

PFAS – Wissenschaftliche Einordnung der Umwelt- und Gesundheitsprobleme

Prof. Dr. Markus Große Ophoff

Online-Veranstaltung
14. Mai 2025

1

Stoffe – Mengen - Quellen

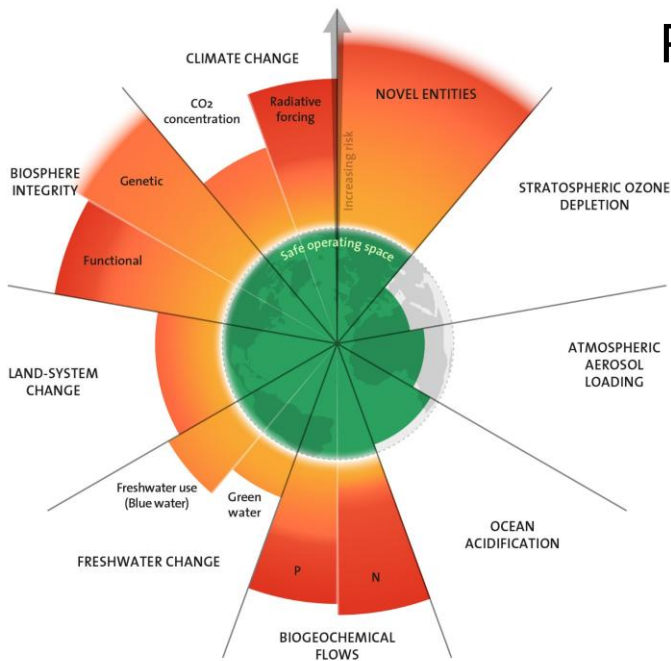
„Die eigentlichen Emissionen der chemischen Industrie ... sind ... die Produkte selbst.“

Eberhard Weise, ehemaliges Vorstandsmitglied Bayer AG, in: Held M. (Hrsg.), Leitbilder der Chemiepolitik, Campus Verlag 1991, S. 55-64



2

Planetare Leitplanken



nach Richardson, J., Steffen W., Lucht, W., Bendtsen, J., Cornell, S.E., et.al. 2023. Earth beyond six of nine Planetary Boundaries. Science Advances, 9, 37.

3

Vorsorgeprinzip

Verhütungsmaßnahmen werden getroffen, wenn **triftige Gründe zur Besorgnis** vorliegen, dass unmittelbar oder mittelbar der Meeresumwelt zugeführte Stoffe ... zu einer Gefährdung der menschlichen Gesundheit, ... der Meeresökosysteme, ... selbst wenn es **keinen schlüssigen Beweis** für einen ursächlichen Zusammenhang zwischen den Einträgen und ihren Auswirkungen gibt.

OSPAR-Übereinkommen



4

Stoffbezogene Gefahren

Persistenz: zentrales Gefährdungsmerkmal

- Persistente Stoffe können sich lange in der Umwelt aufhalten, sich weit verbreiten und sind nicht mehr rückholbar
- Kein Abbau: Menge in der Umwelt nehmen zu, solange es Einträge gibt
- Unerwartete Interaktionen mit Organismen und anderen Stoffen können auftreten
- Exposition und Wirkung sind entkoppelt

5

Gefährlichkeit oder Risiko?

Klassische risikobasierte Stoffbewertung: Vergleich Wirkung und Exposition

Probleme:

- Was tun, wenn Wirkung noch nicht (vollständig) bekannt?
- Zeitlich und räumlich verzögerte Exposition?
- Nicht rückholbare Stoffe?
- Sehr viele Daten für jeden Einzelstoff notwendig

Exposition und Wirkung entkoppelt bei:

- persistenten und mobilen Stoffen
- persistenten und bioakkumulierenden Stoffen
- Stoffen mit irreversibler Wirkung

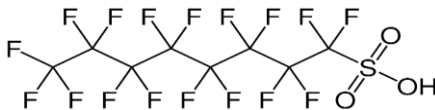
-> **Gefahren basierter Ansatz**

6

Beispiel: Fluorchemikalien (PFAS)

- PFAS (**per-** and **poly**fluorierte **alkyl** **s**ubstanzen)
viele 1000 Chemikalien
- PFAS sind extrem persistent.
Schlecht oder nicht abbaubar('forever chemicals')
- Oft: Toxizität, Bioakkumulation, hohe Mobilität in Boden und Grundwasser.
- Global verbreitete Kontamination von Wasser, Boden und Lebensmitteln.

Beispiel: PFOS:



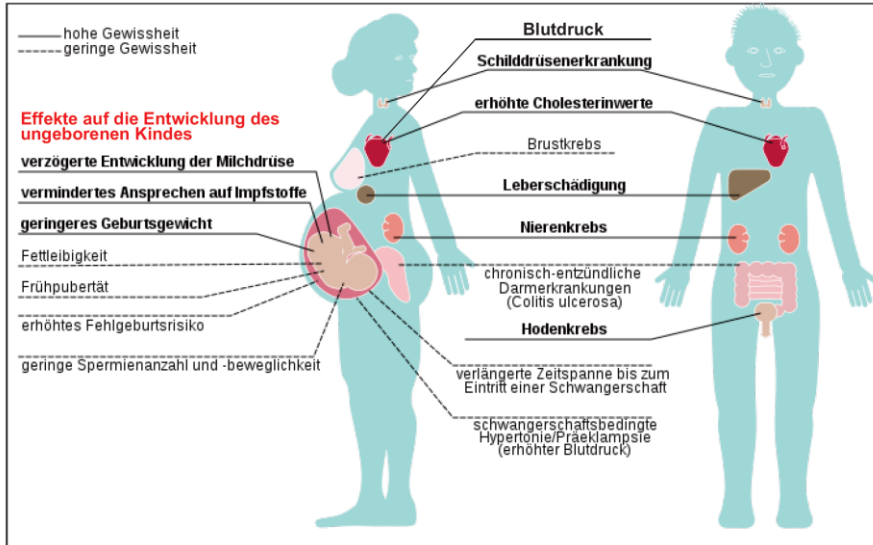
7

Wissen über PFAS

- Sehr viel Forschung und Publikationen zum Thema
- Review-Artikel aus 2023 (50 Seiten) mit über 500 Quellen:
[PFAS: forever chemicals—persistent, bioaccumulative and mobile. Reviewing the status and the need for their phase out and remediation of contaminated sites](#)
- Danach: Mehrere 100 neue Publikationen

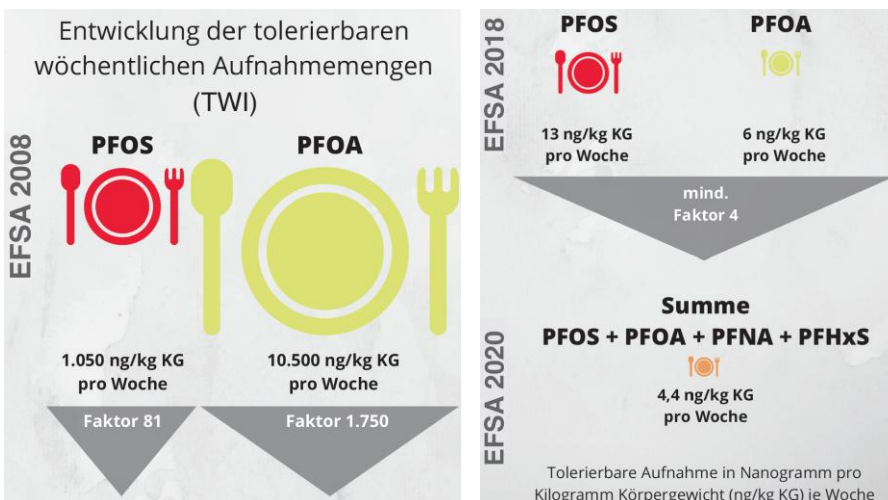
8

Gesundheitsgefahren



9

Entwicklung Grenzwerte



10

PFAS Anwendungsfelder

Können fast überall vorkommen

- „Teflon“
- Wasser- und fettabweisende Ausrüstung
- Feuerlöschschäume
- Über Papier und Imprägnierte Materialien in Klärschlamm
- 10.000de Altlasten in Europa

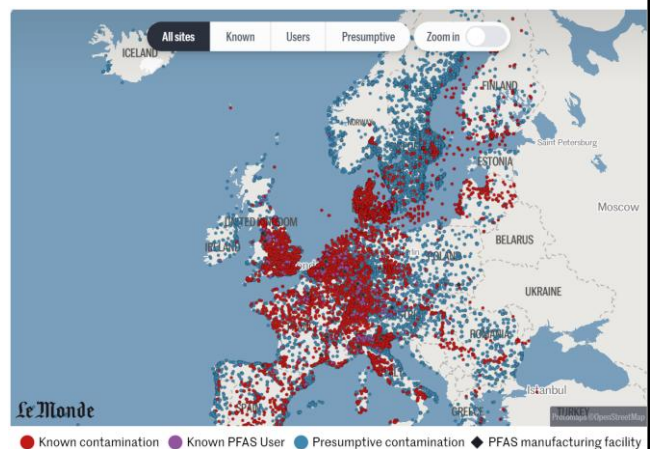


11

Mehr als 20.000 Altlastenstandorte in Europa

Insbesondere:

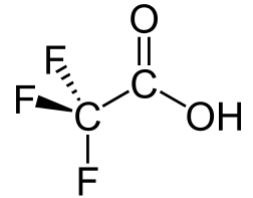
- Produktionsstätten
- Flughäfen
- Löschschäume bei Großfeuern
- Papier-Schlämme
- Klärschlamm



12

Trifluoressigsäure (TFA) – eine „ewige Chemikalie“

- TFA ist eine starke Säure und sehr hydrophil.
- hohe Mobilität, wird in Boden und Grundwasser nicht zurückgehalten.
- Es gibt keine effektiven Abbauewege in der Umwelt
- TFA ist nicht bioakkumulierend, reichert sich aber in Pflanzen an.
- Die Konzentrationen in der Umwelt steigen in den vergangenen 20-30 Jahren steil an.
- TFA wird inzwischen auch in emissionsfernen Gebieten nachgewiesen.



TFA ist als very persistent, very mobile (vPvM) eingestuft.

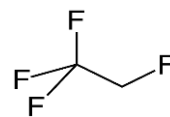
13

Wichtige TFA-Quellen (1)

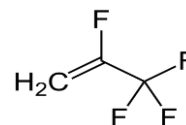
- Direkte Verwendungen als Synthesebaustein, Lösungsmittel etc. (ECHA: 100 – 1.000 t/a) → lokal hohe Belastungen.

TFA wird in der Umwelt aus Chemikalien gebildet, die eine C-CF₃-Gruppe enthalten.

- Kälte- und Treibmittel, u.a. in Autoklimaanlagen: 2.360 t/a in DE
→ 0,335 µg/L im Regenwasser
→ 264 µg/m²·a im Niederschlag
→ diffuse ubiquitäre Belastung.



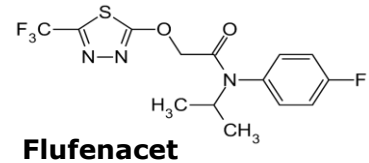
R 134a



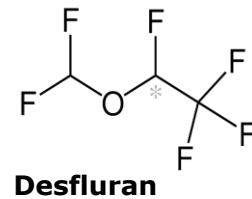
R 1234yf

14

Wichtige TFA-Quellen (2)



- **Pflanzenschutzmittel:** Zunehmende Zahl von Wirkstoffen mit C-CF₃-Gruppen (derzeit 45 in der EU). Theor. Bildungskapazität 457 t/a TFA (DE)
- **Biozide:** 6 Wirkstoffe als potenzielle Precursor. Mengen unbekannt, aber vermutlich nicht hoch.
- **Arzneimittel:** Zunehmende Zahl potenzieller Precursor (51 Human-, 8 Veterinärwirkstoffe), darunter auch Narkosegase, z.B. Desfluran. Mengen: ca. 20-30 t/a theor. TFA-Bildung (DE).
- **Sonstige:** Gülle, kommunales Abwasser, Thermolyse von Fluorpolymeren.



Umweltkonzentrationen (noch) unter (öko-)toxikologischen Schwellenwerten.

15

Wie wird man TFA wieder los?

- Im Prinzip gar nicht!
- Im Ablauf von Kläranlagen oft höhere Konzentrationen als im Zulauf (Oxidation von Precursor); UV/Ozon eliminieren nicht, sondern erhöhen Konzentration.

FAZIT: End of pipe-Maßnahmen sind ineffektiv und teuer
→ Eliminieren an der Quelle!

16

Was folgt daraus?

- Regulierung der gesamten Stoffgruppe notwendig
- Deutliche Reduzierung der Umwelteinträge
- Gefährdungsbasierter Ansatz
- Grundsatz Verbot, insbesondere in Verbraucherprodukten
- Ausnahmen, nur da, wo kein Ersatz möglich ist

17

DANKE

Danke an meine Kolleginnen und Kollegen im
[BUND Arbeitskreis „Umweltchemikalien und Toxikologie“](#)

18