

Fachbericht

zu den Bodenmaterialuntersuchungen auf die Gehalte an per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS) in Schleswig-Holstein 2020 (Stand: 01.02.2022)

PFAS finden wegen ihrer wasser-, fett- und schmutzabweisenden Eigenschaften in vielen Verbraucherprodukten wie Kochgeschirr, Textilien und Papier Anwendung. Ein weiteres Einsatzgebiet von PFAS ist die Verwendung in Feuerlöschschäumen. PFAS sind chemisch und thermisch sehr stabil und reichern sich in der Umwelt und im Menschen an. Diese Eigenschaften sowie der breite Einsatz in verschiedenen Bereichen führen zu einer ubiquitären Verteilung von PFAS. PFAS werden eine Vielzahl von toxischen Effekten zugeschrieben. Informationen zu bekannten und in diesem Bericht berücksichtigten Einzelverbindungen der Stoffgruppe PFAS sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Seit einigen Jahren finden auf Länderebene, aktuell auch auf Bundesebene verschiedene Untersuchungen zur Ermittlung ubiquitärer Gehalte im Boden (Hintergrundwerte) statt.

In Schleswig-Holstein wurden im Jahr 2020 Bodenmaterialproben von 26 landwirtschaftlich genutzten Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF) entnommen und auf ihre Gehalte an PFAS im Feststoff und im Eluat untersucht.

Bei den BDF handelt es sich um ca. eintausend Quadratmeter große Flächen, die im Rahmen des Monitoringprojektes „Boden-Dauerbeobachtung“ seit 1989 betrieben werden. Weitere Informationen zum Programm Boden-Dauerbeobachtung sind im Internet unter [Inhalte - Boden-Dauerbeobachtung - schleswig-holstein.de](https://www.schleswig-holstein.de/inhalte/boden-dauerbeobachtung) einzusehen. Die Lage der untersuchten Flächen ist in Abbildung 1 dargestellt. Der Bericht stellt die Ergebnisse der Untersuchungskampagne aus dem Jahr 2020 dar.

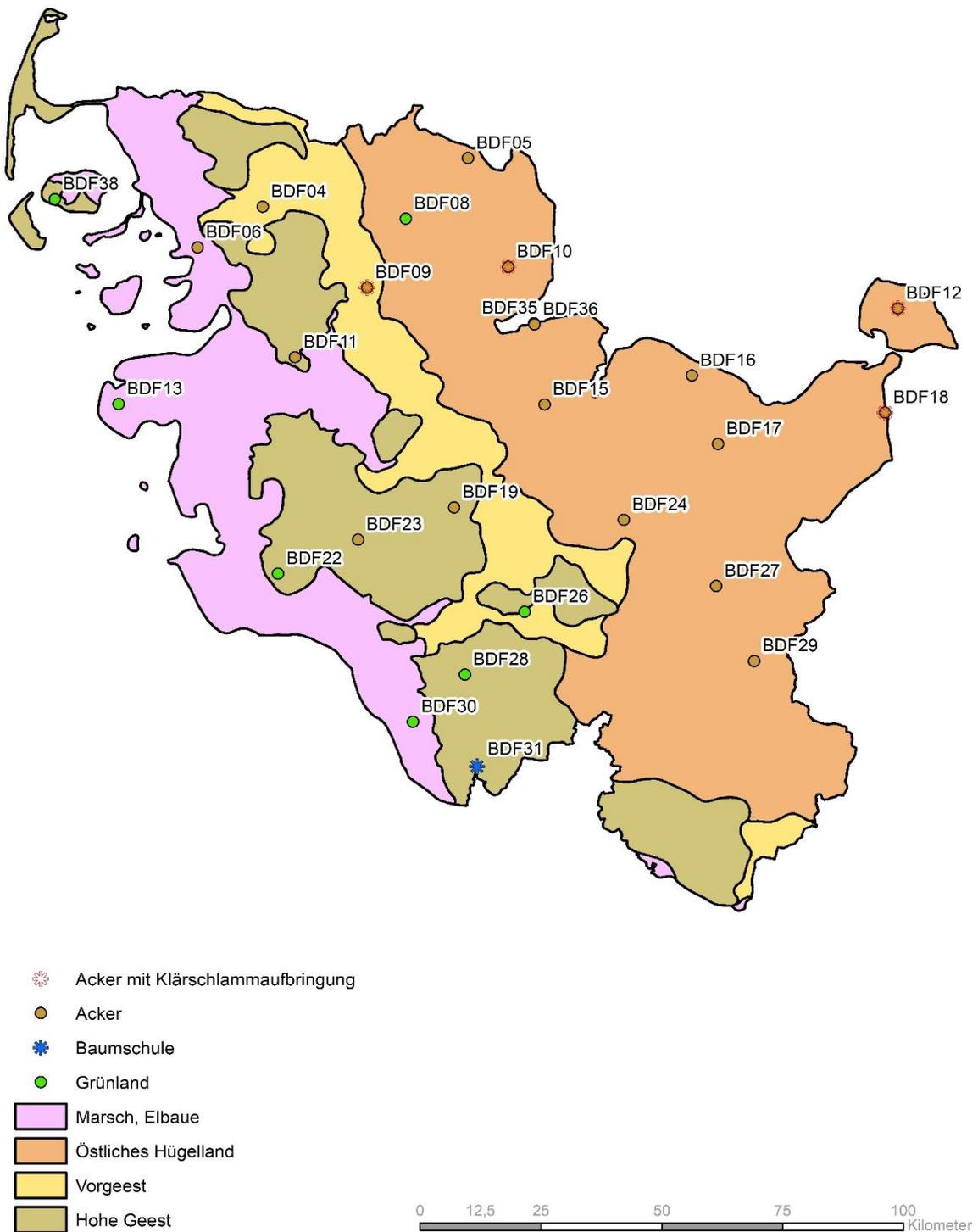


Abbildung 1: Überblickskarte der Lage der untersuchten Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF)

Zusammenfassende Erkenntnis:

Ziel der durchgeführten Untersuchungen war es, einen ersten Überblick über die Gehalte an PFAS in Böden im ländlichen Raum auf Flächen ohne Hinweise auf konkrete Einträge von PFAS zum Beispiel durch entsprechende gewerbliche Nutzungen oder durch Löschschäume zu erhalten.

Die Ergebnisse aus Schleswig-Holstein bestätigen Untersuchungen aus anderen Bundesländern, dass die Gehalte an PFAS in der Feststoffanalytik weit überwiegend unterhalb der Bestimmungsgrenze liegen. Im Eluat sind dagegen, ebenfalls vergleichbar mit Untersuchungen in anderen Bundesländern, PFAS-Gehalte messbar, auch wenn im Feststoff keine PFAS mit Gehalten oberhalb der Bestimmungsgrenze nachgewiesen werden können.

Die im Eluat ermittelten Gehalte an PFAS in Bodenmaterialproben der Nutzungen Grünland und Acker ohne Klärschlammaufbringung sind nahezu identisch. Die mit Klärschlamm beaufschlagten BDF weisen deutlich höhere Gehalte an PFAS im Eluat auf.

Die Anzahl der untersuchten Flächen ist noch zu gering, um eine landesweit belastbare Aussage zu Hintergrundgehalten an PFAS im Boden ableiten zu können. Hierzu bedarf es weiterer Untersuchungen. An dem bundesweiten Vorhaben zur Ableitung von Hintergrundwerten für PFAS in landwirtschaftlich genutzten Böden arbeitet Schleswig-Holstein aktiv mit.

Nutzung und Probenahme:

An folgenden BDF-Standorten fanden 2020 Bodenmaterialuntersuchungen statt (s. Abbildung 1):

- Acker ohne Klärschlammaufbringung: BDF 04, 05, 06, 15, 16, 17, 19, 23, 24, 26, 27, 29, 36
- Acker mit Klärschlammaufbringung: BDF 09, 10, 12, 18
- Baumschule (ohne Klärschlammaufbringung): BDF 31
- Grünland (Klärschlammaufbringung nicht zulässig): BDF 08, 11, 13, 22, 28, 30, 35, 38

Die Entnahmetiefen betragen bei den Nutzungen Acker und Baumschule 0-30 cm und bei der Nutzung Grünland 0-5 cm unter Geländeoberfläche. Die Proben wurden als Mischproben bestehend aus 18 Einzelproben von den jeweiligen BDF gemäß des Probenahmeschemas für die Boden-Dauerbeobachtung untersucht (BARTH ET AL. 2000).

Probenvorbereitung und Analytik:

Die Probenvorbereitung und Analytik wurden gemäß den nachfolgenden Vorgaben durchgeführt:

Feststoff: Korngröße < 2 mm, luftgetrocknete Proben, ggf. Trocknung bei max. 40 Grad bei nicht siebfähigen Proben (DIN EN ISO 17892-4: 2017-04), Analytik (DIN 38414-14: 2011-08)

Eluat: Korngröße < 2 mm, luftgetrocknete Proben, ggf. Trocknung bei max. 40 Grad bei nicht siebfähigen Proben, Schüttelverfahren 2:1 (DIN 19529). Analytik (DIN 38407-42: 2011-03)

Die Bodenproben wurden auf 13 PFAS analysiert, für die Beurteilungsmaßstäbe im Sinne von Geringfügigkeitsschwellen oder gesundheitliche Orientierungswerte abgeleitet wurden (LAWA 2017). Darüber hinaus wurden Perfluordecansulfonsäure (PFDS) und langkettige Perfluorcarbonsäuren (PFUnA, PFDoA, PF-3,7-DMOA) sowie HPFHpA, eine teilfluorierte Polyfluorcarbonsäure, untersucht (Auflistung siehe „Erläuterungen“ am Textende). Die untersuchten PFAS entsprechen hinsichtlich Auswahl, Probenvorbereitung und Analytik der Empfehlung des Leitfadens zur PFAS-Bewertung (BMUV 2022) bzw. den in den vorherigen Entwürfen des Leitfadens genannten identischen Empfehlungen.

Untersuchungsergebnisse und Bewertung:

Alle ermittelten Untersuchungsergebnisse der Feststoff- und Eluatuntersuchungen sind in Anlage 1 zusammengestellt. Für die Bewertung der Gehalte an PFAS im Feststoff liegen bisher keine Beurteilungsmaßstäbe vor. Die Bewertung von PFAS in Bodenmaterialproben kann derzeit laut des zwischen LAWA, LABO und LAGA abgestimmten Leitfadens zur PFAS-Bewertung ausschließlich anhand der im Eluat ermittelten Gehalte an PFAS durchgeführt werden (BMUV 2022).

Feststoff:

Bei den Untersuchungen der 26 Bodenmaterialproben im Feststoff wurden nur vier Befunde knapp oberhalb der Bestimmungsgrenze in Höhe von 1 µg/kg TM ermittelt (siehe Tabelle 1). Lediglich PFOS wird an drei Ackerflächen mit Klärschlammaufbringung oberhalb eines Gehalts von 1 µg/kg TM bestimmt, sowie PFBA an einem Grünlandstandort mit einem Gehalt oberhalb der Bestimmungsgrenze.

Tabelle 1: Feststoffgehalte von PFAS mit Befunden oberhalb der Bestimmungsgrenze in Bodenmaterialproben von vier BDF

PFAS-Verbindung	BDF09 Acker mit Klärschlammaufbringung	BDF10 Acker mit Klärschlammaufbringung	BDF12 Acker mit Klärschlammaufbringung	BDF28 Grünland
PFBA	<1,0 µg/kg	<1,0 µg/kg	<1,0 µg/kg	2,2 µg/kg
PFOS	1,8 µg/kg	1,5 µg/kg	1,0 µg/kg	<1,0 µg/kg

Die Ergebnisse aus Schleswig-Holstein bestätigen Untersuchungen aus anderen Bundesländern, dass die Gehalte an PFAS in der Feststoffanalytik überwiegend unterhalb der Bestimmungsgrenze liegen.

Eluat:

PFAS können in wässrigen Eluaten noch nachgewiesen werden, wenn entsprechende Gehalte bei Feststoffuntersuchungen methodisch begrenzt (Extraktion mit Methanol) nicht erreicht werden (Nachweisgrenze liegt bei der Methanolextraktion um den Faktor 50 höher). Es ist somit nicht überraschend, dass bei den Untersuchungen in Schleswig-Holstein wie auch in anderen Bundesländern Gehalte im Eluat messbar sind, auch wenn keine PFAS mit Gehalten oberhalb der Bestimmungsgrenze im Feststoff nachgewiesen werden können. Von der Anzahl der Befunde oberhalb der Bestimmungsgrenze im Eluat überwiegen die kurzkettigen PFAS mit insgesamt 65 positiven Befunden gegenüber den langkettigen PFAS mit 34 positiven Befunden. Als langkettige PFAS werden nach einer Definition der OECD ([General Classification of PFAS, OECD 2013](#)) Perfluorcarbonsäuren mit 7 und mehr perfluorierten Kohlenstoffatomen und Perfluorsulfonsäuren mit 6 oder mehr perfluorierten Kohlenstoffatomen bezeichnet. Grundsätzlich nimmt die Mobilität im Boden mit der Zunahme der perfluorierten Kohlenstoffatome ab. Perfluorsulfonsäuren werden in Böden außerdem stärker zurückgehalten als Perfluorcarbonsäuren.

Bezogen auf die Nutzung lassen sich deutliche Unterschiede in der Höhe der positiven Befunde erkennen (siehe Abb. 2). Summiert man die Befunde auf, ergibt sich folgendes Bild:

Grünland (Mittelwert 102 ng/l) nahezu = Acker ohne Klärschlammaufbringung (Mittelwert 108 ng/l) << **Acker mit Klärschlammaufbringung (Mittelwert 230 ng/l)**.

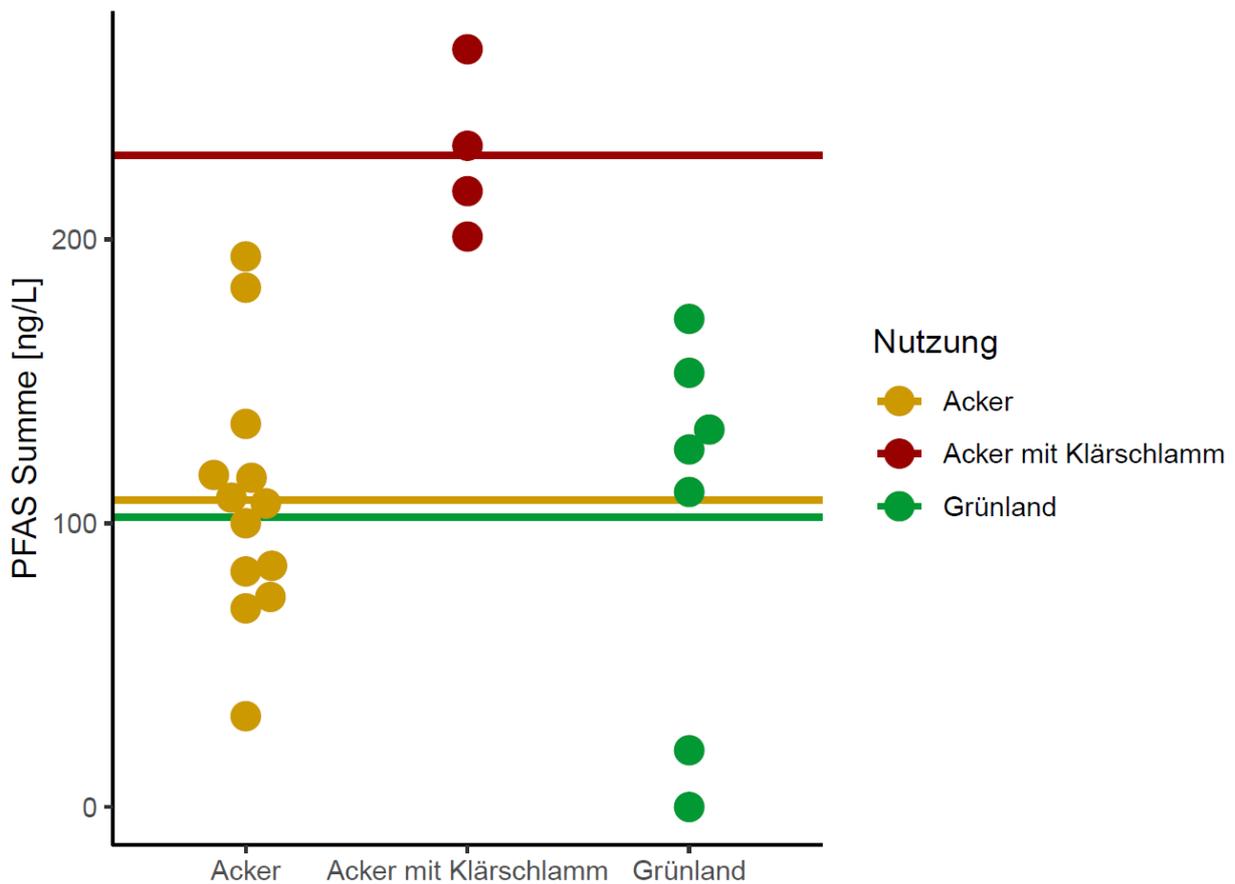


Abbildung 2: Summen an PFAS Einzelverbindungen je Standort und nach Nutzung sortiert. Horizontale Linien markieren den Mittelwert der Daten, die der entsprechenden Nutzung zugeordnet wurden

Bei diesem Vergleich ist zu beachten, dass die Anzahl der untersuchten Flächen in den einzelnen Gruppen (insbesondere in der Gruppe der Ackerstandorte mit Klärschlamm-aufbringung) sehr gering ist. Darüber hinaus sind die Gehalte an PFAS innerhalb der Gruppen, insbesondere bei der Nutzung Grünland, sehr uneinheitlich.

Diese Verteilung wird in Abbildung 2 deutlich (Erläuterung der Abkürzungen siehe Tabelle 3).

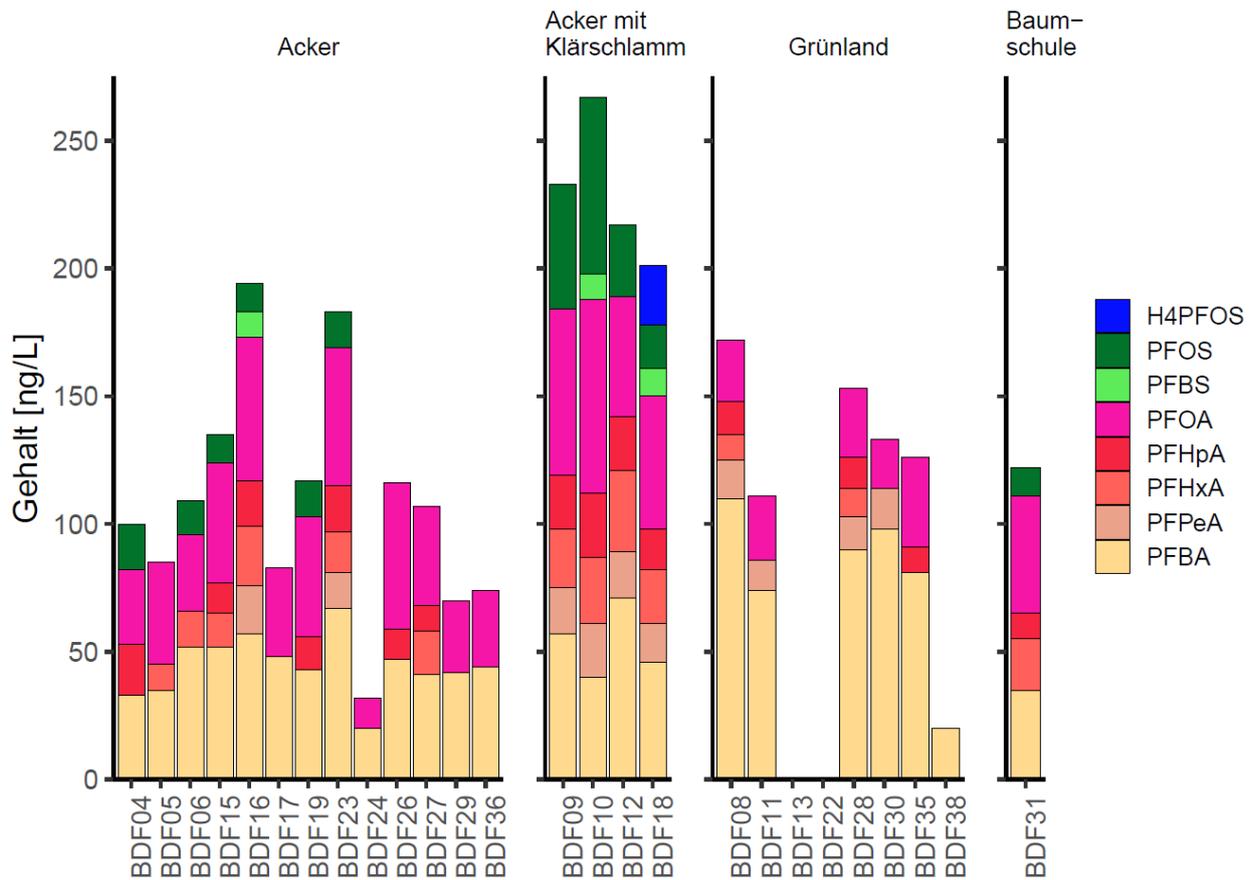


Abbildung 3: Gehalte von PFAS in Eluaten von Bodenmaterialproben unterschieden nach Nutzung. Die Kohlenstoff-Kettenlänge der dargestellten PFAS-Einzelverbindungen nimmt dabei von unten nach oben mit zunehmender Stärke der Färbung zu.

Für die statistische Auswertung und die Abbildung 3 erhalten PFAS-Einzelverbindungen mit Befunden unterhalb der Bestimmungsgrenze den Wert 0. Ein Grünlandstandort mit erhöhter Bestimmungsgrenze aufgrund von Trübung des Eluats (BDF13) wurde bei der Mittelwertberechnung nicht berücksichtigt.

Zwischen der Kategorie „Acker ohne Klärschlammaufbringung“ und der Kategorie „Grünland“ unterscheiden sich die Summenwerte im Mittel nur sehr gering. Bei der Verteilung der Einzelstoffe wird jedoch erkennbar, dass bei der Kategorie „Grünland“ die Anteile an kurzkettingen PFBA deutlich höher sind als bei der Kategorie „Acker ohne Klärschlammaufbringung“ (siehe Abb. 3 und 4). Eine Erklärung dafür könnte der Zusammenhang zwischen einer Sorption von PFBA in Oberböden und dem TOC-Gehalt sein. Oberböden von Standorten mit der Nutzung Grünland weisen in der Regel höhere Gehalte an TOC auf als Oberböden von Standorten mit der Nutzung Acker. Mit zunehmendem Gehalt von organischem Kohlenstoff kann in den erhobenen Daten für Standorte mit der Nutzung Grünland ein geringer Anstieg des Anteils von PFBA an der Summe an nachgewiesenen PFAS beobachtet werden (Abb. 4). Solche Hypothesen müssten allerdings mit Hilfe von größeren Datenkollektiven geprüft werden.

den besonders schnell verlagert wird (HELD UND REINHARD, 2020), steht ein erhöhter Gehalt in den obersten 5 cm von Böden unter Grünland im Vergleich zu 30 cm beprobter Bodensäule der Äcker zunächst entgegen den Erwartungen. Eine mögliche Erklärung bieten Sorptionsprozesse im Zusammenhang mit TOC-Gehalten im Boden. Ein weiterer zu berücksichtigender Faktor ist die „Verdünnung“ der eingetragenen PFAS in den Pflughorizont (i.d.R. 0-30 cm) bei ackerbaulicher Nutzung.

Die Summen von PFAS-Einzelverbindungen in Eluaten liegen bei den untersuchten Flächen im Mittel mit ca. 100 - 110 ng/l für Standorte der Nutzungen Grünland und Acker ohne Klärschlammaufbringung in ähnlicher Größenordnung wie Untersuchungen in Baden-Württemberg (90 ng/l Grünland und 160 ng/l Acker) (LUBW, 2021a). Bei beiden Untersuchungen wurden vergleichbare Trocknungsschritte in der Probenvorbehandlung durchgeführt.

Ackerflächen, die mit Klärschlamm beaufschlagt wurden, weisen in Schleswig-Holstein im Mittel einen Summenwert für PFAS von 230 ng/l auf. Ergebnisse einer Studie zum Einfluss von Klärschlamm auf PFAS-Gehalte von Ackerflächen in Baden-Württemberg, die in vergleichbaren Tiefen wesentlich niedrigere PFAS-Gehalte im Eluat ergeben haben (ca. 20 ng/l), können aufgrund unterschiedlicher Trocknungsschritte in der Probenvorbehandlung nicht mit diesen Ergebnissen verglichen werden (LUBW, 2021b).

Laut PFAS-Leitfaden können „Geringfügigkeitsschwellen für das Grundwasser (GFS)“ sowie „Gesundheitliche Orientierungswerte (GOW)“ als Beurteilungsmaßstab für die Verwertung von Bodenmaterial herangezogen werden. Die Einhaltung der GFS-Werte und GOW wird bei der Verwertung als Bodenmaterial als sichere Unterschreitung der Gefahrenschwelle angesehen (BMUV, 2022). Für die gemessenen PFAS liegen die Gehalte aller Einzelverbindungen im Eluat unterhalb der entsprechenden Werte (Tabelle 2). Dies gilt für alle untersuchten Nutzungen. Wie in Tabelle 2 dargestellt, liegen sogar die maximal festgestellten Eluatgehalte unterhalb der entsprechenden Beurteilungsmaßstäbe (GFS und GOW).

Tabelle 2: GFS-Werte und GOW* für alle gemessenen PFAS-Einzelverbindungen über der Bestimmungsgrenze im Vergleich zum maximal gemessenen Wert im Eluat

PFAS Verbindung	GFS-Wert [ng/L]	Maximal gemessener Wert im Eluat [ng/L] der Untersuchungen 2020 in Schleswig-Holstein
PFBA	10 000	110
PFPeA	GOW: 3 000*	21
PFHxA	6 000	32
PFHpA	GOW: 300*	25
PFOA	100	76
PFBS	600	11
PFOS	100	69
H4PFOS	GOW: 100*	23

* GOW sind vorläufige, semiquantitative Bewertungsergebnisse, die mangels geeigneter Daten über Evidenzkriterien und Erfahrungswissen begründet werden. Diese sind als

protektiv anzusehen, jedoch nicht mit den GFS-Werten als Bewertungsmaßstab zu vergleichen (LAWA, 2017).

Fazit:

Bei den Untersuchungen im Feststoff aus Bodenmaterial aus der Probenentnahme im Jahr 2020 in Schleswig-Holstein wurden lediglich vier Befunde mit Werten geringfügig oberhalb der Bestimmungsgrenze in Höhe von 1 µg/kg TM festgestellt (PFOS auf 3 Ackerflächen mit Klärschlammaufbringung, PFBA auf einer Grünlandfläche). Die Anzahl positiver Befunde in Eluat ist im Vergleich zu Feststoffuntersuchungen deutlich höher.

Im bundesweiten Vergleich ist die Anzahl der in Schleswig-Holstein im Eluat der Bodenproben nachgewiesenen PFAS-Einzelverbindungen gering, denn langkettige Perfluorcarbonsäuren >C8 konnten nicht nachgewiesen werden und nur drei Vertreter der Perfluorsulfonsäuren (PFBS, PFOS und H4PFOS) lagen oberhalb der Bestimmungsgrenze. Die durchschnittlichen Summen aller PFAS im Eluat in den in Schleswig-Holstein untersuchten Bodenmaterialproben aus BDF sind im Vergleich zu anderen Bundesländern mit vergleichbaren Datenerhebungen niedriger bis gleichwertig.

Neben dem großräumigen ubiquitären Eintrag von PFAS zum Beispiel über die Luft stellt die, zeitlich zum Teil länger zurückliegende Aufbringung von Klärschlamm auf Ackerflächen, eine mögliche Quelle für einen PFAS-Eintrag in Böden dar. So weisen die mit Klärschlamm beaufschlagten BDF unter Ackernutzung höhere Gehalte an PFAS im Eluat auf als die übrigen untersuchten Flächen. Die Möglichkeit des Eintrages besonders von Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) über Klärschlamm wird auch durch Untersuchungen in Baden-Württemberg gestützt (LUBW, 2017).

Der Umfang der Untersuchungen ist zu gering, um derzeit eine belastbare landesweite Aussage zu Hintergrundgehalten an PFAS im Boden ableiten zu können.

Die in Tabelle 2 aufgeführten vorläufigen Maßstäbe entsprechen von der Höhe den Werten der Verwertungskategorie 1 „uneingeschränkte Verwertung möglich“ gemäß Kapitel 6 „Umgang mit PFAS-haltigem Bodenmaterial“ des Leitfadens zur PFAS-Bewertung (BMUV, 2022). Die meisten der untersuchten PFAS unterschreiten überwiegend deutlich diese Maßstäbe und liegen somit auch deutlich unterhalb der Gefahrenschwelle für die Verwertung von Bodenmaterial.

Bei PFOA und PFOS, die durch die langjährige Nutzung und Freisetzung hauptsächlich in die Umwelt eingetragen wurden, liegen die an den BDF ermittelten Maximalgehalte allerdings nur relativ gering unterhalb der entsprechenden Beurteilungsmaßstäbe, die eine uneingeschränkte Verwertung ermöglichen (PFOA GFS 100 ng/l, Maximalwert 76 ng/l, PFOS GFS 100 ng/l, Maximalwert 69 ng/l, siehe Anlage 1 „Analysergebnisse“).

Zurzeit finden auf Bundesebene Arbeiten zur Ableitung von Hintergrundwerten für PFAS in landwirtschaftlich genutzten Böden statt. In diesem Zusammenhang sollen bundesweit an ca. 600 Standorten, davon knapp 40 in Schleswig-Holstein, Bodenmaterialproben entnommen und auf ihre Gehalte an PFAS untersucht werden.

Erläuterungen

Tabelle 3: Untersuchungsspektrum der PFAS-Einzelverbindungen

Bezeichnung	Abkürzung	Strukturformel	Kettenlänge
Perfluorbutansäure	PFBA	C ₄ HO ₂ F ₇	kurzkettig
Perfluorpentansäure	PFPeA	C ₅ HO ₂ F ₉	kurzkettig
Perfluorhexansäure	PFHxA	C ₆ HO ₂ F ₁₁	kurzkettig
Perfluorheptansäure	PFHpA	C ₇ HO ₂ F ₁₃	kurzkettig
Perfluoroctansäure	PFOA	C ₈ HO ₂ F ₁₅	langkettig
Perfluornonansäure	PFNA	C ₉ HO ₂ F ₁₇	langkettig
Perfluordecansäure	PFDA	C ₁₀ HO ₂ F ₁₉	langkettig
Perfluorundecansäure	PFUnA	C ₁₁ HO ₂ F ₂₁	langkettig
Perfluordodecansäure	PFDoA	C ₁₂ HO ₂ F ₂₃	langkettig
Perfluorbutansulfonsäure	PFBS	C ₄ HO ₃ F ₉ S	kurzkettig
Perfluorhexansulfonsäure	PFHxS	C ₆ HO ₃ F ₁₃ S	kurzkettig
Perfluorheptansulfonsäure	PFHpS	C ₇ HO ₃ F ₁₅ S	kurzkettig
Perfluoroctansulfonsäure	PFOS	C ₈ HO ₃ F ₁₇ S	langkettig
Perfluordecansulfonsäure	PFDS	C ₁₀ HO ₃ F ₂₁ S	langkettig
Perfluoroctansulfonamid	PFOSA	C ₈ H ₂ F ₁₇ NO ₂ S	langkettig
Perfluor-3,7-dimethyloctansäure	PF-3,7-DMOA	C ₁₀ HO ₂ F ₁₉	langkettig
7H-Dodecanfluorheptansäure	HPFHpA	C ₇ H ₂ O ₂ F ₁₂	kurzkettig
1H,1H,2H,2H-Perfluoroctansulfonat	H4PFOS	C ₈ H ₅ O ₃ F ₁₃ S	langkettig

Quellen:

BARTH, N.; W. BRANDTNER; E. CORDSEN; T. DANN; K.-H. EMMERICH; D. FELDHAUS; B. KLEEFISCH; B. SCHILLING; J. UTERMANN (2000): Boden-Dauerbeobachtung – Einrichtung und Betrieb von Boden-Dauerbeobachtungsflächen. Ad hoc AG Bodendauerbeobachtung des ständigen Ausschusses Informationsgrundlagen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO). Loseblattwerk Bodenschutz – Ergänzbare Handbuch der Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden, Landschaft und Grundwasser 32. Lfg. XI/00, 33. Lfg. III/01. Herausgeber: Prof. Dr. Günther Bachmann, Prof. Dr. Wilhelm König und Dr. Jens Utermann. Erich Schmidt

BMUV (2022): Leitfaden zu PFAS-Bewertung – Empfehlungen für die bundeseinheitliche Bewertung von Boden- und Gewässerverunreinigungen sowie für die Entsorgung PFAS-haltigen Bodenmaterials. Von der Umweltministerkonferenz zur Veröffentlichung freigegeben, Stand: 21.02.2022

HELD UND REINHARD (2020): Sanierungsmanagement für lokale und flächenhafte PFAS-Kontaminationen, Anhang A – Relevante Stoffeigenschaften, Umweltbundesamt 137/2020

LAWA (2017): Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser – Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC) des Ständigen Ausschusses „Grundwasser und Wasserversorgung“ der LAWA, 28.07.2017

LUBW (2016): PFC-Hintergrundgehalte in Böden – Untersuchungen an Standorten des Bodendauerbeobachtungs-Programms Baden-Württemberg, LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Stand: November 2016

LUBW (2017): PFC-Einträge in Böden durch Kompost und Klärschlamm – Bericht über die Probenahme- und Analysenkampagnen 2015/2016, LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg 2017

LUBW (2021A): Sachstandsbericht: PFAS - in Böden von Bodendauerbeobachtungsflächen, LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, 1. Auflage, Karlsruhe 2021

LUBW (2021B): Bestimmung von PFAS in wässrigen Boden-Eluaten – Studie zum Einfluss methodischer Faktoren auf die Analyseergebnisse, LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, Stand: Januar 2021

Anlage 1: Untersuchungsergebnisse (Befunde oberhalb der Bestimmungsgrenze sind **gelb hinterlegt)**

Tabelle 5: Ergebnisse von Feststoff- und Eluatanalysen auf Polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) in Ackerböden mit Klärschlammaufbringung und einer Baumschule

Probenbezeichnung	BDF09	BDF10	BDF12	BDF18	BDF31
Nutzung	Acker	Acker	Acker	Acker	Baumschule
Klärschlammaufbringung	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein
Trockenrückstand in Masse-%	86,6	90,2	93,8	95,4	93,4
Nachuntersuchung Feststoff mit BG 1µg/kg TM	ja	ja	ja	ja	Ja
Perfluorbutansäure (PFBA) in µg/kg	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) in µg/kg	1,8	1,5	1	<1,0	<1,0
Perfluorbutansäure (PFBA) in ng/L	57	40	71	46	35
Perfluorpentansäure (PFPeA) in ng/L	18	21	18	15	<10
Perfluorhexansäure (PFHxA) in ng/L	23	26	32	21	20
Perfluorheptansäure (PFHpA) in ng/L	21	25	21	16	10
Perfluorooctansäure (PFOA) in ng/L	65	76	47	52	46
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS) in ng/L	<10	10	<10	11	<10
Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) in ng/L	49	69	28	17	11
1H,1H,2H,2H-Perfluorooctansulfonat (H4PFOS) in ng/L	<10	<10	<10	23	<10

Anlage 1: Untersuchungsergebnisse (Befunde oberhalb der Bestimmungsgrenze sind **gelb** hinterlegt)

Tabelle 6: Ergebnisse von Feststoff- und Eluatanalysen auf Polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) in Grünlandböden*

Probenbezeichnung	BDF08	BDF11	BDF13	BDF22	BDF28	BDF30	BDF35	BDF38
Trockenrückstand in Masse-%	78,7	81,1	83,8	99,28	86,3	80	87,5	99,52
Feststoff BG 1µg/kg TM				ja				ja
Nachuntersuchung Feststoff mit BG 1µg/kg TM	ja	ja	nein		ja	ja	ja	
Perfluorbutansäure (PFBA) in µg/kg	<1,0	<1,0	<10	<1,0	2,2	<1,0	<1,0	<1,0
Perfluoroctansulfonsäure (PFOS) in µg/kg	<1,0	<1,0	<10	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Perfluorbutansäure (PFBA) in ng/L	110	74	<100**	<10	90	98	81	20
Perfluorpentansäure (PFPeA) in ng/L	15	12	<100**	<10	13	16	<10	<10
Perfluorhexansäure (PFHxA) in ng/L	10	<10	<100**	<10	11	<10	<10	<10
Perfluorheptansäure (PFHpA) in ng/L	13	<10	<100**	<10	12	<10	10	<10
Perfluoroctansäure (PFOA) in ng/L	24	25	<100**	<10	27	19	35	<10
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS) in ng/L	<10	<10	<100**	<10	<10	<10	<10	<10
Perfluoroctansulfonsäure (PFOS) in ng/L	<10	<10	<100**	<10	<10	<10	<10	<10
1H,1H,2H,2H-Perfluorooctansulfonat (H4PFOS) in ng/L	<10	<10	<100**	<10	<10	<10	<10	<10

* Klärschlammaufbringung nicht zulässig gem. AbfklärV

** erhöhte BG wg. Trübung d. Eluates