

Kunststoffe in Böden

Derzeitiger Kenntnisstand zu Einträgen und Wirkungen

1 Einführung

Kunststoffe sind vielseitig einsetzbar und erleichtern uns das Leben in vielen Bereichen. Zum Problem können Kunststoffe werden, wenn sie in die Umwelt gelangen und dort von Organismen aufgenommen und in die Ökosysteme eingetragen werden. Folgen der Verunreinigungen mit großen Kunststoffteilen wie Plastiktüten sind offensichtlich, doch auch das kaum sichtbare Mikroplastik birgt Risiken für die Umwelt und die menschliche Gesundheit. Denn einmal in die Umwelt eingetragen, kann Mikroplastik kaum zurückgeholt werden und verbleibt in der Umwelt.

Durch die geringe Größe kann Mikroplastik leicht von Lebewesen aufgenommen und entlang der Nahrungskette angereichert werden. Welche Konzentrationen für Mensch und Umwelt sicher sind, kann zurzeit noch nicht abgeschätzt werden, da nicht genügend aussagekräftige Studien vorliegen. Aufgrund der Besorgnis bereitet die EU-Kommission ein weitreichendes Verwendungsverbot für Mikroplastik vor, das 2022 in Kraft treten soll.

- ▶ Kunststoffe werden in der Umwelt überwiegend nur langsam abgebaut.
- ▶ Große Kunststoffteile, auch Makroplastik genannt, können sich im Laufe der Zeit zu Mikroplastik zersetzen.
- ▶ Die Entfernung von Mikroplastik aus den verschiedenen Umweltkompartimenten ist kaum möglich.
- ▶ Mikroplastik zersetzt sich im Laufe der Zeit zu immer kleineren Fragmenten.

Inzwischen finden sich Kunststoffpartikel nahezu überall: in Flüssen, Seen, Meeren, Biota und in den Böden. Diskutiert wird auch, ob Kunststoffpartikel in der Luft vorkommen, im Trinkwasser und in anderen Lebensmitteln. Ausführliche Informationen finden Sie in der UBA-Broschüre „Kunststoffe in der Umwelt“ (<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/kunststoffe-in-der-umwelt>). Das vorliegende Papier widmet sich den Kunststoffen in Böden und zeigt Vorkommen und Folgen für die Umwelt, benennt Forschungsbedarfe und notwendige Maßnahmen, um Kunststoffeinträge in die Böden wirksam zu reduzieren und den Zustand der Umwelt zu verbessern.

1.1 Begriffsbestimmungen

1.1.1 Kunststoffe

Kunststoffe bestehen überwiegend aus synthetischen Polymeren. Man unterscheidet Thermoplaste, Duroplaste. Gummi zählt ebenfalls zu den Polymeren, auch Elastomere genannt. Auch aus solchen Materialien können Mikropartikel in die Umwelt eingetragen werden, sie werden deshalb zur Vereinfachung in diesem Dokument als Mikroplastik bezeichnet. Kunststoffe enthalten oft zusätzliche Stoffe (Additive) wie Antioxidantien, Weichmacher, Flammschutzmittel oder UV-Schutzmittel, um ihnen bestimmte Eigenschaften zu verleihen.

1.1.2 Mikroplastik

Der Begriff Mikroplastik ist bisher international nicht einheitlich definiert. Im Allgemeinen versteht man darunter feste, wasserunlösliche Kunststoffpartikel oder Kunststofffasern, welche kleiner als 5 mm sind. Größere Partikel bezeichnet man als Meso- und Makroplastik. Partikelgrößen kleiner 1 µm werden auch Nanoplastik genannt. Die Größenangaben beziehen sich jeweils auf die größte räumliche Ausdehnung des Plastikpartikels.

Zudem unterscheidet man primäres und sekundäres Mikroplastik.

Als primäres Mikroplastik gelten Mikropartikel aus Kunststoff, die als solche zielgerichtet produziert und verwendet werden. Beispiele hierfür sind Bestandteile in Kosmetika (z.B. in Peelings) oder Reinigungs- und Strahlmittel für die Industrie.

Sekundäres Mikroplastik entsteht durch die Zerkleinerung/Verwitterung von Makroplastik. Dazu zählt z.B. bei der Nutzung entstandenes Mikroplastik, wie Reifenabrieb bei Fahrzeugen und von Textilien oder Folien abgelöste Fasern beziehungsweise Partikel.

2 Eintragspfade von Kunststoffen in Böden

Mikroplastik gelangt über unterschiedliche Wege in die Umwelt. Die Abbildung 1 Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. stellt verschiedene Pfade beziehungsweise Quellen für den Eintrag von Mikroplastik in Böden dar, von denen im Folgenden einige kurz beschrieben werden.



Abbildung 1: Maßgebliche Eintragspfade von Kunststoffen in Böden

2.1 Reifenabrieb

Rund 40 Prozent des Reifenabriebs wird auf Böden abgelagert. Reifenabrieb ist damit nach dem heutigen Kenntnisstand die größte Quelle für sekundäres Mikroplastik in der Umwelt (Bertling et al. 2018). Eine aktuelle UBA-Studie (geplante Veröffentlichung Ende 2020) geht von 130.000 bis 160.000 Tonnen Reifenabrieb auf deutschen Straßen pro Jahr aus, die in die Umwelt eingetragen werden (UBA unveröffentlicht).

Die Einträge variieren zwischen städtischen und ländlichen Räumen, in Abhängigkeit von Straßentyp, -führung und -beschaffenheit sowie mit Fahrzeugdichte und Fahrverhalten. Ebenso spielt die Partikelgröße des Abriebs eine Rolle: Der Feinstaubanteil des Reifenabriebs, mit Partikelgrößen von kleiner als $10\ \mu\text{m}$, wird mit der Luft verteilt und auf Böden abgelagert. Sein Anteil am gesamten Reifenabrieb liegt jedoch bei unter 5 Prozent. In ländlichen Räumen und entlang von Autobahnen gelangt ein Großteil des Reifenabriebs mit Partikeln größer als $10\ \mu\text{m}$ über die Luft und Niederschlagswasser von den Straßen auf Böden in unmittelbarer Nähe zu den Verkehrswegen. In bebauten Gebieten wird ein Großteil des Reifenmaterials abgespült und gelangt in die Kanalisation. Ein Teil der Partikel aus dem Abwasser kann über den Pfad Klärschlamm wiederum auf Böden gelangen.

2.2 Sport- und Reitplätze

Fast alle Kunstrasenplätze in Deutschland enthalten kunststoffhaltige Granulate. Auf 50 Prozent der Plätze werden neu produzierte Granulate verwendet, 48 Prozent werden mit Granulaten aus Altreifen hergestellt. Nur auf rund 2 Prozent der Plätze kommen natürliche Werkstoffe wie Kork zum Einsatz (ECHA 2017). Nach ersten Schätzungen gelangen in Deutschland rund 11.000 Tonnen Kunststoffpartikel pro Jahr von Kunstrasenplätzen durch Verwehung und Verschleppung in die Umwelt

und damit vornehmlich auf Böden (Bertling et al. 2018). Die UBA-Studie (geplante Veröffentlichung Ende 2020) gibt etwas geringere Umwelteinträge durch Kunstrasenplätze an: zwischen 1.500 und 2.300 Tonnen pro Jahr (UBA unveröffentlicht). Damit sind Granulate für Kunstrasenplätze ein relevanter Eintragspfad für Kunststoffe in Böden. Zudem können im Kunstrasen enthaltene Schadstoffe ausgewaschen werden. Insbesondere die Granulate aus Altreifen können Schadstoffe wie Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Phthalate, flüchtige organische Verbindungen, Schwermetalle und weitere Funktionschemikalien enthalten (ECHA 2017).

Seit einigen Jahren werden Kunststoffe vermehrt auch in Reitböden eingesetzt. Es kommen sowohl Mischungen von Kunststoffen und Sand als auch Reitböden aus 100 Prozent Kunststoffen zur Anwendung. Dabei handelt es sich um Verschnitte und Reste von Geotextilien, Vliesen aus der Automobilherstellung und andere Sekundärmaterialien. Gründe für den Einsatz der Kunststoffe sind u.a. die Schonung der Pferde-Gelenke und bessere Eigenschaften des Reitbodens im Außenbereich in der kalten Jahreszeit. Es liegt es nahe, dass Chemikalien auch aus diesen Kunststoffen in die Böden gelangen und möglicherweise in das Grundwasser ausgewaschen werden sowie durch Verwitterungsprozesse und Nutzung des Reitplatzes Mikroplastik entsteht und in die Umwelt gelangt. Untersuchungen dazu sind in Vorbereitung.

2.3 Landwirtschaft und Gartenbau

Die Böden von Äckern, Wiesen, Weiden und Sonderkulturen sind durch Einträge von Kunststoffen über unterschiedliche Pfade betroffen. Erste stichprobenartige Ergebnisse legen nahe, dass in nahezu allen landwirtschaftlichen Böden Kunststoffpartikel nachgewiesen werden können. Ein großer Teil davon stammt wiederum aus der Landwirtschaft und dem Gartenbau selbst (Wanner 2021).

Die eingetragenen Kunststoffe lassen sich hierbei grob in folgende Gruppen unterteilen.

- ▶ Nicht vorsätzlich eingetragene Kunststoffe:
 - über organische Düngemittel (Klärschlamm, Komposte, Gärreste);
 - durch Abrieb und Fragmentierung von landwirtschaftlich genutzten Folien, Vliesen und Netze;
 - Reifenabrieb; maßgeblich über die Luft eingetragen (vorwiegend aus nicht-landwirtschaftlichen Quellen)
 - Pflanztöpfe (Eintrag durch Absplittern/Abtrennen kleiner Fragmente oder nicht vollständige Entnahme)
- ▶ Vorsätzlich eingetragene Kunststoffe:
 - Dünge- und/ oder Pflanzenschutzmittel (kunststoffumhüllte Langzeitdünger);

- „Bodenverbesserungsmittel“ und Bodenstabilisierer, vor allem für den Gartenbau (Mulchfolien, und geotechnische Anwendungen)

Es gibt bereits gesetzliche Regelungen, um unbeabsichtigte Kunststoffeinträge durch Komposte und Klärschlämme in Böden einzuschränken. Hierfür sind in der Düngemittelverordnung Fremdstoffgrenzwerte festgelegt. Bei deren Ausschöpfung könnten aktuell rund 4.000 t Kunststoff über Klärschlämme und 20.000 t über Komposte je nach Aufbringungsrythmus legal auf Böden aufgebracht werden (UBA 2019).

Verunreinigungen im Kompost minimieren

Komposte und Gärreste können eine umweltfreundliche Alternative zu Mineraldüngern sein. Doch Fehlwürfe in der Biotonne (Verpackung + Tüten) verunreinigen diesen natürlichen Dünger. Kunststoffeinträge durch Kompost liegen schätzungsweise im Bereich zwischen 1.000 und 3.350 Tonnen pro Jahr. Um den Kunststoffeintrag in Böden durch Komposte zu verringern, sollten keine Kunststoffe mit dem Biomüll oder Grüngut entsorgt werden. Hierzu zählen unter anderem:

- ▶ Kunststoffbeutel zur Auskleidung des Müllbehälters. Auch bioabbaubare Kunststoffe werden häufig nicht vollständig abgebaut. Erschwert wird ein Abbau zudem durch die Verknotung der Beutel. Nach neuer Zertifizierung gilt für Bioabfallbeutel eine vorgegebene Abbauphase von 6 Wochen <https://www.dincertco.de/din-certco/de/main-navigation/products-and-services/certification-of-products/environmental-field/dinplus-bioabfall-beutel/>.
- ▶ Kunststoffverpackungen (mit Lebensmittelresten) und weitere Kunststoffprodukte wie Milchdöschen, Kaffeekapseln oder Blumentöpfe. Diese Kunststoffverpackungen sind generell über die gelbe Tonne oder gelbe Säcke zu entsorgen.
- ▶ Kunststoffsäcke zum Transport von Pflanzenabfällen.
- ▶ Gartenmaterial wie Pflanzentöpfe, Schnüre, Klammern, Bindedrähte und Ähnliches.

Beispiel Klärschlamm

Große Mengen von Kunststoffen aus vielzähligen Quellen gelangen mit dem Abwasser in die Kläranlagen. Dabei sind vor allem der Faserabrieb bei Textilwäsche sowie Inhaltsstoffe von Wasch- und Pflegeprodukten von Bedeutung (Sexlinger et al. 2019, Bertling et al. 2018).

In Kläranlagen wird ein Großteil der Kunststoffpartikel aus dem Abwasser entfernt (Liebmann 2015). Von den Makrokunststoffpartikeln im Abwasser wird der größte Anteil bereits als Rechengut oder Sandfang entzogen und anschließend entsorgt. Allerdings verbleibt auch ein Teil im Klärschlamm. Bei den Mikropartikeln (1 - 5 mm) ändert sich dieses Verhältnis. Ein geringer Teil wird als Rechengut und Sandfang entzogen und der größere Massenanteil verbleibt im Klärschlamm.

Ein Teil des Kunststoffaufkommens in Kläranlagen gelangt z.B. als Düngemittel auf Böden. Schätzungen gehen von 1.500 – 3.000 Tonnen jährliche Kunststoffeinträge in Böden durch Klärschlämme aus (UBA unveröffentlicht). Bei kontinuierlicher Anwendung von Klärschlämmen als Düngemittel können sich Kunststoffe in landwirtschaftlichen Böden anreichern.

2.4 Littering

Littering bezeichnet das achtlose oder illegale Einbringen von Kunststoffen in die Umwelt, zum Beispiel das Wegwerfen von Kunststoffflaschen. Die dadurch in die Umwelt gebrachten Kunststoffmengen sind bislang noch nicht erfasst (Bertling et al. 2018). Erste Schätzungen gehen davon aus, dass durch Littering jährlich bis zu ca. 4.000 t Kunststoffe pro Jahr auch nach kommunalen Reinigungsmaßnahmen in der Umwelt verbleiben. Achtlos weggeworfene Zigarettenfilter tragen zu geschätzten dauerhaften Einträgen von 160 bis 1.600 Tonnen pro Jahr in Deutschland bei (UBA unveröffentlicht).

3 Verhalten von Kunststoffen in Böden

3.1 Verweilzeiten und Abbau

Kunststoffe in Böden können durch physikalische, chemische und biologische Prozesse abgebaut werden. Dazu gehören z.B.:

- ▶ physikalische Zerkleinerung (Abrieb, Temperaturwechsel, Feuchtigkeitswechsel, mechanische Zerkleinerung durch Bodenorganismen wie Käfer, Schnecken, Würmer, Asseln, Milben),
- ▶ Spaltung chemischer Bindungen durch Sonnenlicht (nur an der Bodenoberfläche),
- ▶ chemische Zersetzung durch Oxidation,
- ▶ hydrolytischer Abbau
- ▶ Abbau durch Enzyme und Mikroorganismen

Je nach Kunststoffart, Partikelgröße und vorherrschenden Umweltbedingungen ergeben sich sehr verschiedene Abbauezeiten. Wie lange diese sein können, dazu gibt es noch keine validen Aussagen. Fakt ist, dass Mikroplastik sehr lange in der Umwelt verbleibt.

Biologisch abbaubar, kompostierbar, bodenabbaubar – was ist der Unterschied?

Biologisch abbaubarer Kunststoff:

Kunststoff, der durch Organismen und Enzyme unter bestimmten Bedingungen in Kohlenstoffdioxid, Wasser, Methan, mineralische Salze mineralisiert oder in Biomasse umgewandelt werden kann.

In verschiedenen Normen sind Bedingungen für den Abbau festgelegt, die z.B. den Bedingungen in einer Kompostierungsanlage oder im Boden entsprechen sollen.

Kompostierbarer Kunststoff gemäß DIN EN 13432:

Unter den Bedingungen einer industriellen oder halbindustriellen Kompostierungsanlage müssen 90 Prozent der Masse innerhalb von 180 Tagen in Kohlenstoffdioxid umgewandelt werden (DIN EN 13432). Nach zwölf Wochen muss der Kunststoff weitgehend zerfallen sein. Es dürfen nicht mehr als 10 Prozent der ursprünglichen Trockenmasse als Stücke größer als 2 mm wieder auffindbar sein. Auch die verwendeten Zusatzstoffe und Additive müssen, wenn sie mehr als 1 Prozent der Masse ausmachen, die Anforderungen der Norm erfüllen. Unterschreitet ihr Anteil im Kunststoff die Marke von 5 Prozent, muss zumindest nachgewiesen werden, dass sie für die Kompostierung unbedenklich sind.

Eine Kompostierungszeit von zwölf Wochen wird in vielen Kompostieranlagen nicht erreicht. Deshalb wurde das Zertifizierungsprogramm „DINplus Bioabfall-Beutel“ mit einer vorgegebenen Abbauzeit von 6 Wochen entwickelt:

<https://www.dincertco.de/din-certco/de/main-navigation/products-and-services/certification-of-products/environmental-field/dinplus-bioabfall-beutel/>.

Bodenabbaubare Kunststoffe gemäß DIN EN 17033:

Nach 730 Tagen und bei Temperaturen unter 28 °C ist mehr als 90 Prozent des Materials zersetzt.

Die Bioabbaubarkeit wird durch die chemische und physikalische Zusammensetzung, räumliche Zugänglichkeit und Partikelgröße beeinflusst. Je kleiner ein Partikel ist, desto größer ist seine relative Oberfläche und desto höher ist die potentielle biologische Abbaurate. Auch Bodeneigenschaften beeinflussen den Abbau. So zeigt sich z.B. in ton- und lehmhaltigen Böden tendenziell ein besserer Abbau von Kunststoffen als in sandigen Böden. Dies wird auf das reichere Bodenleben mit seiner bemerkenswerten Artenanzahl und hoher Anzahl an Individuen sowie günstigere Wasserverhältnisse in diesen Böden zurückgeführt (Emadian et al. 2017).

3.2 Verlagerung im Boden und Übergang in andere Umweltmedien

Gelangen Kunststoffpartikel auf Böden, können sie durch Transportprozesse in tiefere Schichten verlagert werden. In Abhängigkeit vom Bodentyp und der Nutzung werden die Partikel dabei vertikal und horizontal verlagert. Das sind generalisierte Beobachtungen von Stoffen in Böden. Auch wenn es noch sehr wenige forschungsbasierte Aussagen zu Kunststoffen in diesem Zusammenhang gibt, ist davon auszugehen, dass die nachstehenden Prozesse maßgeblich zur Einmischung und Verlagerung von Kunststoffpartikeln in Böden beitragen:

- ▶ Pflügen des Oberbodens und Tiefenlockerung,
- ▶ Transport und Verteilung entlang von Sickerwasserbahnen (z.B. präferentieller Fluss bei Trocknungsrisse),
- ▶ biotische und abiotische Mischungsprozesse (Transport durch Bodenlebewesen, Quellungs- und Schrumpfungsprozesse etc.),
- ▶ Transport durch Bodenporen.

Die wichtigsten Prozesse des Transportes von Mikro- und Nanopartikeln in Böden sind an das Bodenwasser geknüpft, wenn diese im Wasser verteilt sind. Ändern sich in tieferen Bodenschichten die Porosität oder die chemischen Verhältnisse, kommt es zur Filtration und somit zur Ablagerung der Partikel im festen Bodensubstrat (Zhou et al. 2020). An Standorten mit grober Bodentextur und/oder niedrigem Grundwasserflurabstand ist ein Eintrag von Kunststoffpartikeln ins Grundwasser mit dem Bodenwasser grundsätzlich möglich. Bestimmte Kunststoffe hingegen werden durch festes Einbinden in organische Bodensubstanz (Einbau in die Struktur) immobilisiert.

4 Wirkungen von Kunststoffen im Boden

4.1 Wirkung auf Bodeneigenschaften

Kunststoffe können physikalische, chemische und biologische Bodeneigenschaften beeinflussen. Beim Einsatz sogenannter Bodenverbesserungsmittel werden Änderungen bewusst vorgenommen, zum Beispiel wird durch den Einsatz von Mulchfolien eine Verbesserung des Wasserhaltevermögens in trockenen Gebieten erreicht, in dem die Evapotranspiration stark eingeschränkt wird. Ein weiteres Beispiel ist der Einsatz von Styroporkügelchen für eine bessere Durchlüftung von Erden im Gartenbau.

Erste wissenschaftliche Untersuchungen zeigen die folgenden – nicht beabsichtigten – Wirkungen auf Böden durch Kunststoffe (Zhou et al. 2020):

- ▶ verminderte Bodendichten

- ▶ erhöhte Verdunstung von Wasser auf unbewachsenem Boden
- ▶ veränderte Aggregatbildung
- ▶ Veränderung der mikrobiellen Aktivität

Eine generelle Einschätzung der Wirkung auf Bodeneigenschaften von in der Umwelt tatsächlich vorhandenen Kunststoffmengen ist bislang nicht möglich. Dennoch deutet sich an, dass Mikroplastik einen relevanten und langfristig wirksamen Stressfaktor im Ökosystem Boden darstellt (Zhou et al. 2020, ECHA 2020).

4.2 Kunststoffe als Träger von Chemikalien im Boden

Kunststoffe an sich beteiligen sich kaum an biochemischen Reaktionen, weshalb sie lange Zeit als ungefährlich für Mensch und Umwelt galten. Aber sie rücken als potentielle Quelle für Chemikalien in Böden zunehmend in den Fokus (ECHA 2020; Zhou et al. 2020). Für eine Bewertung der Ökotoxizität von Kunststoffen sind folgende Stoffgruppen von großer Relevanz:

- ▶ Ausgangs- und Hilfsstoffe der Kunststoffherstellung

Kunststoffe enthalten häufig Rückstände der Ausgangs- und Hilfsstoffe aus der Herstellung. Hierzu zählen unter anderem unvollständig reagierte Fragmente, Katalysatorrückstände und Lösungsmittel.

- ▶ Additive Funktionsstoffe

Um Kunststoffen gewünschte Eigenschaften zu verleihen, werden vielzählige additive Chemikalien wie Antioxidanten, Weichmacher, Flammenschutzmittel, Biozide, sowie UV- und Wärmestabilisatoren eingesetzt. Für Weichmacher sind z.B. eine ganze Reihe schädlicher Wirkungen auf aquatische Organismen nachgewiesen. Auch wenn bislang nur sehr wenige Studien mit Bodenorganismen vorliegen, sind ähnliche Wirkungen zu erwarten, da ein großer Teil der Bodenfauna im Bodenwasser lebt. Hier werden eine Reihe von derzeit laufenden Forschungsprojekten mehr Ergebnisse beitragen können.

- ▶ Angelagerte Schadstoffe aus umgebendem Wasser und Bodenmaterial

Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen haben dargestellt, dass Kunststoffe Schadstoffe aus dem sie umgebenden Wasser anlagern und an ihren Oberflächen anreichern können. Die wenigen Studien zu diesem Thema in Böden bestätigen die Erkenntnisse aus wässriger Umgebung (Wanner 2021, Wang et al., 2019). Für landwirtschaftliche Böden steht dabei unter anderem die Frage im Fokus, wie Kunststoffpartikel mit Pestiziden und Herbiziden interagieren und welche neuen Schadstofftransportmechanismen sich für diese Stoffgruppe daraus ergeben.

4.3 Wirkungen auf Bodenorganismen

Es gibt zwei maßgebliche Formen ökotoxikologischer Wirkungen durch Kunststoffe:

- a) Physikalische Schäden an Geweben und Membranen durch die Partikel selbst und
- b) Transport partikelgebundener Schadstoffe in Habitate und Organismen.

Die ökotoxische Wirkung von Kunststoffen auf Bodenorganismen kann noch nicht abschließen bewertet werden. Die vorliegenden bodenbezogenen Fallstudien und Veröffentlichungen zeigen, dass:

- ▶ Kunststoffpartikel von Bodenorganismen aufgenommen werden können,
- ▶ Kunststoffpartikel in Gewebe eingelagert werden können und eine Anreicherung in Organismen möglich, aber bislang schwer nachweisbar ist,
- ▶ Kunststoffpartikel über verschiedene Stufen der Nahrungskette weitergegeben werden können,
- ▶ Kunststoffpartikel Trägermaterial für Schadstoffe sein können, die dann von Organismen aufgenommen werden.

5 Fazit

Kunststoffpartikel sind sehr langlebig und können sich in Böden anreichern. Kunststoffe werden über verschiedene Pfade in Böden eingetragen. Haupteintragspfade sind nach derzeitigem Kenntnisstand Reifenabrieb, Granulate aus Kunstrasenplätzen sowie die Verwendung von Folien und Vliesen, Düngemitteln, Kompost und Klärschlamm in der Landwirtschaft und im Gartenbau. Auch achtlos weggeworfener Plastikmüll trägt zu Kunststoffeinträgen in Böden bei.

Bislang sind nur wenige Studien zu Wirkungen von Kunststoffen auf Bodenorganismen vorhanden. Diese weisen darauf hin, dass Kunststoffpartikel von Organismen aufgenommen und sich in Geweben und Organen anreichern können. Zudem können Kunststoffe entlang von marinen und terrestrischen Nahrungsketten, bis hin zum Menschen akkumulieren. Kunststoffpartikel können schädliche additive Stoffe enthalten und weitere Schadstoffe aus ihrer Umgebung binden. Hierzu sind bisher nur wenige Studien veröffentlicht.

Bislang gibt es auch zu Kunststoffgehalten in Böden nur wenige Fallstudien. Die geschätzten Eintragsmengen müssen noch durch Messungen überprüft werden. Dazu fehlt bislang eine normierte Analytik, um Kunststoffpartikel in Böden bzw. Feststoff bestimmen und quantifizieren zu können. Insbesondere Nanopartikel können bislang

nicht empirisch erfasst werden. Zudem fehlt eine einheitliche Definition von Partikeltypen und –größen.

6 Forschungsbedarf

Neben den fehlenden normierten Methoden zur Bestimmung von Gehalten in Böden besteht Forschungsbedarf:

- ▶ zum quantitativen Eintrag von Kunststoff über alle Pfade in den Boden,
- ▶ zum Verbleib von Kunststoffen in Böden und deren evtl. Abbau (Zeitachse, notwendige Umweltbedingungen),
- ▶ zum Filtervermögen von Böden,
- ▶ zum Verlagerungsverhalten in das Grundwasser,
- ▶ zum Abtrag von Mikrokunststoffpartikeln mit erodierten Böden und damit Einträge in Oberflächengewässer,
- ▶ zum Leachingverhalten (Auswaschung) von Schadstoffen, gebunden in/an Mikrokunststoffpartikeln, im Boden/in tiefere Bodenschichten und
- ▶ zur Interaktion von Mikrokunststoffen mit Schadstoffen im Boden.

Was kann jeder Einzelne/jede Einzelne von uns ändern, damit Kunststoffe nicht in Böden gelangen?

1. Beim Einkauf (Lebensmittel, Kosmetika, Gebrauchsprodukte) auf Kunststoffanteile achten und ggf. zu plastikfreien Alternativprodukten greifen (hier gibt es Apps für das Handy zum checken).
2. Kunststoffverpackungen soweit möglich vermeiden, bevorzugt Mehrwegbehälter nutzen, zum Beispiel den eigenen Becher für den Coffee-to-go mitbringen oder wiederverwendbare Einkaufsnetze für Obst und Gemüse nutzen.
3. Keinerlei Kunststoffe im Biomüll entsorgen. Auch die sogenannten Bio-Kunststoffe sind keine Alternative und gehören nicht in den Biomüll.
4. Pflanzenerde ohne Kunststoffzusätze kaufen.
5. Unterwegs vorhandene Abfalleimer nutzen, keine Abfälle in der Natur entsorgen, das gilt auch für Zigarettenkippen (hierfür kann man z.B. auch einen sog. Taschenaschenbecher nutzen).

Quellenangaben

Wichtige Studien zu Kunststoffströmen in Deutschland:

Bertling, J.; Bertling, R. & Hamann, L. (2018), 'Kunststoffe in der Umwelt: Mikro- und Makroplastik. Ursachen, Mengen, Umweltschicksale, Wirkungen, Lösungsansätze, Empfehlungen', Technical report, Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT.

<https://www.umsicht.fraunhofer.de/content/dam/umsicht/de/dokumente/publikationen/2018/kunststoffe-id-umwelt-konsortialstudie-mikroplastik.pdf>

Conversio (2018), 'Vom Land ins Meer - Modell zur Erfassung landbasierter Kunststoffabfälle', Technical report, Conversio GmbH, Im Auftrag von BKV GmbH.

UBA, FG III 1.6, unveröffentlichter Forschungsbericht: Kunststoffe in der Umwelt (geplante Veröffentlichung Ende 2020)

Weitere Quellenangaben

Breitbarth, M. und Urban, A. I. (2018), 'Kunststoffe in kommunalen Kläranlagen - Eintrag und Verteilung in ausgewählten Kläranlagen', *Korrespondenz Abwasser, Abfall* · 2018 (65) · Nr. 9 9(65), 800-807.

Burgstaller, M.; Potrykus, A.; Weißenbacher, J.; Kabasci, S.; Merrettig-Bruns, U. & Sayder, B. (2018), 'Gutachten zur Behandlung biologisch abbaubarer Kunststoffe', UBA Texte 57, Umweltbundesamt.

ECHA (European Chemical Agency)(2020), Background Document for the Proposal for a restriction of intentionally added microplastics
<https://echa.europa.eu/documents/10162/2ddaab18-76d6-49a2-ec46-8350dabf5dc6>

Emadian, S. M.; Onay, T. T. & Demirel, B. (2017), 'Biodegradation of bioplastics in natural environments', *Waste Management* 59, 526 - 536.

Liebmann, B. (2015), Mikroplastik in der Umwelt, Vorkommen, Nachweis und Handlungsbedarf, UBA Wien, Report 0550

Sexlinger, K.; Humer, M. & Scheffknecht, C. (2019), *Kunststoffe im Boden - Untersuchungen zu Kunststoffverunreinigungen in landwirtschaftlichen Böden Vorarlbergs*, Vol. Umweltinstitut - Bericht UI-04/2019, Institut für Umwelt- und Lebensmittelsicherheit des Landes Vorarlberg.

Wanner, P., (2021), Plastic in agricultural soils. A global risk for groundwater systems and drinking water supplies? A review, *Chemosphere*, Volume 264, Part 1

Wang, J., Liu, X., Li, Y., Powell, T., Wang, X., Wang, G., Zhang, P. (2019) Microplastics as contaminants in the soil environment: A mini-review, *Science of the Total Environment*, Volume 691, Pages 848-857

Zhou, Y., Wang, J., Zou, M., Jia, Z., Zhou, S., Li, Y., (2020), Microplastics in soils: A review of methods, occurrence, fate, transport, ecological and environmental risks, *Science of the Total Environment*, 748 141368