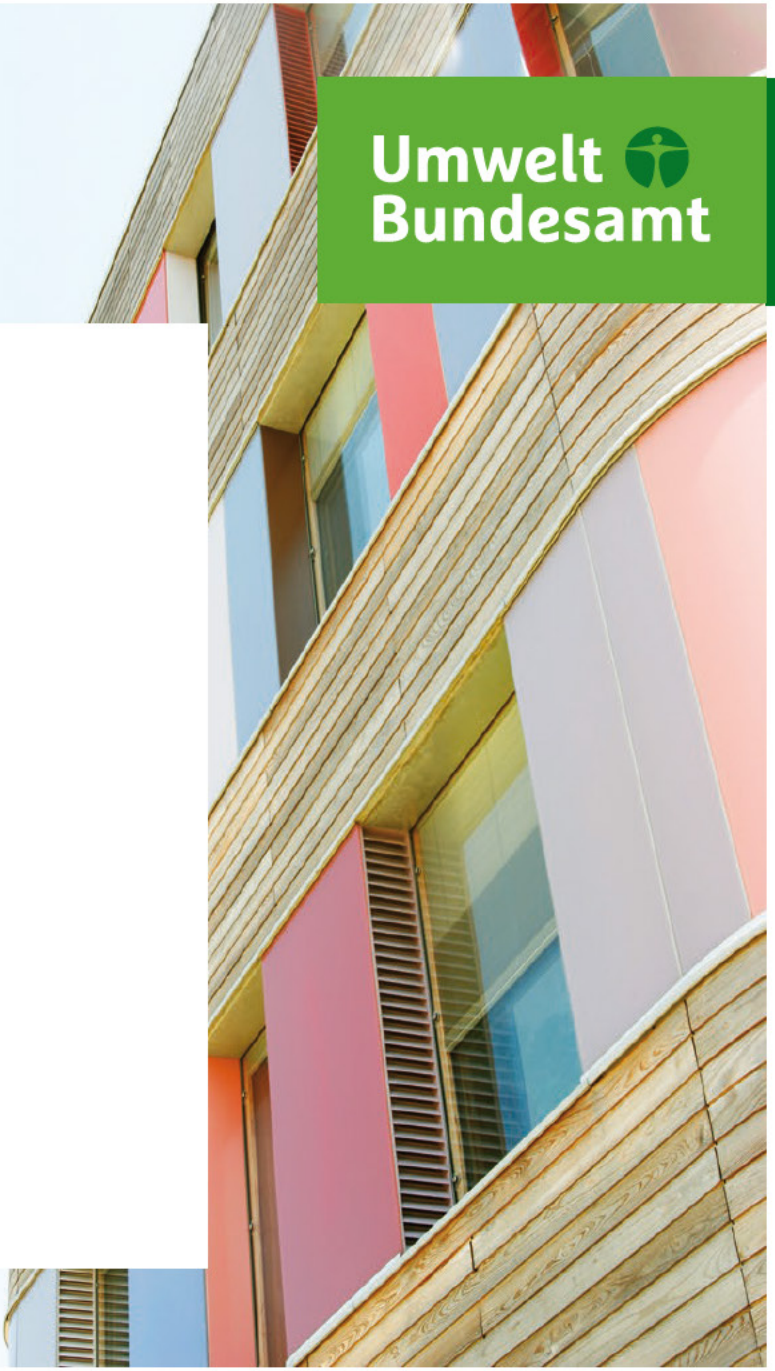
- Überprüfung und Bewertung der technischen Machbarkeit und Verhältnismäßigkeit von möglichen Verfahrensansätzen für das Sanierungsmanagement lokaler und flächenhafter PFAS-Kontaminationen.
- vollzugstaugliche Arbeitshilfe für die zuständigen Behörden
- Bewertung und Entscheidungsfindung über geeignete und verhältnismäßige Sanierungslösungen, Management- und Abfallentsorgungskonzepte

https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/sanierungsmanagement-fuer-lokale-flaechenhafte-pfas

Nächste Schritte – UBA Forschungsvorhaben

- **Ermittlung von Hintergrundgehalten von PFAS**
  - Refoplan: Hintergrundwerte für PFC und (Mikro)Kunststoffe - bundesweit repräsentative Beprobung von landwirtschaftlich genutzten Böden (FKZ 3720 72 288 0; Laufzeit 2021 - 2024)
  - Refoplan: Analytik von emerging pollutants in Böden (FKZ 3719 72 2010 Laufzeit: 2022-2025)
- **Ableitung von Bodenwerten von PFAS**
  - UBA-Eigenforschung Laufzeit: 2021-2024
- **Normung Top Assay**
  - Refoplan "Überprüfung der Robustheit und Durchführung einer Ringuntersuchung zur Quantifizierung von Total Oxidizable Precursor (TOP-Assay) in Bodeneluaten für den Pfad Boden-Grundwasser" FKZ 3719 74 298 0 Laufzeit 2019-2022
  - **Normung für TopAssay im Feststoff notwendig**



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Dr. Annegret Biegel-Engler
Tel.: 0340 2103 2074
annegret.biegel-engler@uba.de