



Bekanntmachung des Umweltbundesamtes

Bewertung der PFAS-20 aus der Trinkwasserverordnung

Empfehlung des Umweltbundesamtes nach Anhörung der Trinkwasserkommission

Übersicht

Die bisher durch das Umweltbundesamt (UBA) veröffentlichten Dokumente bezüglich der Festlegung von Trinkwasserleitwerten (LWTW) und Gesundheitlichen Orientierungswerten (GOW) für PFAS in Trinkwasser verlieren ihre Gültigkeit und werden durch die hier vorliegende Bewertung ersetzt.

Zusätzliche Informationen zum aktuellen Kenntnisstand zur Analytik der poly- und perfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS), zum Vorkommen und zu Aufbereitungsoptionen, aber auch zur Frage, weshalb eine Befassung mit dieser Stoffgruppe – als neue Parameter der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) – durch die Betreiber einer Wasserversorgungsanlage und die Gesundheitsämter bereits zum jetzigen Zeitpunkt anzuraten ist, werden in der UBA Empfehlung „PFAS im Trinkwasser – Sachstand und Aspekte zur Bewertung“ adressiert.

Die Richtlinie (EU) 2020/2184 (TW-RL) des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2020 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch führt mit den Parametern „Summe der PFAS“ und „PFAS gesamt“ die Stoffgruppe der PFAS erstmalig ein [1]. Mit der Umsetzung der Richtlinie in nationales Recht durch die Trinkwasserverordnung (TrinkwV) vom 20. Juni 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 159, S. 2) wird in Deutschland der Parameter „Summe der PFAS“ unter der Bezeichnung „Summe PFAS-20“ übernommen. Damit ist die Gruppe der perfluorierten Carbon- und Sulfonsäuren mit einer Kettenlänge von 4 bis 13 Kohlenstoffatomen mit einem Grenzwert von 0,000 10 mg/l

(entspricht 100 ng/l) belegt. Die TrinkwV schreibt vor, dass die gemessenen Konzentrationen der Stoffe einzeln ausgewiesen werden müssen. Aufgrund der Tatsache, dass die toxische Potenz der Einzelstoffe sehr unterschiedlich ist, ist im Einzelfall eine individuelle Bewertung der Einzelkonzentrationen, wenn es die Datenlage erlaubt, hilfreich. Der Parameter „Summe PFAS-20“ muss ab 12. Januar 2026 gemessen und eingehalten werden.

In Ergänzung zum Parameter „Summe PFAS-20“ wird in Deutschland der Parameter „Summe PFAS-4“ zum 12. Januar 2028 eingeführt, der die Stoffe Perfluorooctansäure (PFOA), Perfluorononansäure (PFNA), Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS) und Perfluoroctansulfonsäure (PFOS) umfasst. Diese vier Stoffe machen ca. 50 % der PFAS in der menschlichen Nahrungsaufnahme bzw. ca. 90 % der internen Körperbelastung aus und wurden aufgrund besonderer toxikologischer Besorgnis durch die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) auf Basis epidemiologischer Daten 2020 bewertet [3].

Um diese Erkenntnisse der EFSA im Rahmen der nationalen Umsetzung der TW-RL in deutsches Recht zu berücksichtigen, muss ab dem 12.01.2028 der zusätzliche Grenzwert der TrinkwV für „Summe PFAS-4“ – PFOA, PFNA, PFHxS und PFOS – in Höhe von 0,000020 mg/l (entspricht 20 ng/l) gemessen und eingehalten werden. Die Konzentrationen der zur Summenbildung herangezogenen PFAS sind einzeln auszuweisen.

Als Grundlage für die Bewertung der Einzelverbindungen dient eine vom UBA in Auftrag gegebene Studie unter dem Titel „Literaturrecherche und Auswertung

vorhandener toxikologischer Daten als Grundlage zur Ableitung von Trinkwasserleitwerten für PFAS“ [2]. Auf Basis dieser Zusammenstellung von Studien- und Daten war es das Ziel, die toxikologische Bewertung der Substanzen mit Bezug auf ihr Vorkommen im Trinkwasser vorzunehmen. Diese Bewertung umfasst die in der Summe PFAS-20 erfassten Einzelstoffe. Substitutionsstoffe, ultra-kurzkettige PFAS oder andere PFAS werden in diesem Dokument nicht adressiert.

Startpunkt für die Bewertung der Einzelverbindungen der „Summe PFAS-20“ war die jeweils höchste Dosis, bei der kein schädlicher Effekt beobachtet wurde (no-observed-adverse-effect-level, NOAEL). Um von einem NOAEL, der zumeist auf Tierdaten beruht, auf eine täglich tolerierbare Aufnahmemenge im Trinkwasser durch den Menschen zu schließen, werden standardisierte Bewertungsfaktoren verwendet, z. B. ein Faktor für besonders empfindliche Bevölkerungsgruppen (z. B. Kinder, Schwangere, Kranke) oder ein Faktor für die möglichen Unterschiede zwischen Menschen und Tieren, wenn die Daten aus Tierversuchen stammen. Auch die möglicherweise unterschiedlich lange Studiendauer wird über einen Bewertungsfaktor berücksichtigt. Bei den in **Tab. 1** aufgeführten Werten, die auf den Daten der UBA-Ableitung von 2016 beruhen, wurde aus Konsistenzgründen auf eine Anpassung der Zeitextrapolationsfaktoren an die heute üblicherweise verwendeten Werte verzichtet (2016: Faktor 10, 2024: 2 oder 6 entsprechend z. B. des ECHA R.8 Leitfadens für subchronisch zu chronisch bzw. subakut zu chronisch) [4, 7]. Eine Anpassung hätte eine deutliche Erhöhung der Konzen-

Tab. 1 Bewertung der Einzelverbindungen der PFAS-20

Substanzname (Bewertungsnummer)	Abkürzung	CAS Nr.	Grundlage der Ableitung	Toxikologisch begründete Kon- zentration
Perfluorbutansäure (2.)	PFBA	375-22-4	UBA 2016 [6]	10.000
Perfluorpentansäure (3.)	PFPeA	2706-90-3	TrinkwV 2023	Abgedeckt über Summe PFAS-20*
Perfluorhexansäure (4.)	PFHxA	307-24-4	UBA 2016 [6]	6000
Perfluorheptansäure (5.)	PFHpA	375-85-9	UBA 2023 [2]	280
Perfluoroctansäure (1.)	PFOA	335-67-1	TrinkwV 2023	Abgedeckt über Summe PFAS-4**
Perfluoronansäure (1.)	PFNA	375-95-1	TrinkwV 2023	Abgedeckt über Summe PFAS-4**
Perfluordecansäure (6.)	PFDA	335-76-2	UBA 2023 [2]	35
Perfluorundecansäure (7.)	PFUnDA	2058-94-8	UBA 2023 [2]	28
Perfluordodecansäure (8.)	PFDoDA	307-55-1	UBA 2023 [2]	28
Perfluortridecansäure (9.)	PFTrDA	72629-94-8	UBA 2023 [2]	1700
Perfluorbutansulfonsäure (10.)	PFBS	375-73-5	UBA 2016 [6]	6000
Perfluorpentansulfonsäure (11.)	PFPeS	2706-91-4	TrinkwV 2023	Abgedeckt über Summe PFAS-20*
Perfluorhexansulfonsäure (1.)	PFHxS	355-46-4	TrinkwV 2023	Abgedeckt über Summe PFAS-4**
Perfluorheptansulfonsäure (12.)	PFHpS	375-92-8	TrinkwV 2023	Abgedeckt über Summe PFAS-20*
Perfluoroctansulfonsäure (1.)	PFOS	1763-23-1	TrinkwV 2023	Abgedeckt über Summe PFAS-4**
Perfluoronansulfonsäure (13.)	PFNS	474511-07-4	UBA 2023 [2]	Abgedeckt über Summe PFAS-4***
Perfluordecansulfonsäure (14.)	PFDS	335-77-3	TrinkwV 2023	Abgedeckt über Summe PFAS-20*
Perfluorundecansulfonsäure (14.)	PFUnDS	749786-16-1	TrinkwV 2023	Abgedeckt über Summe PFAS-20*
Perfluordodecansulfonsäure (14.)	PFDoDS	79780-39-5	TrinkwV 2023	Abgedeckt über Summe PFAS-20*
Perfluortridecansulfonsäure (14.)	PFTrDS	791563-89-8	TrinkwV 2023	Abgedeckt über Summe PFAS-20*

Alle Angaben in ng/l. Neue bzw. aktualisierte Werte sind **fett** gedruckt

*Summe PFAS-20 der TrinkwV (2023) < 100 ng/l. Für die Stoffe PFPeA, PFPeS, PFHpS, PFDS, PFUnDS, PFDoDS und PFTrDS kann kein toxikologisch begründeter Einzelwert angegeben werden. Die Stoffkonzentration für PFPeA, PFPeS, PFHpS, PFDS, PFUnDS, PFDoDS und PFTrDS darf als Einzelwert und in Summe mit den weiteren Stoffen der PFAS-20 maximal 100 ng/l betragen

**Summe PFAS-4 der TrinkwV (2023) < 20 ng/l. Für die Stoffe PFOA, PFNA, PFHxS und PFOS darf die aufsummierte Stoffkonzentration maximal 20 ng/l betragen

***Die Stoffkonzentration für PFNS sollte aus toxikologischer Sicht als Einzelwert und in Summe mit den Stoffen PFOA, PFNA, PFHxS und PFOS maximal 20 ng/l betragen

trationen der Einzel-PFAS bedeutet, was sowohl dem Verschlechterungsverbot als auch dem Minimierungsgebot der Trinkwasserverordnung (§ 5 und § 7 TrinkwV) widersprechen würde.

Da abschließend alle Faktoren miteinander multipliziert werden, ergeben sich zum Teil fünfstellige Gesamtextrapolationsfaktoren. Dies ist jedoch kein Zeichen einer besonderen Unsicherheit, sondern berücksichtigt die großen Unterschiede, z. B. in den Halbwertszeiten der betreffenden Stoffe in Menschen und Tieren und ist somit dem Wissen und nicht dem Unwissen geschuldet.

Die Literaturstudie [2] ergab, dass nur für einen Teil der zu bewertenden Stoffe für die „Summe PFAS-20“ ausreichend Daten zur Ableitung einer toxikologisch begründeten Konzentration zur Verfügung stehen. Für die restlichen Substanzen müssen daher Analogieschlüsse

(read-across) gezogen oder es muss auf existierende Summengrenzwerte verwiesen werden. Bei dem Ansatz des read-across werden relevante Informationen eines bekannten Ausgangsstoffes verwendet, um die Eigenschaften eines (strukturell ähnlichen) Zielstoffs vorherzusagen.

☑ **Tab. 1** zeigt eine Übersicht der Bewertung der Einzelverbindungen der „Summe PFAS-20“.

Substanzbewertungen

1. Perfluoroctansäure, Perfluoronansäure, Perfluorhexansulfonsäure und Perfluoroctansulfonsäure

Für die Gruppe PFOA (CAS Nr.: 335-67-1), PFNA (CAS Nr.: 375-95-1), PFHxS (CAS Nr.: 355-46-4) und PFOS (CAS Nr.: 1763-23-1) wird auf die EFSA Scientific

Opinion [2020] verwiesen [3]. Die EFSA empfiehlt aufgrund von immuntoxischen Eigenschaften einen tolerable weekly intake (TWI) Wert in Höhe von 4,4 ng/kg KG für die Summe der vier Substanzen. Unter der auch von der EFSA 2020 gemachten Annahme gleicher toxischer Potenziale ergäbe sich rechnerisch unter Verwendung der Standardannahmen (70 kg Körpergewicht, 2 l Trinkwasserkonsum pro Tag und einer Allokation von 10 % des TWI für das Trinkwasser (UBA, 2023) [4]) mit der Formel:

$$\text{Toxikologisch begründete Konzentration} = \frac{\text{TWI} \cdot \text{Körpergewicht} \cdot \text{Allokation}}{\text{Trinkwasserkonsum/Woche}}$$

$$\text{Toxikologisch begründete Konzentration} = \frac{4,4 \frac{\text{ng}}{\text{kg}} \cdot 70 \text{ kg} \cdot 0,1}{14 \text{ l}}$$

Toxikologisch begründete Konzentration = 2,2 ng/l, gerundet 2,0 ng/l

Die Erkenntnisse der EFSA für die Gruppe PFOA, PFNA, PFHxS und PFOS wur-

den unter Abwägung der analytischen Nachweisbarkeit sowie der aufbereitungs-technischen Machbarkeit im Rahmen der nationalen Umsetzung der TW-RL durch einen neuen Grenzwert „Summe PFAS-4“ in Höhe von 0,000020 mg/l (entspricht 20 ng/l) berücksichtigt.

2. Perfluorbutansäure (PFBA, CAS Nr.: 375-22-4)

In der 2023 veröffentlichten Recherche wurden keine Daten aufgeführt, die eine Absenkung des bisherigen Leitwertes von 10.000 ng/l erforderlich machen würden [2]. Daher wurde auf eine Neuberechnung verzichtet ohne Änderung des bisherigen Zeitextrapolationsfaktors. Somit wird dieser Wert für PFBA übernommen. Auf den ersten Blick erscheint dieser Wert sehr hoch. Der Vergleich mit dem von der US-amerikanischen Umweltbehörde U.S. EPA empfohlenen health advisory von 2000 ng/l für die verwandte Perfluorbutansulfonsäure stärkt die Plausibilität des Wertes jedoch (U.S. EPA, 2022) [5].

3. Perfluorpentansäure (PFPeA, CAS Nr.: 2706-90-3)

In der 2023 veröffentlichten Recherche wurden keine Daten aufgeführt, die die Berechnung eines toxikologisch begründeten Wertes für PFPeA ermöglichen. Die TrinkwV gibt vor, dass für diesen Stoff der Summengrenzwert PFAS-20 herangezogen wird. Das bedeutet, dass die Stoffkonzentration für PFPeA als Einzelwert und in Summe mit den weiteren Stoffen der PFAS-20 maximal 100 ng/l betragen darf.

4. Perfluorhexansäure (PFHxA, CAS Nr.: 307-24-4)

In der 2023 veröffentlichten Recherche wurden keine Daten aufgeführt, die eine Neuberechnung des bisherigen Leitwertes von 6000 ng/l erforderlich machen würden [2]. Daher wurde auf eine Neuberechnung verzichtet und dieser Wert für PFHxA übernommen.

5. Perfluorheptansäure (PFHpA, CAS Nr.: 375-85-9)

Für die Perfluorheptansäure liegen ausreichend Daten zur Berechnung eines toxikologisch begründeten Leitwertes vor, wie die Recherche des Umweltbundesamtes zeigt [2].

Als empfindlichster Endpunkt wurden dabei in einer Studie Leberschädigungen in erwachsenen Mäusen beobachtet. Mittels Modellierung wurde ein BMDL₀₅ (benchmark dose lower bound) von 6,63 mg/kg Körpergewicht ermittelt. Zur Übertragung auf den Menschen wird ein Sicherheitsfaktor von 2 für die zeitliche Extrapolation, von 1600 für die unterschiedlichen Halbwertszeiten von PFHpA in Mäusen und Menschen sowie von 2,5 für Unterschiede in der Toxikodynamik empfohlen. Ein weiterer Sicherheitsfaktor von 10 berücksichtigt unterschiedliche Sensitivitäten innerhalb der Spezies.

Durch Multiplikation der Einzelfaktoren (2*1600*2,5*10) errechnet sich ein Gesamtsicherheitsfaktor von 80.000. Die täglich akzeptable Aufnahmemenge (tolerable daily intake, TDI) im Menschen errechnet sich mittels Division des BMDL₀₅ in der Maus durch den Gesamtsicherheitsfaktor von 80.000.

$$\text{TDI} = \text{BMDL}_{05} / \text{Gesamtsicherheitsfaktor} = 6,63 \text{ mg/kg KG} / 80.000 = 0,00008 \text{ mg/kg KG}$$

Die toxikologisch begründete Konzentration wird unter Verwendung der Standardannahmen (70 kg Körpergewicht, 2l Trinkwasserkonsum pro Tag und einer Allokation von 10 % des TDI für das Trinkwasser) mit der Formel:

$$\text{Toxikologisch begründete Konzentration} = \frac{\text{TDI} \cdot \text{Körpergewicht} \cdot \text{Allokation}}{\text{Trinkwasserkonsum}}$$

berechnet.
Somit ergibt sich:

$$\text{Toxikologisch begründete Konzentration} = \frac{0,00008 \frac{\text{mg}}{\text{kg}} \cdot 70 \text{ kg} \cdot 0,1}{2 \text{ l}}$$

Toxikologisch begründete Konzentration = 0,00028 mg/l = 280 ng/l

6. Perfluordecansäure (PFDA, CAS Nr.: 335-76-2)

Für die Perfluordecansäure liegen in der Recherche [2] ausreichend toxikologische Daten zur Berechnung einer toxikologisch begründeten Konzentration vor.

Als empfindlichster und relevanter Endpunkt wurde dabei in einer 28-Tage-Studie in Ratten die Wirkung auf die Leber ermittelt. Der NOAEL (No-observed-adverse-effect-level) betrug dabei 0,125 mg/kg/Tag. Zur Übertragung auf den Menschen wird ein Sicherheitsfaktor von 6 für die zeitliche Extrapolation, von 84 für die unterschiedlichen Halbwertszeiten von PFDA in Ratten und Menschen sowie von 2,5 für Unterschiede in der Toxikodynamik empfohlen. Ein weiterer Sicherheitsfaktor von 10 berücksichtigt unterschiedliche Sensitivitäten innerhalb der Spezies Mensch mit. Durch Multiplikation der Einzelfaktoren (6*84*2,5*10) errechnet sich ein Gesamtsicherheitsfaktor von 12.600. Der TDI im Menschen errechnet sich mittels Division des NOAEL in der Ratte durch den Gesamtsicherheitsfaktor von 12.600.

$$\text{TDI} = \text{NOAEL} / \text{Gesamtsicherheitsfaktor} = 0,125 \text{ mg/kg KG} / 12.600 = 0,000010 \text{ mg/kg KG}$$

Die toxikologisch begründete Konzentration wird unter Verwendung der Standardannahmen (70 kg Körpergewicht, 2l Trinkwasserkonsum pro Tag und einer Allokation von 10 % des TDI für das Trinkwasser) mit der Formel:

$$\text{Toxikologisch begründete Konzentration} = \frac{\text{TDI} \cdot \text{Körpergewicht} \cdot \text{Allokation}}{\text{Trinkwasserkonsum}}$$

berechnet.
Somit ergibt sich:

$$\text{Toxikologisch begründete Konzentration} = \frac{0,000010 \frac{\text{mg}}{\text{kg}} \cdot 70 \text{ kg} \cdot 0,1}{2 \text{ l}}$$

Toxikologisch begründete Konzentration = 0,000035 mg/l = 35 ng/l

7. Perfluorundecansäure (PFUnDA, CAS Nr.: 2058-94-8)

Für die Perfluorundecansäure liegen ausreichend Daten zur Berechnung einer toxikologisch begründeten Konzentration vor [2].

Grundlage der Bewertung ist eine 42-tägige Studie von Takahashi et al. aus dem Jahr 2014 (zitiert in [2]). Darin wird eine Hypertrophie von Hepatozyten bei einer Dosis von 0,3 mg/kg Körpergewicht (KG) und Tag als empfindlichster Endpunkt und somit LOAEL beschrieben. Keine adverse Reaktion zeigt sich bei einer Dosis von 0,1 mg/kg KG und Tag. Dies ist der NOAEL und damit Ausgangspunkt (point of departure, POD) der Berechnung des toxikologisch begründeten Wertes.

Zur Übertragung auf den Menschen wird ein Sicherheitsfaktor von 6 für die zeitliche Extrapolation, von 84 für die unterschiedlichen Halbwertszeiten von PFDA in Ratten und Menschen sowie von 2,5 für Unterschiede in der Toxikodynamik empfohlen. Aufgrund fehlender Halbwertszeiten für PFUnDA wurde in Analogie zu einer vergleichbaren C-Kettenlänge der Wert von PFDA übernommen. Ein weiterer Sicherheitsfaktor von 10 berücksichtigt unterschiedliche Sensitivitäten innerhalb der Spezies Mensch mit. Durch Multiplikation der Einzelfaktoren ($6 \cdot 84 \cdot 2,5 \cdot 10$) errechnet sich ein Gesamtsicherheitsfaktor von 12.600. Der TDI im Menschen errechnet sich mittels Division des NOAEL in der Ratte durch den Gesamtsicherheitsfaktor von 12.600.

$$\text{TDI} = \text{NOAEL} / \text{Gesamtsicherheitsfaktor} = 0,1 \text{ mg/kg KG} / 12.600 = 0,000\ 008 \text{ mg/kg KG.}$$

Die toxikologisch begründete Konzentration wird unter Verwendung der Standardannahmen (70 kg Körpergewicht, 2 l Trinkwasserkonsum pro Tag und einer Allokation von 10 % des TDI für das Trinkwasser) mit der Formel:

$$\text{Toxikologisch begründete Konzentration} = \frac{\text{TDI} \cdot \text{Körpergewicht} \cdot \text{Allokation}}{\text{Trinkwasserkonsum}}$$

berechnet.

Somit ergibt sich:

$$\text{Toxikologisch begründete Konzentration} = \frac{0,000\ 008 \frac{\text{mg}}{\text{kg}} \cdot 70 \text{ kg} \cdot 0,1}{21}$$

Toxikologisch begründete Konzentration = 0,000028 mg/l = 28 ng/l

8. Perfluordodecansäure (PFDoDA, CAS Nr.: 307-55-1)

Für die Perfluordodecansäure liegen ausreichend Daten zur Berechnung eines toxikologisch begründeten Wertes vor, wie die Recherche im Auftrag des Umweltbundesamtes zeigt [2].

Grundlage der Bewertung ist eine Studie von Kato et al. mit einer Dauer von 42–47 Tagen (zitiert in [2]). Männlichen und weiblichen Ratten (12/Geschlecht/Gruppe) wurde PFDoDA in Dosen von 0, 0,1, 0,5 oder 2,5 mg/kg/Tag über eine orale Schlundsonde verabreicht. Signifikante Zunahmen des relativen Lebergewichts wurden bei 0,5 mg/kg/Tag festgestellt. Auf Basis statistisch signifikanter Veränderungen des Lebergewichts bei Ratten beträgt der NOAEL für Toxizität bei wiederholter Verabreichung 0,1 mg/kg/Tag [2].

Zur Übertragung auf den Menschen wird ein Sicherheitsfaktor von 6 für die zeitliche Extrapolation, von 84 für die unterschiedlichen Halbwertszeiten von PFDA in Ratten und Menschen sowie von 2,5 für Unterschiede in der Toxikodynamik empfohlen. Aufgrund fehlender Halbwertszeiten für PFDoDA wurde in Analogie zu einer vergleichbaren C-Kettenlänge der Wert von PFDA übernommen. Ein weiterer Sicherheitsfaktor von 10 berücksichtigt unterschiedliche Sensitivitäten innerhalb der Spezies Mensch mit. Durch Multiplikation der Einzelfaktoren ($6 \cdot 84 \cdot 2,5 \cdot 10$) errechnet sich ein Gesamtsicherheitsfaktor von 12.600. Der TDI im Menschen errechnet sich mittels Division des NOAEL in der Ratte durch den Gesamtsicherheitsfaktor von 12.600.

$$\text{TDI} = \text{NOAEL} / \text{Gesamtsicherheitsfaktor} = 0,1 \text{ mg/kg KG} / 12.600 = 0,000\ 008 \text{ mg/kg KG.}$$

Die toxikologisch begründete Konzentration wird unter Verwendung der Standardannahmen (70 kg Körpergewicht, 2 l Trinkwasserkonsum pro Tag und einer Allokation von 10 % des TDI für das Trinkwasser) mit der Formel:

$$\text{Toxikologisch begründete Konzentration} = \frac{\text{TDI} \cdot \text{Körpergewicht} \cdot \text{Allokation}}{\text{Trinkwasserkonsum}}$$

berechnet.

Somit ergibt sich:

$$\text{Toxikologisch begründete Konzentration} = \frac{0,000\ 008 \frac{\text{mg}}{\text{kg}} \cdot 70 \text{ kg} \cdot 0,1}{21}$$

Toxikologisch begründete Konzentration = 0,000 028 mg/l = 28 ng/l

9. Perfluortridecansäure (PFTrDA, CAS Nr.: 72629-94-8)

Für die Perfluortridecansäure liegen ausreichend Daten zur Berechnung eines toxikologisch begründeten Wertes vor, wie die Recherche im Auftrag des Umweltbundesamtes zeigt [2].

Grundlage der Bewertung ist eine Studie zur Entwicklungstoxizität an Ratten von Li et al. (zitiert in [2]). Trächtigen Ratten wurden vom 14. bis zum 21. Trächtigkeitstag täglich 0, 1, 5 oder 10 mg/kg KG PFTrDA über die Schlundsonde verabreicht, um die Wirkung der In-utero-Exposition auf die Differenzierung der fötalen Leydig-Zellen zu untersuchen. Bei einer Dosis von 1 mg/kg Körpergewicht verringerte die Substanz die Serumtestosteron (T)-Spiegel signifikant. Ein NOAEL konnte somit nicht bestimmt werden.

Zur Übertragung auf den Menschen wird ein Sicherheitsfaktor von 84 für die unterschiedlichen Halbwertszeiten von PFDA in Ratten und Menschen sowie von 2,5 für Unterschiede in der Toxikodynamik empfohlen. Aufgrund fehlender Halbwertszeiten für PFTrDA wurde in Analogie zu einer vergleichbaren C-Kettenlänge der Wert von PFDA übernommen. Ein weiterer Sicherheitsfaktor von 10 berücksichtigt unterschiedliche Sensitivitäten innerhalb der Spezies Mensch mit. Durch Multiplikation der Einzelfaktoren ($84 \cdot 2,5 \cdot 10$) errechnet sich ein Gesamtsicherheitsfaktor von 2100. Der TDI im Menschen errechnet sich mittels Division des NOAEL in der Ratte durch den Gesamtsicherheitsfaktor von 2100.

$$\text{TDI} = \text{LOEL} / \text{Gesamtsicherheitsfaktor} = 1,0 \text{ mg/kg KG} / 2.100 = 0,000\ 48 \text{ mg/kg KG.}$$

Die toxikologisch begründete Konzentration wird unter Verwendung der Standardannahmen (70 kg Körpergewicht, 2 l Trinkwasserkonsum pro Tag und ei-

ner Allokation von 10 % des TDI für das Trinkwasser) mit der Formel:

$$\text{Toxikologisch begründete Konzentration} = \frac{\text{TDI} \cdot \text{Körpergewicht} \cdot \text{Allokation}}{\text{Trinkwasserkonsum}}$$

berechnet.

Somit ergibt sich:

$$\text{Toxikologisch begründete Konzentration} = \frac{0,00048 \frac{\text{mg}}{\text{kg}} \cdot 70 \text{ kg} \cdot 0,1}{2}$$

Toxikologisch begründete Konzentration = 0,00167 mg/l = 1700 ng/l (gerundet)

10. Perfluorbutansulfonsäure (PFBS, CAS Nr.: 375-73-5)

Die umfangreiche Literaturrecherche von 2023 [2] konnte keine Daten ermitteln, die eine Absenkung des bisherigen Leitwertes von 6000 ng/l erforderlich machen würden [2]. Daher wurde auf eine Neuberechnung verzichtet ohne Änderung des bisherigen Zeitextrapolationsfaktors. Somit wird dieser Wert als neue toxikologisch begründete Konzentration für PFBS übernommen. Auf den ersten Blick erscheint dieser Wert sehr hoch. Der Vergleich mit dem von der U.S.-amerikanischen Umweltbehörde EPA empfohlenen health advisory von 2000 ng/l für Perfluorbutansulfonsäure stärkt die Plausibilität des Wertes jedoch [U.S. EPA, 2022].

11. Perfluorpentansulfonsäure (PFPeS, CAS Nr.: 2706-91-4)

Die umfangreiche Literaturrecherche von 2023 [2] konnte keinen POD ermitteln, der sich als Ausgangspunkt zur Ableitung einer toxikologisch begründeten Konzentration für PFPeS eignen könnte. Es wird daher empfohlen, dass für diesen Stoff der Summengrenzwert PFAS-20 herangezogen wird. In der Praxis bedeutet dies, dass die Stoffkonzentration maximal 100 ng/l betragen darf, abzüglich der Konzentrationen weiterer eventuell vorhandener PFAS, die durch den Parameter PFAS-20 geregelt sind.

12. Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS, CAS Nr.: 375-92-8)

Die umfangreiche Literaturrecherche von 2023 [2] konnte keinen POD identifizieren, der sich als Ausgangspunkt

zur Ableitung eines Trinkwasserleitwertes für PFHpS eignen könnte. Es wird daher empfohlen, dass für diesen Stoff der Summengrenzwert PFAS-20 herangezogen wird. In der Praxis bedeutet dies, dass die Stoffkonzentration maximal 100 ng/l betragen darf, abzüglich der Konzentrationen weiterer eventuell vorhandener PFAS, die durch den Parameter PFAS-20 geregelt sind.

13. Perfluoronansulfonsäure (PFNS, CAS Nr.: 474511-07-4)

Die umfangreiche Literaturrecherche von 2023 [2] konnte keinen POD identifizieren, der sich als Ausgangspunkt zur Ableitung eines Trinkwasserleitwertes für PFNS eignen könnte. Andererseits gehören die „Nachbarsubstanzen“ PFOS und PFNA zu den „EFSA PFAS“, was eine Bewertung über read-across nahelegt. Für die Gruppe der EFSA PFAS liegen ausreichend toxikologische Daten vor. Es wird empfohlen, PFNS genauso zu bewerten, wie die Einzelsubstanzen aus der Gruppe der PFAS-4 (siehe [1]). Somit sollte die Stoffkonzentration aus PFNS alleine sowie in Summe mit den Stoffen PFOA, PFNA, PFHxS und PFOS („Summe PFAS-4“) den Grenzwert in Höhe von 0,000020 mg/l (entspricht 20 ng/l) nicht überschreiten.

14. Perfluordecansulfonsäure (PFDS, CAS Nr. 335-77-3), Perfluorundecansulfonsäure (PFUnDS, CAS Nr.: 749786-16-1), Perfluordodecansulfonsäure (PFDoDS, CAS Nr.: 79780-39-5) und Perfluortridecansulfonsäure (PFTrDS, CAS Nr.: 791563-89-8)

Die Stoffe PFDS, PFUnDS, PFDoDS und PFTrDS werden in ihrer Bewertung zusammengefasst. In allen Fällen liegen nicht ausreichend Daten für die Berechnung einer toxikologisch begründeten Konzentration vor [2]. Es wird daher empfohlen, dass für diese Stoffe der Summengrenzwert PFAS-20 herangezogen wird. In der Praxis bedeutet dies, dass die Stoffkonzentration eines Stoffes maximal 100 ng/l betragen darf, abzüglich der Konzentrationen weiterer eventuell vorhandener PFAS, die durch den Parameter PFAS-20 geregelt sind.

Der Text wurde von J.E. Drewes, N. Costa Pinheiro, A. Eckhardt, H. Hintzsche, S. Hüser, U. Schuhmacher-Wolz, T.-B. Seiler, R. Suchenwirth und J. Kuckelkorn erarbeitet und von der Trinkwasserkommission verabschiedet.

Korrespondenzadresse

Umweltbundesamt

Fachgebiet II 3.6
Heinrich-Heine-Straße 12
08645 Bad Elster, Deutschland
www.umweltbundesamt.de

Literatur

1. Richtlinie (EU) 2020/2184 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2020 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Neufassung). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/de/ALL/?uri=CELEX:32020L2184>. Zugegriffen: 10. Febr. 2024
2. Umweltbundesamt (2023): Literaturrecherche und Auswertung vorhandener toxikologischer Daten als Grundlage zur Ableitung von Trinkwasserleitwerten für PFAS – Abschlussbericht. UBA-Texte 2023/128
3. Panel EFSA CONTAM (2020) Scientific Opinion on the risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food. EFSA 18(9):391–6223. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6223>
4. UBA (2023) Trinkwasserleitwerte. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/trinkwasser/trinkwasserqualitaet/toxikologie-des-trinkwassers/trinkwasserleitwerte>. Zugegriffen: 15. Juli 2024
5. Drinking Water Health Advisory: Perfluorobutane Sulfonic Acid (CASRN 375-73-5) and Related Compound Potassium Perfluorobutane Sulfonate (CASRN 29420-49-3). <https://www.epa.gov/system/files/documents/2022-06/drinking-water-pfbs-2022.pdf>. Zugegriffen: 10. Febr. 2024
6. UBA (2016) https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/374/dokumente/bewertung_der_konzentrationen_von_pfc_im_trinkwasser_-_wertebegrueudungen.pdf. Zugegriffen: 14. Juni 2024
7. ECHA (2024) <https://echa.europa.eu/de/guidance-documents/guidance-on-information-requirements-and-chemical-safety-assessment>. Zugegriffen: 14. Juni 2024