

Wissenschaftliche Empfehlungen für die Untersuchung von PFAS in Böden sowie darauf produzierten Lebensmitteln

Version: 18. Juli 2024

Autoren/-innen: Basilius Thalmann (ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften), Elvira Rodin (ZHAW und ETH Zürich)

Hinweis: Dieses Merkblatt wurde mit Unterstützung des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt sind allein die Autoren/-innen verantwortlich.

In den letzten Jahren hat die Kontamination von Schweizer Böden durch per- und polyfluorierte Alkylverbindungen (PFAS) verstärkte Aufmerksamkeit erlangt (Thalmann et al. 2022). Im Rahmen der [Motion Maret](#) (22.3929) wurden ZHAW, ETH und Oekotoxzentrum beauftragt, die wissenschaftliche Grundlage für die Herleitung der Richt-, Prüf- und Sanierungswerte für PFAS nach der Verordnung über die Belastung des Bodens (VBBo) zu erarbeiten. Parallel zu dieser Arbeit haben viele Kantone bereits Messkampagnen für PFAS gestartet oder werden dies bald tun. Um sicherzustellen, dass Beprobung und Messungen zwischen verschiedenen Messkampagnen vergleichbar sind und ihre Gültigkeit, nach aktuellem Wissensstand, für zukünftige Gefährdungsabschätzungen gewährleistet ist, wurde das folgende Merkblatt in Rücksprache mit dem BAFU und dem Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV) erstellt. Es soll einen Überblick über die gute Praxis bei Messungen von PFAS geben.

Empfohlene PFAS-Verbindungen

Für die Beurteilung von PFAS im Rahmen der [Abfallentsorgung und Altlastenbearbeitung](#) wird seitens BAFU derzeit empfohlen mindestens 9 PFAS zu messen: PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFBS, PFHxS, PFOS. Es gibt jedoch zwei längere Carbonsäuren, die ebenfalls häufig in Schweizer Böden gefunden wurden: PFDA und PFUnDA (Thalmann et al. unveröffentlicht). Es wird davon ausgegangen, dass diese zwei Verbindungen länger im Boden verweilen, da sie stärker an die Bodenorganik adsorbieren. Zudem werden PFDA und PFUnDA als 10 bzw. 4 mal toxischer¹ als PFOA betrachtet (RIVM, 2018) und in über 50% der Blutserumproben eines [Schweizer Humanbiomonitorings](#) gefunden (BAG, 2023). Aus den oben genannten Gründen wird empfohlen, PFDA und PFUnDA in das Analyseset aufzunehmen.

Zusätzliche Verbindung, insbesondere bei bekannter oder vermutet spezifischer Belastungssituation im Boden (z. B. Vorläuferverbindungen wie Fluortelomere und

¹ Toxizität basierend auf der Lebertoxizität bei Ratten

Fluorsulfonamidverbindungen oder ultra-kurzkettige PFAS) könnten in Zukunft sowohl für die längerfristige Entwicklung einer Belastungssituation als auch die Gefährdungsabschätzung hilfreich sein.

Probenahme

Für die Probenahme wird empfohlen neben dem [Probenahme Handbuch des BAFUs](#) (BAFU, 2003) die Empfehlungen des Kapitel 9.1 im Bericht [Entscheidungsgrundlagen für den Vollzug bei PFAS-belasteten Standorten](#) zu beachten (Arcadis Schweiz AG, 2021). Da PFAS in vielen (Haushalts-)Produkten vorkommt und eine Querkontamination der Proben vermieden werden sollte. Ein besonderes Augenmerk sollte dabei auf Materialien mit möglichem direktem Kontakt (Schuhe, Probenahmebehälter usw.) mit dem Boden gelegt werden. Da langkettige PFAS (z.B. PFNA, PFDA) an PET adsorbieren, wird empfohlen keine Probenahmebehälter aus PET zu verwenden.

Analytik

Es existieren unterschiedliche Extraktionsmethoden für den Boden, wobei sich diese in zwei Gruppen gruppieren lassen, rein wässrige und solche mit organischem Lösungsmittel. Es wird empfohlen für die Bodenextraktion der Vollzugshilfe [Messmethoden im Abfall- und Altlastenbereich](#) zu folgen und nach DIN 38414-14 mittels Methanol/Wasser die Proben zu extrahieren und anschliessend für die Messung DIN 38407-42 anzuwenden (BAFU, 2023). Entsprechend sollte auch eine Analytik mit einer Bestimmungsgrenze von 0.1 µg/kg oder niedriger angestrebt werden.

Bodenparameter

Bisherige wissenschaftliche Erkenntnisse zeigen, dass besonders der pH-Wert und der organische Kohlenstoffgehalt einen Einfluss auf die Aufnahme der PFAS aus dem Boden in die Pflanzen haben. In Anbetracht einer möglichen späteren Gefährdungsabschätzung wird daher empfohlen, in den Bodenproben zusätzlich den pH-Wert und den organischen Kohlenstoffgehalt zu erheben.

Hinweis für Lebensmittelanalysen

Die Analyse über PFAS in Lebensmitteln mit einem direkten Bezug zu den Bodenkonzentrationen sind ebenfalls ein sehr wichtiger Beitrag, um Wissenslücken über den Transfer von PFAS in die Nahrungskette zu schliessen. Falls zusätzliche Lebensmittelanalysen für tierische oder pflanzliche Produkte geplant sind, wird empfohlen, dieselben PFAS in das Analysepaket aufzunehmen, die ebenfalls für die Bodenmessungen empfohlen werden und bei bekannter Belastung gegebenenfalls zu erweitern.

Es wird empfohlen, die Untersuchungen durch ein entsprechend spezialisiertes Labor, z.B. kantonales Labor, durchführen zu lassen. Bei pflanzlichen Lebensmitteln sollte beachtet werden, dass Analysen insbesondere an essbaren Pflanzenteilen und kurz vor der Ernte durchgeführt werden sollten. Studien zeigen, dass sich in pflanzlichen Lebensmitteln besonders kurzkettige Carbonsäuren (z.B. PFBA, PFPeA) anreichern (Lesmeister, 2021). In tierischen Lebensmitteln reichern sich langkettige PFAS stärker an. Für tierische Lebensmittel sind in der Schweiz die Höchstgehalte für vier PFAS (PFOS, PFOA, PFNA und PFHxS) durch die [Kontaminantenverordnung \(VHK\)](#) gesetzlich festgelegt. Dieselben vier PFAS werden in der [Empfehlung der Europäischen Kommission \(2022/1431\)](#) zur Messung in Lebensmitteln empfohlen. Zusätzlich empfiehlt die EU nach Möglichkeit weitere Alkylsäuren oder neuere Verbindungen wie GenX, F53B oder Fluortelomere zu messen.

Literatur

- Arcadis Schweiz AG. (2021). Entscheidungsgrundlagen für den Vollzug bei PFAS-belasteten Standorten in der Schweiz. <https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/altlasten/externe-studien-berichte/expertenbericht-pfas.pdf.download.pdf/entscheidungsgrundlagen-vollzug-PFAS-belastete-standorte.pdf>
- BAFU. (2003). Probenahme und Probenvorbereitung für Schadstoffuntersuchungen in Böden. https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/boden/uv-umwelt-vollzug/handbuch_probenahmeundprobenvorbereitungfuerschadstoffuntersuchu.pdf.download.pdf/handbuch_probenahmeundprobenvorbereitungfuerschadstoffuntersuchu.pdf
- BAFU. (2023). Messmethoden im Abfall- und Altlastenbereich. <https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/altlasten/uv-umwelt-vollzug/analysenmethodenimabfall-undaltlastenbereich-stand2013.pdf.download.pdf/analysenmethodenimabfall-undaltlastenbereich-stand2022.pdf>
- BAFU. (2024). PFAS: Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/thema-altlasten/altlasten--fachinformationen/altlastenbearbeitung/pfas.html>
- BAG. (2023). Pilotphase der Schweizer Gesundheitsstudie Ergebnisse des Humanbiomonitoring (HBM). <https://www.bag.admin.ch/dam/bag/de/dokumente/chem/chemikalienalltag/pilotphase-der-schweizer-gesundheitsstudie.pdf.download.pdf/BAG-Kurzbericht-Analytik-SHeS-pilot-DE-V4.0.pdf>
- RIVM (2018). Mixture exposure to PFAS: A Relative Potency Factor approach. RIVM Report 2018-0070 <https://www.rivm.nl/pfas/rpf>
- Lesmeister, L., Lange, F. T., Breuer, J., Biegel-Engler, A., Giese, E., & Scheurer, M. (2021). Extending the knowledge about PFAS bioaccumulation factors for agricultural plants – A review. *Science of The Total Environment*, 766, 142640. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142640>
- Thalmann, B. (2022). Schweizer Böden erstmals auf umweltschädliche PFAS untersucht. ZHAW Life Sciences und Facility Management. <https://www.zhaw.ch/de/lfsfm/ueberuns/aktuell-medien/news/detailansicht/event-news/schweizer-boeden-erstmals-auf-umweltschaedliche-pfas-untersucht/>