



Berichte über Landwirtschaft

Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft

BAND 98 | Ausgabe 1

Agrarwissenschaft
Forschung

Praxis

Mikroplastik in landwirtschaftlichen Böden - eine versteckte Gefahr?

von Eva F. Leifheit und Matthias C. Rillig

1 Einleitung

In unseren Weltmeeren und Flüssen sind Plastikabfälle und kleinere Plastikpartikel leicht zu sehen. Anders als im Wasser "verschwindet" Mikroplastik im Boden, da es sich relativ schnell mit dem Boden vermischt und dann für das bloße Auge nicht mehr sichtbar ist. Stellt es vielleicht eine versteckte Gefahr für Bodenorganismen, Pflanzen oder den Menschen dar? Diese Frage stellen sich im Moment viele Forschende, Politiker, Konsumierende und Produzierende in der Landwirtschaft. Wir wollen hier zusammenfassen, wie Mikroplastik in den Boden gelangt, wie es sich verbreitet und welche Auswirkungen es auf Boden und Pflanze hat. Außerdem sprechen wir über Möglichkeiten Mikroplastik zu reduzieren und offene Forschungsfragen, die uns in der näheren Zukunft beschäftigen werden.

2 Was ist Mikroplastik?

Der Begriff Mikroplastik umfasst verschiedene Ausgangsmaterialien und Partikelgrößen. Meistens werden Plastikpartikel kleiner als 5 mm als Mikroplastik bezeichnet, Partikel größer als 5 mm als Makroplastik. Es gibt zwei Sorten von Mikroplastik: Das primäre Mikroplastik, welches für die industrielle Produktion gezielt hergestellt wird. Dies sind z.B. Reibkörper in Kosmetik, Strahlmittel in der Lackpolitur oder Kunststoffpellets, die später zu diversen Produkten eingeschmolzen werden. Primäres Mikroplastik kann allerdings auch nicht gezielt entstehen, z.B. durch den Abrieb von Autoreifen oder das Waschen von synthetischer Kleidung. Das sekundäre Mikroplastik entsteht durch den Zerfall von Makroplastik, z.B. Folien, die zur Bodenabdeckung benutzt werden oder z.B. durch die unsachgemäße Entsorgung von Verpackungsabfällen. Die Beschaffenheit von Mikroplastik ist extrem vielfältig: es kann aus chemisch unterschiedlichen Polymeren bestehen und kann unterschiedliche Beimischungen, z.B. Farben oder Weichmacher enthalten. Dann gibt es unterschiedliche Formen, z.B. Fasern, die aus Kleidung stammen, feste sphärische Partikel wie Reifenabrieb oder Pellets (Fragmente), plane Folienstücke, oder geschäumtes Material wie Styropor (siehe Abb. 1). Aufgrund dieser Vielfalt an Materialien ist die Beurteilung möglicher Folgen der Mikroplastikeinträge in die Umwelt recht schwierig.

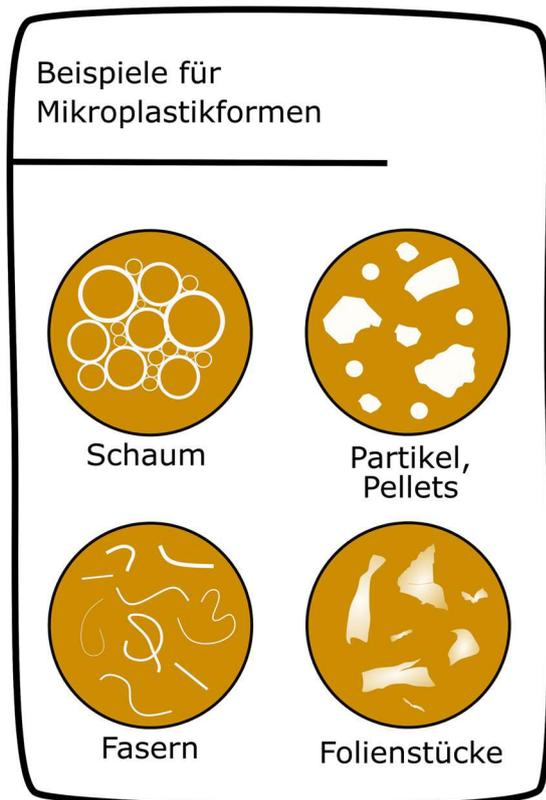


Abbildung 1: Unterschiedliche Mikroplastik-Formen

Hinzu kommen die Schwierigkeiten Mikroplastik im Boden adäquat zu bestimmen: einerseits enthält Mikroplastik Kohlenstoff und muss daher von natürlich vorkommendem organischen Kohlenstoff aus dem Boden unterschieden werden und andererseits ist Mikroplastik im Boden meistens in nur geringen Mengen vorhanden (sub-Prozentbereich).

3 Quellen und Verbreitung von Mikroplastik im Boden

Mikroplastik gelangt auf direkten und indirekten Wegen in den Boden. Direkt eingetragen wird Plastik z.B. bei unsachgemäßer Entsorgung von Verpackungen, Plastiktüten oder Coffee-to-go-Bechern, die dann anschließend zu kleineren Partikeln zerfallen. Bei der regulären Entsorgung von Abfällen oder durch Transportunfälle mit industriellen Plastik-Pellets gelangen erhebliche Mengen an Plastik unabsichtlich in die Umwelt.

In der Landwirtschaft werden vielfältige Produkte eingesetzt, die Plastik in den Boden eintragen können. Plastikfolien werden benutzt zum Unterdrücken von Unkraut (Mulchfolie), als Frostschutz oder zum Schutz vor Schädlingen (Vliese), als Gewächshaus oder für Tunnel. Die Folien zerfallen mit der Zeit und so können kleine Folienstücke in den Boden abgegeben werden (siehe Abb. 2). Weiterhin gelangt faserartiges Mikroplastik direkt in den Boden durch Netze (z.B. Vogelschutznetze) oder Strohballenschnur. Ein weiterer direkter Eintragspfad sind umhüllte Langzeitdünger. Die Hülle des

Dünger-Granulats besteht aus synthetischen Polymeren, die für eine besonders hohe Stabilität des Granulats sorgen, mit dem Ziel über die gesamte Vegetationszeit das Nährstoffangebot abzusichern. Der biologische Abbau der Hüllen geht jedoch recht langsam vonstatten. Produkte mit CE-Kennzeichen müssen nach spätestens 4 Jahren abgebaut sein, bei Produkten ohne dieses Kennzeichen kann es länger dauern (echa, 2019). Während dieser Abbauphase können Schadstoffe an die Polymere angelagert werden.



Abbildung 2: Schwarze Polyethylen-Folie im Boden © Dr. Anika Lehmann

Indirekt wird Mikroplastik über Klärschlämme in Ackerböden eingetragen. In Haushalts-Abwässern befinden sich viele unterschiedliche Quellen an Mikroplastik. Den größten Anteil hat der Reifenabrieb, aber auch Bitumen, Fahrbahnmarkierungen und Schuhsohlen werden mit der Zeit abgerieben, wodurch Partikel mit dem Regen in das Abwassersystem eingeleitet werden. Ein weiterer wichtiger Faktor sind im Haushalt eingesetzte synthetische Produkte wie z.B. Kosmetikartikel und Reinigungsmittel. Sie enthalten Mikroplastik als Partikel oder als flüssige synthetische Verbindungen. Durch Reibung verlieren synthetische Kleidungsstücke, aber auch Abwaschschwämme, kleine Plastikpartikel und -fasern, die anschließend in die Abwässer gelangen (siehe Abb. 3).

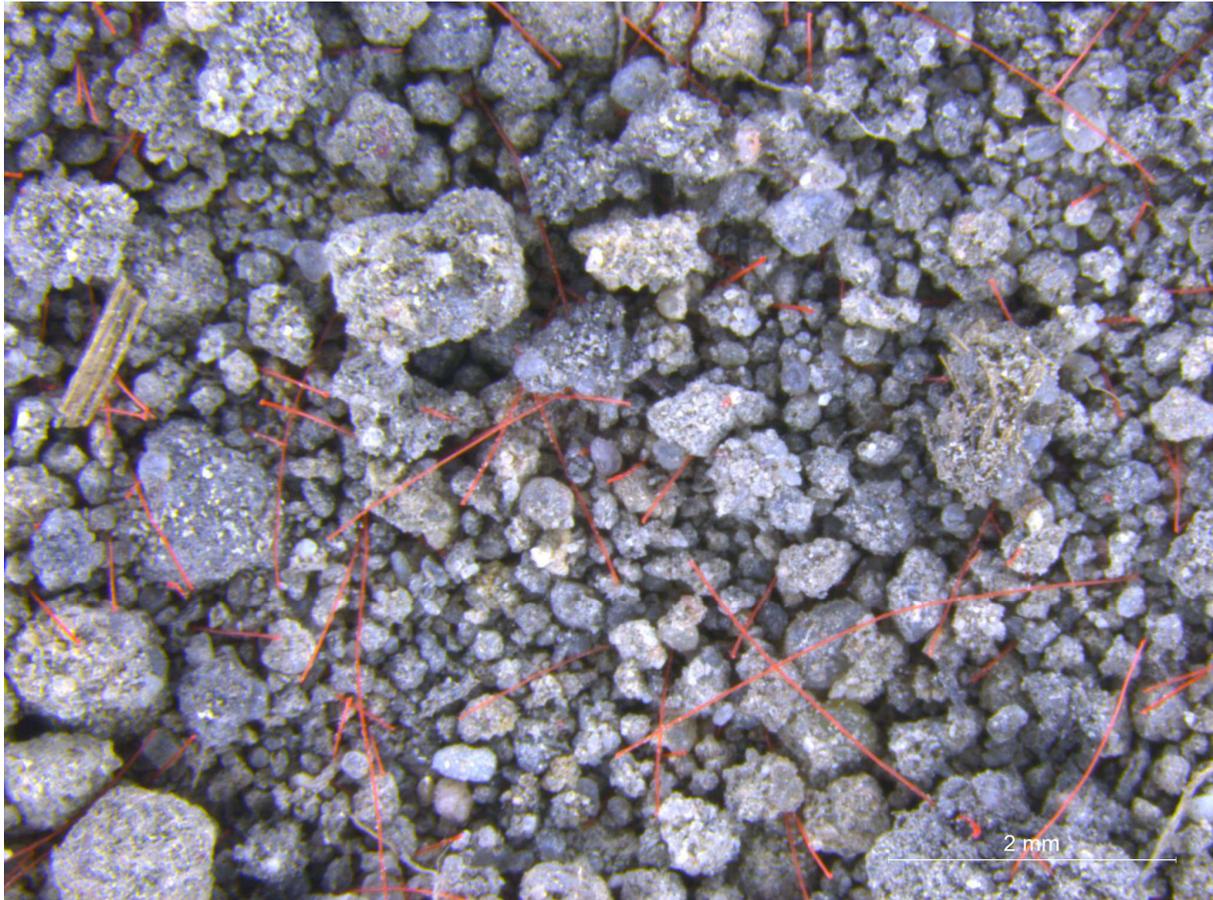


Abbildung 3: Rote Polypropylen-Fasern im Boden © Dr. Anika Lehmann

In der Industrie werden Plastikpartikel z.B. für die Politur von Autos eingesetzt und auch Farben und Lacke enthalten synthetische Verbindungen, die durch unsachgemäße Entsorgung oder Betriebsunfälle in die Abwässer gelangen können.

Gelangt Mikroplastik in unsere Abwässer wird es in den Kläranlagen zum großen Teil herausgefiltert. Es werden aber hauptsächlich gröbere Teile aufgefangen und ein Teil gelöster Polymere kann nicht absorbiert werden. Kleinere Mikroplastik-Partikel, v.a. Fasern, und flüssige Polymere können die Filter zum Teil passieren und befinden sich anschließend im Ablaufwasser. Die herausgefilterten Stoffe befinden sich im Klärschlamm. Die größte Menge des anfallenden Klärschlammes wird thermisch verwertet, 24 % werden jedoch als Dünger auf die Felder aufgebracht (Umweltbundesamt, 2018). Klärschlamm stellt somit eine bedeutende Quelle von Mikroplastik - und daran angelagerten Zusatzstoffen - im Boden dar.

Ein beträchtlicher Teil des Mikroplastiks, welches auf und an den Straßen entsteht wird mit dem Regen weggeschwemmt und gelangt in die Kanalisation. Ein Teil wird aber auch verweht und kann so direkt in landwirtschaftliche Böden gelangen. So ist zu erwarten, dass in Felder, die an stärker befahrene

Straßen grenzen, mehr Mikroplastik eingetragen wird. An der Bodenoberfläche angekommen, kann das Material von Bodenorganismen relativ rasch in den Boden eingearbeitet werden. Dies wurde von unserer Arbeitsgruppe experimentell mit Regenwürmern und für Kolllembolen (Boden-Mikroarthropoden) gezeigt (Maaß et al., 2017, Rillig et al., 2017). In landwirtschaftlich genutzten Böden spielt die Bodenbearbeitung vermutlich die wichtigste Rolle.

Darüber hinaus wurde erst kürzlich in zwei Studien gezeigt, dass Mikroplastik auch über weite Strecken aus der Luft abgelagert wird: durch die Atmosphäre gelangt das Material sogar in entlegene Gegenden wie die Arktis (Bergmann et al., 2019).

Wird in der Landwirtschaft Kompost-Material oder Gärreste aus der Biovergasung von organischen Abfällen eingesetzt, können hier beträchtliche Mengen Mikroplastik auf den Acker gelangen. Eine Forschergruppe um Prof. Freitag und Prof. Laforsch aus Bayreuth hat Plastikpartikel per Hand aus Kompost gesammelt und die enthaltenen Mengen an Mikroplastik bestimmt. Kompost, der aus der "Biotonne" gewonnen wird, enthält demnach im Schnitt 20-24 Teilchen Mikroplastik von 1 bis 5 mm Größe pro kg Trockenmasse (TM); Teilchen kleiner als 1 mm konnten dabei nicht berücksichtigt werden. Bei dem als Dünger nutzbaren festen Gärrest aus der Herstellung von Biogas aus Haushaltsmüll waren im Schnitt 70 bis 146 Mikroplastik-Teilchen pro kg TM enthalten. Gärreste aus Biogasanlagen, die erneuerbare Ressourcen wie Mais, Mist oder Gülle nutzen, enthalten dagegen nur selten Mikroplastik (Weithmann et al., 2018). Die festgestellten Werte von Fremdstoffen in organischen Düngemitteln liegen zwar unter den Grenzwerten der Düngemittelverordnung (0.1 Gew.- % TM). Jedoch sind die Auswirkungen von Mikroplastik auf den Menschen und die Umwelt bisher nur wenig erforscht und man kann noch nicht abschätzen, welche Mengen möglicherweise Effekte hervorrufen. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht für die in der Landwirtschaft relevanten Quellen von Mikroplastik.

Tabelle 1: Für die Landwirtschaft relevante Eintragspfade an Mikroplastik

Quelle	Mikroplastik-Art	mögl. Auswirkungen durch Anreicherung
Klärschlamm	Fasern, Fragmente, gelöste Polymere	Freisetzung von Zusatzstoffen und Schwermetallen, Anhebung des pH-Wertes, veränderte Bodenstruktur
Folienanbau Nutzung von Frostschutz- oder Gemüseschutz-Vliesen	Fragmente	Verringerung der Bodendichte, Freisetzung von Zusatzstoffen
Umhüllte Langzeitdünger	Fragmente, gelöste Polymere	Freisetzung von Zusatzstoffen, veränderte Bodenstruktur
Verwehung von Reifenabrieb benachbarter Straßen	Fragmente	Freisetzung von Schwermetallen und Weichmachern
Verwehung von Granulat benachbarter Sportplätze	Fragmente	Verringerung der Bodendichte, Freisetzung von Zusatzstoffen
Kompost und Gärreste aus Biogasanlagen mit Haus/Bio-Müll als Ressource	Fragmente, Fasern und gelöste Polymere	Freisetzung von Zusatzstoffen, veränderte Bodenstruktur
Luft	v.a. Fasern	veränderte Bodenstruktur
Vogelschutznetze	Fasern	veränderte Bodenstruktur

Leider gibt es über die Mengen an Mikroplastik, welches in die Umwelt gelangt sehr wenig Daten. Angaben beruhen auf Schätzungen, die aus Informationen zu Bestand, Produktion und Verbrauch von Kunststoffen errechnet werden. Hier besteht Klärungsbedarf. Laut einer Studie des Fraunhofer Instituts werden pro Jahr schätzungsweise 46.000 t Mikroplastik durch Wasch- und Reinigungsmittel, sowie Kosmetikprodukte, in die Abwässer eingeleitet. Pro Kopf und Jahr werden demnach ca. 3-8 g feste Mikroplastikpartikel als Reibekörper aus Kosmetik in die Abwässer eingeleitet. Da Kunststoffe im Allgemeinen nur sehr schlecht abbaubar sind, ist eine Anreicherung der Stoffe in der Umwelt zu erwarten (Fraunhofer Institut, 2018).

4 Auswirkungen auf Boden und Pflanze

Die Auswirkungen von Mikroplastik in aquatischen Systemen wie den Meeren sind gut erforscht und die Ergebnisse dieser Forschung erhalten oft eine große mediale Aufmerksamkeit. Eher neu ist die Erkenntnis, dass Mikroplastik auch in terrestrischen Systemen, wie unseren Ackerböden, eine Rolle spielt (Rillig, 2012). Der größte Unterschied zwischen diesen Systemen besteht darin, dass der Boden eine riesige innere Oberfläche hat, was dazu führen kann, dass an Mikroplastik gebundene Schadstoffe oder Pestizide vom Boden absorbiert werden, als auch das Mikroplastik selbst, welches dadurch erst einmal "verschwindet". Die in Kunststoffen enthaltene Vielzahl an Additiven können sich im Boden anreichern. Dies gilt u.a. für Biozide (z.B. Fungizide), Flammschutzmittel, Lichtschutzmittel, Farbstoffe, UV-Stabilisatoren oder Weichmacher. Diese Zusätze werden relativ leicht aus den Kunststoffen gelöst. Geschätzt gelangen in Deutschland pro Jahr ca. 20.000 t Additive in die Umwelt (Fraunhofer Institut 2018). Für Landwirte und Landwirtinnen stellt sich die Frage, was der Eintrag von Mikroplastik in den Acker mit dem Boden macht, der ihre wichtigste Ressource darstellt. Die Frage nach der Gefahr einer möglichen Qualitätsminderung dieser Ressource sowie der Verunreinigung der Ernteprodukte steht im Raum, kann aber momentan nicht zufriedenstellend beantwortet werden.

Bisherige Ergebnisse haben gezeigt, dass die Form der Mikroplastikpartikel eine wichtige Rolle spielt: Insbesondere Fasern scheinen negative Auswirkungen auf Bodenprozesse wie die Bodenaggregation zu haben, also das Zusammenhalten von Bodenpartikeln in Aggregaten und deren Stabilität. Eine gute Bodenstruktur ist von elementarer Wichtigkeit für ein gutes Wurzelwachstum, gute Belüftung, ein aktives Bodenleben und den Widerstand gegen Erosion. Fragmente wie Folienstücke oder Kügelchen hatten bisher unterschiedlich starke Effekte auf Bodenprozesse. In einer neuen Studie hatten auch kleine Pellets und Folienstücke negative Auswirkungen auf die Bodenstruktur (Boots et al., 2019). Die zugrundeliegenden Mechanismen sind jedoch noch ungeklärt. Die Stabilität von Bodenpartikeln hängt u.a. davon ab, wie diese mit Wurzeln und Pilzhyphen ummantelt sind. Möglicherweise stören die Mikroplastikpartikel den Zusammenhalt der Aggregate durch das Einfügen von Sollbruchstellen.

In einem anderen Experiment wurde durch das Einbringen von Mikroplastik die Lagerungsdichte des Bodens verringert, sowie das Verhalten von Bodenwasser verändert. Auch das Bodenleben kann potenziell durch Mikroplastik beeinflusst werden. In mehreren Versuchen wurde experimentell gezeigt, dass Regenwürmer in Mitleidenschaft gezogen wurden und die Aktivität der mikrobiellen Bodenlebensgemeinschaft verändert wird (Machado et al., 2018, Boots et al., 2019). Allerdings sind diese Effekte nicht immer wiederholbar und werfen so neue Forschungsfragen auf.

Die Effekte auf die Keimung und das Wachstum von Pflanzen sind in Laborversuchen ebenfalls unterschiedlich. Zum einen wurde in einem Versuch mit Pflanzen gezeigt, dass deren Wachstum

positiv beeinflusst wurde, möglicherweise durch einen leichter zu durchwurzelnden Boden. Andererseits wurde beobachtet, dass die Keimung und auch die Sprosshöhe, aber nicht die Biomasse, negativ beeinflusst wurden (Boots et al., 2019).

Die unterschiedlichen Versuchsergebnisse sind in erster Linie vermutlich auf die immens große Zahl an unterschiedlichen Plastikarten und deren Zusatzstoffen zurückzuführen. Zusätzlich sind die Versuchsbedingungen sehr unterschiedlich, angefangen von hydroponischen Systemen, Versuchen mit natürlichem Boden oder einem kommerziellen Substrat, über unterschiedliche Pflanzen, Sterilisierung des Bodens, bis hin zu den zugesetzten Mikroorganismen. Hier ist momentan eine genaue Dokumentation der Forschungsergebnisse gefordert, die darauf hinführen sollte, Effekte zukünftig zusammenfassen zu können.

5 Möglichkeiten Mikroplastik zu reduzieren

Eine offensichtliche Methode Mikroplastik-Einträge in die Umwelt zu vermeiden, wäre die Verwendung von Plastik stark einzuschränken. Oftmals ist aber nicht die Verwendung von Plastik das Problem, sondern die sachgerechte Entsorgung. In Deutschland ist der Umgang mit Müll sehr verantwortungsvoll und nur ein geringer Anteil gerät durch weggeworfene Plastikartikel in die Umwelt. Ein beträchtlicher Teil unseres Mülls wird jedoch in ferne Länder, v.a. in den asiatischen Raum, exportiert um dort recycelt zu werden. Dieser Anteil unseres Mülls gilt dann hierzulande als wiederverwertet. Das Recycling in den Exportländern gelingt allerdings nur zu einem geringen Teil und der Anteil an schlecht gemanagtem Müll ist groß, sodass beträchtliche Mengen Plastikmüll in Böden und Meere gelangen. Auf diese Plastik-Emissionen hat Deutschland nur einen Einfluss über die Exportquoten des Plastikmülls. Wenn wir in Deutschland Mikroplastikeinträge in unsere Böden und Gewässer reduzieren wollen, müssen wir uns konkrete Gedanken über die örtlichen Eintragspfade machen. Dies sind die Luft, die Verwendung von Kompost, Klärschlamm sowie Folienanbau und die Nutzung von Netzen und umhüllten Langzeitdüngern.

6 Technische Möglichkeiten

Die durch das Waschen von synthetischer Kleidung in das Abwasser gelangenden Fasern könnten durch spezielle Filter in Waschmaschinen zurückgehalten werden.

Einige Kläranlagenbetreiber haben eine sogenannte vierte Filterstufe unter hohem Kostenaufwand in ihre Anlage eingebaut. Hier wird ein Adsorptionsverfahren mit Pulveraktivkohle zur Entfernung von Mikroschadstoffen aus dem Abwasser eingesetzt. Dieses sogenannte "Ulmer Verfahren" kann Rückstände von Arzneimitteln (Schmerzmittel, Röntgenkontrastmittel), Rückstände von Körperpflegeprodukten, Pflanzenschutzmittel und Stoffe mit hormonähnlichen Wirkungen aus

Kunststoffen zwischen 80 und 98 % entfernen (Wunderlin et al., 2019). Derzeit wird an verschiedenen Stellen an einer Erweiterung des Verfahrens gearbeitet, bei der durch Ozonierung, spezielle Membranfilter, Mikro- und Ultrafiltration oder spezielle Tuchfiltersysteme auch Mikroplastik entfernt werden könnte. Darüber hinaus gibt es Projekte, die an neuen Verfahren arbeiten, bei denen durch die Zugabe von silizium-basierten Mikro-Polymeren Plastikpartikel verklumpt werden. Die resultierenden Partikel haben eine Größe von 2-3 cm und können problemlos abgeschöpft werden (Sturm et al., 2020).

Um Schadstoffeinträge in landwirtschaftliche Böden weiter zu reduzieren wird ein Teilausstieg aus der landwirtschaftlichen Verwertung von Klärschlamm angestrebt. Nach 2027 darf nur noch Klärschlamm aus Anlagen mit einem Einwohnerwert < 50.000 auf Böden ausgebracht werden. Allerdings enthält Klärschlamm nicht unerhebliche Mengen an Nährstoffen, allen voran Phosphor, der zurzeit noch nicht zurückgewonnen werden kann. Der Nährstoff gilt seit 2014 als kritischer Rohstoff. Das bedeutet, dass eine dauerhafte Versorgung innerhalb Europas nicht gegeben ist (Europäische Kommission, 2017). Die Verwertung von Klärschlamm ist daher schwierig zu beurteilen und bedarf der Erforschung weiterer Lösungsmöglichkeiten.

Durch die Verwendung von offenporigem Asphalt und regelmäßiger Straßenreinigung könnte die Menge an Reifenabriebspartikeln, die in die Abwässer gelangen reduziert werden (Kole, 2017). Außerdem können Abriebspartikel über Sedimentationsbecken am Straßenrand, die den Wasserabfluss von der Straße auffangen, eingesammelt werden.

7 Wie sinnvoll ist "Bio-Plastik"?

Bio-Plastik kann zwei unterschiedliche Dinge meinen. Das erste ist Plastik, welches aus biologischen Rohstoffen hergestellt wurde, z.B. Mais oder Kartoffeln. Ein ökologischer Vorteil entsteht durch diese Sorte Plastik nicht. Zwar wird bei der Produktion weniger Erdöl verbraucht und weniger CO₂ ausgestoßen, aber für den Anbau und die Verarbeitung der Rohstoffe werden Böden und Gewässer belastet. Zudem kann dieses Plastik ebenso Zusatzstoffe enthalten wie erdölbasiertes Plastik. Der zweite Plastiktyp, der als Bio-Plastik bezeichnet wird, ist biologisch abbaubares Plastik. Der Abbau dieses Plastiks ist jedoch nur in industriellen Kompostieranlagen zeitnah realisierbar (90 % Abbau nach 180 Tagen), in der Natur oder im hauseigenen Kompost kann es bis zu mehreren Jahren dauern (Fraunhofer Institut, 2018). Je nach Beimengung von Additiven sollte gut überlegt sein, ob diese Art von Bio-Plastik für die Herstellung von Kompost geeignet ist.

In der Landwirtschaft kann beim Anbau mit Folien auf biologisch abbaubare Folien umgestiegen werden. Zurzeit wird an der ETH Zürich die Nutzung biologisch abbaubarer Mulch-Folien aus Polybutylenadipat-terephthalat (PBAT) untersucht. Dieser Stoff könnte sich als Alternative zu den

bisher verwendeten Folien aus PE erweisen. Wie lange genau der Stoff im Boden verbleibt, ist allerdings noch unklar. Diese Frage müsste mit einer Langzeitstudie beantwortet werden. Aus der Perspektive einer Kreislaufwirtschaft ist jedoch das Folienrecycling sinnvoller.

8 Politische Lösungsmöglichkeiten

Die EU hat bereits ein Verbot von Einweggeschirr und Plastikstrohhalmern durchgesetzt. Nationale Verbote für Plastik, welches leicht zu ersetzen oder wegzulassen wäre, oder eine Plastiksteuer, sind sinnvolle Ansätze. Seit Deutschland die Bepreisung von Plastiktüten eingeführt hat ist deren Verbrauch stark zurückgegangen. Darüber hinaus sind politische Forderungen zur Vermeidung von unnötigen Plastikverpackungen und längerfristig höhere Quoten von Recycling im Sinne von Wiederverwendung von Kunststoffen machbar bzw. eine höhere Quote für die Nutzung von Recyclaten (recycelten Kunststoffen für z.B. Plastikflaschen/-verpackungen). Unternehmen würden so angeregt neue sortenreinere, besser recyclefähige Verpackungen zu entwickeln. Ein weiterer monetärer Ansatz, den Einsatz von Plastik zu reduzieren ist die Abschaffung der steuerlichen Vergünstigungen von erdölbasiertem Kunststoff. Realistischere Preise könnten zu einer verringerten Produktion von Rohmaterial und letztendlich zu einem sparsameren Einsatz von Plastikprodukten führen.

Kunststoffe lassen sich heutzutage noch sehr kostengünstig herstellen und haben deshalb tierische und pflanzliche Komponenten in Kosmetika ersetzt und in Wasch- und Reinigungsmitteln werden sie in großen Mengen eingesetzt. Trotz einer freiwilligen Selbstverpflichtung von Kosmetikherstellern aus dem Jahre 2012, werden weiterhin synthetische Stoffe in Kosmetik eingesetzt, wenn auch der Anteil an synthetischen Reibekörpern tatsächlich abgenommen hat. Hier könnten verbindliche gesetzliche Vorgaben eine Verbesserung erreichen.

9 Forschungsfragen

Momentan ist ungeklärt, wie lange sich Mikroplastik-Partikel in der Umwelt halten und ob sie weiter zerfallen zu Nanoplastik. Dies wäre zwar der nächste logische Schritt, wurde aber noch nicht außerhalb des Labors experimentell oder analytisch gezeigt. Nanoplastik hat vermutlich ein höheres toxikologisches Potenzial, da es in kleineren Maßstäben agieren kann, z.B. könnte es feinere Membranen durchdringen und so z.B. durch Pflanzenwurzeln oder den Darm (von Tier und Mensch) aufgenommen werden.

Neben den schon belegten Effekten auf die Bodenstruktur sind die Wirkungen von Mikroplastik auf andere, wichtige Bodenprozesse noch nicht untersucht. So müssten Auswirkungen auf Stoffab- und umbau untersucht werden, Nährstoffumsetzung oder Gasflüsse. Unter den Bodenorganismen sind

bisher sehr wenig Gruppen untersucht worden, und das unter nicht sehr vielen verschiedenen Bedingungen (z.B. unterschiedliche Böden). Auch die Konzentration von Mikroplastik im Boden spielt eine wichtige Rolle. Da die Mengen, die im Boden enthalten sein können aber nicht bekannt sind, ist es schwierig realistische Experimente zu entwickeln. Die bisherigen Versuche haben lediglich Kurzzeiteffekte untersucht, langfristige Folgen können wir im Moment noch überhaupt nicht abschätzen. Außerdem ist fast nichts darüber bekannt, wie Mikroplastik mit anderen Umweltveränderungen interagiert. Systeme mit intensiver Landwirtschaft werden in der Zukunft wahrscheinlich nicht nur mit einer Temperaturerhöhung und Dürren konfrontiert werden, sondern auch mit dem Einsatz von Pestiziden (z.B. Glyphosat), Insektiziden oder Fungiziden und teils auch Kupferkontaminationen. Eine kürzlich veröffentlichte Studie konnte zeigen, dass mit zunehmender Anzahl an kombinierten Faktoren von globaler Umweltveränderung die Effekte auf Bodeneigenschaften, Bodenprozesse und Mikroorganismen-Gemeinschaften zunehmen (Rillig et al., 2019). Mikroplastik könnte also durch das Zusammentreffen mit anderen Faktoren stärkere Effekte hervorrufen im Vergleich zur Wirkung als alleine auftretender Faktor.

Die Frage aus unserem Titel kann daher momentan nicht abschließend beantwortet werden - zu groß ist die Zahl der offenen Fragen und zu divers sind die Ergebnisse der bisherigen Studien. Die Forschung auf diesem Gebiet steht noch am Anfang, wird aktuell jedoch massiv ausgebaut. Wir sehen allerdings jetzt schon das Potenzial des Mikroplastiks in wichtige Bodenprozesse einzugreifen und Störungen bei Bodenorganismen und Pflanzen zu verursachen. Für verallgemeinerte Schlüsse müssen wir aber noch weitere Forschungsergebnisse abwarten.

Zusammenfassung

Mikroplastik in landwirtschaftlichen Böden - eine versteckte Gefahr?

Mikroplastik vermischt sich relativ schnell mit dem Boden und ist dann für das bloße Auge nicht mehr sichtbar. Stellt es vielleicht eine versteckte Gefahr für Bodenorganismen, Pflanzen oder den Menschen dar? Bisherige Ergebnisse haben gezeigt, dass die Form der Mikroplastikpartikel eine wichtige Rolle spielt: Insbesondere Fasern scheinen negative Auswirkungen auf Bodenprozesse wie die Bodenaggregation zu haben, also das Zusammenhalten von Bodenpartikeln in Aggregaten und deren Stabilität. Möglicherweise stören die Mikroplastikpartikel den Zusammenhalt der Aggregate durch das Einfügen von Sollbruchstellen. Fragmente wie Folienstücke oder Kügelchen hatten bisher unterschiedlich starke Effekte auf Bodenprozesse. In mehreren Versuchen wurde experimentell

gezeigt, dass Regenwürmer in Mitleidenschaft gezogen wurden und die Aktivität der mikrobiellen Bodenlebensgemeinschaft verändert wird. Die Keimung von Samen kann negativ beeinflusst werden; das Wachstum von Pflanzen wurde in Laborversuchen sowohl positiv als auch negativ beeinflusst.

Die unterschiedlichen Versuchsergebnisse sind in erster Linie vermutlich auf die immens große Zahl an unterschiedlichen Plastikarten, deren Zusatzstoffen und Versuchsbedingungen zurückzuführen.

Die Frage aus unserem Titel kann daher momentan nicht abschließend beantwortet werden. Die Forschung auf diesem Gebiet steht noch am Anfang, wird aktuell jedoch massiv ausgebaut. Hier ist momentan eine genaue Dokumentation der Forschungsergebnisse gefordert, die darauf hinführen sollte, Effekte zukünftig zusammenfassen zu können.

Summary

Microplastics in agricultural soils - a hidden danger?

Microplastics mix relatively quickly with soils and are then no longer visible to the naked eye. Do they perhaps represent a hidden danger for soil organisms, plants or humans? Previous results have shown that the shape of microplastic particles plays an important role: Fibres, in particular, appear to have negative effects on soil processes such as soil aggregation, i.e. on the way soil particles are held together in aggregates and on their stability. Microplastic particles possibly disturb the cohesion of the aggregates by inserting predetermined breaking points. Fragments, such as pieces of foil or beads, have had different effects on soil processes so far. Several experiments showed that earthworms were affected and that the activity of the microbial soil community was altered. While seed germination can be influenced negatively, plant growth has been influenced both positively and negatively in laboratory experiments.

Primarily, the different test results are probably due to the immense number of different types of plastics, their additives and test conditions.

Therefore, we cannot yet answer conclusively the question we ask in our title. Research in this field is still in its infancy, but is being massively expanded currently. At present, a precise documentation of research results is required and should make it possible to summarise effects in the future.

Literatur

- BERGMANN, M., MÜTZEL, S., PRIMPKE, S., TEKMAN, M.B., TRACHSEL, J., GERDTS, G., 2019. White and wonderful? Microplastics prevail in snow from the Alps to the Arctic. *Science Advances* 14 (5), no. 8, eaax1157. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1126/sciadv.aax1157>
- BOOTS, B., RUSSELL, C.W., GREEN, D.S., 2019. Effects of Microplastics in Soil Ecosystems: Above and Below Ground. *Environmental Science and Technology*, 53(19), 11496-11506. Verfügbar unter: doi.org/10.1021/acs.est.9b03304
- ECHA (European Chemicals Agency), 2019. Proposal for a Restriction on intentionally added microplastics. ANNEX to the ANNEX XV RESTRICTION REPORT. Verfügbar unter: <https://echa.europa.eu/de/registry-of-restriction-intentions/-/dislist/details/0b0236e18244cd73>
- EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2017. Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen über die Liste kritischer Rohstoffe für die EU 2017. Verfügbar unter: <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2017/DE/COM-2017-490-F1-DE-MAIN-PART-1.PDF>
- FRAUNHOFER INSTITUT FÜR UMWELT, SICHERHEITS- UND ENERGIETECHNIK, UMSICHT, 2018. Autoren: Bertling, J, Hamann, L, Hiebel, M. Endbericht: Mikroplastik sowie synthetische Polymere in Kosmetikprodukten sowie Wasch-, Putz- und Reinigungsmitteln. Verfügbar unter: <https://www.umsicht.fraunhofer.de/content/dam/umsicht/de/dokumente/publikationen/2018/umsicht-studie-mikroplastik-in-kosmetik.pdf>
- KOLE, P.J., KÖHR, A.J., VAN BELLEGHEM, F.G.A.J., RAGAS, A.M.J., 2017. Wear and Tear of Tyres: A Stealthy Source of Microplastics in the Environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 14(10), 1265. Verfügbar unter: <https://dx.doi.org/10.3390%2Fijerph14101265>
- MAAß, S., DAPHI, D., LEHMANN, A., RILLIG, M.C., 2017. Transport of microplastics by two collembolan species. *Environmental Pollution* 225, 456-459. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.03.009>
- MACHADO, A.A.S., LAU, C.W., TILL, J., KLOAS, W., LEHMANN, A., BECKER, R., RILLIG M.C., 2018. Impacts of microplastics on the soil biophysical environment. *Environmental Science & Technology* 52, 9656-9665. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b02212>
- RILLIG, M.C., RYO, M., LEHMANN, A., AGUILAR-TRIGUEROS, C.A., BUCHERT, S., WULF, A., IWASAKI, A., ROY, J., YANG, G., 2019. The role of multiple global change factors in driving soil functions and microbial biodiversity. *Science* 366, 886-890. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1126/science.aay2832>
- RILLING M.C., ZIERSCH L., HEMPEL S., 2017. Microplastic transport in soil by earthworms. *Scientific Reports*, 7: 1362. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-01594-7>
- RILLING M.C., 2012. Microplastic in Terrestrial Ecosystems and the Soil? *Environmental Science and Technology* 46, 6453-6454. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1021/es302011r>
- STURM, M.T., HERBORT, A.F., HORN, H., SCHUHEN, K., 2020. Comparative study of the influence of linear and branched alkyltrichlorosilanes on the removal efficiency of polyethylene and polypropylene based microplastic particles from aquatic environment. *Environmental Science Pollution Research*. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-07712-9>

- UMWELTBUNDESAMT, 2018. Klärschlamm Entsorgung in der Bundesrepublik Deutschland. Autoren: Roskosch A, Heidecke P. ISSN (Online) 2363-832X. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/klaerschlamm Entsorgung-in-der-bundesrepublik>
- UMWELTBUNDESAMT, 2005. Daten zur Umwelt. Der Zustand der Umwelt in Deutschland Ausgabe 2005. Autoren: Burkhardt J, Hörder J, Pohl M, Große Wichtrup W, Wilke S. ISBN 3-503-09058-4. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/daten-zur-umwelt-2005>
- WEITHMANN, N., MÖLLER, J.N., LÖDER, M.G.J., PIEHL, S., LAFORSCH, C., FREITAG, R., 2018. Organic fertilizer as a vehicle for the entry of microplastic into the environment, *Science Advances* 4(4), eep8060. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1126/sciadv.aap8060>
- WUNDERLIN, P., MEYER, A., GRELOT, J., 2019. Pulveraktivkohle: Verfahren und Abtrennstufen. Plattform „Verfahrenstechnik Mikroverunreinigungen“. Verfügbar unter: https://www.micropoll.ch/fileadmin/user_upload/Redaktion/Dokumente/01_Berichte/02_Technische_Verfahren/03_Aktivkohle/190723_Gesamtbericht_PAK-Abtrennung_Final.pdf

Anschrift der Autoren

Dr. Eva F. Leifheit
Freie Universität Berlin
Institut für Biologie
Ökologie der Pflanzen
Altensteinstr. 6
14195 Berlin
Tel.: 030 838-67286
eva.leifheit@fu-berlin.de
<https://rilliglab.wordpress.com/>

Prof. Dr. Matthias C. Rillig
Freie Universität Berlin
Institut für Biologie
Ökologie der Pflanzen
Altensteinstr. 6
14195 Berlin
Tel.: 030 838-53165 (Direkt)
-63599 (Sekretariat)
rillig@zedat.fu-berlin.de
<http://rilliglab.wordpress.com>