

TEXTE

137/2020

Sanierungsmanagement für lokale und flächenhafte PFAS- Kontaminationen

Anhang B: Bewertung und ermessensleitende
Dokumente

TEXTE 137/2020

Umweltforschungsplan des
Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz und nukleare Sicherheit

Forschungskennzahl 3717 76 231 0
FB000332/ANH,B

Sanierungsmanagement für lokale und flächenhafte PFAS-Kontaminationen

Anhang B: Bewertung und ermessensleitende Dokumente

von

Dr. Thomas Held, Dr. Michael Reinhard
Arcadis Germany GmbH, Darmstadt

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber:

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt

Durchführung der Studie:

Arcadis Germany GmbH
Europaplatz 3
64293 Darmstadt

Abschlussdatum:

Dezember 2019

Redaktion:

Fachgebiet II 2.6 Maßnahmen des Bodenschutzes
Jörg Frauenstein

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, Juli 2020

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	2
1. Regulatorisches Umfeld	3
2. Bundeseinheitliche Bewertungsgrundlagen	4
3. Direktpfad Boden → Mensch	4
4. Wirkungspfad Boden → Pflanze und Vorerntemonitoring	5
5. Trinkwasser	6
6. Oberflächengewässer	7
7. Düngemittelverordnung	7
8. PFAS-Regelungen im Ausland	7
9. Verfügbare methodische und ermessensleitende Leitfäden	8
10. Quellenverzeichnis.....	9

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Beurteilungswerte für Lebensmittel (Stand 9/2019) (in µg/kg) (Regierungspräsidium Karlsruhe, 2019)	5
Tabelle 2	Trinkwasserleitwerte und GOW (UBA, 2017)	6

1. Regulatorisches Umfeld

Im Jahr 2006 hat das Europäische Parlament eine erste Beschränkung der Verwendung der PFAS mit der EU-Richtlinie 2006/122/EG erlassen. Diese Beschränkung der Verwendung betraf den Einzelstoff PFOS und dessen Derivate¹ (EU, 2006). Danach darf PFOS als Stoff oder Bestandteil von Zubereitungen in einer Konzentration von $\geq 0,005$ Massen-% nicht mehr in Verkehr gebracht oder verwendet werden. Halbfertigerzeugnisse, Erzeugnisse oder Bestandteile dürfen nicht in Verkehr gebracht werden, wenn die PFOS-Massenkonzentration $\geq 0,1$ % beträgt. Bei Textilien oder anderen beschichteten Werkstoffen gilt der Grenzwert von $1 \mu\text{g}/\text{m}^2$ PFOS des beschichteten Materials. Es gelten sehr begrenzte Ausnahmen für u.a. fotografische Beschichtungen von Filmen, Papieren und Antischleiermittel für nicht-dekoratives Hartverchromen bei Galvaniken und Hydraulikflüssigkeiten für die Luft- und Raumfahrt.

Im Jahr 2007 wurde die Regelung in deutsches Recht übernommen (Bundesregierung, 2007).

Zwei Jahre später, 2009, wurde PFOS im Rahmen der Stockholm Konvention auf die Liste der weltweit zu beschränkenden Stoffe aufgenommen (REACH, 2019). Zwischenzeitlich wurden 6 weitere perfluorierte Verbindungen als besonders besorgniserregende Stoffe in die REACH-Kandidatenliste aufgenommen, u.a. PFHxS, PFOA, PFNA und PFDA.

Am 14.06.2017 veröffentlichte die EU-Maßnahmen zur Regulierung von PFOA, seinen Salzen und Precursor in einer Vielzahl von Produkten gemäß Anhang XVII von REACH. Das neue Gesetz wird ab dem 4. Juli 2020 schrittweise umgesetzt (REACH, 2017).

Gemäß der EU-Verordnung zu REACH dürfen in der Europäischen Union (EU) nach dem 4. Juli 2020 Schaummittel die mehr als $25 \mu\text{g}/\text{L}$ PFOA für PFOA und deren Salze sowie $1.000 \mu\text{g}/\text{L}$ Vorläuferverbindungen enthalten, nicht mehr verkauft werden.

Heute ist die Herstellung und/oder Verwendung von PFOS und PFOA (den sogenannten C₈-Verbindungen) in Europa fast vollständig eingestellt. Dies hat zur Folge, dass beide Verbindungen durch andere PFAS ersetzt werden. Bekannte Ersatzstoffe sind u.a. PFHxS, 6:2-FTS, PFBS und Etherverbindungen wie ADONA und GenX. Kürzerkettige PFAS-Verbindungen gelten zwar als weniger toxisch und bioakkumulierbar, aber immer noch als sehr persistent. Problematisch ist zudem, dass die Ersatzstoffe oft in höheren Konzentrationen eingesetzt werden müssen, um die gewünschten Eigenschaften in der Anwendung zu erreichen.

Im Jahr 2017 hat das Umweltbundesamt (UBA) gemeinsam mit KEMI (schwedische Chemikalienagentur) und der Europäischen Chemikalienagentur (ECHA) einen Vorschlag unterbreitet, wonach sechs hochfluorierte PFAS (PFNA, PFDA, PFUnDA, PFDoDA, PFTrDA und PFTeDA)² ab 2020 in der EU verboten werden sollen. Der Vorschlag umfasst auch alle anderen PFAS, die zu einer dieser sechs Verbindungen abgebaut werden können (Precursor). Dies bedeutet, dass das Verbot insgesamt für eine Gruppe von etwa 200 hochfluorierten Verbindungen gilt. Der Grund für den schwedisch-deutschen Vorschlag ist, dass die Substanzen in der Umwelt äußerst schlecht abbaubar sind und sich in lebenden Organismen anreichern. Die derzeit in der EU verwendeten Substanzmengen sind gering. Die ECHA führt zu diesem Vorschlag derzeit (Stand 2019) eine öffentliche Konsultation durch. Es gibt viele andere internationale Organisationen (u.a. Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung; OECD und die Global PFC Group des Umweltprogramms der Vereinten Nationen; UNEP), die in gleicher Weise auf die Regulierung der PFAS einwirken.

¹ Metallsalze (O-M+), Halogenide, Amide und andere Derivate einschließlich Polymere (Anm.: somit auch PFOS-Precursor).

² Anzumerken ist, dass die Löslichkeit dieser Verbindungen so gering ist, dass sie im Grundwasser nahezu nicht auftreten. Für andere Wirkungspfade dürften die Verbindungen ebenfalls nicht relevant sein.

Für die Aufnahme von PFAS durch den Menschen hatte das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) bereits 2006 einen vorläufigen TDI-Wert (tolerable daily intake) von 0,1 µg/kg Körpergewicht (KG) für PFOS und PFOA abgeleitet (BfR, 2006). Im Jahr 2008 wurde der TDI-Wert zunächst auf 0,15 µg/kg KG für PFOS und 1,5 µg/kg KG für PFOA erhöht (BfR, 2008). Im Dezember 2018 hat die Europäische Lebensmittelsicherheitsbehörde (EFSA) eine Neubewertung zu gesundheitlichen Risiken durch PFOS und PFOA in Lebensmitteln veröffentlicht. Die tolerierbaren *wöchentlichen* Aufnahmemengen (TWI) wurden mit 6 ng/kg KG für PFOA und 13 ng/kg KG für PFOS verringert (BfR, 2018)³.

Das BfR hat im Jahr 2019 empfohlen, diese TWI-Werte zur Beurteilung des Gesundheitsrisikos der Aufnahme von PFOS und PFOA mit Lebensmitteln heranzuziehen und Maßnahmen zu ergreifen, um die Exposition der Verbraucher gegenüber PFOS und PFOA über Lebensmittel weiter zu minimieren. Grundsätzlich wurde empfohlen, Trinkwasser als Expositionsquelle zu betrachten. Es wurden jedoch wissenschaftliche Unsicherheiten festgestellt und weiterer Forschungsbedarf hinsichtlich der aktuellen Ableitung formuliert (BfR, 2019).

2. Bundeseinheitliche Bewertungsgrundlagen

Auf der Grundlage des Beschlusses der 88. Umweltministerkonferenz vom Mai 2017 werden derzeit (Stand: 09/2019) durch eine länderübergreifende Arbeitsgruppe bundesweit einheitliche Vorgaben für die Bewertung und Sanierung von Boden- und Gewässerverunreinigungen sowie für die Entsorgung PFAS-haltiger Materialien abgeleitet. Nach einer Abstimmung mit dem Ministerium ist zu erwarten, dass die Umweltministerkonferenz (UMK) eine Empfehlung an die Bundesländer aussprechen wird, diese Vorgaben anzuwenden. Im nächsten Schritt sollten die Vorgaben dann in jedem Bundesland per Erlass eingeführt werden. Daher werden im Folgenden keine Informationen zu länderspezifischen Regelungen gegeben.

3. Direktpfad Boden → Mensch

Derzeit gibt es noch keine Berechnungen für vorläufige Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden → Mensch (direkter Kontakt). Es existieren lediglich Abschätzungen, die bei Fachvorträgen präsentiert wurden. Demnach lägen die Werte im mg/kg-Bereich. Ob diese jedoch belastbar sind, muss auch mit Blick auf die sich möglicherweise ändernden TDI-Werte geprüft werden.

Für den Fall, dass die PFAS bereits in den menschlichen Körper aufgenommen worden sind, wurden von der Kommission Human-Biomonitoring zwei Arten von Beurteilungswerten abgeleitet (UBA, 2020):

- ▶ Referenzwerte aus einer Reihe von Messwerten einer Stichprobe einer definierten Bevölkerungsgruppe nach einem vorgegebenen statistischen Verfahren. Die Referenzwerte ermöglichen unter anderem die Beschreibung des Ist-Zustandes (sogenannte Hintergrundbelastung) bei einer bestimmten Bevölkerungsgruppe mit oder ohne erkennbare spezifische Belastung zum Zeitpunkt der Untersuchung, die Festlegung einer besonderen Belastung von Einzelpersonen oder Personengruppen mit Stoffen. Die Referenzwerte sind rein statistisch definierte Werte, denen per se keine gesundheitliche Bedeutung zukommt (UBA, 2020).

³ Bei einer Aufnahme von 2 L Trinkwasser pro Tag, einem Beitrag des Trinkwassers zur täglichen Aufnahme in Höhe von 20 % und einer Person von 70 kg Körpergewicht würde der TDI einer Konzentration im Trinkwasser von 0,006 µg/L PFOS entsprechen

- Toxikologisch begründete HBM-Werte zu tolerablen (HBM-I) oder gerade noch tolerablen (HBM-II) Stoffkonzentrationen in Blut oder Urin. Diese Werte wurden auf der Grundlage von toxikologischen und epidemiologischen Untersuchungen abgeleitet. Der HBM-I-Wert ist quasi als Prüf- oder Kontrollwert anzusehen. Der HBM-II-Wert entspricht der Konzentration eines Stoffes in einem Körpermedium, bei dessen Überschreitung nach dem derzeitigen Stand der derzeitigen Bewertung eine als relevant anzusehende gesundheitliche Beeinträchtigung möglich ist, so dass Handlungsbedarf zur Reduktion der Belastung besteht und eine umweltmedizinische Betreuung (Beratung) zu veranlassen ist. Der HBM-II-Wert ist somit als Interventions- und Maßnahmenwert anzusehen. Ein HBM-II-Wert wurde für PFAS bisher nicht festgelegt. Für PFOS und PFOA (Blutplasma, Allgemeinbevölkerung) gibt es dagegen einen HBM-I-Wert (Stand: Februar 2017):

PFOS	5 µg/L
PFOA	2 µg/L

4. Wirkungspfad Boden → Pflanze und Vorerntemonitoring

Derzeit besteht noch Bedarf für die Ableitung von Prüfwerten für den Wirkungspfad Boden → Pflanze. Aktuelle Untersuchungen geben Hinweise, dass die Aufnahme der PFAS durch Pflanzen (Transferfaktoren) von vielen, sich häufig über die Zeit ändernden Parametern (einschließlich der Pflanzenbestandszusammensetzung) beeinflusst wird. Zu den Aufnahmewegen und -mechanismen laufen derzeit Forschungsvorhaben.

Solange keine Werte für den Wirkungspfad Boden → Pflanze entwickelt wurden, kann eine Bewertung mit Hilfe des so genannten Vorerntemonitorings erfolgen. Beim Vorerntemonitoring werden die Pflanzen bereits vor der Ernte auf PFAS untersucht. Vom Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg wurden unter Berücksichtigung des Vorsorge- und Minimierungsgrundsatzes sogenannte Beurteilungswerte (die für Lebensmittel duldbaren Werte) festgelegt (Tabelle 1).

Tabelle 1 Beurteilungswerte für Lebensmittel (Stand 9/2019) (in µg/kg) (Regierungspräsidium Karlsruhe, 2019)

Produkt	PFBA	PFPeA	PFHxA	PFHpA	PFBS	PFHxS
Obst und Gemüse	9,4	2,8	5,7	< 2,0	5,7	< 1,0
Getreide	21	6,5	13	< 2,0	13	< 1,0
Fleisch, Fisch, Innereien	100	30	60	3,0	60	1,0

Die Beurteilungswerte dienen in Baden-Württemberg als Entscheidungsgrundlage für die Verkehrsfähigkeit von Pflanzen, zur Verwendung als Lebensmittel sowie für Fleisch, Fisch und Innereien. Die Beurteilungswerte werden sowohl beim Vorerntemonitoring als auch bei der Lebensmittelüberwachung verwendet.

Das Vorerntemonitoring wird auch im Bereich Futtermittel (amtliche Futtermittelüberwachung) genutzt, um sicherzustellen, dass nur sichere Futtermittel verfüttert und somit auch nach der Verfütterung sichere tierische Lebensmittel erzeugt werden können. Grundsätzlich gilt, dass Aufwüchse, die die für Lebensmittel festgelegten Beurteilungswerte (Tabelle 1) einhalten, auch als Futtermittel geeignet sind (Landtag von Baden-Württemberg, 2016). Aufgrund dieser vielfältigen Aspekte ist bei erhöhten PFAS-Gehalten i. d. R. nur über Einzelfallentscheidungen unter Berücksichtigung der verfügbaren Informationen die Sicherheit der Futtermittel zu erreichen.

Ergänzend zur Einzelfallentscheidung erfolgt eine Information an die Lebensmittelüberwachung, um zusätzlich Untersuchungen im Lebensmittel tierischer Herkunft durchführen zu können.

Das BfR empfiehlt trotz des weiterhin vorhandenen Forschungsbedarfes, bei zukünftigen Bewertungen von PFOS und PFOA in Lebensmitteln die vorläufigen gesundheitsbezogenen Richtwerte (TDI) der EFSA heranzuziehen.

5. Trinkwasser

Die gemeinsame Arbeitsgruppe der LAWA und der LABO hat anhand von Informationen zum Vorkommen und zur Verbreitung sowie aus Einzelfallberichten 13 PFAS als für das Grundwasser prioritär benannt. Für sieben dieser Verbindungen konnten GFS-Werte (Geringfügigkeitsschwellenwerte) auf der Grundlage humantoxikologischer Daten ableiten werden (LAWA, 2017). Die Trinkwasserkommission beim Umweltbundesamt hat die Datenlage als ausreichend bewertet, um die sieben abgeleiteten GFS-Werte auch als Leitwerte nach der Trinkwasserverordnung (TW_{LW}) zu etablieren. Für weitere sechs PFAS hat die LAWA-LABO-Arbeitsgruppe aufgrund der eingeschränkten Datenlage Gesundheitliche Orientierungswerte (GOW) angegeben (Tabelle 2).

Tabelle 2 Trinkwasserleitwerte und GOW (UBA, 2017)

Lfd. Nr	Name	Abk.	CAS-Nr.	TW_{LW} [$\mu\text{g/L}$]	GOW [$\mu\text{g/L}$]
1	Perfluorbutansäure	PFBA	375-22-4	10	-
2	Perfluorpentansäure	PFPeA	2706-90-3	-	3,0
3	Perfluorhexansäure	PFHxA	307-24-2	6	-
4	Perfluorheptansäure	PFHpA	375-85-9	-	0,3
5	Perfluoroktansäure	PFOA	335-67-1	0,1	-
6	Perfluornonansäure	PFNA	375-95-1	0,06	-
7	Perfluordekansäure	PFDA	375-95-2	-	0,1
8	Perfluorbutansulfonsäure	PFBS	375-73-5	6	-
9	Perfluorhexansulfonsäure	PFHxS	355-46-4	0,1	-
10	Perfluorheptansulfonsäure	PFHpS	375-92-8	-	0,3
11	Perfluoroktansulfonsäure	PFOS	1763-23-2	0,1	-
12	H ₄ -Polyfluoroktansulfonsäure	H4PFOS	27619-97-2	-	0,1
13	Perfluoroktansulfonamid	PFOSA	754-91-6	-	0,1

Die Trinkwasserkommission hat sich nicht zur Anwendung der Quotientensumme geäußert, in einigen Bundesländern wird sie aktuell bei der Trinkwasserbewertung herangezogen, es gibt jedoch noch kein bundesweit einheitliches Vorgehen. Zudem hat die EU-Kommission vorgeschlagen, PFAS in die zu überwachenden Stoffe in der neuen Trinkwasserrichtlinie aufzunehmen (EU, 2018). Der stark kontrovers diskutierte Vorschlag sieht eine Regelung für die PFAS-Gruppe im Sinne der OECD vor und empfiehlt folgende Grenzwerte:

0,1 $\mu\text{g/l}$ für jeden Einzelstoff

0,5 $\mu\text{g/l}$ für Summe PFAS

6. Oberflächengewässer

Die Tochterrichtlinie „Prioritäre Stoffe“ (EU, 2013) zur Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) definiert Umweltqualitätsnormen (UQN) für PFOS in Oberflächengewässern. Diese Richtlinie wurde mit der Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer im Jahr 2016 in deutsches Recht umgesetzt (Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, 2016). Danach gelten folgende Werte:

- ▶ 0,65 ng/L als Jahresdurchschnittswert (JD-UQN)
- ▶ 36 µg/L als zulässige Höchstkonzentration (ZHK-UQN)

Für Küstengewässer gilt ein UQN von:

- ▶ 0,13 ng/L

In der Oberflächengewässerverordnung (OGewV vom 20.06.2016) gibt es aktuell Umweltqualitätsnormen (UQN) für PFOS für den Schutz des Menschen beim Fischverzehr als empfindlichstes Schutzgut (Annahme: Fischverzehr von 115 g/d und ein Beitrag von 10 % zum TDI durch den Fischverzehr). Für Fische gilt demnach eine PFOS-Biota-UQN von 9,1 µg/kg Fisch. Die Berechnung der UQN basiert auf der Wirkung auf die Biota. Die Wasser-UQN wurde basierend auf der Fisch-UQN errechnet. Nach der OGewV soll bei PFOS grundsätzlich auf Biotawerte zurückgegriffen werden. Erst wenn diese nicht ermittelt werden können, sind Wasserproben zu analysieren. Die UQN für Wasser ist analytisch bestimmbar, aber nur mit hohem Aufwand.

Die UQN gilt ab dem Jahr 2018. Werden diese UQN in einem Oberflächengewässer überschritten, müssen geeignete Maßnahmen eingeleitet werden, um ihre Einhaltung bis spätestens ab dem Jahr 2027 zu erreichen.

7. Düngemittelverordnung

In der Düngemittelverordnung (DüMV, 2012) ist ein Grenzwert für die Summe aus PFOA und PFOS von 100 µg/kg festgelegt. DüMV gilt auch für Klärschlamm. In der aktuell gültigen Klärschlammverordnung (AbfKlärV) vom 27.09.2017 keine Grenzwerte für PFAS festgelegt, da die AbfKlärV auf die DüMV verweist.

8. PFAS-Regelungen im Ausland

In vielen Ländern außerhalb Deutschlands wurden Grenz- oder Prüfwerte für PFAS (vorrangig für PFOS und gegebenenfalls PFOA) abgeleitet. Es werden im Folgenden nur exemplarisch einige der Erkenntnisse aufgelistet, eine vollständige Wiedergabe der aktuellen globalen Situation ist für diese Handlungsempfehlung nicht zielführend, vor allem auch, weil die Regelungen derzeit noch häufigen Änderungen unterliegen.

In den USA wurden erstmals im Jahr 2006 durch die US Environmental Protection Agency (EPA) Werte für die Exposition gegenüber PFOS und PFOA festgelegt. Danach gilt ein gesundheitlicher Orientierungswert (*Lifetime Health Advisory Level*, LHA) für Trinkwasser von 0,07 µg/L für die Summe PFOS/PFOA. In anderen US-Bundesstaaten wurden für weitere Medien und weitere PFAS-Verbindungen Werte festgelegt (EPA, 2019). Im Jahr 2018 veröffentlichte das US-Gesundheitsministerium einen Entwurf, in dem vorgeschlagen wurde, den Grenzwert für PFOS auf 0,007 µg/L und für PFOA auf 0,011 µg/L zu senken (ATSDR, 2018).

Für Boden in Wohngebieten wurde regional ein Prüfwert (*Soil Screening Level*) von 6 mg/kg PFOS und 16 mg/kg PFOA empfohlen.

In dem US-Bundesstaat *North Carolina* wurde in Abstimmung mit der US EPA im Juli 2017 ein GOW-Wert für GenX von 0,14 µg/L für die am stärksten gefährdete Bevölkerungsgruppe⁴ abgeleitet. Dieses Gesundheitsziel ist ein nicht-regulatorischer Wert, bei dessen Unterschreitung keine schädlichen Auswirkungen auf die Gesundheit über die gesamte Expositionsdauer zu erwarten sind (Water Online, 2017).

Australien hat im April 2017 die amerikanischen Grenzwerte für Trinkwasser übernommen, fügte der Summe jedoch noch PFHxS hinzu, sodass für die Summe von PFOS und PFHxS jetzt der Grenzwert von 0,07 µg/L gilt (Australian Government, Department of Health, 2017a, b).

In Europa gelten die strengsten Trinkwassergrenzwerte in Skandinavien. In Dänemark gilt für die Summe von 12 PFAS ein Grenzwert von 0,1 µg/L (Danish Ministry of the Environment, 2015) und in Schweden für die Summe von 11 PFAS von 0,09 µg/L (Gobelius et al., 2018).

9. Verfügbare methodische und ermessensleitende Leitfäden

Methodische und ermessensleitende Leitfäden liegen in den einzelnen Bundesländern vor. Diese sollen aber in Kürze durch die bundeseinheitlichen Bewertungen und Regulierungen ersetzt werden. Darüber hinaus wurden methodische Leitfäden erstellt zur

- ▶ Erfassung und orientierenden Erkundung (Projektstufe 1) (LABO, 2015)
- ▶ Erfassung und orientierenden Erkundung (Projektstufe 2) (LABO, 2017).

In der Projektstufe 1 wurden die Grundlagen für die Erfassung, historische Erkundung und orientierende Untersuchung nicht nur von Kontaminationen mit Feuerlöschschäumen, sondern von allen Industriebranchen, in denen PFAS eingesetzt wurden, erarbeitet. In der Projektstufe 2 wurden die erarbeiteten Grundlagen auf die Anwendbarkeit in der Praxis überprüft.

Ferner liegt auf Bundesebene, herausgegeben vom Bundesamt für Infrastruktur, Umweltschutz und Dienstleistungen der Bundeswehr zusammen mit der Bundesanstalt für Immobilienaufgaben ein „PFC-Leitfaden für Liegenschaften des Bundes“ als Teil der Fachlichen Richtlinien für Boden- und Grundwasserschutz vor (Bundesamt für Infrastruktur, Umweltschutz und Dienstleistungen der Bundeswehr, 2018).

⁴ Säuglinge, welche pro Körpergewicht das meiste Wasser trinken.

10. Quellenverzeichnis

- ATSDR (2018): Toxicological Profile for Perfluoroalkyls Draft for Public Comment June 2018. US Department of Health and Human Services. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp200.pdf> (28.08.2019)
- Australian Government, Department of Health (2017): Health based guidance values for PFAS for use in site Investigations in Australia. [https://www1.health.gov.au/internet/main/publishing.nsf/Content/2200FE086D480353CA2580C900817CDC/\\$File/HBGV-Factsheet-20190911.pdf](https://www1.health.gov.au/internet/main/publishing.nsf/Content/2200FE086D480353CA2580C900817CDC/$File/HBGV-Factsheet-20190911.pdf) (02.12.2019).
- Baden-Württemberg (2019): Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft: Erlass vom 08.04.2019: Entsorgung von PFC-haltigem Bodenaushubmaterial II, Erlass von 29.01.2016, Az.: 25-8980.05/15
- Bantz, I., Valentin, I. (2019): Stand der Erfassung und Sanierung von PFC-Verunreinigungen in Düsseldorf. Mitt. Umweltchem. Ökotox. 25. Jahrg. 2019/ Nr. 1, 2-7. www.gdch.de/fileadmin/downloads/Netzwerk_und_Strukturen/Fachgruppen/Umweltchemie_OEkotoxikologie/mblatt/2019/b1h119.pdf (28.08.2019).
- Bayerisches Landesamt für Umwelt (2019): Per- und polyfluorierte Chemikalien in Bayern. Untersuchungen 2006- 2018.
- BfR (2006): Hohe Gehalte an perfluorierten organischen Tensiden (PFT) in Fischen sind gesundheitlich nicht unbedenklich. Stellungnahme Nr. 035/2006 des BfR vom 27. Juli 2006. https://www.bfr.bund.de/de/bfr_stellungnahmen_2006.html (28.08.2019).
- BfR (2008): Gesundheitliche Risiken durch PFOS und PFOA in Lebensmitteln sind nach dem derzeitigen wissenschaftlichen Kenntnisstand unwahrscheinlich. Stellungnahme 004/2009 des BfR vom 11. September 2008. https://www.bfr.bund.de/cm/343/gesundheitliche_risiken_durch_pfos_und_pfoa_in_lebensmitteln.pdf (28.08.2019).
- BfR (2018): Perfluorierte Verbindungen PFOS und PFOA sind in Lebensmitteln unerwünscht. Mitteilung Nr. 042/2018 des BfR vom 14. Dezember 2018. <https://www.bfr.bund.de/cm/343/perfluorierte-verbindungen-pfos-und-pfoa-sind-in-lebensmitteln-unerwuenscht.pdf> (28.08.2019).
- BfR (2019): Bundesinstitut für Risikoforschung. New health-based guidance values for the industrial chemicals PFOS and PFOA. BfR opinion No 032/2019 of 21 August 2019. <https://www.bfr.bund.de/cm/349/new-health-based-guidance-values-for-the-industrial-chemicals-pfos-and-pfoa.pdf>
- Bundesamt für Infrastruktur, Umweltschutz und Dienstleistungen der Bundeswehr (2018): PFC-Leitfaden für Liegenschaften des Bundes Anhang A-8.2 der Arbeitshilfen Boden- und Grundwasserschutz Bundesamt für Infrastruktur, Umweltschutz und Dienstleistungen der Bundeswehr und Bundesanstalt für Immobilienaufgaben.
- Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz (2016): Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung - OGewV) vom 20. Juni 2016 (BGBl. I S. 1373), Ersetzt V 753-13-3 v. 20.7.2011 I 1429 (OGewV). <https://www.gewaesser-bewertung.de/files/ogewv2016.pdf> (28.08.2019).
- Bundesregierung (2007): Elfte Verordnung zur Änderung chemikalienrechtlicher Verordnungen vom 12.10.2007. Bundesgesetzblatt Teil I, Nr. 52, 25.10.2007, 2382-2385.
- Danish Ministry of the Environment (2015) Perfluorinated alkyl acid compounds (PFAS compounds) incl. PFOA, PFOS and PFOSA.
- EPA (2019): EPA's Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) Action Plan. EPA 823R18004. https://www.epa.gov/sites/production/files/2019-02/documents/pfas_action_plan_021319_508compliant_1.pdf (13.08.2019)
- EU (2004): Verordnung (EG) des Europäischen Parlaments UND DES RATES vom 29. April 2004 über persistente organische Schadstoffe und zur Änderung der Richtlinie 79/117/EWG, zuletzt geändert durch Verordnung (EU) 2016/460 der Kommission vom 30. März 2016, L 80 17, 31.3.2016.
- EU (2006): Richtlinie 2006/122/EG des Europäischen Parlaments und Rates vom 12. Dezember 2006 zur dreißigsten Änderung der Richtlinie 76/769/EWG des Rates zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten für Beschränkungen des Inverkehrbringens und der Verwendung gewisser gefährlicher Stoffe und Zubereitungen (Perfluorooctansulfonate). Amtsblatt der Europäischen Union, 27.12.2006, 372/32. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006L0122&from=EN> (28.08.2019).
- EU (2010): Verordnung (EU) Nr. 757/2010 der Kommission vom 24. August 2010 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 850/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates über persistente organische Schadstoffe hinsichtlich der Anhänge I und III. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010R0757&from=IT> (28.08.2019)

- EU (2013) Richtlinie 2013/39/EU des Europäischen Parlamentes und Rates vom 12. August 2013 zur Änderung der Richtlinien 2000/60/EG und 2008/105/EG in Bezug auf prioritäre Stoffe im Bereich der Wasserpolitik. Amtsblatt der Europäischen Union, 24.8.2013, L 226/1. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:226:0001:0017:DE:PDF> (28.08.2019).
- EU (2014): Verordnung (EU) Nr. 1342/2014 der Kommission vom 17. Dezember 2014 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 850/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates über persistente organische Schadstoffe hinsichtlich der Anhänge IV und V. Amtsblatt der Europäischen Union. L 363/67. 18.12.2014.
- EU (2018): Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Neufassung)- Europäische Kommission. Brüssel, den 1.2.2018, COM(2017) 753 final. http://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-8-2018-0288_DE.html (28.08.2019).
- Gobelius, L., Hedlund, J., Dürig, W., Tröger, R., Lilja, K., Wiberg, K., Ahrens, L. (2018): Per- and polyfluoroalkyl substances in Swedish groundwater and surface water: Implications for environmental quality standards and drinking water guidelines. Environ. Sci. Technol. 52, 4340-4349.
- KEMI (2017): Proposal to ban 200 highly fluorinated substances. <https://www.kemi.se/en/news-from-the-swedish-chemicals-agency/2017/proposal-to-ban-200-highly-fluorinated-substances/> (28.08.2019).
- LABO (2015): Boden- und Grundwasserkontaminationen mit PFC bei altlastverdächtigen Flächen und nach Löschmitteleinsätzen. Arbeitshilfe zur flächendeckenden Erfassung, standortbezogenen historischen Erkundung und zur Orientierenden Untersuchung (Projektstufe 1). Länderfinanzierungsprogramm "Wasser, Boden und Abfall", B 4.14. <http://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/projektberichte/labo/> (28.08.2019).
- LABO (2017): Boden- und Grundwasserkontaminationen mit PFC bei altlastverdächtigen Flächen und nach Löschmitteleinsätzen. Durchführung und Ergebnisse zu exemplarischen flächendeckenden und systematischen Erfassungen und standortbezogenen Erhebungen (Projektstufe 2). Länderfinanzierungsprogramm "Wasser, Boden und Abfall", Projekt-Nr. B 4.15. www.laenderfinanzierungsprogramm.de/static/LFP/Dateien/LABO/LABO-B-4-15-Abschlussbericht.pdf (28.08.2019).
- Landtag von Baden-Württemberg (2016): Stellungnahme des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft: Belastungen durch per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC) in der Region Nord- und Mittelbaden. Drucksache 16 / 707 (06. 10. 2016)
- LAWA (2017): Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser – Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC). Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA). www.lawa.de/documents/03_Anlage_3_Bericht_GFS_fuer_PFC_Endfassung_22_11_2017_9fd.pdf (28.08.2019).
- REACH (2017): <https://echa.europa.eu/regulations/reach/legislation>
- REACH (2019): Liste der für eine Zulassung in Frage kommenden besonders besorgniserregenden Stoffe. <https://echa.europa.eu/de/candidate-list-table> (28.08.2019).
- Regierungspräsidium Karlsruhe (2019): Umgang mit PFC-belasteten Flächen Lösungen für den Anbau von landwirtschaftlichen Produkten und zur vorbeugenden Verbrauchersicherheit. Stand: 26.11.2019. https://www.baden-baden.de/mam/files/aktuell/pfc/umgang_mit_pfc-belasteten_fl%C3%A4chen.pdf (17.01.2020).
- Ritscher, A., Wang, Z., Scheringer, M., Boucher, J.M., Ahrens, L., Berger, U., Bintein, S., Bopp, S.K., Borg, D., Buser, A.M., Cousins, I., DeWitt, J., Fletcher, T., Green, C., Herzke, D., Higgins, C., Huang, J., Hung, H., Knepper, T., Lau, C.S., Leinala, E., Lindstrom, A.B., Liu, J., Miller, M., Ohno, K., Perkola, N., Shi, Y., Småstuen Haug, L., Trier, X., Valsecchi, S., van der Jagt, K., Vierke, L. (2018): Zürich statement on future actions on per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs). Environmental Health Perspectives 126(8). <https://ehp.niehs.nih.gov/doi/pdf/10.1289/EHP4158> (28.08.2019).
- Stockholm Convention (2009): Governments unite to step-up reduction on global DDT reliance and add nine new chemicals under international treaty. Stockholm Convention Press Release - COP4 - Geneva, 8 May 2009. <http://chm.pops.int/Convention/Pressrelease/COP4Geneva8May2009/tabid/542/language/en-US/Default.aspx> (28.08.2019).
- UBA (2017): Empfehlung des Umweltbundesamtes Fortschreibung der vorläufigen Bewertung von per- und polyfluorierten Chemikalien (PFC) im Trinkwasser. Empfehlung des Umweltbundesamtes nach Anhörung der Trinkwasserkommission Bundesgesundheitsbl. 2017, 60:350–352. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/374/dokumente/bewertung_der_konzentrationen_von_pfc_im_trinkwasser_-_wertebegrundungen.pdf (28.08.2019).
- UBA (2020): Beurteilungswerte der HBM-Kommission <https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/kommissionen-arbeitsgruppen/kommission-human-biomonitoring/beurteilungswerte-der-hbm-kommission> (17.01.2020).
- Water Online (2017): North Carolina Regulators Fight GenX Contamination. 20.06.2017. <https://www.wateronline.com/doc/north-carolina-regulators-fight-genx-contamination-0001> (28.08.2019).