



Leitlinien zur vorläufigen Bewertung von PFC-Verunreinigungen in Wasser und Boden

Stand: April 2017

1	Einleitung	3
2	Stoffspektrum	4
3	Gesetzliche Grundlagen	5
4	Beurteilungskriterien und Anwendungshinweise	6
4.1	Gewässerschutz	6
4.1.1	Trinkwasser	6
4.1.2	Grundwasser	6
4.1.3	Oberflächengewässer	7
4.1.4	Abwasser	10
4.1.5	Klärschlamm	11
4.2	Boden	12
4.2.1	Schädliche Bodenveränderungen und Altlasten	12
4.2.2	Verwertung (außerhalb von Deponien)	13
4.3	Abfallentsorgungsanlagen	15
4.3.1	Entsorgung auf Deponien	15
4.3.2	Weitere Entsorgungsoptionen	16
5	Analytik	16
5.1	Chemische Analytik	16
5.2	Herstellung von Eluaten zur Bodenuntersuchung	16

1 Einleitung

In den letzten Jahren wurden in Bayern zunehmend Schadensfälle und Verunreinigungen mit per- und polyfluorierten Chemikalien (PFC)¹ in Boden und Gewässern bekannt. Bundesweit einheitliche Regelungen für diese Stoffklasse gibt es aktuell in der Oberflächengewässerverordnung (OgewV) vom 20.06.2016, die Umweltqualitätsnormen für PFOS enthält. Werden diese Umweltqualitätsnormen derzeit in einem Oberflächengewässer überschritten, müssen geeignete Maßnahmen festgesetzt werden, um ihre Einhaltung spätestens ab 2027 zu erreichen. Bis zum 22. Dezember 2018 muss PFOS im Rahmen eines zusätzlichen Überwachungsprogrammes sowie eines vorläufiges Maßnahmenprogrammes zur Minimierung der Belastung berücksichtigt werden.

Weitere gesetzliche Regelungen gibt es noch in der Düngemittelverordnung mit 100 µg/kg Trockenmasse für die Summe aus Perfluoroktansulfonsäure (PFOS) und Perfluoroktansäure (PFOA). Weitere bundesweit einheitliche gesetzliche Grenzwerte für diese Stoffklasse liegen aktuell noch nicht vor.

Mit den vorliegenden Leitlinien werden für den Vollzug in Bayern ein Bewertungsrahmen sowie beurteilungsrelevante Hintergrundinformationen zur Verfügung gestellt. Damit soll eine Bewertung von PFC-Einträgen in Gewässer oder in den Boden ermöglicht werden (z. B. Einleitungen von Abwasser oder Grundwasser in Oberflächengewässer, Ablagerungen, Einsatz von PFC-haltigen Feuerlöschmitteln). Zusätzlich enthalten die Leitlinien Maßstäbe für die Bewertung von Untersuchungsergebnissen und für Entscheidungen über ggf. erforderliche weitergehende Maßnahmen bei bestehenden Untergrundverunreinigungen.

PFC sind in der Umwelt außerordentlich stabil (persistent) und mittlerweile in Spuren ubiquitär in den verschiedensten Umweltmedien nachweisbar. Umweltkontaminationen werden insbesondere durch eine bestimmte Gruppe der PFC, die perfluorierten Tenside (PFT) verursacht. Neben Verunreinigungen durch Einleitungen PFC-haltiger Abwässer in Kläranlagen und Gewässer sind dies vor allem Kontaminationen in Wasser und Boden durch PFC-haltige AFFF- (Aqueous-Film-Forming-Foams) Feuerlöschschäume.

Diese Löschschäume wurden und werden bislang vor allem bei Werkfeuerwehren (z. B. Flughäfen, Raffinerien, chemische Industrie) eingesetzt, teils auch bei kommunalen Feuerwehren. 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 PFC zugesetzt (z. B. 6:2 Fluortelomersulfonat, auch als H4PFOS bezeichnet), deren Umweltverhalten derzeit noch nicht abschließend beurteilt werden kann.

Bei einigen in jüngster Zeit aufgetretenen PFC-Kontaminationen aus Sprinkleranlagen handelt es sich vorrangig um die in der Routineanalytik teils noch nicht nachweisbaren telomerbasierten PFC. Auch bei dieser Stoffgruppe bzw. ihren Umwandlungsprodukten sollte wegen ihrer Persistenz und ihres noch nicht abschließend geklärten ökotoxischen Verhaltens die Einleitung, z. B. über eine Kläranlage in ein Oberflächengewässer vermieden werden. Kontaminierte Wässer sollten stattdessen ordnungsgemäß als Abfall entsorgt werden. Für die Beurteilung im Einzelfall kann auch das LfU/Abt. 7 kontaktiert werden.

¹ In der Fachliteratur wird statt PFC teilweise auch die Bezeichnung PFAS für „Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen“ verwendet

Die folgenden Hinweise sind zu beachten:

- Die in den vorliegenden Leitlinien verwendeten Richtwerte sollen einen einheitlichen Vollzug zur Bewertung von Boden- und Gewässerverunreinigungen in Bayern sicherstellen.
- Bei der Bewertung von Überschreitungen sind die Messunsicherheit des jeweiligen Analyseverfahrens und der Einzelfall zu berücksichtigen. Im Rahmen einer Einzelfallbeurteilung sind in begründeten Fällen Abweichungen von diesen Empfehlungen möglich.
- Bei Vorliegen neuer gesetzlicher Regelungen sind diese zu beachten.

2 Stoffspektrum

Die Stoffgruppe der PFC umfasst eine Vielzahl verschiedener Einzelsubstanzen. Diese Leitlinien enthalten Hinweise für die nachfolgend genannten 13 PFC, für die bereits DIN-Normen für die Analytik vorliegen (s. Kapitel 5)²:

Substanzname	Abkürzung	Substanzname	Abkürzung
Perfluorbutansäure	PFBA	Perfluorbutansulfonsäure	PFBS
Perfluorpentansäure	PFPeA	Perfluorhexansulfonsäure	PFHxS
Perfluorhexansäure	PFHxA	Perfluorheptansulfonsäure *)	PFHpS
Perfluorheptansäure	PFHpA	Perfluoroktansulfonsäure	PFOS
Perfluoroktansäure	PFOA	H4-Polyfluoroktansulfonsäure *)	H4PFOS
Perfluornonansäure	PFNA	Perfluoroktansulfonamid *)	PFOSA
Perfluordekansäure	PFDA		

Alle vorgenannten PFC wurden in Bayern oder in anderen Bundesländern bei Grundwasseruntersuchungen mindestens einmal oberhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze nachgewiesen.

Hinweis:

Insbesondere bei Löschschaumeinsätzen können AFFF-Mittel zum Einsatz kommen und zu Kontaminationen führen, die nicht in dieser Liste enthalten sind. Beim Einsatz fluortensidhaltiger Löschsäume sollte daher im Bedarfsfall Rücksprache mit dem LfU für eine weitergehende Analytik (z. B. für Polyfluoralkylbetaine, PFAB, als PFOS-Ersatzstoffe in Capstone™-Produkten) gehalten werden.

² 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 Gesetzliche Grundlagen für Herstellung und Inverkehrbringen

PFOS ist als bislang einzige Substanz aus der Gruppe der PFC chemikalienrechtlich als persistenter organischer Schadstoff (**P**ersistent **O**rganic **P**ollutant, POP) eingestuft. Herstellung, Verwendung und Inverkehrbringung von PFOS sind europaweit durch die Verordnung 850/2004/EG („POP“-Verordnung) mit wenigen Ausnahmen verboten. Im Detail gelten in der Europäischen Union nach Aktualisierung durch die Verordnungen 756/2010/EU und 757/2010/EU folgende Beschränkungen für PFOS:

- Stoffe oder Gemische mit einem PFOS-Gehalt von > 0,001 %,
- neue Erzeugnisse oder Teile davon mit einem PFOS-Gehalt von 0,1 % und mehr,
- neue Textilien oder andere neue beschichtete Werkstoffe mit einem Gehalt von 1 µg/m² oder mehr dürfen nicht hergestellt, nicht in Verkehr gebracht und nicht verwendet werden.
- Im Anhang IV der Liste der Stoffe, die den Abfallbewirtschaftungsbestimmungen gemäß Artikel 7 unterliegen, wurden PFOS und seine Derivate mit der Konzentrationsgrenze von 50 mg/kg neu aufgenommen (s. Kapitel 4.3).

Ausnahmen gelten bzw. galten für folgende Verwendungen, solange keine Alternativen bestehen:

- Fotoresistlacke und Antireflexbeschichtungen für fotolithographische Prozesse
- Fotografische Beschichtungen von Filmen, Papieren und Druckplatten
- Mittel zur Sprühnebelunterdrückung für nicht dekoratives Hartverchromen (Chrom VI) in geschlossenen Kreislaufsystemen
- PFOS-haltige Netzmittel für überwachte Galvanotechniksysteme (durften noch bis 26. August 2015 verwendet werden)
- Hydraulikflüssigkeiten für die Luftfahrt
- PFOS-haltige Feuerlöschschäume mit einem Gehalt von mehr als 0,001 % (durften noch bis zum 27. Juni 2011 verwendet werden).

Mit diesen Vorschriften hat die EU internationale Vereinbarungen der Stockholmer Konvention umgesetzt. PFOS ist im Anhang B der Stockholmer Konvention enthalten, welche die Vertragspartner verpflichtet, PFOS in ihrem jeweiligen Hoheitsgebiet zu beschränken. Die Stockholmer Konvention ist eine internationale Übereinkunft (derzeit 151 Staaten) über völkerrechtlich bindende Verbots- und Beschränkungsmaßnahmen für sogenannte „POP“ (persistente organische Schadstoffe).

Darüber hinaus wurden PFOA und Ammoniumperfluoroktanoat (APFO) mit Wirkung vom 20.06.2013 als SVHC-Stoffe („Substances of very high concern“) in die Kandidatenliste der Europäischen Chemikalienagentur (ECHA) nach Artikel 59 der REACH-Verordnung aufgenommen, nachdem sie zuvor als PBT-Stoffe eingestuft wurden (**P**ersistent, **B**ioakkumulierend und **T**oxisch). In der Folge können diese in Anhang XIV der REACH-Verordnung, Liste der zulassungspflichtigen Stoffe aufgenommen oder weiteren Beschränkungen unterworfen werden.

Bereits seit dem 19. Dezember 2012 befinden sich vier weitere perfluorierte Carbonsäuren (mit Kettenlängen von C11-14) in der Kandidatenliste der ECHA, da diese vier Stoffe sehr persistent sind und sich in Organismen stark anreichern können (vPvB-Eigenschaften, very Persistent, very Bioaccumulative). Im Jahr 2016 wurden auch die C9- und C10-Carbonsäure (PFNA bzw. PFDA) als SVHC in die Kandidatenliste aufgenommen.

Die Einstufung von SVHC-Stoffen als PBT-Stoff (bzw. vPvB oder reproduktionstoxisch) bedeutet, dass ein Schwellenwert als „sichere“ Konzentration in der Umwelt aufgrund ihrer Eigenschaften nicht ableitbar ist. Eine Zulassung unter REACH wird auf Antrag nur erteilt, wenn das Risiko für Mensch und Umwelt durch die Verwendung angemessen beherrscht wird (Art. 60 Abs. 2). Für

PBT-Stoffe, vPvB-Stoffe und für Stoffe, für die kein Schwellenwert abgeleitet werden kann, ist eine Zulassung jedoch nur möglich, wenn die sozioökonomischen Vorteile die Risiken überwiegen und keine geeigneten Alternativstoffe oder -technologien verfügbar sind (Art. 60 Abs. 4). Bis über entsprechende Zulassungen entschieden ist, sollte daher unter Berücksichtigung technischer und wirtschaftlicher Möglichkeiten die Emission dieser Stoffe soweit wie möglich minimiert werden. Aktuell gilt dies für alle perfluorierten Carbonsäuren mit einer Kettellänge von C8 – C14 und PFOS.

4 Beurteilungskriterien und Anwendungshinweise

4.1 Gewässerschutz

4.1.1 Trinkwasser

Für den Schutz des Trinkwassers existieren gesundheitlich lebenslang duldbare Leitwerte (LW) und gesundheitliche Orientierungswerte (GOW) der Trinkwasserkommission (TWK) des Umweltbundesamtes, die auf Basis aktuell verfügbarer toxikologischer Erkenntnisse (→LW) oder vorsorgeorientierter Bewertungsmodelle (→GOW) abgeleitet werden. Nach Anhörung der TWK hat das Umweltbundesamt im Januar 2017 im Bundesgesundheitsblatt eine aktualisierte Bewertung mit Leitwerten für sieben der 13 PFC nach Kapitel 2 (darunter PFOS und PFOA), sowie gesundheitlichen Orientierungswerten für die restlichen sechs PFC als Empfehlung veröffentlicht³.

Bei Trinkwasser handelt es sich um ein Lebensmittel, weshalb die Zuständigkeit für die Überwachung des Trinkwassers in Bayern in den Aufgabenbereich der Gesundheitsämter bzw. des Bayerischen Staatsministeriums für Gesundheit und Pflege (StMG) fällt.

4.1.2 Grundwasser

Eine gemeinsame Arbeitsgruppe der Länderarbeitsgemeinschaften Wasser und Boden (LAWA und LABO) hat für die sieben PFC mit vorliegenden Leitwerten für das Trinkwasser Geringfügigkeitsschwellenwerte für das Grundwasser (GFS) abgeleitet. Da für alle diese Einzelstoffe der jeweilige Leitwert niedriger, teilweise sogar sehr deutlich niedriger als die jeweilige „Predicted no effect concentration“ (PNEC) zum Schutz der aquatischen Lebensgemeinschaft ist, konnten die GFS-Werte den jeweiligen Leitwerten gleichgesetzt werden.

In Anlehnung an die Bewertung der Trinkwasserkommission und die Ableitungskriterien der LAWA für GFS im Grundwasser sind in Tabelle 1 vorläufige Schwellenwerte (SW) für die einzelnen PFC zusammengestellt. Bei Überschreitung dieser Werte im Grundwasser liegt in der Regel eine schädliche Veränderung des Grundwassers im Sinne des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) vor.

Da die verfügbaren humantoxikologischen Daten der o. g. sieben PFC einen gleichen oder zumindest ähnlichen Wirkmechanismus und damit eventuell additive Effekte auf die menschliche Gesundheit vermuten lassen, wird aus Vorsorgegründen neben den Schwellenwerten (SW) für die Einzelstoffe auch eine Summenwertregelung festgelegt. Die für n PFC ermittelten Konzentrationen C_n werden durch den jeweili-

³ Für weitere Hintergrundinformationen verweisen wir auf die Publikationen:
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/374/dokumente/fortschreibung_der_uba-pfc-bewertungen_bundesgesundheitsbl_2017-60_s_350-352.pdf

gen Schwellenwert SW_n geteilt und die so entstehenden Quotienten zu einer Quotientensumme $\sum (C_n / SW_n)$ aufaddiert.

Der Summenwert gilt als eingehalten, wenn diese Quotientensumme ≤ 1 beträgt. PFC, deren SW nur auf einem GOW basiert, werden nicht in die Summenbetrachtung einbezogen.

Tabelle 1: Vorläufige Schwellenwerte für die Beurteilung von PFC im Grundwasser

Stoff	Vorläufiger Schwellenwert (SW) in µg/l	Summenbedingung	Begründung
Perfluornonansäure PFNA	0,06	$\sum (C_n / SW_n) \leq 1$	Jeweils Übernahme des aktuell vorliegenden GFS-Wert-Vorschlages der LA-WA
Perfluoroktansulfonsäure PFOS	0,1		
Perfluoroktansäure PFOA	0,1		
Perfluorhexansulfonsäure PFHxS	0,1		
Perfluorhexansäure PFHxA	6,0		
Perfluorbutansulfonsäure PFBS	6,0		
Perfluorbutansäure PFBA	10,0		
Perfluordekansäure PFDA	0,1		Jeweils Übernahme des GOW
H4-Polyfluoroktansulfonsäure H4PFOS	0,1		
Perfluoroktansulfonamid PFOSA	0,1		
Perfluorheptansulfonsäure PFHpS	0,3		
Perfluorheptansäure PFHpA	0,3		
Perfluorpentansäure PFPeA	3,0		

4.1.3 Oberflächengewässer

Für die Bewertung der PFC-Belastung von Oberflächengewässern können die PNEC-Werte für den Schutz der aquatischen Lebensgemeinschaft (PNEC_{aquat}) herangezogen werden. Für insgesamt sechs der PFC nach Kapitel 2 stehen die in Tabelle 2 zusammengestellten PNEC_{aquat}-Werte zur Verfügung. PFOS, PFOA, PFNA und PFDA wurden mit der Aufnahme als SVHC in den Anhang XIV der REACH-Verordnung als PBT-Stoffe (bzw. reproduktionstoxisch) eingestuft. Die Einstufung von SVHC-Stoffen als PBT-Stoff (bzw. vPvB oder reproduktionstoxisch) bedeutet, dass ein Schwellenwert (PNEC) als „sichere“ Konzentration in der Umwelt aufgrund ihrer Eigenschaften nicht ableitbar ist. Aufgrund ihrer Persistenz können sie auch unterhalb von möglichen PNEC_{aquat}-Werten ein Risiko darstellen, darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass diese Werte nur den Schutz der Gewässerorganismen gewährleisten, nicht aber den Schutz weiterer Schutzgüter an Oberflächengewässern wie fischfressender Vögel und Säugetiere

und den Fischverzehr durch den Menschen. Diese können vor allem bei den längerkettigen PFC (> C6) aufgrund möglicher Bioakkumulationseffekte bedeutsam sein. Für diese Stoffe ist eine Zulassung nur möglich, wenn die sozioökonomischen Vorteile die Risiken überwiegen und keine geeigneten Alternativstoffe oder -technologien verfügbar sind (Art. 60 Abs. 4). Bis über entsprechende Zulassungen entschieden ist, sollte daher unter Berücksichtigung technischer und wirtschaftlicher Möglichkeiten die Emission der genannten PFC soweit wie möglich minimiert werden⁴ (vgl. Kapitel 3).

In der Tochterrichtlinie „Prioritäre Stoffe“ (2013/39/EU) zur Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) wurde für PFOS eine Umweltqualitätsnorm (UQN) von 0,65 ng/l als Jahresdurchschnittswert (JD-UQN) und 36 µg/l als zulässige Höchstkonzentration (ZHK-UQN) für Oberflächengewässer auf der Basis „Menschlicher Fischverzehr“ als empfindlichstes Schutzgut festgelegt. Diese Werte wurden in der Oberflächengewässerverordnung vom 20. Juni 2016 in deutsches Recht umgesetzt. Vorläufige Maßnahmenprogramme zur Erreichung dieser Zielwerte bis 2027 sind bis 22.12.2021 zu erstellen. Da eine Einhaltung der JD-UQN von 0,65 ng/l mit den bislang verfügbaren Analyseverfahren nicht mit der erforderlichen Sicherheit nachweisbar ist, soll dieser Wert künftig über ein Biota-Monitoring überprüft werden. Die über die Bioakkumulationsgleichgewichte korrespondierende JD-UQN für Fische bzw. allgemein für Biota beträgt 9,1 µg/kg FG (Frischgewicht).

Für PFOS ist es daher bei der Bewertung von Vorgängen mit längerfristigen Wirkungen, wie z. B. bei der Genehmigung von Abwassereinleitungen oder der Einleitung von gereinigtem Grundwasser in ein Oberflächengewässer, im Hinblick auf das o. g. Minimierungsgebot und unter Berücksichtigung des Standes der Technik in der Regel erforderlich, die Einhaltung der (JD-UQN) von 0,65 ng/l bereits jetzt als Immissionskriterium zugrunde zu legen. Liegt in dem aufnehmenden Oberflächengewässer bereits vor der Einleitung eine Überschreitung der JD-UQN vor, ist eine Einleitung grundsätzlich nur dann zulässig, wenn die zusätzlich eingetragene Konzentration bzw. Fracht unter Berücksichtigung der Messunsicherheit vernachlässigbar gering bzw. im Endeffekt gar nicht nachweisbar ist.

Vor der Einleitung von PFC-belastetem Wasser in ein Oberflächengewässer ist daher ggf. eine Aufbereitung nach dem Stand der Technik durchzuführen. Bei der Einleitung von zur Sanierung oder aus Bauwasserhaltungen geförderttem Grundwasser ist dies als erfüllt anzusehen, wenn der Reinigungsgrad für PFC mindestens 90 % beträgt. Damit auch dem Verschlechterungsverbot (§ 27 WHG) Rechnung getragen wird, ist zusätzlich ein Wert von 200 ng/l für die Summe aller gemäß diesen Bewertungsleitlinien untersuchten PFC, sowie ein Wert von 20 ng/l für PFOS als Einzelstoff im aufbereiteten Grundwasser einzuhalten. Zur Einleitung von Abwasser s. Kap. 4.1.4.

⁴ Vgl. http://www.reach-info.de/wirksame_kontrolle.htm

Tabelle 2: $PNEC_{aquatisch}$ -Werte für PFC für die Beurteilung von Oberflächengewässern

Stoff	$PNEC_{aquatisch}$ (Predicted No Effect Concentration, in µg/l)	Quelle
H4-Polyfluoroktansulfonsäure H4PFOS	870	LAWA/LABO *
Perfluorhexansulfonsäure PFHxS	250	
Perfluorhexansäure PFHxA	1000	
Perfluorpentansäure PFPeA	320	
Perfluorbutansulfonsäure PFBS	3700	
Perfluorbutansäure PFBA	1260	

Für Perfluordekansäure (PFDA), Perfluornonansäure (PFNA), Perfluoroktansulfonsäure (PFOS) und Perfluoroktansäure (PFOA) gilt: $PNEC$ -Werte sind bei als SVHC eingestuftten Stoffen grundsätzlich nicht ableitbar (vgl. Kap. 3)⁵

* LAWA-/LABO-Kleingruppe „Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser - Per- und polyfluorierte Chemikalien“ (Entwurf, 2016)

⁵ <https://echa.europa.eu/documents/10162/3d13de3a-de0d-49ae-bfbd-749aea884966> , hier S. 89:

PFOA is listed on the REACH Candidate List as a substance of very high concern due to its PBT properties (and its toxicity for reproduction). Derivation of PNECs is not applicable to substances with these properties (REACH Article 60 (3) b)). Exposure of the environment (and humans) with these substances should be reduced to the extent possible, and according to Art 55 substitution is the ultimate objective.

4.1.4 Abwasser

Für die Einleitung von PFC-haltigem Wasser aus Abwasserreinigungsanlagen in Gewässer enthält die Abwasserverordnung (AbwV) - abgesehen von allgemeinen einzuhaltenden Mindestanforderungen und Summenparametern - keine konkreten stoffspezifischen Überwachungs- bzw. Grenzwerte nach dem Stand der Technik. In der Fortschreibung der AbwV vom 01.06.2016 wurde für PFC in der Anlage 1 zu § 4 AbwV (Analysen- und Messverfahren) lediglich ein konkretes Verfahren (DIN 38407-42, Ausgabe März 2011) zur Bestimmung von PFC aufgenommen.

Während § 57 Abs. 1 Nr. 1 WHG vorgibt, dass bei Abwassereinleitungen die eingeleitete Schadstofffracht nach dem Stand der Technik minimiert wird (innerbetriebliche Maßnahmen und Emissionsstandards), fordert § 57 Abs. 1 Nr. 2 WHG zusätzlich die Berücksichtigung der Anforderungen an die Gewässereigenschaften, also eine Prognose und Beurteilung der Auswirkungen auf das Gewässer infolge der Abwassereinleitung. Deshalb sind unvermeidbare PFC-Einträge soweit zu begrenzen, dass die prognostizierten PFC-Konzentrationen im Gewässer nach vollständiger Durchmischung mit dem Abwasser keine schädlichen Gewässerveränderungen an der Einleitungsstelle hervorrufen und das Erreichen des Bewirtschaftungszieles für den betroffenen Oberflächenwasserkörper nicht gefährden.

Im Falle des Schutzes der aquatischen Lebensgemeinschaft kann dies dann als erfüllt angesehen werden, wenn die prognostizierten PFC-Konzentrationen mindestens unter den Werten für die $PNEC_{\text{aquatisch}}$ (vgl. Kapitel 4.1.3, Tabelle 2) liegen. Für PFOS ist bei Abwassereinleitungen in der Regel die weitergehende Einhaltung der JD-UQN von 0,65 ng/l im Oberflächengewässer zu fordern. Dabei ist nicht nur die Einleitung, sondern ggf. auch eine PFC-Vorbelastung des Gewässers zu berücksichtigen (s. Kapitel 4.1.3). Ferner sind im Falle möglicher Beeinträchtigungen des Grundwassers (z. B. bei erheblicher Infiltration von Oberflächenwasser ins Grundwasser) oder einer Trinkwassernutzung (z. B. bei Verwendung von Uferfiltrat) bei der Begrenzung des PFC-Eintrags in Oberflächengewässer auch die Auswirkungen auf das Grundwasser im Hinblick auf die Einhaltung der vorläufigen Schwellenwerte (s. Kapitel 4.1.2) zu beachten.

Um den „worst case“ zu berücksichtigen, ist für die Berechnung der prognostizierten PFC-Konzentrationen im Gewässer in der Regel der mittlere Niedrigwasserabfluss (MNQ) des betroffenen Vorfluters anzusetzen. Bei ausgeprägter Fahnenbildung im Gewässer kann im Einzelfall ein weitergehender vorsorgeorientierter Ansatz, z. B. $\frac{1}{2}$ MNQ, für die Berechnung gewählt werden.

Für die rechnerische Ermittlung der durch eine punktuelle Einleitung verursachten **Immissionskonzentration C_{Im} im Gewässer** gilt folgende mathematische Gleichung mit:

MNQ = Mittlerer Niedrigwasserabfluss (Volumen/Zeit)

C_{HG} = Hintergrundkonzentration (Masse/Volumen)

A_{Abw} = Abwasserfluss (Volumen/Zeit)

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

$$C_{\text{Im}} = \frac{MNQ \cdot C_{\text{HG}} + A_{\text{Abw}} \cdot C_{\text{Abw}}}{MNQ + A_{\text{Abw}}}$$

Bei einer Indirekteinleitung von PFC-haltigem Abwasser über eine kommunale Kläranlage muss der PFC-Eintrag in das Gewässer soweit begrenzt werden, dass auch hier nach Durchmischung mit dem Abwasser die prognostizierten PFC-Gewässerkonzentrationen die PNEC bzw. JD-UQN unterschreiten. Da die

hier relevanten PFC mikrobiell nicht abbaubar und wenig an Klärschlamm adsorbierbar sind, kann ihre Elimination in der Kläranlage in erster Näherung vernachlässigt werden.

4.1.5 Klärschlamm

Im aktuellen Entwurf der Klärschlammverordnung vom Januar 2017 ist kein Grenzwert für PFC festgelegt. Für die bodenbezogene Verwertung von Klärschlamm gilt die Düngemittelverordnung vom 27.05.2015, die einen Grenzwert von 100 µg/kg für die Summe aus PFOS und PFOA festlegt, ab 50 µg/kg besteht eine Kennzeichnungspflicht.

Für Bayern hat das Bayerische Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz mit Schreiben vom 07.01.2008 (zuletzt aktualisiert am 22.03.2016) festgelegt, dass alle Klärschlämme bei einer beabsichtigten landwirtschaftlichen oder landschaftsbaulichen Verwertung und ab einer Ausbaugröße der Kläranlagen von 1.000 Einwohnerwerten auf PFC untersucht werden müssen. Bei Kläranlagen, deren Klärschlamm in den vergangenen 3 bis 4 Jahren durchgängig PFC-Gehalte unterhalb der Nachweisgrenze (alle Einzelparameter < 10 µg/kg TM oder niedrigere NWG) aufwies, ist eine Untersuchung im Abstand von 2 bis 3 Jahren ausreichend, wenn nicht besondere Ereignisse (z. B. Brandereignis mit Einsatz von Löschschaum oder Ansiedlung eines Betriebs, der mit PFC umgeht) aufgetreten sind.

In allen anderen Fällen sollte der Klärschlamm wie bisher mindestens jährlich untersucht werden. Bei Kläranlagen mit deutlich nachweisbaren PFC-Gehalten (Summe der PFC ab ca. 50 µg/kg TM) sollte eine Abgabe des Klärschlammes zur bodenbezogenen Verwertung nur erfolgen, wenn ein PFC - Untersuchungsergebnis vorliegt, das für die Gesamtmenge des abzugebenden Klärschlammes repräsentativ ist. Außerdem sollte in solchen Fällen und generell bei Überschreitungen des Vorsorgewertes die Quelle des PFC-Eintrags ausfindig gemacht und die Ursache des Eintrags nach Möglichkeit abgestellt werden.

Die Liste der gemäß o.g. UMS zu untersuchenden Stoffe wird um die längerkettigen PFC Perfluordekan-sulfonsäure (PFDS) und Perfluordodekansäure (PFDoA) erweitert (Anwendung der Fußnote 3 im Kapitel 2). Dafür fehlt die kürzerkettige Perfluorpentansäure (PFPeA), so dass im Klärschlamm nach UMS insgesamt 11 PFC zu analysieren sind. Dabei gilt ein Vorsorgerichtwert von 100 µg/kg Trockenmasse (zzgl. 25 % Messtoleranz) für die Summe aller 11 genannten PFC. Bei einer Überschreitung darf der Klärschlamm nur thermisch entsorgt werden.

4.2 Boden

Bodenverunreinigungen sind in Bayern bislang zum weit überwiegenden Teil im Zusammenhang mit der Anwendung von Feuerlöschschäumen bei Bränden und Löschübungen aufgetreten. Kurzkettige PFC (< C₆) sind sehr mobil, daher bislang nur selten in Böden nachgewiesen worden und dann wiederum auch nur im Zusammenhang mit Löschschaumkontaminationen. Treten im Einzelfall weitere, in den Kapiteln 4.2.1 bis 4.2.2 nicht erfasste PFC in relevanten Mengen im Boden auf, so werden vom LfU - soweit möglich - für diese PFC ergänzend Bewertungsgrundlagen erstellt.

4.2.1 Schädliche Bodenveränderungen und Altlasten

Bisherige Untersuchungen haben gezeigt, dass die Bestimmung von Feststoffgehalten aufgrund der Mobilität der PFC nicht aussagekräftig ist. Für die Gefährdungsabschätzung für den Pfad Boden - Grundwasser sind deshalb Eluatwerte (vgl. Kapitel 5.2) heranzuziehen. Die Emissionsabschätzung von leichter löslichen Stoffen erfolgt derzeit im Regelfall noch über S4-Eluate mit einem Wasser-Feststoffverhältnis von 10:1 (Bei Inkrafttreten der aktualisierten Bodenschutzverordnung künftig 2:1). Der Rückhalt von PFC in der ungesättigten Bodenzone ist sehr gering und dadurch vernachlässigbar. Demzufolge können die S4-Eluat-Konzentrationen i. d. R. auf das Sickerwasser am „Ort der Beurteilung“ übertragen werden. Die Bewertung analytisch-chemischer Befunde erfolgt anhand der in Tabelle 3 aufgeführten vorläufigen Stufe-1- und Stufe-2-Werte entsprechend der im LfU-Merkblatt 3.8/1 beschriebenen Vorgehensweise, wobei die Stufe-1-Werte den Schwellenwerten für das Grundwasser nach Tabelle 1 gleichgesetzt sind (entspricht der Regelung in 3.8/1 für Parameter ohne Prüfwert in der BBodSchV).

Tabelle 3: Vorläufige Stufenwerte für PFC für den Pfad Boden – Grundwasser

Stoff	Vorläufiger Stufe-1-Wert in µg/l	Summenbedingung für Stufe-1	Vorläufiger Stufe-2-Wert in µg/l	Summenbedingung für Stufe-2
Perfluornonansäure PFNA	0,06	$\Sigma (C_n / \text{Stufe-1}_n) \leq 1$	0,25	$\Sigma (C_n / \text{Stufe-2}_n) \leq 1$
Perfluoroktansulfonsäure PFOS	0,1		0,4	
Perfluoroktansäure PFOA	0,1		0,4	
Perfluorhexansulfonsäure PFHxS	0,1		0,4	
Perfluorhexansäure PFHxA	6,0		24,0	
Perfluorbutansulfonsäure PFBS	6,0		24,0	
Perfluorbutansäure PFBA	10,0		40,0	
Perfluordekansäure PFDA (ggf. Summe mit allen PFC > C10)	0,1		0,4	
H4-Polyfluoroktansulfonsäure H4PFOS	0,1		0,4	
Perfluoroktansulfonamid PFOSA	0,1		0,4	
Perfluorheptansulfonsäure PFHpS	0,3		1,0	
Perfluorheptansäure PFHpA	0,3		1,0	
Perfluorpentansäure PFPeA	3,0		12,0	

4.2.2 Verwertung (außerhalb von Deponien)

Eine Verfüllung von Bodenmaterial nach dem Leitfaden „Anforderungen zur Verfüllung von Gruben und Brüchen sowie Tagebauen“ soll in Gruben der Kategorie N und A nur erfolgen, wenn das Bodenmaterial aufgrund der Herkunft als unbedenklich eingestuft werden kann. Damit ist eine Verfüllung von Material aus Verdachtsbereichen in diesen Gruben grundsätzlich ausgeschlossen. Bodenuntersuchungen zur Abgrenzung von potenziell ausschließlich mit PFC belasteten Bereichen, bei denen die Einhaltung der Z 0-Werte (s. Tabelle 4) nachgewiesen wird, können aber als Beleg der Unbedenklichkeit dieser Bereiche gewertet werden. Soll Material aus Verdachtsbereichen verfüllt werden, so ist eine Verwertung in Gruben ab Kategorie B möglich, wobei PFC-Gehalte bis max. Z 1.1 zulässig sind. Bei der Verfüllung kann eine technisch hergestellte Sorptionsschicht nicht für die unten genannten Parameter angerechnet werden. Die jeweiligen PFC sind an den betroffenen Verfüllstandorten auch in das Überwachungsprogramm (Eigen-, Fremd- und Grundwasserüberwachung) aufzunehmen. Als einzuhaltender Vorsorgewert ist ein Faktor von 0,75 des jeweiligen Schwellenwertes in Tabelle 1 festzulegen (s. Anl. zum o. g. Leitfaden).

Für Verwertung von Bodenmaterial in technischen Bauwerken nach LAGA M 20 (Stand 06. November 1997) im „uneingeschränkten Einbau“ sind die Zuordnungswerte Z 0 einzuhalten. Eine Verwertung von Bodenmaterial in technischen Bauwerken im „eingeschränkten offenen Einbau“ nach LAGA M20 ist mit PFC-Gehalten bis max. Z 1.1 zulässig.

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 Tabelle 4 aufgeführten Parameter zusätzlich Feststoffstoffgehalte für Z 0 und Z 1.1 festzulegen.

Eine eingeschränkte offene Verwertung bei günstigen hydrogeologischen Standortbedingungen nach Z 1.2 ist nach den Prinzipien der LAGA M 20 dann nicht vorgesehen, wenn ein Standort weitestgehend unbelastet ist bzw. keine vergleichbare Belastung aufweist. Da davon i. d. R. ausgegangen werden kann, wird eine eigene Zwischenstufe Z 1.2 für die Verwertung nicht angegeben. Bei Überschreitung der Z 1.1-Werte, aber Einhaltung der Z 2-Werte ist deshalb bei der Verwertung ein „Eingeschränkter Einbau des Materials mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen“ (Z 2) in technischen Bauwerken zu wählen. Bezüglich der Summenwertbildung wird auf die Ausführungen in Kap. 4.1.2 verwiesen.

Tabelle 4: Zuordnungswerte für die Beurteilung des nach Kapitel 5.2 hergestellten Eluats
(in Anlehnung an die LAGA M 20)

Stoff	Z 0 in µg/l		Z 1.1 / Z 1.2 in µg/l		Z 2 in µg/l	
Perfluorononansäure PFNA	0,03	$\Sigma (C_n / Z 0_n) \leq 1$	0,06	$\Sigma (C_n / Z 1.1_n) \leq 1$	0,25	$\Sigma (C_n / Z 2_n) \leq 1$
Perfluoroktansulfonsäure PFOS	0,05		0,1		0,4	
Perfluoroktansäure PFOA	0,05		0,1		0,4	
Perfluorhexansulfonsäure PFHxS	0,05		0,1		0,4	
Perfluorhexansäure PFHxA	2,0		6,0		24,0	
Perfluorbutansulfonsäure PFBS	2,0		6,0		24,0	
Perfluorbutansäure PFBA	3,0		10,0		40,0	
Perfluordekansäure PFDA ggf. Summe mit allen PFC > C10	0,1		0,1		0,4	
H4-Polyfluoroktansulfonsäure H4PFOS	0,1		0,1		0,4	
Perfluoroktansulfonamid PFOSA	0,1		0,1		0,4	
Perfluorheptansulfonsäure PFHpS	0,3		0,3		1,0	
Perfluorheptansäure PFHpA	0,3		0,3		1,0	
Perfluorpentansäure PFPeA	3,0		3,0		12,0	

4.3 Abfallentsorgungsanlagen

Abfälle, die PFOS in einer Konzentration von mehr als 50 mg/kg enthalten, müssen ohne unnötige Verzögerung und in Übereinstimmung mit Anhang V Teil I der POP-Verordnung (EG 850/2004 ergänzt durch EU Nr. 1342/2014) 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.

Dies bedeutet, dass Abfälle mit höheren Gehalten als 50 mg/kg, die dann als gefährliche Abfälle gelten, nicht obertägig abgelagert werden dürfen, sondern vorzugsweise in einer Sonderabfallverbrennungsanlage zu behandeln sind. Als Alternative käme eine untertägige Entsorgung in Frage. Diese Regelung gilt seit 18.06.2015.

Für weitere PFC existieren im Abfallrecht aktuell noch keine Regelungen.

4.3.1 Entsorgung auf Deponien

Für die Entsorgung auf Deponien gelten die Vorgaben der Deponieverordnung (DepV). Für nicht technisch gedichtete Deponien der DK 0 (zumeist ohne Sickerwasserfassung) kann kein allgemein gültiger Richtwert angegeben werden, da hier die Standortkriterien und der tatsächliche Ausbau der Anlage im Einzelfall zu betrachten sind. Bei Einhaltung der Z 1.1-Kriterien nach Kapitel 4.2.2 kann i. d. R. eine Ablagerung auf einer DK 0 – Deponie erfolgen, eine Einzelfallentscheidung ist erforderlich.

Bei Ablagerung auf DK 0 Deponien ohne Sickerwasserfassung sind analog Kapitel 4.2.2 die jeweiligen PFC an den betroffenen Standorten in das Grundwasser-Überwachungsprogramm aufzunehmen. Als einzuhaltender Vorsorgewert ist der jeweilige Schwellenwert in Tabelle 1 multipliziert mit Faktor 0,75 festzulegen (Auslöseschwellen gem. LfU-Merkblatt 3.6/1).

Bei DK 0 Deponien mit Sickerwasserfassung und Ableitung über einen Abwasserkanal zur Kläranlage oder in den Vorfluter sind die Kriterien nach Kapitel 4.1.4 bzw. 4.1.3 zu prüfen.

Für die Summe aller nach Kapitel 2 untersuchten PFC können zur Orientierung für eine mögliche Ablagerung auf abgedichteten Deponien folgende Werte analog DepV, Anhang 3, Tabelle 2 herangezogen werden:

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

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

Da bei einer Ablagerung auf Deponien das Sickerwasser für eine mögliche Verfrachtung von PFC in die Umwelt von entscheidender Bedeutung ist, können die vorgenannten Werte nur orientierenden Charakter haben. Darüber hinaus muss in jedem Einzelfall die Sickerwasserreinigung hinsichtlich der notwendigen Schadstoffrückhaltung betrachtet werden. Das in die Vorflut 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 4.1.4 dieser Handlungshilfe erfüllt.

Auslöseschwellen sind ggf. dann festzulegen, wenn erhebliche Mengen an PFC-haltigen Abfällen abgelagert werden. Da PFC-Parameter nicht in der DepV festgelegt sind, muss dies im Einzelfall durch die jeweils zuständige Behörde festgelegt werden.

Für Material mit hoher Schadstoffbelastung ist zu klären, ob durch eine Vorbehandlung (z. B. thermisch oder Wäsche) eine Verringerung des Schadstoffgehaltes herbeigeführt werden kann. Im Übrigen kann es notwendig werden, eine Monoablagerung mit besonderen Sicherungsmaßnahmen (z. B. Einkapselung im eigentlichen Deponiekörper) zu prüfen. Art und Umfang der Prüfung ist mit den Fach- und Genehmigungsbehörden abzustimmen.

4.3.2 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 MVA oder SAV der Sonderabfall - Entsorgung Bayern GmbH (GSB)).

5 Analytik

5.1 Chemische Analytik

Die Analytik für die „Standard-PFC“ (perfluorierte Carbon- und Sulfonsäuren) erfolgt in Trink-, Grund-, Oberflächen- und gereinigtem Abwasser nach DIN 38407-42 (F42): „Bestimmung ausgewählter polyfluorierter Verbindungen (PFC) in Wasser – Verfahren mittels Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie und massenspektrometrischer Detektion (HPLC-MS/MS) nach Fest-Flüssig-Extraktion“ (März 2011).

In Gewässersediment, Klärschlamm, Kompost und Boden erfolgt die Bestimmung nach DIN 38414-14 (S14): „Bestimmung ausgewählter polyfluorierter Verbindungen (PFC) in Schlamm, Kompost und Boden – Verfahren mittels Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie und massenspektrometrischer Detektion (HPLC-MS/MS) (August 2011)“.

5.2 Herstellung von Eluaten zur Bodenuntersuchung

Für die Eluatuntersuchung von potenziell kontaminiertem Boden sollte derzeit noch das Elutionsverfahren nach DIN 38414 - S4 (Wasser-Feststoff-Verhältnis 10:1) verwendet werden. Tritt die neue Mantelverordnung mit Ersatzbaustoffverordnung und Bundesbodenschutzverordnung in Kraft, ist (außer für den Geltungsbereich der DepV) das dort festgelegte Verfahren anzuwenden.

Glossar

ADONA	Ammonium 4,8-Dioxa-3H-Perfluornonanoat
APFO	Ammoniumsalz der Perfluoroktansäure
ECHA	Europäische Chemikalienagentur mit Sitz in Helsinki
FTOH	Fluortelomeralkohol
FTSA	Fluortelomersulfonsäure (= H4PFOS)
GFS	Geringfügigkeitsschwellenwerte, Bewertungsgrundlage der LAWA für Stoffe im Grundwasser
GOW	gesundheitliche Orientierungswerte (für Trinkwasser)
H4PFOS	H4-Polyfluoroktansulfonsäure
LABO	Länderarbeitsgemeinschaft Boden
LAWA	Länderarbeitsgemeinschaft Wasser
LfU	Bayerisches Landesamt für Umwelt
LW	Leitwerte (für Trinkwasser)
MNQ	mittlerer Niedrigwasserabfluss eines Gewässers
PBT	Persistent, bioakkumulierend und toxisch
PFAB	Polyfluoralkylbetaine (z.B. PFOS-Ersatz Capstone™)
PFAS	perfluorierte Alkylsulfonate
PFBA	Perfluorbutansäure
PFBS	Perfluorbutansulfonsäure
PFC	per- und polyfluorierte Chemikalien
PFCA	perfluorierte Carbonsäuren
PFDA	Perfluordecansäure
PFDoA	Perfluordodecansäure
PFDS	Perfluordekansulfonsäure
PFHpA	Perfluorheptansäure
PFHpS	Perfluorheptansulfonsäure
PFHxA	Perfluorhexansäure
PFHxS	Perfluorhexansulfonsäure
PFNA	Perfluornonansäure
PFOA	Perfluoroktansäure
PFOS	Perfluoroktansulfonsäure
PFOSA	Perfluoroktansulfonamid
PFPeA	Perfluorpentansäure
PFSA	perfluorierte Sulfonsäuren
PFUnA	Perfluorundecansäure
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)
SW	Schwellenwert (Bewertungswerte für Grundwasser)
TWK	Trinkwasserkommission am Umweltbundesamt
UQN	Umweltqualitätsnorm (aus der Oberflächengewässerverordnung(OGewV), angegeben als Jahresdurchschnittskonzentration (JD-UQN) oder zulässige Höchstkonzentration (ZHK-UQN)
vPvB	very persistent, very toxic (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

Telefax: 0821 9071-5556

E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de

Internet: <http://www.lfu.bayern.de>

Bearbeitung:

Ref. 76 mit 31, 36, 68, 93, 96 und 107

Bildnachweis:

LfU

Stand:

Februar 2017

Postanschrift:

Bayerisches Landesamt für Umwelt
86177 Augsburg

Diese Publikation wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbern 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. Bei publizistischer Verwertung – auch von Teilen – wird um Angabe der Quelle und Übersendung eines Belegexemplars gebeten.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die Broschüre wird kostenlos abgegeben, jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt. Diese Broschüre 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. 089 122220 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.