

Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS)

Langjährige Entwicklung im Rheineinzugsgebiet

PFAS ist die Abkürzung für die Stoffgruppe der per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen, die auch als PFC (per- und polyfluorierte Chemikalien) oder PFT (perfluorierte Tenside) bezeichnet wird. Die PFAS-Stoffgruppe umfasst mehrere tausende Einzelsubstanzen. Für PFOS (Perfluoroktansulfonsäure) wurde eine Jahresdurchschnitts-Umweltqualitätsnorm (JD-UQN) für Oberflächengewässer (Binnengewässer) von 0,65 ng/l in der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) festgelegt.¹ Alle Jahresdurchschnittswerte der Rheinmessstellen überschreiten seit 2007 stets die JD-UQN (Abbildung 1).

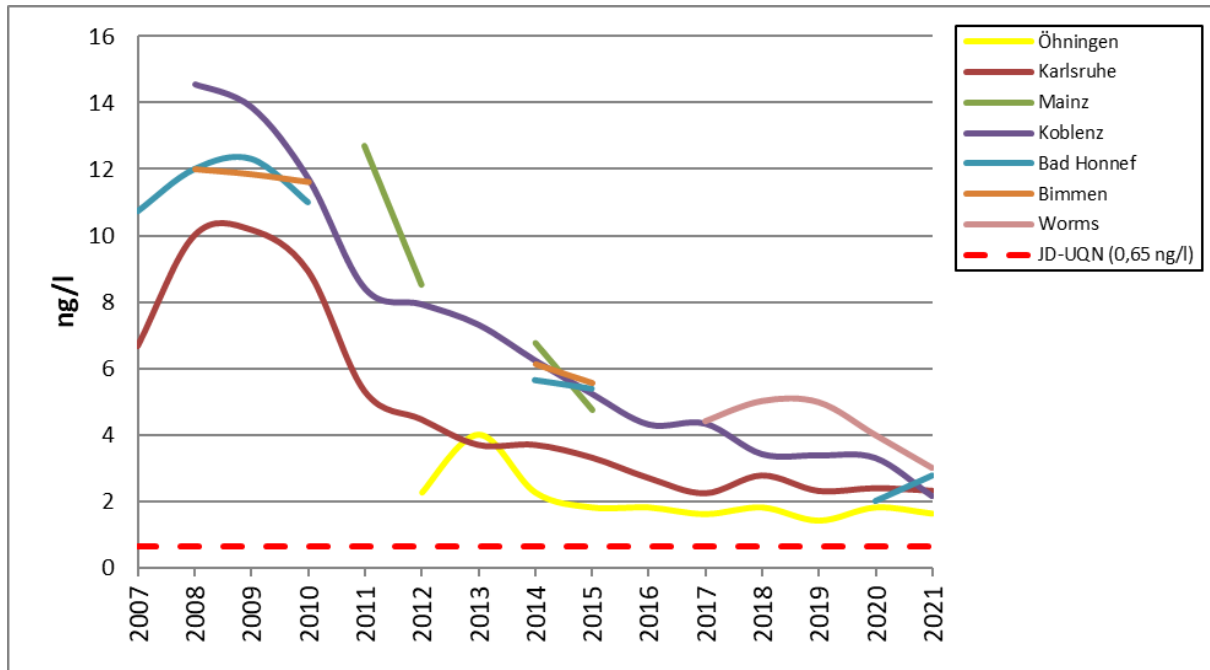


Abbildung 1: Darstellung der Jahresmittelwerte der Perfluoroktansulfonsäure-(PFOS-)Konzentration in ng/l in unfiltrierten Wasserproben ausgewählter Rheinmessstellen von 2007 bis 2021. Die JD-UQN von 0,65 ng/l für PFOS wird durch eine gestrichelte rote Linie dargestellt. Datenlücken: Öhningen von 2007 bis 2011, Mainz von 2007 bis 2010 und 2013, Worms von 2007 bis 2014 und 2016, Koblenz/Rhein und Bimmen im Jahr 2007. Nicht benannte Datenlücken stellen Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze dar.

Die Jahreswerte (gemittelt über das gesamte Nebengewässer im Längsschnitt) der PFOS-Konzentrationen der Nebenflüsse des Rheins im Jahr 2021 lagen in der Mosel bei 1,8 ng/l, im Main bei 1,8 ng/l, im Neckar bei 1,8 ng/l, im Schwarzbach bei 7,4 ng/l und in der Saar bei 2 ng/l. Auch hier liegen alle Jahreswerte der Nebenflussmessstellen seit 2007 stets über der JD-UQN. Der Trend über die letzten Jahre ist in allen Gewässern fallend. Entsprechend der momentanen Datengrundlage ist PFOS die einzige Spezies der PFC, die in Schwebstoffen nachgewiesen werden kann. Der Maximalwert für den Rhein beläuft sich auf 6 µg/kg. Überwiegend lagen die Jahresmittelwerte der 12 (ohne PFOS) in der DIN 38407-42² genannten PFAS-Spezies (Tabelle 1) an den Rheinmessstellen und Nebenflussmessstellen im Jahr 2021 unter den jeweiligen Bestimmungsgrenzen. Die Bestimmungsgrenzen betragen im betrachteten Zeitraum 0,001 ng/l bis 10 ng/l. Die nachgewiesenen Konzentrationen (Jahresmittel) der Rheinmessstellen und Nebenflussmessstellen liegen im Durchschnitt unter 3 ng/l, außer an der Emscher und im Schwarzbach. Der höchste Jahresmittelwert von 20,7 ng/l (H₄PFOS) wurde 2021 in der Emscher erfasst. Die langjährigen Konzentrationsverläufe stehen öffentlich unter: <https://fgg-rhein.bafg.de> zur Verfügung.

Tabelle 1: Analysierbare PFAS nach DIN 38407-42.

Substanz	Abkürzung	Summenformel	CAS.-Nr.	Perfluorierte Kettenlänge
Perfluorbutansäure	PFBA	C ₄ HO ₂ F ₇	375-22-4	kurzkettig
Perfluorpentansäure	PFPeA	C ₅ HO ₂ F ₉	2706-90-3	
Perfluorhexansäure	PFHxA	C ₆ HO ₂ F ₁₁	307-24-4	
Perfluorheptansäure	PFHpA	C ₇ HO ₂ F ₁₃	375-85-9	
Perfluoroctansäure	PFOA	C ₈ HO ₂ F ₁₅	335-67-1	langkettig
Perfluornonansäure	PFNA	C ₉ HO ₂ F ₁₇	375-95-1	
Perfluordecansäure	PFDA	C ₁₀ HO ₂ F ₁₉	335-76-2	
Perfluorbutansulfonsäure	PFBS	C ₄ HO ₃ F ₉ S	375-73-5	kurzkettig
Perfluorhexansulfonsäure	PFHxS	C ₆ HO ₃ F ₁₃ S	355-46-4	langkettig
Perfluorheptansulfonsäure	PFHpS	C ₇ HO ₃ F ₁₅ S	357-92-8	
Perfluoroktansulfonsäure	PFOS	C ₈ HO ₃ F ₁₇ S	1763-23-1	
6:2-Fluortelomersulfonsäure	H₄PFOS	C ₈ H ₅ O ₃ F ₁₃ S	27619-97-2	kurzkettig
Perfluoroktansulfonamid	PFOSA	C ₈ H ₂ F ₁₇ NO ₂ S	754-91-6	langkettig

Vorkommen/Eigenschaften/Verwendung

Bei PFAS handelt es sich um synthetische Stoffe, die natürlicherweise nicht vorkommen. PFAS können sich unter anderem über die Luft- und Meeresströmungen weltweit verbreiten.^{3,4} PFAS sind äußerst persistent, reichern sich durch ihre hohe bioakkumulative Wirkung in Organismen an und sind nachweislich gesundheitsschädlich für Menschen.^{5,6} PFAS bestehen aus Kohlenstoffwasserstoffketten, bei denen Wasserstoffatome vollständig (per-) oder teilweise (polyfluoriert) durch Fluoratome ersetzt wurden.⁶ Es gibt über 4700 verschiedene chemische Verbindungen, die in kurz (<6 perfluorierte Kohlenstoffatome) und langkettige (≥6 perfluorierte Kohlenstoffatome) Stoffe unterteilt werden.^{4,5} Eine weitere Unterteilung kann durch ihre funktionellen Gruppen (Sulfonsäure und Carbonsäure) erfolgen. Die Kettenlänge der PFAS hat Auswirkungen auf ihre chemischen und physikalischen Eigenschaften. PFAS gelangen vorwiegend durch häusliches und industrielles Abwasser in Kläranlagen, in denen sie, nach aktuellem Stand der Technik, nicht vollständig aus dem Abwasser entfernt werden können.⁴ In die Oberflächengewässer gelangen PFAS anschließend entweder direkt aus kommunalen und industriellen Kläranlagenabläufe, über Regenüberläufe oder über PFAS-kontaminierte Klärschlämme, die als Dünger auf landwirtschaftlich genutzte Flächen aufgetragen werden. Gerade die sehr mobilen kurzkettigen PFAS können aus Böden durch versickerndes Niederschlagswasser in das Grundwasser transportiert werden.⁴ Vornehmlich über das Trinkwasser, die Nahrung und durch die Verwendung PFAS-haltiger Produkte werden PFAS durch den Menschen aufgenommen. PFOS (Perfluoroktansulfonsäure), PFOA (Perfluoroktansäure) und deren Vorläuferverbindungen werden seit 1950 hergestellt und in sehr unterschiedlichen Bereichen eingesetzt.⁵ Als Vorläuferverbindungen werden Stoffe bezeichnet, die sich zu langlebigeren perfluorierten Stoffen abbauen können.⁶ Durch ihre fett- und schmutzabweisende sowie wasserabweisende und wasserdichte Wirkung werden PFAS zum Beispiel in Membranen von Outdoorbekleidung, Arbeitsschutzbekleidung und medizinischen Textilien eingesetzt.^{4,6}

Bei der Herstellung und beim Einsatz von PFAS-haltigen Stoffen in der Industrie können diese auch in die Atmosphäre freigesetzt werden.⁵ Beim Verwenden von PFAS-haltigen Imprägniersprays und Heimtextilien kann sich die PFAS-Konzentration in der Innenraumluft deutlich erhöhen.⁴ Weitere Anwendungsgebiete sind die Galvanik- und die Papierindustrie (z. B. Spezialpapiere, Becher oder Klebeetiketten).⁴ Des Weiteren werden PFAS als Hilfsmittel für die Herstellung von Polytetrafluorethylen (PTFE oder Handelsname Teflon) in beschichtetem Kochgeschirr verwendet.⁴ Auch in Wachsen/Schmiermitteln, Pestizidformulierungen und Feuerlöschschäumen sowie Wetterschutzfarben für Gebäude sind sie zu finden.⁶

Gesetzlicher Hintergrund

In der Europäischen Union existiert lediglich für einen Vertreter (PFOS) aus der gesamten Gruppe der PFAS eine JD-UQN von 0,65 ng/l in der Gesamtwasserphase (Binnengewässer), die in der OGewV umgesetzt worden ist.¹ Zudem wird eine zulässige Höchstkonzentration (ZHK-UQN) von 36 µg/l (Binnengewässer) für PFOS angegeben.¹ Aufgrund der starken Bioakkumulation wurde eine JD-UQN für Biota (Fische) mit 9,1 µg/kg (Nassgewicht) für PFOS abgeleitet.¹ Für weitere PFAS gibt es aktuell keine Umweltqualitätsnormen für den aquatischen Bereich. Für einige PFAS können PNEC-Werte (predicted no effect concentration) für den Schutz der aquatischen Lebensgemeinschaft herangezogen werden.⁷ PFOS ist als prioritär gefährlicher Stoff nach UQN-RL 2008/105/EG klassifiziert.⁸ Seit 2010 sind die Herstellung und Verwendung von PFOS und dessen Vorläuferverbindungen durch die Aufnahme in das Stockholmer-Übereinkommen für persistente organische Schadstoffe weltweit stark eingeschränkt worden.⁹ In Deutschland wird PFOS nur noch als Netzmittel für Hartverchromung (Chrom VI) in geschlossenen Kreisläufen bis zum Jahr 2025 eingesetzt.¹⁰ Auch die Herstellung und Verwendung von PFOA, von dessen Salzen und Vorläuferverbindungen sind ab Ende 2020 bis auf wenige Ausnahmen weltweit verboten.⁹ Einschränkungen für weitere PFAS in Europa und weltweit sind in der Diskussion. In der aktuellen Trinkwasserverordnung (2023) sind zwei Summenwerte für relevante Einzelsubstanzen der PFAS festgelegt. Der Summenwert für PFOA, PFNA, PFHxS und PFOS liegt bei 0,02 µg/l. Der Summenwert für 20 weitere relevante PFAS-Spezies liegt bei 0,1 µg/l.¹¹ Die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) hat in Zusammenarbeit mit der Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) Geringfügigkeitsschwellenwerte (humantoxikologisch) für das Grundwasser abgeleitet.¹² PFOS und PFOA haben jeweils einen Geringfügigkeitsschwellenwert von 0,1 µg/l.^{12,13}

Maßnahmen zum Schutz der Umwelt und des Menschen vor PFAS

Verschiedene PFAS-Belastungen von Böden und Gewässern in Deutschland entstanden durch die großflächige Verwendung von belasteten Industrie- und Klärschlämmen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen. Gerade die langkettigen PFAS können über Jahrzehnte im Boden verbleiben und in das Grundwasser sowie in das Trinkwasser gelangen.¹⁴ Belastungshotspots bilden in Deutschland zuweilen Flughäfen, durch die Verwendung von PFAS-haltigen Feuerlöschschäumen.⁴

Durch geeignete Maßnahmen der betroffenen Bundesländer, wie z. B. durch das Einsetzen von Aktivkohlefiltern bei der Trinkwasseraufbereitung oder das Verwenden von Ersatzprodukten in Feuerlöschschäumen, konnten der Eintrag in die Umwelt und die Aufnahme durch Menschen reduziert werden.¹⁴ Hinzu kommen umfangreiche regelmäßige Untersuchungen (Gewässermonitoring) an festgelegten Messstellen, um die PFAS-Konzentration in verschiedenen Umweltmedien in kontaminierten Einzugsgebieten zu überwachen.^{14,7} Zum Teil wurden Trinkwasserentnahmestellen verlagert und ältere unbelastete Brunnen reaktiviert.^{4,14} In 15 Bundesländern wird das Grundwasser auf PFAS untersucht.⁴

Am häufigsten nachgewiesen werden im Grundwasser die kurz-kettigen, sehr mobilen PFAS wie PFBA, PFHxA sowie PFPeA, aber auch langkettige PFAS wie PFOS und PFOA.⁴ Bei einigen Messstellen wurden die Geringfügigkeitsschwellenwerte für Grundwasser (PFOS, PFOA und PFHxA) nicht eingehalten.⁴

Was kann jeder/jede tun, um einen Beitrag zu geringeren PFAS-Konzentrationen in der Umwelt zu leisten?

Kurzkettige PFAS als Ersatzstoffe für langkettige PFAS stellen keinen geeigneten umweltverträglichen Ersatz dar. In Teilen ist durch den Einsatz von recycelbaren PFAS-freien Membranen ein Umdenken in der Textilbranche sichtbar. Noch gibt es nicht für alle Verbrauchsgegenstände PFAS-freie Alternativen, gerade die öl- und fettabweisende Wirkung kann noch nicht zufriedenstellend ersetzt werden.⁴

Möglichkeiten der Verbraucher, zur Reduktion der PFAS-Konzentrationen in der Umwelt beizutragen, sind beispielsweise:

- 1) Achten Sie auf PFAS-freie (Heim)-Textilien. Bei Outdoorbekleidung können Sie zu zertifizierten PFAS-freien Textilien mit Membranen z. B. aus Polyesterether greifen, die zusätzlich recycelbar sind. Weitere Informationen dazu finden Sie auf verschiedenen Websites von Bekleidungsherstellern.
- 2) Achten Sie auf das Umweltsiegel GOTS und den Blauen Engel auf Bekleidung, Schuhen und Druckerzeugnissen. Diese schließen den Einsatz von PFAS aus.²
- 3) Reduzieren Sie PFAS-haltige Gebrauchsgegenstände. Zum Beispiel können Sie alternativ zu PTFE-beschichteten Pfannen, auch Pfannen mit einer Keramik-Beschichtung verwenden. Eisen- oder Emaillepfannen sind PFAS-frei und dazu noch kratzfest.
- 4) Verwenden Sie umweltfreundlicheres PFAS-freies Mehrweggeschirr (z. B. Mehrwegbecher statt beschichteter Pappbecher).
- 5) Alternativ zu PFAS-haltigen Imprägniermitteln können Sie natürliche Fette und Wachse wie z. B. Leinöl, Melkfett und Bienenwachs verwenden. Weitere Informationen über Alternativprodukte finden Sie auf der [Website](#) des Umweltbundesamtes.

Quellen:

- 1 [Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer \(OGewV, 2016\)](#)
- 2 [Deutsches Institut für Normung \(DIN, 2011\)](#)
- 3 [Bundesinstitut für Risikobewertung \(BfR, 2023\)](#)
- 4 [Umweltbundesamt \(UBA, 2020\)](#)
- 5 [Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit \(BMU, 2018\)](#)
- 6 [Umweltbundesamt \(UBA, n.a.\)](#)
- 7 [Bayerisches Landesamt für Umwelt \(LfU, 2022\)](#)
- 8 [Deutscher Fachverlag GmbH \(Deutscher Fachverlag GmbH, 2019\)](#)
- 9 [Umweltbundesamt \(UBA, 2023\)](#)
- 10 [Umweltbundesamt \(UBA, 2015\)](#)
- 11 [Trinkwasserverordnung \(TrinkwV, 2023\)](#)
- 12 [Bund/Länder Arbeitsgruppe PFAS \(PFC\) \(2022\)](#)
- 13 [Umweltbundesamt \(UBA, 2021\)](#)
- 14 [Regierungspräsidium Karlsruhe - Stabsstelle PFC \(Baden-Württemberg\): \(Regierungspräsidium Karlsruhe, 2018\)](#)