



NEWS | NOV25

Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie IME

Sehr geehrte Freundinnen und Freunde des Fraunhofer IME,

wir möchten Ihnen unsere Forschungsarbeiten zum Thema »Boden« vorstellen: die Erfassung der Bodenbelastung mit Chemikalien über chemisches Monitoring und genetisches Metabarcoding. Das von uns koordinierte Großprojekt »BioDive4Soil« untersucht, wie es um die biologische Vielfalt unserer Böden steht. Im Portrait stellen wir Ihnen Dr. Sebastian Kühr, Leiter unserer Nachwuchsgruppe »B-Pol« vor, die sich mit der Bioakkumulation von Polymerprodukten in Böden und Gewässern beschäftigt.

Herzlichst, Ihr



Prof. Dr. Christoph Schäfers

Erfassung der Belastung landwirtschaftlich genutzter Flächen mit Bioziden, Arzneimitteln und Pflanzenschutzmitteln in Deutschland

► Böden zählen neben Wasser und Luft zu den natürlichen Lebensgrundlagen. Sie erfüllen zentrale Funktionen für Pflanzen, Tiere und Menschen und bieten zahlreichen Organismen einen Lebensraum. Allerdings gelangen durch landwirtschaftliche und industrielle Nutzung vielfältige Stoffe in den Boden – beabsichtigt, etwa durch Düngemittel und Pflanzenschutzmittel, oder unbeabsichtigt über Luft, Gülle, Klärschlamm oder andere Einträge. Diese Stoffe können die Bodenfunktionen und die

Biodiversität erheblich beeinträchtigen.

Trotz ihrer Bedeutung sind Studien zur chemischen Belastung von Böden selten und meist auf einzelne Stoffe beschränkt. In der Realität sind Bodenorganismen jedoch oft einem Mix aus Chemikalien ausgesetzt. Über die Folgen solcher Mehrfachbelastungen ist bislang wenig bekannt. Auch in den Zulassungsverfahren für Pflanzenschutz- oder Arzneimittel werden bestehende Vorbelastungen, Stoffanreicherungen oder die Verbreitung von

Lesen Sie in dieser Ausgabe:

- Erfassung Bodenbelastung
- MetalInvert: Entwicklung genetischer Methoden
- BioDive4Soil: Basiserhebung Bodenbiodiversität
- Im Portrait: Dr. Sebastian Kühr

Antibiotikaresistenzgenen nicht oder nur unzureichend berücksichtigt – ein großes Defizit.

Im Auftrag des Umweltbundesamtes erfolgte durch das Fraunhofer IME unter der Leitung von Karlheinz Weinfurter eine umfassende Bestandsaufnahme der chemischen Belastung an ca. 100 landwirtschaftlich genutzten Standorten in Deutschland (Acker, Grünland, Obst- und Weinbau). Zwischen 2022 und 2024 wurden Bodenproben aus zwei Tiefen (0–5 cm und 5–20 cm) entnommen und auf Rückstände von Pflanzenschutzmitteln, Human- und Tierarzneimitteln, Bioziden sowie ausgewählten Industriechemikalien untersucht. Parallel zur chemischen Analyse wurden Regenwürmer, Collembolen und Milben beprobt sowie die mikrobielle Aktivität und das Vorkommen von Antibiotikaresistenzgenen (ARGs) analysiert.

Die Ergebnisse zeigen: In fast allen beprobten Standorten fanden sich Rückstände von Pflanzenschutzmitteln oder

Bioziden. Auf Acker-, Obst- und Weinbauflächen wurden regelmäßig Rückstände von mehreren Wirkstoffen gefunden. Grünlandflächen waren geringer belastet. Arzneimittelrückstände traten nur vereinzelt auf Ackerflächen auf. Zwischen oberer und unterer Bodenschicht waren die Unterschiede gering – in der obersten Schicht wurden tendenziell etwas höhere Konzentrationen festgestellt. Auch ARGs traten in beiden Schichten mit organischem Dünger behandelten Äckern und Grünlandflächen mit ähnlichem Muster auf, was auf eine gleichmäßige Verbreitung hindeutet. Dagegen wurden Industriechemikalien nur vereinzelt und in geringen Konzentrationen gefunden.

Diese Daten sollen dazu beitragen, die Risikobewertung von Bioziden, Arzneimitteln, Pflanzenschutzmitteln und Industriechemikalien zu verbessern, um zukünftige Zulassungsentscheidungen zu beeinflussen. ■

MetalInvert: Entwicklung von Standards für genetische Methoden zur Einbeziehung von Bodeninvertebraten in Überwachungsprogramme

► Bodenwirbellose wie Nematoden, Enchytraeiden und Mikroarthropoden sind für die Bodengesundheit unverzichtbar. Sie treiben den Nährstoffkreislauf, die Zersetzung organischer Substanzen und die Erhaltung der Bodenstruktur voran. Trotz ihrer Bedeutung werden sie oft nicht in routinemäßige Überwachungsprogramme einbezogen. Ein Hauptgrund dafür ist, dass die Identifizierung dieser Organismen mit klassischen taxonomischen Methoden äußerst zeitaufwändig ist und Experten erfordert – eine Ressource, die immer knapper wird.

Molekulare Methoden wie Metabarcoding bieten eine vielversprechende Lösung. Durch die Analyse von DNA-Sequenzen ist eine schnelle und genaue Identifizierung ganzer Gemeinschaften möglich. Ein großes Hindernis für ihre breitere Anwendung ist jedoch das Fehlen standardisierter Verfahren. Ohne harmonisierte Methoden sind die Ergebnisse zwischen Studien und Ländern schwer zu vergleichen, was ihre Verwendung in regulatorischen Rahmenwerken und Überwachungsprogrammen einschränkt.

Das von WIPANO (Fördernummer 03TN0054D) geförderte Projekt MetalInvert wurde in Zusammenarbeit mit Senckenberg,

Quodata und Dr. Limnowak durchgeführt. Das Projekt zielt darauf ab, die bestehende Lücke zu schließen, indem Standards zur Validierung genetischer Methoden zur Charakterisierung von Bodeninvertebratengemeinschaften mittels Metabarcoding entwickelt werden. Der Schwerpunkt liegt auf Gemeinschafts-DNA – DNA, die aus Massenproben von im Feld gesammelten Tieren extrahiert wird. Dieser Ansatz baut auf bestehenden Probenahmerichtlinien auf und ist somit ein praktischer Ausgangspunkt für die Standardisierung.

Das Projekt konzentrierte sich auf die Festlegung präanalytischer Anforderungen für das Metabarcoding und die Definition der Grundvoraussetzungen für Barcoding-PCRs. In der ersten Phase wurden Testsammlungen von Organismen durchgeführt und Protokolle verfeinert, was zur Konzeption und Durchführung eines



Ringversuchs mit elf Laboren – sieben internationalen und vier nationalen – führte.

»Die Ergebnisse sind sehr vielversprechend«, sagt Dr. Cecilia Díaz vom Fraunhofer IME und Mitglied des DIN (**NA 119-08-04 AA "Biologische Verfahren"**), »und stellen einen wichtigen Meilenstein dar, der eine solide Grundlage für die Ausarbeitung eines ISO-Entwurfs bildet, der dem Ausschuss im März 2026 offiziell vorgelegt werden soll.« Gleichzeitig betont Frau Díaz, dass im Zusammenhang mit der Standardisierung molekularer Methoden noch viel zu tun bleibt – insbesondere bei Arbeitsabläufen, die direkt mit aus dem Boden extrahierter DNA (eDNA) beginnen. Dies würde den Umfang der Bodenüberwachung weiter ausdehnen, da dadurch Organismen einbezogen werden könnten, die sonst nur schwer zu sammeln oder zu identifizieren sind. Mit den bisher erzielten Fortschritten sind wir einen Schritt näher daran, genetische Methoden zu einem zuverlässigen Instrument für die Bewertung der Bodenbiodiversität zu machen. Letztendlich wird dies die Integration von Bodenwirbellosen in langfristige Überwachungsprogramme unterstützen und eine stärkere wissenschaftliche Grundlage für den Bodenschutz schaffen. ■

BioDive4Soil - Wie viel Leben steckt in unseren Böden?

Das Fraunhofer IME leitet das Forschungskonsortium zur Untersuchung der biologischen Vielfalt in Deutschlands Böden

► Obwohl sich 60 Prozent der gesamten Artenvielfalt der Erde in unseren Böden befinden und diese Bodenorganismen für fruchtbare Böden und sauberes Trinkwasser, für Humusaufbau und Schadstoffabbau verantwortlich sind, ist oft unbekannt, wie es in Deutschland um diese Kleinstlebewesen und die biologische Bodenvielfalt und -leistung steht.

Das Umweltbundesamt (UBA) hat aus diesem Grund mit der Fraunhofer-Gesellschaft und zehn weiteren Institutionen ein Forschungsprogramm gestartet, das mit Mitteln aus dem Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz (ANK) des Bundesumweltministeriums (BMUKN) finanziert wird.

Die Welt der Bodenorganismen bleibt oft verborgen, obwohl sie für den Menschen essentiell ist. Bodenbiodiversität sichert das Funktionieren unserer Ökosysteme: Bodentiere und Mikroorganismen steuern Nährstoffkreisläufe, speichern Kohlenstoff, durchmischen Bodenschichten und helfen bei der Regenwasserspeicherung. »Ökosystemingenieure« wie Regenwürmer sowie bodennistende Wildbienen sind auf gesunde Böden angewiesen. Doch Belastungen, nicht nachhaltige Nutzung und Klimawandel gefährden die Bodenbiodiversität. Das Forschungsprojekt BioDive4Soil im Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz (ANK) erforscht die Zusammensetzung der Bodenlebensgemeinschaften in Deutschland. Ziel ist es, den guten biologischen Bodenzustand zu definieren, Veränderungen zu erkennen und Daten zu Regenwürmern, Springschwänzen, Milben, Nematoden, Pilzen und Bakterien zu erheben. Bisher fehlen umfassende Erkenntnisse zum biologischen Zustand der Böden und ihrer Veränderungen über die Zeit.

Forschende auf dem Gebiet der Bodenökologie aus ganz Deutschland werden in den kommenden sechs Jahren die Biodiversität in verschiedenen Böden bei unterschiedlicher Nutzung untersuchen. Da die Vielfalt der Organismen in Böden außerordentlich hoch ist – in einem Gramm Boden können Billionen von Bakterien und mehrere tausend Vertreter unterschiedlicher Artengruppen leben – wird ihre reproduzierbare

Erfassung eine besondere wissenschaftliche Herausforderung. Um diese zu meistern und zukünftig Bodenlebewesen einfacher zu bestimmen, werden auch neueste molekularbiologische Methoden eingesetzt.

Das Projektteam unter der Leitung von Dr. Elke Eilebrecht und Dr. Karsten Schlich vom Fraunhofer IME wird eng mit weiteren Forschungsinstitutionen zusammenarbeiten, um bereits laufende Aktivitäten mit einzubeziehen. Neben dem UBA sind es u.a. das Bundesamt für Naturschutz, das Nationale Monitoringzentrum zur Biodiversität, das Nationale Bodenmonitoringzentrum sowie weitere Institutionen aus Monitoring-Netzwerken, die zum Beispiel im Rahmen eines Fachbeirats einbezogen werden. ■

Weitere Informationen: www.ime.fraunhofer.de/BioDive4Soil



BioDive₄Soil



»Nur wenn wir verstehen, wie sich Polymerprodukte in biologischen Systemen verhalten, können wir Mensch und Umwelt besser schützen.«

Dr. Sebastian Kühr...

► Dr. Sebastian Kühr studierte Chemie und Biologie für das Gymnasiallehramt an der Universität Siegen und verfasste seine Staatsexamensarbeit am Fraunhofer IME über die Wirkung von Silbernanopartikeln im Abwasser auf den Bachflohkrebs *Hyalella azteca*. In seiner anschließenden Promotion am Fraunhofer IME (2018 – 2020) untersuchte er die Bioakkumulation von Nanomaterialien in wirbellosen Organismen und entwickelte Test- und Bewertungskonzepte für deren regulatorische Bewertung.

Von 2021 bis 2025 forschte er als Postdoc am Norwegischen Institut für Wasserforschung (NIVA) und im Partikellabor der Eawag (Schweiz) mit internationalen Partnern wie dem Imperial College London (UK) zu Transformation, Bioakkumulation und Toxizität von Nanomaterialien in der Umwelt sowie zu Kunststoff-Additiven in marinen Wirbellosen und *in-vitro*-Systemen. Seit Juni 2025 leitet er im Rahmen des Fraunhofer-Programms »Attract« die Gruppe »B-Pol – Bioakkumulation von Polymerprodukten«.

Jährlich werden fast 500 Millionen Tonnen Polymere produziert – etwa für Verpackungen oder Autoreifen. Während deren Herstellung, Nutzung und Entsorgung gelangen Mikro- (100 nm–5 mm) und Nanopartikel (<100 nm) in die Umwelt. Neben der möglichen Aufnahme und Anreicherung dieser Partikel in der Nahrungskette stellen auch Polymer-Additive wie Metalle und organische Verbindungen eine Herausforderung dar, da sie in feuchter oder wässriger Umgebung ausgewaschen werden können. Obwohl Polymere der REACH-Verordnung unterliegen und ihr Bioakkumulationspotenzial bewertet werden muss, sind vorhandene Richtlinien zur Studiendurchführung für diese Stoffe bislang wenig geeignet.

Ziel der Attract-Gruppe »B-Pol« ist daher die Entwicklung von Test- und Bewertungskonzepten zur regulatorischen Bioakkumulationsbewertung von Polymerprodukten. Die zu entwickelnden Testrichtlinien sollen dabei nicht nur eine verlässliche Bewertung der Partikel und freigesetzten Additive ermöglichen, sondern auch den Einsatz von Wirbeltieren vermeiden.

Zur Konzeptentwicklung werden am Fraunhofer IME zunächst dort synthetisierte radioaktiv markierte Polymere in Nano- und Mikroplastikgröße eingesetzt. Damit werden Aufnahmepfade in verschiedenen wirbellosen Organismen untersucht und Daten zur Bioakkumulation erhoben. Auf dieser Datenbasis sollen dann geeignete Testorganismen identifiziert sowie angepasste Testsysteme entwickelt und optimiert werden. Deren Tauglichkeit für diverse Polymerprodukte wird durch die Prüfung typischer Alltagsprodukte festgestellt.

Die gemeinsam mit Partnern innerhalb und außerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft weiterentwickelten Methoden sollen dazu beitragen, aktuelle Umweltbelastungen besser zu erkennen und zukünftige Risiken durch eine verbesserte Regulierung zu verringern. ■

IMPRESSUM

Herausgeber
Fraunhofer-Institut für
Molekularbiologie und
Angewandte Oekologie IME

Bereich Angewandte Oekologie
Auf dem Aberg 1
57392 Schmallenberg
Telefon +49 2972 302-0
www.ime.fraunhofer.de/ae

Institutsleitung
Prof. Dr. Christoph Schäfers

Redaktion, Layout & Satz
Julia Karbon, Dorothea Weist
Presse- und Öffentlichkeitsarbeit

Druck
Schäfers Druck GmbH,
Schmallenberg
100% Recyclingpapier

Lesen Sie mehr über unsere Forschungsaktivitäten auf unserer Webseite:

www.ime.fraunhofer.de/ae