

Ermittlung von Per- und polyfluorierten Verbindungen in Abwassereinleitungen von Unternehmen nach AbwV An- hang 1, 27, 28, 38 und 40 und in angrenzenden Gewässern



Autoren: Viki Holzapfel, Axel Ulbricht; Eurofins Umwelt Ost GmbH, Niederlassung Freiberg; Gewerbegebiet Freiberg Ost, Lindenstraße 11, 09627 Bobritsch-Hilbersdorf; Telefon: 03731 2076500; E-Mail: info_freiberg@eurofins.de

Redaktion: Babette von der Herberg, Katrin Tinschert; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 43; Telefon: 0351 8928-4304; E-Mail: Babette.vonderHerberg@smekul.sachsen.de ;
Redaktionsschluss: 22.09.2022: www.lfulg.sachsen.de

Inhalt

1	Einleitung.....	7
2	Zielstellung	10
3	Methodenbeschreibungen	11
3.1	Methodenbeschreibung Einzelsubstanzanalyse LC-MS/MS.....	11
3.1.1	Probenahme	11
3.1.2	Durchführung	11
3.1.3	Qualitätssicherung	12
3.1.4	Bestimmungsgrenze	12
3.2	Methodenbeschreibung AOF	14
3.2.1	Probenahme	14
3.2.2	Durchführung	14
3.2.3	Qualitätssicherung	15
3.2.4	Bestimmungsgrenze	15
4	Ergebnisse.....	16
4.1	Ergebnisse Abwasser	16
4.2	Ergebnisse Oberflächengewässer	35
5	Diskussion der Ergebnisse.....	43
5.1	Allgemeines	43
5.2	PFAS in Oberflächenwasser und Abwasser.....	43
5.3	Umweltqualitätsnormen (UQN) nach Oberflächengewässerverordnung (OGewV)	46
5.4	Korrelation AOF und PFAS-Einzelsubstanzen	46
5.5	Störungen der Messungen.....	55
5.6	Ausblick.....	56
6	Zusammenfassung	56
	Literaturverzeichnis.....	58

Autoren: Viki Holzapfel, Axel Ulbricht; Eurofins Umwelt Ost GmbH, Niederlassung Freiberg; Gewerbegebiet Freiberg Ost, Lindenstraße 11, 09627 Bobritzsch-Hilbersdorf; Telefon: 03731 2076500; E-Mail: info_freiberg@eurofins.de

Redaktion: Babette von der Herberg, Katrin Tinschert; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 43; Telefon: 0351 8928-4304; E-Mail: Babette.vonderHerberg@smekul.sachsen.de ;
Redaktionsschluss: 22.09.2022: www.lfulg.sachsen.de

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anwendungsbeispiele für PFAS/PFC	7
Abbildung 2: schematische Darstellung der Funktionsweise SPE-Anreicherung	11
Abbildung 3: LC-MS/MS.....	12
Abbildung 4: Anreicherung der Probe an Aktivkohle für AOF-Analyse.....	14
Abbildung 5: Verbrennung im AOX/TOX-Analysator	15

Autoren: Viki Holzapfel, Axel Ulbricht; Eurofins Umwelt Ost GmbH, Niederlassung Freiberg; Gewerbegebiet Freiberg Ost, Lindenstraße 11, 09627 Bobritzsch-Hilbersdorf; Telefon: 03731 2076500; E-Mail: info_freiberg@eurofins.de

Redaktion: Babette von der Herberg, Katrin Tinschert; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 43; Telefon: 0351 8928-4304; E-Mail: Babette.vonderHerberg@smekul.sachsen.de ;
Redaktionsschluss: 22.09.2022: www.lfulg.sachsen.de

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bestimmungsgrenzen PFAS.....	13
Tabelle 2: Übersicht Direkteinleiter.....	16
Tabelle 3: Übersicht Indirekteinleiter.....	16
Tabelle 4: Ergebnisse Messstelle 60/0830.....	17
Tabelle 5: Ergebnisse Messstelle 60/0885.....	18
Tabelle 6: Ergebnisse Messstelle 60/1165.....	19
Tabelle 7: Ergebnisse Messstelle 60/1225.....	20
Tabelle 8: Ergebnisse Messstelle 60/1291.....	21
Tabelle 9: Ergebnisse Messstelle 60/1320.....	22
Tabelle 10: Ergebnisse Messstelle 60/1324.....	23
Tabelle 11: Ergebnisse Messstelle 60/2466.....	24
Tabelle 12: Ergebnisse Messstelle 60/3304.....	25
Tabelle 13: Ergebnisse Messstelle 70/0795.....	26
Tabelle 14: Ergebnisse Messstelle 70/0830.....	27
Tabelle 15: Ergebnisse Messstelle 70/1355.....	28
Tabelle 16: Ergebnisse Messstelle 74/0008.....	29
Tabelle 17: Ergebnisse Messstelle 74/0011.....	30
Tabelle 18: Ergebnisse Messstelle 74/0015.....	31
Tabelle 19: Ergebnisse Messstelle 74/0076.....	32
Tabelle 20: Ergebnisse Messstelle 75/0003.....	33
Tabelle 21: Ergebnisse Messstelle 75/0311.....	34
Tabelle 22: Übersicht Probenahmestellen Oberflächenwasser.....	35
Tabelle 23: Ergebnisse Messstelle 17.....	36
Tabelle 24: Ergebnisse Messstelle 27.....	37
Tabelle 25: Ergebnisse Messstelle 29_0.....	38
Tabelle 26: Ergebnisse Messstelle 29_5.....	39
Tabelle 27: Ergebnisse Messstelle 32.....	40
Tabelle 28: Ergebnisse Messstelle 39.....	41
Tabelle 29: Ergebnisse Messstelle 43.....	42

Autoren: Viki Holzapfel, Axel Ulbricht; Eurofins Umwelt Ost GmbH, Niederlassung Freiberg; Gewerbegebiet Freiberg Ost, Lindenstraße 11, 09627 Bobritzsch-Hilbersdorf; Telefon: 03731 2076500; E-Mail: info_freiberg@eurofins.de

Redaktion: Babette von der Herberg, Katrin Tinschert; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 43; Telefon: 0351 8928-4304; E-Mail: Babette.vonderHerberg@smekul.sachsen.de ;
Redaktionsschluss: 22.09.2022: www.lfulg.sachsen.de

Abkürzungsverzeichnis

4:2 FTS	1H,1H,2H,2H-Perfluorhexansulfonsäure (oder H4PFHxS)
6:2 FTS	1H,1H,2H,2H-Perfluoroctansulfonsäure (oder H4PFOS)
8:2 FTS	1H,1H,2H,2H-Perfluordecansulfonsäure (oder H4PFDeS)
(AR) AFFF	(Alcohol resistant) Aqueous film forming foams
AbwV	Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Abwasserverordnung - AbwV), in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Juni 2004 (BGBl. I S. 1108, 2625), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 20. Januar 2022 (BGBl. I S. 87) geändert worden ist
AOF	Adsorbierbares organisches Fluor
AOX	Adsorbierbares organisches Halogen
BG	Bestimmungsgrenze
EOF	Extrahierbares organisches Fluor
EU	Europäische Union
FBS	Fluorbenzoesäure
FTS	Fluortelomersulfat
GOW	Gesundheitlicher Orientierungswert
H2PFDA	2H,2H-Perfluordekansäure
H4PFUnA	2H,2H,3H,3H-Perfluorundekansäure
HPFHpA	7H-Dodekanfluorheptansäure
HPLC-MS/MS	Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie mit tandem-massenspektrometrischer Detektion (oder auch LC-MS/MS)
JD-UQN	Umweltqualitätsnorm gemäß OGewV: Jahresdurchschnittswert
LAWA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser
LC-MS/MS	siehe HPLC-MS/MS
IC	Ionenchromatographie
n. b.	nicht berechenbar, da zur Summenbestimmung nur Werte > BG verwendet werden
OGewV	Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung) vom 20. Juni 2016 (BGBl. I S. 1373), die zuletzt durch Artikel 2 Absatz 4 des Gesetzes vom 9. Dezember 2020 (BGBl. I S. 2873) geändert worden ist
PFT	Perfluorierte Tenside
PF-3,7-DMOA	Perfluor-3,7-dimethyloktansäure
PFAS	Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen, <i>engl.</i> Per- and polyfluorinated alkylated substances, umfasst neben den PFT weitere fluorierte Verbindungen inklusive perfluorierten Telomeralkoholen und weitere Vorläufersubstanzen (Precursoren)
PFC	Per- und polyfluorierte Chemikalien, <i>engl.</i> Per- and polyfluorinated chemicals, ältere Bezeichnung für Per- und polyfluorierte Verbindungen, ersetzt durch PFAS
PFBA	Perfluorbutansäure
PFBS	Perfluorbutansulfonsäure
PFDA	Perfluordekansäure (oder PFDeA)
PFDeS	Perfluordekansulfonsäure (oder PFDS)
PFDoA	Perfluordodekansäure

Autoren: Viki Holzapfel, Axel Ulbricht; Eurofins Umwelt Ost GmbH, Niederlassung Freiberg; Gewerbegebiet Freiberg Ost, Lindenstraße 11, 09627 Bobritzsch-Hilbersdorf; Telefon: 03731 2076500; E-Mail: info_freiberg@eurofins.de

Redaktion: Babette von der Herberg, Katrin Tinschert; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 43; Telefon: 0351 8928-4304; E-Mail: Babette.vonderHerberg@smekul.sachsen.de ;
Redaktionsschluss: 22.09.2022: www.lfulg.sachsen.de

PFHxA	Perfluorhexansäure
PFHxS	Perfluorhexansulfonsäure
PFHpA	Perfluorheptansäure
PFHpS	Perfluorheptansulfonsäure
PFNoA	Perfluornonansäure (oder PFNA)
PFOA	Perfluorooctansäure
PFOS	Perfluorooctansulfonsäure
PFOSA	Perfluorooctansulfonamid
PFPeA	Perfluorpentansäure
PFPeS	Perfluorpentansulfonsäure
PFTTrA	Perfluortridekansäure
PFTA	Perfluortetradekansäure
PFUnA	Perfluorundekansäure (oder PFUA)
PFTE	Polytetrafluorethylen
REACH	REACH - Verordnung (EG) 1907/2006 (Europäische Chemikalienverordnung zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe, <i>engl.</i> Regulation concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals)
SPE	Festphasenextraktion (von <i>engl.</i> solid phase extraction)
TOC	<i>engl.</i> Total Organic Carbon, gesamter organischer Kohlenstoff
TOP	<i>engl.</i> Total Oxidizable Precursor, gesamte oxidierbare Vorläufersubstanzen
WRRL	Richtlinie 2000/60/EG zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik – Wasserrahmenrichtlinie
ZHK-UQN	Umweltqualitätsnorm gemäß OGewV: zulässige Höchstkonzentration

1 Einleitung

Die Substanzgruppe der PFAS (Per- und Polyfluorierte Alkylsubstanzen) umfasst nach heutigem Kenntnisstand mehr als 4700 verschiedene Verbindungen. Perfluorierte Carbonsäuren und Sulfonsäuren sowie deren Vorläufer (Precursor) wurden und werden dabei hauptsächlich benutzt. Daneben zählen zu den PFAS Polymere wie PTFE. PFAS sind industriell hergestellte, organische Verbindungen, bei denen einige¹ oder alle² Wasserstoffatome am Kohlenstoffgerüst formal durch Fluoratome ausgetauscht sind.

Die PFAS zeichnen sich durch spezielle Eigenschaften aus, die sie für einen vielfältigen Einsatz geeignet machen:

- wasser- und fettabweisend,
- chemisch stabil,
- hohe Temperaturbeständigkeit.

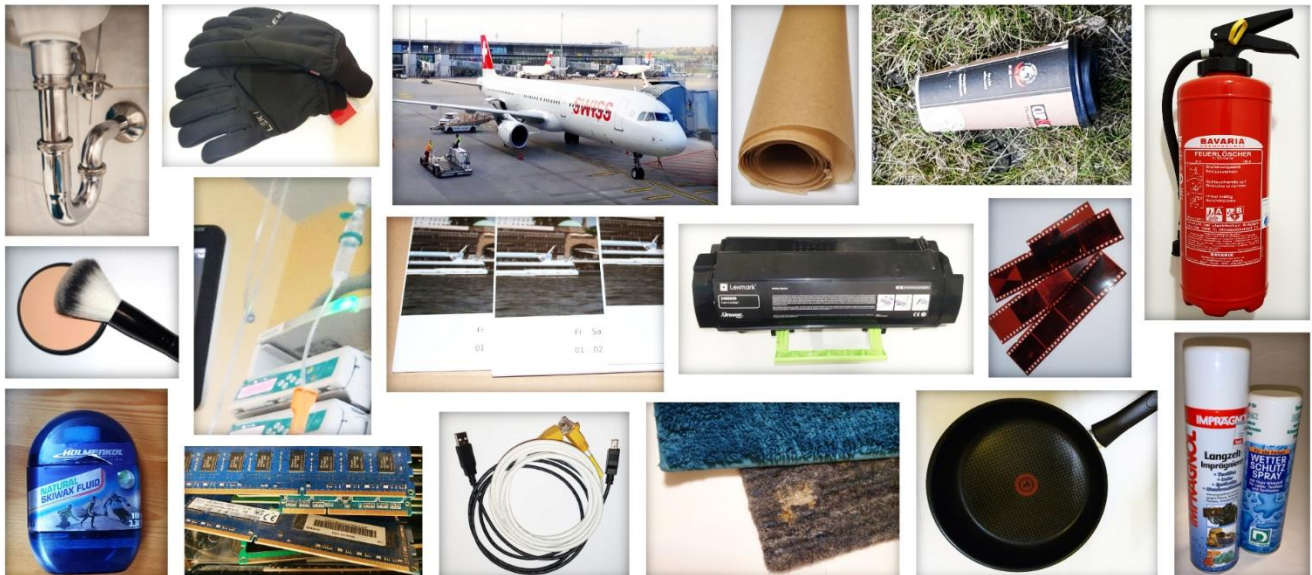


Abbildung 1: Anwendungsbeispiele für PFAS/PFC³

Daher wurden und werden PFAS in einer Vielzahl von Produkten verwendet, z. B.:

- bei der Brandbekämpfung als Löschschaum mit AFFF,

¹ polyfluorierte Verbindungen

² perfluorierte Verbindungen

³ Erläuterung Symbolbilder: Metalle und Kunststoffe mit Glanzverchromung, Funktionsbekleidung, Hydrauliköle und Additive in Flugbenzin (Luftfahrt), Backpapiere, beschichtetes Essgeschirr, Feuerlöcher, kosmetische Artikel (z. B. Puder), medizinische Produkte, Fotopapiere, Toner, Filme, Skiwachs, Halbleiterindustrie (Fotolack), Kabelummantelungen, Fleckschutzausrüstung bei Heimtextilien, beschichtetes Kochgeschirr, Imprägniermittel für Textilien und Leder

- in wasserabweisenden Beschichtungen,
- in galvanischen Bädern als Netzmittel und Nebelinhibitor,
- in der fotochemischen Industrie,
- als Ausgangsstoffe für die Produktion von Polymeren

und sind durch ihre weit verbreitete Verwendung auch in vielen industriellen Abfallprodukten enthalten.

In den Blickpunkt rückten diese Substanzen erstmals im Mai 2006, als in den Flüssen Ruhr und Möhne hohe PFAS-Konzentrationen festgestellt wurden. Dies führte dazu, dass Grenzwerte für einzelne PFAS wie PFOS und PFOA in gesetzliche Regelungen aufgenommen wurden (Beispiel Düngemittelverordnung). Für die meisten Matrices existieren jedoch keine einheitlichen Vorgaben.

Mit der Änderungsrichtlinie der EU: 2013/39/EU und deren Umsetzung in nationales Recht mit der Oberflächen-gewässerverordnung - OGewV 2016 wurden für Oberflächengewässer Umweltqualitätsnormen (Jahresdurchschnittswert und zulässige Höchstkonzentration) für PFOS festgelegt (Anlage 8 Tabelle 2 der Verordnung).

In den einzelnen Bundesländern haben sich verschiedene länderspezifische Untersuchungsumfänge entwickelt. Basierend auf den humantoxikologischen Wirkungen und dem GOW-Konzept für Grundwasser initiierte die LAWA

Minimalwerte (Geringfügigkeitsschwellenwerte) für 13 PFAS-Verbindungen, auf die sich einige Bundesländer bei der Bewertung insbesondere von Grund- und Oberflächenwasser beziehen.

Mit dem Verbot von PFOS (Perfluorooctansulfonsäure) im Jahr 2006 wechselte die Industrie zu fluorhaltigen Alternativen. Ab 2020 ist auch der Einsatz von PFOA in der EU verboten (seit 2013 in der REACH-Kandidatenliste enthalten). Von einigen europäischen Behörden, darunter auch dem UBA, werden auch die kürzerkettigen PFAS (C4 und C6) derzeit bewertet. Diese Verbindungen können genauso langlebig sein und durch ihre Mobilität leicht Gewässer verunreinigen.

Daneben sind auch längerkettige (C9 bis C14) polyfluorierte Alkylcarbonsäuren und Vorläufersubstanzen im Fokus. Es werden Beschränkungsvorschläge hierzu erarbeitet (UBA-Homepage, Stand 2017).

Die Einbindung von Grenzwerten bzw. Verboten für einzelne PFAS in Verordnungen machte die Etablierung stabiler analytischer Methoden unabdingbar. Mit den DIN-Verfahren DIN 38407-42:2011-03 und DIN 38414-14:2011-08 sind genormte Analysenverfahren für die Bestimmung von 10 PFAS vorhanden. Die Untersuchungsumfänge wurden in unserem Hause auf derzeit 27 Verbindungen erweitert.

Der Analytik mittels LC-MS/MS sind jedoch Grenzen gesetzt, da nicht für alle im Einsatz befindlichen Substanzen Vergleichsstandards verfügbar sind.

So enthalten z. B. die heute verwendeten Feuerlöschschäume PFAS-Verbindungen, die mit Einzelsubstanzanalyse nicht mehr zugänglich sind. Zudem konnte in verschiedenen Untersuchungen gezeigt werden, dass aus Vorläufern (Precursor) unter bestimmten Voraussetzungen wiederum kurzkettige PFAS, vor allem polyfluorierte Carbonsäuren, gebildet werden können. Bei vielen Schadensfällen können die durch Einzelstoffanalytik abgedeckten Anteile der PFAS-Kontamination daher nur Bruchteile der Gesamtkontamination anzeigen. Gerade der Anteil an Vorläufersubstanzen, die unter den gegebenen Bedingungen zu regulierten PFAS transformiert werden können, erschwert die Beurteilung der Gefährdung.

Autoren: Viki Holzapfel, Axel Ulbricht; Eurofins Umwelt Ost GmbH, Niederlassung Freiberg; Gewerbegebiet Freiberg Ost, Lindenstraße 11, 09627 Bobritzsch-Hilbersdorf; Telefon: 03731 2076500; E-Mail: info_freiberg@eurofins.de

Redaktion: Babette von der Herberg, Katrin Tinschert; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 43; Telefon: 0351 8928-4304; E-Mail: Babette.vonderHerberg@smekul.sachsen.de ;
Redaktionsschluss: 22.09.2022: www.lfulg.sachsen.de

Neben der Einzelkomponentenanalyse mit LC-MS/MS wurden die folgenden Analysemethoden für die Routineanalytik entwickelt und kommen parallel zu dieser zum Einsatz:

- Absorbierbares organisch gebundenes Fluor - AOF
- Extrahierbares organisch gebundenes Fluor - EOF
- Total Oxidizable Precursor - TOP

Die Grundlage für AOF und EOF bildeten dabei die etablierten Parameter AOX und EOX, die durch Weiterentwicklungen für die Bestimmung von organisch gebundenem Fluor als Summenparameter entstanden sind.

Während der Parameter EOF für feste Matrices entwickelt wurde, sind die Parameter AOF und TOP derzeit als für Wasser geeignete Verfahren anzusehen, um sich dem Gesamtgehalt der PFAS anzunähern.

Als Nachteile der Summenparameter AOF und EOF sind die gegenüber der Einzelsubstanzanalyse erhöhte Bestimmungsgrenze und der Informationsverlust bezüglich der Struktureigenschaften der enthaltenen Einzelverbindungen anzusehen. Das ist insofern ein wesentlicher Nachteil, da sich die Einzelstoffe hinsichtlich ihres Gefährdungspotentials unterscheiden.

Teilweise befinden sich diese Verfahren in Vorbereitung zur Normung (siehe **Tabelle 1**). Gerade für die Festlegung von Grenzwerten ist das Vorhandensein eines genormten Verfahrens essentiell, um die Rechtssicherheit und die Vergleichbarkeit der Ergebnisse unterschiedlicher Labors zu gewährleisten.

Zukünftig sind weitere Prüfverfahren denkbar. Diese könnten zum besseren Verständnis der Schadensfälle mit PFAS und den daraus entstandenen Kontaminationen beitragen. Das Zusammenspiel von Einzelstoffanalytik mit EOF/AOF und/oder TOP kann den Erkenntnisgewinn entscheidend erweitern und die Beurteilung absichern.

2 Zielstellung

Die Verminderung des PFAS-Eintrags wird neben der Beseitigung von vorhandenen Schadensfällen für alle Beteiligten in Zukunft eine große Herausforderung darstellen. Dabei ist die analytische Unterstützung ein wichtiger Baustein.

Als ein relevanter Eintragsweg für PFAS in die Umwelt ist verunreinigtes Abwasser anzusehen.

Im Rahmen des Projektes sollen 80 Abwasserstichproben von ca. 20 ausgewählten Einleitern sowie 20 Oberflächenwasserstichproben untersucht werden. Die Beprobung der Einleiter erfolgt quartalsweise durch die Landesdirektion Chemnitz. Es handelt sich um industriell gewerbliche Einleitungen bzw. kommunale Kläranlagen mit hohen Indirekteinleiteranteilen an PFAS.

Einteilung der untersuchten Einleiter nach den Anhängen der AbwV (2018):

- 1 – Häusliches und kommunales Abwasser
- 27 – Behandlung von Abfällen durch chemische und physikalische Verfahren (CP-Anlagen) sowie Altölaufarbeitung
- 28 – Herstellung von Papier, Karton oder Pappe
- 38 – Textilherstellung, Textilveredlung
- 40 – Metallbearbeitung, Metallverarbeitung

Neben dem bereits in Abschnitt 1 erwähnten Verbot von PFOS sind die übrigen Verbindungen dem nicht erschöpfenden Verzeichnis der wichtigsten Schadstoffe nach Anhang VIII WRRL zuzuordnen.

In der AbwV (2018) Anhang 28 Herstellung von Papier, Karton oder Pappe wird unter B Allgemeine Anforderungen in Absatz 1 gefordert:

„4. Verzicht auf den Einsatz von chemischen Additiven, die per- oder polyfluorierte Chemikalien enthalten oder zu deren Bildung beitragen; ist ein Verzicht nicht möglich, sind die Einsatzmengen zu minimieren und ist die Schadstofffracht entsprechend den technischen Möglichkeiten zu reduzieren.“

Ähnlich lautende Anforderungen gibt es auch in Anhang 25 Lederherstellung, Pelzveredlung, Lederfaserstoffherstellung. Gesetzliche Grenzwerte für PFAS als Einzel- oder Summenparameter fehlen allerdings in der AbwV (2018)⁴.

Prinzipiell ist festzuhalten, dass die Stoffgruppe in der Abwassergesetzgebung unzureichend geregelt ist.

Der Artikel soll zeigen, wie vergleichbar die Methoden AOF und PFAS-Einzelsubstanzanalyse und welche Analysen für die relevante Fragestellung nützlich bzw. ausreichend sind.

Zu dieser Fragestellung existieren weitere Forschungsprojekte in anderen Bundesländern, u. a. der Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz, Referat G2 – Gewässerchemie, Forschungskennzahl 3718263200: „Orientierende Untersuchungen zur Belastung von Abwässern mit fluororganischen Verbindungen durch die Bestimmung des adsorbierbaren organisch gebundenen Fluors (AOF)“.

⁴ Hinweis: PFAS werden in der AbwV (2018) als PFC bezeichnet

3 Methodenbeschreibungen

3.1 Methodenbeschreibung Einzelsubstanzanalyse LC-MS/MS

Die Vorgehensweise für die Bestimmung der Einzelsubstanzen erfolgt gemäß der Norm DIN 38407-42 (F42): 2011-03. Diese Norm hat bereits Eingang in die AbwV (2018) gefunden.

3.1.1 Probenahme

Die Abwasserproben wurden durch die Mitarbeiter der Landesdirektion Chemnitz in Kunststoffflaschen luftblasenfrei entnommen und bis zur Analyse gekühlt bei 4 ± 2 °C aufbewahrt.

3.1.2 Durchführung

Die erhaltenen Proben werden wie angeliefert zur Analyse eingesetzt. Der pH-Wert der Probe wird mit Säure oder Lauge gemäß den Vorgaben der Norm eingestellt.

Die Analyten werden dann an konditionierten SPE-Säulen angereichert, gereinigt und mit einem Eluenten gemäß Vorgaben der Norm von der SPE-Säule eluiert.

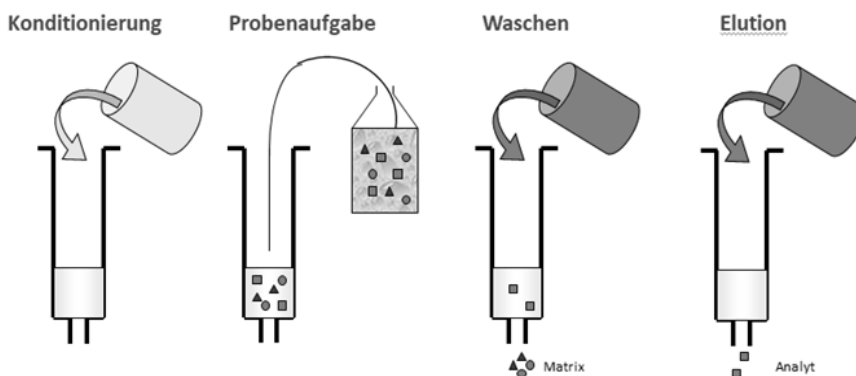


Abbildung 2: schematische Darstellung der Funktionsweise SPE-Anreicherung

Der erhaltene Extrakt wird bis zur Trockne eingeeengt und nach Normvorgabe in einem geeigneten Lösemittel aufgenommen.

Die Extrakte werden anschließend mittels HPLC getrennt und massenspektrometrisch detektiert (HPLC-MS/MS bzw. LC-MS/MS). Die Gehalte werden nach der Methode des externen Standards über die erhaltenen Peakflächen bestimmt, wobei eine Korrektur über einen internen Standard erfolgt.



Abbildung 3: LC-MS/MS

3.1.3 Qualitätssicherung

Zur Qualitätssicherung werden arbeitstäglich Wiederfindungsraten an dotierten Proben über das Gesamtverfahren ermittelt und die Ergebnisse in Wiederfindungskontrollkarten eingetragen. Zur Beurteilung des Methodenblindwertes wird arbeitstäglich ein Aliquot blindwertfreies Wasser entsprechend den Proben aufgearbeitet und vermessen.

Die Mindestanforderung für die Wiederfindung des internen Standards beträgt gemäß Norm 50 – 150 %. Der Methodenblindwert muss signifikant unter der angegebenen Bestimmungsgrenze des Verfahrens liegen.

3.1.4 Bestimmungsgrenze

Die Bestimmungsgrenzen betragen 0,01 bzw. 0,015 µg/l je Komponente (siehe Tabelle 1). Matrixstörungen und sehr hohe Gehalte an PFAS oder anderen organischen Substanzen sowie sehr hohe Gehalte an Salzen können eine Verringerung des eingesetzten Volumens erforderlich machen, was dann zu einer Erhöhung der Bestimmungsgrenze führt.

Tabelle 1: Bestimmungsgrenzen PFAS

Parameter	Bestimmungsgrenze in µg/l
Perfluorbutansäure (PFBA)	0,010
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	0,015
Perfluorpentansäure (PFPeA)	0,010
Perfluorpentansulfonsäure (PFPeS)	0,015 (0,010) ⁵
Perfluorhexansäure (PFHxA)	0,010
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	0,015 (0,010) ⁶
Perfluorheptansäure (PFHpA)	0,010
Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS)	0,010
Perfluoroctansäure (PFOA)	0,010
Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)	0,010
Perfluoroctansulfonamid (PFOSA)	0,010
Perfluornonansäure (PFNA)	0,010
Perfluordecansäure (PFDeA)	0,010
Perfluordecansulfonsäure (PFDS)	0,010
Perfluorundekansäure (PFUnA)	0,010
Perfluordodekansäure (PFDoA)	0,010
Perfluortridekansäure (PFTrA)	0,010
Perfluortetradekansäure (PFTA)	0,010
7H-Dodekanfluorheptansäure (HPFHpA)	0,010
2H,2H-Perfluordecansäure (H2PFDA)	0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluoroctansulfonsäure (H4PFOS)	0,010
2H,2H,3H,3H-Perfluorundekansäure (H4PFUnA)	0,010
Perfluor-3,7-dimethyloktansäure (PF-3,7-DMOA)	0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluorhexansulfonsäure (4:2 FTS)	0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluordecansulfonsäure (8:2 FTS)	0,010
Capstone Produkt A	0,015
Capstone Produkt B	0,015

⁵ Anpassung der Bestimmungsgrenze erfolgte in 2021

⁶ Anpassung der Bestimmungsgrenze erfolgte in 2021

Autoren: Viki Holzapfel, Axel Ulbricht; Eurofins Umwelt Ost GmbH, Niederlassung Freiberg; Gewerbegebiet Freiberg Ost, Lindenstraße 11, 09627 Bobritzsch-Hilbersdorf; Telefon: 03731 2076500; E-Mail: info_freiberg@eurofins.de

Redaktion: Babette von der Herberg, Katrin Tinschert; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 43; Telefon: 0351 8928-4304; E-Mail: Babette.vonderHerberg@smekul.sachsen.de ;
Redaktionsschluss: 22.09.2022: www.lfulg.sachsen.de

3.2 Methodenbeschreibung AOF

AOF umfasst alle PFAS, die unter den festgelegten Bedingungen an Aktivkohle adsorbiert und durch Verbrennung (Hydropyrolyse) in Fluorwasserstoff überführt werden können und in einer Sorptionslösung aufgefangen werden. Daran schließt sich eine Fluoridbestimmung mittels IC an.

Die AOF-Bestimmung erfolgt in Anlehnung an die Norm zur Bestimmung der AOX: DIN EN ISO 9562. Beim Parameter AOX werden organische Verbindungen des Chlors, Broms und Iods erfasst, jedoch kein organisch gebundenes Fluor.

Für das Verfahren der AOF-Bestimmung ist eine separate Norm in Vorbereitung (DIN NA 119-01-03-01-12 AK Ionenchromatographie).

Das angewendete Hausverfahren SAA-H-AOF.010: 2018-11 beruht auf den Arbeiten von Dr. Frank Lange vom TZW und eigenen, weiterführenden Arbeiten zur Methodenentwicklung.

3.2.1 Probenahme

Für die Probenahme werden Braunglasflaschen mit PTFE-freiem Deckel verwendet, in denen Methanol zur Stabilisierung der PFAS vorgelegt wurde. Die Proben werden bis zur Analyse gekühlt bei 4 ± 2 °C aufbewahrt.

3.2.2 Durchführung

Sofern die Proben Bodensatz enthalten, wird die Probe bis zur Analyse ruhen gelassen und die Analyse am Überstand durchgeführt.

Alle Analysen erfolgen in Doppelbestimmung.

Die Probenaufbereitung orientiert sich an der AOX-Norm DIN EN ISO 9562, jedoch mit einigen Modifikationen: Die organischen Fluorverbindungen werden analog der Säulenmethode für AOX an Aktivkohle adsorbiert. Es werden hierfür spezielle, blindwertfreie Aktivkohleröhrchen und Duplexsäulen verwendet. Das Anreicherungs-volumen beträgt in Abhängigkeit von der Probenmatrix mindestens 100 ml.



Abbildung 4: Anreicherung der Probe an Aktivkohle für AOF-Analyse

Autoren: Viki Holzapfel, Axel Ulbricht; Eurofins Umwelt Ost GmbH, Niederlassung Freiberg; Gewerbegebiet Freiberg Ost, Lindenstraße 11, 09627 Bobritzsch-Hilbersdorf; Telefon: 03731 2076500; E-Mail: info_freiberg@eurofins.de

Redaktion: Babette von der Herberg, Katrin Tinschert; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 43; Telefon: 0351 8928-4304; E-Mail: Babette.vonderHerberg@smekul.sachsen.de ;
Redaktionsschluss: 22.09.2022: www.lfulg.sachsen.de

Die Verbrennung erfolgt im Multi EA2500 (Analytik Jena) in einem entsprechenden Verbrennungsprogramm im Sauerstoffstrom. Die dabei entstehenden sauren Gase werden in einer vorgelegten basischen Absorptionslösung aufgenommen und anschließend wird das hierbei gebildete Fluorid ionenchromatografisch getrennt und mittels Leitfähigkeitsdetektor quantifiziert (Metrohm 882 compact IC).

Als Standard zur externen Kalibrierung und Bestimmung der Wiederfindung dient Fluorbenzoesäure (FBS).

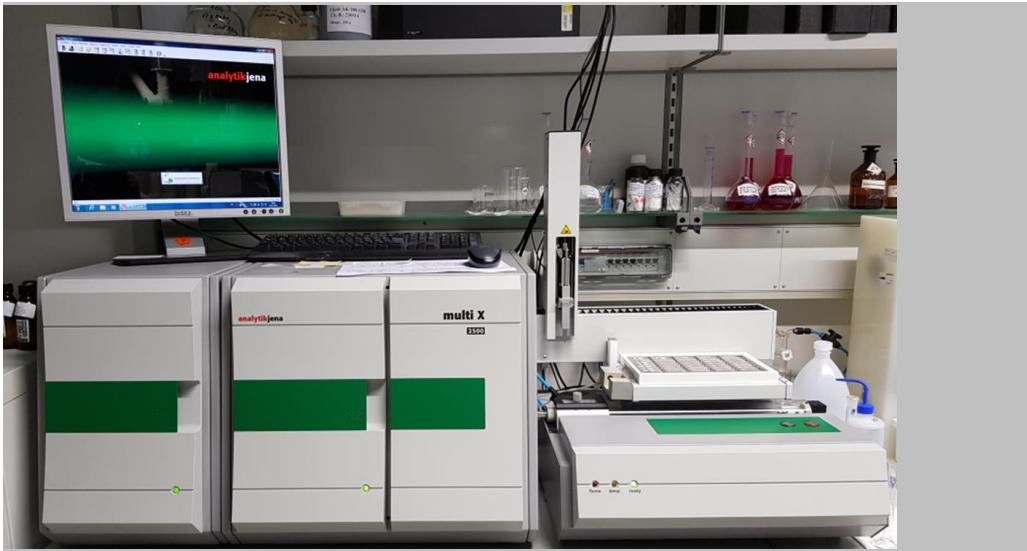


Abbildung 5: Verbrennung im AOX/TOX-Analysator

3.2.3 Qualitätssicherung

Zur Qualitätssicherung werden zwei Blindwerte und zwei Kontrollstandards FBS arbeitstäglich über das Gesamtverfahren mitgeführt und gemessen. Als Akzeptanzkriterium für die Wiederfindung der Kontrollstandards gilt die Einhaltung einer Abweichung von maximal $\pm 10\%$ vom Sollwert. Der Methodenblindwert muss unter der angegebenen Bestimmungsgrenze des Verfahrens liegen.

3.2.4 Bestimmungsgrenze

Die Bestimmungsgrenze beträgt $3\text{ }\mu\text{g/l}$ in Abwässern bzw. $1\text{ }\mu\text{g/l}$ in sauberen Wässern. Bei matrixreichen Proben können folgende Störungen auftreten, die zu einer Erhöhung der Bestimmungsgrenze führen:

- Störung der Anreicherung durch Verstopfen der Anreicherungssäule,
- Störung der Verbrennung durch Rußbildung, Entglasungseffekte⁷ an Quarzschiffchen und Quarzofenrohr,
- Hohe TOC-Konzentrationen in der Probe,
- Störung der Messung durch Überlagerung der Peaks.

⁷ siehe E DIN 38409-59, 4.2

4 Ergebnisse

Nachfolgend werden die Analysenergebnisse hinsichtlich der verschiedenen Probenotypen dargestellt. Es sind die Ergebnisse der Einzelanalysen als auch die Ergebnisse der AOF-Analytik dargestellt.

4.1 Ergebnisse Abwasser

Tabelle 2: Übersicht Direkteinleiter

Messstellennummer	Anhang AbwV / Branche
60/1324	40 / Metallbearbeitung, Metallverarbeitung
60/1291	40 / Metallbearbeitung, Metallverarbeitung
60/3304	28 / Herstellung von Papier, Karton oder Pappe
60/0885	1 (40) / Häusliches und kommunales Abwasser (Metallbearbeitung, Metallverarbeitung)
60/2466	1 (40) / Häusliches und kommunales Abwasser (Metallbearbeitung, Metallverarbeitung)
60/0830	38 / Textilherstellung, Textilveredlung
60/1225	1 (38) / Häusliches und kommunales Abwasser (Textilherstellung, Textilveredlung)
70/1355	1 / Häusliches und kommunales Abwasser
70/0795	1 / Häusliches und kommunales Abwasser
70/0830	1 (38) / Häusliches und kommunales Abwasser (Textilherstellung, Textilveredlung)

Tabelle 3: Übersicht Indirekteinleiter

Messstellennummer	Anhang AbwV / Branche
60/1320	27 / Behandlung von Abfällen durch chemische und physikalische Verfahren (CP-Anlagen) so-
60/1165	38 / Textilherstellung, Textilveredlung
74/0011	38 / Textilherstellung, Textilveredlung
74/0076	38 / Textilherstellung, Textilveredlung
74/0008	40 / Metallbearbeitung, Metallverarbeitung
74/0015	40 / Metallbearbeitung, Metallverarbeitung
75/0311	38 / Textilherstellung, Textilveredlung
75/0003	38 / Textilherstellung, Textilveredlung

In den folgenden Tabellen wurden die Untersuchungsergebnisse der einzelnen Messstellen der Abwassereinleiter zusammengefasst.

Autoren: Viki Holzapfel, Axel Ulbricht; Eurofins Umwelt Ost GmbH, Niederlassung Freiberg; Gewerbegebiet Freiberg Ost, Lindenstraße 11, 09627 Bobritzsch-Hilbersdorf; Telefon: 03731 2076500; E-Mail: info_freiberg@eurofins.de

Redaktion: Babette von der Herberg, Katrin Tinschert; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 43; Telefon: 0351 8928-4304; E-Mail: Babette.vonderHerberg@smekul.sachsen.de ;
Redaktionsschluss: 22.09.2022: www.lfulg.sachsen.de

Tabelle 4: Ergebnisse Messstelle 60/0830

Messstelle/ Probenahmedatum	60/0830/ 130520	60/0830/ 040920	60/0830/ 031120
Perfluorbutansäure (PFBA)	0,013	< 0,010	0,018
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Perfluorpentansäure (PFPeA)	0,15	0,081	0,35
Perfluorpentansulfonsäure (PFPeS)	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Perfluorhexansäure (PFHxA)	0,041	0,026	0,064
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Perfluorheptansäure (PFHpA)	0,14	0,060	0,33
Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluoroctansäure (PFOA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluoroctansulfonamid (PFOSA)	< 0,030	< 0,010	< 0,030
Perfluornonansäure (PFNA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluordecansäure (PFDeA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluordecansulfonsäure (PFDS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluorundekansäure (PFUnA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluordodekansäure (PFDoA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluortridekansäure (PFASrA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluortetradekansäure (PFTA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
7H-Dodekanfluorheptansäure (HPFHpA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
2H,2H-Perfluordecansäure (H2PFDA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluoroctansulfonsäure (H4PFOS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
2H,2H,3H,3H-Perfluorundekansäure (H4PFUnA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluor-3,7-dimethyloktansäure (PF-3,7-DMOA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluorhexansulfonsäure (4:2 FTS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluordecansulfonsäure (8:2 FTS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Capstone Produkt A	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Capstone Produkt B	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Summe PFAS (exkl. BG)	0,344	0,167	0,762
Summe PFAS berechnet als Fluor (exkl. BG)	0,227	0,110	0,504
adsorbierbares organisches Fluor (AOF)	8	8	5

Angaben in µg/l (Summen gerundet auf 3 signifikante Stellen)

Autoren: Viki Holzapfel, Axel Ulbricht; Eurofins Umwelt Ost GmbH, Niederlassung Freiberg; Gewerbegebiet Freiberg Ost, Lindenstraße 11, 09627 Bobritzsch-Hilbersdorf; Telefon: 03731 2076500; E-Mail: info_freiberg@eurofins.de

Redaktion: Babette von der Herberg, Katrin Tinschert; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 43; Telefon: 0351 8928-4304; E-Mail: Babette.vonderHerberg@smekul.sachsen.de ;
Redaktionsschluss: 22.09.2022: www.lfulg.sachsen.de

Tabelle 5: Ergebnisse Messstelle 60/0885

Messstelle/ Probenahmedatum	60/0885/ 160320	60/0885/ 230620	60/0885/ 150920	60/0885/ 241120
Perfluorbutansäure (PFBA)	0,23	0,29	0,20	0,10
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	0,067	< 0,050	0,043	< 0,015
Perfluorpentansäure (PFPeA)	1,2	1,1	1,6	0,68
Perfluorpentansulfonsäure (PFPeS)	< 0,015	< 0,050	< 0,015	< 0,015
Perfluorhexansäure (PFHxA)	0,76	1,1	1,6	0,49
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	< 0,015	< 0,050	< 0,015	< 0,015
Perfluorheptansäure (PFHpA)	0,92	0,94	1,1	0,78
Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,010
Perfluoroctansäure (PFOA)	< 0,010	< 0,050	< 0,020	< 0,010
Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)	0,068	< 0,050	0,064	0,020
Perfluoroctansulfonamid (PFOSA)	< 0,010	< 0,050	< 0,030	< 0,010
Perfluorononansäure (PFNA)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,010
Perfluordecansäure (PFDeA)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,010
Perfluordecansulfonsäure (PFDS)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,010
Perfluorundekansäure (PFUnA)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,010
Perfluordodekansäure (PFDoA)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,010
Perfluortridekansäure (PFASrA)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,010
Perfluortetradekansäure (PFTA)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,010
7H-Dodekanfluorheptansäure (HPFHpA)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	0,014
2H,2H-Perfluordecansäure (H2PFDA)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluoroctansulfonsäure (H4PFOS)	8,4	6,5	12	3,2
2H,2H,3H,3H-Perfluorundekansäure (H4PFUnA)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,010
Perfluor-3,7-dimethyloktansäure (PF-3,7-DMOA)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluorhexansulfonsäure (4:2 FTS)	0,026	< 0,050	0,079	0,029
1H,1H,2H,2H-Perfluordecansulfonsäure (8:2 FTS)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,010
Capstone Produkt A	< 0,015	< 0,050	< 0,015	< 0,015
Capstone Produkt B	< 0,015	< 0,050	< 0,015	0,017
Summe PFAS (exkl. BG)	11,7	9,93	16,7	5,33
Summe PFAS berechnet als Fluor (exkl. BG)	6,99	6,01	10,0	3,25
adsorbierbares organisches Fluor (AOF)	12	16	19	14

Angaben in µg/l (Summen gerundet auf 3 signifikante Stellen)

Autoren: Viki Holzapfel, Axel Ulbricht; Eurofins Umwelt Ost GmbH, Niederlassung Freiberg; Gewerbegebiet Freiberg Ost, Lindenstraße 11, 09627 Bobritzsch-Hilbersdorf; Telefon: 03731 2076500; E-Mail: info_freiberg@eurofins.de

Redaktion: Babette von der Herberg, Katrin Tinschert; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 43; Telefon: 0351 8928-4304; E-Mail: Babette.vonderHerberg@smekul.sachsen.de ;
Redaktionsschluss: 22.09.2022: www.lfulg.sachsen.de

Tabelle 6: Ergebnisse Messstelle 60/1165

Messstelle/ Probenahmedatum	60/1165/ 130520	60/1165/ 020920	60/1165/ 031120
Perfluorbutansäure (PFBA)	< 0,050	< 0,010	< 0,020
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Perfluorpentansäure (PFPeA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluorpentansulfonsäure (PFPeS)	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Perfluorhexansäure (PFHxA)	< 0,010	< 0,010	< 0,020
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Perfluorheptansäure (PFHpA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluoroctansäure (PFOA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)	< 0,010	< 0,030	< 0,010
Perfluoroctansulfonamid (PFOSA)	< 0,010	< 0,10	< 0,050
Perfluornonansäure (PFNA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluordecansäure (PFDeA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluordecansulfonsäure (PFDS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluorundekansäure (PFUnA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluordodekansäure (PFDoA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluortridekansäure (PFASrA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluortetradekansäure (PFTA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
7H-Dodekanfluorheptansäure (HPFHpA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
2H,2H-Perfluordecansäure (H2PFDA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluoroctansulfonsäure (H4PFOS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
2H,2H,3H,3H-Perfluorundekansäure (H4PFUnA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluor-3,7-dimethyloktansäure (PF-3,7-DMOA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluorhexansulfonsäure (4:2 FTS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluordecansulfonsäure (8:2 FTS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Capstone Produkt A	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Capstone Produkt B	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Summe PFAS (exkl. BG)	n. b.	n. b.	n. b.
Summe PFAS berechnet als Fluor (exkl. BG)	n. b.	n. b.	n. b.
adsorbierbares organisches Fluor (AOF)	< 3	< 3	< 3

Angaben in µg/l (Summen gerundet auf 3 signifikante Stellen)

Autoren: Viki Holzapfel, Axel Ulbricht; Eurofins Umwelt Ost GmbH, Niederlassung Freiberg; Gewerbegebiet Freiberg Ost, Lindenstraße 11, 09627 Bobritzsch-Hilbersdorf; Telefon: 03731 2076500; E-Mail: info_freiberg@eurofins.de

Redaktion: Babette von der Herberg, Katrin Tinschert; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 43; Telefon: 0351 8928-4304; E-Mail: Babette.vonderHerberg@smekul.sachsen.de ;
Redaktionsschluss: 22.09.2022: www.lfulg.sachsen.de

Tabelle 7: Ergebnisse Messstelle 60/1225

Messstelle/ Probenahmedatum	60/1225/ 140420	60/1225/ 130520	60/1225/ 040920	60/1225/ 031120
Perfluorbutansäure (PFBA)	0,016	< 0,010	0,014	0,011
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Perfluorpentansäure (PFPeA)	0,012	< 0,010	0,018	0,014
Perfluorpentansulfonsäure (PFPeS)	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Perfluorhexansäure (PFHxA)	0,018	< 0,010	< 0,010	0,010
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Perfluorheptansäure (PFHpA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluoroctansäure (PFOA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,012
Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)	0,16	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluoroctansulfonamid (PFOSA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,020
Perfluornonansäure (PFNA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluordecansäure (PFDeA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluordecansulfonsäure (PFDS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluorundekansäure (PFUnA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluordodekansäure (PFDoA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluortridekansäure (PFASrA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluortetradekansäure (PFTA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
7H-Dodekanfluorheptansäure (HPFHpA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
2H,2H-Perfluordekansäure (H2PFDA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluoroctansulfonsäure (H4PFOS)	1,5	< 0,010	< 0,010	< 0,010
2H,2H,3H,3H-Perfluorundekansäure (H4PFUnA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluor-3,7-dimethyloktansäure (PF-3,7-DMOA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluorhexansulfonsäure (4:2 FTS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluordecansulfonsäure (8:2 FTS)	0,068	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Capstone Produkt A	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Capstone Produkt B	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Summe PFAS (exkl. BG)	1,77	n. b.	0,032	0,047
Summe PFAS berechnet als Fluor (exkl. BG)	1,04	n. b.	0,020	0,031
adsorbierbares organisches Fluor (AOF)	5	4	3	3

Angaben in µg/l (Summen gerundet auf 3 signifikante Stellen)

Autoren: Viki Holzapfel, Axel Ulbricht; Eurofins Umwelt Ost GmbH, Niederlassung Freiberg; Gewerbegebiet Freiberg Ost, Lindenstraße 11, 09627 Bobritzsch-Hilbersdorf; Telefon: 03731 2076500; E-Mail: info_freiberg@eurofins.de

Redaktion: Babette von der Herberg, Katrin Tinschert; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 43; Telefon: 0351 8928-4304; E-Mail: Babette.vonderHerberg@smekul.sachsen.de ;
Redaktionsschluss: 22.09.2022: www.lfulg.sachsen.de

Tabelle 8: Ergebnisse Messstelle 60/1291

Messstelle/ Probenahmedatum	60/1291/ 070420	60/1291/ 230620	60/1291/ 150920	60/1291/ 241120
Perfluorbutansäure (PFBA)	< 0,10	< 0,050	< 0,010	< 0,010
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	0,026	< 0,050	< 0,015	0,037
Perfluorpentansäure (PFPeA)	0,022	< 0,050	< 0,040	0,015
Perfluorpentansulfonsäure (PFPeS)	< 0,015	< 0,050	< 0,015	< 0,015
Perfluorhexansäure (PFHxA)	0,22	0,14	0,085	0,11
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	< 0,015	< 0,050	< 0,015	< 0,015
Perfluorheptansäure (PFHpA)	0,84	0,54	0,94	0,89
Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,010
Perfluoroctansäure (PFOA)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,020
Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)	0,55	0,44	0,32	0,43
Perfluoroctansulfonamid (PFOSA)	< 0,010	< 0,10	< 0,010	< 0,030
Perfluorononansäure (PFNA)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,020
Perfluordecansäure (PFDeA)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,020
Perfluordecansulfonsäure (PFDS)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,010
Perfluorundekansäure (PFUnA)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,020
Perfluordodekansäure (PFDoA)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,020
Perfluortridekansäure (PFASrA)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,020
Perfluortetradekansäure (PFTA)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,020
7H-Dodekanfluorheptansäure (HPFHpA)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,010
2H,2H-Perfluordecansäure (H2PFDA)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluoroctansulfonsäure (H4PFOS)	840	420	470	350
2H,2H,3H,3H-Perfluorundekansäure (H4PFUnA)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,010
Perfluor-3,7-dimethyloktansäure (PF-3,7-DMOA)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,020
1H,1H,2H,2H-Perfluorhexansulfonsäure (4:2 FTS)	0,62	0,97	< 2,0	0,62
1H,1H,2H,2H-Perfluordecansulfonsäure (8:2 FTS)	0,19	0,43	0,011	0,033
Capstone Produkt A	< 0,015	< 0,050	< 0,015	< 0,015
Capstone Produkt B	< 0,015	< 0,050	< 0,015	< 0,015
Summe PFAS (exkl. BG)	842	423	471	352
Summe PFAS berechnet als Fluor (exkl. BG)	486	244	272	203
adsorbierbares organisches Fluor (AOF)	340	240	180	260

Angaben in µg/l (Summen gerundet auf 3 signifikante Stellen)

Autoren: Viki Holzapfel, Axel Ulbricht; Eurofins Umwelt Ost GmbH, Niederlassung Freiberg; Gewerbegebiet Freiberg Ost, Lindenstraße 11, 09627 Bobritzsch-Hilbersdorf; Telefon: 03731 2076500; E-Mail: info_freiberg@eurofins.de

Redaktion: Babette von der Herberg, Katrin Tinschert; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 43; Telefon: 0351 8928-4304; E-Mail: Babette.vonderHerberg@smekul.sachsen.de ;
Redaktionsschluss: 22.09.2022: www.lfulg.sachsen.de

Tabelle 9: Ergebnisse Messstelle 60/1320

Messstelle/ Probenahmedatum	60/1320/ 180320	60/1320/ 240620	60/1320/ 280920	60/1320/ 021220
Perfluorbutansäure (PFBA)	< 2,0	< 0,50	0,51	< 0,20
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	< 1,0	2,1	2,7	< 1,0
Perfluorpentansäure (PFPeA)	1,6	< 0,50	0,58	< 0,20
Perfluorpentansulfonsäure (PFPeS)	< 1,0	0,12	0,054	< 0,20
Perfluorhexansäure (PFHxA)	1,1	< 0,50	0,85	< 0,20
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	< 1,0	< 0,50	0,40	< 0,20
Perfluorheptansäure (PFHpA)	0,13	0,62	0,37	< 0,20
Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS)	< 1,0	< 0,50	< 0,050	< 0,20
Perfluoroctansäure (PFOA)	0,13	< 0,50	0,20	< 0,20
Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)	< 1,0	0,57	< 0,050	< 0,20
Perfluoroctansulfonamid (PFOSA)	< 0,50	< 0,50	< 0,050	< 0,20
Perfluornonansäure (PFNA)	< 0,050	< 0,50	0,062	< 0,20
Perfluordecansäure (PFDeA)	< 0,050	< 0,50	< 0,050	< 0,20
Perfluordecansulfonsäure (PFDS)	< 1,0	< 0,50	< 0,050	< 0,20
Perfluorundekansäure (PFUnA)	< 0,050	< 0,50	< 0,050	< 0,20
Perfluordodekansäure (PFDoA)	< 0,050	< 0,50	< 0,050	< 0,20
Perfluortridekansäure (PFASrA)	< 0,050	< 0,50	< 0,050	< 0,20
Perfluortetradekansäure (PFTA)	< 0,050	< 0,50	< 0,050	< 0,20
7H-Dodekanfluorheptansäure (HPFHpA)	< 0,050	< 0,50	< 0,050	< 0,20
2H,2H-Perfluordecansäure (H2PFDA)	< 1,0	< 0,50	< 0,050	< 0,20
1H,1H,2H,2H-Perfluoroctansulfonsäure (H4PFOS)	2,1	10	0,56	< 1,0
2H,2H,3H,3H-Perfluorundekansäure (H4PFUnA)	< 1,0	< 0,50	< 0,050	< 0,20
Perfluor-3,7-dimethyloktansäure (PF-3,7-DMOA)	< 0,050	< 0,50	< 0,050	< 0,20
1H,1H,2H,2H-Perfluorhexansulfonsäure (4:2 FTS)	< 1,0	< 0,050	< 0,050	< 0,20
1H,1H,2H,2H-Perfluordecansulfonsäure (8:2 FTS)	< 0,050	< 0,50	< 0,050	< 0,20
Capstone Produkt A	< 1,0	< 0,50	< 0,050	< 0,20
Capstone Produkt B	2,3	560	1,5	< 1,0
Summe PFAS (exkl. BG)	7,36	573	7,79	n. b.
Summe PFAS berechnet als Fluor (exkl. BG)	4,15	250	4,48	n. b.
adsorbierbares organisches Fluor (AOF)	250	78	280	14

Angaben in µg/l (Summen gerundet auf 3 signifikante Stellen)

Autoren: Viki Holzapfel, Axel Ulbricht; Eurofins Umwelt Ost GmbH, Niederlassung Freiberg; Gewerbegebiet Freiberg Ost, Lindenstraße 11, 09627 Bobritzsch-Hilbersdorf; Telefon: 03731 2076500; E-Mail: info_freiberg@eurofins.de

Redaktion: Babette von der Herberg, Katrin Tinschert; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 43; Telefon: 0351 8928-4304; E-Mail: Babette.vonderHerberg@smekul.sachsen.de ;
Redaktionsschluss: 22.09.2022: www.lfulg.sachsen.de

Tabelle 10: Ergebnisse Messstelle 60/1324

Messstelle/ Probenahmedatum	60/1324/ 070420	60/1324/ 230620	60/1324/ 150920	60/1324/ 241120
Perfluorbutansäure (PFBA)	< 0,050	< 0,050	0,029	< 0,010
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	< 0,015	< 0,050	< 0,015	< 0,015
Perfluorpentansäure (PFPeA)	0,023	0,054	0,044	0,011
Perfluorpentansulfonsäure (PFPeS)	< 0,015	< 0,050	< 0,030	0,016
Perfluorhexansäure (PFHxA)	0,089	0,17	< 0,030	0,064
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	0,060	< 0,050	0,040	0,29
Perfluorheptansäure (PFHpA)	1,4	0,83	0,73	0,26
Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS)	0,040	< 0,050	0,015	0,11
Perfluoroctansäure (PFOA)	< 0,030	< 0,050	< 0,010	< 0,030
Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)	4,7	1,4	0,49	7,0
Perfluoroctansulfonamid (PFOSA)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,030
Perfluornonansäure (PFNA)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,030
Perfluordecansäure (PFDeA)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,030
Perfluordecansulfonsäure (PFDS)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,010
Perfluorundekansäure (PFUnA)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,030
Perfluordodekansäure (PFDoA)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,030
Perfluortridekansäure (PFASrA)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,030
Perfluortetradekansäure (PFTA)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,030
7H-Dodekanfluorheptansäure (HPFHpA)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,010
2H,2H-Perfluordecansäure (H2PFDA)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluoroctansulfonsäure (H4PFOS)	1300	1000	1000	840
2H,2H,3H,3H-Perfluorundekansäure (H4PFUnA)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,010
Perfluor-3,7-dimethyloktansäure (PF-3,7-DMOA)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,030
1H,1H,2H,2H-Perfluorhexansulfonsäure (4:2 FTS)	1,7	0,99	< 2,0	0,44
1H,1H,2H,2H-Perfluordecansulfonsäure (8:2 FTS)	0,064	0,13	< 0,010	2,2
Capstone Produkt A	< 0,015	< 0,050	< 0,015	< 0,015
Capstone Produkt B	< 0,015	< 0,050	0,036	< 0,015
Summe PFAS (exkl. BG)	1310	1000	1000	850
Summe PFAS berechnet als Fluor (exkl. BG)	755	579	578	491
adsorbierbares organisches Fluor (AOF)	600	570	420	490

Angaben in µg/l (Summen gerundet auf 3 signifikante Stellen)

Autoren: Viki Holzapfel, Axel Ulbricht; Eurofins Umwelt Ost GmbH, Niederlassung Freiberg; Gewerbegebiet Freiberg Ost, Lindenstraße 11, 09627 Bobritzsch-Hilbersdorf; Telefon: 03731 2076500; E-Mail: info_freiberg@eurofins.de

Redaktion: Babette von der Herberg, Katrin Tinschert; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 43; Telefon: 0351 8928-4304; E-Mail: Babette.vonderHerberg@smekul.sachsen.de ;
Redaktionsschluss: 22.09.2022: www.lfulg.sachsen.de

Tabelle 11: Ergebnisse Messstelle 60/2466

Messstelle/ Probenahmedatum	60/2466/ 220620	60/2466/ 210920	60/2466/ 161120
Perfluorbutansäure (PFBA)	0,012	< 0,010	0,023
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Perfluorpentansäure (PFPeA)	0,056	0,18	0,79
Perfluorpentansulfonsäure (PFPeS)	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Perfluorhexansäure (PFHxA)	0,019	0,021	0,23
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Perfluorheptansäure (PFHpA)	< 0,010	< 0,010	0,066
Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluoroctansäure (PFOA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluoroctansulfonamid (PFOSA)	< 0,010	< 0,010	< 0,050
Perfluornonansäure (PFNA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluordecansäure (PFDeA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluordecansulfonsäure (PFDS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluorundekansäure (PFUnA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluordodekansäure (PFDoA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluortridekansäure (PFASrA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluortetradekansäure (PFTA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
7H-Dodekanfluorheptansäure (HPFHpA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
2H,2H-Perfluordecansäure (H2PFDA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluoroctansulfonsäure (H4PFOS)	0,048	0,055	1,1
2H,2H,3H,3H-Perfluorundekansäure (H4PFUnA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluor-3,7-dimethyloktansäure (PF-3,7-DMOA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluorhexansulfonsäure (4:2 FTS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluordecansulfonsäure (8:2 FTS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Capstone Produkt A	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Capstone Produkt B	0,084	0,095	0,23
Summe PFAS (exkl. BG)	0,219	0,351	2,44
Summe PFAS berechnet als Fluor (exkl. BG)	0,120	0,203	1,46
adsorbierbares organisches Fluor (AOF)	10	11	28

Angaben in µg/l (Summen gerundet auf 3 signifikante Stellen)

Autoren: Viki Holzapfel, Axel Ulbricht; Eurofins Umwelt Ost GmbH, Niederlassung Freiberg; Gewerbegebiet Freiberg Ost, Lindenstraße 11, 09627 Bobritzsch-Hilbersdorf; Telefon: 03731 2076500; E-Mail: info_freiberg@eurofins.de

Redaktion: Babette von der Herberg, Katrin Tinschert; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 43; Telefon: 0351 8928-4304; E-Mail: Babette.vonderHerberg@smekul.sachsen.de ;
Redaktionsschluss: 22.09.2022: www.lfulg.sachsen.de

Tabelle 12: Ergebnisse Messstelle 60/3304

Messstelle/ Probenahmedatum	60/3304/ 160320	60/3304/ 230620	60/3304/ 150920	60/3304/ 241120
Perfluorbutansäure (PFBA)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,010
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	< 0,015	< 0,050	< 0,015	< 0,015
Perfluorpentansäure (PFPeA)	0,024	< 0,050	0,024	0,012
Perfluorpentansulfonsäure (PFPeS)	< 0,015	< 0,050	< 0,015	< 0,015
Perfluorhexansäure (PFHxA)	0,035	< 0,050	0,031	0,032
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	< 0,015	< 0,050	< 0,015	< 0,015
Perfluorheptansäure (PFHpA)	0,015	< 0,050	0,017	< 0,010
Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,010
Perfluoroctansäure (PFOA)	0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,010
Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,010
Perfluoroctansulfonamid (PFOSA)	< 0,010	< 0,50	< 0,010	< 0,030
Perfluornonansäure (PFNA)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,010
Perfluordecansäure (PFDeA)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,010
Perfluordecansulfonsäure (PFDS)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,010
Perfluorundekansäure (PFUnA)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,010
Perfluordodekansäure (PFDoA)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,010
Perfluortridekansäure (PFASrA)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,010
Perfluortetradekansäure (PFTA)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,010
7H-Dodekanfluorheptansäure (HPFHpA)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,010
2H,2H-Perfluordecansäure (H2PFDA)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluoroctansulfonsäure (H4PFOS)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	0,022
2H,2H,3H,3H-Perfluorundekansäure (H4PFUnA)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,010
Perfluor-3,7-dimethyloktansäure (PF-3,7-DMOA)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluorhexansulfonsäure (4:2 FTS)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluordecansulfonsäure (8:2 FTS)	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,010
Capstone Produkt A	< 0,015	< 0,050	< 0,015	< 0,015
Capstone Produkt B	< 0,015	< 0,050	< 0,015	< 0,015
Summe PFAS (exkl. BG)	0,084	n. b.	0,072	0,066
Summe PFAS berechnet als Fluor (exkl. BG)	0,056	n. b.	0,048	0,042
adsorbierbares organisches Fluor (AOF)	23	< 3	10	< 3

Angaben in µg/l (Summen gerundet auf 3 signifikante Stellen)

Autoren: Viki Holzapfel, Axel Ulbricht; Eurofins Umwelt Ost GmbH, Niederlassung Freiberg; Gewerbegebiet Freiberg Ost, Lindenstraße 11, 09627 Bobritzsch-Hilbersdorf; Telefon: 03731 2076500; E-Mail: info_freiberg@eurofins.de

Redaktion: Babette von der Herberg, Katrin Tinschert; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 43; Telefon: 0351 8928-4304; E-Mail: Babette.vonderHerberg@smekul.sachsen.de ;
Redaktionsschluss: 22.09.2022: www.lfulg.sachsen.de

Tabelle 13: Ergebnisse Messstelle 70/0795

Messstelle/ Probenahmedatum	70/0795/ 250220	70/0795/ 160620	70/0795/ 180820	70/0795/ 141020
Perfluorbutansäure (PFBA)	< 0,010	< 0,010	0,011	< 0,025
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,025
Perfluorpentansäure (PFPeA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,025
Perfluorpentansulfonsäure (PFPeS)	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,025
Perfluorhexansäure (PFHxA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,025
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,025
Perfluorheptansäure (PFHpA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,025
Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,025
Perfluoroctansäure (PFOA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,025
Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,025
Perfluoroctansulfonamid (PFOSA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,025
Perfluornonansäure (PFNA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,025
Perfluordecansäure (PFDeA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,025
Perfluordecansulfonsäure (PFDS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,025
Perfluorundekansäure (PFUnA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,025
Perfluordodekansäure (PFDoA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,025
Perfluortridekansäure (PFASrA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,025
Perfluortetradekansäure (PFTA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,025
7H-Dodekanfluorheptansäure (HPFHpA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,025
2H,2H-Perfluordecansäure (H2PFDA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,025
1H,1H,2H,2H-Perfluoroctansulfonsäure (H4PFOS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,025
2H,2H,3H,3H-Perfluorundekansäure (H4PFUnA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,025
Perfluor-3,7-dimethyloktansäure (PF-3,7-DMOA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,025
1H,1H,2H,2H-Perfluorhexansulfonsäure (4:2 FTS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,025
1H,1H,2H,2H-Perfluordecansulfonsäure (8:2 FTS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,025
Capstone Produkt A	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,025
Capstone Produkt B	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,025
Summe PFAS (exkl. BG)	n. b.	n. b.	0,011	n. b.
Summe PFAS berechnet als Fluor (exkl. BG)	n. b.	n. b.	0,007	n. b.
adsorbierbares organisches Fluor (AOF)	< 3	< 3	< 3	< 3

Angaben in µg/l (Summen gerundet auf 3 signifikante Stellen)

Autoren: Viki Holzapfel, Axel Ulbricht; Eurofins Umwelt Ost GmbH, Niederlassung Freiberg; Gewerbegebiet Freiberg Ost, Lindenstraße 11, 09627 Bobritzsch-Hilbersdorf; Telefon: 03731 2076500; E-Mail: info_freiberg@eurofins.de

Redaktion: Babette von der Herberg, Katrin Tinschert; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 43; Telefon: 0351 8928-4304; E-Mail: Babette.vonderHerberg@smekul.sachsen.de ;
Redaktionsschluss: 22.09.2022: www.lfulg.sachsen.de

Tabelle 14: Ergebnisse Messstelle 70/0830

Messstelle/ Probenahmedatum	70/0830/ 180220	70/0830/ 150420	70/0830/ 010920	70/0830/ 101120
Perfluorbutansäure (PFBA)	< 0,020	0,034	0,026	0,033
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Perfluorpentansäure (PFPeA)	0,049	0,10	0,093	0,055
Perfluorpentansulfonsäure (PFPeS)	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Perfluorhexansäure (PFHxA)	0,045	0,078	0,044	0,064
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Perfluorheptansäure (PFHpA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluoroctansäure (PFOA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluoroctansulfonamid (PFOSA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluornonansäure (PFNA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluordecansäure (PFDeA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluordecansulfonsäure (PFDS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluorundekansäure (PFUnA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluordodekansäure (PFDoA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluortridekansäure (PFASrA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluortetradekansäure (PFTA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
7H-Dodekanfluorheptansäure (HPFHpA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
2H,2H-Perfluordecansäure (H2PFDA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluoroctansulfonsäure (H4PFOS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
2H,2H,3H,3H-Perfluorundekansäure (H4PFUnA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluor-3,7-dimethyloktansäure (PF-3,7-DMOA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluorhexansulfonsäure (4:2 FTS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluordecansulfonsäure (8:2 FTS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Capstone Produkt A	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Capstone Produkt B	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Summe PFAS (exkl. BG)	0,094	0,212	0,163	0,152
Summe PFAS berechnet als Fluor (exkl. BG)	0,062	0,138	0,106	0,099
adsorbierbares organisches Fluor (AOF)	3	4	< 3	4

Angaben in µg/l (Summen gerundet auf 3 signifikante Stellen)

Autoren: Viki Holzapfel, Axel Ulbricht; Eurofins Umwelt Ost GmbH, Niederlassung Freiberg; Gewerbegebiet Freiberg Ost, Lindenstraße 11, 09627 Bobritzsch-Hilbersdorf; Telefon: 03731 2076500; E-Mail: info_freiberg@eurofins.de

Redaktion: Babette von der Herberg, Katrin Tinschert; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 43; Telefon: 0351 8928-4304; E-Mail: Babette.vonderHerberg@smekul.sachsen.de ;
Redaktionsschluss: 22.09.2022: www.lfulg.sachsen.de

Tabelle 15: Ergebnisse Messstelle 70/1355

Messstelle/ Probenahmedatum	70/1355/ 030320	70/1355/ 290420	70/1355/ 080720	70/1355/ 281020
Perfluorbutansäure (PFBA)	0,70	0,52	0,29	0,95
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	5,0	8,4	5,3	4,8
Perfluorpentansäure (PFPeA)	0,33	0,55	0,21	0,13
Perfluorpentansulfonsäure (PFPeS)	< 0,015	< 0,015	<	<
Perfluorhexansäure (PFHxA)	0,23	0,40	0,20	0,21
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	< 0,015	0,018	<	<
Perfluorheptansäure (PFHpA)	0,039	0,061	0,02	0,07
Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS)	< 0,010	< 0,010	<	<
Perfluoroctansäure (PFOA)	0,059	0,097	0,16	0,33
Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)	0,012	< 0,010	<	0,01
Perfluoroctansulfonamid (PFOSA)	< 0,010	< 0,010	<	<
Perfluornonansäure (PFNA)	< 0,010	< 0,010	<	<
Perfluordecansäure (PFDeA)	< 0,010	< 0,010	<	<
Perfluordecansulfonsäure (PFDS)	< 0,010	< 0,010	<	<
Perfluorundekansäure (PFUnA)	< 0,010	< 0,010	<	<
Perfluordodekansäure (PFDoA)	< 0,010	< 0,010	<	<
Perfluortridekansäure (PFASrA)	< 0,010	< 0,010	<	<
Perfluortetradekansäure (PFTA)	< 0,010	< 0,010	<	<
7H-Dodekanfluorheptansäure (HPFHpA)	< 0,010	< 0,010	<	<
2H,2H-Perfluordecansäure (H2PFDA)	< 0,010	< 0,010	<	<
1H,1H,2H,2H-Perfluoroctansulfonsäure (H4PFOS)	0,028	0,022	0,01	<
2H,2H,3H,3H-Perfluorundekansäure (H4PFUnA)	< 0,010	< 0,010	<	<
Perfluor-3,7-dimethyloktansäure (PF-3,7-DMOA)	< 0,010	< 0,010	<	<
1H,1H,2H,2H-Perfluorhexansulfonsäure (4:2 FTS)	< 0,010	< 0,010	0,11	<
1H,1H,2H,2H-Perfluordecansulfonsäure (8:2 FTS)	< 0,010	< 0,010	<	<
Capstone Produkt A	< 0,015	< 0,015	<	<
Capstone Produkt B	< 0,015	0,024	<	<
Summe PFAS (exkl. BG)	6,40	10,1	6,31	6,51
Summe PFAS berechnet als Fluor (exkl. BG)	3,74	5,87	3,66	3,83
adsorbierbares organisches Fluor (AOF)	11	20	14	13

Angaben in µg/l (Summen gerundet auf 3 signifikante Stellen)

Autoren: Viki Holzapfel, Axel Ulbricht; Eurofins Umwelt Ost GmbH, Niederlassung Freiberg; Gewerbegebiet Freiberg Ost, Lindenstraße 11, 09627 Bobritzsch-Hilbersdorf; Telefon: 03731 2076500; E-Mail: info_freiberg@eurofins.de

Redaktion: Babette von der Herberg, Katrin Tinschert; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 43; Telefon: 0351 8928-4304; E-Mail: Babette.vonderHerberg@smekul.sachsen.de ;
Redaktionsschluss: 22.09.2022: www.lfulg.sachsen.de

Tabelle 16: Ergebnisse Messstelle 74/0008

Messstelle/ Probenahmedatum	74/0008/ 190320	74/0008/ 170620	74/0008/ 190820	74/0008/ 151020
Perfluorbutansäure (PFBA)	< 0,10	< 0,030	0,011	< 0,010
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Perfluorpentansäure (PFPeA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluorpentansulfonsäure (PFPeS)	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Perfluorhexansäure (PFHxA)	< 0,10	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	< 0,015	< 0,015	0,10	< 0,015
Perfluorheptansäure (PFHpA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluoroctansäure (PFOA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluoroctansulfonamid (PFOSA)	< 0,010	< 0,050	< 0,050	< 0,050
Perfluornonansäure (PFNA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluordecansäure (PFDeA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluordecansulfonsäure (PFDS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluorundekansäure (PFUnA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluordodekansäure (PFDoA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluortridekansäure (PFASrA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluortetradekansäure (PFTA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
7H-Dodekanfluorheptansäure (HPFHpA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
2H,2H-Perfluordecansäure (H2PFDA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluoroctansulfonsäure (H4PFOS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
2H,2H,3H,3H-Perfluorundekansäure (H4PFUnA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluor-3,7-dimethyloktansäure (PF-3,7-DMOA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluorhexansulfonsäure (4:2 FTS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluordecansulfonsäure (8:2 FTS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Capstone Produkt A	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Capstone Produkt B	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Summe PFAS (exkl. BG)	n. b.	n. b.	0,111	n. b.
Summe PFAS berechnet als Fluor (exkl. BG)	n. b.	n. b.	0,069	n. b.
adsorbierbares organisches Fluor (AOF)	< 6	4	< 3	< 3

Angaben in µg/l (Summen gerundet auf 3 signifikante Stellen)

Autoren: Viki Holzapfel, Axel Ulbricht; Eurofins Umwelt Ost GmbH, Niederlassung Freiberg; Gewerbegebiet Freiberg Ost, Lindenstraße 11, 09627 Bobritzsch-Hilbersdorf; Telefon: 03731 2076500; E-Mail: info_freiberg@eurofins.de

Redaktion: Babette von der Herberg, Katrin Tinschert; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 43; Telefon: 0351 8928-4304; E-Mail: Babette.vonderHerberg@smekul.sachsen.de ;
Redaktionsschluss: 22.09.2022: www.lfulg.sachsen.de

Tabelle 17: Ergebnisse Messstelle 74/0011

Messstelle/ Probenahmedatum	74/0011/ 190820	74/0011/ 151020
Perfluorbutansäure (PFBA)	< 0,030	< 0,010
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	< 0,030	< 0,015
Perfluorpentansäure (PFPeA)	< 0,030	< 0,010
Perfluorpentansulfonsäure (PFPeS)	< 0,030	< 0,015
Perfluorhexansäure (PFHxA)	< 0,030	< 0,010
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	< 0,030	< 0,015
Perfluorheptansäure (PFHpA)	< 0,030	< 0,010
Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS)	< 0,030	< 0,010
Perfluoroctansäure (PFOA)	< 0,030	< 0,010
Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)	< 0,030	< 0,010
Perfluoroctansulfonamid (PFOSA)	< 0,030	< 0,010
Perfluornonansäure (PFNA)	< 0,030	< 0,010
Perfluordecansäure (PFDeA)	< 0,030	< 0,010
Perfluordecansulfonsäure (PFDS)	< 0,030	< 0,010
Perfluorundekansäure (PFUnA)	< 0,030	< 0,010
Perfluordodekansäure (PFDoA)	< 0,030	< 0,010
Perfluortridekansäure (PFASrA)	< 0,030	< 0,010
Perfluortetradekansäure (PFTA)	< 0,030	< 0,010
7H-Dodekanfluorheptansäure (HPFHpA)	< 0,030	< 0,010
2H,2H-Perfluordecansäure (H2PFDA)	< 0,030	< 1,0
1H,1H,2H,2H-Perfluoroctansulfonsäure (H4PFOS)	< 0,030	< 0,010
2H,2H,3H,3H-Perfluorundekansäure (H4PFUnA)	< 0,030	< 0,010
Perfluor-3,7-dimethyloktansäure (PF-3,7-DMOA)	< 0,030	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluorhexansulfonsäure (4:2 FTS)	< 0,030	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluordecansulfonsäure (8:2 FTS)	< 0,030	< 0,010
Capstone Produkt A	< 0,030	< 0,015
Capstone Produkt B	< 0,030	< 0,015
Summe PFAS (exkl. BG)	n. b.	n. b.
Summe PFAS berechnet als Fluor (exkl. BG)	n. b.	n. b.
adsorbierbares organisches Fluor (AOF)	< 6	< 3

Angaben in µg/l (Summen gerundet auf 3 signifikante Stellen)

Autoren: Viki Holzapfel, Axel Ulbricht; Eurofins Umwelt Ost GmbH, Niederlassung Freiberg; Gewerbegebiet Freiberg Ost, Lindenstraße 11, 09627 Bobritzsch-Hilbersdorf; Telefon: 03731 2076500; E-Mail: info_freiberg@eurofins.de

Redaktion: Babette von der Herberg, Katrin Tinschert; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 43; Telefon: 0351 8928-4304; E-Mail: Babette.vonderHerberg@smekul.sachsen.de ;
Redaktionsschluss: 22.09.2022: www.lfulg.sachsen.de

Tabelle 18: Ergebnisse Messstelle 74/0015

Messstelle/ Probenahmedatum	74/0015/ 190320	74/0015/ 170620	74/0015/ 190820	74/0015/ 151020
Perfluorbutansäure (PFBA)	< 0,10	< 0,10	< 0,050	< 0,020
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	< 0,015	< 0,015	< 0,050	< 0,020
Perfluorpentansäure (PFPeA)	< 0,010	< 0,010	< 0,050	< 0,050
Perfluorpentansulfonsäure (PFPeS)	0,038	< 0,060	< 0,050	< 0,020
Perfluorhexansäure (PFHxA)	0,048	< 0,010	< 0,050	< 0,020
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	< 0,015	< 0,060	< 0,050	< 0,050
Perfluorheptansäure (PFHpA)	< 0,010	< 0,010	< 0,050	< 0,020
Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS)	< 0,010	< 0,010	< 0,050	< 0,020
Perfluoroctansäure (PFOA)	0,055	< 0,010	< 0,050	< 0,020
Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)	< 0,010	< 0,010	< 0,050	< 0,020
Perfluoroctansulfonamid (PFOSA)	0,32	< 0,010	< 0,050	< 0,020
Perfluorononansäure (PFNA)	< 0,010	< 0,010	< 0,050	< 0,020
Perfluordecansäure (PFDeA)	< 0,010	< 0,010	< 0,050	< 0,020
Perfluordecansulfonsäure (PFDS)	< 0,010	< 0,010	< 0,050	< 0,020
Perfluorundekansäure (PFUnA)	< 0,010	< 0,010	< 0,050	< 0,020
Perfluordodekansäure (PFDoA)	< 0,010	< 0,010	< 0,050	< 0,020
Perfluortridekansäure (PFASrA)	< 0,010	< 0,010	< 0,050	< 0,020
Perfluortetradekansäure (PFTA)	< 0,010	< 0,010	< 0,050	< 0,020
7H-Dodekanfluorheptansäure (HPFHpA)	< 0,010	< 0,010	< 0,050	< 0,020
2H,2H-Perfluordecansäure (H2PFDA)	< 0,010	< 0,010	< 0,050	< 0,020
1H,1H,2H,2H-Perfluoroctansulfonsäure (H4PFOS)	< 0,010	< 0,010	< 0,050	< 0,020
2H,2H,3H,3H-Perfluorundekansäure (H4PFUnA)	0,060	< 0,010	< 0,050	< 0,020
Perfluor-3,7-dimethyloktansäure (PF-3,7-DMOA)	< 0,010	< 0,010	< 0,050	< 0,020
1H,1H,2H,2H-Perfluorhexansulfonsäure (4:2 FTS)	< 0,010	< 0,010	< 0,050	< 0,020
1H,1H,2H,2H-Perfluordecansulfonsäure (8:2 FTS)	0,020	< 0,010	< 0,050	< 0,020
Capstone Produkt A	< 0,015	< 0,015	< 0,050	< 0,020
Capstone Produkt B	< 0,015	< 0,015	< 0,050	< 0,020
Summe PFAS (exkl. BG)	0,541	n. b.	n. b.	n. b.
Summe PFAS berechnet als Fluor (exkl. BG)	0,351	n. b.	n. b.	n. b.
adsorbierbares organisches Fluor (AOF)	< 30	< 12	16	< 6

Angaben in µg/l (Summen gerundet auf 3 signifikante Stellen)

Autoren: Viki Holzapfel, Axel Ulbricht; Eurofins Umwelt Ost GmbH, Niederlassung Freiberg; Gewerbegebiet Freiberg Ost, Lindenstraße 11, 09627 Bobritzsch-Hilbersdorf; Telefon: 03731 2076500; E-Mail: info_freiberg@eurofins.de

Redaktion: Babette von der Herberg, Katrin Tinschert; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 43; Telefon: 0351 8928-4304; E-Mail: Babette.vonderHerberg@smekul.sachsen.de ;
Redaktionsschluss: 22.09.2022: www.lfulg.sachsen.de

Tabelle 19: Ergebnisse Messstelle 74/0076

Messstelle/ Probenahmedatum	74/0076/ 190320	74/0076/ 170620	74/0076/ 190820	74/0076/ 151020
Perfluorbutansäure (PFBA)	< 0,10	< 0,050	< 0,050	< 0,010
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	< 0,015	< 0,050	< 0,050	< 0,015
Perfluorpentansäure (PFPeA)	< 0,010	< 0,050	< 0,050	1,3
Perfluorpentansulfonsäure (PFPeS)	< 0,015	< 0,050	< 0,050	< 0,015
Perfluorhexansäure (PFHxA)	< 0,010	< 0,050	< 0,050	0,014
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	< 0,015	< 0,050	< 0,050	< 0,015
Perfluorheptansäure (PFHpA)	< 0,010	< 0,050	< 0,050	0,059
Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS)	< 0,010	< 0,050	< 0,050	< 0,010
Perfluoroctansäure (PFOA)	< 0,010	< 0,050	< 0,050	< 0,010
Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)	< 0,010	< 0,050	< 0,050	< 0,010
Perfluoroctansulfonamid (PFOSA)	< 0,010	< 0,20	< 0,050	< 0,010
Perfluornonansäure (PFNA)	< 0,010	< 0,050	< 0,050	< 0,010
Perfluordecansäure (PFDeA)	< 0,010	< 0,050	< 0,050	< 0,010
Perfluordecansulfonsäure (PFDS)	< 0,010	< 0,050	< 0,050	< 0,010
Perfluorundekansäure (PFUnA)	< 0,010	< 0,050	< 0,050	< 0,010
Perfluordodekansäure (PFDaA)	< 0,010	< 0,050	< 0,050	< 0,010
Perfluortridekansäure (PFASrA)	< 0,010	< 0,050	< 0,050	< 0,010
Perfluortetradekansäure (PFTA)	< 0,010	< 0,050	< 0,050	< 0,010
7H-Dodekanfluorheptansäure (HPFHpA)	< 0,010	< 0,050	< 0,050	< 0,010
2H,2H-Perfluordecansäure (H2PFDA)	< 0,010	< 0,050	< 0,050	0,097
1H,1H,2H,2H-Perfluoroctansulfonsäure (H4PFOS)	< 0,010	< 0,050	< 0,050	< 0,010
2H,2H,3H,3H-Perfluorundekansäure (H4PFUnA)	< 0,010	< 0,050	< 0,050	< 0,010
Perfluor-3,7-dimethyloktansäure (PF-3,7-DMOA)	< 0,010	< 0,050	< 0,050	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluorhexansulfonsäure (4:2 FTS)	< 0,010	< 0,050	< 0,050	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluordecansulfonsäure (8:2 FTS)	< 0,010	< 0,050	< 0,050	< 0,010
Capstone Produkt A	< 0,015	< 0,050	< 0,050	< 0,015
Capstone Produkt B	< 0,015	< 0,050	< 0,050	< 0,015
Summe PFAS (exkl. BG)	n. b.	n. b.	n. b.	1,47
Summe PFAS berechnet als Fluor (exkl. BG)	n. b.	n. b.	n. b.	0,957
adsorbierbares organisches Fluor (AOF)	< 30	< 6	< 6	< 6

Angaben in µg/l (Summen gerundet auf 3 signifikante Stellen)

Autoren: Viki Holzapfel, Axel Ulbricht; Eurofins Umwelt Ost GmbH, Niederlassung Freiberg; Gewerbegebiet Freiberg Ost, Lindenstraße 11, 09627 Bobritzsch-Hilbersdorf; Telefon: 03731 2076500; E-Mail: info_freiberg@eurofins.de

Redaktion: Babette von der Herberg, Katrin Tinschert; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 43; Telefon: 0351 8928-4304; E-Mail: Babette.vonderHerberg@smekul.sachsen.de ;
Redaktionsschluss: 22.09.2022: www.lfulg.sachsen.de

Tabelle 20: Ergebnisse Messstelle 75/0003

Messstelle/ Probenahmedatum	75/0003/ 260220	75/0003/ 110620	75/0003/ 160920	75/0003/ 081220
Perfluorbutansäure (PFBA)	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,10
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,10
Perfluorpentansäure (PFPeA)	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,10
Perfluorpentansulfonsäure (PFPeS)	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,10
Perfluorhexansäure (PFHxA)	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,10
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,10
Perfluorheptansäure (PFHpA)	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,10
Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS)	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,10
Perfluoroctansäure (PFOA)	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,10
Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,10
Perfluoroctansulfonamid (PFOSA)	< 0,15	< 0,050	< 0,050	< 0,20
Perfluornonansäure (PFNA)	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,10
Perfluordecansäure (PFDeA)	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,10
Perfluordecansulfonsäure (PFDS)	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,10
Perfluorundekansäure (PFUnA)	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,10
Perfluordodekansäure (PFDoA)	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,10
Perfluortridekansäure (PFASrA)	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,10
Perfluortetradekansäure (PFTA)	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,10
7H-Dodekanfluorheptansäure (HPFHpA)	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,10
2H,2H-Perfluordecansäure (H2PFDA)	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,10
1H,1H,2H,2H-Perfluoroctansulfonsäure (H4PFOS)	< 0,050	< 0,050	0,088	< 0,10
2H,2H,3H,3H-Perfluorundekansäure (H4PFUnA)	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,10
Perfluor-3,7-dimethyloktansäure (PF-3,7-DMOA)	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,10
1H,1H,2H,2H-Perfluorhexansulfonsäure (4:2 FTS)	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,10
1H,1H,2H,2H-Perfluordecansulfonsäure (8:2 FTS)	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,10
Capstone Produkt A	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,10
Capstone Produkt B	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,10
Summe PFAS (exkl. BG)	n. b.	n. b.	0,088	n. b.
Summe PFAS berechnet als Fluor (exkl. BG)	n. b.	n. b.	0,051	n. b.
adsorbierbares organisches Fluor (AOF)	6000	640	430	110

Angaben in µg/l (Summen gerundet auf 3 signifikante Stellen)

Autoren: Viki Holzapfel, Axel Ulbricht; Eurofins Umwelt Ost GmbH, Niederlassung Freiberg; Gewerbegebiet Freiberg Ost, Lindenstraße 11, 09627 Bobritzsch-Hilbersdorf; Telefon: 03731 2076500; E-Mail: info_freiberg@eurofins.de

Redaktion: Babette von der Herberg, Katrin Tinschert; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 43; Telefon: 0351 8928-4304; E-Mail: Babette.vonderHerberg@smekul.sachsen.de ;
Redaktionsschluss: 22.09.2022: www.lfulg.sachsen.de

Tabelle 21: Ergebnisse Messstelle 75/0311

Messstelle/ Probenahmedatum	75/311/ 100320	75/0311/ 030620	75/0311/ 071020	75/0311/ 081220
Perfluorbutansäure (PFBA)	< 0,10	< 0,030	0,014	< 0,10
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,10
Perfluorpentansäure (PFPeA)	0,25	< 0,010	< 0,010	< 0,10
Perfluorpentansulfonsäure (PFPeS)	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,10
Perfluorhexansäure (PFHxA)	0,020	0,010	0,021	< 0,10
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,10
Perfluorheptansäure (PFHpA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10
Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10
Perfluoroctansäure (PFOA)	0,017	< 0,010	< 0,010	< 0,10
Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10
Perfluoroctansulfonamid (PFOSA)	< 0,010	< 0,10	< 0,010	< 0,20
Perfluornonansäure (PFNA)	0,011	< 0,010	< 0,010	< 0,10
Perfluordecansäure (PFDeA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10
Perfluordecansulfonsäure (PFDS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10
Perfluorundekansäure (PFUnA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10
Perfluordodekansäure (PFDaA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10
Perfluortridekansäure (PFASrA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10
Perfluortetradekansäure (PFTA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10
7H-Dodekanfluorheptansäure (HPFHpA)	< 0,010	< 0,010	0,065	< 0,10
2H,2H-Perfluordecansäure (H2PFDA)	0,043	0,014	0,078	< 0,10
1H,1H,2H,2H-Perfluoroctansulfonsäure (H4PFOS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10
2H,2H,3H,3H-Perfluorundekansäure (H4PFUnA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10
Perfluor-3,7-dimethyloktansäure (PF-3,7-DMOA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10
1H,1H,2H,2H-Perfluorhexansulfonsäure (4:2 FTS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10
1H,1H,2H,2H-Perfluordecansulfonsäure (8:2 FTS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10
Capstone Produkt A	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,10
Capstone Produkt B	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,10
Summe PFAS (exkl. BG)	0,341	0,024	0,178	n. b.
Summe PFAS berechnet als Fluor (exkl. BG)	0,224	0,016	0,118	n. b.
adsorbierbares organisches Fluor (AOF)	230	29	1000	120

Angaben in µg/l (Summen gerundet auf 3 signifikante Stellen)

Autoren: Viki Holzapfel, Axel Ulbricht; Eurofins Umwelt Ost GmbH, Niederlassung Freiberg; Gewerbegebiet Freiberg Ost, Lindenstraße 11, 09627 Bobritzsch-Hilbersdorf; Telefon: 03731 2076500; E-Mail: info_freiberg@eurofins.de

Redaktion: Babette von der Herberg, Katrin Tinschert; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 43; Telefon: 0351 8928-4304; E-Mail: Babette.vonderHerberg@smekul.sachsen.de ;
Redaktionsschluss: 22.09.2022: www.lfulg.sachsen.de

4.2 Ergebnisse Oberflächengewässer

Tabelle 22: Übersicht Probenahmestellen Oberflächenwasser

CODE-Nr.	Probenahmestelle
17	OBF17000
27	OBF27905 (Probenahme 1, 2020), OBF28000 (Probenahme 2 und 3, 2021)
29_0	OBF29450
29_5	OBF29460
32	OBF32300
39	OBF39601
43	OBF43600

In den folgenden Tabellen wurden die Untersuchungsergebnisse der einzelnen Messstellen der untersuchten Oberflächenwassermessstellen zusammengefasst.

Tabelle 23: Ergebnisse Messstelle 17

Messstelle/ Probenahmedatum	17/ 101120	17/ 130421	17/ 180521
Perfluorbutansäure (PFBA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	< 0,015	< 0,010	< 0,010
Perfluorpentansäure (PFPeA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluorpentansulfonsäure (PFPeS)	< 0,015	< 0,010	< 0,010
Perfluorhexansäure (PFHxA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	< 0,015	< 0,010	< 0,010
Perfluorheptansäure (PFHpA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluoroctansäure (PFOA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluoroctansulfonamid (PFOSA)	< 0,010	< 0,040	< 0,030
Perfluornonansäure (PFNA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluordecansäure (PFDeA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluordecansulfonsäure (PFDS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluorundekansäure (PFUnA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluordodekansäure (PFDaA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluortridekansäure (PFASrA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluortetradekansäure (PFTA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
7H-Dodekanfluorheptansäure (HPFHpA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
2H,2H-Perfluordecansäure (H2PFDA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluoroctansulfonsäure (H4PFOS)	0,044	0,15	0,041
2H,2H,3H,3H-Perfluorundekansäure (H4PFUnA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluor-3,7-dimethyloktansäure (PF-3,7-DMOA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluorhexansulfonsäure (4:2 FTS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluordecansulfonsäure (8:2 FTS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Capstone Produkt A	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Capstone Produkt B	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Summe PFAS (exkl. BG)	0,044	0,150	0,041
Summe PFAS berechnet als Fluor (exkl. BG)	0,025	0,087	0,024
adsorbierbares organisches Fluor (AOF)	3	1	< 1

Angaben in µg/l (Summen gerundet auf 3 signifikante Stellen)

Autoren: Viki Holzapfel, Axel Ulbricht; Eurofins Umwelt Ost GmbH, Niederlassung Freiberg; Gewerbegebiet Freiberg Ost, Lindenstraße 11, 09627 Bobritzsch-Hilbersdorf; Telefon: 03731 2076500; E-Mail: info_freiberg@eurofins.de

Redaktion: Babette von der Herberg, Katrin Tinschert; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 43; Telefon: 0351 8928-4304; E-Mail: Babette.vonderHerberg@smekul.sachsen.de ;
Redaktionsschluss: 22.09.2022: www.lfulg.sachsen.de

Tabelle 24: Ergebnisse Messstelle 27

Messstelle/ Probenahmedatum	27/ 221020	27/ 190421	27/ 100521
Perfluorbutansäure (PFBA)	0,023	< 0,010	< 0,010
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	0,15	0,044	0,038
Perfluorpentansäure (PFPeA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluorpentansulfonsäure (PFPeS)	< 0,015	< 0,010	< 0,010
Perfluorhexansäure (PFHxA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	< 0,015	< 0,010	< 0,010
Perfluorheptansäure (PFHpA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluoroctansäure (PFOA)	0,012	< 0,010	< 0,010
Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluoroctansulfonamid (PFOSA)	< 0,030	< 0,010	< 0,010
Perfluornonansäure (PFNA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluordecansäure (PFDeA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluordecansulfonsäure (PFDS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluorundekansäure (PFUnA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluordodekansäure (PFDaA)	< 0,010	< 0,010	< 0,020
Perfluortridekansäure (PFASrA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluortetradekansäure (PFTA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
7H-Dodekanfluorheptansäure (HPFHpA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
2H,2H-Perfluordecansäure (H2PFDA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluoroctansulfonsäure (H4PFOS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
2H,2H,3H,3H-Perfluorundekansäure (H4PFUnA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluor-3,7-dimethyloktansäure (PF-3,7-DMOA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluorhexansulfonsäure (4:2 FTS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluordecansulfonsäure (8:2 FTS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Capstone Produkt A	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Capstone Produkt B	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Summe PFAS (exkl. BG)	0,185	0,044	0,038
Summe PFAS berechnet als Fluor (exkl. BG)	0,108	0,025	0,022
adsorbierbares organisches Fluor (AOF)	2	2	2

Angaben in µg/l (Summen gerundet auf 3 signifikante Stellen)

Autoren: Viki Holzapfel, Axel Ulbricht; Eurofins Umwelt Ost GmbH, Niederlassung Freiberg; Gewerbegebiet Freiberg Ost, Lindenstraße 11, 09627 Bobritzsch-Hilbersdorf; Telefon: 03731 2076500; E-Mail: info_freiberg@eurofins.de

Redaktion: Babette von der Herberg, Katrin Tinschert; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 43; Telefon: 0351 8928-4304; E-Mail: Babette.vonderHerberg@smekul.sachsen.de ;
Redaktionsschluss: 22.09.2022: www.lfulg.sachsen.de

Tabelle 25: Ergebnisse Messstelle 29_0

Messstelle/ Probenahmedatum	29_0/ 091220	29_0*/ 070421	29_0/ 050521
Perfluorbutansäure (PFBA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluorpentansäure (PFPeA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluorpentansulfonsäure (PFPeS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluorhexansäure (PFHxA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluorheptansäure (PFHpA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluoroctansäure (PFOA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluoroctansulfonamid (PFOSA)	< 0,030	< 0,010	< 0,010
Perfluornonansäure (PFNA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluordecansäure (PFDeA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluordecansulfonsäure (PFDS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluorundekansäure (PFUnA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluordodekansäure (PFDaA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluortridekansäure (PFASrA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluortetradekansäure (PFTA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
7H-Dodekanfluorheptansäure (HPFHpA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
2H,2H-Perfluordecansäure (H2PFDA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluoroctansulfonsäure (H4PFOS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
2H,2H,3H,3H-Perfluorundekansäure (H4PFUnA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluor-3,7-dimethyloktansäure (PF-3,7-DMOA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluorhexansulfonsäure (4:2 FTS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluordecansulfonsäure (8:2 FTS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Capstone Produkt A	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Capstone Produkt B	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Summe PFAS (exkl. BG)	n. b.	n. b.	n. b.
Summe PFAS berechnet als Fluor (exkl. BG)	n. b.	n. b.	n. b.
adsorbierbares organisches Fluor (AOF)	1	< 1	1

Angaben in µg/l (Summen gerundet auf 3 signifikante Stellen)
 29_0* und 29_5* - Die Probenzuordnung 29_0 und 29_5 war nicht eindeutig.

Autoren: Viki Holzapfel, Axel Ulbricht; Eurofins Umwelt Ost GmbH, Niederlassung Freiberg; Gewerbegebiet Freiberg Ost, Lindenstraße 11, 09627 Bobritzsch-Hilbersdorf; Telefon: 03731 2076500; E-Mail: info_freiberg@eurofins.de

Redaktion: Babette von der Herberg, Katrin Tinschert; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 43; Telefon: 0351 8928-4304; E-Mail: Babette.vonderHerberg@smekul.sachsen.de ;
 Redaktionsschluss: 22.09.2022: www.lfulg.sachsen.de

Tabelle 26: Ergebnisse Messstelle 29_5

Messstelle/ Probenahmedatum	29_5/ 161120	29_5*/ 070421	29_5/ 050521
Perfluorbutansäure (PFBA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	< 0,015	< 0,010	< 0,010
Perfluorpentansäure (PFPeA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluorpentansulfonsäure (PFPeS)	< 0,015	< 0,010	< 0,010
Perfluorhexansäure (PFHxA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	< 0,015	< 0,010	< 0,010
Perfluorheptansäure (PFHpA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluoroctansäure (PFOA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluoroctansulfonamid (PFOSA)	< 0,050	< 0,010	< 0,010
Perfluornonansäure (PFNA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluordecansäure (PFDeA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluordecansulfonsäure (PFDS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluorundekansäure (PFUnA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluordodekansäure (PFDaA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluortridekansäure (PFASrA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluortetradekansäure (PFTA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
7H-Dodekanfluorheptansäure (HPFHpA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
2H,2H-Perfluordecansäure (H2PFDA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluoroctansulfonsäure (H4PFOS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
2H,2H,3H,3H-Perfluorundekansäure (H4PFUnA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluor-3,7-dimethyloktansäure (PF-3,7-DMOA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluorhexansulfonsäure (4:2 FTS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluordecansulfonsäure (8:2 FTS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Capstone Produkt A	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Capstone Produkt B	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Summe PFAS (exkl. BG)	n. b.	n. b.	n. b.
Summe PFAS berechnet als Fluor (exkl. BG)	n. b.	n. b.	n. b.
adsorbierbares organisches Fluor (AOF)	1	< 1	1

Angaben in µg/l (Summen gerundet auf 3 signifikante Stellen)
 29_0* und 29_5* - Die Probenzuordnung 29_0 und 29_5 war nicht eindeutig.

Autoren: Viki Holzapfel, Axel Ulbricht; Eurofins Umwelt Ost GmbH, Niederlassung Freiberg; Gewerbegebiet Freiberg Ost, Lindenstraße 11, 09627 Bobritzsch-Hilbersdorf; Telefon: 03731 2076500; E-Mail: info_freiberg@eurofins.de

Redaktion: Babette von der Herberg, Katrin Tinschert; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 43; Telefon: 0351 8928-4304; E-Mail: Babette.vonderHerberg@smekul.sachsen.de ;
 Redaktionsschluss: 22.09.2022: www.lfulg.sachsen.de

Tabelle 27: Ergebnisse Messstelle 32

Messstelle/ Probenahmedatum	32/ 221020	32/ 200421
Perfluorbutansäure (PFBA)	< 0,030	< 0,010
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	< 0,030	< 0,010
Perfluorpentansäure (PFPeA)	< 0,030	< 0,010
Perfluorpentansulfonsäure (PFPeS)	< 0,030	< 0,010
Perfluorhexansäure (PFHxA)	< 0,030	< 0,010
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	< 0,030	< 0,010
Perfluorheptansäure (PFHpA)	< 0,030	< 0,010
Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS)	< 0,030	< 0,010
Perfluoroctansäure (PFOA)	< 0,030	< 0,010
Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)	< 0,030	< 0,010
Perfluoroctansulfonamid (PFOSA)	< 0,030	< 0,050
Perfluornonansäure (PFNA)	< 0,030	< 0,010
Perfluordecansäure (PFDeA)	< 0,030	< 0,010
Perfluordecansulfonsäure (PFDS)	< 0,030	< 0,010
Perfluorundekansäure (PFUnA)	< 0,030	< 0,010
Perfluordodekansäure (PFDaA)	< 0,030	< 0,010
Perfluortridekansäure (PFASrA)	< 0,030	< 0,010
Perfluortetradekansäure (PFTA)	< 0,030	< 0,010
7H-Dodekanfluorheptansäure (HPFHpA)	< 0,030	< 0,010
2H,2H-Perfluordecansäure (H2PFDA)	< 0,030	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluoroctansulfonsäure (H4PFOS)	< 0,030	0,016
2H,2H,3H,3H-Perfluorundekansäure (H4PFUnA)	< 0,030	< 0,010
Perfluor-3,7-dimethyloktansäure (PF-3,7-DMOA)	< 0,030	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluorhexansulfonsäure (4:2 FTS)	< 0,030	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluordecansulfonsäure (8:2 FTS)	< 0,030	< 0,010
Capstone Produkt A	< 0,030	< 0,015
Capstone Produkt B	< 0,030	< 0,015
Summe PFAS (exkl. BG)	n. b.	0,016
Summe PFAS berechnet als Fluor (exkl. BG)	n. b.	0,009
adsorbierbares organisches Fluor (AOF)	3	2

Angaben in µg/l (Summen gerundet auf 3 signifikante Stellen)

Autoren: Viki Holzapfel, Axel Ulbricht; Eurofins Umwelt Ost GmbH, Niederlassung Freiberg; Gewerbegebiet Freiberg Ost, Lindenstraße 11, 09627 Bobritzsch-Hilbersdorf; Telefon: 03731 2076500; E-Mail: info_freiberg@eurofins.de

Redaktion: Babette von der Herberg, Katrin Tinschert; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 43; Telefon: 0351 8928-4304; E-Mail: Babette.vonderHerberg@smekul.sachsen.de ;
Redaktionsschluss: 22.09.2022: www.lfulg.sachsen.de

Tabelle 28: Ergebnisse Messstelle 39

Messstelle/ Probenahmedatum	39/ 201020	39/ 260421	39/ 180521
Perfluorbutansäure (PFBA)	0,012	0,011	< 0,010
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	< 0,015	< 0,010	< 0,010
Perfluorpentansäure (PFPeA)	0,051	0,019	0,013
Perfluorpentansulfonsäure (PFPeS)	< 0,015	< 0,010	< 0,010
Perfluorhexansäure (PFHxA)	0,015	0,019	< 0,010
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	< 0,015	< 0,010	< 0,010
Perfluorheptansäure (PFHpA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluorooctansäure (PFOA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluorooctansulfonsäure (PFOS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)	< 0,050	< 0,010	< 0,010
Perfluornonansäure (PFNA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluordecansäure (PFDeA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluordecansulfonsäure (PFDS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluorundekansäure (PFUnA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluordodekansäure (PFDaA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluortridekansäure (PFASrA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluortetradekansäure (PFTA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
7H-Dodekanfluorheptansäure (HPFHpA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
2H,2H-Perfluordecansäure (H2PFDA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluorooctansulfonsäure (H4PFOS)	< 0,010	0,014	< 0,010
2H,2H,3H,3H-Perfluorundekansäure (H4PFUnA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluor-3,7-dimethyloktansäure (PF-3,7-DMOA)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluorhexansulfonsäure (4:2 FTS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluordecansulfonsäure (8:2 FTS)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Capstone Produkt A	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Capstone Produkt B	0,052	0,054	0,018
Summe PFAS (exkl. BG)	0,130	0,117	0,031
Summe PFAS berechnet als Fluor (exkl. BG)	0,073	0,063	0,016
adsorbierbares organisches Fluor (AOF)	6	4	< 1

Angaben in µg/l (Summen gerundet auf 3 signifikante Stellen)

Autoren: Viki Holzapfel, Axel Ulbricht; Eurofins Umwelt Ost GmbH, Niederlassung Freiberg; Gewerbegebiet Freiberg Ost, Lindenstraße 11, 09627 Bobritzsch-Hilbersdorf; Telefon: 03731 2076500; E-Mail: info_freiberg@eurofins.de

Redaktion: Babette von der Herberg, Katrin Tinschert; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 43; Telefon: 0351 8928-4304; E-Mail: Babette.vonderHerberg@smekul.sachsen.de ;
Redaktionsschluss: 22.09.2022: www.lfulg.sachsen.de

Tabelle 29: Ergebnisse Messstelle 43

Messstelle/ Probenahmedatum	43/ 031120	43/ 260421	43/ 180521
Perfluorbutansäure (PFBA)	0,010	< 0,010	< 0,050
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	< 0,015	< 0,010	< 0,050
Perfluorpentansäure (PFPeA)	0,068	< 0,010	< 0,050
Perfluorpentansulfonsäure (PFPeS)	< 0,015	< 0,010	< 0,050
Perfluorhexansäure (PFHxA)	0,021	< 0,010	< 0,050
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	< 0,015	< 0,010	< 0,050
Perfluorheptansäure (PFHpA)	0,068	< 0,010	< 0,050
Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS)	< 0,010	< 0,010	< 0,050
Perfluoroctansäure (PFOA)	< 0,010	< 0,010	< 0,050
Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)	< 0,010	< 0,010	< 0,050
Perfluoroctansulfonamid (PFOSA)	< 0,030	< 0,010	< 0,20
Perfluornonansäure (PFNA)	< 0,010	< 0,010	< 0,050
Perfluordecansäure (PFDeA)	< 0,010	< 0,010	< 0,050
Perfluordecansulfonsäure (PFDS)	< 0,010	< 0,010	< 0,050
Perfluorundekansäure (PFUnA)	< 0,010	< 0,010	< 0,050
Perfluordodekansäure (PFDaA)	< 0,010	< 0,010	< 0,050
Perfluortridekansäure (PFASrA)	< 0,010	< 0,010	< 0,050
Perfluortetradekansäure (PFTA)	< 0,010	< 0,010	< 0,050
7H-Dodekanfluorheptansäure (HPFHpA)	< 0,010	< 0,010	< 0,050
2H,2H-Perfluordecansäure (H2PFDA)	< 0,010	< 0,010	< 0,050
1H,1H,2H,2H-Perfluoroctansulfonsäure (H4PFOS)	< 0,010	< 0,010	< 0,050
2H,2H,3H,3H-Perfluorundekansäure (H4PFUnA)	< 0,010	< 0,010	< 0,050
Perfluor-3,7-dimethyloktansäure (PF-3,7-DMOA)	< 0,010	< 0,010	< 0,050
1H,1H,2H,2H-Perfluorhexansulfonsäure (4:2 FTS)	< 0,010	< 0,010	< 0,050
1H,1H,2H,2H-Perfluordecansulfonsäure (8:2 FTS)	< 0,010	< 0,010	< 0,050
Capstone Produkt A	< 0,015	< 0,015	< 0,050
Capstone Produkt B	< 0,015	< 0,015	< 0,050
Summe PFAS (exkl. BG)	0,167	n. b.	n. b.
Summe PFAS berechnet als Fluor (exkl. BG)	0,110	n. b.	n. b.
adsorbierbares organisches Fluor (AOF)	2	2	< 1

Angaben in µg/l (Summen gerundet auf 3 signifikante Stellen)

Autoren: Viki Holzapfel, Axel Ulbricht; Eurofins Umwelt Ost GmbH, Niederlassung Freiberg; Gewerbegebiet Freiberg Ost, Lindenstraße 11, 09627 Bobritzsch-Hilbersdorf; Telefon: 03731 2076500; E-Mail: info_freiberg@eurofins.de

Redaktion: Babette von der Herberg, Katrin Tinschert; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 43; Telefon: 0351 8928-4304; E-Mail: Babette.vonderHerberg@smekul.sachsen.de ;
Redaktionsschluss: 22.09.2022: www.lfulg.sachsen.de

5 Diskussion der Ergebnisse

5.1 Allgemeines

Unter den erschwerten Bedingungen aufgrund der Corona-Pandemie war es nicht realisierbar, die Probenahmen wie geplant durchzuführen. Dies führte zu einer Verlängerung des Probenahmezeitraums und dem Wegfall einzelner Probenahmeterminen, so dass letztlich weniger Untersuchungen als zunächst vorgesehen durchgeführt werden konnten.

Dies betrifft insbesondere die Beprobung der Oberflächenwässer, die erst im 3. Quartal 2020 begonnen wurde und somit größtenteils nach der Probenahme der Direkt- und Indirekteinleiter erfolgte. Das führte dazu, dass bei den Oberflächengewässern nur maximal 3 Probenahmen für die Analytik PFAS/AOF durchgeführt werden konnten.

5.2 PFAS in Oberflächenwasser und Abwasser

In den Proben aus den Oberflächengewässern wurden bei den in Tabelle 1 genannten Bestimmungsgrenzen keine PFAS und AOF oder nur geringe Gehalte an PFAS und AOF gemessen.

In den Abwässern dominierten zumeist die kurzkettigen perfluorierten Carbonsäuren, in einigen Abwässern wurden jedoch auch PFOS sowie Precursorverbindungen gefunden. Hierbei handelte es sich hauptsächlich um H4PFOS und in Einzelfällen um Capstone Produkt B.

H4PFOS war überwiegend bei Einleitern aus dem Bereich der Metallbearbeitung und Metallverarbeitung zu finden und spielte insbesondere bei zwei Direkteinleitern eine überragende Rolle (60/1291 und 60/1324). Als Ersatzstoff für PFOS findet H4PFOS Anwendung in Verchromungsprozessen (dekoratives Verchromen) und ist für Abwasser aus Galvanikunternehmen kein untypischer Befund (siehe UBA-Studie: Verwendung von PFOS in der Galvanik - Kennzeichen eines geschlossenen Kreislaufs, Verwendung von Ersatzstoffen).

Die beprobten Kläranlagen zeigen teilweise eine Abhängigkeit von den dort einleitenden Indirekteinleitern. So sind in den Messstellen 60/1225, 70/0830 und 70/1355 noch deutlich kurzkettige perfluorierte Carbonsäuren ermittelt worden (Einleiter aus Textilveredlung) und in 60/2466 und 60/0885 noch H4PFOS (Einleiter aus Metallbearbeitung), während in anderen Kläranlagen keine Befunde auftraten (70/0795).

Im Bereich der Textilveredlung 75/0003 und 75/0311 sind sehr hohe AOF-Werte bei geringen Befunden an Einzelsubstanzen festgestellt worden. Hier könnten Rückstände der Behandlung mit wasserabweisenden Textilausrüstungen oder Imprägnierungen eine Rolle spielen, es sind jedoch auch andere Quellen denkbar, da fluorierte Substanzen ein sehr breites Anwendungsspektrum aufweisen.

Insgesamt konnte ein anlagenspezifisches Muster für die meisten der einzelnen Probenahmestellen festgestellt werden, jedoch gab es auch Ausnahmen. Insbesondere der Einleiter aus dem Bereich Abfallbehandlung (CP-Anlage) hat ein wechselndes Spektrum, verursacht durch unterschiedliche Abfallanlieferungen, so dass die einzelnen Probenahmezeitpunkte miteinander nicht vergleichbar sind.

Bedingt durch Produktionsausfälle aufgrund der Corona-Pandemie kann es zudem auch bei anderen Probenahmestellen zu Verschiebungen der Zusammensetzung des Abwassers gekommen sein.

Autoren: Viki Holzapfel, Axel Ulbricht; Eurofins Umwelt Ost GmbH, Niederlassung Freiberg; Gewerbegebiet Freiberg Ost, Lindenstraße 11, 09627 Bobritzsch-Hilbersdorf; Telefon: 03731 2076500; E-Mail: info_freiberg@eurofins.de

Redaktion: Babette von der Herberg, Katrin Tinschert; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 43; Telefon: 0351 8928-4304; E-Mail: Babette.vonderHerberg@smekul.sachsen.de ;
Redaktionsschluss: 22.09.2022: www.lfulg.sachsen.de

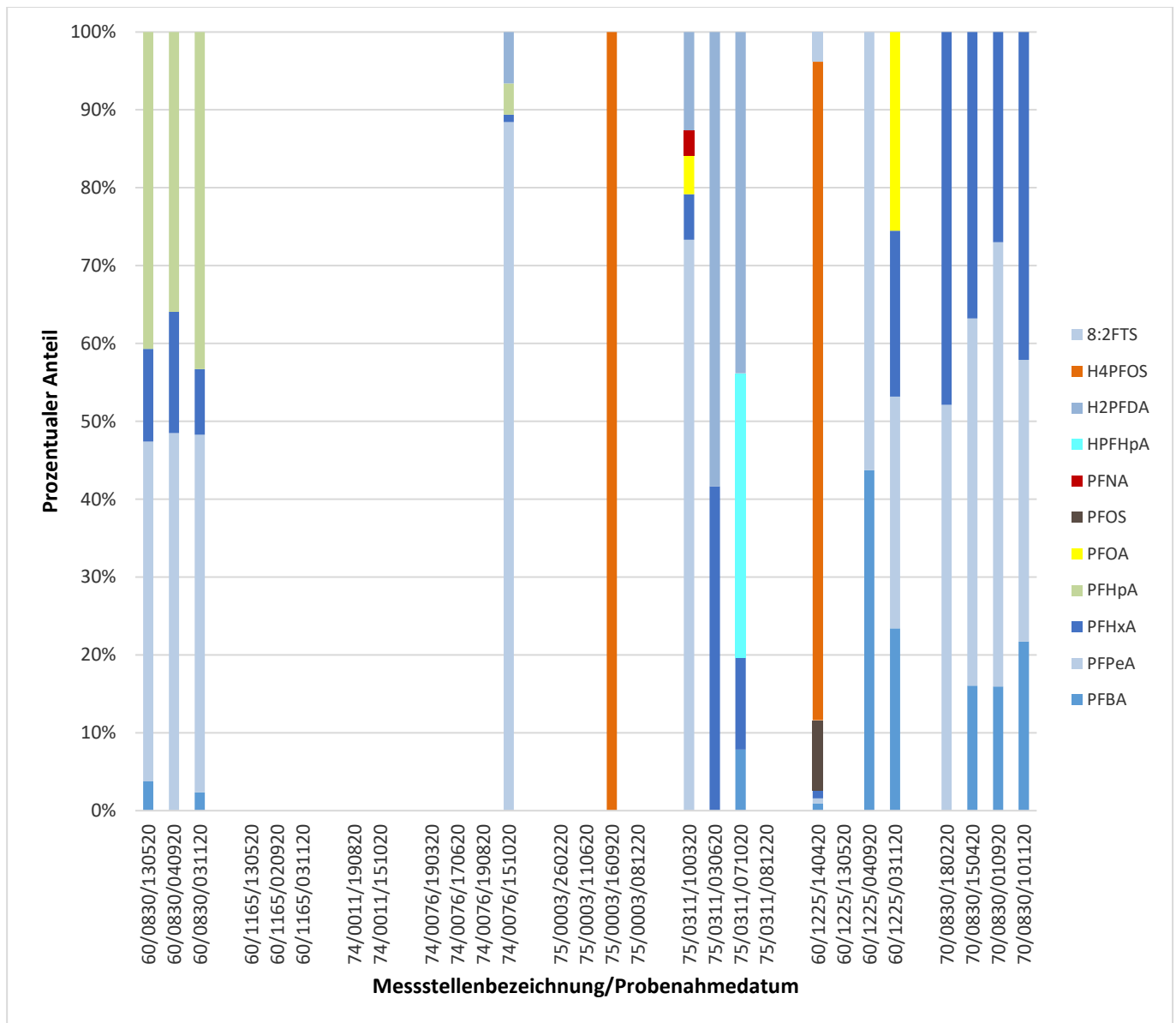


Abbildung 6: Zusammensetzung der PFAS-Fraktion für Abwasser aus der Textilherstellung, Textilveredlung, Gegenüberstellung Direkteinleiter (60/0830), Indirekteinleiter (60/1165, 74/0011, 74/0076, 75/0311, 75/0003) sowie (kommunale) Kläranlagen mit Abwasser aus der Textilherstellung/Textilveredlung (60/1225, 70/0830)

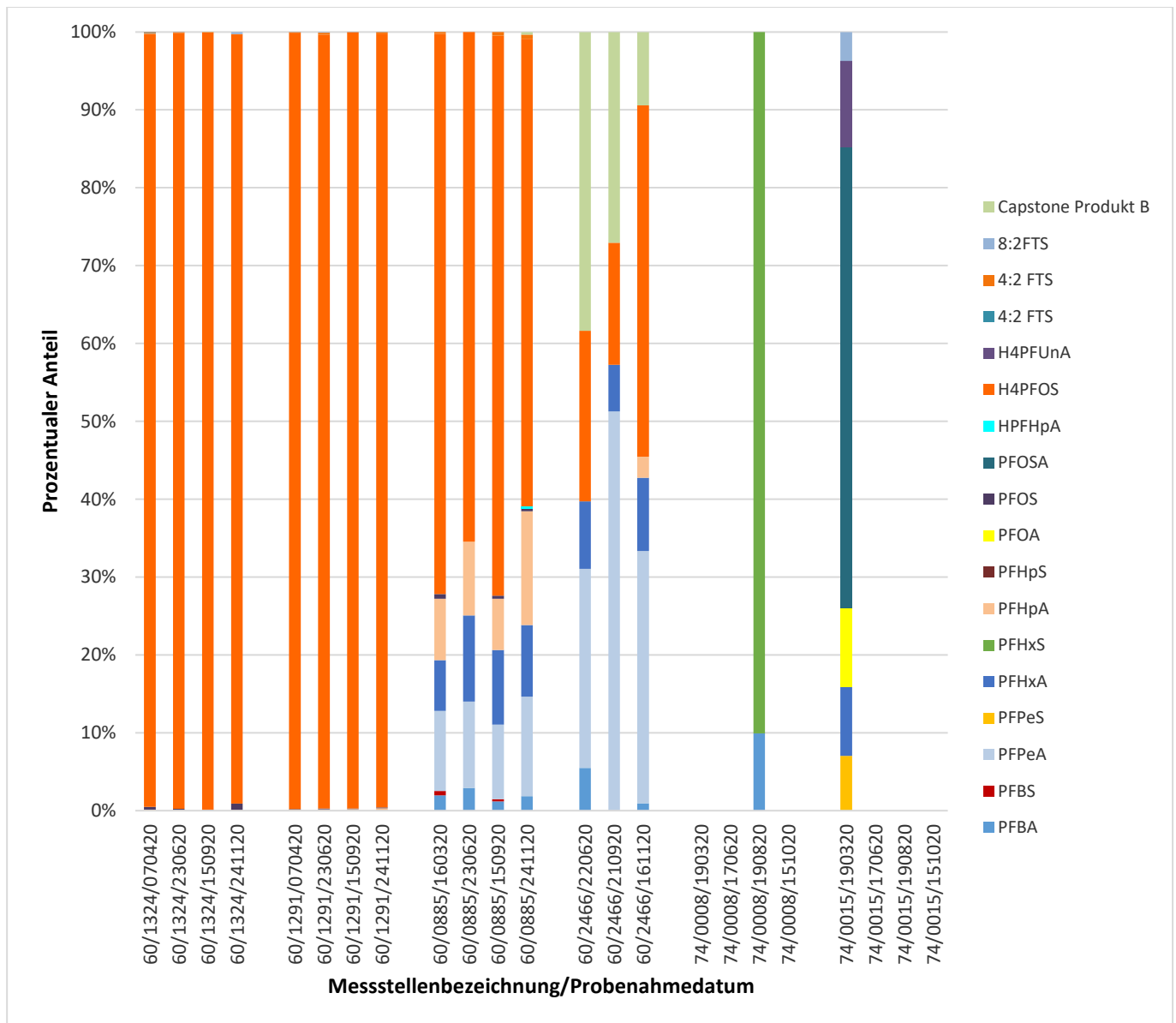


Abbildung 7: Zusammensetzung der PFAS-Fraktion für Abwasser aus der Metallbearbeitung, Metallverarbeitung, Gegenüberstellung Direkteinleiter (60/1324, 60/1291), Indirekteinleiter (74/0008, 74/0015) sowie (kommunale) Kläranlagen mit Abwasser aus der Metallbearbeitung/Metallverarbeitung (60/06885, 60/2466)

5.3 Umweltqualitätsnormen (UQN) nach Oberflächengewässerverordnung (OGewV)

Für die untersuchten Oberflächengewässer konnte keine Überschreitung der zulässigen Höchstkonzentration (ZHK-UQN) gemäß OGewV für PFOS festgestellt werden. PFOS wurde in keinem der untersuchten Oberflächengewässer oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,01 µg/l gefunden.

Prinzipiell ist der Parameter AOF mit einer Bestimmungsgrenze von 1 µg/l geeignet, zu zeigen, dass die zulässige Höchstkonzentration von PFOS von 36 µg/l eingehalten wird. Liegt der AOF-Wert im Bereich des ZHK-UQN, wären weitergehende Untersuchungen erforderlich.

Zur Prüfung der Qualitätsnorm Jahresdurchschnittswert (JD-UQN) ist bisher weder die Einzelstoffanalyse noch der Summenparameter AOF geeignet, da die erzielten Bestimmungsgrenzen deutlich über dem Wert für oberirdische Gewässer von 0,00065 µg/l liegen.

5.4 Korrelation AOF und PFAS-Einzelsubstanzen

Die Korrelation zwischen AOF und den PFAS-Einzelsubstanzen war ein Schwerpunkt der Untersuchungen.

Bei niedrigen Gehalten an PFAS wurde wie erwartet deutlich mehr AOF gefunden als der aus den einzelnen PFAS berechnete Gehalt an Fluor. Es ist davon auszugehen, dass die untersuchten Proben weitere organische Fluorverbindungen enthalten.

Bei einigen Messstellen waren beide Ergebnisse in der gleichen Größenordnung, bei anderen liegt der AOF-Wert signifikant darüber (> Faktor 10).

Ausnahmen bilden die Messstellen 60_1291, 60_1320 und 60_1324. Hier konnten Einzelsubstanzen in stark erhöhten Konzentrationen gefunden werden. Für 60_1291 und 60_1324 war das H4PFOS, bei 60_1320 für einen Probenahmezeitpunkt (24.06.2020) das Capstone Produkt B. Für diese drei Messstellen wurden teilweise höhere Gehalte an Fluor aus PFAS gemessen als AOF. Möglicherweise liegt das in der unterschiedlichen Wiederfindung der Einzelsubstanzen in der AOF-Bestimmung begründet, aber es könnten auch Störungen durch andere organische Substanzen bei der Adsorption an die Aktivkohle für die AOF-Bestimmung eine Rolle gespielt haben. Die betreffenden Proben wurden in mehreren Verdünnungen gemessen, um die Störung durch organische Verbindungen zu erkennen. Es war teilweise feststellbar, dass das eingesetzte Probenvolumen eine Auswirkung auf das Ergebnis hatte. Der Verdünnung sind jedoch durch die daraus resultierende Bestimmungsgrenze Grenzen gesetzt.

Die schlechtere Wiederfindung gerade bei hochmolekularen Substanzen deutet darauf hin, dass stoffspezifische Faktoren eine Rolle spielen könnten, wie beispielsweise Wasserlöslichkeit, Flüchtigkeit, Kettenlänge oder Fluorierungsgrad.

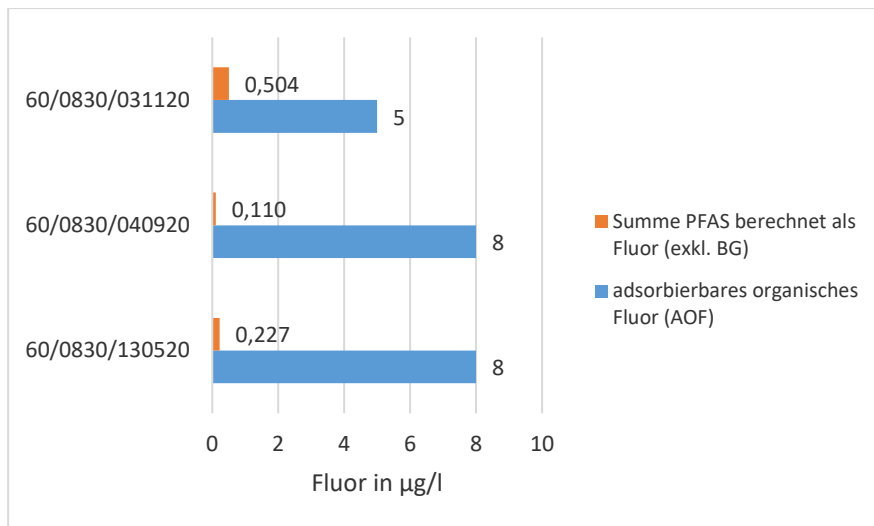


Abbildung 8: 60/0830 Gegenüberstellung AOF und PFAS als Fluor

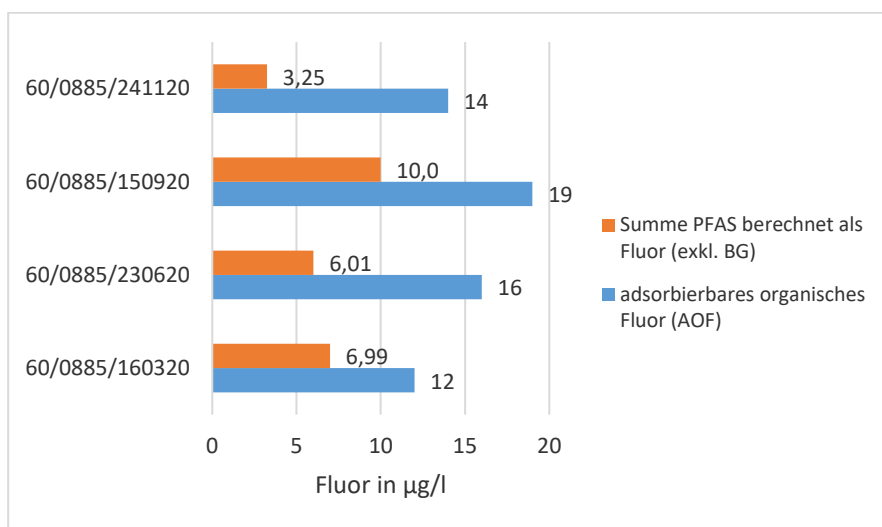


Abbildung 9: 60/0885 Gegenüberstellung AOF und PFAS als Fluor

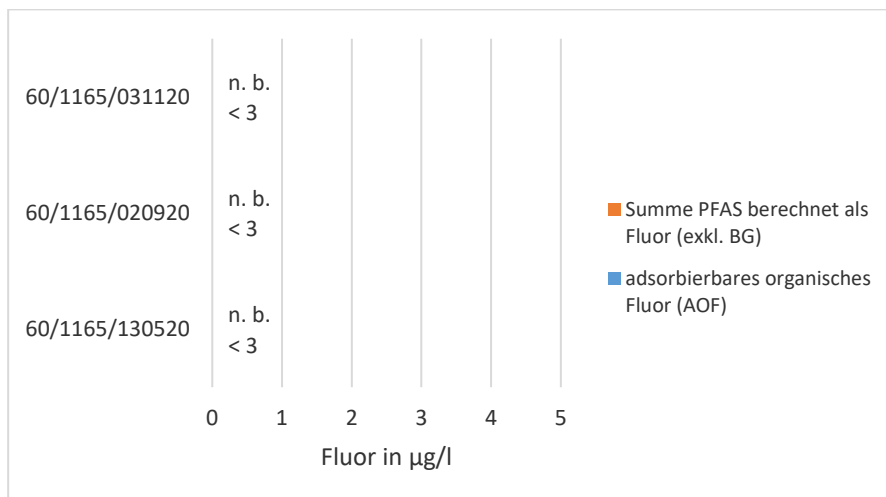


Abbildung 10: 60/1165 Gegenüberstellung AOF und PFAS als Fluor

Autoren: Viki Holzapfel, Axel Ulbricht; Eurofins Umwelt Ost GmbH, Niederlassung Freiberg; Gewerbegebiet Freiberg Ost, Lindenstraße 11, 09627 Bobritzsch-Hilbersdorf; Telefon: 03731 2076500; E-Mail: info_freiberg@eurofins.de

Redaktion: Babette von der Herberg, Katrin Tinschert; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 43; Telefon: 0351 8928-4304; E-Mail: Babette.vonderHerberg@smekul.sachsen.de ;
Redaktionsschluss: 22.09.2022: www.lfulg.sachsen.de

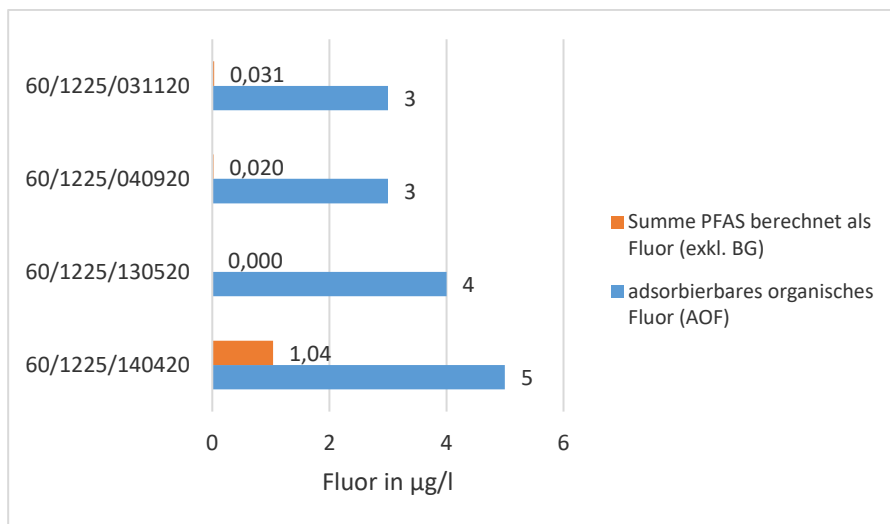


Abbildung 11: 60/1225 Gegenüberstellung AOF und PFAS als Fluor

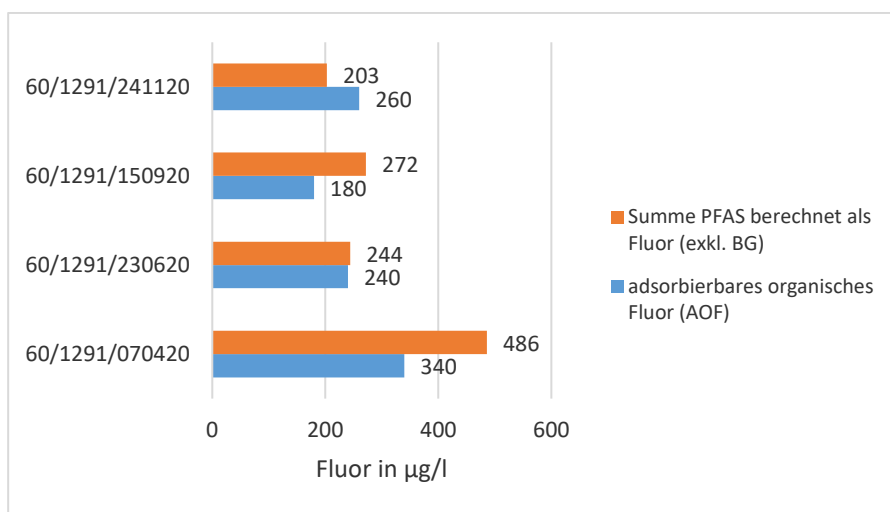


Abbildung 12: 60/1291 Gegenüberstellung AOF und PFAS als Fluor

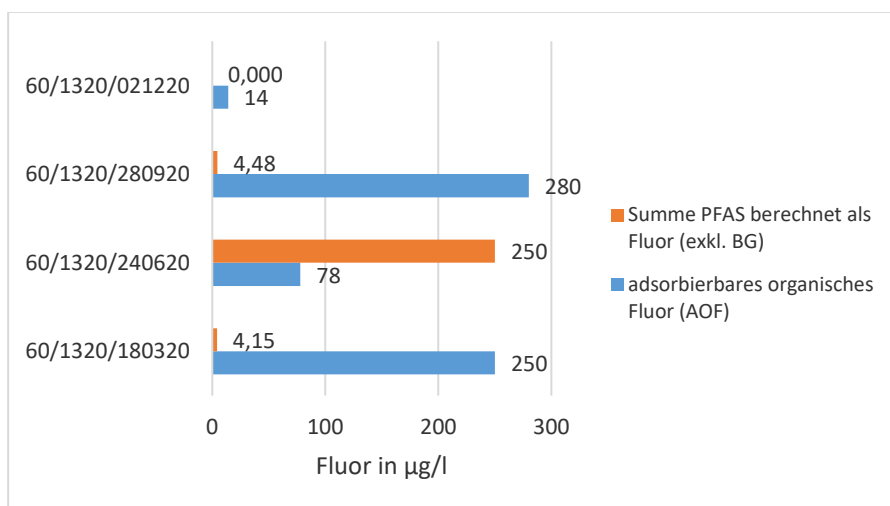


Abbildung 13: 60/1320 Gegenüberstellung AOF und PFAS als Fluor

Autoren: Viki Holzapfel, Axel Ulbricht; Eurofins Umwelt Ost GmbH, Niederlassung Freiberg; Gewerbegebiet Freiberg Ost, Lindenstraße 11, 09627 Bobritzsch-Hilbersdorf; Telefon: 03731 2076500; E-Mail: info_freiberg@eurofins.de

Redaktion: Babette von der Herberg, Katrin Tinschert; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 43; Telefon: 0351 8928-4304; E-Mail: Babette.vonderHerberg@smekul.sachsen.de ;
Redaktionsschluss: 22.09.2022: www.lfulg.sachsen.de

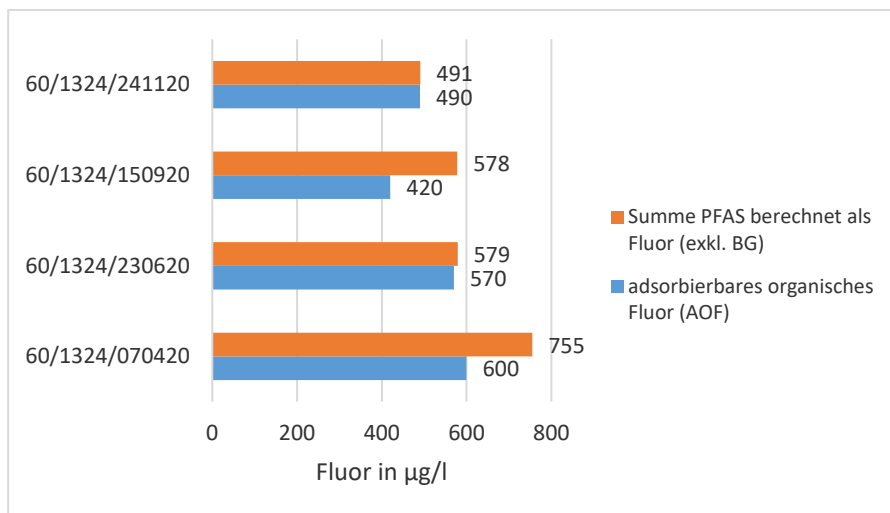


Abbildung 14: 60/1324 Gegenüberstellung AOF und PFAS als Fluor

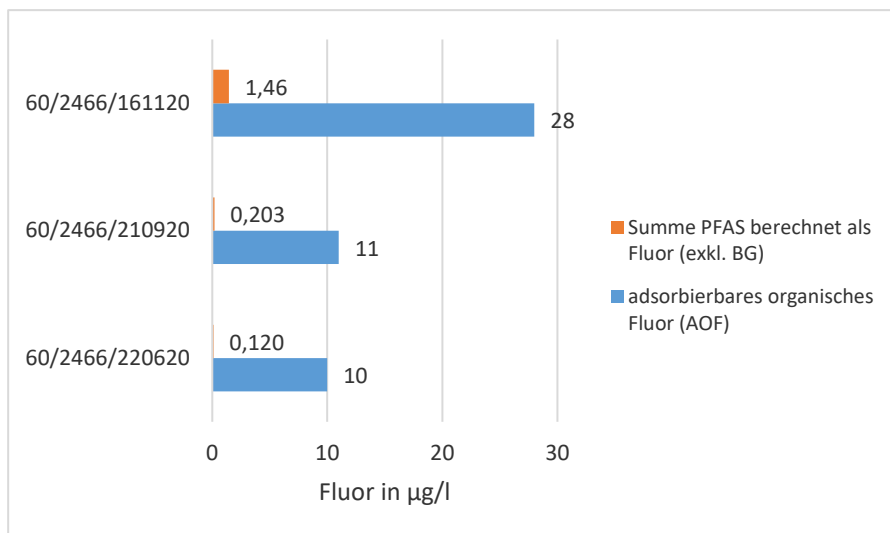


Abbildung 15: 60/2466 Gegenüberstellung AOF und PFAS als Fluor

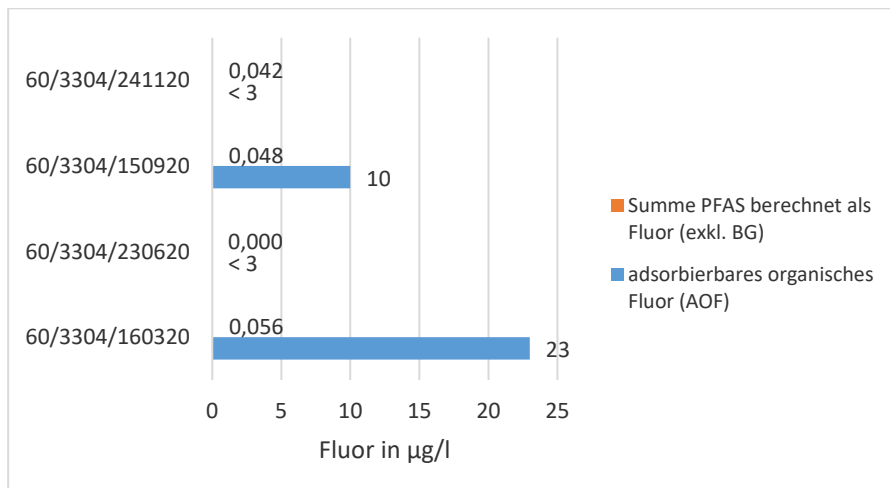


Abbildung 16: 60/3304 Gegenüberstellung AOF und PFAS als Fluor

Autoren: Viki Holzapfel, Axel Ulbricht; Eurofins Umwelt Ost GmbH, Niederlassung Freiberg; Gewerbegebiet Freiberg Ost, Lindenstraße 11, 09627 Bobritzsch-Hilbersdorf; Telefon: 03731 2076500; E-Mail: info_freiberg@eurofins.de

Redaktion: Babette von der Herberg, Katrin Tinschert; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 43; Telefon: 0351 8928-4304; E-Mail: Babette.vonderHerberg@smekul.sachsen.de ;
Redaktionsschluss: 22.09.2022: www.lfulg.sachsen.de

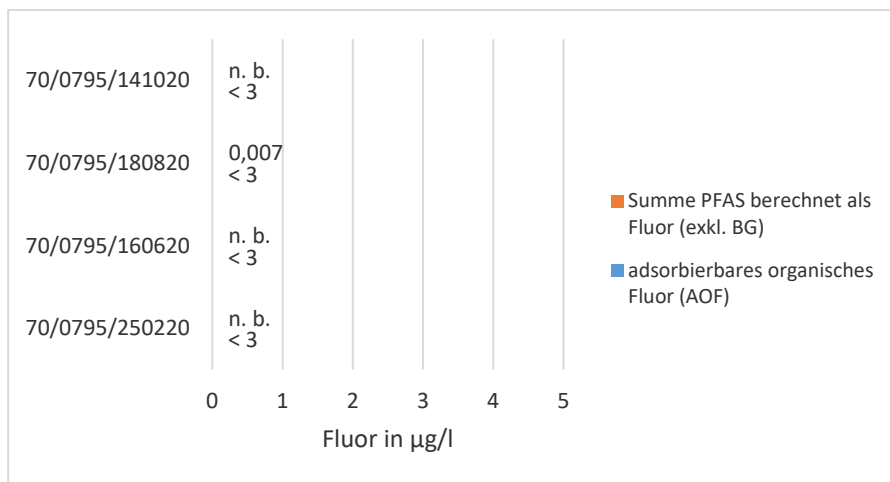


Abbildung 17: 70/0795 Gegenüberstellung AOF und PFAS als Fluor

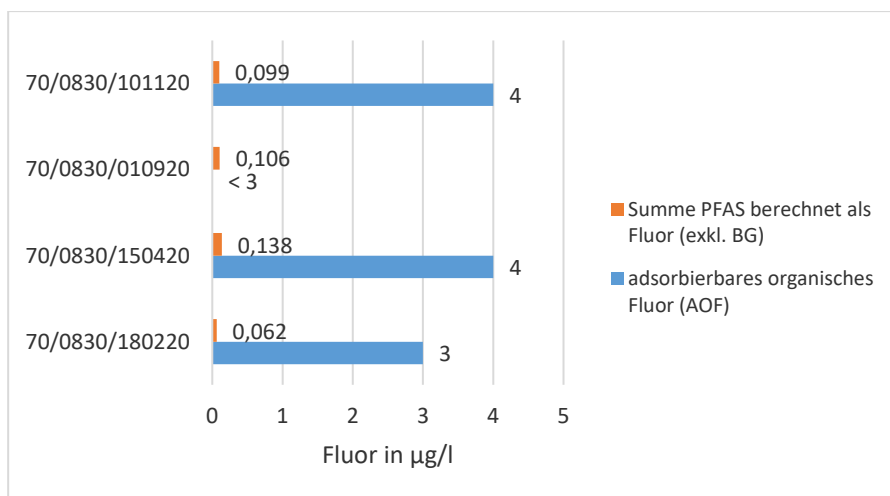


Abbildung 18: 70/0830 Gegenüberstellung AOF und PFAS als Fluor

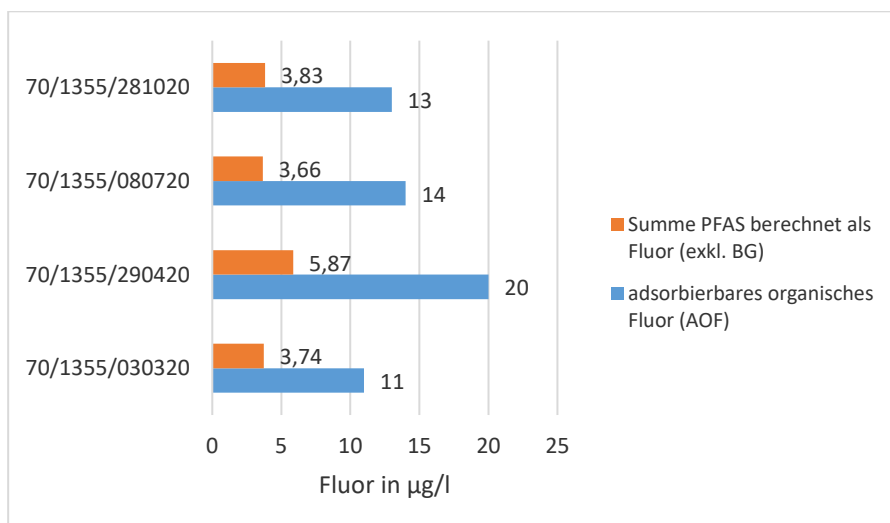


Abbildung 19: 70/1355 Gegenüberstellung AOF und PFAS als Fluor

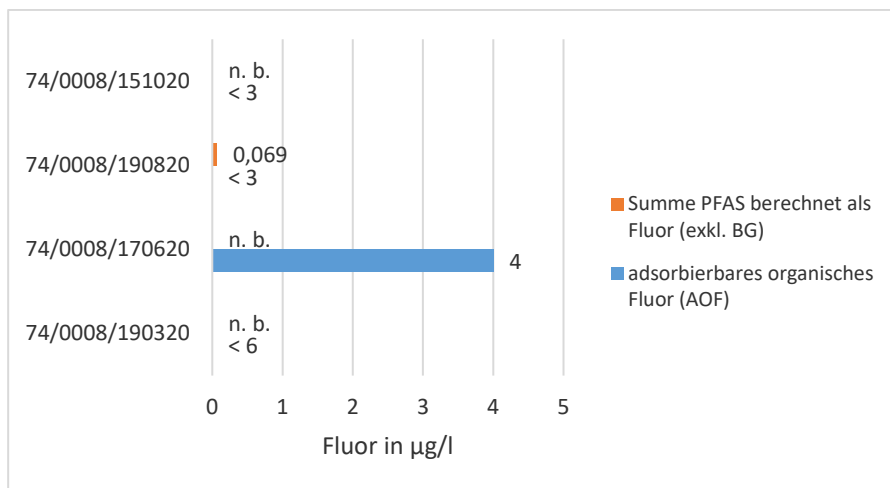


Abbildung 20: 74/0008 Gegenüberstellung AOF und PFAS als Fluor

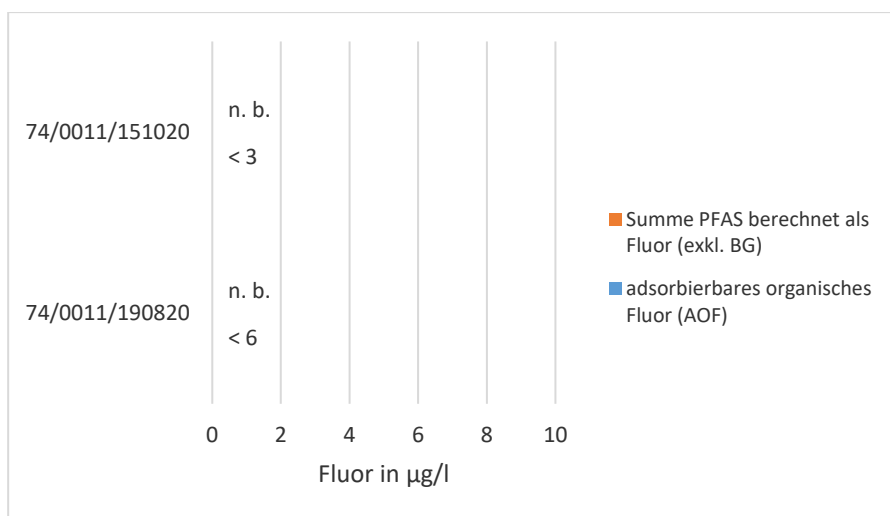


Abbildung 21: 74/0011 Gegenüberstellung AOF und PFAS als Fluor

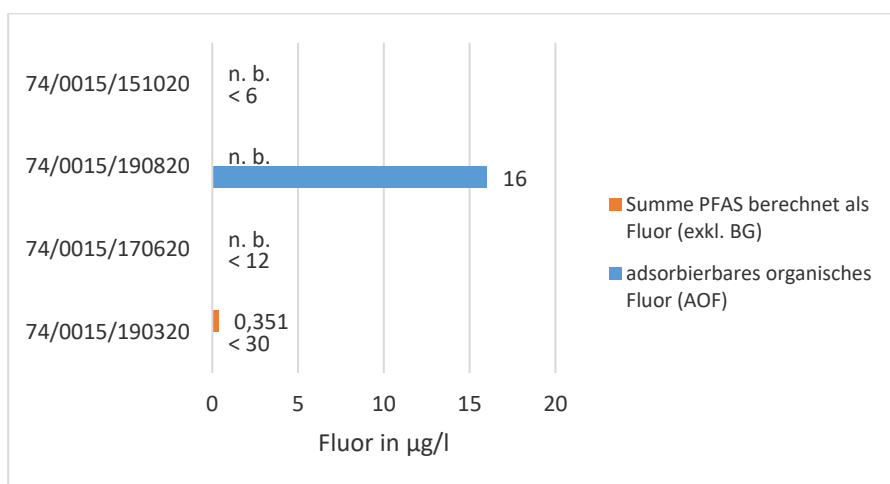


Abbildung 22: 74/0015 Gegenüberstellung AOF und PFAS als Fluor

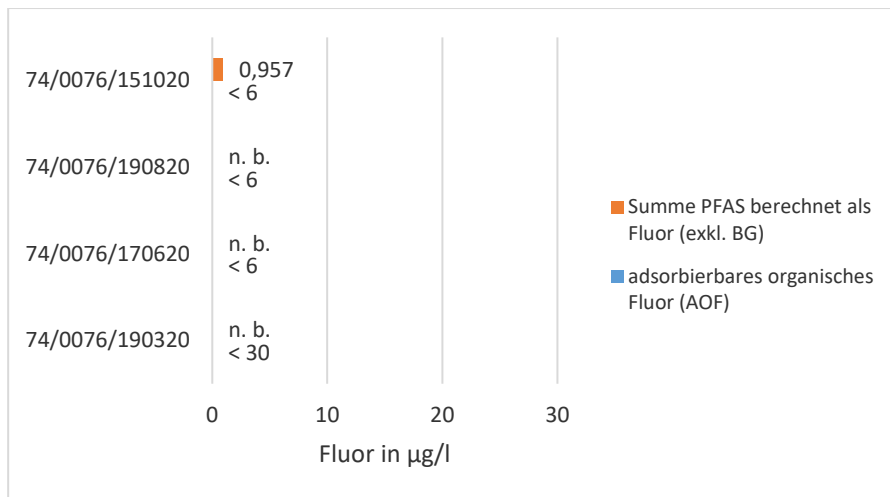


Abbildung 23: 74/0076 Gegenüberstellung AOF und PFAS als Fluor

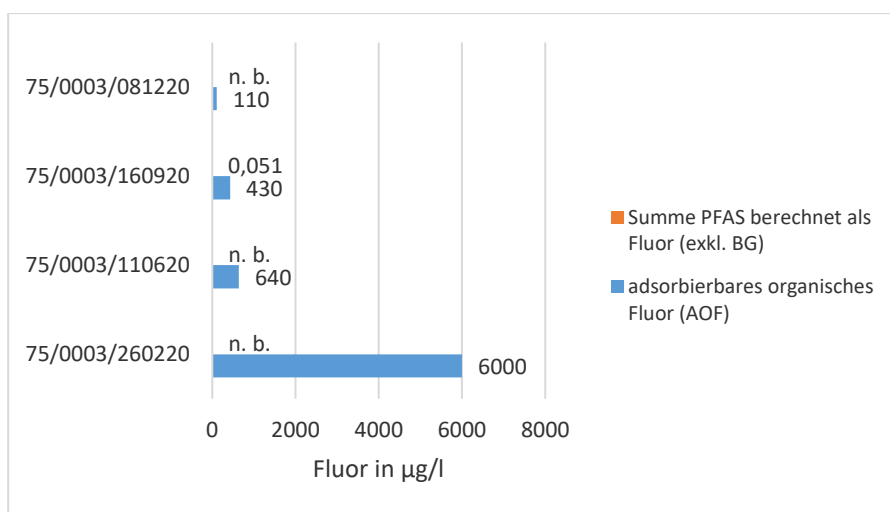


Abbildung 24: 75/0003 Gegenüberstellung AOF und PFAS als Fluor

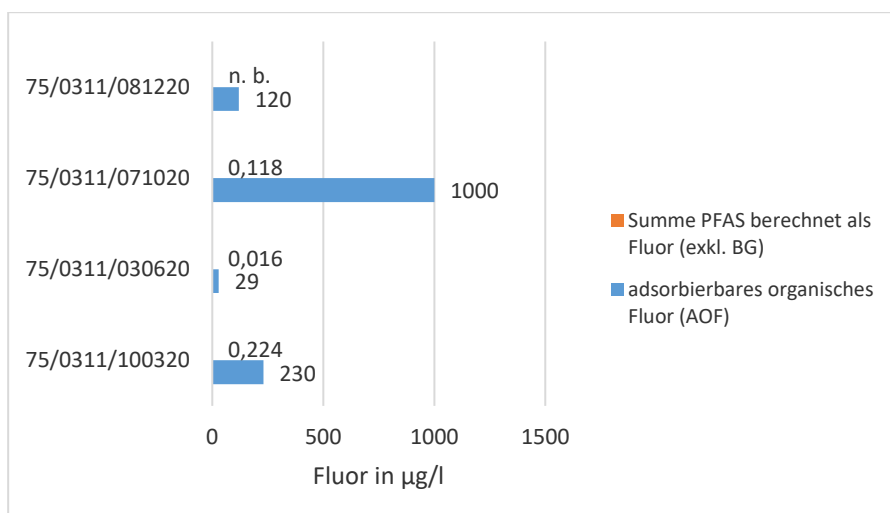


Abbildung 25: 75/0311 Gegenüberstellung AOF und PFAS als Fluor

Autoren: Viki Holzapfel, Axel Ulbricht; Eurofins Umwelt Ost GmbH, Niederlassung Freiberg; Gewerbegebiet Freiberg Ost, Lindenstraße 11, 09627 Bobritzsch-Hilbersdorf; Telefon: 03731 2076500; E-Mail: info_freiberg@eurofins.de

Redaktion: Babette von der Herberg, Katrin Tinschert; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 43; Telefon: 0351 8928-4304; E-Mail: Babette.vonderHerberg@smekul.sachsen.de ;
Redaktionsschluss: 22.09.2022: www.lfulg.sachsen.de

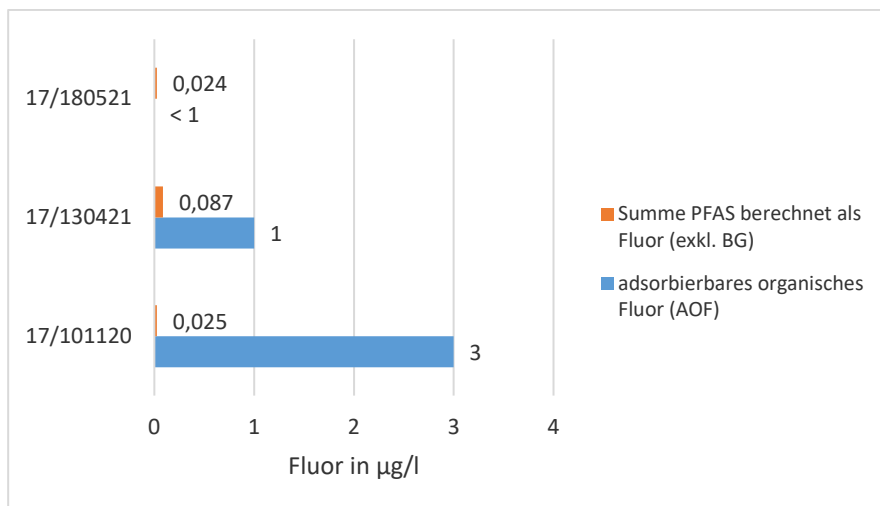


Abbildung 26: 17 Gegenüberstellung AOF und PFAS als Fluor

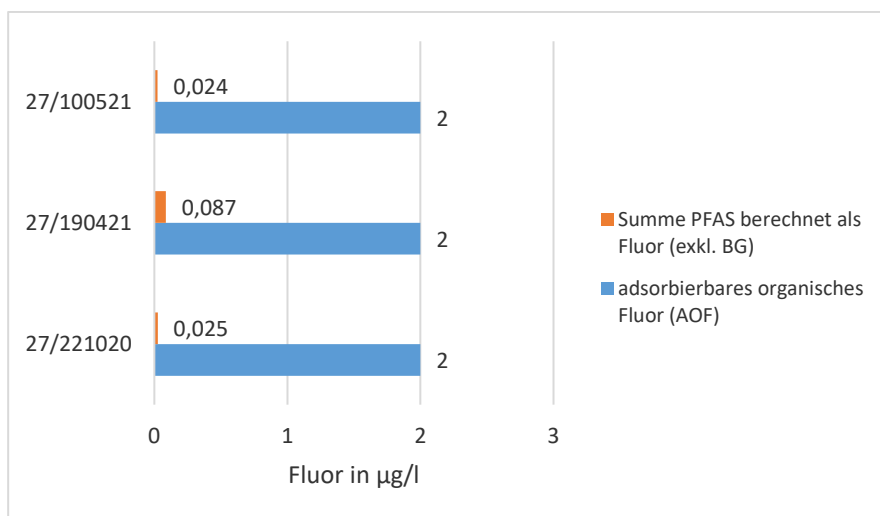


Abbildung 27: 27 Gegenüberstellung AOF und PFAS als Fluor

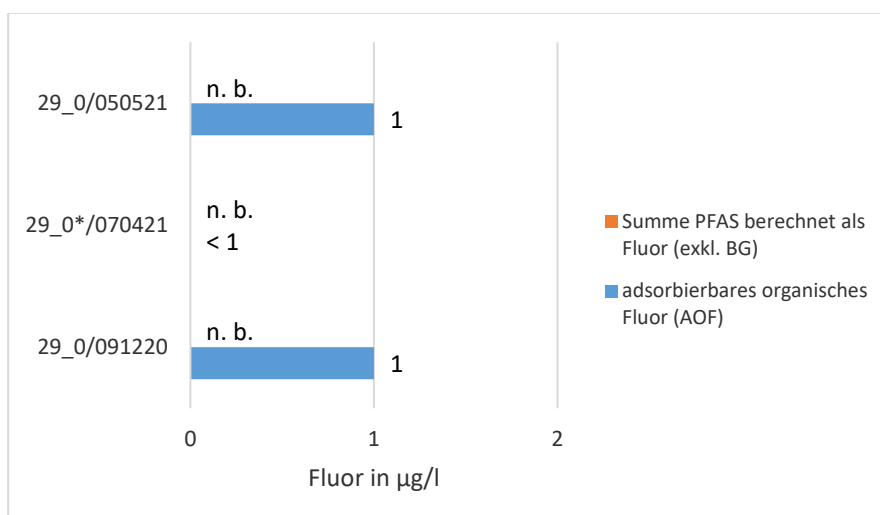


Abbildung 28: 29_0 Gegenüberstellung AOF und PFAS als Fluor

Autoren: Viki Holzapfel, Axel Ulbricht; Eurofins Umwelt Ost GmbH, Niederlassung Freiberg; Gewerbegebiet Freiberg Ost, Lindenstraße 11, 09627 Bobritzsch-Hilbersdorf; Telefon: 03731 2076500; E-Mail: info_freiberg@eurofins.de

Redaktion: Babette von der Herberg, Katrin Tinschert; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 43; Telefon: 0351 8928-4304; E-Mail: Babette.vonderHerberg@smekul.sachsen.de ;
Redaktionsschluss: 22.09.2022: www.lfulg.sachsen.de

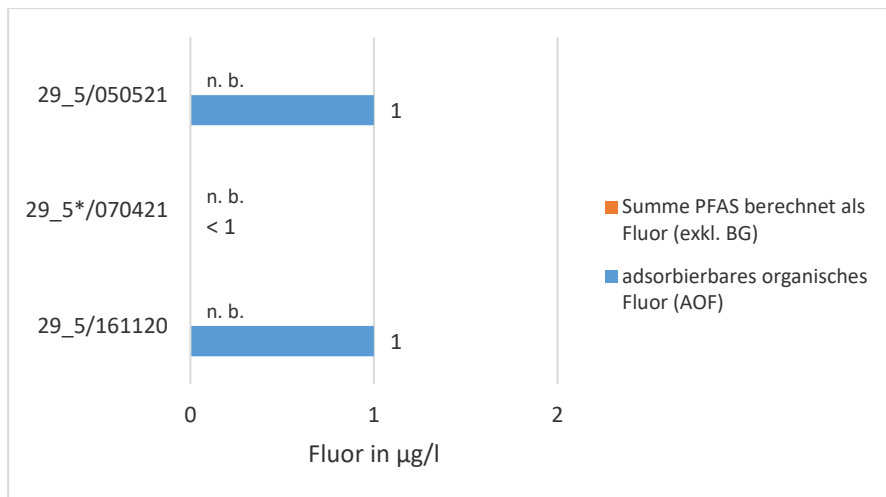


Abbildung 29: 29_5 Gegenüberstellung AOF und PFAS als Fluor

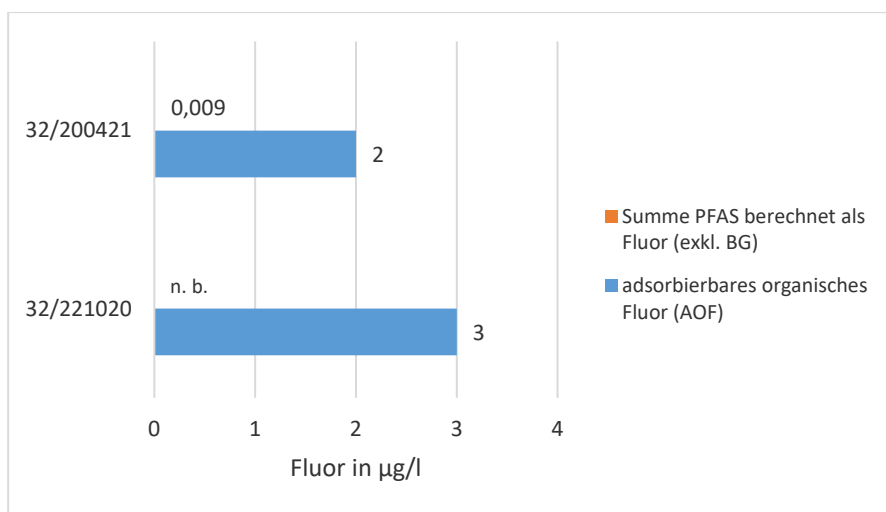


Abbildung 30: 32 Gegenüberstellung AOF und PFAS als Fluor

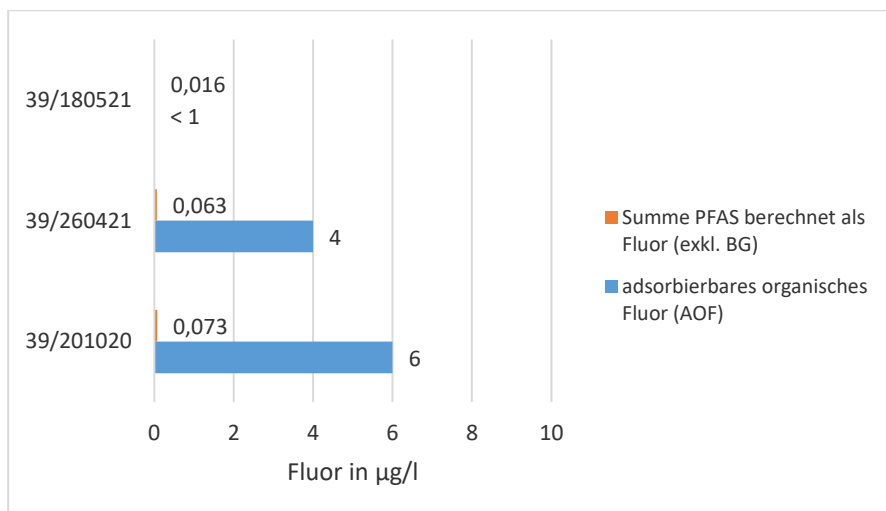


Abbildung 31: 39 Gegenüberstellung AOF und PFAS als Fluor

Autoren: Viki Holzapfel, Axel Ulbricht; Eurofins Umwelt Ost GmbH, Niederlassung Freiberg; Gewerbegebiet Freiberg Ost, Lindenstraße 11, 09627 Bobritzsch-Hilbersdorf; Telefon: 03731 2076500; E-Mail: info_freiberg@eurofins.de

Redaktion: Babette von der Herberg, Katrin Tinschert; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 43; Telefon: 0351 8928-4304; E-Mail: Babette.vonderHerberg@smekul.sachsen.de ;
Redaktionsschluss: 22.09.2022: www.lfulg.sachsen.de

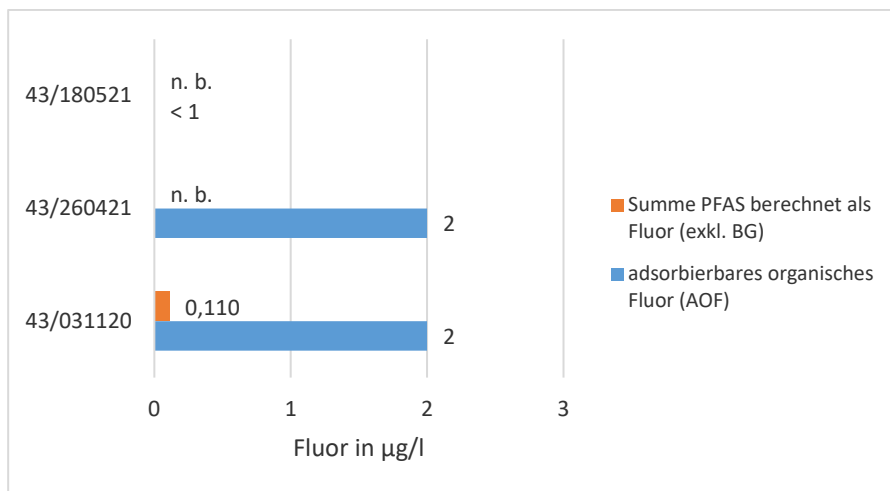


Abbildung 32: 43 Gegenüberstellung AOF und PFAS als Fluor

5.5 Störungen der Messungen

Aufgrund der komplexen Probenmatrix traten vereinzelt Störungen der Bestimmungen auf, die in einer Erhöhung der angegebenen Bestimmungsgrenze resultierten.

Im Fall der Einzelsubstanzanalytik war insbesondere der Parameter PFOSA davon am stärksten betroffen. Die Wiederfindung des zugehörigen internen Standards war in den meisten Fällen so stark beeinflusst, dass die Bestimmungsgrenze nicht gehalten werden konnte. In geringerem Ausmaß konnte das auch für weitere Einzelsubstanzen beobachtet werden. Einige Proben waren generell nicht unverdünnt messbar bzw. es konnte nicht das zur Einhaltung der Bestimmungsgrenze nötige Volumen zur Anreicherung eingesetzt werden.

Für den Parameter AOF traten in der ersten Probenahmeserie verstärkt Probleme durch Verstopfung der verwendeten Säulen durch Partikel oder andere Inhaltsstoffe auf, so dass nicht das für die Einhaltung der Bestimmungsgrenze erforderliche Probenvolumen an der Aktivkohle angereichert werden konnte. Abhilfe erfolgte durch kommerziell erhältliche Säulen, die als Duplex-Säulen eingebaut wurden und eine Verbesserung der Anreicherung erlaubten.

Hauptproblem bei der Analytik stellten die enthaltenen organischen Substanzen (bestimmbar als TOC) dar, die mit den PFAS und anderen fluorierten organischen Verbindungen wahrscheinlich in Konkurrenz um die aktiven Plätze des eingesetzten Aktivkohlematerials treten.

Neben den bereits erwähnten Störungen durch weitere organische Verbindungen spielt auch die Anwesenheit von anorganischem Fluorid in der Probe bei der AOF-Bestimmung eine Rolle. Das in der Probe enthaltene Fluorid wird durch die Spüllösung von der Säule entfernt, jedoch verbleibt bei sehr hohen Fluoridgehalten ein Rest auf der Säule und kann bei der anschließenden Verbrennung und ionenchromatographischen Messung organisch gebundenes Fluor vortäuschen.

Im Oberflächenwasser sollten die Gehalte an Fluorid üblicherweise unter 1 mg/l liegen, meist im Bereich 0,01 - 0,3 mg/l (HÖLL: Wasser). Für spezielle Wässer, insbesondere unbehandelte Abwässer kann der Fluoridgehalt

aber relevant sein und zu Überbefunden beim AOF führen. Hier sollte als Abhilfe eine Matrixanpassung des Blindwertes erfolgen. Es sind auch Probenvorbereitungen mittels SPE analog dem SPE-Verfahren beim AOX in der Diskussion und werden bei der Eurofins Umwelt Ost GmbH getestet. Für die Untersuchung der Proben für den aktuell vorliegenden Bericht wurden diese Verfahren noch nicht angewandt.

Bei schwebstoffhaltigen Proben kann auch partikulärgebundenes Fluor, wie ungelöste Halogenide, gleichfalls mit dem Parameter AOF erfasst werden. Im Normentwurf E DIN 38409-59:2020-11 wird darauf eingegangen.

5.6 Ausblick

Mit der Erarbeitung der Norm DIN 38409-59, die derzeit als Normentwurf E DIN 38409-59:2020-11 vorliegt, sollen für den Parameter AOF (sowie für die anderen Halogene die Parameter AOCl, AOBr, AOI) die Voraussetzungen für eine einheitliche Vorgehensweise bei der Bestimmung geschaffen werden. Die Eurofins Umwelt Ost GmbH arbeitet aktiv im Normungsausschuss DIN NA 119-01-03-01-12 AK mit.

Es wurde Anfang 2021 ein internationaler Validierungsringversuch zum Normentwurf E DIN 38409-59:2020 durch AQS Baden-Württemberg veranstaltet, an dem die Eurofins Umwelt Ost GmbH für den Parameter AOF teilgenommen hat.

Hinsichtlich der Durchführung der AOF-Bestimmung gemäß Normentwurf gibt es einige Abweichungen in der Durchführung zur hier verwendeten Methodik (Hausverfahren). Dies betrifft insbesondere die Stabilisierung der Proben und die Bestimmungsgrenze. Weiterhin erfolgen in der Norm Angaben zu möglichen Störungen durch Fluorid und weitere organische Verbindungen ausgedrückt als Summenparameter TOC.

Zur AOF-Bestimmung sind bei der Eurofins Umwelt Ost GmbH momentan weitere Arbeiten geplant bzw. in der Realisierung. Dazu zählen die Bestimmung des Einflusses von anorganischem Fluorid, der Störungen durch die Anwesenheit weiterer organischer Substanzen und Untersuchungen zur Wiederfindung von ausgewählten Einzelsubstanzen, um stoffspezifische Unterschiede aufzuzeigen.

6 Zusammenfassung

Die Bestimmung des Parameters AOF führt in den meisten Fällen erwartungsgemäß zu höheren Befunden als die Analytik der Einzelsubstanzen. Die Anteile der Fracht an organisch gebundenem Fluor sind in den meisten Fällen unbekannte organische Verbindungen.

Die untersuchten Oberflächengewässer zeigten keine oder nur eine geringe Belastung durch PFAS ($< 0,2 \mu\text{g/l}$). AOF wurde im Bereich bis zu 6 mg/l ermittelt.

Die untersuchten Direkt- und Indirekteinleiter wiesen sehr unterschiedliche Gehalte an PFAS und AOF auf, wobei es in Abhängigkeit der Branche des Einleiters spezifische Verteilungen bei den Einzelsubstanzen geben kann. Die Ergebnisse wiesen starke saisonale bzw. produktionsabhängige Schwankungen auf.

Sehr hohe PFAS-Gehalte wurden bei zwei Direkteinleitern (60/1291 und 60/1324) gemessen, die zum Großteil als H4PFOS vorliegen.

Autoren: Viki Holzapfel, Axel Ulbricht; Eurofins Umwelt Ost GmbH, Niederlassung Freiberg; Gewerbegebiet Freiberg Ost, Lindenstraße 11, 09627 Bobritzsch-Hilbersdorf; Telefon: 03731 2076500; E-Mail: info_freiberg@eurofins.de

Redaktion: Babette von der Herberg, Katrin Tinschert; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 43; Telefon: 0351 8928-4304; E-Mail: Babette.vonderHerberg@smekul.sachsen.de ;
Redaktionsschluss: 22.09.2022: www.lfulg.sachsen.de

Es traten bei der Untersuchung der Proben Störungen durch Matrixbestandteile auf, die zum Teil nicht eliminiert werden konnten. Die Anwesenheit von anorganischem Fluorid kann zu Überbefunden beim AOF führen, organische Bestandteile zu Minderbefunden. Organische Substanzen stören die Bestimmung sowohl beim AOF als auch bei den Einzelsubstanzen.

Für die abschließende Beurteilung der Ergebnisse sollten, soweit verfügbar, Informationen zu den Einleitern hinsichtlich weiterer zu erwartender fluorhaltiger Substanzen sowie ggf. der üblicherweise an der Messstelle erwartete Fluoridgehalt berücksichtigt werden.

Mit der Erarbeitung der Norm DIN 38409-59, die derzeit als Normentwurf E DIN 38409-59:2020-11 vorliegt, wird ein genormtes Verfahren für die Bestimmung des Parameters AOF verfügbar sein.

Literaturverzeichnis

- ALBERS, M.: Analytik und Elimination von perfluorierten Tensiden aus Prozesswässern der Galvanik, Dissertation, Bergische Universität Wuppertal, Wuppertal (2011); im Internet verfügbar unter: <https://dnb.info/1011396920/34>
- BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFTEN BODENSCHUTZ UND WASSER: Leitfaden zur PFAS-Bewertung Empfehlungen für die bundeseinheitliche Bewertung von Boden- und Gewässerverunreinigungen sowie für die Entsorgung PFAS-haltigen Bodenmaterials (21.02.2022), im Internet verfügbar: https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Bodenschutz/pfas_leitfaden_bf.pdf
- DIN 38409-59:2020-11 – Entwurf
Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung - Summarische Wirkungs- und Stoffkenngrößen (Gruppe H) - Teil 59: Bestimmung von adsorbierbarem organisch gebundenem Fluor, Chlor, Brom und Iod (AOF, AOCl, AOBr, AOI) mittels Verbrennung und nachfolgender ionenchromatographischer Messung (H 59)
- BLEPP, M.; WILLAND, W.; WEBER, R.: Verwendung von PFOS in der Galvanik - Kennzeichen eines geschlossenen Kreislaufs, Verwendung von Ersatzstoffen, Texte 63/2016, Hrsg. vom Umweltbundesamt (2016), im Internet verfügbar: <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/>
- HELD, T., REINHARD, M.: Analysierte PFAS – die Spitze des Eisbergs? altlasten spektrum 5(2016), S. 173-186
- HÖLL, K.: Wasser: Nutzung im Kreislauf: Hygiene, Analyse und Bewertung, Hrsg. von Nießner, R., 9. Aufl., Walter De Gruyter Berlin/New York (2010), S. 760
- LANGE, F. T.: AOF – ein neuer Gruppenparameter für Organofluorverbindungen im Wasserkreislauf. In: TZW: DVGW Technologiezentrum Wasser: Handlungsstrategien bei sich ändernden Rahmenbedingungen, E&B Verlag Karlsruhe (2014), S. 47-59
- LAWA (2017): Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser - Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC). Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser; im Internet verfügbar unter: https://www.lawa.de/documents/03_anlage_3_bericht_gfs_fuer_pfc_endfassung_22_11_2017_2_1552302208.pdf
- LÄNDERFINANZIERUNGSPROGRAMM „WASSER, BODEN UND ABFALL“ (HRSG.): Boden- und Grundwasserkontaminationen mit PFC bei altlastverdächtigen Flächen und nach Löschmitteleinsätzen - Arbeitshilfe zur flächendeckenden Erfassung, standortbezogenen historischen Erkundung und zur Orientierenden Untersuchung (Projektstufe 1) (Projekt-Nr. B 4.14: PFC-Arbeitshilfe)
- UBA-Homepage: EU verbietet PFOA, im Internet verfügbar: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/eu-verbietet-pfoa>
- UFORDAT – Umweltforschungsdatenbank: Datensatznummer 01076394, im Internet verfügbar: <http://doku.uba.de/aDISWeb/app;jsessionid=2ACD074D35B7E53B86C4CFB7C0A06255>

Autoren: Viki Holzapfel, Axel Ulbricht; Eurofins Umwelt Ost GmbH, Niederlassung Freiberg; Gewerbegebiet Freiberg Ost, Lindenstraße 11, 09627 Bobritzsch-Hilbersdorf; Telefon: 03731 2076500; E-Mail: info_freiberg@eurofins.de

Redaktion: Babette von der Herberg, Katrin Tinschert; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 43; Telefon: 0351 8928-4304; E-Mail: Babette.vonderHerberg@smekul.sachsen.de ;
Redaktionsschluss: 22.09.2022: www.lfulg.sachsen.de