

**Nähere Informationen zu „PFAS“
zum ÖWAV-Regelblatt 45 „Oberflächenentwässerung durch
Versickerung in den Untergrund“ (2. Auflage, 2025)**

Inhaltsverzeichnis

1	Definition	2
2	Eigenschaften	3
3	Analyse	3
4	An-/Verwendung	4
5	Aufnahme – Wirkung auf den Menschen (Toxizität)	5
6	Vorkommen – Verbreitung in der Umwelt	6
7	Rechtliche Grundlagen	7
8	Sanierung	8
9	Rückschlüsse auf die Oberflächenentwässerung	8
	Quellen (auszugsweise)	10

1 Definition

Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen (abgekürzt PFAS) zählen zu den organischen Spurenstoffen.

Als per- oder polyfluorierte Alkylverbindungen wird die Gruppe fluorierter aliphatischer Substanzen bezeichnet, die ein oder mehrere Kohlenstoffatome enthalten, deren Wasserstoffatome durch Fluoratome ersetzt werden. Wenn in derartigen aliphatischen Verbindungen alle Wasserstoffatome mit Ausnahme einer funktionellen Gruppe durch Fluoratome ersetzt sind, spricht man von perfluorierten Alkylverbindungen.

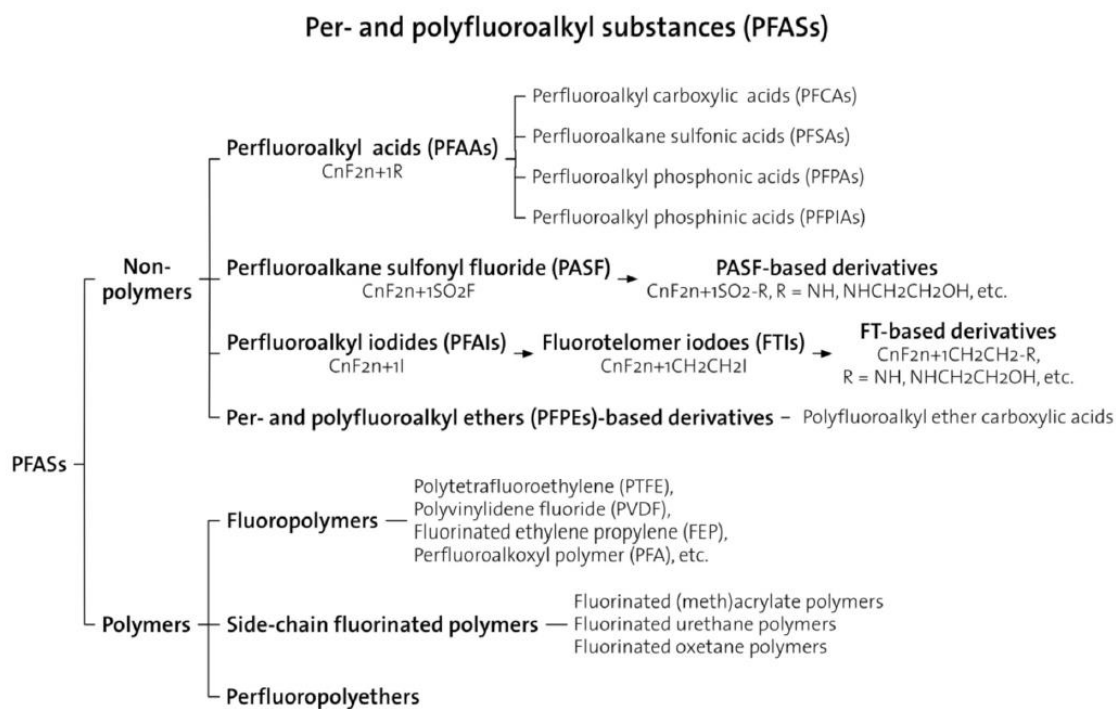


Abb. 1: Klassifizierung der PFAS (Quelle: <https://www.oecd.org/chemicalsafety/portal-perfluorinatedchemicals/aboutpf-ass/>)

Die Anzahl der Einzelsubstanzen wird gemäß OECD-Definition 2021 mit mehr als 6 Millionen angegeben.

2 Eigenschaften

PFAS haben keinen natürlichen Ursprung. Aufgrund der chemischen und thermischen Stabilität des Perfluoralkylanteiles derartiger Substanzen und ihrer sowohl lipo- als auch hydrophoben Eigenschaften (wasser-, fett- und schmutzabweisend) ergeben sich vielseitig einsetzbare und langanhaltende Funktionen für breit gefächerte Anwendungsmöglichkeiten.

Um die (Atom-)Bindung zwischen Kohlenstoff und Fluor zu trennen, wird sehr viel Energie benötigt. Daher sind PFAS dermaßen langlebig und stabil. Weder Bakterien noch Wasser, Luft oder Licht können diese Moleküle vollständig abbauen, sondern dafür ist eine Hochtemperaturbehandlung mit langer Verweilzeit erforderlich. Das bedeutet auch, dass PFAS in der Umwelt nicht abgebaut werden und somit – einmal dort angelangt – nahezu endlos verweilen und sich beispielsweise im Grundwasser in langgestreckten schmalen „Fahnen“ ausbreiten.

3 Analyse

Die Analyse der PFAS erfolgt durch LC-MS/MS (liquid chromatography tandem mass spectrometry). Dabei wird eine chromatografische Auftrennung der Verbindungen mit anschließender Detektion in zwei Massenspektrometern durchgeführt.

Problematisch bei der Analyse ist die große Vielzahl an Verbindungen. Zudem sind zur Bestimmung der Gehalte in Feststoffen, wässrigen Medien und Luft sehr niedrige Bestimmungsgrenzen erforderlich (Berghof Analytik und Umweltengineering GmbH 2014). Abhängig von der jeweiligen PFAS-Verbindung sind Bestimmungsgrenzen von 0,001 bzw. 0,0005 µg/L bzw. Nachweisgrenzen von 0,0005 bzw. 0,00025 µg/L in Wasser derzeit realisierbar (BMNT, BMASG. (2019). POPMON II (Risikokommunikation und risikobasiertes Monitoring von persistenten organischen Schadstoffen in verschiedenen Umweltmatrices, Futter- und Lebensmitteln an potentiell belasteten Standorten in Österreich) – Zwischenbericht.)

Gemäß Umweltbundesamt (2023) kann mit den derzeit verfügbaren analytischen Messmethoden der Parameter „PFAS gesamt“ im Sinne der absoluten Gesamtheit aller PFAS nicht bestimmt werden. Vielmehr wird ein möglichst großes Spektrum an PFAS erfasst. Die genannte Veröffentlichung des Umweltbundesamts gibt einen Querschnitt über die verfügbaren Analysemethoden.

4 An-/Verwendung

PFAS werden bereits seit den 1950er-Jahren erzeugt und angewandt.

Nicht-polymere PFAS erfahren als oberflächenaktive Stoffe breiten Einsatz in Industrie und Haushalt. Sie werden in Imprägniersprays, als punktuelle Fleckenreiniger aber auch als fettdichte, waserabweisende, lebensmittelechte Materialien und Beschichtungen auf Klebeetiketten, Kaffeebechern, Backpapieren, Butterfolien, Fastfood-Kartons und auf Mikrowellenpopcornverpackungen verwendet (z. B. fluortelomerbasierte Verbindungen).

In der Industrie fungieren nicht-polymere PFAS als Benetzungsmittel. In dieser Funktion setzen sie die Oberflächenspannung von zu beschichtenden Materialien herab und gewährleisten eine gleichmäßige Benetzung der Oberfläche. In der Galvanik wird hauptsächlich PFOS (Perfluoroktansulfonsäure) eingesetzt. PFOS bzw. PFOS-basierte Chemikalien sind sowohl in aggressiven Säuren- und Laugenbädern stabil, reduzieren die Oberflächenspannung, verhindern das Aufsteigen giftiger Dämpfe und dienen damit auch dem Arbeitnehmerschutz.

Ein weiteres Anwendungsgebiet sind Feuerlöschschäume. Dafür wird einerseits die auf die Wasseroberfläche spannungsmindernde Wirkung der PFAS genutzt, andererseits dienen sie aber auch als wasserfilmbildende Schaummittel (AFFF-Feuerlöschschäume) für Brände, bei denen hochentzündliche Flüssigkeiten involviert sind [3M 1999]. Aufgrund des Verbots von PFOS im Jahr 2006 werden seither in der Mehrzahl der Feuerlöschschäume u. a. Fluortelomersulfonsäuren eingesetzt. Untersuchungen dieser Verbindungen zeigen, dass diese durchaus mit PFOA, PFOS und kurzkettigen PFAS verunreinigt sind bzw. als Zersetzungsprodukte PFOA, PFHxA oder andere kurzkettige PFAS entstehen.

Zur Verwendung von –nicht-polymeren PFAS in Farben und Lacken sind die Angaben vielfältig: Während es Anfang der 2000er-Jahre in Europa noch zum Einsatz von PFOS-haltigen Farben und Lacken gekommen ist, dürften ab 2005 als PFOS-Ersatzstoffe neben nicht-fluorierten auch weiterhin fluorierte Verbindungen wie Perfluorbutansulfonat oder fluorierte Polyether zur Anwendung gekommen sein. Ob und welche PFAS in Farben und Lacken verwendet werden bzw. ob z. B. Lackierbetriebe als Emittenten in Frage kommen, kann nicht pauschal geklärt werden (Berghof Analytik und Umweltengineering GmbH 2014).

Polymere PFAS finden Anwendung in flecken- und schmutzabweisenden Textilien für Bekleidung (z. B. Goretex), Polstermöbel und Teppiche.

5 Aufnahme – Wirkung auf den Menschen (Toxizität)

Die wissenschaftliche Evaluierung zum Thema „Risiken perfluorierter Alkylsubstanzen (PFAS) in Lebensmitteln und deren Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit“ wurde für 27, in Lebensmitteln gefundenen PFAS von der europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA – European Food Safety Authority) im Auftrag der Europäischen Kommission erstellt. Dafür standen ursprünglich 97.434 Daten für PFAS Konzentrationen in verschiedenen Matrices (Mensch, Tier, Umwelt) aus 16 europäischen Ländern zur Verfügung.

Es zeigte sich, dass beim Großteil der Bevölkerung die Aufnahme von PFAS hauptsächlich über die Nahrung erfolgt. Dabei sind die Hauptaufnahmekquellen für PFOS und PFOA Fisch und Meeresfrüchte, gefolgt von Eiern und Eierzeugnissen, Fleisch und Fleischwaren sowie Früchten und Fruchtzubereitungen. Ungeborene Kinder bzw. Säuglinge nehmen PFAS pränatal im Uterus bzw. postnatal über die Muttermilch auf. Für PFOA konnten als weitere wichtige Aufnahmekquellen Gemüse und Gemüseprodukte sowie Trinkwasser geortet werden.

Die Toxizität von PFAS für Mensch und Tier wurde in o. g. EFSA-Evaluierung durch das EFSA-Gremium für Kontaminanten in der Lebensmittelkette 2020 näher betrachtet. Für zahlreiche PFAS wurden in Toxizitätsstudien von Nagetieren am häufigsten folgende, auftretende Effekte beobachtet: erhöhte pränatale und/oder neonatale Mortalität und Reduktion des Gewichts des Fötus und/oder des postnatalen Wachstums.

In weiteren Tierversuchen wurde eine durch PFOS und PFOA verursachte reduzierte Immunantwort auf Impfungen festgestellt. Zudem bewirkte PFOS eine herabgesetzte Infektionsresistenz. Diese Auswirkungen wurden für Dosierungen gefunden, die noch keine offensichtlichen toxischen Effekte aufzeigten. Aufgrund dieser Ergebnisse kam das EFSA CONTAM-Gremium zum Schluss, dass das Immunsystem ein primäres Ziel der per- und polyfluorierten Alkylverbindungen darstellt. Klare Zusammenhänge wurden hingegen hergestellt zwischen PFOS, PFOA und PFNA einerseits und erhöhten Cholesterinkonzentrationen im menschlichen Serum andererseits.

In Summe wurden für PFOS und/oder PFOA fünf bedenkliche Effekte definiert:

- erhöhte Serumkonzentrationen von total- und LDL-Cholesterin (ein Risikofaktor für Herz-Kreislauf-Erkrankungen),
- erhöhte Alanin-Aminotransferase- Konzentrationen verursachen Effekte in Leberzellen bis hin zu Leberkrebs,

- reduziertes Geburtsgewicht,
- Auswirkungen auf das Immunsystem, sichtbar durch reduzierte Antikörperantwort auf Impfungen, und
- kanzerogen der Klasse I nach WHO.

6 Vorkommen – Verbreitung in der Umwelt

Als Konsequenz der vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten ergeben sich zahlreiche Emissionsmöglichkeiten. Eine große Anzahl dieser Verbindungen wird in Umwelt, Tier- und Pflanzenwelt sowie im menschlichen Organismus (auch schon bei Neugeborenen) nachgewiesen. Auf welche Art und wie schnell sie dabei von den jeweiligen Emissionsquellen über große Distanzen – sie finden sich auch in entlegenen Gebieten wie Arktis und Antarktis – über verschiedene Pfade wie Luft bzw. Wasser transportiert werden und sich dort bzw. in Böden, Pflanzen, Tier und Mensch anreichern, ist ein wichtiger Forschungsschwerpunkt und Gegenstand zahlreicher Studien.

In Deutschland beispielsweise werden die größten Verunreinigungen mit Depositionen aus der Abluft eines Chemieparks, der Ausbringung von organischen Schlämmen aus Kläranlagen und Papierindustrie sowie den häufigen Einsätzen von Löschschäumen in Zusammenhang gebracht (Umweltbundesamt DE 2020).

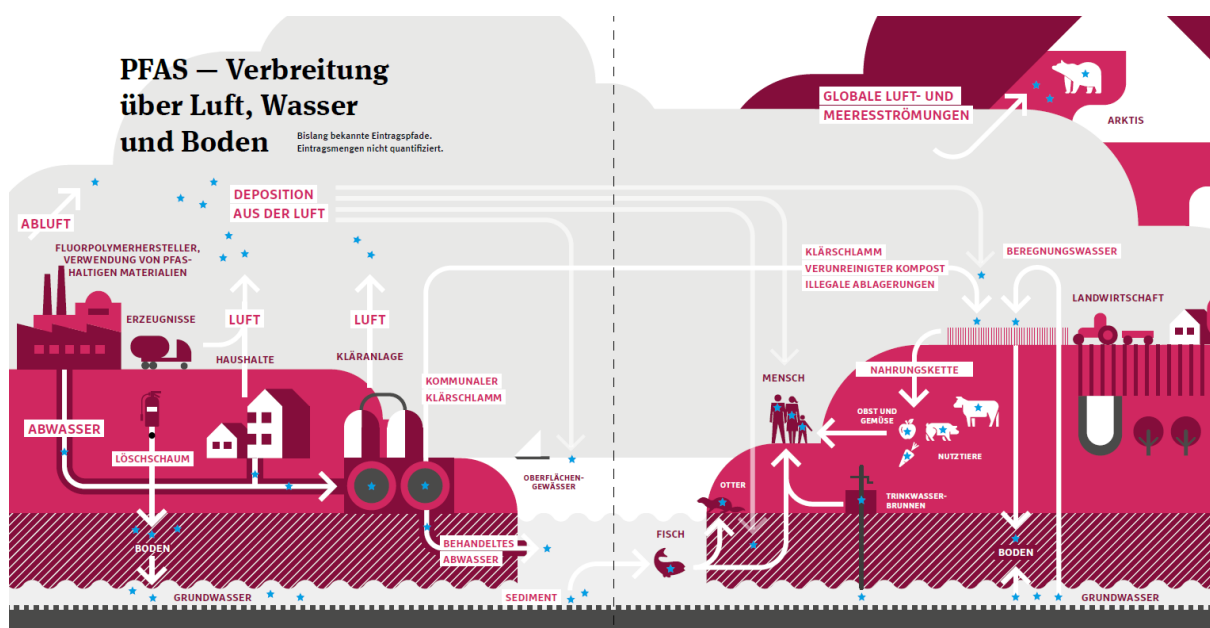


Abb. 2: Verbreitungspfade (aus Umweltbundesamt DE 2020. PFAS – Gekommen um zu bleiben – Magazin des UBA 1/2020, Schwerpunkt PFAS).

7 Rechtliche Grundlagen

Die Stockholm-Konvention, auch als POP-Konvention bezeichnet, verfolgt das Ziel, Mensch und Umwelt vor bestimmten langlebigen organischen Schadstoffen (engl. persistent organic pollutants - POP) zu schützen und deren Ausbreitung zu verringern. PFOS, deren Salze und Perfluorooctansulfonylfluorid sind seit 2009 in die Liste von Substanzen in die POP-Konvention aufgenommen, seit 2019 auch PFOA, deren Salze und verwandte Verbindungen und seit 2023 auch PFHxS. Mit wenigen Ausnahmen, wie z. B. die Verwendung dieser Substanzen in Feuerlöschschäumen bzw. zum Teil in der Galvanik, ist damit die Verwendung in den Ländern der Europäischen Union untersagt.

Für Lebensmittel sind keine gesetzlichen Höchstgehalte für PFAS-Konzentrationen definiert. (Radykewicz, Perfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) in tierischen und pflanzlichen Lebensmitteln – Ergebnisse der Jahre 2014 und 2015, 2016).

Seit 25.04.2023 gibt es Höchstgehalte an PFAS in bestimmten Lebensmitteln, darunter Eier, Fisch, Fleisch und Wildfleisch (siehe Verordnung (EU) Nr. 915/2023).

In Vollzug dieser Konvention wurde Mitte 2021 der Entwurf zum nationalen Durchführungsplan (NIP) vom Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie vorgelegt. In den darin dargestellten strategischen Überlegungen sind u. a. die Reduktion des Einsatzes dieser Stoffe und ein entsprechendes Umweltmonitoring enthalten.

Gemäß REACH – Europäische Chemikalienverordnung sind PFOS sowie deren Salze und Vorläuferverbindungen als „besonders besorgniserregende Stoffe“ klassifiziert und deren Anwendung wurde 2008 EU-weit bis auf wenige Ausnahmen verboten (850/2004/EG „Verordnung über persistente organische Schadstoffe“).

Gemäß Verordnung 2017/1000/EU „zur Änderung von Anhang XVII der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH) betreffend Perfluorooctansäure (PFOA), ihre Salze und PFOA-Vorläuferverbindungen“ dürfen seit dem 4. Juli 2020 diese Stoffe weder hergestellt noch in Verkehr gebracht werden. Zudem wurde nach REACH 2022 die Verwendung von PFAS in Feuerlöschschäumen, nach REACH 2023 die Verwendung von C9-14 PFCAs reguliert.

Für Erzeugnisse gilt, dass PFOA und deren Salze in keiner Konzentration ≥ 25 ppb bzw. ≥ 1000 ppb für eine PFOA-Vorläuferverbindung oder eine Kombination von PFOA-Vorläuferverbindungen verwendet werden dürfen. Einschränkungen bzw. gestaffelte Fristen gelten für derartige Substanzen für unterschiedliche Anwendungsgebiete.

Zudem wurden seitens der EU dahingehend Schritte gesetzt, dass mit der Neufassung der EU-Richtlinie über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch vom 16.12.2020 der Anwendungsbereich auf die PFAS ausgedehnt wurde. Demgemäß müssen bis zum 12. Januar 2026 die Mitgliedstaaten die nötigen Maßnahmen ergreifen, um sicherzustellen, dass Wasser für den menschlichen Gebrauch u. a. in Bezug auf die Parameter PFAS gesamt und Summe der PFAS festgelegten Qualitätskriterien entspricht. Die Parameterwerte sind mit $0,50 \mu\text{g/L}$ (PFAS gesamt) und $0,10 \mu\text{g/L}$ (Summe der PFAS) angegeben.

Mit 01.02.2024 wurde die Trinkwasserverordnung (BGBI. II Nr.304/2001, i.d.g.F.) novelliert und damit der Parameterwert von $0,1 \mu\text{g/l}$ für den Parameter „PFAS Summe“ ab 12. Jänner 2026 als verbindlich erklärt.

Schwellenwerte gemäß Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser – QZV Chemie GW BGBI. II Nr.98/2010, i.d.g.F. sind derzeit nicht festgelegt.

8 Sanierung

Mit PFAS kontaminierte Böden und Grundwasser zu sanieren ist aufgrund der Stabilität der Stoffe sehr aufwendig. Viele Sanierungsverfahren, die für andere Schadstoffe angewendet werden, funktionieren bei PFAS nicht. Aus diesem Grund sind diese Verfahren derzeit Inhalt zahlreicher Forschungsprojekte.

Hinsichtlich möglicher Sanierungsverfahren wird auf die Veröffentlichung des deutschen Umweltbundesamtes (Umweltbundesamt DE 2020) verwiesen.

9 Rückschlüsse auf die Oberflächenentwässerung

Die Versickerung von mit PFAS verunreinigten Oberflächenwässern führt mit Sicherheit auch zu einer Verunreinigung von Boden und Grundwasser. Die hohe Mobilität und Persistenz dieser Stoffgruppe lässt keinen wesentlichen Rückhalt in der ungesättigten Zone erwarten.

Für den Boden sind noch keine Grenzwerte verordnet. Dies müsste über die länderspezifischen Bodenschutzgesetze erfolgen. Für Aushubmaterialien („Bodenaushub“) sind entsprechende Grenzwerte im Bundesabfallwirtschaftsplan 2023 zu finden.

Für das Grundwasser sind derzeit zwar Trinkwasserparameterwerte ab 2026 festgelegt, nicht jedoch entsprechende Schwellenwerte gemäß Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser. Erst wenn diese vorgegeben sind, wird die verbindliche Aufnahme der Parameter in die Untersuchung des gereinigten Oberflächenwassers (Ablaufprobe) bzw. von Boden- oder technischen Filtern als zweckmäßig erachtet.

Im Sinne der Prävention allfälliger Kontaminationen von Boden und Grundwasser mit diesen Stoffen wird empfohlen, bei folgenden Entwässerungstypen entweder die Versickerung zu unterlassen und die Einleitung in eine Mischwasser- oder Schmutzwasserkanalisation vorzusehen oder ergänzende Reinigungsmaßnahmen anzudenken sowie die gemäß Trinkwasserverordnung festgelegten Parameter in das Monitoring der Anlage (Ablaufprobe) miteinzubeziehen:

- Dachflächen (F5) sowie Lager- und Manipulationsflächen (F4 und F5) einschlägiger gewerblicher und industrieller Betriebe (im Sinne UBA 2024 v. a. Galvanik-, Textil-, Papier-, Halbleiter- und Fotoindustrie, Herstellung von Reinigungsmitteln, Kosmetika, Farben, Lacken und Skiwachsen sowie Textilreinigung)
- Feuerlöschübungsplätze, Truppenübungsplätze, Motorsportanlagen

Quellen (auszugsweise)

- 3M. (1999): Fluorchemical use, distribution and release overview.
- Berghof Analytik und Umweltengineering GmbH. (2014). PFC in der Altlastenerfassung, Pilotstudie.
- BMNT, BMASG. (2019). POPMON II (Risikokommunikation und risikobasiertes Monitoring von persistenten organischen Schadstoffen in verschiedenen Umweltmatrices, Futter- und Lebensmitteln an potentiell belasteten Standorten in Österreich) – Zwischenbericht.)
- Buck, Robert C. et al. (2011). Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances in the Environment: Terminology, Classification, and Origins. Integrated Environmental Assessment and Management — Volume 7, Number 4, S. 513–541.
- Bundesamt für Umwelt, CH. (2016). In-situ-Sanierung - Ein Modul der Vollzugshilfe "Sanierung von Altlasten". Bern, Schweiz.
- Bundesministerium für Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz sowie Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (2021): POPMON II - Risikokommunikation und risikobasiertes Monitoring von persistenten organischen Schadstoffen in verschiedenen Umweltmatrices, Futter- und Lebensmitteln an potentiell belasteten Standorten in Österreich – Endbericht.
- Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (2021): Nationaler Durchführungsplan (NIP) für das Stockholmer Übereinkommen über persistente organische Schadstoffe – 2. Revision – Entwurf.
- Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (2021): Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2023.
- BMNT (2018): Spurenstoffe im Grundwasser.
- Edel, H.-G. (2020). Grundwassersanierung und Bodenwäsche: Praxiserprobte Verfahren und Kosten für PFAS-belastete Medien. Konferenzband zur 15. Recy & DepoTech- Konferenz, Montanuniversität Leoben, (S. 471-476).
- Europäische Union: Richtlinie (EU) 2020/2184 des europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2020 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Neufassung).
- Europäische Union: Verordnung (EU) 2023/915 der Kommission vom 25. April 2023 über Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006.
- Radykewicz, T. (2015): Perfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) in tierischen und pflanzlichen Lebensmitteln – Ergebnisse der Jahre 2014 und 2015, CVUA Freiburg, http://www.ua-bw.de/pub/beitrag.asp?subid=3&Thema_ID=5&ID=2287&lang=DE&Pdf=No

- Sundl-Bauer, K. (2021): Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen (unveröff. Bericht des Amtes der Stmk. Landesregierung, Abteilung 15.
- Umweltbundesamt (2023): PER- UND POLYFLUORIERTE ALKYLSTANZEN Methodenvergleich zur Bestimmung von PFAS in Wasserproben.
- Umweltbundesamt (2024): PFAS-Strategie im Rahmen der Vollziehung des Altlastensanierungsgesetzes.
- Umweltbundesamt, DE. (2020). Sanierungsmanagement für lokale und flächenhafte PFAS-Kontaminationen - Abschlussbericht. Dessau-Roßlau.
- Umweltbundesamt, DE. (2020). PFAS – Gekommen um zu bleiben – Magazin des UBA 1/2020, Schwerpunkt PFAS, Dessau-Roßlau.
- United States Environmental Protection Agency. (06. 01 2020). PFAS/EPA: PFAS structures in DSSTox (update August 2020). Von https://comptox.epa.gov/dashboard/chemical_lists/PFASSTRUCT abgerufen.

Ergänzend wurden die Präsentationen aus zahlreichen Informationsveranstaltungen der Bundesministerien, der Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES) und des Umweltbundesamtes (UBA) als Informationsquelle genutzt.