

Der besondere Schadstoff PFAS (Die Ewigkeits-Chemikalien)

Rüdiger Preuß



SBB Sonderabfallgesellschaft Brandenburg/Berlin mbH

Großbeerenstr. 231 ▪ 14480 Potsdam

Tel. (0331) 27 93 - 33 ▪ Fax (0331) 27 93 - 20

ruediger.preuss@sbb-mbh.de

Der besondere Schadstoff PFAS

Was ist PFAS chemisch:

PFAS sind im Hauptbestandteil Kohlenstoffatomketten an denen Wasserstoff teilweise oder vollständig durch Fluoratome ersetzt worden ist:



Die trivialchemische Bezeichnung lautet hierfür:

Per- oder polyfluorierten Chemikalien \longrightarrow PFC

Ein Teil der Chemikalienstruktur ist aus kettenförmig miteinander verbundenen Kohlenstoffatomen zusammengesetzt:

$\text{CH}_3\text{-x}$ = Methyl- $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-X}$ = Ethyl- $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-X}$ = Propyl-

Es wird von einer Alkylgruppe gesprochen!

Daher der zusammengesetzte Begriff für die Stoffgruppe in allgemeiner Verwendung:

Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen \longrightarrow PFAS

Der besondere Schadstoff PFAS

- Welche Eigenschaften haben PFAS-Verbindungen:
 - » **Hohe Stabilität und Langlebigkeit (Persistenz)**
Die Kohlenstoff-Fluor-Bindung ist gegen thermische und chemische Einflüsse hochstabil
 - » **Wasser- und fettabweisend**
PFAS sind „Amphiphil“:
Amphiphil: Das Molekül besitzt in der Bindung unterschiedliche Eigenschaften gegenüber Ölen, Fetten und Wasser
 - » **Hohe Mobilität im Wasserkreislauf**
PFAS werden schlecht durch natürliche Barrieren zurückgehalten
 - » **und vieles mehr!**

Der besondere Schadstoff PFAS

In welchen Produkten werden PFAS-Verbindungen eingesetzt:

Pflanzenschutzmittel	Funktionskleidung
Farben - Lacke	Feuerlöschschäume
Shampoos	Akkumulatoren/Batterien
Schmiermittel	Kabelummantelungen
Backpapier	Pfannen
Wärmepumpen	Fotopapier
Einwegverpackungen	Putzschwämme
Imprägniermittel	Schuhe
Kosmetika	Autositze

» **und vieles mehr!**

Der besondere Schadstoff PFAS

Verbreitung von PFAS in der Umwelt:

- » Es bestehen keine natürlichen PFAS-Quellen in der Natur!
- » PFAS-Befunde in der Umwelt sind ausschließlich auf Einträge vom Menschen zurückzuführen (anthropogener Ursprung)
- » Weltweite Verbreitung ausgehend von diversen PFAS-Quellen
- » Bereits im Eis der Arktis sind PFAS nachgewiesen

Der besondere Schadstoff PFAS

Wirkung von PFAS beim Menschen und der Umwelt:

» Mensch:

- erhöhter Cholesterinspiegel
- Leberschäden
- Nierenkrebs
- Schilddrüsenerkrankungen
- Auswirkungen auf das ungeborene Kind

und einige Folgen mehr.....

» Umwelt:

- Anreicherung im Wasserkreislauf und somit auch im Trinkwasser
- Aufnahme in der Flora/Fauna und somit auch im Nahrungskreislauf

» und vieles mehr!

Der besondere Schadstoff PFAS

Fazit :

- » Die weitere Anreicherung von PFAS in der Umwelt muss schnellstmöglich unterbunden werden!

Welche Maßnahmen sind dafür von der Abfallwirtschaft notwendig:

- » PFAS-Abfälle müssen erkannt, richtig eingestuft, aus dem Stoffkreislauf ausgeschleust und weitestgehend zerstört werden!

Wie kann die Umsetzung erfolgen:

- » Verdachtsabfälle müssen immer auf PFAS untersucht werden
- » Im Entsorgungsverfahren sind PFAS zu zerstören oder irreversibel umzuwandeln
- » Vorbehandlungsschritte sind vorgelagert möglich

Der besondere Schadstoff PFAS

- Herkunft der Abfälle mit möglicher PFAS-Belastung zur Untersuchung:
 - » **Brandschadensfälle**
Löschwasser (Löschsäume mit PFAS)
 - » **Produktionsabfälle**
galvanische Prozesse, Papierindustrie, Textilindustrie etc.
 - » **Altlastenflächen**
Abfälle aus Einlaufschächten oder Öl-Wasserabscheidern
Flächen der Feuerwehr/Löschübungsflächen
Produktionsstandorte (z.B. Galvaniken etc.)
Flughäfen bzw. ehem. Flugplätze
Flächen mit historischen Großbrandereignissen
 - » **Deponien**
Sickerwasser von Deponien
Schlämme aus deren Sickerwasserbehandlung
 - » **Autowaschanlagen und vieles mehr!**

Der besondere Schadstoff PFAS

Gefahrenstoffrechtliche Eigenschaften von PFAS zur Einstufung:

Am Beispiel der gefahrenrelevanten Eigenschaften von PFOS:

- » HP 4 reizend-Hautreizung und Augenschädigung
- » HP 5 spezifische Zielorgantoxizität (STOT)/Aspirationsgefahr
- » HP 6 akute Toxizität (Akut Tox. 2 (dermal), Akut Tox. 4 (inhal))
- » HP 7 karzinogen
- » HP11 reproduktionstoxisch
- » HP14 ökotoxisch, Aquatic Chronic 2

HP= Hazard Property Code

Die Eigenschaften anderer PFAS können abweichen!

Der besondere Schadstoff PFAS

Gesetzliche Regelungen zur Entsorgung:

» **EU-POP-Verordnung:**

- Verordnung des „Europäischen Parlamentes“ und des Rates vom 20. Juni 2019, Fassung vom 30.05.2023

» **Leitfaden zur PFAS Bewertung:**

- Empfehlungen für die bundeseinheitliche Bewertung von Boden- und Gewässerverunreinigungen sowie für die Entsorgung PFAS-haltigen Bodenmaterials vom 21.02.2022

» **Erlass zur Einführung bzw. Bekanntgabe im Amtsblatt vom Leitfaden:**

- Brandenburg am 26.10.2022 - Berlin am 17.06.2022

» **Trinkwasserverordnung (TrinkwV)**

- Novelle in Kraft gesetzt am 24.06.2023
- Zweistufige Einführung von PFAS-Werten ab dem 12.01.2026 und ab dem 12.01.2028

Der besondere Schadstoff PFAS

Gesetzliche Regelungen und Grenzwerte:

» **EU-POP-Verordnung (Fassung vom 30.05.2023):**

[mg/kg]	EU-POP-VO, <u>Anh. IV</u>
PFOS	50
<u>PFOA+Salze</u>	1
PFOA-verwandte Verb.	40
<u>PFHxS+Salze</u>	1
<u>PFHxS-verwandte Verb.</u>	40
POP-Kandidat: <u>PFCA+Salze+verwandte Verb.</u>	

Der besondere Schadstoff PFAS

Gesetzliche Regelungen und Grenzwerte:

» Leitfaden zur PFAS Bewertung (Tabelle 3a + 3b) vom 21.02.2022:

Name	Kürzel	Einheit	VK 1	VK 2	VK 3
Perfluorbutansulfonsäure	PFBS	µg/l	≤ 6,0	≤ 12,0	≤ 30
Perfluorhexansulfonsäure	PFHxS	µg/l	≤ 0,1	≤ 0,2	≤ 1
Perfluorheptansulfonsäure	PFHpS	µg/l	≤ 0,3	≤ 0,6	≤ 3
Perfluoroctansulfonsäure	PFOS	µg/l	≤ 0,1	≤ 0,2	≤ 1
Perfluoroctansulfonamid	PFOSA	µg/l	≤ 0,1	≤ 0,2	≤ 1
6:2 Fluortelomersulfonsäure	6:2 FTSA (H4PFOS)	µg/l	≤ 0,1	≤ 0,2	≤ 1
Perfluorbutansäure	PFBA	µg/l	≤ 10,0	≤ 20,0	≤ 50
Perfluorpentansäure	PFPeA	µg/l	≤ 3,0	≤ 6,0	≤ 15
Perfluorhexansäure	PFHxA	µg/l	≤ 6,0	≤ 12,0	≤ 30
Perfluorheptansäure	PFHpA	µg/l	≤ 0,3	≤ 0,6	≤ 3
Perfluoroctansäure	PFOA	µg/l	≤ 0,1	≤ 0,2	≤ 1
Perfluornonansäure	PFNA	µg/l	≤ 0,06	≤ 0,12	≤ 0,6
Perfluordecansäure	PFDA	µg/l	≤ 0,1	≤ 0,2	≤ 1
Weitere PFAS		µg/l	≤ 0,1	≤ 0,2	≤ 1

- VK 1: Uneingeschränkter offener Einbau
- VK 2: Eingeschränkter offener Einbau in Gebieten mit erhöhter PFAS-Belastung
- VK 3: Eingeschränkter Einbau in technischen Bauwerken mit definierten Sicherungsmaßnahmen

Der besondere Schadstoff PFAS

Gesetzliche Regelungen und Grenzwerte:

» **Trinkwasserverordnung (TrinkwV)**

Grenzwert ab 12.01.2026

- PFAS-20= 0,1 µg/l (Summe aus 20 definierten PFAS-Verbindungen)

Grenzwert ab:12.01.2028

- PFAS-4= 0,02 µg/l (Summe aus 4 definierten PFAS-Verbindungen)

Der besondere Schadstoff PFAS

PFAS- Analytik zur Deklaration von Abfällen bei PFAS-Verdacht:

:

» **Feststoff-Analytik:**

- PFAS-13 Analytik

Mineralische Abfälle wie z.B.: Boden, Bauschutt, Baggergut

» **Eluatuntersuchung von Mineralik und allen flüssigen Abfällen:**

- PFAS-20 Analytik

» **Eluatuntersuchung von Mineralik und allen flüssigen Abfällen:**

- PFAS-20 + Analytik mit erweitertem Umfang

» **Gegebenenfalls auch Untersuchung der Summenparameter:**

TF, AOF und EOF

Der besondere Schadstoff PFAS

Mögliche Ergebnisse der Abfalluntersuchung:

» **POP-Abfälle:**

- POP-Abfall: Schadstoff ist in Anhang IV der EU-POP-Verordnung gelistet
PFAS-Zerstörungsgebot nach § 7 EU-POP-Verordnung
- POP- Abfall + Konzentrationsüberschreitung Anhang IV:
Entsorgungsverfahren nach Anhang V, Teil 1 EU-POP-Verordnung zulässig!

» **Gefährliche Abfälle:**

- Gefährlich eingestufte Abfälle aufgrund von PFAS
(ggf. in Berlin für mineralische Abfälle > VK3)
- Abfälle mit anderen einstufigsrelevanten Schadstoffen + PFAS

» **Nicht gefährliche Abfälle:**

- Einsatz in **Verwertungsmaßnahmen** ist ausgeschlossen für > VK3
- **Keine geeignete Verwertungsmaßnahme** für den Einbau vorhanden (< VK3)
- Flüssige Abfälle: **PFAS > Trinkwasserwertgrenzwert** (PFAS-20 u. PFAS-4)

Der besondere Schadstoff PFAS

Welche Entsorgungswege bestehen:

Thermische Anlagen nach der 17. BImSchV (Sonderabfallverbrennung u. thermische Bodenbehandlung)

» div. mineralische und nichtmineralische Abfälle

- Sonderabfallverbrennung
- ggf. Zementwerke

» Aktivkohle

- Sonderabfallverbrennung
- geeignete Aktivkohleaufbereitungsanlagen (Reaktivierung)

Grundsätzlich geeignet sind thermische Anlagen:

Prozesstemperatur von ca. 800 - 850 °C (z.B. im Drehrohr) und

Nachbrennkammer: 1100°C für min. 2 s

Versatzbergwerke: mineralische Abfälle im geprüften Einzelfall

Der besondere Schadstoff PFAS

Was fehlt an weiteren Verfahren für die Entsorgung:

Für PFAS-Abfälle fehlen im erheblichen Umfang Entsorgungskapazitäten!

mineralische Abfälle:

- » Bodenwaschanlagen für die Vorbehandlung
- » Deponien mit PFAS-Monoablagerungsbereichen mit separater Sickerwassererfassung und Entsorgung (für nicht behandelbare oder nicht weiter behandelbare Abfälle)

flüssige Abfälle

- » Chemisch-physikalische Behandlungsanlagen mit umfassender Wasseraufbereitung für die Vorbehandlung

und Weitere!

Der besondere Schadstoff PFAS

Notwendige Technik bei der Behandlung von flüssigen Abfällen in einer chemisch physikalischen Behandlungsanlage (CPB):

» Behandlung von PFAS mit Aktivkohle

Zunächst Abtrennung bzw. Fällung von Störstoffen vor der PFAS Behandlung/Adsorption mit Aktivkohle notwendig!

- langkettige PFAS: mehrstufige Aktivkohle-Adsorptionsanlage

- kurzkettige PFAS: ggf. mehrstufige Aktivkohle-Adsorptionsanlage
(kurze Standzeiten der Aktivkohle bei kurzkettigen PFAS)

oder

» Behandlung von PFAS durch zweistufige Umkehrosmose

oder

» Behandlung von PFAS mit Ionenaustauscher (geeignete Ionenaustauscherharze sind verfügbar)

Es besteht z.T. die Möglichkeit der kombinierten Anwendung der Verfahren

Der besondere Schadstoff PFAS

Anschlussentsorgungswege nach der Vorbehandlung in einer CPB:

PFAS angereicherte Fraktionen:

- » Schlämme PFAS-haltig: Thermische Entsorgung
- » Aktivkohle: Thermische Entsorgung oder geeignete Aufbereitungsanlagen

Gereinigte Fraktionen:

- » Prozesswasser: Einleitung unter Einhaltung TrinkwV

Hinweis: Kläranlagen sind nicht in der Lage PFAS abzubauen!

Anreicherung von PFAS im Wasserkreislauf mit der Folge ansteigender Gehalte u.a. auch im Trinkwasser!

PFAS sind persistent bzw. langlebig – Sie haben durch ihr Vorkommen in der Umwelt regional bereits einen Einfluss auf die Trinkwassergewinnung!

Der besondere Schadstoff PFAS

Notwendiges Vorgehen bei der Behandlung von mineralischen Abfällen in einer Bodenwaschanlage (BWA):

Behandlung von mineralischen Fraktionen:

- » Monobehandlung (Vermeidung von Verschleppungen oder Querkontaminationen)
- » Schrittweise Behandlung höher belasteter Chargen hinzu schwach belasteten Chargen
- » PFAS geht in wesentlichen Anteilen in die Wasserphase
- » Behandlung des Prozesswassers entsprechend der Verfahrensweise in der CPB

Der besondere Schadstoff PFAS

Anschlussentsorgungswege nach der Vorbehandlung in BWA:

PFAS angereicherte Fraktionen:

- » Feinkorn (PFAS-haltig): Thermische Entsorgung
- » Leichtgut (PFAS-haltig): Thermische Entsorgung
- » Grobkorn (PFAS-haltig): Thermische Entsorgung
- » Aktivkohle: Thermische Entsorgung oder geeignete Aufbereitungsanlagen

Gereinigte Fraktionen:

- » Mineralik: Einbau gemäß VKI-III oder Deponierung gemäß Leitfaden
- » Verwertungsmaßnahme entsprechend Verwertungsklassen
- » Ggf. Prozesswassereinleitung: Einleitung unter Einhaltung TrinkwV

Der besondere Schadstoff PFAS

Fazit:

- » Abfälle mit PFAS bestehen in nennenswerten Mengen!
- » Nicht immer werden PFAS-Abfälle als solche erkannt, eingestuft und entsorgt
- » Es besteht keine Bedarfsdeckung durch bestehende Entsorgungsanlagen!
- » Stellenweise fehlen klare rechtliche Vorgaben
- » Entsorgungssicherheit entsteht durch:
 - Bundesweite Erfassung der Abfallmengen durch abgestimmte Verfahrensweisen (PFAS-Leitfaden)
 - Konsequente Umsetzung des PFAS-Leitfadens auf regionaler Ebene
 - Klare und abgestimmte Verfahren schaffen Kalkulations- und Investitionssicherheit für Abfallerzeuger und Abfallentsorger

Es gibt Potential zur Entwicklung!!

Der besondere Schadstoff PFAS

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit