

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. Alle Jahresdurchschnittswerte der Rheinmessstellen überschreiten seit 2007 stets die JD-UQN (Abbildung 1).

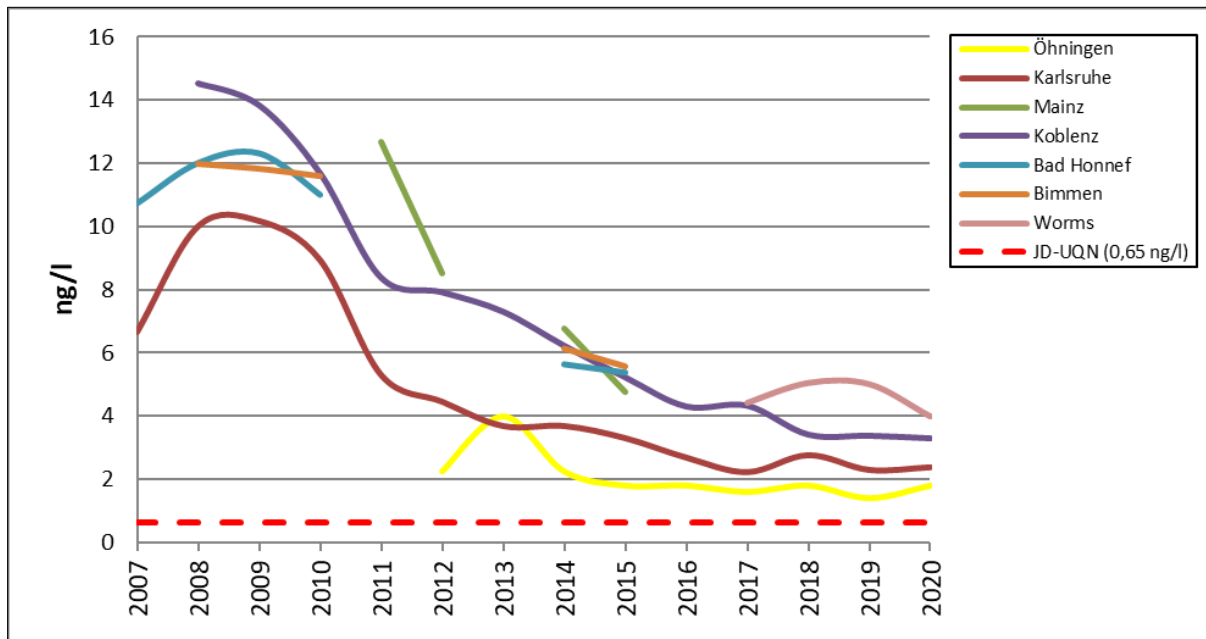


Abbildung 1: Darstellung der Jahresmittelwerte der Perfluoroktansulfonsäure-(PFOS-)Konzentration in ng/l in unfiltrierten Wasserproben ausgewählter Rheinmessstellen von 2007 bis 2020. Die JD-UQN von 0,65 ng/l für PFOS wird durch eine gestrichelte rote Linie dargestellt. An der Messstelle Öhningen wurden für die Jahre 2007 bis 2011 keine Daten erhoben. Des Weiteren fehlen Daten der Messstelle Mainz von 2007 bis 2010 sowie 2013. Zudem fehlen Daten der Messstelle Worms für die Jahre 2007 bis 2014 und für das Jahr 2016. Weitere Datenlücken gibt es an den Messstellen 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 2020 lagen in der Mosel bei 3,8 ng/l, im Main bei 2,7 ng/l, im Neckar bei 2,0 ng/l, im Schwarzbach bei 12,5 ng/l und in der Saar unterhalb der Bestimmungsgrenze von 1 ng/l. Auch hier liegen alle Jahreswerte der Nebenflussmessstellen (außer an der Saar, da hier alle Messwerte unterhalb der Bestimmungsgrenze lagen) seit 2007 stets über der JD-UQN. Der Trend über die letzten Jahre ist in allen Gewässern fallend, außer im Schwarzbach. 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. Über 80 % der Jahresmittelwerte der 12 (ohne PFOS) in der DIN 38407-42¹ genannten PFAS-Spezies (Tabelle 1) – an den Rheinmessstellen und ca. 60 % der Jahresmittelwerte an den Nebenflussmessstellen – lagen im Jahr 2020 unter den jeweiligen Bestimmungsgrenzen. Die Bestimmungsgrenzen betragen im betrachteten Zeitraum 0,001 ng/l bis 0,013 ng/l. Die nachgewiesenen Konzentrationen (Jahresmittel) der Rheinmessstellen und Nebenflussmessstellen liegen im Durchschnitt unter 3 ng/l. In der Emscher wurde 2020 ein Jahresmittelwert von 12 ng/l erfasst. Die langjährigen Konzentrationsverläufe stehen öffentlich unter: <http://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
Perfluorononansäure	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.^{3,5} PFAS bestehen aus Kohlenstoffwasserstoffketten, bei denen Wasserstoffatome vollständig (per-) oder teilweise (polyfluoriert) durch Fluoratome ersetzt wurden.⁵ Es gibt über 4700 verschiedene chemische Verbindungen, die in kurz (<6 perfluorierte Kohlenstoffatome) und langkettige (≥6 perfluorierte Kohlenstoffatome) Stoffe unterteilt werden.^{3,4} 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.³ 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.³ 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.⁴ Als Vorläuferverbindungen werden Stoffe bezeichnet, die sich zu langlebigeren perfluorierten Stoffen abbauen können.⁵ Durch ihre fett- und schmutzabweisende sowie wasserabweisende und wasserdichte Wirkung werden PFAS zum Beispiel in Membranen von Outdoorbekleidung, Arbeitsschutzbekleidung und medizinischen Textilien eingesetzt.^{3,5}

Bei der Herstellung und beim Einsatz von PFAS-haltigen Stoffen in der Industrie können diese auch in die Atmosphäre freigesetzt werden.⁴ Beim Verwenden von PFAS-haltigen Imprägniersprays und Heimtextilien kann sich die PFAS-Konzentration in der Innenraumluft deutlich erhöhen.³ Weitere Anwendungsgebiete sind die Galvanik- und die Papierindustrie (z. B. Spezialpapiere, Becher oder Klebeetiketten).³ Des Weiteren werden PFAS als Hilfsmittel für die Herstellung von Polytetrafluorethylen (PTFE oder Handelsname Teflon) in beschichtetem Kochgeschirr verwendet.³ Auch in Wachsen/Schmiermitteln, Pestizidformulierungen und Feuerlöschschäumen sowie Wetterschutzfarben für Gebäude sind sie zu finden.⁵

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.⁶ Zudem wird eine zulässige Höchstkonzentration (ZHK-UQN) von 36 µg/l (Binnengewässer) für PFOS angegeben.⁶ Aufgrund der starken Bioakkumulation wurde eine JD-UQN für Biota (Fische) mit 9,1 µg/kg (Nassgewicht) für PFOS abgeleitet.⁶ 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 einsetzt.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 Europäischen Trinkwasserrichtlinie (TW-RL) wurde ein Summenwert für die Gesamtheit aller per- und polyfluoralkylhaltigen Substanzen (PFAS Gesamt) von 0,5 µg/l und ein Summenwert von 0,1 µg/l für die Summe von 20 besonders relevanten Einzelsubstanzen der PFAS festgelegt.¹¹ Der Summenwert für „PFAS Gesamt“ tritt jedoch erst in Kraft, bis technische Leitlinien für die Analyseverfahren zur Überwachung des Grenzwertes entwickelt wurden. Die Umsetzung der aktualisierten TW-RL muss bis 2023 von den Mitgliedstaaten in nationales Recht (u.a. Anpassung der Trinkwasserverordnung) umgesetzt werden. Die von der Trinkwasserkommission des Umweltbundesamtes als Empfehlung ausgesprochenen „gesundheitlich lebenslang duldbare Trinkwasserleitwerte“ für sieben der 13 in der DIN 38407-42 gelisteten PFAS und die „gesundheitlichen Orientierungswerte“ für die restlichen sechs PFAS behalten bis dahin ihre Gültigkeit.¹² Die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) hat in Zusammenarbeit mit der Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) Geringfügigkeitsschwellenwerte (humantoxikologisch) für das Grundwasser abgeleitet.¹¹ PFOS und PFOA haben jeweils einen Trinkwasserleitwert und einen Geringfügigkeitsschwellenwert von 0,1 µg/l.¹² Das UBA empfiehlt aus Vorsorgegründen für besonders empfindliche Bevölkerungsgruppen z.B. Säuglinge einen Maßnahmewert für PFOA und PFOS von 0,05 µg/l. Die Gültigkeit des Wertes ist bis zur Festlegung von neuen gesundheitlichen Trinkwasserleitwerten für PFAS und PFOS beschränkt.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.³

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.^{3,14} In 15 Bundesländern wird das Grundwasser auf PFAS untersucht.³ Am häufigsten nachgewiesen werden im Grundwasser die kurzkettigen, sehr mobilen PFAS wie PFBA, PFHxA sowie PFPeA, aber auch langkettige PFAS wie PFOS und PFOA.³ Bei einigen Messstellen wurden die Geringfügigkeitsschwellenwerte für Grundwasser (PFOS, PFOA und PFHxA) nicht eingehalten.³

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.³

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.¹
- 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 unter: <https://www.umweltbundesamt.de/pfc-planet>.

Quellen:

- 1 [Deutsches Institut für Normung \(DIN, 2011\)](#)
- 2 [Bundesinstitut für Risikobewertung \(BfR, 2020\)](#)
- 3 [Umweltbundesamt \(UBA, 2020\)](#)
- 4 [Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit \(BMU, 2018\)](#)
- 5 [Umweltbundesamt \(UBA, 2018\)](#)
- 6 [Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer \(OGewV, 2016\)](#)
- 7 [Bayerisches Landesamt für Umwelt \(LfU, 2017\)](#)
- 8 [Deutscher Fachverlag GmbH \(Deutscher Fachverlag GmbH, 2019\)](#)
- 9 [Umweltbundesamt \(UBA, 2019\)](#)
- 10 [Umweltbundesamt \(UBA, 2015\)](#)
- 11 [EU-Trinkwasserrichtlinie \(EU, 2020\)](#)
- 12 [Bund/Länder Arbeitsgruppe PFC \(2022\)](#)
- 13 [Umweltbundesamt \(UBA, 2021\)](#)
- 14 [Regierungspräsidium Karlsruhe - Stabsstelle PFC \(Baden-Württemberg\): \(Regierungspräsidium Karlsruhe, 2018\)](#)