



Leitlinien zur Bewertung von PFAS

Stand: März 2024

1	Einführung	3
2	Stoffspektrum	5
3	Beurteilungskriterien und Anwendungshinweise	6
3.1	Bewertung von PFAS in Lebensmitteln	6
3.2	Trinkwasser	7
3.3	Gewässerschutz	8
3.3.1	Grundwasser	8
3.3.2	Oberflächengewässer	9
3.3.3	Einleitungen von Abwasser und anderen wässrigen Medien mit PFAS-Kontaminationen in Oberflächengewässer	10
3.3.4	Klärschlamm	15
3.3.5	Bewässerungswasser	16
3.4	PFAS in Löschschäumen, Entsorgung von Löschwasser	16
3.5	Schädliche Bodenveränderungen und Altlasten	17
4	Verwertung und Beseitigung	22
4.1	Verwertung von Bodenmaterial in Gruben und Brüchen sowie technischen Bauwerken	22
4.1.1	Allgemeine Regelungen	22
4.1.2	Verwertung in technischen Bauwerken	23
4.1.3	Verwertung in Gruben und Brüchen	23
4.2	Abfallentsorgungsanlagen	24
4.2.1	Entsorgung durch Ablagerung auf Deponien	24
4.2.2	Weitere Entsorgungsoptionen	25
5	Analytik	26
5.1	Chemische Analytik	26
5.2	Herstellung von Eluaten zur Bodenuntersuchung	27
6	Rechtliche Grundlagen	29
6.1	Internationale Abkommen	29
6.2	Regulierung durch die EU	29
6.2.1	CLP-Verordnung	29
6.2.2	REACH-Verordnung	29
6.2.3	POP-Verordnung	32
6.2.4	EU-Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit	32
6.2.5	Wasserrahmenrichtlinie mit nachgeordneten Richtlinien	33
6.2.6	EU-Trinkwasserrichtlinie / Trinkwasserverordnung (TrinkwV)	34
6.2.7	PFAS in Lebensmitteln	35
6.3	Bundesweite Regelungen zur Begrenzung von PFAS in der Umwelt	36
6.3.1	Oberflächengewässer und Grundwasser	36
6.3.2	Bodenschutz	36
6.4	Oberflächengewässer - Erläuterungen zur Ableitung von PNEC und UQN	36
	Glossar	38

1 Einführung

In Bayern und auch bundesweit sind zahlreiche Schadensfälle und Verunreinigungen mit per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS)¹ in Boden und Gewässern bekannt. PFAS werden industriell in breitem Umfang bei verschiedensten Prozessen und Produkten eingesetzt. Als Beispiele sind hier die Chemie-, Papier- oder Textilindustrie zu nennen. Aber auch in Galvanikbetrieben, im Maschinenbau oder der Halbleiterproduktion werden PFAS eingesetzt. Feuerlöschschäume können eine wesentliche Quelle für PFAS-Belastungen im Bereich von Zivil- und Militärflughäfen sowie bei Raffinerien sein. In weiten Bereichen sind diese aber in den letzten Jahren durch PFAS-freie Löschschäume abgelöst worden.

PFAS sind in der Umwelt außerordentlich stabil (persistent) und mittlerweile in Spuren in den verschiedensten Umweltmedien nachweisbar. Diese ubiquitären Hintergrundbelastungen aufgrund des breiten industriellen Einsatzes erschweren ein Zuordnen zu einer bestimmten Quelle. Als Ursache für die Hintergrundbelastung sind in diesem Zusammenhang neben Abwassereinleitungen auch Luftemissionen und Deposition zu nennen.

Großflächige wie auch kleinräumige PFAS-Umwelteinträge unterschiedlichster Ursachen zeigen Folgen, die direkte Auswirkungen insbesondere auf die Trinkwasserversorgung und auf die landwirtschaftliche Produktion haben können. Wasserversorgern entstehen bereits jetzt erhebliche Kosten für die Wasseraufbereitung mit der Folge einer Anhebung der Wassergebühren, landwirtschaftliche und gartenbauliche Betriebe können Produkte so z. B. nicht mehr vermarkten oder müssen die Produktion umstellen. Auch die Vermarktung von Wildtieren (z. B. Jagdwild, Fische) kann betroffen sein. Bei großflächigen Verunreinigungen ergeben sich auch Probleme in Bezug auf die Ausweisung von Baugebieten sowie den Umgang mit verunreinigtem Erdaushub. Damit ist auch die Bereitstellung von Deponiekapazitäten betroffen, vielerorts eine noch ungelöste Aufgabe.

In Abhängigkeit von Eintragsursachen, PFAS-Verteilungsmustern aber auch des Umfangs der verunreinigten Flächen sind die Betroffenheit der Bevölkerung und die Auswirkungen regional stark unterschiedlich. Bei relativ kleinräumigen Belastungen von Boden und Grundwasser können in der Regel Sanierungsmaßnahmen ergriffen werden. Bei großen flächenhaften Verunreinigungen sind Sanierungsmaßnahmen aus Gründen der Verhältnismäßigkeit oft nur teilweise möglich, hier steht das Schadensmanagement (z. B. Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen) im Vordergrund.

Bundesweit einheitliche gesetzliche Regelungen für diese Stoffklasse gibt es gegenwärtig in der Oberflächengewässerverordnung (OGewV), der Trinkwasserverordnung (TrinkwV), der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV), der Düngemittelverordnung (DüMV) und in der Lebensmittelgesetzgebung auf Grundlage der Verordnung (EU) 2023/915. Dabei sind jeweils unterschiedliche Parameter der PFAS berücksichtigt. Seit 26.10.2022 liegt ein Entwurf der EU-Kommission vor, der neue Umweltqualitätsnormen für Grund- und Oberflächenwasser enthält. Dabei wird ein neuer Bewertungsansatz eingeführt, der für aktuell 24 PFAS sog. Relative Potenzfaktoren (RPF) vorsieht, mit denen die einzelnen Parameter dann in PFOA-Äquivalente umgerechnet werden. Da dieser Ansatz mit einem breiten Konsens in den wissenschaftlichen Komitees akzeptiert wurde, wird er in den vorliegenden Leitlinien mitberücksichtigt.

In Ergänzung zu den seit Februar 2022 vorliegenden „Empfehlungen für die bundeseinheitliche Bewertung von Boden- und Gewässerverunreinigungen sowie für die Entsorgung PFAS-haltigen Bodenmaterials“² sind in diesen Leitlinien auch Hinweise zu Trinkwasser, Lebensmitteln und weiteren relevanten Beurteilungssituationen enthalten.

¹ Statt PFAS wird teilweise auch noch die Bezeichnung PFC für „Per- und polyfluorierte Chemikalien“ verwendet. Die Begriffe bezeichnen beide dasselbe.

² www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Bodenschutz/pfas_leitfaden_bf.pdf

Damit werden für den Vollzug in Bayern ein Bewertungsrahmen sowie beurteilungsrelevante Hintergrundinformationen zur Verfügung gestellt. So soll eine einheitliche Bewertung von PFAS-Einträgen in die Umwelt und von potenziellen Belastungen für den Menschen ermöglicht werden (z. B. Einleitungen in Oberflächengewässer und Grundwasser, Verwendung von belastetem Grundwasser für Bewässerung, Ablagerungen, Einsatz von PFAS-haltigen Feuerlöschmitteln u.a.). Zusätzlich enthalten die Leitlinien Maßstäbe für die Bewertung von Untersuchungsergebnissen und für Entscheidungen über ggf. erforderliche weitergehende Maßnahmen bei bestehenden Belastungen.

2 Stoffspektrum

Die Stoffgruppe der PFAS umfasst eine Vielzahl verschiedener Einzelsubstanzen. PFAS werden in langkettige, kurzkettige und ultrakurzkettige Verbindungen unterteilt, da sie unterschiedliche physikochemische Eigenschaften aufweisen. Als langkettig gelten nach einer Definition der OECD³ alle Perfluorcarbonsäuren mit sieben und mehr perfluorierten Kohlenstoffatomen (beginnend mit der Perfluorooctansäure, PFOA) und alle Perfluorsulfonsäuren mit sechs und mehr perfluorierten Kohlenstoffatomen (beginnend mit der Perfluorhexansulfonsäure, PFHxS). Als ultrakurzkettig gelten PFAS mit 2 oder 3 C-Atomen.

Analysierbar nach DIN 38407-42 (Wasser) bzw. DIN 38414-14 (Schlamm, Kompost, Boden)⁴:

Perfluorbutansäure (PFBA)	Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)
Perfluorpentansäure (PFPeA)	Perfluorpentansulfonsäure (PFPeS)
Perfluorhexansäure (PFHxA)	Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)
Perfluorheptansäure (PFHpA)	Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS)
Perfluorooctansäure (PFOA)	Perfluorooctansulfonsäure (PFOS)
Perfluornonansäure (PFNA)	Perfluornonansulfonsäure (PFNS)
Perfluordecansäure (PFDA)	Perfluordecansulfonsäure (PFDS)
Perfluorundecansäure (PFUnDA)	Perfluorundecansulfonsäure (PFUnDS)
Perfluordodecansäure (PFDoDA)	Perfluordodecansulfonsäure (PFDoDS)
Perfluortridecansäure (PFTrDA)	Perfluortridecansulfonsäure (PFTrDS)
Perfluor-2-propoxypropansäure (HFPO-DA)	
Perfluor-4,8-dioxa-3H-nonansäure (DONA)	
H4PFOS (= 6:2-FTS, 6:2-Fluortelomersulfonsäure)	

Noch nicht in o.g. DIN enthalten, aber grundsätzlich damit möglich

Perfluortetradecansäure (PFTeDA)
 Perfluorhexadecansäure (PFHxDA)
 Perfluorooctadecansäure (PFODA)

i. d. R. akkreditierte Hausverfahren oder alternativ anwendbare Normen:

6:2-Fluortelomeralkohol (6:2 FTOH)
 8:2-Fluortelomeralkohol (8:2 FTOH)
 Trifluoressigsäure (TFA) und weitere ultrakurzkettige PFAS
 Fluortelomersulfonsäuren (Capstone A[®], Capstone B[®])

Noch nicht in der Routine analysierbar, da keine Standards verfügbar sind.

Perfluor[(5-methoxy-1,3-dioxolan-4-yl)oxy]essigsäure (C6O4)

³ www.oecd.org/chemicalsafety/portal-perfluorinated-chemicals/aboutpfass/Figure1-classification-of-per-and-polyfluoroalkyl-substances%20-PFASs.pdf

⁴ Sowohl für die Analytik in Wasserproben nach DIN 38407-42 als auch in Schlamm, Kompost und Boden nach DIN 38414-14 ist die Anwendbarkeit des jeweiligen Verfahrens auf weitere Substanzen nicht ausgeschlossen, muss dann jedoch im Einzelfall geprüft werden.

3 Beurteilungskriterien und Anwendungshinweise

3.1 Bewertung von PFAS in Lebensmitteln

PFAS sind Umweltkontaminanten anthropogenen Ursprungs im Sinne des Artikel 1 Absatz 1 der Verordnung (EWG) Nr. 315/93 und in Lebensmitteln generell unerwünscht. Seit dem 01.01.2023 sind daher Höchstgehalte für Perfluoralkylsubstanzen in bestimmten Lebensmitteln tierischen Ursprungs in der Verordnung (EU) 2023/915 festgelegt; diese ersetzt die Verordnung (EG) Nr. 1881/2006, in die die Höchstgehalte ursprünglich aufgenommen worden waren. Unter Nr. 4.2 des Anhangs der Verordnung (EU) 2023/915 sind Höchstgehalte für Hühnereier, Fischfleisch (in Abhängigkeit von der Fischart unterteilt in drei Kategorien), Krebstiere und Muscheln, Fleisch und Innereien von Rindern, Schweinen und Geflügel sowie von Schafen und von Wild genannt. Es wurde jeweils ein Einzelhöchstgehalt für Perfluorooctansulfonsäure (PFOS), Perfluorooctansäure (PFOA), Perfluorononansäure (PFNA) und Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS) festgelegt und zusätzlich ein Summenhöchstgehalt für die Summe aus PFOS, PFOA, PFNA und PFHxS. Lebensmittel, in denen mindestens einer der vier Einzelhöchstgehalte oder der Summenhöchstgehalt überschritten wird, dürfen nach Artikel 2 Absatz 1 der Verordnung (EU) 2023/915 nicht in Verkehr gebracht und nicht als Rohstoffe in Lebensmitteln oder Zutaten in Lebensmitteln verwendet werden.

Da bei vielen Lebensmitteln noch kein repräsentativer Datensatz zum Vorkommen von PFAS vorliegt, verzichtete der Gesetzgeber vorerst auf die Festlegung von Höchstgehalten für diese Lebensmittel und definierte mit der Empfehlung (EU) 2022/1431 lediglich Richtwerte für Obst, Gemüse, stärkehaltige Wurzeln und Knollen, Wildpilze, Milch und Beikost. Wenn diese Richtwerte überschritten werden, soll eine weitergehende Untersuchung der Ursachen für die festgestellte Kontamination durchgeführt werden.

Bei der Bewertung von Lebensmitteln, für die kein Höchstgehalt der Verordnung (EU) 2023/915 anwendbar ist, kann auf die Bewertung der europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) aus dem Jahr 2020 abgestellt werden. Die EFSA hat darin eine maximal duldbare wöchentliche Aufnahme (TWI, tolerable weekly intake) von 4,4 ng/kg Körpergewicht (KG) für die Summe der vier bewerteten PFAS (PFOA, PFOS, PFNA und PFHxS) abgeleitet⁵. Umgerechnet auf einen Tag entspricht dies einer täglichen Aufnahmemenge von 0,63 ng/kg KG, die lebenslang aufgenommen werden kann, ohne dass gesundheitsschädliche Wirkungen dadurch zu erwarten sind. Die für die Bewertung bedeutsamste Wirkung auf die Gesundheit des Menschen stellt dabei eine verminderte Immunantwort dar. In Abhängigkeit vom PFAS-Gehalt in einer Lebensmittelprobe und der zu erwartenden Verzehrmenge für dieses Lebensmittel, kann abgeschätzt werden, ob der dauerhafte Verzehr dieses Lebensmittels zu einer Überschreitung des EFSA-TWI-Wertes führen würde. Sollte dies der Fall sein, ist nach Auffassung des LGL gemäß Artikel 2 Absatz 2 der Verordnung (EWG) 315/93 der verantwortliche Lebensmittelproduzent verpflichtet, Maßnahmen zu prüfen und zu ergreifen, um die Kontamination auf so niedrige Werte zu begrenzen, wie sie durch gute Praxis erreicht werden kann (ALARA-Prinzip, As Low As Reasonably Achievable).

Liegt ein stark erhöhter Gehalt vor, der den TWI-Wert mit dem zu erwartenden Verzehr bzw. - wenn vorhanden - den Höchstgehalt deutlich überschreitet, wird eine toxikologische Risikobewertung durchgeführt. Bei einer erheblichen Überschreitung der maximal empfohlenen Aufnahmemenge an PFAS bei durchschnittlichen Verzehrmenngen, die einen Großteil der Verzehrgeohnheiten der Bevölkerung abdecken und auch empfindliche Verbrauchergruppen wie Kinder berücksichtigen, kann es zu einer Beurteilung des Lebensmittels als nicht zum Verzehr geeignet gemäß Artikel 14 Absatz 2 Buchstabe b der Verordnung (EG) Nr. 178/2002 kommen.

Die Verantwortung für die Einhaltung der Höchstgehalte in Lebensmitteln liegt bei den Lebensmittelunternehmern bzw. -produzenten. Die Überwachung erfolgt durch die amtliche Lebensmittelkontrolle der vor Ort zuständigen Landratsämter bzw. kommunalen Behörden der kreisfreien Städte sowie für bestimmte

⁵ European Food Safety Authority (EFSA) (2020) Risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food. EFSA Journal: adopted: 9. Juli 2020 (www.efsa.europa.eu/de/efsajournal/pub/6223)

Lebensmittelherstellungsbetriebe durch die Bayerische Kontrollbehörde für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (KBLV). Die Fachbehörde für die Untersuchung und rechtliche Beurteilung von amtlichen Lebensmittelproben hinsichtlich PFAS ist das Bayerische Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL); die zuständige oberste Landesbehörde das Bayerische Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (StMUV).

Weitere Informationen unter: www.lgl.bayern.de/lebensmittel/chemie/kontaminanten/pfas

3.2 Trinkwasser

Die Neufassung der Anfang 2021 in Kraft getretenen Europäischen Trinkwasserrichtlinie (Richtlinie (EU) 2020/2184 vom 16.12.2020) sieht erstmalig Parameterwerte für PFAS vor. Für 20 definierte Einzelverbindungen wurde ein Summengrenzwert von 0,1 µg/l festgelegt oder alternativ ein Grenzwert von 0,5 µg/l für alle in der Probe erfassbaren PFAS. Die Richtlinie gilt nicht unmittelbar in Deutschland, sondern wurde u. a. mit der zweiten Verordnung zur Novellierung der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) vom 20. Juni 2023 in nationales Recht⁶ umgesetzt. Es wurde dabei lediglich der Parameter „Summe der PFAS“, bezeichnet als „Summe PFAS-20“, in Höhe von 0,1 µg/l übernommen und um einen weiteren Grenzwert für die Summe aus den Gehalten von PFOS, PFOA, PFNA und PFHxS in Höhe von 0,02 µg/l ergänzt (bezeichnet als „Summe PFAS-4“). Der zusätzliche Grenzwert orientiert sich zwar an der von der europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) 2020 veröffentlichten tolerierbaren wöchentlichen Aufnahmemenge (TWI) für die genannten PFAS, soll jedoch eine Risikominimierung mit vertretbarem Aufwand umsetzen. Der Grenzwert „Summe PFAS-20“ gilt ab dem 12. Januar 2026, der Grenzwert „PFAS-4“ ab dem 12. Januar 2028.

Wird dem Gesundheitsamt bekannt, dass im Trinkwasser einer Wasserversorgungsanlage die Grenzwerte für PFAS nach Anlage 2 Teil I i. V. m. § 7 Absatz 2 TrinkwV nicht eingehalten werden, hat es gemäß § 62 Abs. 1 TrinkwV unverzüglich zu beurteilen, ob eine Schädigung der menschlichen Gesundheit zu besorgen ist. Die weiteren erforderlichen Maßnahmen hängen vom Ergebnis dieser Beurteilung ab. Unabhängig davon ordnet das Gesundheitsamt nach § 65 Abs. 2 TrinkwV bei Nichteinhaltung der Grenzwerte für PFAS nach Anlage 2 Teil I i. V. m. § 7 Absatz 2 TrinkwV an, dass unverzüglich die notwendigen Maßnahmen zur Wiederherstellung einer einwandfreien Trinkwasserqualität getroffen werden.

Folgende 20 PFAS werden mit ihren Gehalten in den Grenzwert „Summe PFAS-20“ der Anlage 2 TrinkwV einbezogen:

Perfluorbutansäure (PFBA)	Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)
Perfluorpentansäure (PFPeA)	Perfluorpentansulfonsäure (PFPeS)
Perfluorhexansäure (PFHxA)	Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)
Perfluorheptansäure (PFHpA)	Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS)
Perfluoroctansäure (PFOA)	Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)
Perfluornonansäure (PFNA)	Perfluornonansulfonsäure (PFNS)
Perfluordecansäure (PFDA)	Perfluordecansulfonsäure (PFDS)
Perfluorundecansäure (PFUnDA)	Perfluorundecansulfonsäure (PFUnDS)
Perfluordodecansäure (PFDoDA)	Perfluordodecansulfonsäure (PFDoDS)
Perfluortridecansäure (PFTTrDA)	Perfluortridecansulfonsäure (PFTTrDS)

Die Überwachungspflicht für Wasserversorger hinsichtlich PFAS gilt ab 12.01.2026.

⁶ <https://www.recht.bund.de/bgbl/1/2023/159/VO.html>

Folgende 4 PFAS werden mit ihren Gehalten in den Grenzwert „Summe PFAS-4“ der Anlage 2 TrinkwV einbezogen:

- Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)
- Perfluorooctansäure (PFOA)
- Perfluorooctansulfonsäure (PFOS)
- Perfluorononansäure (PFNA)

Die Überwachungspflicht für Wasserversorger hinsichtlich PFAS-4 gilt ab 12.01.2028.

Die Überwachung des Trinkwassers fußt auf dem Infektionsschutzgesetz und fällt in Bayern deshalb in den Zuständigkeitsbereich der Gesundheitsämter. Die zuständige oberste Landesbehörde ist das Bayerische Staatsministerium für Gesundheit, Pflege und Prävention (StMGP); die Fachbehörde für die Untersuchung und rechtliche Beurteilung von amtlichen Trinkwasserproben hinsichtlich PFAS ist das Bayerische Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL).

3.3 Gewässerschutz

3.3.1 Grundwasser

Eine gemeinsame Arbeitsgruppe der LAWA und der LABO hat im Jahr 2017 anhand von Informationen zum Vorkommen und zur Verbreitung sowie aus Einzelfallberichten 13 PFAS als für das Grundwasser prioritär benannt. Für sieben dieser Verbindungen konnte sie GFS-Werte auf der Grundlage humantoxikologischer Daten ableiten⁷. Bei ihrer Überschreitung liegt gemäß der Anwendungsgrundsätze im LAWA-GFS-Bericht⁸ eine schädliche Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit vor.

Für weitere sechs PFAS hat die LAWA-LABO-Arbeitsgruppe aufgrund der eingeschränkten Datenlage Gesundheitliche Orientierungswerte (GOW) angegeben. Für nicht bewertete PFAS wird empfohlen, hilfsweise einen Wert von 0,1 µg/l je Einzelsubstanz - orientierend am ALARA-Prinzip - zu verwenden (vgl. Tab. 1).

Tab. 1: Erforderliche Untersuchungsparameter für Grundwasser

Stoff	Vorläufiger Schwellenwert (SW) in µg/l	Perfluorierte Kettenlänge	Begründung
PFBA Perfluorbutansäure	10,0	kurzkettig	Übernahme des GFS-Werts der LAWA, bzw. Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung, neue Fassung gültig ab 01.08.2023
PFBS Perfluorbutansulfonsäure	6,0	kurzkettig	
PFHxA Perfluorhexansäure	6,0	kurzkettig	
PFHxS Perfluorhexansulfonsäure	0,1	langkettig	
PFOA Perfluoroktansäure	0,1	langkettig	
PFOS Perfluoroktansulfonsäure	0,1	langkettig	
PFNA Perfluorononansäure	0,06	langkettig	

⁷ LAWA (2017): Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser – PFAS. www.lawa.de/documents/03_anlage_3_bericht_gfs_fuer_PFAS_endfassung_22_11_2017_2_1552302208.pdf

⁸ LAWA (2016): Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser – Aktualisierte und überarbeitete Fassung 2016. www.lawa.de/documents/geringfuegigkeits_bericht_seite_001_028_1552302313.pdf

Stoff	Vorläufiger Schwellenwert (SW) in µg/l	Perfluorierte Kettenlänge	Begründung
PFPeA Perfluorpentansäure	3,0	kurzkettig	Übernahme des GOW
PFHpA Perfluorheptansäure	0,3	kurzkettig	
PFHpS Perfluorheptansulfonsäure	0,3	langkettig	
H4PFOS H4-Polyfluoroktansulfonsäure	0,1	langkettig	
PFDA Perfluordekansäure (ggf. Summe mit allen PFAS > C10)	0,1	langkettig	
PFOSA Perfluoroktansulfonamid	0,1	langkettig	
Weitere PFAS mit R ₁ -(CF ₂) _n -R ₂ mit n > 3	0,1		

Am 26.10.2022 hat die EU-Kommission einen Vorschlag zur Änderung der Grundwasser-Richtlinie 2006/118/EG veröffentlicht. Bei einer entsprechenden Änderung der GrwV werden die LfU-Leitlinien angepasst. Das Parameterspektrum unterscheidet sich von dem der Trinkwasserrichtlinie vor allem durch die Berücksichtigung einiger langkettiger Verbindungen, sowie von polyfluorierten Verbindungen. In der Bewertung erhält jeder Parameter einen Toxizitätsfaktor in Relation zu PFOA (Relativer Potenzfaktor, RPF), daraus wird dann ein Summenwert (PFOA-Äquivalente) gebildet, für den eine UQN von 4,4 ng/l festgelegt wurde (s. Tab. 7, Kap. [6.2.5](#)).

Gegenüber den PFAS-Summengrenzwerten der TrinkwV richten sich die Grundwasserqualitätsnormen der Grundwasserrichtlinie (Entwurf vom 26.10.2022) nicht nur nach den Anforderungen des Gesundheitsschutzes (Humantoxizität), sondern darüber hinaus auch nach den Anforderungen des Umwelt- und Naturschutzes (Ökotoxizität, „secondary poisoning“, vgl. Kap. [6.4](#)). Zudem soll beim Nachweis steigender Konzentrationen im Grundwasser noch ein ausreichender Abstand zu den Werten der Trinkwasserverordnung gegeben sein, um ggf. Minderungsmaßnahmen ergreifen zu können. Die Werte für das Grundwasser können daher strenger sein⁹.

Werden im Rahmen des Gewässermonitorings auffällige PFAS-Messwerte bekannt und bestätigen sich diese Werte in einer Nachuntersuchung, übernimmt das LfU die Koordinierung der weiteren Schritte wie z. B. eine Informationsweitergabe zwischen den zu beteiligenden Behörden und stößt ggf. weitergehende Untersuchungen an.

3.3.2 Oberflächengewässer¹⁰

Die Oberflächengewässerverordnung (OGewV) enthält Umweltqualitätsnormen (UQN) ausschließlich für PFOS und ihre Derivate. Nur diese Verbindungen sind daher derzeit zur Bewertung des chemischen Gewässerzustands und damit für die Bewirtschaftungsziele nach § 27 WHG relevant.

Die Biota-UQN für PFOS beträgt 9,1 µg/kg und darf in Fischen nicht überschritten werden. Dieser Wert wurde für das Schutzgut menschliche Gesundheit über den Fischkonsum abgeleitet. Der Jahresdurch-

⁹ Beispielsweise ist die Grundwasserqualitätsnorm mit dem Erreichen des Grenzwerts nach TrinkwV für die „Summe PFAS-4“ (20 ng/l für die Summe aus PFHxS, PFOS, PFOA und PFNA) in jedem Fall bereits deutlich überschritten: Bestenfalls (20 ng/l PFHxS) mit 12 ng/l PFOA-Äquivalente und schlimmstenfalls (20 ng/l PFNA) mit 200 ng/l PFOA-Äquivalente. Wegen des voneinander abweichenden Parameterspektrums sind die Grundwasserqualitätsnorm (Summe aus 24 PFAS) und der Grenzwert für die „Summe PFAS-20“ der TrinkwV (0,10 µg/l) nicht direkt miteinander vergleichbar: Im besten Fall (0,10 µg/l PFBS) würde mit dem Erreichen des Grenzwerts die Grundwasserqualitätsnorm noch eingehalten werden (0,1 ng/l PFOA-Äquivalente).

¹⁰ In Anlehnung an: www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Bodenschutz/pfas_leitfaden_bf.pdf

schnittswert für die Wasserphase beträgt 0,65 ng/l (JD-UQN), die zulässige Höchstkonzentration 36 µg/l (ZHK-UQN), abgeleitet aus einem Algentest.

Für die Einstufung des chemischen Zustands wird die Einhaltung der UQN über ein Biota-Monitoring geprüft. Nur wenn dies nicht möglich ist, kann alternativ die JD-UQN in der Wasserphase verwendet werden.

Am 26.10.2022 hat die EU-Kommission einen Vorschlag zur Änderung der Umweltqualitätsnormen-Richtlinie 2008/105/EG (UQN-RL) veröffentlicht. Bei einer entsprechenden Änderung der OGewV werden diese Leitlinien angepasst. Das vorgeschlagene Parameterspektrum ist identisch mit dem für Grundwasser und Tab. 7 (Kap. 6.2.5) zu entnehmen. In der Bewertung erhält jeder Parameter einen Toxizitätsfaktor (Relativer Potenzfaktor, RPF) in Relation zu PFOA, daraus wird dann ein Summenwert (PFOA-Äquivalente) gebildet, für den analog dem Grundwasser eine UQN von 4,4 ng/l in Wasser festgelegt wurde. Für Biota wird eine UQN von 77 ng/kg vorgeschlagen, ebenfalls ausgedrückt in PFOA-Äquivalenten. Die Einstufung des chemischen Zustands eines Oberflächenwasserkörpers soll wie bisher über ein Biota-Monitoring erfolgen und nur in Ausnahmefällen über die Wasserphase.

Werden im Rahmen des Gewässermonitorings beim LfU auffällige PFAS-Messwerte bekannt und bestätigen sich diese Werte in einer Nachuntersuchung, übernimmt das LfU die Koordinierung der weiteren Schritte wie z. B. eine Informationsweitergabe zwischen den zu beteiligenden Behörden und stößt ggf. weitergehende Untersuchungen an.

3.3.3 Einleitungen von Abwasser und anderen wässrigen Medien mit PFAS-Kontaminationen in Oberflächengewässer

3.3.3.1 Herkunft des Abwassers und anderer wässriger Medien mit PFAS-Kontaminationen

PFAS-haltige Abwässer treten bei der Herstellung entsprechender Produkte auf. Betroffen sind insbesondere bestimmte Produktionsprozesse der Chemiebranche, von Galvanik- und Tiefdruckbetrieben, Papier- und Lederfabriken sowie Textilveredlern.

PFAS-haltiges Abwasser kann auch infolge der Anwendung relevanter Produkte durch Industrie und Gewerbe sowie in Privathaushalten anfallen. Aktuelle Einträge über das Abwasser können auch PFAS-Verbindungen betreffen, die mittlerweile nicht mehr auf dem Markt sind. Beispielsweise haben Prozessbäder in Galvanikbetrieben oft lange Standzeiten und kontaminierte Prozessanlagen und Abwasserleitungen bluten über einen langen Zeitraum aus, was sich auch durch intensive Reinigungsmaßnahmen nicht verhindern lässt.

Grundsätzlich können auch Einleitungen aus kommunalen Kläranlagen betroffen sein. Die Konzentrationen sind dort jedoch im Vergleich zu Betriebsabwässern meist wesentlich geringer, außer in Einzelfällen, wenn PFAS-relevante Indirekteinleiter einen hohen Anteil am Abwasserzustrom der Kläranlage haben.

PFAS können aber auch bereits im Rohwasser enthalten sein, das aus entsprechend kontaminiertem Grund- oder Oberflächenwasser entnommen und für betriebliche Zwecke eingesetzt wird. Die ursprüngliche PFAS-Kontamination wird dabei oft über den Abwasserpfad weitergegeben, etwa im Zuge einer Trink- oder Betriebswasseraufbereitung, wobei ggf. eine Aufkonzentrierung erfolgt (z. B. Konzentrate aus einer Umkehrosmose), oder bei einer Nutzung als Kühlwasser.

Bei entsprechenden Abfallablagerungen auf einer Deponie kann dort Sickerwasser als PFAS-haltiges Abwasser anfallen.

Schließlich kann im Brandfall, insbesondere bei einem Einsatz von PFAS-haltigen Löschmitteln, entsprechend kontaminiertes Löschwasser anfallen (s. Kapitel 3.4). Auch fest installierte automatische Feuerlöscheinrichtungen (Sprinkler) können entsprechende Befüllungen aufweisen.

Neben Abwasser können auch andere PFAS-haltige wässrige Medien, die den Abwasserbegriff nach § 54 Absatz 1 WHG nicht erfüllen, allein oder zusammen mit Abwasser über einen entsprechenden Pfad beseitigt werden. Dies trifft insbesondere auf gereinigtes Grundwasser aus Altlastensanierungen zu.

Die nachfolgenden Ausführungen sind grundsätzlich für alle vorgenannten Fallkonstellationen von Bedeutung.

3.3.3.2 Behandlungsmöglichkeiten

Bislang wurden fallweise Reinigungstechnologien für PFAS-kontaminierte wässrige Medien auf der Basis insbesondere von Membranverfahren, Ionenaustauscher oder Aktivkohle eingesetzt, jedoch mit unterschiedlichem Erfolg. Im Regelfall ist eine einzelfallspezifische Pilotierung erforderlich. Ein stabiler Routinebetrieb lässt sich umso eher erreichen, je einfacher und stabiler die Zusammensetzung des zu behandelnden Mediums ist, was z. B. oft bei der Altlastensanierung oder der Wasseraufbereitung zutrifft, jedoch nicht bei Betriebsabwässern mit hoher organischer Belastung oder häufig wechselnder Beschaffenheit. Insbesondere bei nur zeitweise in überschaubaren Mengen anfallenden und signifikant kontaminierten wässrigen Medien stellt die Sonderabfallverbrennung einen sinnvollen Entsorgungsweg dar (s. Kapitel 4.2.1).

Die Broschüre „Leitfaden zur Behandlung PFAS-haltiger Industrieabwässer“ gibt einen aktuellen Überblick über Verfahren, Entwicklungsstände und Hersteller¹¹.

3.3.3.3 Mindestanforderung nach dem Stand der Technik

Die AbwV enthält keine Emissionsstandards für PFAS, sondern fordert lediglich für bestimmte Anwendungsbereiche innerbetriebliche Maßnahmen (Verzicht auf PFAS-haltige Einsatzstoffe bzw. optimierte Verbrauchssteuerung und -minimierung bei unverzichtbarem Einsatz). Außerdem wurde in der Anlage 1 zu § 4 AbwV (Analysen- und Messverfahren) ein Verfahren zur Bestimmung von PFAS aufgenommen (DIN 38407-42, Ausgabe März 2011).

Eine darüberhinausgehende allgemeine Festsetzung von Mindestanforderungen nach dem Stand der Technik, im Sinne von branchenbezogen zulässigen Frachten oder Konzentrationen, wurde vom Bund bisher nicht vorgenommen. Dafür besteht kein ausreichend gesicherter Kenntnis- bzw. Entwicklungsstand zur Abwasserbelastung sowie zu praxiserprobten Behandlungsverfahren. Ursächlich ist dafür auch die dynamische Entwicklung von Ersatzstoffen mit unterschiedlichen chemisch-physikalischen Eigenschaften und deren Auswirkungen auf die Effizienz möglicher Eliminationsverfahren.

3.3.3.4 Beurteilungskriterien für Einleitungen in Oberflächengewässer

Auswirkungen auf den chemischen Zustand des Gewässers

Die OGewV enthält Umweltqualitätsnormen (UQN) ausschließlich für PFOS und ihre Derivate (s. 3.3.2). Nur diese Verbindungen sind daher derzeit zur formalen Bewertung des chemischen Gewässerzustands und für die damit zusammenhängenden Bewirtschaftungsvorgaben nach § 27 WHG zu betrachten (Verschlechterungsverbot, Zielerreichungsgebot, s. u.).

Weitere Auswirkungen

Unabhängig von den Auswirkungen auf die formale Einstufung des chemischen Zustands sind Beurteilungsgrundlagen zu berücksichtigen, soweit sie auf den Einzelfall hinsichtlich der zu erwartenden Auswirkungen auf die Schutzziele für den betroffenen Gewässerbereich anwendbar sind.

¹¹ www.cee.ed.tum.de/fileadmin/w00cbe/sww/pdf/Leitfaden_PFAS-haltige_Abwaesser.pdf

Hierzu gehören hinsichtlich möglicher Auswirkungen auf den Lebensraum insbesondere

- Werte für $PNEC_{\text{aquat}}$,
- relevante Daten aus chemikalienrechtlichen Stoffbewertungen (z. B. [SVHC-Einstufungen, s. 6.2.2.1](#)),
- relevante Daten, die dem Vorschlag der EU-KOM vom 26.10.2022 für die Revision der UQN-Richtlinie zugrunde liegen (s. o.),
- die Notwendigkeit für Vorsorgemaßnahmen aufgrund der Einstufung des betroffenen Gewässers als besonders schützenswert bzw. sensibel.

Des Weiteren sind mögliche Auswirkungen auf bestehende oder künftige Nutzungen, die im Rahmen der Gewässerbewirtschaftung zu sichern sind, zu prüfen. Insbesondere sind hier die PFAS-bezogenen Anforderungen der TrinkwV relevant, wenn die öffentliche Wasserversorgung durch die Abwassereinleitung beeinflusst werden kann.

Die Auswirkungen hinsichtlich naturschutzfachlicher oder fischereilicher Schutzziele sind von den dafür zuständigen Fachstellen zu prüfen (untere Naturschutzbehörde, Fischereifachberatung).

3.3.3.5 Hinweise für die Prüfung

Grundsatz

Die fachliche Prüfung möglicher Auswirkungen einer beantragten Einleitung, ihrer Zulässigkeit und die Festlegung von Anforderungen im Zuge eines wasserrechtlichen Erlaubnisverfahrens müssen stets bezogen auf die Umstände des jeweiligen Einzelfalls erfolgen und entsprechend begründet werden. Insbesondere für Auflagen, die aus Vorsorgegründen festgesetzt werden sollen, ist eine nachvollziehbare Prüfung der Verhältnismäßigkeit der damit für den Antragsteller verbundenen Belastung unverzichtbar.

Die erforderlichen Daten sind grundsätzlich mit dem Antrag vorzulegen.

Prognose der stofflichen Auswirkung (zu erwartende Konzentrationserhöhung im Gewässer)

Als Grundlage für die Bewertung ist zunächst abzuschätzen, welche Konzentrationserhöhungen für PFAS im Oberflächengewässer infolge der beantragten Einleitung zu erwarten sind. Es ist dafür festzulegen, welches Stoffspektrum bzw. welche Summenparameter dafür relevant sind.

Die Konzentrationserhöhung ΔC ergibt sich aus dem folgenden Zusammenhang:

$$\Delta C = \frac{Q \times C_{HG} + A_{Abw} \times C_{Abw}}{Q + A_{Abw}} - C_{HG}$$

Q = Maßgeblicher Abfluss im Gewässer (Volumen/Zeit)

C_{HG} = Hintergrundkonzentration (Masse/Volumen)

A_{Abw} = Abwasservolumenstrom (Volumen/Zeit)

C_{Abw} = Stoffkonzentration im Abwasser (Masse/Volumen)

Als maßgeblicher Abfluss im Gewässer sollte für die Bewertung chronischer Effekte der Medianwert (Q_{Median}) gewählt werden, da bei Verwendung von MQ (mittlerer Abfluss) oder MNQ (mittlerer Niedrigwasserabfluss) seltene Extremereignisse überproportional ins Gewicht fallen.¹² Diese Vorgehensweise ist insbesondere für die Prüfung der Einhaltung von Jahresdurchschnittskonzentrationen angebracht.

¹² Ist der Medianwert nicht einfach zu ermitteln, jedoch der MQ bekannt, kann näherungsweise von folgender statistischen Abhängigkeit ausgegangen werden: **Medianwert = MQ x 0,7**
(Diese Abhängigkeit wurde vom LfU als Mittelwert einer Auswertung von 503 bayerischen Pegeldata abgeleitet)

Die Verwendung des MNQ ist dagegen für die Prüfung der Einhaltung von zulässigen Höchstkonzentrationen sachgerecht.

Der Ort im betroffenen Gewässer, auf den die Prognose zu beziehen ist, richtet sich nach der jeweiligen Fragestellung bzw. den Schutzziele. Für mögliche Auswirkungen auf den Gewässerzustand im Sinne der OGeWV sind die repräsentativen Messstellen der betroffenen OWK ausschlaggebend. Hinsichtlich sonstiger möglicher Auswirkungen ist grundsätzlich die Situation im relevanten Abstrom-Bereich der Einleitungsstelle zu betrachten. Sofern andere Nutzungen, beispielsweise eine Wasserentnahme, betroffen sein können, ist die dafür maßgebliche örtliche Situation zu berücksichtigen.

Liegt die prognostizierte Konzentrationserhöhung ΔC unterhalb der Bestimmungsgrenze des einschlägigen Analyseverfahrens (i. d. R. 1 ng/l, vgl. Kap. 5), dann ist von einer unwesentlichen Veränderung der Gewässerbeschaffenheit auszugehen und die Prüfung ist beendet.

Ist eine bestimmbare Konzentrationserhöhung zu erwarten, so ist diese im Hinblick auf die oben genannten Beurteilungskriterien zu bewerten.

Prüfung im Hinblick auf schädliche Gewässeränderungen gem. § 12 Absatz 1 WHG

Die Vermeidung schädlicher Gewässeränderungen gemäß § 12 Absatz 1 WHG ist eine unabdingbare Voraussetzung für die Erlaubnisfähigkeit einer beantragten Einleitung.

Eine Gewässeränderung ist schädlich im Sinne des § 3 Nr. 10 WHG, wenn sie das Wohl der Allgemeinheit beeinträchtigt. Sie stellt dann gemäß § 12 Absatz 1 WHG einen zwingenden Grund für die Versagung einer Erlaubnis dar. Ein solcher Versagungsgrund läge beispielsweise vor, wenn die Einleitung laut Prognose zu Überschreitungen der PFAS-bezogenen Anforderungen an eine bestehende Trinkwasserversorgung führen würde.

Ebenfalls ein Versagungsgrund wäre die Veränderung von Gewässereigenschaften, die nicht den Anforderungen entsprechen, die sich zwingend aus anderen wasserrechtlichen Vorschriften ergeben. Solche Anforderungen können sich aus den Bewirtschaftungszielen des § 27 WHG ergeben. Hierzu gehört das Verbot der Verschlechterung des chemischen Zustands. Sie wäre zu erwarten, wenn die bestimmbare Erhöhung der PFOS-Konzentration in einem betroffenen Oberflächenwasserkörper zu einer Überschreitung der UQN für PFOS oder zu einer Erhöhung einer bereits vorliegenden Überschreitung führen würde. Gleichbedeutend wäre ein Verstoß gegen das Zielerreichungsgebot im Sinne des § 27 WHG. Er wäre zu erwarten, wenn nach aktuellem Erkenntnisstand für die Zielerreichung konkrete Maßnahmen zur Verringerung bestehender PFOS-Einträge durchgeführt werden sollen, deren Erfolg durch die Zulassung zusätzlicher PFOS-Einträge gefährdet wäre. Die betreffenden Maßnahmen müssen nicht zwingend bereits in einem Maßnahmenprogramm nach § 82 WHG formal festgesetzt sein.

Prüfung im Hinblick auf die Vereinbarkeit mit allgemeinen Bewirtschaftungsgrundsätzen (§ 12 Absatz 2 WHG)

Liegt kein Versagungsgrund vor, ist zu prüfen, ob die prognostizierten Auswirkungen mit den Grundsätzen der Gewässerbewirtschaftung nach § 12 Absatz 2 WHG vereinbar sind. Auf dieser Grundlage können insbesondere Anforderungen gestellt werden, die erforderlich sind,

- um die Funktions- und Leistungsfähigkeit des Gewässers als Bestandteil des Naturhaushalts und als Lebensraum für Tiere und Pflanzen zu erhalten und zu verbessern, insbesondere auch durch Schutz vor nachteiligen Veränderungen (§ 6 Absatz 1 Nr. 1 WHG), oder
- bestehende oder zukünftige Nutzungsmöglichkeiten insbesondere für die öffentliche Wasserversorgung zu erhalten oder zu schaffen (§ 6 Absatz 1 Nr. 4 WHG).

Entsprechende Anforderungen sind unter Bezug auf die jeweiligen Gewässerverhältnisse und Stoffeigenschaften fachlich zu begründen. In diesem Zusammenhang können auf den Einzelfall anwendbare toxikologisch begründete Beurteilungswerte ($PNEC_{\text{aquat}}$) und Stoffbewertungen nach Chemikalienrecht – etwa die Einstufung als SVHC-Stoff (substance of high concern) – als Entscheidungshilfe dienen (s. o.).

Prüfung im Hinblick auf die Notwendigkeit vorsorglicher Maßnahmen für den Gewässerschutz

Sofern konkrete schädliche Gewässerveränderungen oder Verstöße gegen Bewirtschaftungsgrundsätze innerhalb eines überschaubaren Zeitraums nicht zu erwarten sind, können gegebenenfalls Anforderungen im Sinne einer Eintragsminimierung aus Vorsorgegründen gestellt werden. Dabei ist das Schutzbedürfnis des jeweiligen Gewässers mit den unerwünschten Eigenschaften der betroffenen PFAS in Beziehung zu setzen. Außerdem ist hinsichtlich der Verhältnismäßigkeit der Anforderungen die Verfügbarkeit geeigneter Minimierungsmaßnahmen und der damit verbundene Aufwand für Investition und Betrieb zu prüfen. Eine entsprechende prüffähige Darstellung soll in begründeten Fällen Bestandteil des Antrags sein.

Vermeidungs- und Behandlungsmaßnahmen

Aus den vorgenannten Gründen können Maßnahmen erforderlich werden, um eine zulässige Beschaffenheit des einzuleitenden Abwassers bzw. Mediums sicherzustellen. Hierzu gehört neben innerbetrieblichen Vermeidungsmaßnahmen insbesondere eine Behandlung zur ausreichenden Verminderung der Einleitungsfrachten. Die erforderliche Eliminationsleistung ergibt sich dabei aus der einzelfallbezogenen Immissionsprognose. Letztlich muss die nach Behandlung noch verbleibende Einleitungsfracht unbedenklich sein im Hinblick auf die vorgenannten Beurteilungskriterien und Schutzziele.

Im Hinblick auf die Einhaltung der Bewirtschaftungsziele nach § 27 WHG ist eine ausreichende Reinigungsleistung in jedem Fall gegeben, wenn die nach Behandlung verbleibende PFOS-Fracht nicht zu einer erstmaligen Überschreitung der UQN oder – bei einer bereits bestehenden UQN-Überschreitung – zu einer weiteren messbaren Erhöhung der PFOS-Konzentration im aufnehmenden Oberflächenwasserkörper führt bzw. nicht zu erwarten ist.

Im Hinblick auf eine Vermeidung von Beeinträchtigungen einer Trinkwasserversorgung ist eine ausreichende Reinigungsleistung in jedem Fall gegeben, wenn die nach Behandlung verbleibende PFAS-Fracht nicht zu einer Überschreitung der Anforderungen der TrinkwV im aufnehmenden Gewässer führt.

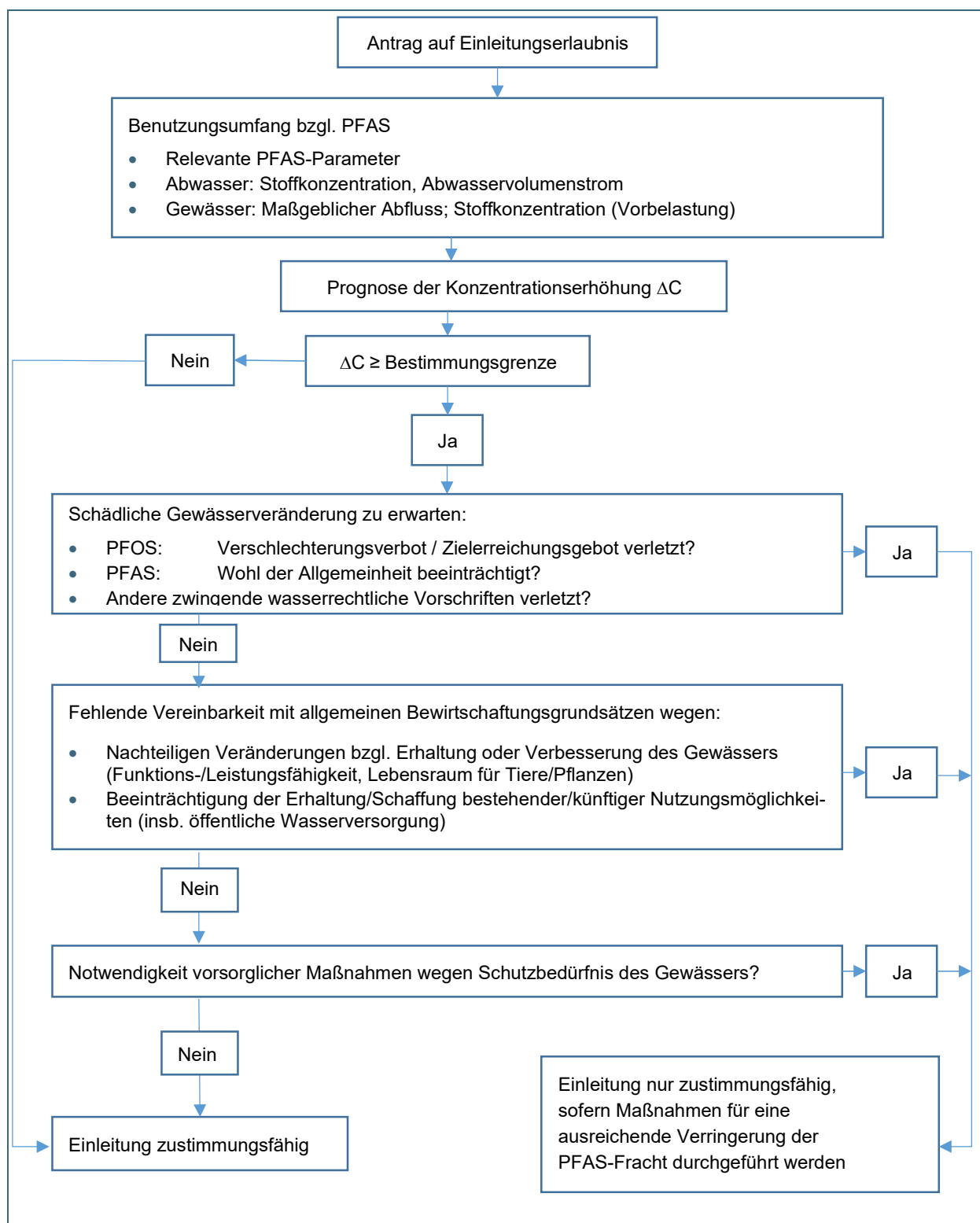


Abb. 1: Prüfschema bei Antrag auf Einleitungserlaubnis in ein Oberflächengewässer

3.3.4 Klärschlamm

Für die bodenbezogene Verwertung von Klärschlamm sind seit 27.09.2017 Festlegungen zur Untersuchung auf PFAS in der Klärschlammverordnung (AbfKlärV) getroffen. Gemäß § 5 Absatz 2 Satz 1 Nr. 4 AbfKlärV ist der Klärschlamm vor Abgabe an den Klärschlammnutzer, den Gemischhersteller oder den Komposthersteller auf polyfluorierte Verbindungen mit den Einzelsubstanzen Perfluorooctansäure und Perfluorooctansulfonsäure untersuchen zu lassen. Die Untersuchung ist mindestens alle 2 Jahre zu wiederholen.

Wird Klärschlamm auf landwirtschaftlich genutzten Flächen aufgebracht, ist unter anderem die Düngemittelverordnung (DüMV) zu berücksichtigen. Hier ist für PFAS (noch als früher gebräuchliche „perfluorierte Tenside“ (PFT)) als Summe aus Perfluorooctansäure (PFOA) und Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) ein Grenzwert von 100 µg/kg TM festgelegt, ab 50 µg/kg TM besteht eine Kennzeichnungspflicht (Anlage 2, Tabelle 1 DüMV).

Die für Bayern mit Schreiben des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz vom 07.01.2008 (zuletzt aktualisiert am 22.03.2016) festgelegten Regelungen zur Untersuchungspflicht auf PFAS verloren mit Inkrafttreten der Novelle der AbfKlärV ihre Gültigkeit.

3.3.5 Bewässerungswasser

Aufgrund des Bewässerungsbedarfs landwirtschaftlicher und gärtnerischer Betriebe ergibt sich die Notwendigkeit einer für die Schutzgüter Boden und Pflanze, Trinkwasser und Lebensmittel bzw. Verbraucherschutz verträglichen Regelung für die Bewässerung. Diese muss sowohl dem Schutzzweck dienen als auch den Wasseransprüchen der Pflanzen hinreichend genügen und so flexibel sein, dass neue Erkenntnisse zu PFAS in den kommenden Jahren Berücksichtigung finden können. Je nach Kultur und PFAS-Verbindung können auch geringe PFAS-Gehalte im Boden oder im Bewässerungswasser in die Erzeugnisse eingelagert werden und zu Überschreitungen der Beurteilungswerte führen (Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze). Zusätzlich sind die Auswirkungen auf den Boden und das Grundwasser zu minimieren (Wirkungspfad Boden-Grundwasser). Da der Übergang der PFAS in die Pflanze auch stark von der jeweiligen Kultur und der Zusammensetzung der PFAS abhängt, sollte das Bewässerungswasser grundsätzlich folgende Vorgaben einhalten.

Es gilt der Parameterumfang der Trinkwasserverordnung mit folgendem Richtwert:

100 ng/l für die Summe PFAS

- Wasser, dessen PFAS-Konzentration unterhalb dieses Richtwerts liegt, ist grundsätzlich uneingeschränkt für die Bewässerung zugelassen.
- Wird dieser Summenwert um mehr als das 3-fache überschritten, dann ist eine Bewässerung nicht zulässig.
- Wird dieser Summenwert gerade erreicht, so beträgt die maximal zulässige jährliche Bewässerungsmenge 200 l/m².
- Ist dieser Summenwert größer als 100 ng/l, dann ist die jährliche maximale Bewässerungsmenge BM_{max} (l/m²) gemäß folgender Formel zu reduzieren:

$$BM_{max} = \frac{200 \text{ l/m}^2}{\left(\frac{\text{Summenwert PFAS ng/l}}{100 \text{ ng/l}}\right)}$$

In diesem Fall wird zumindest anfänglich ein begleitendes Erntegutmonitoring empfohlen.

3.4 PFAS in Löschschäumen, Entsorgung von Löschwasser

Fluorhaltige Löschschäume wurden bis vor einiger Zeit vor allem bei Werksfeuerwehren (z. B. Flughäfen, Raffinerien, chemische Industrie) eingesetzt, teils aber auch bei kommunalen Feuerwehren. Seit einigen Jahren werden fluorhaltige Löschschäume allerdings nur noch in Sonderfällen verwendet, aktuell läuft auf EU-Ebene ein Beschränkungsverfahren für diese Löschmittel¹³. In stationären Feuerlöschanlagen sind in

¹³ www.feuerwehrverband.de/app/uploads/2023/02/DFV-AGBF-FE_Einsatz_Schaummittel_02.23.pdf

einigen Industriebranchen immer noch PFAS-haltige Schaumlöschmittel enthalten. Hinweise zum umweltschonenden Schaummitteleinsatz finden sich auch in der Broschüre „Umweltschonender Einsatz von Feuerlöschschäumen“.¹⁴

Bis in das Jahr 2000 wurde zur Herstellung der Löschschäume vornehmlich PFOS verwendet. PFOS-haltige Löschschäume mit einem Gehalt von mehr als 0,001 % dürfen aufgrund eines EU-weiten Verbots seit 2011 nicht mehr verwendet werden. Wegen der langjährigen Verwendung dieser Schaummittel bei Übungen z. B. im Bereich von militärischen und zivilen Flughäfen, Raffinerien und Standorten chemischer Industrie sind PFOS-bedingte Kontaminationen dort häufig vorzufinden. AFFF-Feuerlöschmitteln werden mittlerweile statt PFOS häufig sogenannte telomerbasierte PFAS zugesetzt, auch andere fluoriierte Substitute wie Capstone™ werden oft eingesetzt. Das Umweltverhalten dieser PFAS ist gleichfalls kritisch zu bewerten.

Bei einigen aufgetretenen PFAS-Kontaminationen aus stationären Löschanlagen handelt es sich vorrangig um die in der Routineanalytik teils noch nicht nachweisbaren telomerbasierten PFAS. Auch bei dieser Stoffgruppe bzw. ihren Umwandlungsprodukten sollte wegen ihrer Persistenz und ihres potenziell kritischen ökotoxischen Verhaltens die Einleitung, z. B. über eine Kläranlage in ein Oberflächengewässer vermieden werden.

Insbesondere bei Löschschaumeinsätzen können AFFF-Mittel zum Einsatz kommen und zu Kontaminationen führen, deren Inhaltsstoffe nicht in der Routineanalytik erfasst werden. Beim Einsatz fluortensidhaltiger Löschschäume sollte daher im Bedarfsfall Rücksprache mit dem LfU bezüglich einer weitergehenden Analytik (z. B. für Polyfluoralkylbetaine, PFAB, als PFOS-Ersatzstoffe in Capstone™-Produkten) und/oder Einsatz von Summenparametern wie dem TOP-Assay gehalten werden. Die Ersatzstoffe Capstone™ A und B werden ebenso wie H4PFOS in Summe als Vorläufersubstanzen für kürzerkettige PFAS analog zur PFHxA (Hauptabbauprodukt) bewertet. PFAS-kontaminierte (Lösch-)Wässer sollten stattdessen mit den bereits zur Verfügung stehenden Reinigungsverfahren (z. B. Aktivkohlefiltration) aufbereitet oder ordnungsgemäß als Abfall entsorgt werden. Für die Beurteilung im Einzelfall kann auch das LfU kontaktiert werden.

Bei der Entsorgung von Löschmittel- und Brandrückständen sind die gesetzlichen Regelungen zu beachten (siehe Abfallschlüsselnummer im Sicherheitsdatenblatt). Nur PFAS-freie Löschschäume bzw. Löschwässer können unter Umständen und nach Absprache mit dem Klärwerksbetreiber verdünnt über die Kanalisation entsorgt werden.

Für eine ordnungsgemäße Entsorgung des Löschwassers ist vorher grundsätzlich die Ermittlung der Inhaltsstoffe mit ihren Konzentrationen erforderlich. Als Vor-Ort-Tests können pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, spektraler Absorptionskoeffizient (SAK 254 nm) und CSB-Schnelltests (Schnelltests zur Bestimmung des chemischen Sauerstoffbedarfs) zur Entscheidungsfindung herangezogen werden. Aussagekräftigere Ergebnisse können jedoch nur Labortests liefern (Aquatische Toxizität, Adsorbierbare organisch gebundene Halogenverbindungen (AOX), Schwermetalle, Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB₅), PFAS). Vor einer Einleitung sind dann ggf. geeignete Reinigungsmaßnahmen wie z. B. Aktivkohlefiltration durchzuführen (vgl. Kapitel 3.3.3.2).

3.5 Schädliche Bodenveränderungen und Altlasten

Relevante Bodenverunreinigungen sind in Bayern bislang zum überwiegenden Teil im Zusammenhang mit der Anwendung von Feuerlöschschäumen bei Bränden und Löschübungen aufgetreten.

¹⁴ www.bestellen.bayern.de/shoplink/stmuv_all_00001.htm

Treten im Einzelfall PFAS in relevanten Mengen im Boden auf, die in den Leitlinien nicht genannt sind, so werden vom LfU – soweit aufgrund der Datenlage möglich – für diese PFAS ergänzend Bewertungsgrundlagen erstellt.

Tab. 2: Prüf- und Stufen-Werte sowie geringe Schadstofffrachten für PFAS für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser

Stoffname	Prüfwert am Ort der Probenahme und am Ort der Beurteilung im Sickerwasser in µg/l	Stufe-1-Wert in µg/l	Stufe-2-Wert in µg/l	geringe Schadstofffracht in g/d
<i>Basierend auf GFS-Ableitungen:</i>				
Perfluorbutansäure (PFBA)	10	10	40	2,5
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	6	6	24	1,5
Perfluorhexansäure (PFHxA)	6	6	24	1,5
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	0,1	0,1	0,4	0,03
Perfluoroctansäure (PFOA)	0,1	0,1	0,4	0,03
Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)	0,1	0,1	0,4	0,03
Perfluoronansäure (PFNA)	0,06	0,06	0,25	0,02
<i>Basierend auf GOW-Ableitungen¹⁵:</i>				
	<i>Orientierende Prüfwertvorschläge</i>			
Perfluorpentansäure (PFPeA)	3,0	3,0	12,0	0,75
Perfluorheptansäure (PFHpA)	0,3	0,3	1,0	0,08
Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS)	0,3	0,3	1,0	0,08
H4-Polyfluoroctansulfonsäure (H4PFOS)	0,1	0,1	0,4	0,03
Perfluordecansäure (PFDA, ggf. Summe mit allen PFAS > C10)	0,1	0,1	0,4	0,03
Perfluoroctansulfonamid (PFOSA)	0,1	0,1	0,4	0,03
Weitere PFAS mit R ₁ -(CF ₂) _n -R ₂ mit n > 3	0,1	0,1	0,4	0,03

Für die Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser sind entsprechend den Vorgaben der BBodSchV bei Bodenuntersuchungen die Konzentrationen im Eluat (s. Kap. 5.2) heranzuziehen. Feststoffgehalte können – soweit analytisch möglich – ergänzend zur Beurteilung des Schadstoffpotenzials herangezogen werden. Der Rückhalt von PFAS in der ungesättigten Bodenzone ist abhängig von der Einzelsubstanz und den jeweiligen Bodenbestandteilen. Wie aus der Literatur und Untersuchungen des LfU¹⁶ bekannt, adsorbieren kurzkettige PFAS weniger gut an die Bodenmatrix und werden deshalb schneller mit dem Sickerwasser ausgetragen.

Bewertungsrelevant für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser ist die Konzentration der Stoffe im Sickerwasser am Ort der Beurteilung (Ermittlung i. d. R. über Sickerwasserprognose bei Überschreitung der Prüfwerte am Ort der Probenahme entsprechend den Ausführungen in LfU-Merkblatt 3.8/1). Bei den langkettigen und damit weniger mobilen PFAS (z. B. PFNA oder PFOS) und bei den Vorläuferverbindungen

¹⁵ Da für die grau hinterlegten PFAS aufgrund der eingeschränkten Datenlage keine GFS-Werte vorliegen, wurden von der LAWA/LABO Gesundheitliche Orientierungswerte (GOW) angegeben (www.lawa.de/documents/03_anlage_3_bericht_gfs_fuer_pfc_endfassung_22_11_2017_2_1552302208.pdf). Eine Unterschreitung des GOW bietet eine ausreichende humantoxikologische Sicherheit (vgl. UBA www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/trinkwasser/trinkwasserqualitaet/toxikologie-des-trinkwassers/gesundheitlicher-orientierungswert-gow) und ist somit als hinreichend konservativ anzusehen. Die Ableitung der Prüfwerte erfolgt nach BBodSchV normalerweise auf Basis der GFS-Werte. Um eine praktikable Umsetzung zu erzielen, wurden davon abweichend für diese PFAS die GOW als orientierende Prüfwertvorschläge übernommen. Die zugehörigen Stufe-Werte und die geringen Schadstofffrachten wurden auf Basis dieser Werte entsprechend der Systematik des LfU-Merkblatts 3.8/1 abgeleitet.

¹⁶ www.lfu.bayern.de/analytik_stoffe/pfc/untersuchung_verhalten_in_der_umwelt/doc/kleinlysime-ter_saeule_batch.pdf

ist – soweit möglich – im Rahmen einer Transportprognose die Rückhaltewirkung bzw. bei den Vorläuferverbindungen die Abbaukinetik im Bereich der Quelle und auf der Sickerstrecke zu berücksichtigen. Im Rahmen einer „worst-case“-Betrachtung können die Eluatkonzentrationen am Ort der Probenahme vereinfachend auf das Sickerwasser am Ort der Beurteilung übertragen werden.

In der BBodSchV (Anlage 2 Tabelle 3) finden sich Prüfwerte für sieben PFAS-Verbindungen. Die Ableitung der Prüfwerte für PFAS in der BBodSchV erfolgte auf Basis der Geringfügigkeitsschwellen für das Grundwasser (GFS) in der Fassung von 2017¹⁷. Ergänzend wurden in der oben stehenden Tab. 2 für sechs weitere nicht in der BBodSchV gelistete PFAS orientierende Prüfwertvorschläge basierend auf der vorsorgeorientierten GOW-Werteableitung festgelegt. Für alle weiteren PFAS mit $R_1-(CF_2)_n-R_2$ (mit $n > 3$) gilt ein vorläufiger Prüfwert von 0,1 µg/l.

Die Bewertung analytisch-chemischer Befunde von Grundwasseruntersuchungen erfolgt anhand der in Tab. 2 aufgeführten Stufe-1- und Stufe-2-Werte entsprechend der im LfU-Merkblatt 3.8/1 beschriebenen Vorgehensweise. Dabei sind die Stufe-1-Werte den Prüfwerten gleichgesetzt. Die Bewertung der Schadstofffracht gemäß § 15 Abs. 8 BBodSchV erfolgt ebenfalls analog zur im LfU-Merkblatt 3.8/1 beschriebenen Vorgehensweise anhand der geringen Schadstofffrachten in Tab. 2.

Durch die oben genannte Ableitungssystematik der Prüfwerte in der BBodSchV liegen die Bewertungsmaßstäbe für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser im nachsorgenden Bodenschutz aktuell deutlich über den Trinkwassergrenzwerten nach Kapitel 3.2 und über dem angedachten, vorsorgeorientierten Summengrenzwert für das Grundwasser nach Kapitel 3.3.1.

Für die Wirkungspfade Boden-Mensch gibt die BBodSchV derzeit keine Bewertungsgrundlagen vor.

Bei PFAS-Nachweisen auf landwirtschaftlich und gartenbaulich genutzten Flächen (Erwerbsgartenbau, Haus- und Kleingärten) sind landwirtschaftliche Belange und der Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze betroffen. In der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) in der Fassung vom 09.07.2021 sind für diesen Wirkungspfad keine Prüfwerte (weder Feststoffgehalte noch Eluatwerte) für PFAS festgelegt - die BBodSchV gibt für diesen Wirkungspfad somit ebenfalls keine Bewertungsgrundlagen vor.

Die Bewertung des Wirkungspfades Boden-Nutzpflanze durch die Ämter für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (ÄELF) und ggf. des Erntegutes durch das Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL) erfolgt nach dem Ablaufschema in Abb. 2. Als Beurteilungsgrundlagen dienen die Eluatwerte und bei Vorliegen der Prüfkriterien entsprechende Vorernte- und Ernteuntersuchungen. Ein Vorerntemonitoring (Landwirtschaft) bzw. Erntegutuntersuchungen (Erwerbsgartenbau, Haus- und Kleingärten) sind erforderlich, weil weder von PFAS-Grundwasserergebnissen mit Angabe einer gewissen Bewässerungsintensität des verwendeten Grundwassers zu Bewässerungszwecken noch von PFAS-Bodeneluatwerten direkt auf PFAS-Gehalte im Erntegut geschlossen werden kann.

¹⁷ www.lawa.de/documents/03_anlage_3_bericht_gfs_fuer_pfc_endfassung_22_11_2017_2_1552302208.pdf

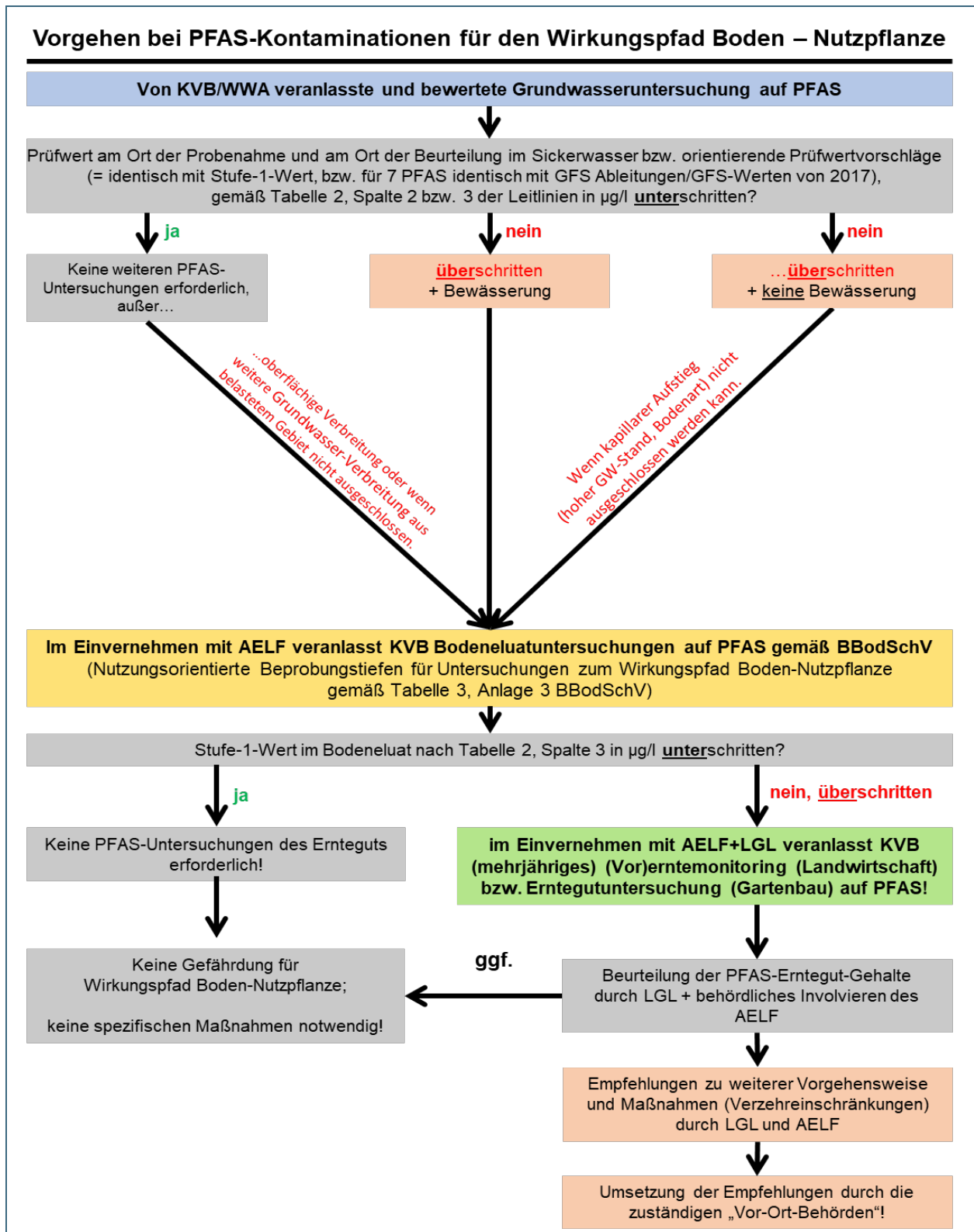


Abb. 2: Vorgehen bei PFAS-Kontaminationen für den Wirkungspfad Boden – Nutzpflanze.

Die Bewertung erfolgt in folgenden Schritten:

Liegen Hinweise auf PFAS-Kontaminationen des Bodens auf landwirtschaftlichen und gartenbaulich genutzten Flächen vor, entscheidet die KVB im Einvernehmen mit dem AELF aufgrund von Grundwasseruntersuchungen und Überschreitungen des Stufe-1-Wertes für eine Reihe von PFAS gemäß Tabelle 2 dieser Leitlinien, ob weitere Untersuchungen des Bodeneluats in den für Acker, Nutz- und Hausgärten

bzw. für Grünland festgelegten nutzungsorientierten Beprobungstiefen gemäß Tab. 3, Anl. 3 BBodSchV auf PFAS erforderlich sind. Die Bodeneluatuntersuchungen werden bei Bedarf von Seiten der KVB veranlasst. Die Ergebnisse werden im Einvernehmen mit dem AELF bewertet.

Werden bei den Bodeneluatuntersuchungen die in Tab. 2 festgelegten Stufe-1-Werte für PFAS überschritten, ergibt sich das Erfordernis, Vorernteuntersuchungen (ggf. mehrjährig) durchzuführen und durch das LGL beurteilen zu lassen.

Durchführung und Bewertung des Vorerntemonitorings bzw. der Erntegutuntersuchungen sowie die sich aus den Untersuchungsergebnissen ableitenden Maßnahmenempfehlungen zur weiteren Nutzung der Flächen, erfolgen in Zusammenarbeit von LGL und dem AELF/LfL.

Vorerntemonitoring (Landwirtschaft) bzw. Erntegutuntersuchungen (Erwerbsgartenbau, Haus- und Kleingärten) werden meist bei großräumigen PFAS-Nachweisen durchgeführt. Da sich die Erntegutergebnisse eines Jahres aufgrund von unterschiedlichen Witterungs- und folglich Bodenfeuchtebedingungen häufig von Ergebnissen der Folgejahre unterscheiden, sind in der Regel mehrjährige Untersuchungen notwendig, um die möglichen Belastungen der verschiedenen Fruchtarten erfassen zu können.

4 Verwertung und Beseitigung

4.1 Verwertung von Bodenmaterial in Gruben und Brüchen sowie technischen Bauwerken

4.1.1 Allgemeine Regelungen

In unbelasteten Gebieten ist die Verwertungskategorie 1 (VK 1, s. Tab. 3) einzuhalten. Innerhalb von mit PFAS vorbelasteten Gebieten kann Bodenmaterial bis zur Verwertungskategorie 2 (VK 2, siehe Tab. 3) verwertet werden.

Unter diesen Bedingungen kann die für die Zulassung des Auf- und Einbringens von Bodenmaterial zuständige Behörde im Einvernehmen mit der für den Bodenschutz zuständigen Behörde das Auf- oder Einbringen von PFAS-haltigem Bodenmaterial gestatten. Es wird empfohlen, die zuständige Wasserbehörde zu beteiligen. Diese Regelungen sind nicht möglich in

- Wasserschutzgebieten (Zone I bis III B),
- Heilquellenschutzgebieten, Vorrang-/Vorbehaltsgebieten für die Wasserversorgung,
- Bereichen erhöhter Empfindlichkeit von Trinkwassereinzugsgebieten und
- Gebieten mit häufigen Überschwemmungen.

Die von Bodenbelastungen mit hydrophilen bzw. gut wasserlöslichen Stoffen ausgehende Gewässergefährdung kann mit hinreichender Sicherheit über das Eluat festgestellt werden. Deshalb ist es nicht erforderlich, für die in Tab. 3 aufgeführten Parameter zusätzlich Feststoffstoffgehalte festzulegen.

Tab. 3: Zuordnungswerte für die Beurteilung des nach Kapitel 5.2 hergestellten Eluats

Stoff	VK 1 in µg/l	VK 2 in µg/l	VK 3 in µg/l
<i>Basierend auf GFS-Ableitungen:</i>			
Perfluorbutansäure (PFBA)	10,0	20,0	50,0
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	6,0	12,0	30,0
Perfluorhexansäure (PFHxA)	6,0	12,0	30,0
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	0,1	0,2	1,0
Perfluoroctansäure (PFOA)	0,1	0,2	1,0
Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)	0,1	0,2	1,0
Perfluornonansäure (PFNA)	0,06	0,12	0,6
<i>Basierend auf GOW-Ableitungen:</i>			
Perfluorpentansäure (PFPeA)	3,0	6,0	15,0
Perfluorheptansäure (PFHpA)	0,3	0,6	1,5
Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS)	0,3	0,6	3,0
H4-Polyfluoroctansulfonsäure (H4PFOS)	0,1	0,2	1,0
Perfluordecansäure (PFDA, ggf. Summe mit allen PFAS > C10)	0,1	0,2	1,0
Perfluoroctansulfonamid (PFOSA)	0,1	0,2	1,0
Weitere PFAS mit R ₁ -(CF ₂) _n -R ₂ mit n > 3	0,1	0,2	0,5

Bei der Ableitung der Werte für die Verwertungskategorie 3 (VK 3) in technischen Bauwerken mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen wurde die Mobilität kurzketziger Verbindungen (Anwendung des Faktors fünf) bzw. die erhöhte Retardation langketziger Verbindungen im Boden (Anwendung des Faktors zehn) berücksichtigt.

4.1.2 Verwertung in technischen Bauwerken

In Gebieten mit erhöhten PFAS-Gehalten kann Bodenmaterial der Verwertungskategorie 2 in allen technischen Einbauweisen gemäß Anlage 2, Tabelle 5 und Anlage 3 (Bahnbauweisen), Tab. 1 der Ersatzbaustoffverordnung verwertet werden, sofern ein Sachverständiger im Sinne des § 18 des Bundes-Bodenschutzgesetzes oder eine Person mit vergleichbarer Sachkunde, mit Zustimmung der zuständigen Behörde, das Material in die entsprechende Materialklasse BM-0*/BM-F0* der Ersatzbaustoffverordnung eingestuft hat (vgl. § 16 Abs. 1 ErsatzbaustoffV).

Bodenmaterial der Verwertungskategorie 3 kann in technischen Bauwerken mit definierten Sicherungsmaßnahmen gemäß den zulässigen Einbauweisen nach Ersatzbaustoffverordnung, Anlage 2, Tabelle 8 sowie Anlage 3 (Bahnbauweisen), Tab. 4 verwertet werden, sofern ein Sachverständiger im Sinne des § 18 des Bundes-Bodenschutzgesetzes oder eine Person mit vergleichbarer Sachkunde, mit Zustimmung der zuständigen Behörde, das Material in die entsprechende Materialklasse BM-F3 der Ersatzbaustoffverordnung eingestuft hat (vgl. § 16 Abs. 1 ErsatzbaustoffV). Auf die Anforderungen der Ersatzbaustoffverordnung, insbesondere auf § 22 (Anzeigepflichten) und § 23 (Ersatzbaustoffkataster) wird hingewiesen.

4.1.3 Verwertung in Gruben und Brüchen

Eine Verfüllung von Bodenmaterial nach dem Leitfaden „Anforderungen zur Verfüllung von Gruben und Brüchen sowie Tagebauen“ soll an Standorten der **Kategorien N und A** nur erfolgen, wenn das Bodenmaterial aufgrund der Herkunft als unbedenklich eingestuft werden kann. Damit ist eine Verfüllung von Material aus Verdachtsbereichen an diesen Standorten **ausgeschlossen**.

An Standorten der **Kategorie B** kann Bodenmaterial, bei dem die Einhaltung der **VK 1** (siehe Tab. 3) nachgewiesen ist, nur verfüllt werden, sofern der Standort in einem Gebiet mit generell erhöhten PFAS-Gehalten liegt (siehe Kapitel 4.1.2).

Für Standorte der **Kategorie C** gilt diese Einschränkung nicht, d.h. an diesen Standorten kann Bodenmaterial der **VK 1** gebietsunabhängig verfüllt werden.

Bei aufgewerteten Standorten ist die ursprüngliche Standortkategorie heranzuziehen. Eine technisch hergestellte Sorptionsschicht kann nicht für die in Tab. 3 genannten Parameter angerechnet werden.

Tab. 4: Zusammenfassung der Verwertungsmöglichkeiten gemäß Verfüll-Leitfaden

Standort	Alle Gebiete	Gebiete mit generell erhöhten PFAS-Gehalten
N	Nein	Nein
A	Nein	Nein
zu B aufgewertet	Nein	Nein
B	Nein	VK 1
zu C1 aufgewertet	Nein	VK 1
C1	VK 1	VK 2
C2	VK 1	VK 2

Eine entsprechende Verfüllung darf nur erfolgen, falls durch die zuständige Behörde dafür eine Genehmigung erteilt bzw. eine bestehende Verfüll-Genehmigung angepasst wurde. Die jeweiligen PFAS sind an

den betroffenen Verfüllstandorten auch in das Überwachungsprogramm (Eigen-, Fremd- und Grundwasserüberwachung) aufzunehmen. Als einzuhaltende Vorsorgewerte gelten die Werte der Trinkwasserverordnung gemäß Kap. 3.2.

4.2 Abfallentsorgungsanlagen

Abfälle, die aus PFAS in einer Konzentration gemäß Anhang IV der EU-POP-Verordnung (Verordnung (EU) 2019/1021) bestehen, sie enthalten oder durch sie verunreinigt sind, müssen ohne unnötige Verzögerung und in Übereinstimmung mit Anhang V Teil I der EU-POP-Verordnung so beseitigt oder verwertet werden, dass die darin enthaltenen persistenten organischen Schadstoffe zerstört oder unumkehrbar umgewandelt werden, damit die verbleibenden Abfälle und Freisetzungen nicht die Eigenschaften persistenter organischer Schadstoffe aufweisen.

Aktuell sind folgende PFAS in Anhang IV der EU-POP-Verordnung aufgeführt:

Tab. 5: Konzentrationsgrenzwert gemäß Anhang IV der EU-POP-Verordnung

Stoff	Konzentrationsgrenzwert in Anhang IV (gem. Artikel 7 Abs. 4 Buchstabe a EU-POP-VO)
Perfluorooctansulfonsäure und ihre Derivate (PFOS) C ₈ F ₁₇ SO ₂ X (X = OH, Metallsalze (O-M+), Halogenide, Amide und andere Derivate einschließlich Polymere)	50 mg/kg
Perfluorooctansäure (PFOA) und ihre Salze	1 mg/kg
Perfluorooctansäure (PFOA)-verwandte Verbindungen	40 mg/kg
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS) und ihre Salze	1 mg/kg
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)-verwandte Verbindungen	40 mg/kg

Dies bedeutet, dass Abfälle mit Gehalten ab den Konzentrationsgrenzwerten in Anhang IV der EU-POP-Verordnung nicht obertägig abgelagert werden dürfen. In diesen Fällen wäre zu prüfen, ob eine Entsorgung in einer Sonderabfallverbrennungsanlage oder alternativ eine untertägige Entsorgung in Frage kommt.

4.2.1 Entsorgung durch Ablagerung auf Deponien

Für die Ablagerung von PFAS-haltigen Materialien aus Verdachtsflächen auf Deponien gelten die Vorgaben der Deponieverordnung (DepV). Für die in Tab. 5 genannten PFAS-Einzelsubstanzen ist ab Erreichen des entsprechenden Zuordnungswertes eine obertägige Ablagerung nicht mehr zulässig.

Deponien der Klasse 0 (DK 0) nach DepV

Für nicht technisch gedichtete Deponien der Klasse DK 0 (zumeist ohne Sammlung und Behandlung von Sickerwasser) kann kein allgemein gültiger Richtwert angegeben werden, da hier die Standortkriterien und die technischen Attribute des Deponiebauwerks im Einzelfall zu betrachten sind. Bei Einhaltung der Kriterien der Verwertungskategorie 1 (VK 1) nach Kapitel 4.1 (Tab. 3) kann dieses Material auf einer Deponie der Klasse 0 abgelagert werden. Die Zuordnungswerte aus Kapitel 4.1.1 (Tab. 3) beziehen sich hier auf das gemäß Kapitel 5.2 hergestellte Eluat mit einem W/F-Verhältnis von 2:1. Über die Ablagerung PFAS-haltiger Materialien auf einer Deponie der Klasse DK 0 ist immer im Einzelfall zu entscheiden.

Bei der Ablagerung auf DK 0 Deponien ohne Sammlung und Behandlung des Sickerwassers sind die relevanten PFAS an den betroffenen Standorten in das Grundwasser-Überwachungsprogramm aufzunehmen (siehe LfU-Merkblatt 3.6/1).

Deponien der Klassen I (DK I), II (DK II) und III (DK III) nach DepV

Für die Summe aller nach Kapitel 2 untersuchten PFAS können zur Orientierung für eine mögliche Ablagerung auf abgedichteten Deponien folgende Werte analog DepV, Anhang 3, Tabelle 2 im Eluat gemäß DIN EN 12457-4 mit einem W/F-Verhältnis von 10:1 herangezogen werden:

DK I \leq 50 $\mu\text{g/l}$

DK II \leq 100 $\mu\text{g/l}$

Daneben sind bei einer Ablagerung auf einer oberirdischen Deponie der Klassen I (DK I), II (DK II) und III (DK III) die Vorgaben für PFAS in Anhang IV der EU-POP-Verordnung in der jeweils gültigen Fassung zu beachten. Derzeit ist die oberirdische Ablagerung von Abfällen mit Feststoffgehalten möglich, die die Konzentrationsgrenzwerte des Anhangs IV der EU-POP-Verordnung im Feststoff unterschreiten, vgl. Kapitel 4.2 (Tab. 5).

Grundsätzlich sollen auf Deponien der Klassen I, II und III mit PFAS verunreinigte Abfälle nur abgelagert werden, wenn die Deponie über eine Sickerwasserbehandlungsanlage verfügt, die in der Lage ist, PFAS effektiv abzuscheiden, d. h. deren Gehalte im Sickerwasser nach dem Stand der Technik zu reduzieren. Das in ein Oberflächengewässer einzuleitende Wasser muss die Anforderungen aus den wasserrechtlichen Vorgaben erfüllen. Hier ist speziell zu prüfen, ob die Behandlung des gefassten Sickerwassers die Kriterien nach Kapitel 3.3.3 erfüllt. Dabei ist zulässig, dass der Deponiebetreiber das Sickerwasser in einer technisch geeigneten externen Anlage behandeln lässt.

Alternativ kann der Deponiebetreiber nachweisen, dass die im Sickerwasser enthaltenen PFAS auf andere geeignete Weise zerstört oder unumkehrbar umgewandelt werden, beispielsweise durch Eindüsen des Sickerwassers in den Brennraum oder Nachverbrennungsraum einer Sonderabfallverbrennungsanlage.

Bei der Ablagerung PFAS-haltiger Abfälle auf Deponien der Klasse I, II oder III sind die relevanten PFAS in das Grundwasser-Überwachungsprogramm aufzunehmen (siehe LfU-Merkblatt 3.6/1). Sollen Abfälle mit erhöhter Belastung an PFAS abgelagert werden, ist zu klären, ob durch geeignete Verfahren zur Vorbehandlung (z. B. Klassierung, Wäsche) der Gehalt an PFAS verringert werden kann.

In einzelnen Fällen ist eine Monoablagerung mit besonderen Sicherungsmaßnahmen (z. B. Einkapselung im Deponiekörper) zu empfehlen.

4.2.2 Weitere Entsorgungsoptionen

Sofern eine oberirdische Ablagerung nicht möglich ist, können die Abfälle ggf. im Untertageversatz oder in einer Untertagedeponie entsorgt werden. Grundsätzlich ist jedoch bei hohen organischen Belastungen eine thermische Behandlung zu empfehlen (z. B. Verbrennung in hierfür geeigneten Hausmüllverbrennungsanlagen oder Sonderabfallverbrennungsanlagen).

Die thermische Abfallbehandlung ist aktuell das aussichtsreichste Behandlungsverfahren für die Zerstörung von PFAS. Zu Emissionen von PFAS im Abgas oder Rückständen der Verbrennung laufen derzeit verschiedene Forschungsvorhaben.

5 Analytik

5.1 Chemische Analytik

Die Analytik der per- und polyfluorierten Carbon- und Sulfonsäuren erfolgt in Trink-, Grund-, Oberflächen- und behandeltem Abwasser nach DIN 38407-42 (F42): „Bestimmung ausgewählter polyfluorierter Verbindungen (PFAS) in Wasser – Verfahren mittels Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie und massenspektrometrischer Detektion (HPLC-MS/MS) nach Fest-Flüssig-Extraktion“ (März 2011) und wird auch auf Bodeneluate angewandt. Eine vergleichbare Norm mit erweitertem Parameterumfang ist die ISO 21675:2019-10 „Bestimmung von polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS) in Wasser - Verfahren mittels Flüssigkeitschromatographie/Tandem-Massenspektrometrie (LC-MS/MS) nach Festphasenextraktion“.

Untersuchungsstellen/Labore geben für die genannten Verfahren Bestimmungsgrenzen in wässrigen Medien meist bei 5 bis 10 ng/l für Einzelverbindungen an, z. T. sind Bestimmungsgrenzen von 1 ng/l erreichbar, für PFOS auch niedriger.

Um der Erweiterung des Parameterumfangs in der Trinkwasserrichtlinie Rechnung zu tragen, ist derzeit die Entwicklung einer neuen Normmethode im Auftrag der EU-Kommission im Gange. Vorgesehen ist eine flüssigchromatographische Methode mit Tandem-Massenspektrometrie (LC-MS/MS), wobei sowohl eine Analyse mittels Direkt-Injektion als auch mittels Festphasenextraktions-Anreicherungsverfahren (SPE) optional möglich ist. Das neue Verfahren liegt in der englischen Sprachfassung als finaler und bereits gebilligter Entwurf vor (prEN 17892) und soll im ersten Halbjahr 2024 als europäische und deutsche Norm (DIN EN 17892) zur Verfügung stehen.

Um das Potenzial von PFAS-Verunreinigungen in Materialien abzuschätzen, kann es erforderlich sein, Feststoffgehalte zu bestimmen. Im Gewässersediment, Klärschlamm, Kompost und Boden erfolgt die Bestimmung nach DIN 38414-14 (S14): „Bestimmung ausgewählter polyfluorierter Verbindungen (PFAS) in Schlamm, Kompost und Boden – Verfahren mittels Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie und massenspektrometrischer Detektion (HPLC-MS/MS)“ (August 2011). Die untere Anwendungsgrenze des Verfahrens wird mit 10 µg/kg angegeben. Derzeit werden Bestimmungsgrenzen je Einzelsubstanz von 1 bis 10 µg/kg, in Ausnahmen 0,1 µg/kg genannt. Für die Ermittlung der Hintergrundbelastung von Boden (ubiquitäre Belastung) ist eine untere Anwendungsgrenze von 0,1 µg/kg erforderlich.

Bislang ist nur eine überschaubare Zahl von PFAS als Referenzsubstanzen für die Analytik verfügbar und mit den Routineverfahren erfassbar. Im Falle von Boden-/Gewässerverunreinigungen ist häufig nicht bekannt, welche fluororganischen Verbindungen enthalten sind und in welcher Konzentration diese vorliegen. Zahlreiche polyfluorierte Substanzen werden in der Umwelt durch meist oxidative Prozesse in stabilere PFAS umgewandelt (z. B. PFOS, PFOA, PFHxA). Daher ist es für die Bewertung einer Belastungssituation entscheidend, neben den jeweiligen PFAS-Einzelsubstanzkonzentrationen auch zu bestimmen, welche Maximalkonzentrationen der stabilen PFAS sich aus dem jeweils vorliegenden PFAS-Gemisch bilden können.

Daher wird die Entwicklung von Summenparametern vorangetrieben. Sie ermöglichen als Orientierungswerte eine erste Einschätzung von potenziellen Belastungen durch fluororganische Verbindungen. Hier sind zu nennen:

- AOF (adsorbierbares organisch gebundenes Fluor) für wässrige Proben: Es basiert auf der Anreicherung von fluororganischen Verbindungen an einer geeigneten Aktivkohle und der Bestimmung der adsorbierten Verbindungen nach Verbrennung als Fluorid. Die Bestimmungsgrenze liegt aktuell bei ≥ 2 µg/l (DIN 38409-59:2022-09). Bei der AOF-Analytik ist jedoch zu berücksichtigen, dass hohe Fluorid-Konzentrationen in der Wasserprobe die Analytik beeinflussen und dadurch zu überhöhten Messergebnissen und Fehlinterpretationen führen können.

- EOF (extrahierbares organisch gebundenes Fluor) für Feststoffproben: Die Analytik erfolgt analog der AOF-Bestimmung nach einer vorausgegangenen Extraktion aus festen Proben. Die Bestimmungsgrenze liegt aktuell bei etwa 10 µg/kg.
- TOP-Assay (Total Oxidizable Precursor): Vorläuferverbindungen werden im Eluat von Feststoffen, Bodenextrakten und in wässrigen Proben durch eine definierte Oxidation zu den persistenten Endstufen - v.a. perfluorierte Carbonsäuren - transformiert und sind damit analytisch erfassbar. Damit lassen sich auch die niedrigen Bestimmungsgrenzen der PFAS-Routineanalytik erreichen (i. d. R. < 1-10 ng/l).
- Beim dTOP-Assay nach Göckener et al. (2021) werden kleine Feststoffmengen mit deutlich mehr Oxidationsmittel oxidiert, hierbei wird die organische Matrix komplett aufgeschlossen und somit Extraktionsverluste vermieden.

Aufgrund der Vielzahl von unbekanntem PFAS-Verbindungen kann die Einzelsubstananalytik in bestimmten Fällen zu einer Unterschätzung des Risikopotentials führen. Ungeachtet noch laufender Normungsarbeiten liefern Summenparameter wertvolle zusätzliche Hinweise zu Höhe und räumlicher Verteilung von PFAS-Verunreinigungen in Boden und Wasser.

Bei der Anwendung des TOP-Assay kann eine Bewertung unter Zuhilfenahme der RPF der Tabelle 7 (s. [6.2.5](#)) erfolgen.

Für Untersuchungen nahe der Schadstoffquelle oder bei entsprechendem Verdacht auf nicht mit der Routineanalytik erfassbare PFAS wird empfohlen, nach Absprache mit dem LfU ergänzend zur Einzelsubstananalytik auch auf die summarischen Parameter AOF, EOF oder TOP-Assay zu analysieren¹⁸. Durch den Vergleich der Ergebnisse für die bekannten Einzelsubstanzen mit denen der Summenparameter ergibt sich ein Hinweis auf die Höhe des Anteils unbekannter organischer Fluorverbindungen. Für Untersuchungen fern der Schadstoffquelle, z. B. im Trinkwasser, lässt die Einzelsubstananalytik auf die bekannten PFAS-Verbindungen i. d. R. eine Beurteilung der Belastungssituation zu. Dem liegt die Annahme zugrunde, dass bei polyfluorierten PFAS auf dem Weg von der Schadstoffquelle zwischenzeitlich eine Transformation zu analytisch nachweisbaren Verbindungen stattgefunden hat. Auch hier kann eine Analyse mittels Summenparameter Sicherheit bringen.

5.2 Herstellung von Eluaten zur Bodenuntersuchung

Für die Untersuchung von Bodenproben zur Beurteilung des Sickerwassers ist das Schüttelverfahren nach DIN 19529: 2023-07 oder der Säulenschnelltest nach DIN 19528: 2023-07 mit einem W/F-Verhältnis von 2:1 anzuwenden.

Weiterhin sind nach DIN 19529: 2023-07 die Untersuchungen an feldfrischen oder ggf. an getrockneten Proben durchzuführen. Zu beachten ist, dass sowohl das Elutionsverfahren als auch der Trocknungszustand zu deutlich unterschiedlichen Ergebnissen gerade bei der Untersuchung gering belasteter Böden führen kann, wie z. B. Bodendauerbeobachtungsflächen¹⁹. Dies ist bei einem Vergleich von Untersuchungsergebnissen zu berücksichtigen. Ein Trocknungsschritt führt daher zu einer besseren Vergleichbarkeit der Ergebnisse.

¹⁸ Die Kosten liegen bei ca. 200 EUR für AOF oder EOF und ca. 500 EUR für die Durchführung des TOP-Assays bei Privatlaboren (Abfrage10/2021).

¹⁹ Nach vorläufigen Ergebnissen vergleichender Untersuchungen der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg und des DVGW-Technologiezentrums Wasser erzeugt das Säulungsverfahren auf Bodenproben ohne spezifische PFAS-Belastung i. d. R. deutlich höhere Eluatwerte als die Anwendung des Schüttelverfahrens (<https://pd.lubw.de/42387>). Außerdem können in getrockneten Proben bis zu ca. 10fach höhere PFAS-Konzentrationen im Eluat auftreten als bei feldfrischen Proben.

Es werden daher für eine bessere Vergleichbarkeit von Analysen-Ergebnissen in Anlehnung an die o. g. DIN die folgenden zusätzlichen Empfehlungen für die Probenvorbereitung gegeben:

- Trocknung der Probe bei max. 40°C bis zur Gewichtskonstanz (Ausnahme: sehr stark humose Böden mit > 8 % Humusanteil können nach Trocknung eine hohe Hydrophobizität aufweisen und sollten daher nur feldfrisch untersucht werden), der Wasserverlust durch Trocknung ist im Protokoll zu vermerken.
- Durchführung der Elution mit 250 g (TM) Boden in 1-l-PP-Flasche nach Abtrennung der Fraktion > 10 mm, der Gewichtsanteil ist im Protokoll zu vermerken und bei der Auswertung zu berücksichtigen.
Für die Hintergrundwertermittlung sollte die Fraktion < 2 mm (Feinboden) herangezogen werden.
- Verzicht auf einen Filtrationsschritt nach der Zentrifugation, da insbesondere für Precursor Filtrationsverluste nachgewiesen wurden. Falls die Proben für eine Direktmessung zu trüb sind, kann gegebenenfalls eine Ultrazentrifugation durchgeführt werden (im Protokoll zu vermerken).
- Bei stark humosen Böden mit > 8 % Humusanteil kann mit einem W/F-Verhältnis von 2:1 die für die Analytik erforderliche Menge an Eluat nicht erreicht werden, da der Boden das Wasser zu stark bindet. Hier kann die Einwaage an Boden und Elutionsmittel im W/F-Verhältnis 2:1 entsprechend erhöht, oder das Verfahren parallel mehrfach durchgeführt und anschließend die gewonnenen Mengen an Eluat zusammengeführt werden, um eine ausreichende Menge an Eluat für die Analytik zu erhalten.

Abweichend vom vorstehend beschriebenen Verfahren werden im Bereich des Abfallrechts zur Prüfung einer Deponierbarkeit von Bodenmaterial Eluatuntersuchungen i. d. R. mit einem W/F-Verhältnis von 10:1 nach DIN EN12457-4:2003-1 durchgeführt.

Die chemische Analytik der Eluate/Perkolate erfolgt analog nach DIN 38407-42. Der Mindestumfang der Untersuchungsparameter auf PFAS umfasst die in der Tab. 1 aufgeführten Stoffe. Die analytische Bestimmungsgrenze der PFAS im Eluat soll ≤ 10 ng/l betragen.

6 Rechtliche Grundlagen

6.1 Internationale Abkommen

Im Stockholmer Übereinkommen über persistente organische Schadstoffe (auch Stockholm-Konvention oder POP-Konvention) werden persistente, organische Schadstoffe (persistent organic pollutants, POP) international reguliert. Durch die Aufnahme von PFOS in den Anhang B der Konvention im Jahr 2009 wurden die Vertragspartner verpflichtet, die Herstellung und Verwendung von PFOS in ihrem jeweiligen Hoheitsgebiet zu beschränken („Restriction“)

Im Jahr 2019 erfolgte die Aufnahme von PFOA in den Anhang A der Konvention. Damit ist die Herstellung, Verwendung, Einfuhr und Ausfuhr dieses Stoffes mit darauffolgender Aufnahme in die POP-Verordnung (s. unten 6.2.3) seit Juli 2020 in der EU einzustellen („Elimination“).

Schließlich wurde PFHxS einschließlich ihrer Salze und Vorläuferverbindungen im Jahr 2022 ohne Ausnahmen in den Anhang A der Stockholm-Konvention aufgenommen. Damit wurde auch deren Herstellung und Verwendung verboten und dieses Verbot anschließend durch die EU auch in den Anhang I der POP-Verordnung aufgenommen (s. unten 6.2.3).

Über die Aufnahme der Perfluorcarbonsäuren mit 9-21 Kohlenstoffatomen (C9-C21 PFCAs) in die Stockholm-Konvention wird derzeit beraten. Diese ganze Stoffgruppe könnte frühestens 2025 in die Konvention aufgenommen werden.

6.2 Regulierung durch die EU

6.2.1 CLP-Verordnung

Die EU-Chemikalienverordnung (EG) Nr. 1272/2008 (CLP-VO)²⁰ regelt die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von gefährlichen Stoffen und Gemischen. Im Anhang VI Teil 3 der Verordnung werden sogenannte harmonisierte Einstufungen gefährlicher Stoffe aufgeführt, auch als Legaleinstufungen bezeichnet, die innerhalb der EU verbindlich anzuwenden sind. Von den PFAS wurden in diesen Anhang bisher PFOA und dessen Ammoniumsalz APFO, PFOS und dessen Lithium-, Natrium-, Ammonium- und Diethanolamin-Salze sowie PFNA und PFDA und deren Natrium- und Ammoniumsalze u. a. wegen ihrer reproduktionstoxischen und vermutlich krebserregenden Eigenschaften mit ihren Gefahreneinstufungen aufgenommen. Für PFHpA existiert ebenfalls bereits eine harmonisierte Einstufung unter anderem wegen ihrer reproduktionstoxischen Eigenschaften.

6.2.2 REACH-Verordnung

Die REACH-Verordnung (EG) Nr. 1907/2006²¹ ist die Europäische Chemikalienverordnung zur Registrierung (*Registration*), Bewertung (*Evaluation*), Zulassung (*Authorisation*) und Beschränkung (*Restriction*) chemischer Stoffe.

6.2.2.1 Substances of very high concern (SVHC) nach Artikel 57 („Kandidatenliste“) der REACH-Verordnung

Stoffe, die als besonders besorgniserregende Stoffe, sogenannte SVHC-Stoffe („Substances of very high concern“) identifiziert wurden, werden in die „Kandidatenliste“ für den Anhang XIV der für eine Zulassung in Frage kommenden Stoffen aufgenommen. Als besonders besorgniserregend gelten nach Artikel 57 der

²⁰ CLP-Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung (*Classification, Labeling and Packaging*) von Stoffen und Gemischen

²¹ Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Dezember 2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH)

REACH-Verordnung Stoffe wegen ihrer krebserzeugenden, erbgutverändernden oder fortpflanzungsgefährdenden Eigenschaften (CMR-Stoffe), weil sie schwer abbaubar (persistent) sind, sich in Organismen anreichern (bioakkumulieren) und toxisch in der Umwelt oder für den Menschen wirken (PBT- oder vPvB-Stoffe) oder auch weil sie ein anderes Risiko wie z. B. endokrine Effekte für den Menschen oder für die Umwelt besitzen. Mit dem Eintrag in die Kandidatenliste ergeben sich für den Gebrauch dieser Chemikalien Auskunftspflichten für Lieferanten und Auskunftsrechte für Verbraucher, wenn diese Stoffe in Konzentrationen von mehr als 0,1 Massenprozent in Erzeugnissen verwendet werden.

Wird ein Stoff von der Kandidatenliste schließlich in den Anhang XIV der REACH-Verordnung (Liste der zulassungspflichtigen Stoffe) aufgenommen, dann ist die Verwendung dieses Stoffes in der EU untersagt. Unternehmen können jedoch für die Verwendung eine Zulassung beantragen, wenn z. B. keine Alternativen zur Verfügung stehen oder sozioökonomische Gründe für die weitere Verwendung der Stoffe vorliegen. In diesem Zusammenhang sind grundsätzlich Minimierungsmaßnahmen anzustreben.

Die in Tabelle 6 aufgeführten langkettigen PFAS (C7 bis C14) stehen aufgrund ihrer persistenten, bioakkumulierenden und toxischen (PBT) Eigenschaften bzw. aufgrund ihrer sehr persistenten und sehr bioakkumulierenden (vPvB) Eigenschaften auf der Kandidatenliste. Die zusätzliche Toxizität der PFAS C7 bis C10 beruht auf der Einstufung dieser Stoffe als reproduktionstoxisch und vermutlich kanzerogen gemäß der CLP-VO.

PBT- und vPvB-Stoffe verbleiben für lange Zeit in der Umwelt. Effekte durch die Anreicherung in Organismen können langfristig nicht vorhergesehen werden. Solche Anreicherungen sind so gut wie nicht umkehrbar und Gehalte der Stoffe in Umweltmedien sind aufgrund ihrer Persistenz durch eine Reduzierung der Emissionen kaum zu vermindern. Außerdem haben PBT- und vPvB-Stoffe das Potenzial, entlegene Gebiete fernab der Emissionsquellen zu verunreinigen.

Auch wenn Standardlabortests keine oder nur geringe akut toxische Wirkungen von persistenten oder insbesondere sehr persistenten Stoffen zeigen, können langfristig Effekte durch eine langanhaltende Exposition mit geringer Dosis auftreten, die auch aufgrund der langen Lebenszyklen bei Organismen am Ende der Nahrungskette kaum vorhersehbar sind.

Tab. 6: Übersicht der PFAS, die aufgrund ihrer SVHC-Eigenschaft als Kandidaten für den Anhang XIV der REACH-Verordnung eingestuft sind

Substanz	SVHC-Eigenschaft ²²	Einstufung in CLP-VO (Anhang VI CLP)
Perfluorheptansäure (PFHpA; C7- PFCA) und ihre Salze	PBT, vPvB, CMR	STOT RE 1 Repr. 1B
Perfluorooctansäure (PFOA; C8-PFCA) und ihr Ammoniumsalz APFO	PBT, CMR	Carc. 2 Repr. 1B Lact STOT RE 1 Acute Tox. 4 Eye dam. 1
Perfluornonansäure (PFNA; C9- PFCA) und ihre Natrium- und Ammoniumsalze	PBT, CMR	Carc. 2 Repr. 1B Lact. Acute Tox. 4 STOT RE 1 Eye Dam. 1
Nonadecafluorodecansäure (syn. Perfluordecansäure PFDA; C10- PFCA) und ihre Natrium- und Ammoniumsalze	PBT, CMR	Carc. 2 Repr. 1B Lact.
Henicosfluorundecansäure (syn. Perfluorundecansäure PFUnDA; C11- PFCA)	vPvB	-
Tricosfluordodecansäure (syn. Perfluordodecansäure, PFDoDA; C12- PFCA)	vPvB	-
Pentacosfluortridecansäure (syn. Perfluortridecansäure, PFTrDA; C13- PFCA)	vPvB	-
Heptacosfluortetradecansäure (syn. Perfluortetradecansäuren, PFTeDA; C14- PFCA)	vPvB	-
Perfluorobutansulfonsäure (PFBS)	vP, sehr mobil	-
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS) und ihre Salze	vPvB	-
2,3,3,3-Tetrafluoro-2-(heptafluoropropoxy)propionsäure (GenX, HFPO-DA)	P, sehr mobil	-

6.2.2.2 Beschränkungen nach Anhang XVII der REACH-Verordnung

Ein wesentliches Instrument der REACH-Verordnung neben der Zulassung („Authorisation“) nach Artikel 56 i.V.m. Anhang XIV ist die Beschränkung („Restriction“) nach Art. 67 Abs. 1 i.V.m. Anhang XVII.

Bereits mit der Richtlinie 2006/122/EG wurde die Verwendung von PFOS und ihrer Derivate erheblich eingeschränkt. Diese Beschränkung wurde im Jahr 2011 in den Anhang XVII der REACH-Verordnung überführt. Eine Beschränkung unter REACH bedeutet, dass ein Stoff für eine bestimmte Verwendung oder in einem Erzeugnis oder Gemisch nicht mehr zulässig ist. Diese Beschränkungen sind in der REACH-Verordnung in Anhang XVII aufgeführt.

²² PBT: persistent, bioakkumulierend und toxisch; vPvB: sehr persistent, sehr bioakkumulierend, CMR: carcinogen, mutagen, reproduktionstoxisch

Mit der Aufnahme von PFOS im Jahr 2019 und PFOA im Jahr 2020 in die POP-Verordnung wurden die entsprechenden Einträge in Anhang XVII der REACH-Verordnung wieder herausgenommen, um Doppelregulierungen zu vermeiden.

Ebenso existiert mittlerweile eine EU-weite Beschränkung für die Herstellung, das Inverkehrbringen und die Verwendung der langkettigen C9 - C14 PFAS, die am 25. Februar 2023 in Kraft getreten ist. Werden diese Stoffe, deren Salze oder Vorläuferverbindungen als Bestandteil eines anderen Stoffes, in einem Gemisch oder Erzeugnis eingesetzt, gelten Grenzwerte von 25 ppb (entspricht 25 µg/kg) für die Stoffe und deren Salze sowie 260 ppb (260 µg/kg) für Vorläuferverbindungen. Für einzelne Verwendungen bestehen längere Ausnahmefristen bzw. Konzentrationsgrenzen für diese Regelungen.

Eine EU-weite Beschränkung für die Herstellung und Verwendung von PFHxA- und PFAS-haltigen Feuerlöschschäumen ist in Vorbereitung, ebenfalls eine umfassende Beschränkung der ganzen Stoffgruppe der PFAS, wobei jede Verbindung mit mindestens einer CF₃- oder einer CF₂-Gruppe im Molekül prinzipiell zu dieser Stoffgruppe gezählt werden soll.

6.2.3 POP-Verordnung

Mit der Verordnung (EG) Nr. 850/2004 (POP-Verordnung) wurden die Vorgaben aus der Stockholm-Konvention in europäisches Recht überführt. Mit der Novelle dieser Verordnung durch die Verordnung (EU) 2019/1021 wurde im Juli 2019 die Herstellung, Verwendung und das Inverkehrbringen von **PFOS** als solches, in Gemischen oder als Bestandteil von Artikeln mit wenigen Ausnahmen und ab bestimmten Grenzwerten verboten. Als zulässiger Restgehalt in Gemischen und Erzeugnissen gelten 10 mg/kg (0,001 Gew.-%). PFOS-haltige Feuerlöschschäume mit einem Gehalt von mehr als 0,001 % durften nur noch bis zum 27. Juni 2011 verwendet werden. In der EU ist die Verwendung von PFOS deshalb nur noch als Mittel zur Sprühnebelunterdrückung für nicht dekoratives Hartverchromen (Chrom VI) in geschlossenen Kreislaufsystemen zulässig. Auf EU-Ebene ist geplant, mittels einer Delegierten Verordnung (Dokument Ref. Ares (2023)8264517 - 04/12/2023) im Jahr 2024 diese Ausnahme in der POP-VO zu streichen.

Mit der Delegierten Verordnung (EU) 2020/784 wurde **PFOA** nach Streichung im Anhang XVII der REACH-Verordnung ebenfalls in den Anhang I der POP-Verordnung (VO (EU) 2019/1021) mit Wirkung vom Juli 2020 aufgenommen. Dabei ist jedoch die Verwendung von in der Union vor dem 4. Juli 2020 bereits verwendeten Erzeugnissen, die PFOA, ihre Salze und/oder PFOA-verwandte Verbindungen enthalten, zulässig.

PFHxS wurde nach der Aufnahme in das Stockholmer Übereinkommen mit der Verordnung (EU) 2022/2400 bisher erst in die Anhänge IV und V der POP-Verordnung aufgenommen, und zwar im Hinblick auf eine Gewährleistung einer mit dem Übereinkommen konformen Bewirtschaftung von Abfällen mit PFHxS. Diese Änderung gilt seit dem 10. Juni 2023. Eine Aufnahme in Anhang I der POP-Verordnung steht noch aus.

6.2.4 EU-Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit

Die im Oktober 2020 vorgelegte Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit der Europäischen Kommission beinhaltet u. a. einen PFAS-Aktionsplan. Als konkrete Aktivitäten sind dort eine Beschränkung in Feuerlöschschäumen (in Vorbereitung durch die Europäische Chemikalienagentur) und in anderen Verwendungen, die gesamtgesellschaftlich nicht unabdingbar sind, vorgesehen. PFAS sollen zukünftig in den relevanten Gesetzesbereichen wie Wasser, nachhaltige Produkte, Lebensmittel, Industrieemissionen und Abfall als Stoffgruppe behandelt werden. Ebenso will die Kommission einen EU-weiten Ansatz zur Sanierung von PFAS-Kontaminationen entwickeln sowie finanzielle Unterstützung von Forschungsvorhaben bereitstellen, letzteres auch mit Blick auf die Substitution dieser Stoffe durch umweltverträglichere Stoffe.

Die Risiken, welche sich aus der Herstellung, dem Inverkehrbringen oder der Verwendung von PFAS ergeben, sind derzeit nicht angemessen kontrolliert. In der Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit hat die

Europäische Kommission daher ein umfassendes Paket an Maßnahmen angekündigt, um die Verwendung von PFAS und daraus entstehenden Kontaminationen zu adressieren. Die Beschränkung der gesamten Gruppe der PFAS nach der EU-Chemikalienverordnung REACH (Verordnung (EG) Nr. 1907/2006) ist Teil dieses Maßnahmenpakets, dazu wurde ein umfangreiches Dossier erarbeitet und vorgelegt²³. Eine sechsmonatige öffentliche Konsultation des vorgelegten Dossiers hat am 22. März 2023 begonnen. Derzeit ist aufgrund umfänglicher Kommentierungen nicht absehbar, wann mit einer Entscheidung der Europäischen Kommission über diesen Vorschlag gerechnet werden kann.

6.2.5 Wasserrahmenrichtlinie mit nachgeordneten Richtlinien

Im Oktober 2022 hat die EU-Kommission einen Vorschlag („Proposal“) vorgelegt zur Fortschreibung bzw. Ergänzung der Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG sowie der nachgeordneten Richtlinien 2008/105/EG über Umweltqualitätsnormen im Bereich der Wasserpolitik (kurz: UQN-Richtlinie) sowie 2006/118/EG zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung (kurz: Grundwasserrichtlinie). Von den damit verbundenen Änderungen ist auch die Stoffgruppe der PFAS betroffen.

In den Anhang I der UQN-Richtlinie mit den Umweltqualitätsnormen (UQN) für prioritäre Stoffe sollen bei gleichzeitiger Streichung der bisherigen UQN für PFOS neue UQN als Summenwerte für sogenannte PFOA-Äquivalente der Toxizität von 24 PFAS im Vergleich zu PFOA aufgenommen werden, und zwar 0,0044 µg/l als JD-UQN und 77 µg/kg als Biota-UQN. Jeder dieser 24 Einzelverbindungen wird ein „Relative Potency Factor“ (RPF) ihrer toxischen Potenz im Vergleich zu PFOA mit RPF = 1 zugeordnet, nämlich von RPF = 0,001 für PFBS mit der geringsten bis RPF = 10 für PFNA mit der höchsten Toxizität (siehe Tab. 7). Die gemessenen Konzentrationen der 24 PFAS werden mit dem jeweiligen RPF multipliziert und die Produkte für einen Vergleich mit der JD-UQN bzw. Biota-UQN aufsummiert.

Tab. 7: 24 PFAS mit ihren „Relative Potency Factors“ (RPF) für die Bildung der Summe der PFOA-Äquivalente

Stoff	Kürzel	CAS-Nummer	RPF
Perfluorbutansäure	PFBA	375-22-4	0,05
Perfluorpentansäure	PFPeA	2706-90-3	0,3
Perfluorhexansäure	PFHxA	307-24-4	0,01
Perfluorheptansäure	PFHpA	375-85-9	0,0505
Perfluoroctansäure	PFOA	335-67-1	1
Perfluornonansäure	PFNA	375-95-1	10
Perfluordecansäure	PFDA	335-76-2	7
Perfluorundecansäure	PFUnDA	2058-94-8	4
Perfluordodecansäure	PFDoDA	307-55-1	3
Perfluortridecansäure	PFTTrDA	72629-94-8	1,65
Perfluortetradecansäure	PFTeDA	376-06-7	0,3
Perfluorhexadecansäure	PFHxDA	67905-19-5	0,02
Perfluoroctadecansäure	PFODA	16517-11-6	0,02
Perfluorbutansulfonsäure	PFBS	375-73-5	0,001
Perfluorpentansulfonsäure	PFPeS	2706-91-4	0,3005
Perfluorhexansulfonsäure	PFHxS	355-46-4	0,6
Perfluorheptansulfonsäure	PFHpS	375-92-8	1,3

²³ <https://echa.europa.eu/de/restrictions-under-consideration/-/substance-rev/72301/term>

Stoff	Kürzel	CAS-Nummer	RPF
Perfluorooctansulfonsäure	PFOS	1763-23-1	2
Perfluorodecansulfonsäure	PFDS	335-77-3	2
Ammonium-2,3,3,3-tetrafluor-2-(heptafluorpropoxy)propanoat	HFPO-DA („GenX“)	62037-80-3	0,06
Ammonium-2,2,3-trifluor-3-[1,1,2,2,3,3-hexa-fluor-3-(trifluormethoxy)propoxy]propionat	ADONA	958445-44-8	0,03
2-(Perfluorohexyl)ethanol	6:2 FTOH	647-42-7	0,02
2-(Perfluorooctyl)ethanol	8:2 FTOH	678-39-7	0,04
2,2-Difluor-2-((2,2,4,5-tetrafluor-5-(trifluormethoxy)-1,3-dioxolan-4-yl)oxy)essigsäure	C6O4	1190931-41-9	0,06

Auch der chemische Zustand des Grundwassers soll künftig auf Belastungen mit PFAS untersucht und bewertet werden. Dazu soll in den Anhang I der Grundwasserrichtlinie als neue Grundwasserqualitätsnorm ebenfalls der Wert 0,0044 µg/l für die Äquivalentsumme von 24 PFAS mit ihren gewichteten Konzentrationen analog zur JD-UQN in der UQN-Richtlinie aufgenommen werden (siehe oben). Damit gilt nach Artikel 4 der Richtlinie auch bezüglich PFAS, dass ein Grundwasserkörper grundsätzlich nur dann in gutem chemischem Zustand betrachtet werden kann, wenn diese Äquivalentsumme an keiner Überwachungsstelle im Grundwasserkörper überschritten wird, es sei denn eine entsprechende Untersuchung und Bewertung nach Anhang III der Richtlinie ergibt, dass eine Überschreitung im Einzelfall „keine signifikante Gefährdung der Umwelt darstellt“.

Nach Ende der Konsultationsphase am 14.03.2023 werden die Richtlinienentwürfe derzeit in den Ausschüssen des EU-Parlaments und des EU-Rats behandelt. Mit dem Abschluss des Gesetzgebungsverfahrens ist Mitte 2024 zu rechnen.

6.2.6 EU-Trinkwasserrichtlinie / Trinkwasserverordnung (TrinkwV)

Die neue EU-Trinkwasserrichtlinie (EU) 2020/2184 vom 16. Dezember 2020 hat für PFAS als „Mindestanforderungen zur Bewertung der Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch“ in den Anhang I Teil B folgende Qualitätsstandards aufgenommen, wobei die Mitgliedsstaaten entscheiden können, bei der Umsetzung der Richtlinie entweder einen oder beide der Parameter „PFAS gesamt“ und „Summe der PFAS“ einzusetzen:

- PFAS gesamt: 0,50 µg/l (Gesamtheit der per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen)
- Summe der PFAS: 0,10 µg/l (Summe der 20 in Anhang III Teil B Nummer 3 aufgeführten per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen):
 - Perfluorbutansäure (PFBA)
 - Perfluorpentansäure (PFPeA)
 - Perfluorhexansäure (PFHxA)
 - Perfluorheptansäure (PFHpA)
 - Perfluorooctansäure (PFOA)
 - Perfluornonansäure (PFNA)
 - Perfluordecansäure (PFDA)
 - Perfluorundecansäure (PFUnDA)
 - Perfluordodecansäure (PFDoDA)

- Perfluortridecansäure (PFTTrDA)
- Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)
- Perfluorpentansulfonsäure (PFPeS)
- Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)
- Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS)
- Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)
- Perfluornonansulfonsäure (PFNS)
- Perfluordecansulfonsäure (PFDS)
- Perfluorundecansulfonsäure (PFUnDS)
- Perfluordodecansulfonsäure (PFDoDS)
- Perfluortridecansulfonsäure (PFTTrDS)

Das Europäische Normungsgremium CEN TC 230 hat unter deutscher Leitung ein Normungsprojekt durchgeführt, um für den Parameter „Summe der PFAS“ eine neue Norm zu erarbeiten. Das Verfahren soll von der Kommission als verbindliches Verfahren nach Artikel 13 Absatz 7 der EU-Trinkwasserrichtlinie mit technischen Leitlinien zu Nachweisgrenzen, Parameterwerten und Häufigkeit der Probenahme festgelegt werden (siehe auch Kapitel 5.1). Dies erfolgt voraussichtlich nach Finalisierung des Analyseverfahrens als DIN EN 17892 im ersten Halbjahr 2024.

Die Umsetzung der Trinkwasserrichtlinie in nationales Recht erfolgte mit der zweiten Verordnung zur Novellierung der Trinkwasserverordnung, vom 20. Juni 2023, veröffentlicht am 23. Juni 2023 im Bundesgesetzblatt²⁴. In Anlage 2 Teil I TrinkwV wurden Grenzwerte für den Parameter „Summe PFAS-20“ von 0,00010 mg/l sowie „Summe PFAS-4“ von 0,000020 mg/l festgelegt, welche ab 12. Januar 2026 (Summe PFAS-20) und 12. Januar 2028 (Summe PFAS-4) gelten. Der Parameter „Summe PFAS-20“ umfasst dabei die oben genannten 20 PFAS der EU-Trinkwasserrichtlinie, der Parameter „Summe PFAS-4“ stellt die Summe aus Perfluoroctansäure (PFOA), Perfluornonansäure (PFNA), Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS) und Perfluoroctansulfonsäure (PFOS) dar.

6.2.7 PFAS in Lebensmitteln

Im September 2020 hat die EFSA die finale Stellungnahme zu „PFAS in Lebensmitteln“ vorgelegt: Dabei hat sie sich auf die Auswertung von Literatur (peer-reviewed) konzentriert, die zwischen Januar 2007 und September 2018 veröffentlicht wurde. Im Ergebnis wurde ein Summen-TWI für die vier langkettigen PFAS mit mehrjährigen Halbwertszeiten im Menschen PFOA, PFOS, PFHxS, PFNA in Höhe von 4,4 ng/kg Körpergewicht und Woche nach einem pragmatischen Ansatz festgelegt. Dies stellt noch einmal eine Absenkung der bisherigen TWI dar. Als toxikologisch empfindlichster Endpunkt für alle 4 Stoffe wurde dabei die Immuntoxizität auf Grundlage von Tierversuchen und epidemiologischen Studien herangezogen. Die Expositionsschätzungen der EFSA zu PFAS in Lebensmitteln weisen aufgrund von TWI-Überschreitungen auf gesundheitliche Besorgnis hin.

Basierend auf Verordnung (EWG) Nr. 315/93 legt die Verordnung (EU) Nr. 2023/915 (bzw. die Vorgängerverordnung (EG) 1881/2006) in ihrem Anhang Höchstgehalte für verschiedene Kontaminanten in Lebensmitteln fest. Die Einführung der Höchstgehalte für PFAS in bestimmten Lebensmitteln erfolgte mit der Verordnung (EU) 2022/2388 vom 7. Dezember 2022. Die Höchstgehalte für PFAS gelten gemäß Arti-

²⁴ www.recht.bund.de/bgbl/1/2023/159/VO.html

kel 3 der Verordnung (EU) 2022/2388 ab dem 1. Januar 2023. Produkte, die vor diesem Datum rechtmäßig in Verkehr gebracht wurden und den Höchstgehalt überschreiten, dürfen bis zu ihrem Mindesthaltbarkeits- oder Verbrauchsdatum in Verkehr bleiben.

6.3 Bundesweite Regelungen zur Begrenzung von PFAS in der Umwelt

6.3.1 Oberflächengewässer und Grundwasser

Bundesweit einheitliche Regelungen für die Stoffklasse der PFAS gibt es aktuell in der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) vom 20.06.2016 (zuletzt geändert 09.12.2020), die Umweltqualitätsnormen für PFOS im Süßwasser mit einer JD-UQN = 0,65 ng/l, einer ZHK-UQN = 36 µg/l und einer Biota-UQN = 9,1 µg/kg enthält. Werden diese Umweltqualitätsnormen in einem Oberflächengewässer überschritten, müssen geeignete Maßnahmen festgesetzt werden, um ihre Einhaltung spätestens bis 22. Dezember 2027 zu erreichen. Seit dem 22. Dezember 2018 wird PFOS im Rahmen eines zusätzlichen Überwachungsprogrammes sowie eines vorläufigen Maßnahmenprogrammes zur Minimierung der Belastung berücksichtigt.

Nach Inkrafttreten der mit dem „Proposal“ der EU-Kommission vom Oktober 2022 angekündigten Novelle der UQN-Richtlinie 2008/105/EG muss die neue UQN (vorgeschlagen sind 4,4 ng/l für die Äquivalentsumme von 24 PFAS (siehe oben 6.2.5)) in die OGewV übernommen werden. Die Einhaltung der UQN muss innerhalb einer von der Richtlinie vorgegebenen zeitlichen Frist erfolgen.

Dies gilt nach Inkrafttreten der Novelle der Grundwasserrichtlinie 2006/118/EG ebenso für eine analoge Übernahme der Grundwasserqualitätsnorm (vorgeschlagen sind 4,4 ng/l für die Äquivalentsumme von 24 PFAS) in die Grundwasserverordnung (GrwV), die bisher keine Anforderungen zu PFAS enthält.

Für die Bewertung von Grundwasserbelastungen gelten bisher lediglich von der LAWA gewässerschutzfachlich auf humantoxikologischer Basis abgeleitete Geringfügigkeitsschwellenwerte für das Grundwasser (GFS-Werte) für sieben Einzel-PFAS.

6.3.2 Bodenschutz

Die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) wurde durch Artikel 2 der „Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung“ (Mantel-Verordnung) vom 09. Juli 2021 novelliert. Seit dem 01. August 2023 gelten damit für sieben PFAS „Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser am Ort der Probenahme und im Sickerwasser am Ort der Beurteilung“ nach Tabelle 3 Anlage 2 BBodSchV. Diese wurden entsprechend der offiziellen Begründung zu den Regelungen der Verordnung, wonach humantoxikologisch begründete GFS-Werte unverändert als Prüfwerte für den Pfad Boden-Grundwasser übernommen werden, zahlenmäßig den für die sieben Einzelverbindungen geltenden GFS-Werten der LAWA gleichgesetzt. Eine weitere gesetzliche Regelung gibt es in der Düngemittelverordnung, die einen Grenzwert von 100 µg/kg Trockenmasse für die Summe aus Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) und Perfluorooctansäure (PFOA) bestimmt. Weitere bundesweit einheitliche gesetzliche Grenzwerte für diese Stoffklasse liegen aktuell noch nicht vor.

6.4 Oberflächengewässer - Erläuterungen zur Ableitung von PNEC und UQN

PFHxS, PFOA, PFNA und PFDA, sowie alle Perfluorcarbonsäuren mit einer Kettenlänge von C11 - C14 sind bislang unter REACH aufgrund ihrer persistenten, bioakkumulierenden und toxischen (PBT) bzw. sehr persistenten und sehr bioakkumulierenden (vPvB) Eigenschaften als besonders besorgniserregende Stoffe (SVHC, substances of very high concern) definiert worden (vgl. Kapitel 6.2.1.1). PFOS, PFOA, PFDA und PFNA sind zudem als CMR-Stoffe eingestuft.

Die besondere Besorgnis, die von PBT-Stoffen ausgeht, hat ihre Ursache darin, dass sie, einmal in die Umwelt ausgebracht, dort dauerhaft verbleiben. Sie können sich über einen langen Zeitraum in den Umweltmedien oder in Organismen anreichern und dann Schäden anrichten. Dabei kann nicht genau vorhergesagt werden, wann und wo solche Effekte auftreten. Schäden, die einmal durch PBT oder vPvB-Stoffe bei Menschen und Umwelt eingetreten sind, sind häufig nicht reparabel, daher wird hier der Vorsorgegedanke in der Chemikalienverordnung verankert.

Für PBT- und vPvB-Stoffe kann unter der Sichtweise von REACH aufgrund der hohen Verweildauer der Stoffe in der Umwelt und des hohen Anreicherungspotenzials in Organismen keine Konzentration in der Umwelt abgeleitet werden, für die mit Sicherheit keine Effekte in der Zukunft auftreten. PNEC-Werte (Predicted no effect concentration) können nur für einzelne Schutzgüter (z. B. PNEC_{aquatisch} für die aquatische Lebensgemeinschaft) auf Basis aktueller Erkenntnisse abgeleitet werden, bieten aber nicht die eigentlich erforderliche Sicherheit im Sinne einer Risikominimierung für alle zu betrachtenden Schutzgüter. Eine PNEC als „sichere“ Konzentration in der Umwelt ist daher mit hoher Unsicherheit behaftet und nicht für die Umweltschutzgüter in ihrer Gesamtheit ableitbar. Es sollte jedoch beachtet werden, dass aquatische Organismen wasserlösliche PFAS kaum anreichern. Effekte treten bei Fischen erst in vergleichsweise hohen Konzentrationen auf, was zu relativ hohen PNEC_{aquatisch}-Werten führt. Im Gegensatz dazu reichern terrestrische Top-Prädatoren PFOA und andere langkettige PFAS in hohem Maße an. Dies konnte z. B. an Fischottern gezeigt werden. Nach den bisher vorliegenden Daten ist der Mensch bislang der sensibelste Organismus hinsichtlich der Effekte durch PFAS-Kontaminationen. Menschen nehmen PFAS hauptsächlich durch die Nahrung (z. B. Fisch), Trinkwasser, Luft und Staub auf.

Entsprechend umfassen die nach Wasserrahmenrichtlinie zur Bewertung relevanten UQN für prioritäre Stoffe wie PFOS neben den Ableitungskriterien für PNEC (Schutz der aquatischen Gemeinschaft abgebildet durch die Vertreter der Trophiestufen Alge, Daphnie und Fisch) auch den Schutz vor sekundärer Vergiftung fischfressender Tiere („secondary poisoning“) und den Schutz der menschlichen Gesundheit bei Fischverzehr.

Glossar

ADONA	Ammoniumsalz der Perfluor-4,8-Dioxa-3H-Perfluoronansäure (DONA)
AFFF	Aqueous film forming foam (Wasserfilmbildender Schaum)
ALARA-Prinzip	As Low As Reasonably Achievable (So niedrig wie vernünftigerweise erreichbar)
APFO	Ammoniumsalz der Perfluorooctansäure (PFOA)
ECHA	Europäische Chemikalienagentur mit Sitz in Helsinki
EFSA	Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit mit Sitz in Parma
FTOH	Fluortelomeralkohol
GFS	Geringfügigkeitsschwellenwerte, Bewertungsgrundlage der LAWA für Stoffe im Grundwasser
GOW	gesundheitliche Orientierungswerte (für Trinkwasser)
LABO	Länderarbeitsgemeinschaft Boden
LAWA	Länderarbeitsgemeinschaft Wasser
LfU	Bayerisches Landesamt für Umwelt
MNQ	mittlerer Niedrigwasserabfluss eines Gewässers
PBT	Persistent, bioakkumulierend und toxisch
PFAB	Polyfluoralkylbetaine (z. B. PFOS-Ersatz Capstone™)
PFCA	Perfluorinated carboxylic acid, Perfluorcarbonsäure
PNEC	Predicted no effect concentration, Konzentration, bei der mit hinreichender Sicherheit keine Effekte mehr auf aquatische Lebewesen zu erwarten sind
POP	Persistent Organic Pollutant, persistenter organischer Schadstoff
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (Europäisches Chemikalienrecht)
SVHC	Substances of very high concern (besonders besorgniserregende Stoffe)
UQN	Umweltqualitätsnorm, angegeben als Jahresdurchschnittskonzentration (JD-UQN) oder zulässige Höchstkonzentration (ZHK-UQN)
vPvB	very persistent, very bioaccumulative (Stoffkategorie in REACH)
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WRRL	Europäische Wasserrahmenrichtlinie

Impressum:

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Telefon: 0821 9071-0
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: www.lfu.bayern.de

Postanschrift:

Bayerisches Landesamt für Umwelt
86177 Augsburg

Bearbeitung:

Bayerisches Landesamt für Umwelt,
Ref. 76 mit 31, 34, 35, 36, 68, 76.1, 93, 96 und 103

Bildnachweis:

LfU

Stand:

März 2024

Diese Publikation wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbenden oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Publikation nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Publikation zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die publizistische Verwertung der Veröffentlichung – auch von Teilen – wird jedoch ausdrücklich begrüßt. Bitte nehmen Sie Kontakt mit dem Herausgeber auf, der Sie – wenn möglich – mit digitalen Daten der Inhalte und bei der Beschaffung der Wiedergaberechte unterstützt.

Diese Publikation wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung. Unter Tel. 0 89 12 22 20 oder per E-Mail unter direkt@bayern.de erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.