

Abb. 1:

LC-MS-Ergebnisse für die Bewertung verschiedener Bindemittel bei der Fixierung von Perfluorbutansulfonsäure (PFBS). Zu erkennen ist eine Abnahme der Peakflächen beim Einsatz von Bindemitteln relativ zur Gesamtkontamination des Bodens. Diese Abnahme fällt jedoch weniger deutlich aus als bei PFOA (Abbildung 2). Die Wirksamkeit des konventionellen Bindemittels entspricht der von Aktivkohle.

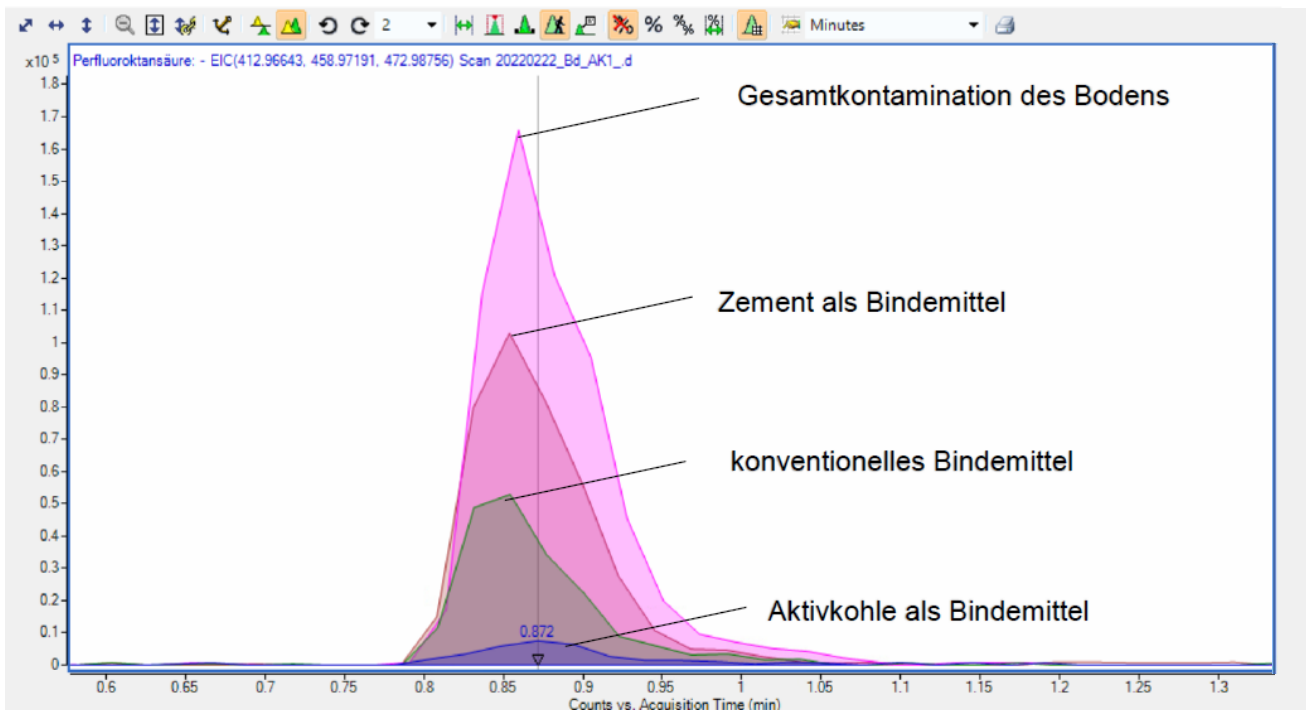


Abb. 2:

LC-MS-Ergebnisse für die Bewertung verschiedener Bindemittel bei der Fixierung von Perfluoroktansäure (PFOA). Zu erkennen ist eine deutliche Abnahme der Peakflächen beim Einsatz von Bindemitteln relativ zur Gesamtkontamination des Bodens. Bei Einsatz der Aktivkohle als Bindemittel wurde die geringste Konzentration an PFOA im Extrakt gefunden. Folglich wurde dieses PFAS wirksam von der Aktivkohle fixiert.

Projektinformationen //

Projektthema:

„Untersuchung der Fixierung von PFAS in belasteten Böden als Maßnahme zum Schutz von Süßwasserreserven für die Wasserversorgung“

Projektzeitraum: 1. April 2021 bis 31. März 2022

Fördervolumen der WH: 50.000 € – im Rahmen der Research Challenge Förderlinie 1 im Themengebiet „Wasserversorgung 2030“

Forschungsteam: Lars Schween, Janina Macri, Victoria Jendrejewski, Felix Becker, Christopher Flucke, Jan Blocki, Marcel Peichert, Patricia Czeresniowski, Benjamin Switon, Bianca Wiecezorek

PFAS – Chemikalien für die Ewigkeit

Schöpferisch tätig zu sein, ist eine der wesentlichen Eigenschaften, die den Menschen auszeichnet. Manche seiner Erzeugnisse überdauern mehrere Jahrhunderte und bleiben so vielen Generationen erhalten. Was bei Bauwerken ein wünschenswertes kulturelles Zeugnis menschlichen Wirkens darstellt, bildet bei vielen Industrieprodukten mitunter ein gefährliches Erbe. Hierzu zählen insbesondere die per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS), die seit den späten 1940er Jahren in einer Vielzahl von industriellen Prozessen und bei der Herstellung von Verbrauchsmaterialien Anwendung finden [1]. Zu den technologisch besonders wertvollen Eigenschaften dieser Industriechemikalien gehören zum einen ihre hohe thermische Stabilität und zum anderen ihre Fähigkeit, zugleich wasser-, fett- und schmutzabweisend zu sein. Aufgrund dieser Eigenschaften finden Vertreter dieser Stoffgruppe für wasserabweisende und atmungsaktive Funktionskleidung, fett- und wasserabweisende Papierverpackungen, in Kosmetika, antihafbeschichteten Küchenutensilien oder für hitzebeständige Löschsäume Anwendung [2, Seite 15–18].

Umweltrelevanz von PFAS

Die umwelt- und gesundheitsschädlichen Eigenschaften der PFAS waren in den ersten Jahrzehnten der Produktion nicht bekannt. Folglich wurden sie während der gesamten Produktlebenszyklen in die Umwelt emittiert. So konnten sie sich über Jahrzehnte aufgrund ihrer Abbauresistenz in der Umwelt verteilen und ansammeln. Behördliche Untersuchungen ergaben, dass vor allem Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) und Perfluorooctansäure (PFOA) sowohl auf die Umwelt als auch auf uns Menschen toxisch wirken. Steigende Fallzahlen von Krebs, Alzheimer, Diabetes und Parkinson konnten mit einer PFAS-Exposition der Patientinnen und Patienten in Verbindung gebracht werden [3] [4]. Der Nachweis toxischer Wirkung führte mit ganz wenigen Ausnahmen zu einem weltweiten Verbot von PFOS und PFOA. Dass Produktion und Verwendung dieser Verbindungen bereits stark eingeschränkt oder eingestellt wurden, ändert nichts mehr an der Tatsache, dass sie sich bereits vielerorts in gefährlichen Mengen angesammelt haben. Vor allem über kontaminierte Böden können PFAS in die Nahrungskette und den Wasserkreislauf gelangen. Nach aktuellem Stand ist eine vollständige Entfernung der PFAS nur durch Hochtemperaturbehandlung möglich, wobei der Boden seine biologische Funktion verliert. Zudem können PFAS-haltige Böden deponiert werden, was bei der Menge an kontaminierten Böden jedoch auch keine langfristige Lösung darstellt [5]. Um die Ausbreitung in den Wasserkreislauf dennoch zu verlangsamen bzw. zu verhindern, wurden verschiedene Bindemittel zur Immobilisierung der PFAS in kontaminierten Böden entwickelt [6].

Projektziel

Ziel dieser im Rahmen der Research Challenge zum Thema „Wasserversorgung 2030“ durchgeführten Untersuchung war es daher, einerseits die Effizienz eines auf dem Markt verfügbaren Bindemittels bei der Fixierung von PFAS in kontaminierten Böden zu untersuchen. Andererseits sollte versucht werden, alternative Bindemittel zu entwickeln, die sich durch hohe Bindeeffizienz, leichte Anwendbarkeit und einen günstigen Preis auszeichnen.

Untersuchung der Wirksamkeit von Bindemitteln

Zu diesem Zweck wurden im Labor Bodenproben definiert mit einer Mischung umweltrelevanter PFAS künstlich kontaminiert. Diese Bodenproben wurden sowohl unbehandelt als auch nach der Beimischung von einem Gewichtsprozent diverser Bindemittel einer automatischen Extraktion mit Wasser unterzogen. Die wässrigen Extrakte wurden dann mit Flüssigkeitschromatografie chromatografiert und die dadurch getrennten PFAS mit hochauflösender Flugzeitmassenspektrometrie (QTOF) qualifiziert und quantifiziert.



Prof. Dr.
Ingo Tausendfreund
ingo.tausendfreund@
w-hs.de
(Foto:
Dorothee Schumacher)

Ergebnisse

Im Extrakt des Bodens ohne Zugabe eines Bindemittels konnte mit der Analysetechnik die bei der Kontamination zugegebene Menge an PFAS wiedergefunden werden. Der unbehandelte Boden zeigte folglich keine Rückhaltefähigkeit für die perfluorierten Umweltchemikalien. Der Einsatz des auf dem Markt erhältlichen Bindemittels lieferte eine wirksame Fixierung der PFAS.

Kurzkettige PFAS wurden dabei deutlich weniger gebunden und gelangten so noch immer in großer Menge in das Extrakt. Der Test alternativer Bindemittel ergab ein ähnliches Bild. Als besonders effizient erwies sich Aktivkohle, die jedoch auch bei kurzkettigen PFAS wie Perfluorbutansäure (PFBA) und Perfluorbutansulfonsäure (PFBS) eine deutlich geringere Bindungsfähigkeit aufwies (Abbildung 1). Bei Perfluorooctansäure (PFOA) übertraf die Wirksamkeit der Aktivkohle sogar die Leistungsfähigkeit des konventionellen Bindemittels (Abbildung 2). Da Aktivkohle jedoch in Böden verrottet, ist mit ihr keine dauerhafte Fixierung von PFAS möglich. Bei der Fortführung der Forschungsarbeiten soll versucht werden, die Aktivkohle mit einer anorganischen Hülle zu verkapseln, um eine langfristige Immobilisierung persistenter PFAS zu gewährleisten.

Publikationen //

- [1] CHEM Trust, 2019. *PFAS – Die 'ewigen Chemikalien': Unsichtbare Bedrohung durch persistente Chemikalien*. https://chemtrust.org/de/wp-content/uploads/sites/2/2020/02/CHEM-Trust-PFAS_Briefing_German_final.pdf.
- [2] KOWALCZYK, J., 2014. *Übergang von Perfluorooctansäure (PFOA) und Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) aus kontaminierten Futtermitteln in ausgewählte Gewebe des Mastschweins und der Legehennen* [Dissertation]. Berlin. <https://www.bfr.bund.de/cm/350/uebergang-von-perfluorooctansaeure-pfoa-und-perfluorooctansulfonsaeure-pfos.pdf>.
- [3] MASTRANTONIO, M. et al. Drinking water contamination from perfluoroalkyl substances (PFAS): an ecological mortality study in the Veneto Region, Italy. In: *European Journal of Public Health*, Volume 28, Issue 1, February 2018, Pages 180–185.
- [4] LEWIS, R. C., L. E. Johns, J. D. Meeker. 2015. Serum Biomarkers of Exposure to Perfluoroalkyl Substances in Relation to Serum Testosterone and Measures of Thyroid Function among Adults and Adolescents from NHANES 2011–2012 In: *Int. J. Environ. Res. Public Health* 12(6), 6098–6114. <https://doi.org/10.3390/ijerph120606098>.
- [5] PFAS. Gekommen um zu bleiben. *Das Magazin des Umweltbundesamtes*. 1/2020. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/schwerpunkt-1-2020-pfas-gekommen-um-zu-bleiben>.
- [6] SCHWEEN, L., J. MACRI. Entwicklung und Optimierung einer automatisierten LC/Q-TOF-Methode zur Untersuchung der Wirksamkeit eines kommerziellen Bindemittels bei der Fixierung von PFAS in kontaminierten Böden (2021). Bachelorarbeit von Schween und Macri.

Projektunterstützung //

Das Forschungsprojekt wurde unterstützt durch Frau Dr. Verena Stenert von der Cornelsen Umwelttechnologie GmbH aus Essen.