

Ewig und überall – Ansätze für den Umgang mit PFAS

SCIENCE ET POLITIQUE

à table!



akademien der
wissenschaften schweiz

Programm

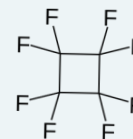
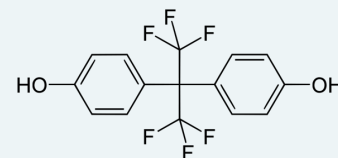
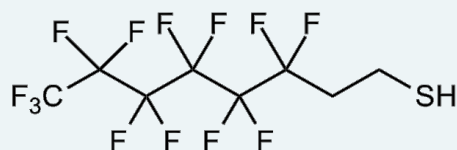
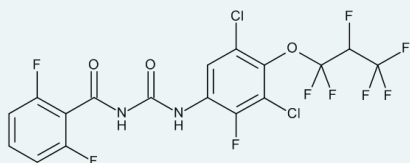
- **Vorkommen, Problematik und Regulierungsansätze**

Elvira Rudin, Gruppe für Umweltchemie, Departement Umweltsystemwissenschaften, ETH Zürich ; Gruppe für Bodenökologie, ZHAW

- **Wie weit ist die Entwicklung von technischen Lösungen?**

Manfred Heuberger, Mitglied der Direktion, EMPA

- **Diskussion**



PFAS

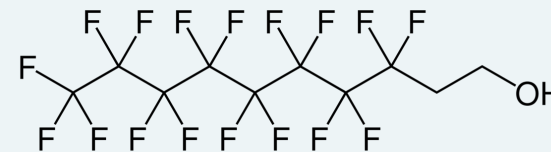
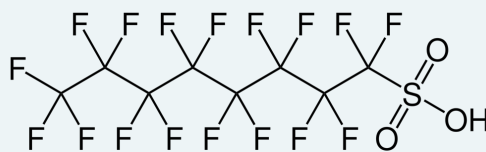
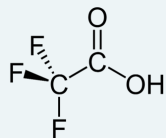
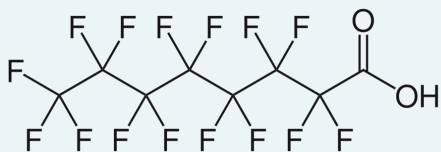
Vorkommen, Problematik und Regulierungsansätze

Elvira Rudin

Gruppe für Umweltchemie, Departement Umweltsystemwissenschaften, ETH Zürich

Gruppe für Bodenökologie, ZHAW

03/06/2025



Was sind PFAS?

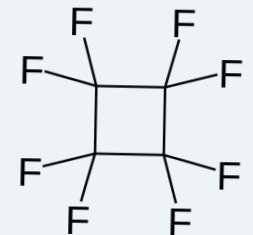
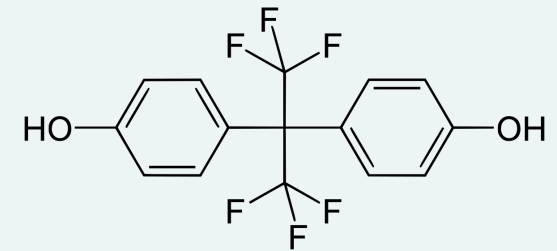
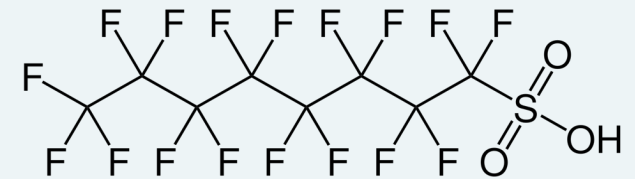
Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen

- Chemikalien
 - Seit über 80 Jahren im Einsatz
 - C-F Bindung sehr stabil
 - Stoffeigenschaften
 - Fett-, schmutz und wasserabweisend
 - Thermisch und chemisch stabil
- Persistenz in Umwelt

→ Sehr attraktiv für industrielle Anwendungen

→ Hunderte verschiedene Anwendungsbereiche

→ Hunderte bis tausende Substanzen auf dem Markt



Produktion und Anwendungen

Fluorierte Gase

> 1'000'000 t/a



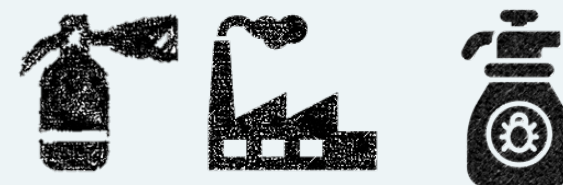
Weitere



Evich et al. 2022

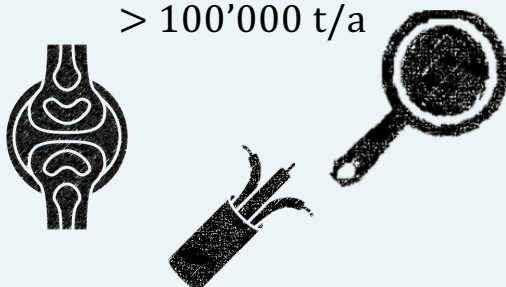
Fluorierte Tenside

> 1'000 t/a



Fluorpolymere

> 100'000 t/a

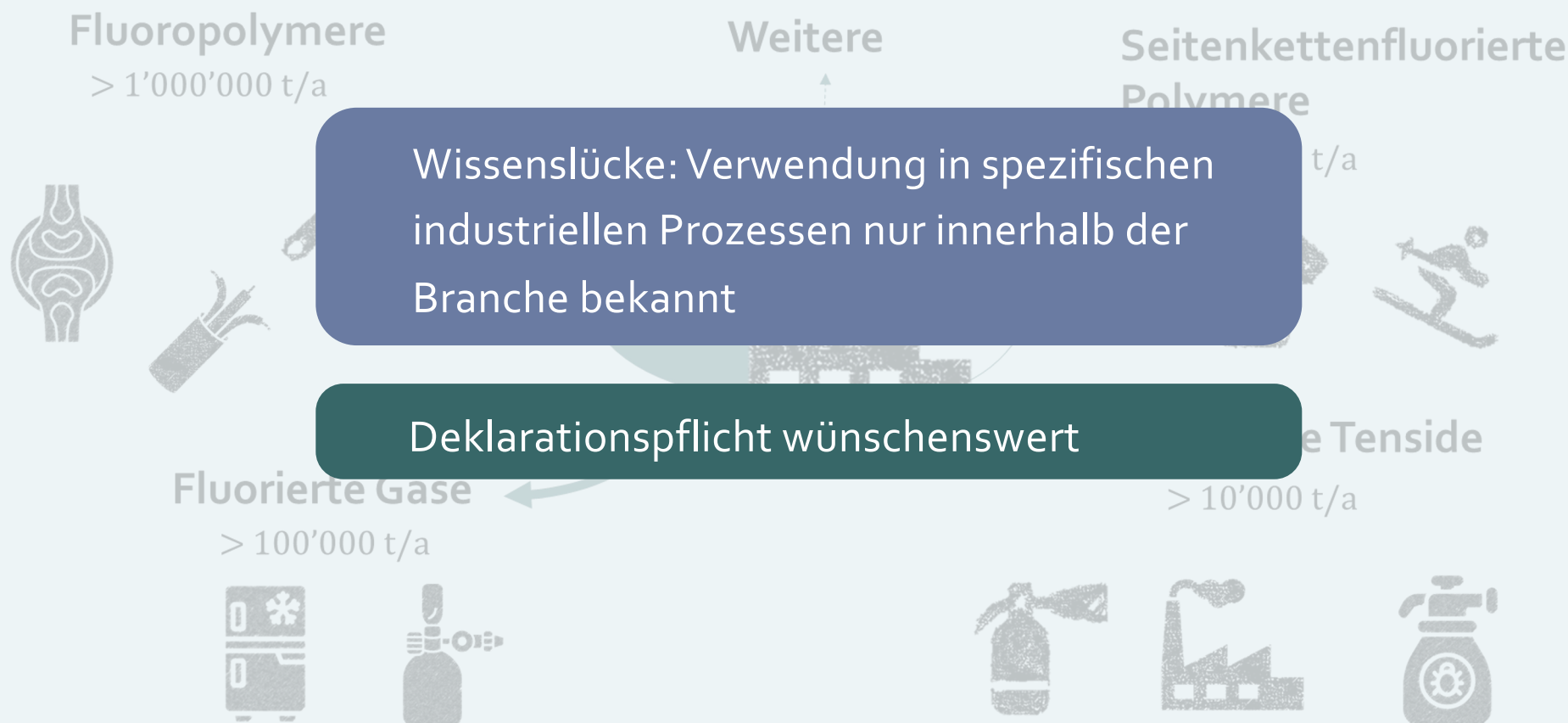


Seitenkettenfluorierte Polymere

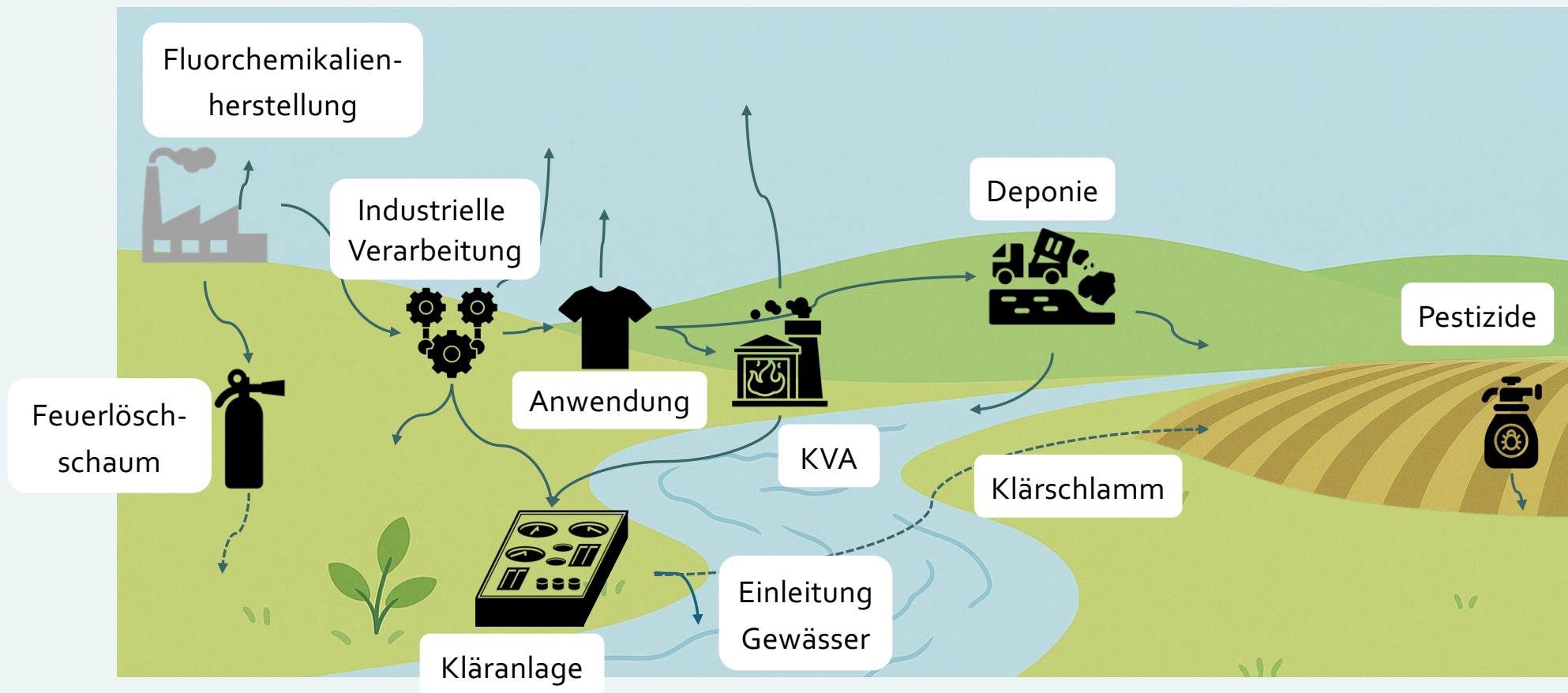
> 10'000 t/a



Produktion und Anwendungen



Quellen



Quellen

Ehemalige Kontaminationsquellen bekannt
(Löschschaum, Klärschlamm)

Viele Quellen nicht geschlossen (Deponien,
Abwasser, Pestizide...)

Systematische Identifizierung
kontaminierter Standorte

Quellen schliessen (**Emissionen reduzieren**,
Vorklärung Industrieabwasser...)

Fluorchemikalien
herstellung



Feuerlösch
schaum

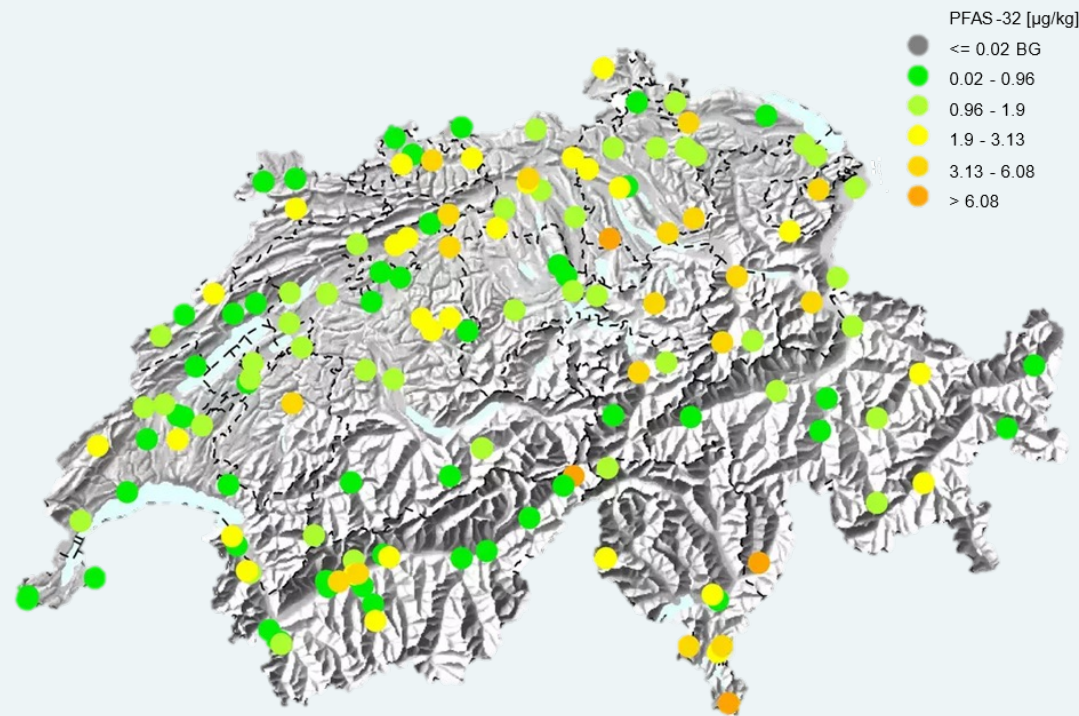


K

Pestizide

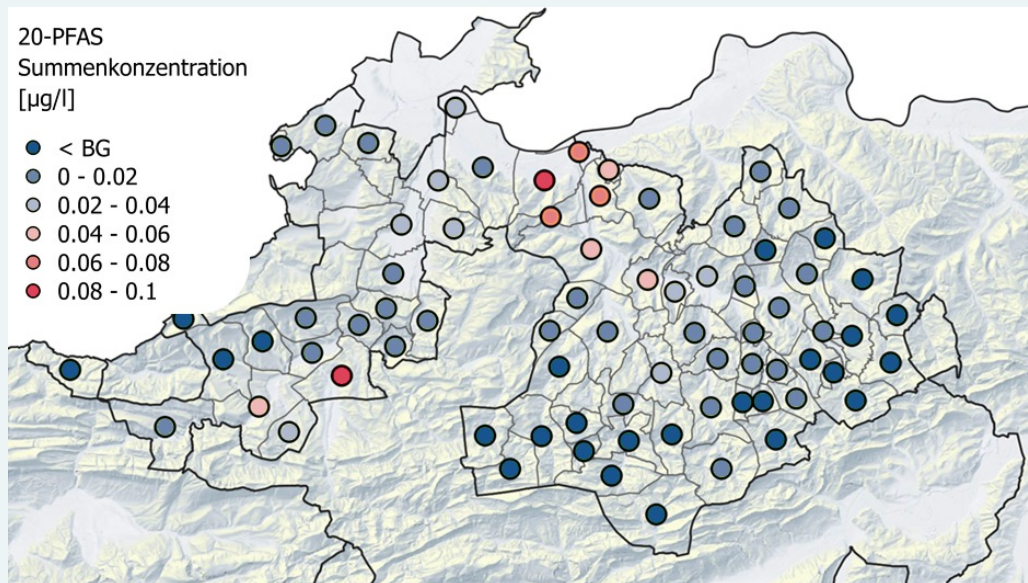


Umweltvorkommen – Boden

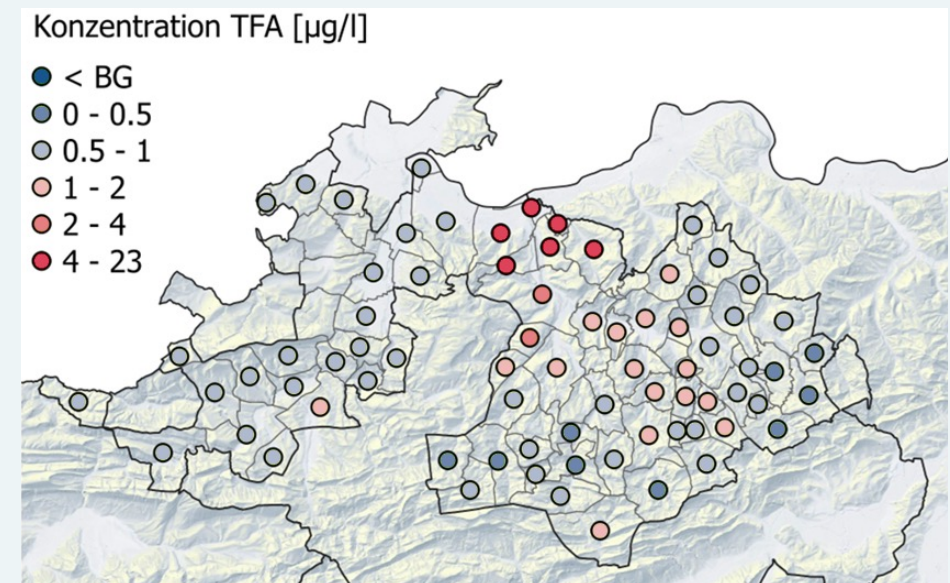


Thalmann B. (04.01.2023). Schweizer Böden erstmals auf umweltschädliche PFAS untersucht. <https://www.zhaw.ch/de/lfsfm/ueberuns/aktuell-medien/news/detailansicht/event-news/schweizer-boeden-erstmals-auf-umweltschaedliche-pfas-untersucht/>

Umweltvorkommen - Trinkwasser



Kanton Basellandschaft (2022). *Trinkwasser: Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS).*



Kanton Basellandschaft (2022). *Trinkwasser: Ultra-kurzkettige PFAS.*

Umweltvorkommen - Trinkwasser

PFAS überall in Umwelt

Quellen schliessen (**Emissionen reduzieren**,
Vorklärung Industrieabwasser...)

Priorisierung Massnahmen: PFAS-
Stoffflüsse besser verstehen

Sanieren wo sinnvoll und möglich

20-PFAS
Summenkonzentration
[µg/l]

- < BG
- 0 - 0.02
- 0.02 - 0.04
- 0.04 - 0.06
- 0.06 - 0.08
- 0.08 - 0.1

Kanton Basellandschaft (2022). *Umweltvorkommen - Trinkwasser: Ultra-kurzkettige PFAS. Alkylsubstanzen (PFAS).*

Exposition Mensch



Aufnahme besonders durch Nahrung:

- Besonders: (Süsswasser) Fisch, Fleisch, Eier
- Auch: Pflanzliche Lebensmittel, Milch, Trinkwasser



PFAS im Blut von 100% der Bevölkerung nachgewiesen

Blutwerte in Schweiz beeinflusst durch:

- Alter (Zunahme mit Alter)
- Geschlecht (Frauen tiefere Werte als Männer)
- Fischkonsum (Zunahme mit Fischkonsum)
- Wohnort

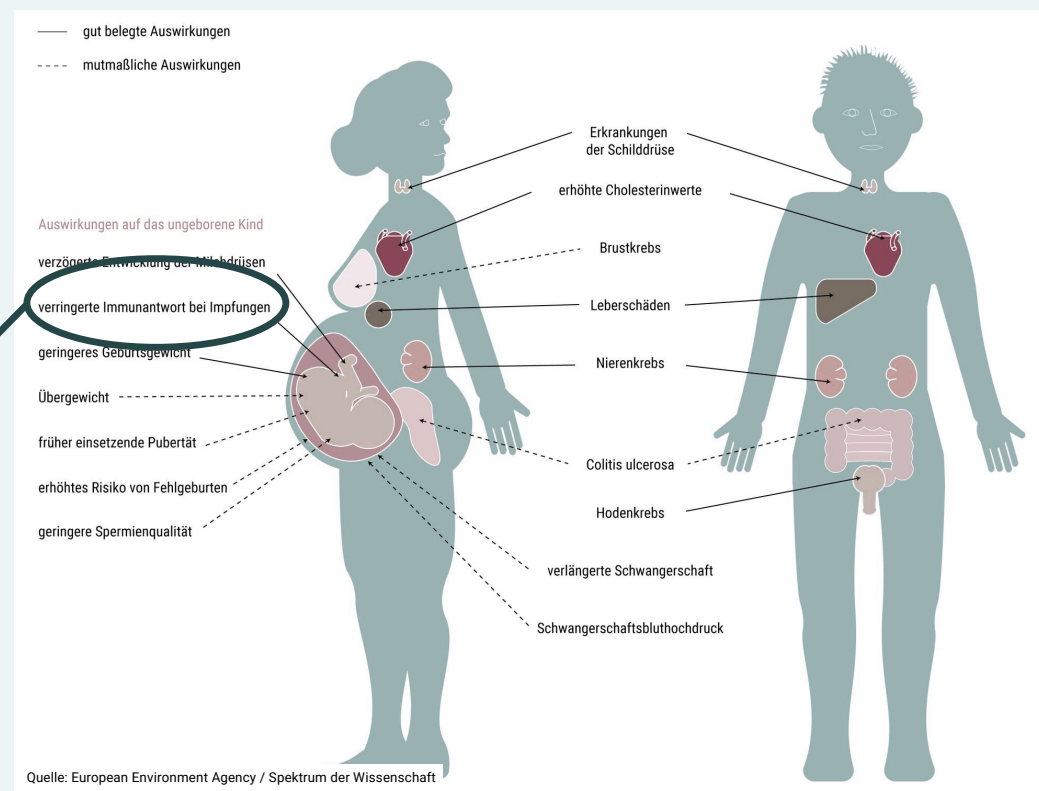


Jaus et al. (2025)

Gesundheitliche Auswirkungen – Chronische Toxizität

Ausgeprägte chronische Toxizität

41 % der gebärfähigen Frauen:
Blutwerte über Schwelle für
Immunrisiko bei Säuglingen



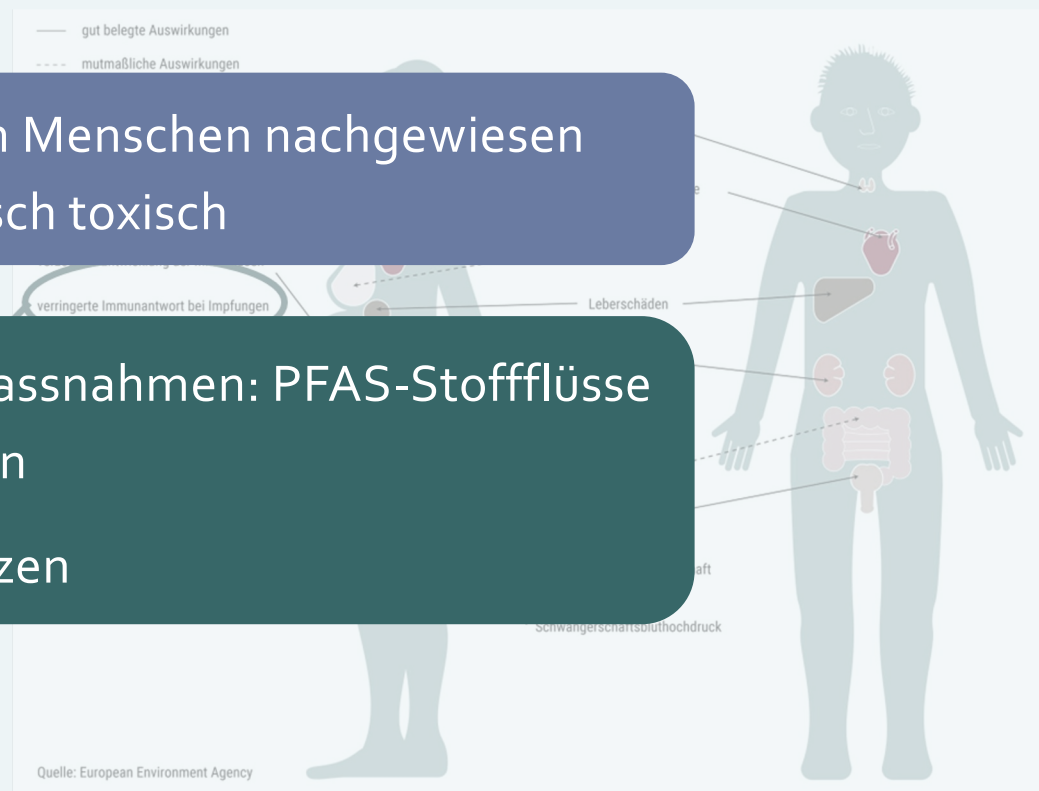
Gesundheitliche Auswirkungen – Chronische Toxizität

Ausgeprägte c
Toxizität

PFAS werden im Menschen nachgewiesen
und sind chronisch toxisch

41 % der gebär
Blutwerte über
Immunrisiko be

Priorisierung Massnahmen: PFAS-Stoffflüsse
besser verstehen
Grenzwerte setzen



Regulatorische Werte Schweiz

Grenzwerte

- Trinkwasser
- Tierische Lebensmittel
- Neue Werte unter Motion Maret
(Boden, Altlasten, Abfall, Einleitung Gewässer)

Verbote

- Einzelsubstanzen (PFOS, PFOA, PFHxS)
- längerkettige Perfluorcarbonsäuren
- Fluoralkylsilanole

Geplante Beschränkungen

- Verordnungspaket Umwelt Herbst 2025:
Anwendung in Schaumlöschmitteln, Lebensmittelverpackungen
- Umfassender Beschränkungsvorschlag EU

EU - Beschränkungs-vorschlag

Einreichen Vorschlag (2023)

5 Europäische Länder
Wirkstoffe in
Pflanzenschutz-
mitteln und
Arzneimitteln
ausgenommen

Risikobewertung und Sozioökonomische Analyse

Nach
Anwendung
(Zeitlimitierte)
Ausnahmen
festlegen

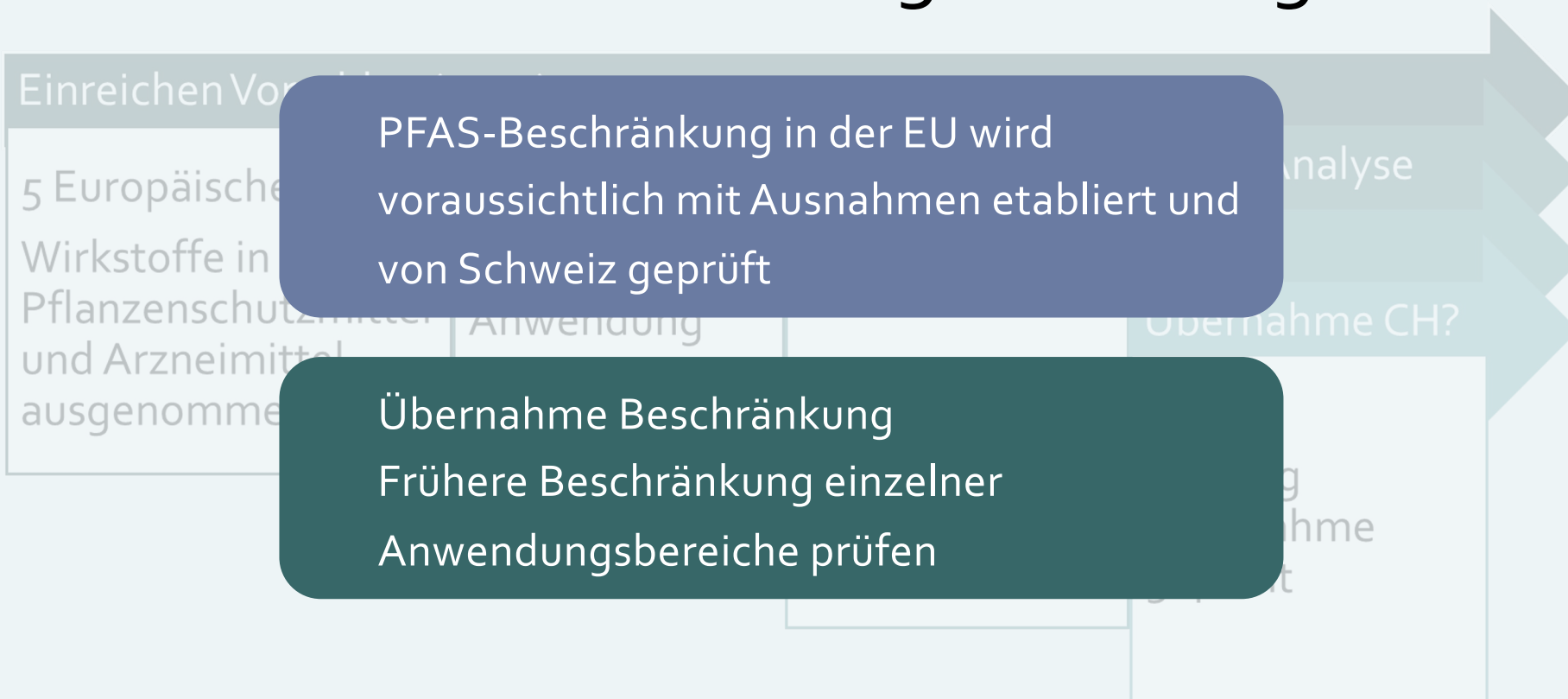
Annahme EU (2027?)

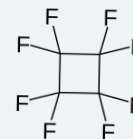
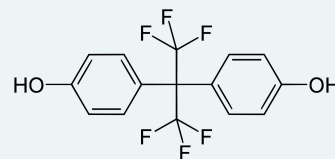
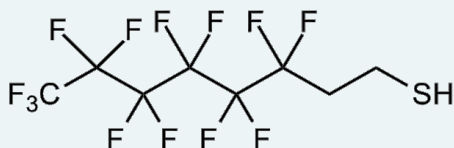
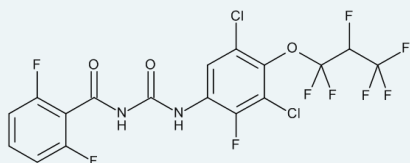
EU-Kommission
Mitgliedstaaten

Übernahme CH?

Prüfung
Übernahme
geplant

EU - Beschränkungs-vorschlag



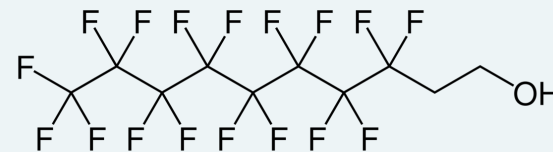
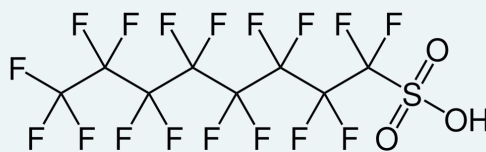
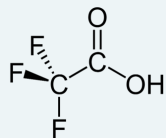
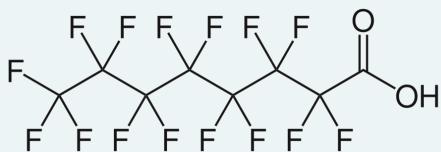


Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Elvira Rudin

Gruppe für Umweltchemie, Departement Umweltsystemwissenschaften, ETH Zürich
Gruppe für Bodenökologie, ZHAW

03/06/2025



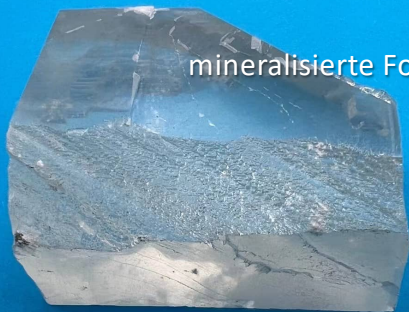


Empa

Materials Science and Technology

CaF₂

mineralisierte Form von Fluor



**Wie weit ist die Entwicklung von
technischen Lösungen?**



SCIENCE ET POLITIQUE

à table!

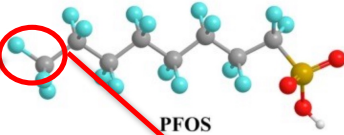
3. Juni 2025

Prof. Dr. Manfred Heuberger

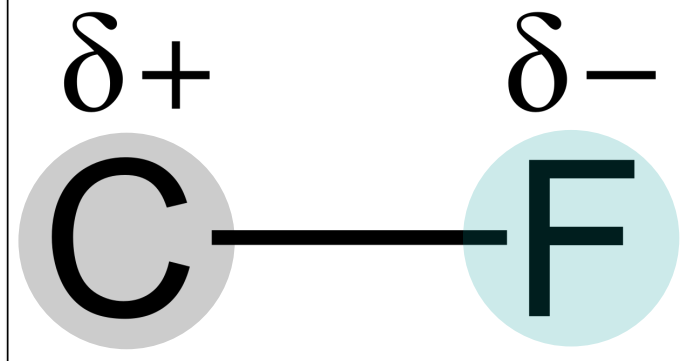
PFAS - Zwei Seiten einer Münze



Warum «Ewige Chemikalien»?



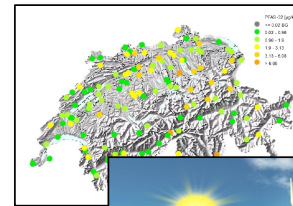
Energie-stabile Verbindung



Technische Reinigung

- Vorkommen PFAS ist langfristig und grossräumig
- Auftrennung C-F ist energieaufwändig
- Sichere Fluor Verbindung ist mineralisiert

Kernpunkte:
Grossräumige & langfristige Planung (30-50 Jahre)
Energiebedarf (nachhaltig)

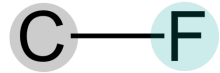


Versuchsanlage zur Thermischen Entsorgung Spezieller Abfälle (THERESA) am KIT



Technischer Ersatz

- Sehr diverse Stoffklasse mit vielen positiven Eigenschaften
 - Ölabweisung
 - Anti-haftung
 - Gleitfähigkeit
 - Chemische und Temperatur Stabilität



Kernpunkte:
Ersatzmaterial Forschungsbedarf (5-10 Jahre)
«essential use» ohne Freisetzung



«Essential use»

The concept of "essential use" for PFAS is outlined by [the European](#) Commission and others...



... der Begriff ist noch nicht verbindlich definiert

Primäre Faktoren
Gesundheit oder Sicherheit
Funktion und Sicherheit der Gesellschaft

Sekundäre Faktoren
Verfügbarkeit & Risiko von Alternativen

Beispiel:

Lebenserhaltendes medizinisches Gerät

- chemisch inert, sterilisierbar
- antihaftend, gleitend, isolierend
- flexibel, biokompatibel



Prioritäten bei technischen Lösungen



C-F haltige Chemikalien durch Alternativen ersetzen

Funktion der Gesellschaft und Technologie
Wohlstand + Wertschöpfung beibehalten

«essential use» ohne Freisetzung -> OK

F sammeln und nachhaltig mineralisieren -> OK

Umsetzung dank Innovationskraft der Schweiz



- TRL 0-2 Grundlagen (Zeitachse 20-30 Jahre, Katalyse, Mineralisation, Ölabweisung, Umwelt-Stabilität)
- TRL 2-5 (Zeitachse 5-15 Jahre, anwendungsnah, mit Industrie, interdisziplinär)
- TRL 6-9 (LCA, REACH, >30 Jahre, transdisziplinär)

Kernpunkte:

- Geeignete Förderwerkzeuge vorhanden
- Prinzip: «sustainable by design»
- Bedarf: transdisziplinäre Koordination



Optionen im Umgang mit PFAS?



Ziel	Optionen	Nutzen	Herausforderung	Rechtliche Grundlage	Zeitraum bis Wirkung
Freisetzung reduzieren	Weitreichende Beschränkung nach EU-Vorlage	EU konform, relativ schnelle Wirkung	Forschungsbedarf für Anwendungen mit Übergangsfristen	EU-Beschränkungs-Vorschlag	2-5 Jahre
Freisetzung reduzieren	Weitreichende Beschränkung unabhängig und schneller als EU	relativ schnelle Wirkung, Chance für Forschung und Innovation Schweiz, Schweiz als Frontrunner	personeller Aufwand, evtl. nicht-EU konform, evtl. Nachteile für CH-Wirtschaft	Postulat Moser (Aktionsplan)	2-5 Jahre
Freisetzung reduzieren	Emissionsabgabe, vorgezogene Abfallgebühr	Verursacherprinzip	Emissionen noch nicht quantifiziert, hohe Entsorgungskosten durch Persistenz, Bestimmung Entsorgungskosten komplex, steigende Kosten auch für "essential-uses"	Postulat Moser (Aktionsplan)	5-10 Jahre
Freisetzung reduzieren	Deklarationspflicht	bessere Information Konsument, mögliche Reduktion PFAS-Konsum	Mehraufwand Industrie, Abgrenzung (PFAS überall drin z.B. Wasser, Lebensmittel), Verantwortung auf Konsument übertragen	Postulat Moser (Aktionsplan)	5-10 Jahre
Freisetzung reduzieren	Emissionsarme Entsorgung	schnelle Umsetzung (KVA)	Klimaschutz (CO ₂), Emission von Abbauprodukten (TFA) aus der KVA	F-Gas Verordnung (ChemRRV)	2-5 Jahre
PFAS entfernen und abbauen					
PFAS entfernen (Altlasten, Böden, Wasser, Abfall) technisch abbauen	Technische Reinigung (Böden-Hotspot, <u>Wasser</u>)	nachhaltig, landwirtschaftlich integrierbar, Innovation_Schweiz	Generationsprojekt (sehr lange Dauer), Mineralisation von F notwendig, großflächige Verteilung, grosser Energiebedarf	AltIV, VBBö, VVEA über Motion Maret	>20 Jahre
PFAS entfernen (Altlasten, Böden, Wasser, Abfall) natürlich abbauen	Biologische Ansätze (Enzyme, Mikrobiom, Flora)	Nachhaltig, landwirtschaftlich integrierbar, Innovation_Schweiz	Komplexe Systeme, sehr grosser Forschungsbedarf, Effizienz limitiert	AltIV, VBBö, VVEA über Motion Maret	>30 Jahre
PFAS (inkl. TFA) aus Trinkwasser entfernen	(superfeine) Aktivkohle, Umkehrosmose, Nanofiltration	schnell umsetzbar, technologisch reif	Zerstörung C-F bleibt offen, erhebliche Kosten, Trinkwasser CH: System- oder Paradigmenwechsel	Motion Maret Postulat Moser (Aktionsplan)	1-5 Jahre
Zusätzliche Massnahmen					
Menschliche Aufnahme von PFAS durch Nahrungsmittel reduzieren	Grenzwertsetzung, Logistik (z.B. Mischen)	direkt, schnell, betont Zusammenhang zwischen Kontamination der Umwelt und menschlicher Gesundheit bzw. Ökotoxikologie	Grenzwertüberschreitungen können Handlungsoptionen einschränken; chemische Komplexität von Nahrungsmitteln (Forschungsbedarf)	VHK, FMBV, VBBö, VVEA, AltIV, Motion Maret	laufend
Identifizierung Stoffflüsse und Konzentrationen	Messungen in Produkten, Lebensmittel, Umwelt, Abwasser, Mensch	Hotspots identifizieren, Priorisierung von Massnahmen, Schutz Ökosysteme	aufwändig, Kosten, Priorisierung und Koordination der Messungen notwendig	TBDV, VHK, VBBö, VVEA, AltIV, MAK, GSchV...	laufend
Kosten Gesellschaft identifizieren	Sozioökonomische Analyse Schweiz	Priorisierung möglich, Kosten für Gesellschaft bekannt	Datenlage		1-2 Jahre
langfristige, stetige Anreicherung von TFA im (Trink)Wasser bekämpfen	PFAS Abbauewege besser verstehen, Forschungsbedarf	langfristige Sicherung Trinkwasserversorgung	Vielfältige Abbauewege und Quellen, Ausnahmeregelungen / Industrielobbying, Trinkwasser CH: System- oder Paradigmenwechsel	Motion Maret Postulat Moser (Aktionsplan)	>30 Jahre Jahre

Obige Optionen müssen in Kombination umgesetzt werden. (transdisziplinäre Koordination)





manfred.heuberger@empa.ch

Weitere Fachleute (neben Referent:innen)



Lothar Aicher, Zentrum für
Angewandte
Humantoxikologie (SCAHT),
Universität Basel



Nolwenn Bühler,
Unisanté, Universität
Lausanne



Alexandra Kroll,
Ökotoxzentrum



Lorenz Lehmann,
Ecosens AG



Christian Stamm, Eawag

Ewig und überall – Ansätze für den Umgang mit PFAS

SCIENCE ET POLITIQUE

à table!



akademien der
wissenschaften schweiz