

Basisinformationen zu fluorierten Kohlenwasserstoffen und fachliche Hinweise zum Umgang mit PFC-bedingten Bodenkontaminationen für die Bodenschutzbehörden

Vorbemerkung und Zielstellung

Perfluorierte und polyfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFC) sind aufgrund aktueller Schadensfälle bundesweit zunehmend in den Fokus der Altlastenbearbeitung geraten.

Ein relevanter Eintragsweg von PFC in die Umwelt kann zum Beispiel aus dem Einsatz von PFC-haltigen Feuerlöschschäumen resultieren. Kommunale Feuerwehren verwenden für die Brandbekämpfung vorzugsweise PFC-freie Löschschäume (Mehrbereichsschäume), da diese i.d.R. das übliche Einsatzspektrum abdecken. In bestimmten Fällen (z.B. bei großflächigen Bränden mit brennbaren Flüssigkeiten) kann jedoch der Einsatz PFC-haltiger Feuerlöschmittel (AFFF-Schäume) für einen effizienten Löscherfolg notwendig sein. In diesen Fällen kommt der Prävention von Schäden eine besondere Bedeutung zu. Aus diesem Grund gibt es auch zwischen TMIK und TMUEN Gespräche mit dem Ziel, eine diesbezügliche Kooperation mit den Anwendern im Brand- und Katastrophenschutzbereich zu initiieren, um die Risiken einer Anwendung zu minimieren.

Als weiterer wichtiger Eintragsweg hat sich die Aufbringung von Abfallgemischen auf Flächen herausgestellt, bei denen PFC-haltige Mischungskomponenten entweder in Unkenntnis oder in krimineller Absicht eingesetzt wurden.

Nachfolgend sollen zum besseren Verständnis zunächst wichtige Hintergrund- und fachliche Basisinformationen zum Themenkomplex „per- und polyfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFC)“ gegeben werden. Vor dem Hintergrund derzeit noch fehlender bundesweit abgestimmter Anforderungen an die Bewertung und den Umgang mit PFC-bedingten Bodenkontaminationen sollen die nachfolgenden Ausführungen auch dazu dienen, im behördlichen Vollzug Sensibilität für diese mögliche Belastungsursache zu wecken. Darüber hinaus sollen durch fachliche Hinweise und Empfehlungen sowohl die Prävention gestärkt als auch bei evtl. Anhaltspunkten PFC-bedingter Bodenkontamination die ersten, dann notwendigen Schritte des behördlichen Handelns erleichtert werden.

Problemdarstellung

Im Jahr 2006 stellten Wissenschaftler der Universität Bonn beträchtliche Konzentrationen fluoriertes Kohlenwasserstoffe in Zuflüssen des Rheins fest, deren Ursache im Aufbringen von Abfällen zur Verwertung auf landwirtschaftliche Nutzflächen bestand. Das unerwartete Ausmaß der Kontamination rückte diese Stoffe in den Fokus von Behörden und Öffentlichkeit. Es zeigte sich, dass diese Stoffgruppe nachhaltige Umweltschäden hervorrufen kann. Entstandene Schäden werden oft erst sehr spät erkannt.

Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC) besitzen einzigartige Eigenschaften, die sie für eine ganze Reihe von Einsatzmöglichkeiten interessant erscheinen lassen.

Polymere PFC sind Kunststoffe, die gegen chemische Einflüsse beständig sind. Sie geben Oberflächen von Gebrauchsgegenständen schmutz-, wasser- und fettabweisende Eigenschaften. Die langkettigen, als hochbeständige Kunststoffe verwendeten Polymere wie z.B.: Polytetrafluorethen (PTFE) selbst sind mangels Bioverfügbarkeit nicht toxisch, können jedoch Verunreinigungen mit bioverfügbaren PFC enthalten.

Gegenstand der nachfolgenden Ausführungen sind vielfach fluorierte Verbindungen mit mittleren Kettenlängen von vier bis vierzehn Kohlenstoffatomen. Im Gegensatz zu den langkettigen festen Kunststoffen sind sie bioverfügbar.

Als oberflächenaktive Bestandteile bestimmter Feuerlöschmittel haben sie beispielsweise ausgezeichnete Brandbekämpfungseigenschaften, da sie beim Einsatz einen dünnen molekularen Wasserfilm auf der Oberfläche bilden. Diesen erwünschten Gebrauchseigenschaften stehen jedoch auch beachtliche Nachteile gegenüber. Die Freisetzung von PFC in mehr als geringen Frachten kann zu nachhaltigen und dauerhaften Schäden in Umweltspartimenten führen, weil die fluorierte Kohlenstoffkette unter natürlichen Bedingungen nicht mehr weiter abgebaut werden kann. Es handelt sich somit um persistente Stoffe, die einmal freigesetzt dauerhaft in der Umwelt verbleiben.

Bis vor einigen Jahren dominierten bei vielen Anwendungen Perfluoroktansulfonsäure (PFOS) und Perfluoroktansäure (PFOA). PFOS ist nicht nur persistent, sondern auch bioakkumulativ und toxisch (PBT-Stoff).

Als PBT-Stoffe sind PFOS und seine Derivate seit 2009 im Anhang B des Stockholmer Übereinkommens über persistente organische Schadstoffe (persistent organic pollutants POP) gelistet und unterliegen weitreichenden Verbots- und Beschränkungsmaßnahmen.

PFOA ist als SVHC-Stoff (Substance of very high concern) in die Kandidatenliste nach dem Verfahren gemäß Artikel 59 der REACH-Verordnung aufgenommen worden. Auch perfluorierte Carbonsäuren mit Kettenlängen von C9 bis C14 stehen im Verdacht, neben persistenten auch bioakkumulative Eigenschaften zu besitzen, so dass künftig weitere Anwendungsbeschränkungen solcher Verbindungen in Betracht kommen.

Die Hersteller von PFC sind inzwischen dazu übergegangen, von PFOS und PFOA auf kürzerkettige fluorierte Stoffe und teilweise fluorierte Stoffe auszuweichen. Damit sollen die bioakkumulierende Wirkung und die Verweildauer der Substanzen in Organismen verringert werden. Über die Umweltauswirkungen dieser ebenfalls persistenten Ersatzstoffe ist derzeit noch wenig bekannt.

Ein länderübergreifender Erfahrungsaustausch der Altlastenbehörden zum Thema PFC hat ergeben, dass es bundesweit bereits eine Reihe von Schäden insbesondere durch PFOS und PFOA gibt, die nur mit sehr großem Aufwand zu beseitigen sind.

Verbindliche Kriterien, bei welchen Flächen ein Altlastenverdacht besteht, gibt es derzeit noch nicht. Durch das Länderfinanzierungsprogramm (LFP) der LABO werden derzeit zwei Projekte (LFP-Projekt B 4.14 und B 4.15) durchgeführt, bei denen solche Kriterien zur Erfassung von PFC-Verdachtsflächen erarbeitet werden sollen.

Zudem fehlen noch bundesweit abgestimmte Bewertungsmaßstäbe. Deswegen ist eine Arbeitsgruppe von LAWA und LABO damit befasst, Daten zusammenzustellen, um

Geringfügigkeitsschwellenwerte (GFS-Werte) für Einzelstoffe sowie Summenwerte für PFC abzuleiten.

Stoffspektrum der per-und polyfluorierten Kohlenwasserstoffe

Derzeit werden innerhalb der EU ca. 500 PFC-Einzelsubstanzen verwendet. Bis ca. zum Jahr 2000 wurden vorwiegend die Verbindungen mit der Kettenlänge von acht Kohlenstoffatomen (PFOA und PFOS) hergestellt und eingesetzt. Seit 2000 werden verstärkt PFC auf Basis von Fluortelomeren eingesetzt (Tabelle 2). Durch die kürzere fluorierte Kette soll erreicht werden, dass sich zumindest keine besonders schädlichen Stoffe wie PFOS und PFOA mehr bilden. Durch den Herstellungsprozess, die Verkettung von C2-Bausteinen entstehen als Nebenprodukte eine Reihe der Substanzen (vgl. Tabellen 1a und 1b), die sich dann als Verunreinigungen in den gebräuchlichen technischen Produkten und Zubereitungen wiederfinden. Produkte für technische Anwendungen weisen üblicherweise eine Reinheit von 80-95% auf.

In den Tabellen 1a und b sind wichtige, im Standardfall in Frage kommende, perfluorierte Verbindungen aufgelistet.

Fachliche Empfehlung für die standardmäßige Untersuchung auf PFC

Es gibt derzeit kein genormtes Prüfverfahren oder Screening, das es erlaubt, auf die Stoffgruppe der PFC zu prüfen. Daher ist es erforderlich, die im Einzelfall relevanten PFC möglichst vollständig zu ermitteln (s. Recherche zu relevanten Substanzen). Für Belange des Bodenschutzes sind mittelkettige PFC mit Kettenlängen von C4 bis C14 relevant.

Im Rahmen der Standardanalytik sollten regelmäßig die zehn fett markierten Substanzen aus Tabelle 1a und 1b analysiert werden.

Bei Verdacht auf PFC ist die 6:2 Fluortelomersulfonsäure (6:2 FTS) eine wichtige Indikatorsubstanz. Viele fluorhaltige Feuerlöschmittel enthalten die 6:2 Fluortelomersulfonat –Teilstruktur als Bestandteil, weswegen Analysen von Löschschaumkonzentraten solcher Gemische 6:2 FTS üblicherweise als Begleitstoff in Konzentrationen von einigen mg/l enthalten.

Das bedeutet, dass bei unspezifischem PFC-Verdacht die genannten 10 PFC aus Tabellen 1a und 1b sowie bei Verdacht auf polyfluorierte PFC die 6:2 Fluortelomersulfonsäure zusätzlich als elfte Einzelsubstanz eine tragfähige Ausgangsbasis für eine Analytik im Rahmen der Amtsermittlung bilden können.

Tabelle 1a: Perfluorierte Substanzen -Carbonsäuren

Kettenlänge	Substanz	Summenformel	Molare Masse [g/mol]	Abk.	CAS-Nr.
C4	Perfluorbutansäure	C ₃ F ₇ CO ₂ H	214,04	PFBA	375-22-4
C5	Perfluorpentansäure	C ₄ F ₉ CO ₂ H	264,05	PFPeA	2706-90-3
C6	Perfluorhexansäure	C ₅ F ₉ CO ₂ H	314,05	PFHxA	307-24-4
C7	Perfluorheptansäure	C ₆ F ₁₁ CO ₂ H	364,06	PFHpA	375-85-9
C8	Perfluoroktansäure	C ₇ F ₁₃ CO ₂ H	414,07	PFOA	335-67-1
C9	Perfluorononansäure	C ₈ F ₁₅ CO ₂ H	464,08	PFNA	375-95-1
C10	Perfluordekansäure	C ₉ F ₁₇ CO ₂ H	514,08	PFDA	335-76-2

Tabelle 1b: Perfluorierte Substanzen -Sulfonsäuren

Kettenlänge	Substanz	Summenformel	Molare Masse [g/mol]	Abk.	CAS-Nr.
C4	Perfluorbutansulfonsäure	C ₄ F ₇ SO ₃ H	300,10	PFBS	375-73-5 ??
C6	Perfluorhexansulfonsäure	C ₆ F ₁₃ SO ₃ H	400,11	PFHxS	355-46-4
C7	Perfluorheptansulfonsäure	C ₇ F ₁₅ SO ₃ H	450,11	PFHpS	375-92-8
C8	Perfluoroktansulfonsäure	C ₈ F ₁₇ SO ₃ H	500,13	PFOS	1763-23-1
C10	Perfluordekansulfonsäure	C ₁₀ F ₂₁ SO ₃ H	600,14	PFDS	335-77-3

Tabelle 1c: Derivate der Perfluoroktansulfonsäure

Kettenlänge	Substanz	Summenformel	Molare Masse [g/mol]	Abk.	CAS-Nr.
C8	N-Ethylperfluoroktansulfonsäureamid	C ₁₀ H ₆ F ₁₇ NO ₂ S	527,20	ETPFOSA	4151-50-2
C8	Perfluoroktansulfonsäureamid	C ₈ H ₂ F ₁₇ NO ₂ S	499,15	PFOSA	754-91-6
C8	Ammoniumperfluoroktansulfonat	C ₈ HF ₁₅ O ₂ •NH ₃	431,10	APFO	3825-26-1

Tabelle 2: Polyfluorierte Substanzen (ausgewählte Beispiele)

Substanz	Summenformel	Molare Masse	Abk.	CAS-Nr.
6-2 Fluortelomeralkohol	C ₆ F ₁₃ -(CH ₂) ₂ -OH	364,10		647-42-7
6:2 Fluortelomersulfonsäure (1H,1H,2H,2H-Perfluoroktansulfonsäure)	C ₆ F ₁₃ -(CH ₂) ₂ -SO ₃ H	428,17	6:2 FTS	27619-97-2
Perfluoroalkylaminoxid 3-(dimethylamino)-N-(3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-tridecafluorooctylsulfonyl)propan-1-amine oxide	C ₁₃ H ₁₇ F ₁₃ N ₂ O ₃ S	528,33		80475-32-7
Fluorinated surfactants	(allg. unspezifische Bezeichnung f. Stoffgruppe)	(nicht anwendbar)		161278-39-3
Capstone ® 1157	C ₆ F ₁₃ -(CH ₂) ₂ -SO ₂ -NH-(CH ₂) ₃ -N ⁺ (CH ₃) ₂ CO ₂ ⁻	588,39		34455-29-3

Recherche zu relevanten Substanzen.

Ein Schlüsselschritt jeder Fallbearbeitung liegt in der Identifizierung der jeweils relevanten Einzelsubstanzen. Für die Recherche hinsichtlich der verwendeten Einzelstoffe sollten dabei unabhängig vom Verwendungszweck die Sicherheitsdatenblätter (Material Safety Data Sheets (MSDS)) der verwendeten Stoffe und Zubereitungen herangezogen werden. Sogenannte Produktdatenblätter, die den Stoff bzw. die Zubereitung bewerben, liefern häufig nur unvollständige Informationen.

Im Abschnitt „Zusammensetzung“ des Sicherheitsdatenblattes sollten die wesentlichen Bestandteile deklariert werden. Verwendete Begriffe wie Fluortensid-Zubereitung o.ä. weisen auf die Verwendung von PFC hin. Für die weitere Recherche zu Stoffeigenschaften bietet sich als Suchkriterium die

jeweilige Chemical-Abstracts –Service Nummer(CAS-Nr.) an, da diese Substanzen ggf. auch Substanzgruppen international einheitlich bezeichnet und die Stichwortsuche nicht nur in chemischen Fachdatenbanken, sondern auch mit gebräuchlichen Suchmaschinen im Internet möglich ist. Diese Suche liefert dann nahezu ausschließlich Treffer aus dem wissenschaftlichen und dem kommerziellen Bereich in allen Sprachen. Viele spezielle Informationen sind nur in englischen oder skandinavischsprachigen Texten enthalten.

Die CAS-Nummer 161278-39-3 (vgl. Tabelle 2) bezeichnet lediglich eine Stoffgruppe „fluorinated surfactants“ (fluorierte oberflächenaktive Stoffe) allgemein, ermöglicht aber noch keine genaue Zuordnung zu Einzelsubstanzen. Manche Unternehmen deklarieren bestimmte Inhaltsstoffe als Betriebsgeheimnis. In diesem Fall kann die Recherche aufwändig sein. Es wird dann empfohlen, entsprechend den weiterführenden Informationen vorzugehen.

Verdachts-/Schadensfälle im Bereich des Bodenschutzes

Da nach gegenwärtigem Kenntnisstand von einer Anwendung PFC-haltiger Zubereitungen in den neuen Bundesländern – und somit auch in Thüringen - erst ab 1989 auszugehen ist, ist nicht zu erwarten, dass es in Thüringen eine Vielzahl von (historischen) PFC-Schadensfällen gibt. Die Verwendung in geschlossenen Systemen betriebener Anlagen beispielsweise in Galvaniken und in der Halbleiterindustrie ist für den Bodenschutz abgesehen von Fragen der Stilllegung und Havarien nicht relevant. Unabhängig davon kann aber nicht gänzlich ausgeschlossen werden, dass es in Einzelfällen zu PFC-bedingten Kontaminationen des Bodens gekommen ist.

Für die Bodenschutzbehörde sind sogenannte „offene Anwendungen“, bei denen PFC außerhalb von speziell konstruierten Anlagen über das Aufbringen oder Einwirken auf oder in den Boden freigesetzt werden, von Bedeutung. Solche Anwendungen sind beispielsweise Brandereignisse mit entsprechendem Löschmitteleinsatz oder Abfallverwertungsmaßnahmen mit PFC-verunreinigten Abfällen.

Bei der Bearbeitung möglicher Verdachtsfälle sind insbesondere die Wirkungspfade Boden-Grund-/Oberflächenwasser und ggf. Boden-Nutzpflanze von Bedeutung.

Angaben zu den eingesetzten Stoffen und Mengen sind für die weitere Bearbeitung von großer Bedeutung. Erkenntnisquellen können u.a. Datenblätter, Betriebsunterlagen und Brandberichte sein. Letztere werden von den Feuerwehren nach Einsätzen erstellt. Die Auswertung solcher Berichte hilft nicht nur bei der Einschätzung möglicher Schadwirkungen als direkte Folge des Löschmitteleinsatzes. Sie kann auch beim weiteren Umgang mit brandbedingten Abfällen wie z.B. Brandstroh weiterhelfen.

Folgende „klassische“, für den Bodenschutz relevante Fallgestaltungen lassen sich unterscheiden:

1. Umgang mit Altlastverdachtsflächen
Zunächst sollen hier die Ergebnisse der einleitend erwähnten LFP-Projekte B 4.14 und B 4.15 abgewartet und ausgewertet werden. Sofern die zuständige Bodenschutzbehörde im speziellen Einzelfall konkrete Anhaltspunkte über Verdachtsflächen hat, die ein behördliches Handeln erfordern, kann sie sich diesbezüglich durch die TLUG fachlich beraten lassen.
2. Einsatz von fluorhaltigen Löschschaumkonzentraten (Aqueous-Film-Forming-Foam, AFFF-Feuerlöschmittel)

Bisherige Erfahrungen haben gezeigt, dass ca. ein Viertel aller bislang bekannten PFC-Schäden durch den Einsatz von sogenannten AFFF-Feuerlöschschaummitteln hervorgerufen werden. AFFF werden beispielsweise zur Bekämpfung von Bränden von organischen Flüssigkeiten (z.B.- Mineralöle, Kraftstoffe) eingesetzt. Konzentrate werden ausschließlich verdünnt angewandt, können beim Einsatz jedoch sowohl unverschäumt als Netzmittel eingesetzt werden als auch durch Zumischen von Luft als Schäume verschiedener Konsistenzklassen Anwendung finden. Aufgebrachte Schäume können über Stunden vergleichsweise stabil bleiben und möglicherweise von den Feuerwehren wieder aufgenommen werden, so dass eine Bodenkontamination verhindert werden kann. Alle Maßnahmen die darauf abzielen, PFC-haltige Löschsäume bzw. PCF-haltiges Löschwasser zu fassen und dieses anschließend fachgerecht zu entsorgen, sollten daher so weit wie möglich ergriffen werden.

3. Aufbringen von Stoffen in oder auf Böden

In der Düngemittelverordnung (DüMV) vom 05.12.2012 sind Kennzeichnungsschwellen und Grenzwerte für perfluorierte Tenside ausgewiesen. Der Verordnungstext stellt allerdings lediglich auf die Einzelsubstanzen PFOA und PFOS ab. Das Merkblatt der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) zur Verwertung von Klärschlamm und Bioabfällen ab 01.01.2015 gemäß Tabelle 3 konkretisiert die Regelungen für Thüringen bzgl. des Einsatzes von Düngemitteln, die unter Verwendung von Klärschlamm und Kompost hergestellt wurden. Weitere PFC sind jedoch im Bedarfsfall entsprechend zu berücksichtigen.

Tabelle 3:

	Kennzeichnungswert nach DüMV	Grenzwert Klärschlamm nach DüMV bzw. AbfklärV	Grenzwert Kompost nach DüMV bzw. BioAbfV bei 20t TM/ha innerhalb von 3a	Grenzwert Kompost nach DüMV bzw. BioAbfV bei 30t TM/ha innerhalb von 3a
Perfluorierte Tenside [mg/kg TS]	0,05	0,1	0,1	0,1

Vorläufige Bewertung von PFC-bedingten Bodenkontaminationen

Allgemeines Bewertungsprinzip

Das Bewertungsprinzip für mittelkettige PFC (C4 bis C14) beruht auf der Interpolation zwischen den toxikologisch untersuchten Stoffen PFBA/PFBS und PFOA/PFOS als Substanzen, für die hinreichend Daten vorliegen. In dieser Reihe nimmt die Gefährlichkeit mit zunehmender Kettenlänge zu. Kontaminationen durch Sulfonsäuren werden im Vergleich zu Bodenkontaminationen durch die Carbonsäuren entsprechender Kettenlänge als schwerwiegender gewertet.

Für die Prognose der Schadwirkung ist insbesondere der perfluorierte Bestandteil ausschlaggebend. So können polyfluorierte Substanzen, die beispielhaft in Tabelle 2 aufgeführt werden, in erster Näherung nach Umrechnung auf die äquimolare Menge an PFHxA bewertet werden.

Entsprechendes gilt für Derivate, d.h. die Derivate der Perfluoroktansulfonsäure werden wie die äquimolare Menge an PFOS bewertet.

Wirkungspfad Boden-Grundwasser

Bei Unterschreitung des in Tabelle 4 aufgeführten Prüfniveaus im S4-Eluat kann nachzeitigem Kenntnisstand davon ausgegangen werden, dass ein Gefahrenverdacht für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser ausgeschlossen werden kann, mithin keine schädliche Bodenveränderung oder Altlast vorliegt.

Tabelle 4: Vorläufige Prüfwerte für Eluate

Stoff	Prüfniveau S4-Eluat [$\mu\text{g/l}$]
PFBA	7,0
PFBS	3,0
PFPeA	3,0
PFHxA	1,0
PFHpA	0,3
PFNA	0,3
PFOA	0,3
PFOS	0,23
PFDA	0,3

Wirkungspfad Boden -Nutzpflanze

Die Bewertung basiert hier auf der Tolerierbaren Tagesdosis (TDI) der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) für Lebensmittel (PFOA: 1,5 $\mu\text{g/kg}$ Körpergewicht und Tag; PFOS: 0,15 $\mu\text{g/kg}$ Körpergewicht und Tag). Die Expositionsabschätzung erfolgt dabei in der Regel über den regelmäßigen täglichen Durchschnittsverzehr von Erwachsenen und Kindern zunächst unter Annahme vollständiger Resorption. Im Bedarfsfall ist auf die Bevölkerungsgruppe mit dem höchsten Verzehr pro kg Körpergewicht abzustellen.

Das Bewertungsprinzip ist auf tierische Lebensmittel und Futtermittel übertragbar.

Auswertungsbeispiele aus anderen Bundesländern sind verfügbar

Probenahme und Chemische Analytik von PFC im Rahmen altlastenrelevanter Untersuchungen

Probenahme

Die Probenahme erfolgt grundsätzlich entsprechend der BBodSchV in den dort genannten Tiefenintervallen. Im Hinblick auf die Dokumentation von Schadstoffverlagerungen ist es ggf. ratsam, bereits bei der Erstbeprobung Rückstellproben aus möglicherweise noch nicht beeinflussten Folgehorizonten sicherzustellen.

Probenahmegefäße

Als Probenahmegefäße eignen sich solche aus Glas oder Kunststoffen wie Polyethen (PE) oder Polypropen (PP). Zu beachten ist, dass Kontakt mit Kunststoffen wie Polytetrafluorethen (PTFE) zu

vermeiden ist, da der Kontakt mit der Probe zu Blindwertbefunden führen kann. Diese werden z.B. als Dichtungen (u.a. von Pumpen) und Schläuchen zur Probenahme und in Labors eingesetzt.

Da es sich bei den PFC um in der Regel persistente Verbindungen handelt, können Proben in geeigneten Gefäßen längere Zeit z.B. als Rückstellproben (Substanzreste, Löschmittelrückstände) aufbewahrt werden. Die Rückstellung empfiehlt sich z.B. beim Einsatz von Löschmittelkonzentraten. Eine Zersetzung ist auch bei längerer Lagerung wenig wahrscheinlich. Es kann jedoch bei gering konzentrierten Proben zu Minderbefunden durch Adsorption an Gefäßwandungen kommen.

Analyseverfahren

Für die Analytik von PFC existieren zwei validierte Verfahren:

- (1) DIN 38407-42 „Bestimmung ausgewählter polyfluorierter Verbindungen in Wasser – Verfahren mittels Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie und massenspektrometrischer Detektion (HPLC-MS/MS) nach Fest-Flüssig-Extraktion (F42)
- (2) DIN 38414-14 „Bestimmung ausgewählter polyfluorierter Verbindungen in Schlamm, Kompost und Boden – Verfahren mittels Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie und massenspektrometrischer Detektion (HPLC-MS/MS) (S14)

Beide Verfahren wurden ursprünglich für 10 Substanzen aus Tabelle 1a und b entwickelt. Die Analytik kann auf weitere PFC erweitert werden. Das Labor benötigt jedoch dafür grundsätzlich die zu bestimmende Substanz als internen Standard.

Die DIN 38407-42 ist für flüssige Matrices (Wasser, gereinigtes Abwasser etc.) anwendbar. Erfasst werden Konzentrationen größer 0,1 µg/l. Die Methode DIN 38414-14 ist insbesondere für die Bestimmung von PFC in Klärschlamm entwickelt worden. Gehalte in Kompost, Boden und Futtermitteln (z.B. Grassilage) können ebenfalls mit dieser Methode bestimmt werden. Zu beachten ist der vergleichsweise unempfindliche Arbeitsbereich von größer 10 µg/kg TM. Matrixeffekte können dazu führen, dass die Bestimmungsgrenze im Einzelfall deutlich höher ist. Wegen dieser geringen Empfindlichkeit wird daher empfohlen, auch bei Bestimmungen von PFC im Boden bevorzugt Eluatuntersuchungen zur Bewertung heranzuziehen..

Es gibt weiterhin Bestrebungen für eine Methode zur Bestimmung des Summenparameters Adsorbierbare Organische Fluorverbindungen (AOF) (Bestimmungsgrenze $\leq 1\mu\text{g/l}$) eine Normung durchzuführen.

Auswahl geeigneter Labors

Für die Analyse von Proben auf PFC sollte das beauftragte Labor neben der allgemeinen Kompetenzfeststellung (Akkreditierung/Notifizierung) die spezielle Kompetenz für PFC z.B. anhand der erfolgreichen Teilnahme an Ringversuchen nachweisen können. Solche Ringversuche werden z.B. vom Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUW) für unterschiedliche PFC-Substanzen angeboten. Näheres unter weiterführende Informationen.

Weiterführende Informationen/Hilfestellung

Sofern im Rahmen der konkreten Fallbearbeitung spezielle Informationen benötigt werden, kann die zuständige Behörde diesbezüglich mit dem Referat 64 Bodenkunde, Bodenschutz, Altlasten der TLUG (☎03641/684-626 Stefan.Mock@TLUG.THUERINGEN.DE) Kontakt aufnehmen. Dort werden die Erkenntnisse gesammelt und gebündelt.

Hierzu zählen:

- Leitfäden/Merkblätter/Veröffentlichungen aus anderen Bundesländern
- Datenblätter
- Analysen von Stoffen und Zubereitungen
- Daten von Vergleichsfällen (soweit verfügbar)
- Hilfe bei der Auswahl geeigneter Analyselaboratorien

Spezielle Fragen im Einzelfall können anhand dieser gesammelten Daten bzw. im Erfahrungsaustausch mit anderen Bundesländern erörtert werden und im konkreten Fall der anfragenden zuständigen Behörde zugänglich gemacht werden.

Darüber hinaus sind in speziellen Fällen weitergehende Informationen bei den zuständigen Wasserbehörden verfügbar, z.B. dann, wenn die PFC in Anlagen zum Einsatz kommen (z.B. stationäre Feuerlöscheinrichtungen). Bei Funktionsprüfungen fallen dort z.B. regelmäßig zu entsorgende Restmengen an, die deklariert werden. Ein entsprechender Informationsaustausch mit dem Verwender bzw. den beteiligten Behörden (Abfall-/Wasserbehörden) kann daher zusätzliche Erkenntnisse liefern.