

Leben im Plastozän

Über die kaum erforschte Belastung unserer Böden durch Mikroplastik

von Andrea Beste

Plastik galt lange vor allem als Bedrohung für die Meere. Seit Jahren zeigen Forschungsergebnisse, dass die globale Verschmutzung der Meere und Ozeane mit Makro-, Mikro- und Nanoplastik bereits gewaltig ist. Doch auch in Flüssen, Seen und Böden nimmt die Verschmutzung durch Mikroplastik ungehindert zu. Für Böden schätzten jüngst Forscher die Belastung auf bis zu 23 mal höher ein als in den Ozeanen. Weil Mikro- und Nanoplastik in Kläranlagen nicht vollständig herausgefiltert werden können, gelangen diese Kunststoffpartikel auch in das geklärte Wasser, aber über den Klärschlamm vor allem in die Böden. Auch Bioabfallkomposte und Gärreste sind Eintragspfade. Über die Konsequenzen für Umwelt und Gesundheit sowie die Wechselwirkungen innerhalb der Ökosysteme ist kaum etwas bekannt. Klar ist: In der Umwelt wird Mikro- und Nanoplastik nur über sehr lange Zeiträume abgebaut. Über Kleinstlebewesen und Pflanzen, die Mikro- und Nanoplastik aufnehmen, gelangt es in die Nahrungskette und auch auf unsere Teller.

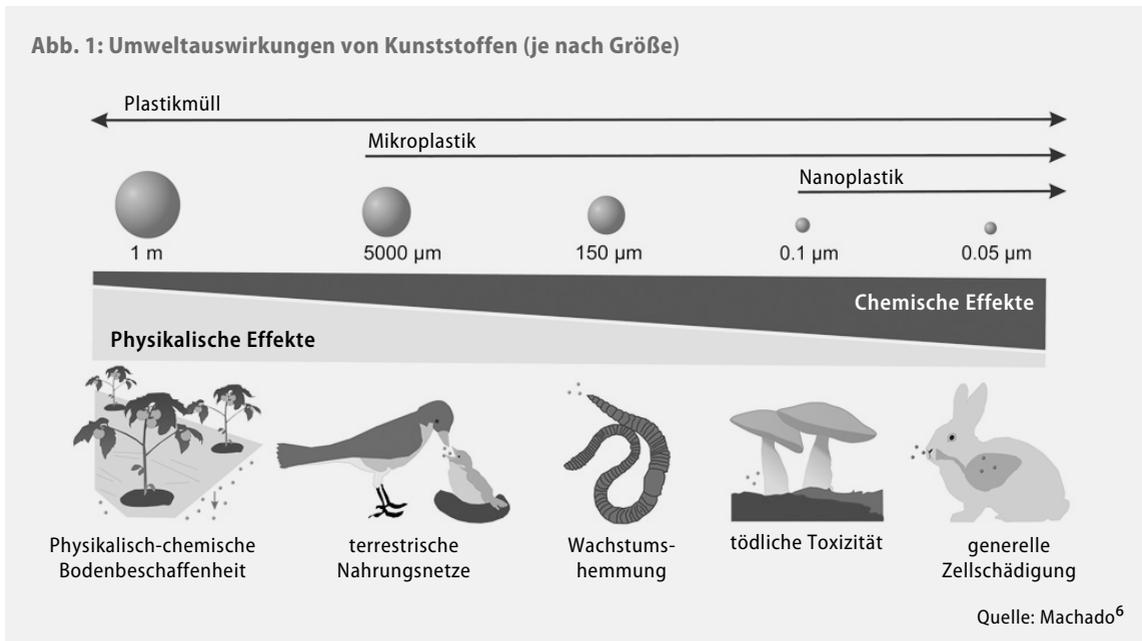
Die Eintragspfade von Mikroplastik in die Umwelt sind vielfältig. Jeder Kunststoff in oder aus einem Produkt oder Abfall mit direktem oder indirektem Kontakt zur Umwelt trägt zum Eintrag von Mikro- (< fünf Millimeter) und Nanokunststoff (< 0,1 Mikrometer) in die Umwelt bei. Insofern sind Einträge aus fast allen anthropogenen Bereichen zu erwarten. Laut Weltnaturschutzunion (IUCN) stammen über zwei Drittel des Mikroplastiks in den Weltmeeren aus synthetischer Kleidung und von Reifenabrieb. Im letzten Jahr haben zahlreiche Berichte über Plastik und Mikroplastik in Böden viele Menschen zusätzlich aufgeschreckt, denn das Plastik fand sich auch in der gekauften Gartenerde und dem so geschätzten Kompost. Beides Dünge- und Bodenverbesserungsmittel, bei denen wir erwarten, dass sie im Boden und unseren Pflanztöpfen ökologisch Gutes tun. Und nun das.

Über die Plastikbelastung von Böden sind weder belastbare quantitative noch qualitative Werte bekannt. Schätzungen deuten auf das 4- bis 23-fache der Mengen im Vergleich zu den Weltmeeren hin.¹ Reifenabrieb spielt auch hier eine große Rolle. In Deutschland, so schätzt das Fraunhofer-Institut in Oberhausen, summiert sich bei fast 46 Millionen zugelassenen PKW allein ihr Reifenabrieb auf bis zu 69.000 Tonnen Mikro- und Nanoplastik jährlich.² In

der Landwirtschaft werden vor allem beim Anbau von Gemüse, beim Silieren oder beim Schutz von Obstbäumen Kunststofffolien verwendet. In der Regel werden sie aber, wenn möglich, wiederverwendet und zum Schluss entsorgt.³ Kein vernünftiger Landwirt arbeitet Folien in seinen Acker ein, sollte man meinen. Zumindest aus Spanien gibt es allerdings Meldungen, dass es dort, wo Böden industriell bewirtschaftet werden, großflächig passiert.⁴

Potenziell bleiben auch beim normalen Einsatz von Folien immer Kunststoffteilchen zurück. Der weitaus größere Anteil stammt jedoch aus anderen Quellen. Kunststoffpartikel und Kunststofffasern befinden sich in zahlreichen Produkten des täglichen Lebens – etwa in Kosmetika und Reinigungsmitteln. Sie landen so am Ende im Klärschlamm, der nach wie vor in Deutschland zu etwa 24 Prozent auf Äckern und im Landschaftsbau ausgebracht wird.⁵ Europaweit waren es 2011 im Durchschnitt knapp 50 Prozent, mit großen Unterschieden in den Mitgliedstaaten. Auch Lebensmittelabfälle, die vor ihrer Behandlung in Gär- oder Kompostierungsanlagen nicht »entpackt« werden, erzeugen Plastikeinträge in Böden. Darüber hinaus werden Polymere auch *absichtlich* verwendet und als »Superabsorber« und »Bodenverbesserer«, meist gemischt mit Düngemitteln, angepriesen. Eine Praxis, die dringend verboten gehört (siehe unten).

Abb. 1: Umweltauswirkungen von Kunststoffen (je nach Größe)



Wenn Kunststoffe in Böden gelangen, können sie kaum von Mikroorganismen abgebaut werden. Sie bleiben erhalten und selbst wenn es aussieht, als würden sie sich auflösen, bleiben feine Partikel zurück.

Dass das bedrohliche Phänomen der Plastikverschmutzung an Land bislang nicht besser erforscht ist, hat einen einfachen Grund: Bodenproben zu analysieren, ist weitaus aufwendiger, als Wasserproben zu entnehmen und zu filtrieren. Zudem gibt es bislang noch kein einheitliches Bewertungskonzept zur Einordnung von Kunststoffunden in oder auf Böden.

Was macht das Plastik im Boden?

Wirklich Genaues weiß man noch nicht. Zum einen kommt es auf die Masse, Größe, Morphologie und die Anzahl der Teilchen an, zum anderen ist die Art und Zusammensetzung der Polymere von großer Bedeutung für die toxikologische Bewertung. Kunststoffe können beispielsweise noch Ausgangskomponenten aus der Herstellung enthalten oder es entstehen unerwünschte Zersetzungsprodukte. Weichmacher, Stabilisatoren und Treibmittel bestimmen die Eigenschaften der Produkte. Bei diesen Substanzen handelt es sich um Gefahrstoffe, welche mehr oder weniger toxisch und umweltgefährdend sind. Weichmacher stecken z. B. in Deckeldichtungen oder Plastikverpackungen. Dabei können selbst kleinste Mengen des Stoffes ins menschliche Hormonsystem eingreifen und zu dauerhaften Veränderungen führen.

Die Umweltauswirkungen von Kunststoffen variieren je nach Partikeltyp und -eigenschaften, wie Abbildung 1 zeigt. Wie genau das Bodenleben darauf

reagiert, ist weitgehend unbekannt. Versuche⁷ zeigten, dass Mikroplastik Einfluss auf die biophysikalischen Bodeneigenschaften hat, je nach Kunststoffart unterschiedlich: Polyacryl und Polyester z. B. verminderten die mikrobielle Aktivität signifikant; Polyesterfasern

Aufnahme von Mikroplastik über Lebensmittel

Was die Aufnahme von Mikroplastik über Lebensmittel angeht, brauchen wir auf jeden Fall Maßnahmen, um den Plastikeintrag in Böden zu verringern. Philipp Schwabl von der Medizinischen Universität Wien fand bei acht Probanden aus Finnland, Holland, Polen, Großbritannien, Österreich, Italien, Russland und Japan in einer Pilotstudie Plastik im Stuhl.⁸ Was eigentlich kaum verwundern dürfte: Plastik ist in unserem Alltag schließlich nahezu ubiquitär vorhanden. Eine nahezu plastikfreie Umwelt wird für die nächsten Jahrhunderte daher wohl eine Illusion bleiben. Wenn es um die direkte Aufnahme über Lebensmittel geht, dann haben Verpackungen und die Nutzung von Haushaltsmaterialien einen mindestens ebenso großen Einfluss. Schon allein die Benutzung von Kunststoffschneidbrettern, Kunststoffkochlöffeln und beschichteten Pfannen (Teflon) erzeugt eine permanente Aufnahme von Mikrokunststoff durch den Menschen. Darüber müssen sich Verbraucher und Medien klar sein, wenn sie die Dimensionen des Problems beleuchten. Wer kein Mikroplastik im Essen haben will, sollte auch in der Küche Plastik reduzieren – ganz abgesehen davon, dass Holz nachgewiesenermaßen hygienischer ist.

erhöhten das Wasserhaltevermögen von Böden. Darüber hinaus wurden bei den Versuchen auch die Bodenstruktur und die funktionelle Beziehung zwischen der mikrobiellen Aktivität und wasserstabilen Aggregaten durch Mikroplastik verändert. Der Wasserhaushalt von Pflanzen und ihr Wachstum sowie die Funktionen der Bodenmikroorganismen wurden beeinflusst. Versuche mit Salat ergaben, dass Nanokunststoffe eng mit Pflanzen interagieren und auch von diesen aufgenommen werden – und so in die Nahrungskette von Mensch und Tier gelangen.

Abschied von der Kreislaufwirtschaft?

Klärschlämme sind nicht nur wegen ihrer Belastung mit Mikroplastik als Düngemittel abzulehnen. Gesamtökologisch und mengenmäßig ist bei Klärschlämmen die Medikamenten- und Schadstoffbelastung vermutlich deutlich gefährlicher. (Medikamente und Antibiotikaeinträge gelangen darüberhinaus nicht nur mit dem Klärschlamm, sondern auch direkt ohne Reinigungsstufe mit der Gülle aus der industrialisierten Tierhaltung auf die Böden.⁹) Es ist letztlich einer ignoranten Haltung gegenüber dem Boden als unserem wichtigsten Medium für die Lebensmittelproduktion geschuldet, dass wir jahrelang den belasteten Dreck, den wir nicht in unseren Gewässerökosystemen haben wollten, als für unsere Bodenökosysteme noch verträglich ansahen. Solange es aber keine zufriedenstellenden Nach-Reinigungsmöglichkeiten gibt oder diese noch zu teuer sind, sollten Klärschlämme gar nicht den direkten Weg auf unsere Böden nehmen (die Phosphorrückgewinnung kann hier zumindest einen Teil der Nährstoffe sichern).

Kompost aus organischen Reststoffen ist jedoch der ideale Humusförderer und daher eines der wenigen Beispiele, bei denen Kreislaufwirtschaft zum *upcycling* führen kann, nämlich zu wertvollen Düngern und bodenverbessernden Substraten. Unsere Böden brauchen nichts dringender als hochwertige Humusdünger, um Erträge zu sichern und den Herausforderungen des Klimawandels gewachsen zu sein. Und auch die Verwertung von fetthaltigen Lebensmittelresten (die nicht gut kompostierbar sind) in Biogasanlagen, kann zumindest als vernünftige Kaskadenwirtschaft bezeichnet werden, auch wenn die Gärreste lange nicht so humusfördernd sind, wie Kompost. Es ist daher ein Unding, dass die Plastikbelastung von Komposten in den letzten Jahren zugenommen hat; und niemand ist darüber unglücklicher als die Betreiber von Kompostwerken, die zu den ganz frühen Pionieren des Kreislaufgedankens gehören. Was also läuft schief, dass so viel Plastik im Biomüll und somit in Kompost und in Gartenerde landet und was muss sich ändern?

Wie kann man den Eintrag minimieren?

In der Bioabfallverordnung (BioAbfV) ist geregelt, unter welchen Bedingungen Kompost und Gärreste in der Land- und Forstwirtschaft sowie auf gartenbaulich genutzten Böden verwendet werden dürfen. Daneben gelten die Anforderungen der Düngemittelverordnung (DüMV). Neben Schwermetallgrenzwerten wird hier der Anteil an Fremdstoffen in Komposten und Gärresten geregelt. Dabei wird seit 2017 unterschieden in verformbare Kunststoffe (Folienbestandteile), die auf 0,1 Massenprozent in der Trockensubstanz begrenzt sind, und alle anderen Fremdstoffe (Hartkunststoff, Glas, Metall etc.), für die ein Grenzwert von 0,4 Massenprozent in der Trockensubstanz gilt. Das gilt allerdings nur für Größen ≥ 2 Millimeter, darunter ist technisch kein Fremdstoff eliminierbar.

Eine wirksame Verringerung des Eintrages in die Böden muss daher in jedem Fall vor dem Eingang der Substrate in den Gär- und Kompostierungsprozess erfolgen. Solange z. B. Verpackungen mitgeschreddert werden, ist eine wirksame Entfernung von Mikroplastik aus dem Endsubstrat quasi unmöglich. Das bestätigen Kompostwerkbetreiber auf ihren Jahrestreffen immer wieder.

Sog. »Bodenverbesserer« beschränken

Die Europäische Chemikalienagentur (ECHA) hat im Januar 2019 einen Beschränkungsvorschlag zu Produkten mit »absichtlich zugesetztem Mikroplastik« vorgelegt.¹⁰ Zu diesem Entwurf, der sich auf die Europäische Chemikalienverordnung REACH bezieht, führte sie bis September 2019 eine öffentliche Konsultation durch. Die ECHA hatte die Gesundheits- und Umweltrisiken von absichtlich zugesetztem Mikroplastik in verschiedenen Bereichen bewertet und kam zu dem Schluss, dass eine EU-weite Beschränkung gerechtfertigt wäre. Im Falle einer Annahme könnte die Beschränkung die Emissionen von Mikroplastik über einen Zeitraum von 20 Jahren um etwa 400.000 Tonnen senken. Die von der ECHA vorgeschlagenen Beschränkungsziele beziehen sich auf ein breites Spektrum von Anwendungen in verschiedenen Sektoren, darunter kosmetische Mittel, Wasch- und Pflegemittel, Farben und Lacke, Baumaterialien und Arzneimittel sowie verschiedene in der Landwirtschaft und im Gartenbau verwendete Produkte.

Plastik im Gewerbeabfall minimieren

Nach der Gewerbeabfallverordnung (GewAbfV) und dem Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) sind Bioabfälle getrennt zu sammeln und auch zu entsorgen. Jedoch soll dies laut Gesetzgeber »im Rahmen des technisch Möglichen und wirtschaftlich Zumutbaren« geschehen. Diese Formulierung stellt ein dickes

Schlupfloch dar, denn ein sorgfältiges »Entpacken« ist teuer. Der Vollzug der Gewerbeabfallverordnung liegt bei den Ländern. Nach § 3 ist sowohl die Erfüllung der Pflicht zur getrennten Sammlung als auch gegebenenfalls der Grund für ein Abweichen hiervon zu dokumentieren. Diese Dokumentation können sich die Behörden auf Verlangen vorlegen lassen. Den zuständigen Landesbehörden steht also ein effizientes Kontrollinstrument zur Verfügung. Allerdings ist kaum bekannt, ob hier kontrolliert wird, und wenn ja, wie oft die »wirtschaftliche Zumutbarkeit« als Grund für ein Nichtentpacken angeführt wird.¹¹ Laut Recherchen des Deutschlandfunks trennt z. B. der Branchenriese ReFood bundesweit in seinen 16 Werken Biomasse und Kunststoff erst nach dem Zerkleinern wieder mit Zentrifugen und Sieben, was nicht wirklich gelingt.¹²

Der Bundesrat hat am 21. September 2018 auf Antrag der Länder Schleswig-Holstein und Baden-Württemberg eine Entschließung zur Vermeidung von Kunststoffverunreinigungen in der Umwelt infolge der Entsorgung verpackter Lebensmittel verabschiedet.¹³ Die Entschließung zielt darauf ab, die stoffliche Verwertung verpackter Lebensmittelabfälle über Kompostierung oder Vergärung ausnahmslos auf den Einsatz kunststofffreier Lebensmittelabfälle zu beschränken. Die Bundesregierung soll mit den Ländern ein bundesweit einheitliches Konzept zur schadlosen und ordnungsgemäßen Verwertung von verpackten Lebensmittelabfällen erarbeiten. Des Weiteren soll die Bundesregierung die geltenden Grenzwerte für Kunststoffanteile in Düngemitteln, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln überprüfen und diese soweit wie möglich absenken.

Neue Vollzugshinweise zur Gewerbeabfallverordnung sollen nun anscheinend klarstellen, dass verpackte Lebensmittel nicht als getrennt gesammelte Bioabfälle anzusehen sind und diese Abfälle auch getrennt von Bioabfällen zu erfassen sind.¹⁴

Plastik im Haushaltsmüll minimieren

Ein anderes Thema sind die privaten Bioabfälle. Hier haben die »Fehlwürfe« mit nichtorganischer Substanz, vor allem Plastik, generell wieder zugenommen, nachdem nach einer Aufklärungsphase in den 1990er Jahren die Qualität des Biotonnenabfalls zunächst merklich gestiegen war. Mitglieder des Verbands Humus und Erden Nord (VHE Nord) schildern vor allem zwei Gründe, warum die »Fehlwürfe« wieder ansteigen: Zum einen gäben die Kommunen kaum Geld für Aufklärungsarbeit und Kontrolle bzw. Sanktionierung bei wiederholter Verunreinigung aus. Zum anderen gibt es inzwischen überall sog. »biologisch abbaubare« Plastikbeutel zu kaufen, die die Kunden natürlich gerne für ihren Bioabfall benutzen. Nur, dass diese in normalen Kompostwerken gar nicht kompostierbar sind.

Und das ist eigentlich Politikversagen, denn diese Beutel hätten gar nicht zugelassen werden dürfen, jedenfalls nicht mit dem Label »biologisch abbaubar« oder »kompostierbar«. Sie sind nämlich nur im Labor unter definierten Bedingungen »abbaubar«, in Kompostwerken oder in Freilandböden aber nicht. Sie müssten daher schleunigst aus dem Verkehr gezogen werden, weil sie den Verbrauchern suggerieren, den Biomüll in Plastiktüten zu entsorgen, sei gar nicht so schlimm. Darüber hinaus braucht es wieder Aufklärungskampagnen über den Umgang mit Biomüll und strenge Kontrollen seitens der Kommunen: Wer kein Plastik in seiner Blumenerde will, der darf auch keines in den Biomüll schmeißen!

Fazit

Kein Verbraucher wird sich motivieren lassen, ein wenig Aufwand mit seinem Biomüll zu betreiben (z. B. Küchenbehälter, deren Inhalt man direkt in die Biotonne leert und dann spült), wenn er dann in der Zeitung liest, dass organische Gewerbeabfälle mit der Verpackung geschreddert werden. Und es kann nicht die Aufgabe der Kompostwerke sein, mit End-of-pipe-Technik zu verhindern, dass unsere wichtigste Lebensgrundlage Boden langsam aber sicher zu einem Plastikendlager wird. Wir können es uns aber auch nicht leisten, auf Millionen Tonnen wertvollen organischen Materials aus unseren Siedlungsabfällen zu verzichten. Es bedarf daher einiger Anstrengung, das Plastik wenigstens in den Bereichen, die wir kurz- und mittelfristig beeinflussen können, vom Boden fern zu halten.

Folgerungen & Forderungen

- Gewerbliche Lebensmittelabfälle müssen grundsätzlich entpackt werden.
- Kunststoffe, die in Kompostwerken, Gäranlagen oder im Freien nicht zerfallen, dürfen nicht mehr als »biologisch abbaubar« zertifiziert werden.
- Es bedarf eines bewussten kommunalen Qualitätsmanagements und einer Aufklärungsinitiative zur Handhabung der »Biotonne« sowie besserer Kontrollen und Sanktionen bei »Fehlwürfen«.
- Verbot von Polymeren und »Superabsorbent« als sog. »Bodenverbesserer«. Kunststoffe verbessern Böden nicht!
- Der Reifenabrieb ist nur eine von vielen massiven Umweltbelastungen durch zu viel Individual- und Gewerbeverkehr. Wir brauchen intelligente, schadstoffarme, klimafreundliche Mobilitätssysteme.

Der ganze Kreislaufgedanke wird sich in den nächsten Jahren vermehrt mit dem Thema Schad- und Fremdstoffbelastung auseinandersetzen müssen. Ein Cradle-to-Cradle-Prinzip (ins Deutsche übersetzt: »Von der Wiege zur Wiege« – die Vision einer abfallfreien Wirtschaft mit natürlichen und technischen Kreisläufen) funktioniert letztendlich nur, wenn schädliche und unnötige Stoffe schon am *Beginn* eines Lebenszyklus von Produkten weitestgehend vermieden werden.

Anmerkungen

- 1 Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft: Forschungs- und Innovationsprojekt: Mikroplastik auf landwirtschaftlichen Flächen, Biogasanlagen und Komposten (www.lfl.bayern.de/zentrale_analytik/217348/index.php). – »Unterschätzte Gefahr: Mikroplastik auf dem Trockenem.« Pressemitteilung des Leibniz-Instituts für Gewässerökologie und Binnenfischerei vom 5. Februar 2018 (www.igb-berlin.de/news/unterschaetzte-gefahr-mikroplastik-auf-dem-trockenen). – L. Nizzetto, M. Futter and S. Langaas: Are agricultural soils dumps for microplastics of urban origin? In: *Environmental Science & Technology* 50 (2016), pp. 10777–10779.
- 2 »Wie gefährlich ist Reifenabrieb?« Pressemitteilung des Fraunhofer-Instituts für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT vom 19. Februar 2018 (www.umsicht.fraunhofer.de/de/presse-medien/pressemitteilungen/2018/tyrewearmapping.html).
- 3 »Bindegarne, Netze und Folien sachgerecht und vollständig entsorgen. Gefahr für Tiere und Umwelt.« Pressemitteilung des Deutschen Bauernverbands vom 28. April 2011 (www.bauernverband.de/bindegarn-netze-folien-sachgerecht-entsorgen). – Siehe auch die Initiative ERDE (Erntekunststoffe Recycling Deutschland) (www.erde-recycling.de/ueber-erde/was-ist-erde.html).
- 4 F. Dürmeier: »Wir verlieren unwiderruflich die besten Böden.« In: *Süddeutsche Zeitung (SZ.de)* vom 30. Juni 2019 (www.sueddeutsche.de/wissen/spanien-landwirtschaft-wuesten-desertifikation-wasser-1.4503130).
- 5 »Klärschlamm findet seltener Verwendung in der Landwirtschaft.« Pressemitteilung von proplanta vom 28. November 2018 (www.proplanta.de/Agrar-Nachrichten/Umwelt/Klaerschlamm-findet-seltener-Verwendung-in-der-Landwirtschaft_article1543386982.html).
- 6 Die Abbildung ist entnommen aus A. A. de Souza Machado: Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems. In: *Global Change Biology* 24/4 (2018), p. 1410.
- 7 Ebd. – Siehe auch ders.: Ein Problem mit ungewissen Folgen. In: *Ökologie & Landbau* Nr. 4 (2018), S. 32–34.
- 8 P. Schwabl: Assessment of microplastic concentrations in human stool. Vortrag 2018 (https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/presse/news_2018/UEG_Week_2018_-_Philipp_Schwabl_Microplastics_Web.pdf).
- 9 European Environmental Bureau (EEB): The problem of pharmaceutical pollution (<https://eeb.org/the-problem-of-pharmaceutical-pollution/>).
- 10 »ECHA proposes to restrict intentionally added microplastics.« Press release of the European Chemicals Agency (ECHA) dated 30. January 2019 (<https://echa.europa.eu/de/-/echa-proposes-to-restrict-intentionally-added-microplastics?>).
- 11 Antwort der Bundesregierung auf eine kleine Anfrage von BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN zu »Mikroplastik – Gefahr für Umwelt und Gesundheit«. Bundestags-Drucksache 192451 vom 4. Juni 2018 (<http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/19/024/1902451.pdf>).
- 12 P.-A. Kroeske: Plastikmüll aus dem Supermarkt auf dem Acker. Deutschlandfunk vom 10. Juli 2018 (www.deutschlandfunk.de/lebensmittel-abfaelle-plastikmuell-aus-dem-supermarkt-auf.697.de.html?dram:article_id=422524).
- 13 Entschließung des Bundesrats zur Vermeidung von Kunststoff-Verunreinigungen in der Umwelt bei der Entsorgung verpackter Lebensmittel vom 26. Juni 2018 (Bundesrat-Drucksache 303/18) (www.bundesrat.de/SharedDocs/beratungsvorgaenge/2018/0301-0400/0303-18.html).
- 14 »Vollzugshinweise zur Gewerbeabfallverordnung beschlossen.« Pressemitteilung des EUWID Branchendienstes Recycling und Entsorgung vom 13. Februar 2019 (www.euwid-recycling.de/news/politik/einzelansicht/Artikel/vollzugshinweise-zur-gewerbeabfallverordnung-beschlossen.html).



Dr. Andrea Beste

Diplomgeografin, Agrarwissenschaftlerin und Bodenexpertin gründete 2001 das Büro für Bodenschutz und Ökologische Agrarkultur.

Büro für Bodenschutz & Ökologische Agrarkultur
Kurfürstenstr. 23, 55118 Mainz
gesunde-erde@posteo.de
www.gesunde-erde.net