

Kunststoffe in Kompost und Gärprodukten

Herkunft - Bedeutung - Vermeidung

Zusammenfassung

In der Diskussion über Ursachen und Folgen der zunehmenden Verschmutzung der Umwelt mit Kunststoffen sind auch mögliche Kunstoffeinträge in den Boden über Düngemittel wie etwa Komposte und Gärprodukte in das öffentliche Interesse gerückt.

Der Beitrag Deutschlands an der Verschmutzung der Umwelt ist aufgrund einer geordneten und weithin gut funktionierenden Entsorgungsinfrastruktur relativ unbedeutend. Dennoch beläuft sich die Menge an Kunstoffeinträgen in die terrestrische Umwelt in Deutschland auf schätzungsweise jährlich zwischen 150.000 und 250.000 t [65].

Gegenstand dieses Themenpapiers sind Kunststoffe, die aufgrund von Verunreinigungen von Bioabfällen über Kompost und Gärprodukte in die Umwelt bzw. auf Böden gelangen können, deren Bedeutung sowie Möglichkeiten der Vermeidung. Das Thema biologisch abbaubare Kunststoffe ist nicht Gegenstand dieses Papiers [13].

RAL-gütesicherte Komposte enthalten im arithmetischen Mittel etwa 0,013 Gew.-% Kunststoffe > 1mm, bei den Gärprodukten sind es im Mittel etwa 0,007 Gew.-%. Einzelproben können in einem breiten Spektrum variieren. In den Prüfzeugnissen der RAL-Gütesicherung sind die Gehalte an Gesamt-Kunststoffen unterteilt in Folienkunststoffe und Hartkunststoffe sowie sonstige Fremdstoffe jeweils ausgewiesen [19]. Der Anteil der mit Kompost und Gärprodukten in die Umwelt eingetragenen Mengen an Kunststoffen wird von der BGK derzeit auf ca. 0,2 % der Gesamtkunstoffeinträge berechnet.

Ursache von Verunreinigungen mit Kunststoffen sind v. a. Fehlwürfe von Bürger*innen bei der getrennten Sammlung von Bioabfällen, die nachfolgend in der Behandlung der Bioabfälle technisch nicht vollständig abgetrennt werden können und damit vereinzelt im Kompost ent-

halten sind. Der Vermeidung von Kunstoffeinträgen bei der Sammlung kommt daher eine besondere Bedeutung und Verantwortung jeder einzelnen Person zu.

Der Anteil an Verunreinigungen in Bioabfällen aus Haushaltungen insbesondere mit Kunststoffen hat in den zurückliegenden Jahren zugenommen. Die BGK führt dies auf eine über die Jahre nachlassende Öffentlichkeitsarbeit bei den Getrenntsammlensystemen zurück und darauf, dass punktuelle Eintragsquellen an Fremdstoffen nicht konsequent genug identifiziert und abgestellt werden.

Überall dort, wo Kommunen die Abfallberatung sowie regelmäßige Kontrollen der sortenreinen Bioabfallsammlung wieder intensiviert haben, hat sich dies in einer deutlichen Verbesserung der Qualität der getrennt erfassten Bioabfälle niedergeschlagen [34, 39, 47, 49, 50]. Auch von Seiten des Verbandes kommunaler Unternehmen [63] und der Bundesgütegemeinschaft Kompost [20] wurden Handlungsempfehlungen gegeben.

In der Prozesskette der Bioabfallbehandlung können Kunststoffe zwar weitgehend, aber nicht vollständig abgetrennt werden. Aus diesem Grund kann nicht ausgeschlossen werden, dass aus Bioabfällen hergestellte Komposte oder Gärprodukte einzelne Partikel von Kunststoffen enthalten. In den RAL-Gütesicherungen der BGK werden Kunststoffe allerdings stärker begrenzt als in den geltenden Rechtsbestimmungen.

Der vielfältige Nachweis von Kunststoffen und 'Mikroplastik' in der Umwelt sowie deren mögliche Folgen für Menschen, Tiere und Ökosysteme verunsichert Bürger*innen und Verbraucher*innen in hohem Maße. Die BGK nimmt dieses Thema sehr ernst und verfolgt in ihrem Wirkungsbereich geeignete Lösungsansätze.



Einleitung

In Deutschland ist das Recycling von Bioabfällen seit Jahrzehnten gelebte und funktionierende Praxis. Mit der Nutzung von Bioabfällen werden v. a. folgende Ziele verfolgt:

- Bereitstellung von organischen Düngeprodukten zur Humusversorgung des Bodens,
- Rückführung von Pflanzennährstoffen,
- Substitution von Torf bei der Herstellung von Blumenerden und Substraten sowie
- Erzeugung von Biogas und energetische Nutzung.

Durch die Getrenntsammlung der Bioabfälle trägt jeder Abfallerzeugende dazu bei, dass dieser Rohstoff nutzbringend recycelt wird. Die getrennte Sammlung ist fester Bestandteil der modernen Kreislaufwirtschaft und nach §11 des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG) seit 2015 allgemeine Pflicht [5]. Die Nutzbarmachung der Bioabfälle dient dem langfristigen Ressourcen-, Klima- und Bodenschutz.

Bei der Verwertung von Bioabfällen sind enthaltene Fremdstoffe und insbesondere Kunststoffe ein sensibles Thema. Berichte über inakzeptable Einträge von Kunststoffen bei der Verwertung von Bioabfällen sind zwar Einzelfälle [54], sie haben den Beitrag der Bioabfallverwertung bezüglich Kunststoffeinträgen in die Umwelt aber zurecht aufgeworfen [31, 32].

Das Thema 'Mikroplastik' hat sowohl in der Fachwelt als auch in der Öffentlichkeit einen hohen Grad an Aufmerksamkeit erreicht. Davon zeugen auch die vielen Forschungs- und Entwicklungsvorhaben, die dazu angestoßen wurden [27, 28, 29, 30].

In diesem Themenpapier wird versucht, Kunststoffe und 'Mikroplastik' in Kompost und Gärprodukten sachlich einzuordnen. Neben Forschungsergebnissen werden dazu auch Daten aus den RAL-Gütesicherungen der BGK herangezogen.

Begriffe und Definitionen

Die Begrifflichkeiten 'Plastik' und 'Mikroplastik' leiten sich aus dem englischen Begriff 'plastics' ab und werden umgangssprachlich für Kunststoff oder Mikroplastik verwendet. Der Begriff 'Mikroplastik' bezeichnet kleinste Kunststoffteilchen, welche in der Umwelt identifiziert werden. In der Normung wird aktuell bei Kunststoffteilen zwischen 1 und 1000 μm von 'Mikroplastik' gesprochen (1 mm = 1.000 μm), bei Partikeln von 1 - 5 mm von 'großem Mikroplastik'.

Von Nanopartikeln spricht man bei Partikeln

im Bereich von 1 bis 1.000 Nanometer (1 μm = 1.000 nm). In der Forschungswelt wird empfohlen, unterhalb von 1 mm eine weitere Klassifizierung von Mikroplastik vorzunehmen (1.000 - 500 μm , 500 - 100 μm , 100 - 50 μm , 50 - 10 μm , 10 - 5 μm , 5 - 1 μm). Dies erlaubt eine bessere Bewertung von möglichen Wirkungen auf die Umwelt, eine Vereinfachung bei der analytischen Nachweisbarkeit sowie eine angemessene Einteilung des erwarteten Aufkommens [23].

Der Werkstoff Kunststoff besteht in der Regel überwiegend aus synthetischen Polymeren und zu geringen Anteilen aus Additiven, die funktionale Eigenschaften der verschiedenen Polymere optimieren. Mit dem Begriff 'Kunststoff' werden definitionsgemäß nur die auf thermoplastischen und duroplastischen Polymeren basierenden Materialien gefasst.

Die aus synthetischen Polymeren aufgebauten Elastomere (z. B. Styrol-Butadien-Kautschuk), chemisch modifizierte natürliche Polymere (z. B. Viskose, Cellophan) sowie auf synthetischen Polymeren basierende Produkte (z. B. Fasern, Lacke, Reifen) werden, auch wenn sie keine Kunststoffe im engeren Sinne sind, in den Diskussionen und Forschungsaktivitäten mit betrachtet [23]. Auch aus ihnen können Mikropartikel entstehen, die als synthetische Polymere identifiziert werden.

Als 'primäres Mikroplastik' werden Teilchen bezeichnet, die für bestimmte Verwendungen gezielt hergestellt und eingesetzt werden, wie z. B. in Kosmetikartikeln mit Peeling-Effekten.

Von 'sekundärem Mikroplastik' spricht man, wenn größere Kunststoffteile durch Außeneinwirkungen wie Wärme, UV-Strahlung oder mechanische Zerkleinerung zerfallen. Nach heutigem Kenntnisstand stellt sekundäres Mikroplastik die Haupteintragsquelle in die Umwelt dar.

Einträge und Verhalten in der Umwelt

Im Gegensatz zu den Bereichen Gewässer und Ozeane ist der Wissensstand zum Vorkommen von Kunststoffen in der terrestrischen Umwelt geringer. Es liegen aber auch für die terrestrische Umwelt Untersuchungen und Aussagen vor, die Quantifizierungen und Abschätzungen der Einträge von Kunststoffen aus unterschiedlichen Quellen ermöglichen [21, 33, 36, 37, 59, 65].

Als Eintragspfade diskutiert werden u. a.

- Littering, d. h. unregelmäßige Entsorgung von Kunststoffen in die Umwelt, z. B. an Straßenrändern, Parkplätzen, öffentlichen

Grünanlagen, Baustellen, Industrieanlagen usw.,

- Abrieb von Reifen, Fahrbahnmarkierungen, Kunstrasen, Besen und Kehrmaschinen, Schuhsohlen, Farben und Lacke,
- Agrarkunststoffe wie Mulchfolien,
- Dünge- und Bodenverbesserungsmittel aus der Bioabfallverwertung,
- Mineraldünger (z. B. kunststoffumhüllte Langzeitdünger) und
- Einträge über Klärschlamm und Partikeltransport aus aquatischen Systemen (Überflutungsgebiete).

Erste Schätzungen über Gesamteinträge von Kunststoffen in die Umwelt beliefen sich auf 450.000 t p. a. [36]. Neuere Zahlen des UBA gehen von einer Spanne von 150.000 bis 250.000 t p.a. aus [65].

Kunststoffe gelten als abbaustabil. In der Umwelt werden sie nur über lange Zeiträume abgebaut. Das gilt für Kunststoffe in Gewässern und Meeren ebenso wie in Böden.

Kunststoffe wie Polyethylen (PE) und Polypropylen (PP) unterliegen langfristig Oxidationsprozessen, die zu einem Kettenabbau führen. Unter Einwirkung von UV-Strahlen und Wärme wird der Abbau beschleunigt. Kleine Partikel werden aufgrund der geringeren Diffusionslimitierung für Sauerstoff im Partikel schneller abgebaut als große Partikel. Andere Kunststoffe wie etwa Polyester (PET-Flaschen) können sich auch durch hydrolytische Effekte zersetzen.

Die Desintegration und der Abbau von Kunststoffen verlaufen in Umweltmedien wie Wasser und Böden sehr langsam. Annahmen über die Länge der Zeiträume variieren in einem weiten Bereich (wenige Jahrzehnte bis hunderte von Jahren).

Unabhängig davon, ob und wenn ja in welchen Zeiträumen Kunststoffe in Böden abgebaut werden können, muss das oberste Ziel sein, den Eintrag dieser Stoffe, die nicht natürliche Bestandteile von Böden sind, grundsätzlich zu vermeiden oder so weit als möglich zu begrenzen [16, 40, 44, 53].

Einträge aus der Bioabfallverwertung

Nach Angabe des Statistischen Bundesamtes wurden im Jahr 2021 in biologischen Behandlungsanlagen (Kompostierung, Vergärung, kombinierte Anlagen) 14,63 Mio. t Inputmaterialien verarbeitet [56].

Die Bioabfälle stammen hauptsächlich aus der getrennten Sammlung aus privaten Haus-

haltungen, der separaten Sammlung von Garten- und Parkabfällen sowie aus dem Gewerbe.

Für die quantitative Analyse von Fremdstoffen und Kunststoffen in Bioabfällen hat die BGK zwei standardisierte Untersuchungsmethoden veröffentlicht. Die Methode der 'Gebietsanalyse' bezieht sich auf die Feststellung der Fremdstoffgehalte in Bioabfällen eines gesamten Entsorgungsgebietes [8]. Die Methode der Chargenanalyse bezieht sich auf die Feststellung der Fremdstoffgehalte in einer Fahrzeugladung von Biogut bei deren Anlieferung an der Behandlungsanlage [9]. Zur qualitativen Bewertung von Fremdstoffen in festen Bioabfällen wurden darüber hinaus die Methoden der 'Bonitur' [11] und der 'Sichtkontrolle' [10] entwickelt, die ebenfalls bei der Anlieferung von Bioabfällen an Behandlungsanlagen eingesetzt werden. Eine Methode zur Biotonnenkontrolle [12] komplettiert die von der BGK veröffentlichten Methoden zur Untersuchung von Bioabfällen.

Biotonne: Nach den Vorschriften des KrWG sind Bioabfälle aus privaten Haushaltungen getrennt zu sammeln.

Die Pflicht gilt für die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger (öRE), die nach § 11 Absatz 1 i. V. m. § 17 Absatz 1 Satz 1 KrWG (Überlassungspflicht) und § 20 Absatz 1 KrWG (Entsorgungspflicht) entsprechende Getrenntsammlungssysteme für Bioabfälle einzurichten haben [5]. I. d. R. erfolgt die Erfassung über die Biotonne. Erfasst werden organische Küchen- und Gartenabfälle. Deren Aufkommen betrug 5,27 Mio. Tonnen im Jahr 2021 [58]. Inhalte der Biotonne werden auch als 'Biogut' bezeichnet.

Kunststoffe und andere Fremdstoffe werden i. d. R. durch 'Fehlwürfe', d. h. durch fehlerhafte Nutzung der Biotonne durch die Bürger*innen eingetragen und verursacht.

Bei den in Biogut gefundenen Kunststoffen handelt es sich v. a. um

- Kunststoffbeutel, die zur Auskleidung von Vorsortierbehältern verwendet und zusammen mit den darin befindlichen Bioabfällen in die Biotonne geworfen werden
- Kunststoffverpackungen (mit Resten von Lebensmitteln)
- Weitere Kunststoffprodukte wie Kaffeekapseln, Milchdöschen, Blumentöpfe u. a.

Garten- und Parkabfälle: Mit 6,07 Mio. t waren separat erfasste Garten- und Parkabfälle in 2021 ein weiterer relevanter Stoffstrom [57].

Es handelt sich v. a. um Abfälle aus der öffentlichen Grünflächenpflege, der Pflege privater Gärten (soweit diese Abfälle nicht Inhalte der Biotonne sind, sondern zusätzlich erfasst werden, etwa durch Bündelsammlung oder Bring-systeme) sowie pflanzliche Abfälle aus dem Garten- und Landschaftsbau, die im Grundsatz meist als gewerbliche Abfälle einzustufen sind. Separat erfasste Garten- und Parkabfälle werden auch als 'Grüngut' bezeichnet.

Bei den in Grüngut gefundenen Kunststoffen handelt es sich v. a. um

- Kunststoffsäcke, in denen die Pflanzenabfälle transportiert werden (soweit die Säcke nicht entleert wurden) und
- Pflanztöpfe sowie Materialien wie Schnüre, Klammern, Bindedrähte u. a. aus Kunststoff, die in Gärten verwendet werden.

Aufgrund seiner Herkunft enthält Grüngut weniger Kunststoffe als Biogut, ist aber nicht immer frei von Kunststoffen.

Gewerbliche Bioabfälle: Im Gegensatz zu Bioabfällen aus Privathaushalten unterliegen aus dem Einzelhandel oder der Nahrungsmittelproduktion und -verarbeitung stammende Bioabfälle nicht der Überlassungspflicht an die zuständigen Gebietskörperschaften. Gewerbliche Erzeuger von Bioabfällen sind vielmehr selbst für die Entsorgung ihrer Abfälle verantwortlich. Bezüglich der Bioabfälle gilt aber auch hier eine entsprechende Getrenntsammlungspflicht (§ 3 Abs. 1 Satz 1 Nr. 7 GewAbfV) [3].

Bei den gewerblichen Bioabfällen handelt es sich v. a. um

- Speisereste aus der Gastronomie sowie Kantinen und Großküchen,
- überlagerte oder verdorbene Lebensmittel aus dem Handel (i. d. R. verpackt) sowie
- Rückstände aus der Herstellung und Verarbeitung von Lebens-, Genuss- und Futtermitteln.

Kunststoffe gelangen in diesem Bereich v. a. über Kunststoffverpackungen in das System. Allein aus dem Handel stammen ca. 800.000 t meist in Kunststoff verpackte Lebensmittelabfälle [29, 43]. Diese werden über die Gewerbeabfallsammlung getrennt erfasst und in der Regel in Biogasanlagen verwertet. Vor der Verwertung muss eine Entpackung sowie Abtrennung der Verpackungsmaterialien erfolgen (§ 4a Abs. 2 GewAbfV) [3].

Grenzwerte

Für Düngemittel, Bodenhilfsstoffe, Kultursub-

strate und Pflanzenhilfsstoffe - darunter auch Komposte und Gärprodukte - gelten die in Tabelle 1 angegebenen Grenzwerte der Düngemittelverordnung (DüMV) [6]. Werden diese Grenzwerte überschritten, sind die Erzeugnisse nach den düngerechtlichen Bestimmungen nicht verkehrsfähig. Sie dürfen weder abgegeben noch angewendet werden.

Tabelle 1: Grenzwerte aus der Düngemittelverordnung für maximal zulässige Gehalte an Fremdstoffen > 1 mm

Fremdstoff	Grenzwert DüMV
verformbare Kunststoffe > 1 mm Siebdurchgang	maximal 0,1 % i. d. TM
sonstige Fremdstoffe > 1 mm Siebdurchgang	maximal 0,4 % i. d. TM

Die Grenzwerte der DüMV haben den Zweck Vorsorge zu treffen, dass bei sachgerechter Anwendung von Düngemitteln die Fruchtbarkeit des Bodens, die Gesundheit von Menschen, Tieren und Pflanzen nicht geschädigt und der Naturhaushalt nicht gefährdet wird (§ 3 Nr. 1 DüMV) [6]. Die Grenzwerte berücksichtigen damit auch, dass in diesem Rahmen unvermeidbare Fremdbestandteile enthalten sein können und dürfen.

In den RAL-Gütesicherungen der BGK gilt neben den gravimetrischen Grenzwerten der Rechtsbestimmungen ein weitergehender Grenzwert für die Flächensumme (Aufsichtsfläche) der ausgelesenen Fremdstoffe. Der Parameter ist in der Wirkung strenger als die Rechtsbestimmungen. Wird dieser Grenzwert überschritten, darf das Erzeugnis nicht mehr mit dem RAL-Gütezeichen abgegeben werden.

Untersuchungsverfahren

Die Untersuchung von Fremdstoffen und damit auch von Kunststoffen in Kompost und Gärprodukten richtet sich nach der Methodenvorschrift der BGK [14]. Auch die abfall- und düngerechtlichen Bestimmungen verweisen auf diese Methodenvorschrift. Untersucht wird der gravimetrische Gesamtgehalt an Fremdstoffen > 1 mm. Partikel dieser Größenklasse sind mit dem bloßen Auge noch erkennbar. Fremdstoffe wie Glas, Metalle oder Kunststoffe werden aus der Originalprobe händisch ausgelesen und verwogen. Das Ergebnis wird in Gew.-% der Trockenmasse des Prüfsubstrates angegeben. Die Ergebnisse für verformbare (folienartige) Kunststoffe werden separat angegeben, da in der DüMV hierfür ein separater Grenzwert besteht. Eine Unterscheidung von Größenklassen (z. B. kleines / großes Mikroplastik) erfolgt nicht.

Die Zuverlässigkeit der Prüflabore wird in länderübergreifenden Ringversuchen Bioabfall, an denen auch die BGK beteiligt ist, regelmäßig festgestellt [46]. Bei diesen Ringversuchen müssen die Labore eine zudotierte Masse an Fremdstoffen wiederfinden. Weicht das Ergebnis um mehr als +/- 10 % ab, wird das Labor für diesen Parameter nicht anerkannt bzw. verliert eine bestehende Anerkennung. Die Ringversuche sind sowohl Grundlage der Laboranerkennungen nach der Bioabfallverordnung (BioAbfV) als auch den RAL-Gütesicherungen der BGK [18].

Bezüglich Partikelgrößen < 1 mm werden Untersuchungen von Kunststoffen in Matrices wie organische Düngemittel und Böden derzeit nur im wissenschaftlichen Bereich durchgeführt bzw. getestet. Zum Einsatz kommen Methoden, die eine Identifizierung von verschiedenen Kunststoff-Typen erlauben. Die Methoden befinden sich noch in der Entwicklung [30, 45, 62]. Sie sind nicht validiert. Standardisierte Methoden der Probenahme für kleines Mikroplastik in Feststoffen wie Böden oder Düngemitteln werden erarbeitet [24].

Gehalte in Kompost und Gärprodukten

Wie bereits erläutert, werden bei der vorgeschriebenen Untersuchungsmethode auf Fremdstoffe bzw. Kunststoffe auch solche erfasst, die > 5 mm und damit nach Definition kein 'Mikrokunststoff' sind.

Gehalte

Die gravimetrischen Gehalte an Kunststoffen > 1 mm (arithmetische Mittelwerte) sind in Ta-

belle 2 dokumentiert. Die Daten stammen aus Regeluntersuchungen der RAL-Gütesicherungen der BGK.

Bei Kompost sind sowohl die Angaben über alle Komposte dargestellt als auch differenziert nach Komposten aus Biogut (Biotonneninhalte, d. h. gemischte organische Küchen- und Gartenabfälle) und Grüngut (ausschließlich Garten- und Parkabfälle, ohne Biotonne). Bei den Gärprodukten sind die Ergebnisse für flüssige Gärprodukte aus der Bioabfallverwertung dokumentiert. Feste Gärprodukte sind nicht angeführt, weil diese i. d. R. nachkompostiert werden und bei der BGK dann in die Statistik für Kompost eingehen. Reine NawaRo-Gärprodukte (aus nachwachsenden Rohstoffen) werden nicht betrachtet, da eine Relevanz von Kunststoffen nicht gegeben ist.

Anzahl an Partikeln

Die Anzahl an Kunststoffpartikeln kann bestimmt werden [61, 64]. Bei Produktuntersuchungen im Rahmen der RAL-Gütesicherungen der BGK werden ausgelesene Partikel von Fremdstoffen und Kunststoffen regelmäßig auch bildlich dokumentiert.

Zur Bewertung von Gehalten wird die Anzahl an Partikeln bislang aber nicht herangezogen. Dies erscheint auch wenig sinnvoll, da zur Bewertung von Umweltwirkungen üblicherweise die Konzentrationen eines Stoffes zugrunde gelegt (z. B. in Gew.-%) oder Frachten berechnet werden (z. B. in g/ha*a), die bei bestimmungsgemäßer Anwendung in die Umwelt bzw. in Böden eingetragen werden können.

Tabelle 2: Gehalte an Fremdstoffen und Kunststoffen > 1 mm in Kompost und in Gärprodukten. Arithmetische Mittelwerte, Ergebnisse der RAL-Gütesicherungen im Jahr 2023 (bzw. im Jahr 2021).

Analysen	Trockenmasse %	Folienkunststoffe Gew.-% TM	Hartkunststoffe Gew.-% TM	Kunststoffe gesamt Gew.-% TM
Kompost Gesamt ¹⁾	61,7 (61,6)	0,005 (0,004)	0,008 (0,009)	0,013 (0,013)
Kompost aus Biogut ²⁾	63,2 (62,9)	0,007 (0,006)	0,010 (0,010)	0,017 (0,016)
Kompost aus Grüngut ³⁾	60,2 (60,5)	0,003 (0,002)	0,006 (0,008)	0,009 (0,011)
Gärprodukt flüssig ⁴⁾	6,6 (6,6)	0,002 (0,002)	0,005 (0,015)	0,007 (0,017)

¹⁾ Kompost aus Behandlungsanlagen, die Biogut und Grüngut behandeln (n=3.905, 2021: 3.919)

²⁾ Kompost aus Behandlungsanlagen, die sowohl Inhalte der Biotonne als auch separat erfasstes Grüngut behandeln (n=1.914, 2021: 1.908)

³⁾ Kompost aus Behandlungsanlagen, die ausschließlich separat erfasstes Grüngut behandeln (ohne Biotonne) (n=1.991, 2021: 2.011)

⁴⁾ Gärprodukt aus Behandlungsanlagen, die Bioabfälle behandeln (hier nicht enthalten: reine NawaRo-Gärprodukte) (n=1.257, 2021: 1.192)

Für beides ist die Anzahl an Partikeln kein geeigneter Maßstab. Die bloße Anzahl hat auch keinen Bezug zur Größe der einzelnen Partikel, für deren Bewertung v. a. die Korngrößenverteilung von Bedeutung wäre.

Bei der Messung realer Proben unter Verwendung von rein bildgebenden Verfahren (z. B. Licht- und Elektronenmikroskop) und Partikelzählverfahren besteht zudem eine gewisse Gefahr der Fehlinterpretation [23].

Frachten

Bei der Berechnung von Kunststofffrachten aus Komposten und Gärprodukten wird von den in Deutschland erzeugten Mengen an Komposten, differenziert nach Bioabfallkomposten (2,0369 Mio. t p. a.), Grüngutkomposten (2,2369 Mio. t p. a.) und Gärprodukten (3,331 Mio. t p. a.) ausgegangen, die aus Bioabfällen hergestellt werden und beim statistischen Bundesamt für das Jahr 2021 dokumentiert sind [55].

Bezüglich der Gehalte an Kunststoffen werden die in Tabelle 2 genannten arithmetischen Mittelwerte für das Jahr 2021 verwendet, da sich die zuletzt veröffentlichten Zahlen des statistischen Bundesamtes über abgesetzte Komposte und Gärprodukte ebenfalls auf das Jahr 2021 beziehen. Die zur Frachtenberechnung erforderlichen Trockenmassegehalte der Substrate sind in Tabelle 2 entsprechend angegeben.

Daraus ergibt sich, dass die durch Kompost und Gärprodukte bundesweit verursachten Einträge an Gesamtkunststoffen in Böden derzeit 391 t betragen.

Angaben von 12.000 t, wie sie 2018 vom Fraunhofer-Institut [36] publiziert und an anderen Stellen vielfach zitiert wurden, sind unzutreffend. Dies gilt auch für neuere Berechnungen, in denen 1.428 t p. a. angegeben sind [37]. In beiden Fällen werden neben belastbaren Zahlen darüberhinausgehende Annahmen getroffen, die unplausibel sind. Hierzu zählen etwa die Annahme, dass Gehalte an Kunststoffen in Kompost und Gärprodukten, die nicht den RAL-Gütesicherungen der BGK unterliegen, den Grenzwert der DüMV (0,1 Gew.-% i. d. TM) ausschöpfen. Auch die Annahme, dass bei der Untersuchung von Kompost und Gärprodukten nur 50 % der Kunststoffe gefunden werden und daher die gemessenen Gehalte einfach verdoppelt wurden, ist unrealistisch.

Je nachdem, welche Annahmen über Gesamteinträge an Kunststoffen in die Umwelt zugrunde gelegt werden (180.000 - 450.000 t) [35, 36] bewegt sich der über Kompost und

Gärprodukte verursachte Anteil in einem Bereich von etwa 0,09 bis 0,22 % der Gesamteinträge in Deutschland.

Einordnung

Zur Einordnung der Gehalte an Fremdstoffen und Kunststoffen in Kompost und Gärprodukten kann festgestellt werden, dass die Gehalte an folienartigen Kunststoffen im Mittel bei etwa 10% des düngerechtlichen Grenzwertes liegen. Für Gehalte an Gesamtfremdstoffen trifft dies in der Größenordnung ebenfalls zu.

Die Gehalte an Fremdstoffen und Kunststoffen in Kompost und Gärprodukten aus der getrennten Sammlung von Bioabfällen können jedoch in einem breiten Spektrum variieren. In den Prüfzeugnissen der RAL-Gütesicherung sind die Gehalte an folienartigen Kunststoffen sowie an sonstigen Fremdstoffen inkl. Hartkunststoffen jeweils angegeben [19].

Potenzielle Schadstoffe

Kunststoffe in Kompost und Gärprodukten werden als 'Fremdstoffe' und nicht als 'Schadstoffe' gewertet.

Allerdings liegen Kunststoffe meist nicht als reine Polymere vor. Zur Erzeugung und Modifikation von Eigenschaften werden auch Additive in der Größenordnung von 0,1 bis 4 % zugemischt [22, 36, 51]. Bei einigen Additiven kann es sich auch um Schadstoffe, d. h. gefährliche Stoffe, handeln. Gängige Additive sind z. B. Weichmacher, Verarbeitungshilfsmittel, Stabilisatoren, Füllstoffe, Flammenschutzmittel und Farbstoffe.

Bezogen auf Polymertypen wird der mengenmäßig größte Anteil an Additiven zur Modifikation von PVC (73 %), gefolgt von Polyolefinen (10%) und Polystyrol (5 %) eingesetzt. Bei in Bioabfällen enthaltenen Kunststoffverunreinigungen handelt es sich meist um Polyolefine wie Polyethylen (PE) und Polypropylen (PP), aus denen Kunststoffbeutel, -säcke sowie Kunststoffverpackungen hergestellt werden. Weichmacher sind - entgegen häufiger Annahmen - in diesen Arten von Kunststoffen nicht enthalten [22].

Kunststoffe, die mit Lebensmitteln in Berührung kommen unterliegen den Anforderungen des Lebensmittelrechts, das gefährliche Stoffe weitgehend ausschließt [2].

Bei der Bewertung potenzieller Schadstoffeinträge in die Umwelt werden i. d. R. folgende Kriterien herangezogen:

- die gemessenen Gehalte des jeweiligen Stoffes (Konzentration),

- die mit bestimmten Eintragungspfaden verbundenen Frachten des Stoffes,
- die bestehenden ubiquitären Hintergrundgehalte des Stoffes sowie
- Fragen des Stoffabbaus im Boden (Halbwertszeiten).

Weiter wird diskutiert, inwiefern sich ein Gefährdungspotenzial aufgrund der Anlagerung von Umweltschadstoffen an Kunststoffpartikel ergeben könnte. Solche Anlagerungen an gealterte, aufgeraute, poröse Oberflächen von Kunststoffpartikeln sind etwa in aquatischen Systemen beschrieben [60]. Ob solche Anlagerungen auch in terrestrischen Systemen relevant sein können, ist derzeit nicht bekannt.

Diskutiert werden auch potenzielle Wirkungen auf die menschliche Gesundheit im Zusammenhang mit einer möglichen Aufnahme von Kunststoffpartikeln über die Pflanzenwurzel und die Nahrungsmittelkette. Aufgrund des Fehlens belastbarer Daten von Mikroplastik in Lebensmitteln ist eine gesundheitliche Bewertung für Verbraucher bei der oralen Aufnahme von in Lebensmitteln ggf. enthaltenem Mikroplastik nicht sicher möglich [25].

Aufgrund des ubiquitären Vorkommens von Mikrokunststoffen in der Umwelt ist allerdings davon auszugehen, dass kleinste Kunststoffpartikel mit der Nahrung aufgenommen werden. Studien haben Mikrokunststoffe etwa im menschlichen Stuhl [52] und im Blut [38] nachgewiesen. Nach Untersuchungen des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR) ist die Resorption von Partikeln bis 4 µm über die Darmwand vereinzelt möglich. Hinweise auf Schädigungen ergaben sich bislang nicht [26].

Akzeptanz des Marktes

Abnehmende von Komposten und Gärprodukten aus der Verarbeitung von Bioabfällen erwarten, dass die Produkte frei oder weitgehend frei von Fremdstoffen insbesondere von Kunststoffen sind und für eine hochwertige organische Düngung geeignet [15].

Vorfälle mit stark verunreinigten Komposten oder Gärprodukten, wie sie vereinzelt vorgekommen sind, sind 'Ohne Wenn und Aber' zu verurteilen und vom Inverkehrbringenden zu verantworten. Sie finden in der Presse einen breiteren Niederschlag und diskreditieren dann zu Unrecht die ganze Produktgruppe. Damit kann das gut funktionierende und erfolgreiche Recycling von Bioabfällen in Misskredit gebracht werden.

Vermeidung von Kunststoffeinträgen

Um Risiken der Vermarktung aufgrund von Fremdstoffen und insbesondere Kunststoffen zu begrenzen oder erst gar nicht entstehen zu lassen, muss es in erster Linie darum gehen, solche Einträge in die Bioabfallverwertung am Ort ihrer Entstehung zu vermeiden.

Wie bereits beschrieben, werden Kunststoffe und andere Fremdstoffe vor allem über Fehlwürfe in die Biotonne eingetragen. Verursacht werden diese in erster Linie von einzelnen Bürger*innen bzw. Abfallerzeuger*innen.

Aufgrund von Kontrollen von Biotonnen ist bekannt, dass die große Mehrheit der Bürger*innen die Getrenntsammlung nach wie vor sehr gut durchführt.

Es gibt überall aber auch Gebiete oder einzelne Haushalte, wo dies nicht so ist [17]. Dort sind in den Biotonnen auch viele Fremdstoffe zu finden, die, weil alles zusammen in einem Fahrzeug gesammelt wird, das gesamte Material verunreinigen können.

Getrenntsammlensysteme bedürfen einer kontinuierlichen Öffentlichkeitsarbeit und Einbindung der Bürger*innen. Sinn und Konsequenzen der Kreislaufwirtschaft von Wertstoffen müssen regelmäßig erklärt werden. Im Fall von Bioabfällen ist dies von besonderer Bedeutung, weil die Wahrnehmung dieser Abfälle als Wertstoffe weniger ausgeprägt ist, als dies bei Papier oder anderen Wertstofffraktionen der Fall ist. Oft ist noch nicht einmal bekannt, dass es sich bei den Bioabfällen um die größte Wertstofffraktion der Haushaltsabfälle handelt und diese nach der Behandlung wieder als organisches Düngemittel und Humuslieferant eingesetzt werden.

Für die langfristige Wirksamkeit der Fremdstoffvermeidung sind neben der Öffentlichkeitsarbeit v. a. Kontrollen und die Ahndung von Verstößen gegen die Getrenntsammlungspflicht von Bedeutung.

Ohne Kontrollen der Sortenreinheit der Bioabfälle können Maßnahmen der Öffentlichkeitsarbeit wirkungslos bleiben. Wiederholte Stichprobenkontrollen von Biotonnen in wechselnden Sammelgebieten oder zur Feststellung von Punktquellen sind in der Regel ausreichend [41, 48]. Punktquellen von Fremdstoffeinträgen müssen von der Sammlung der Bioabfälle ausgeschlossen werden. Im Zweifel gilt Qualität vor Quantität.

Die BGK hat in ihrem Positionspapier zum Thema "Sortenreinheit von Bioabfällen gewährleisten" eindringlich darauf hingewiesen, dass hochwertige Recyclingprodukte nur aus hoch-



wertigen Ausgangsstoffen hergestellt werden können. In dem Papier werden auch Ansatzpunkte aufgezeigt, wie dies erreicht werden kann [16].

Kunststoffe in der Bioabfallbehandlung

Soweit der Eintrag von Kunststoffen bei der Getrenntsammlung von Biogut (Biotonneninhalte) nicht vermieden wird, gelangen diese in die Bioabfallbehandlung.

Die bei der Behandlung von Biogut vorherrschenden Verfahren sind die Kompostierung und die Vergärung.

Bei der Kompostierung erfolgt zunächst eine Voraufbereitung der Biotonneninhalte. Dabei wird ein großer Teil an Kunststoffen und anderen Fremdstoffen abgetrennt. Die Abtrennung erfolgt v. a. über Siebung. Der Siebdurchgang wird dem Rotteprozess zugeführt. Der Siebüberlauf, in dem Kunststoffe angereichert sind, wird entweder entsorgt oder so aufbereitet, dass Teile davon der weiteren Behandlung ebenfalls zugeführt werden können. Nach der Behandlung (Kompostierung) erfolgt eine Nachaufbereitung des Rottegutes. Dabei werden neben Sieben häufig auch weitere Abscheidetechniken wie Windsichtung, Hartstoffabscheider oder Magnetabscheider eingesetzt. Am Ende steht die Konfektionierung des Fertigproduktes auf die für die Vermarktung vorgesehene Körnung (Siebmaschenweite).

Bei der Vergärung wird Biogas gewonnen, das der energetischen Nutzung zur Erzeugung von Strom und Wärme zugeführt wird. Die verbleibenden flüssigen Gärrückstände (in der RAL-Gütesicherung als Gärprodukte bezeichnet) werden als Dünge- und Bodenverbesserungsmittel eingesetzt. Feste Gärrückstände werden meist kompostiert und dann als Kompost verwertet.

Bei der Vergärung werden Biotonneninhalte im Zuge der Voraufbereitung i. d. R. intensiver aufgeschlossen als für die Kompostierung. Enthaltene Fremdstoffe werden dabei stärker zerkleinert. Im Fall intensiver Zerkleinerungsprozesse sollten Fremdstoffe daher bereits vor diesem Behandlungsschritt weitgehend abgetrennt werden. Nach der Behandlung können durch eine Nachaufbereitung der Gärrückstände Restverunreinigungen abgetrennt werden.

Sowohl bei der Kompostierung als auch bei der Vergärung gehört eine Warenausgangskontrolle, d. h. die Sichtung der Komposte oder Gärprodukte vor deren Abgabe, zum festen Bestandteil der internen Qualitätssicherung [20].

Biotonneninhalte weisen in der Praxis Fremdstoffanteile in einer Spannweite von weniger als 1 Gew.-% bis etwa 3 Gew.-% auf. Die Höhe der Anteile wird v. a. von der Siedlungsstruktur des Erfassungsgebietes, dem Vegetationszeitraum (Anteil Gartenabfälle) sowie den Maßnahmen des Entsorgungsträgers für eine sortenreine Getrenntsammlung beeinflusst [17]. Um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, müssen standardisierte quantitative Untersuchungsmethoden eingesetzt werden [8, 9].

Aus Biogut mit Fremdstoffanteilen von mehr als 3 % können Komposte, die frei oder weitgehend frei von Fremdstoffen sind, nach Auffassung der BGK auch mit hohem technischem Aufwand kaum noch hergestellt werden.

Weisen Bioabfälle aus der getrennten Sammlung aus Haushaltungen mehr als 3 Gew.-% Gesamtfremdstoffe auf, kann der Bioabfallbehandelnde von Anliefernden die Rücknahme der Bioabfälle verlangen (§ 2a Abs. 4 Nr. 1 BioAbfV).

Weisen Bioabfälle aus der getrennten Sammlung aus Haushalten mehr als 1 % Kunststoffe auf, muss der Anlagenbetreiber vor der biologischen Behandlung eine Fremdstoffentfrachtung durchführen (§ 2a Abs. 4 Nr. 2 BioAbfV) [4]. Anhaltspunkte auf hohe Fremdstoff- bzw. Kunststoffgehalte können sich z. B. im Zuge der obligatorischen Sichtprüfung [10] von Bioabfallanlieferungen nach § 2a Absatz 4 BioAbfV ergeben.

Mit Abscheideraten von deutlich über 90 % können Fremdstoffe im Behandlungsprozess zwar weitgehend abgeschieden werden. Aber selbst bei einer Abscheiderate von 99 % verbleiben in Abhängigkeit von den gegebenen Inputqualitäten Partikel von Fremdstoffen in den Endprodukten. Eine vollständige Abtrennung ist praktisch nicht möglich.

Zur Vermeidung von Kunststoffen an der Quelle gibt es daher keine Alternative.

Alle Beteiligten sollen darauf hinwirken, dass getrennt erfasste Bioabfälle (Biotonne) möglichst keine bzw. weniger als 1 % Gesamtfremdstoffe aufweisen [1].

Quellen

- [1] Abfalltechnikausschuss (ATA) (2017): Beschlussfassung der Sitzung des Abfalltechnikausschuss der Bund/Ländergemeinschaft Abfall (LAGA) vom 24./25.01.2017, wonach von allen beteiligten Akteuren darauf hingewirkt werden soll, soweit erforderlich geeignete Maßnahmen zu ergreifen, um den Fremdstoffeintrag (Fehlwürfe) bei der getrennten Bioabfallsammlung auf eine Zielgröße von maximal 1 Gew.% zu minimieren. Unveröffentlicht.
- [2] Anonym (2005): Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch - LFGB in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. September 2021 (BGBl. IS. 4253; 2022 I S. 28), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 6 des Gesetzes vom 20. Dezember 2022 (BGBl. I S. 2752) geändert worden ist. Der Geltungsbereich des LFGB umfasst neben Lebensmitteln auch Gegenstände, die mit Lebensmitteln in Kontakt kommen.
- [3] Anonym (2017): „Verordnung über die Bewirtschaftung von gewerblichen Siedlungsabfällen und von bestimmten Bau- und Abbruchabfällen“ vom 18.04. 2017 (BGBl. I S. 896), die zuletzt durch Art. 3 der Verordnung vom 28. April 2022 (BGBl. I S. 700) geändert worden ist. [Gewerbeabfallverordnung - GewAbfV](#)
- [4] Anonym (1998): „Verordnung über die Verwertung von Bioabfällen auf Böden“ vom 21.09.1998, neugefasst durch Bekanntgabe vom 04.04.2013, zuletzt geändert durch Art. 1 V v. 28.4.2022 I 700; 2023 I Nr. 153. Nichtamtliche Lesefassung. [Bioabfallverordnung - BioAbfV](#)
- [5] Anonym (2012): "Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen" vom 24.02.2012, zuletzt geändert 02.03.2023. [Kreislaufwirtschaftsgesetz - KrWG](#)
- [6] Anonym (2012): "Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln" vom 05.12.2012, zuletzt geändert am 02.10.2019. [Düngemittelverordnung - DüMV](#)
- [7] Anonym (2017): "Verordnung über die Verwertung von Klärschlamm, Klärschlammgemisch und Klärschlammkompost" vom 27. 09.2017, zuletzt geändert durch Artikel 137 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328). [Klärschlammverordnung - AbfKlärV](#)
- [8] BGK (2018): Methodenvorschrift „Gebietsanalyse - Methode zur Bestimmung der Sortenreinheit von Biogut eines Entsorgungsgebietes“. Hrsg.: BGK, Bundesgütegemeinschaft Kompost e. V., Köln. [Methode Gebietsanalyse](#)
- [9] BGK (2021): Methodenvorschrift „Chargenanalyse - Methode zur Bestimmung der Sortenreinheit einer Fahrzeugladung von Biogut“. Hrsg.: BGK, Bundesgütegemeinschaft Kompost e. V., Köln. [Methode Chargenanalyse](#)
- [10] BGK (2022): Sichtkontrolle fester Bioabfälle - Anleitung zur Feststellung von Kunststoffen und anderen Fremdstoffen in festen Bioabfällen gemäß den Vorgaben der BioAbfV“. Hrsg.: BGK, Bundesgütegemeinschaft Kompost e. V., Köln. [Anleitung Sichtkontrolle](#)
- [11] BGK (2022): „Bonitur fester Bioabfälle - Anleitung zur visuellen Beurteilung der Sortenreinheit fester Bioabfälle“. Hrsg.: BGK, Bundesgütegemeinschaft Kompost e. V., Köln. [Methode Bonitur](#)
- [12] BGK (2023): „Biotonnenkontrolle“. Methode zur Durchführung visueller Kontrollen der Sortenreinheit von Bioabfällen in Biotonnen, die zur Abfuhr bereitgestellt werden. Hrsg.: BGK, Bundesgütegemeinschaft Kompost e. V., Köln. [Methode Biotonnenkontrolle](#)
- [13] BGK (2014): „Kompostierung von ‚Biokunststoffen‘ ist ein Irrweg“. Positionspapier der BGK - Bundesgütegemeinschaft Kompost e. V., Köln vom 21.03.2014. [BGK-Positionspapier](#)
- [14] BGK (2015): "Methodenbuch zur Analyse organischer Düngemittel, Bodenverbesserungsmittel und Substrate". Methodenbuch Kapitel II C 1 'Fremdstoffgehalt'. Loseblattsammlung, 5. Ergänzungslieferung 4/2020. Hrsg.: BGK, Bundesgütegemeinschaft Kompost e. V., Köln
- [15] BGK (2016): "Organische Düngung - Kompost für die Landwirtschaft". Informationsschrift der BGK - Bundesgütegemeinschaft Kompost e. V., Köln zur guten fachlichen Praxis der Anwendung von Kompost in der Landwirtschaft. 5. überarbeitete Auflage, November 2016. [BGK Informationsschrift](#)
- [16] BGK (2016): "Sortenreinheit von Bioabfällen gewährleisten". Positionspapier der BGK - Bundesgütegemeinschaft Kom-

- post e. V., Köln vom 31.05.2016. [BGK-Positionspapier](#)
- [17] BGK (2018): "Ergebnisse zweier Gebietsanalysen". Erhebung von Daten zur Sortenreinheit von Bioabfällen am Beispiel von zwei öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern in Baden-Württemberg. Studie des Witzenhausen-Institut im Auftrag der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) und der BGK - Bundesgütegemeinschaft Kompost e. V., Köln. [Zusammenfassung](#) der Ergebnisse in H&K, Q2-2018. [Ergebnisbericht des LUBW](#) (Hrsg.), April 2018.
- [18] BGK: "Verzeichnis anerkannter [Prüflabore](#) der BGK". Die jeweils aktuell anerkannten Prüflabore sind auf der Internetseite der BGK angegeben. Für Untersuchungen im abfallrechtlich geregelten Umweltbereich müssen Labore darüber hinaus in einem Bundesland notifiziert sein. Einen Überblick zu aktuellen Notifizierungen der Labore findet sich auf der Internetseite www.resymesa.de/resymesa/Allgemein/Home
- [19] BGK: Musterprüfzeugnis der RAL- Gütesicherung der BGK - Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V, Köln. [Musterprüfzeugnis Kompost](#) mit [Erläuterungen](#).
- [20] BGK (2020): Sortenreine Bioguterfassung. Orientierungshilfe für qualitätssteigernde Maßnahmen bei der getrennten Erfassung von Bioabfällen. Informationsschrift der BGK - Bundesgütegemeinschaft Kompost e. V., Köln. ([BGK-Informationen](#))
- [21] BKV - Kunststoff, Konzepte, Verwertung (2023): "Vom Land ins Meer - Modell zur Erfassung landbasierter Kunststoffabfälle". Studie der Conversio im Auftrag der BKV GmbH, Frankfurt. [Fünfte überarbeitete Version](#), Mai 2023.
- [22] Braun, Dr. Ulrike (2018): Mündliche Mitteilung.
- [23] Braun, Dr. Ulrike et al. (2020): Mikroplastik - Analytik Probenahme, Probenaufbereitung und Detektionsverfahren. [Statuspapier Mikroplastik-Analytik](#), November 2020.
- [24] Bundesanstalt für Materialforschung (BAM) (2021): "Repräsentative Untersuchungsstrategien für ein integratives Systemverständnis von spezifischen Einträgen von Kunststoffen in die Umwelt" (RUSEKU). [BMBF-Verbundprojekt](#)
- [25] Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) (2015): "Mikroplastik in Lebensmitteln". Stellungnahme des Bundesinstituts vom 30.04.2015. [Stellungnahme des BfR Nr. 013/2015](#)
- [26] Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) (2018): Gibt es ein Gesundheitsrisiko für den Menschen durch Mikroplastik? Mitteilung des Bundesinstituts vom 29.10.2018. [Mitteilung des BfR Nr. 33/2018](#)
- [27] Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (2018): "Plastik in der Umwelt - Quellen, Senken, Lösungsansätze". BMBF- Forschungsförderung. In 18 Verbundprojekten mit etwa 100 beteiligten Institutionen und einem Gesamtbudget von 35 Mi. € ist dies eine der umfangreichsten Forschungsaktivitäten in diesem Bereich. Weitere Information: <https://bmbf-plastik.de/home>
- [28] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (2017): "Plastik in Böden - Vorkommen, Quellen, Wirkungen". Ressortforschungsplan 2017 des Bundesumweltministeriums (BMU), UFOPLAN 2017, Projektnummer 3717722320.
- [29] Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft - BMEL (2024): "Lebensmittelabfälle in Deutschland: Aktuelle Zahlen zur Höhe der Lebensmittelabfälle nach Sektoren". [Internetseite des BMEL](#), abgerufen am 25.04.2024.
- [30] Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF): Plastik in der Umwelt: Quellen, Senken, Lösungsansätze. [Verbundvorhaben des BMBF](#), 31.08.2021. [Abschlusskonferenz](#) vom 20. und 21.04.2021.
- [31] Bundesrat (2018): Entschließung des Bundesrates zur Vermeidung von Kunststoff-Verunreinigungen in der Umwelt bei der Entsorgung verpackter Lebensmittel. Drucksache [DS 303/18 \(B\) vom 21.09.2018](#).
- [32] Bundesregierung (2018): Antwort der Bundesregierung vom 04.06.2018 auf eine kleine Anfrage zu "Mikroplastik - Gefahr für Umwelt und Gesundheit". [Drucksache DS 19/2451](#)
- [33] Bundesverband der Deutschen Sportartikel- Industrie e.V. (2017): "Mikroplastik textilen Ursprungs - Eine ganzheitliche Betrachtung: Optimierte Verfahren und Materialien, Stoffströme und Umweltver-

- halten" (Textile Mission). BMBF- Verbundprojekt. <https://bmbf-plastik.de/verbundprojekt/textilemission>.
- [34] Entsorgungsgesellschaft Steinfurt – EGST (2023): Fremdstoffreduktion durch Biotonnenkontrollen. [Bericht](#) in H&K Q1-2023.
- [35] Essel, R. et al. (2015): Sources of microplastics relevant to marine protection in Germany. Zitiert in [14].
- [36] Fraunhofer-Institut UMSICHT (2018): "Kunststoffe in der Umwelt: Mikro- und Makroplastik". [Studie](#) des Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik (UMSICHT), Oberhausen, vom 21.06.2018.
- [37] Fraunhofer-Institut UMSICHT und Ökopoll - Institut für Ökologie und Politik GmbH (2021). Kunststoffe in der Umwelt: Emissionen in landwirtschaftlich genutzte Böden. [Studie](#) im Auftrag des NABU (Naturschutzbund Deutschland) e. V..
- [38] Heather A. Leslie, Martin J.M. van Velzen, Sicco H. Brandsma, A. Dick Vethaak, Juan J. Garcia-Vallejo, Marja H. Lamoree (2022): Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. *Environment International* 163 (2022) 107199.
- [39] I.A.R.-Institut für Aufbereitung und Recycling der RWTH Aachen, Giani, H., Pretz: Qualitätsoffensive 20 Jahre Biotonne in der Stadt Würselen, [Bericht](#) in H&K 11-2015.
- [40] Kehres, Dr. Bertram (2018): "Problem Kunststoffe/Fremdstoffe in Bioabfall und Kompost - Aktuelle Situation und Lösungsansätze in Deutschland". Tagungsband Bioabfall und stoffspezifische Verwertung 2018 des Witzenhausen-Institut S. 247-261. Tagungsbeitrag. [Bezug](#)
- [41] Kern, Dr. Michael; Siepenkothen, Jörg; Neumann, Falk (2017): "BiogutRADAR - Bonitierung von Biotonnen zur Prognose von Fremdstoffgehalten im Biogut". Witzenhausen-Institut für Abfall, Umwelt und Energie GmbH, Witzenhausen. Kasseler Abfallforum 2017, Tagungsbeitrag sowie Müll und Abfall, Ausgabe 6/2017. [Bezug](#)
- [42] Kern, Michael; Knappe, Florian et al. (2018): Hochwertige Verwertung von Bioabfällen und Ermittlung des Anlagenbestandes. Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA) Förderkennzeichen 3715 34 3140. [Abschlussbericht](#).
- [43] Kranert, Prof. Dr. Martin et al. (2012): Ermittlung der weggeworfenen Lebensmittelmengen und Vorschläge zur Verminderung der Wegwerfrate bei Lebensmitteln in Deutschland. [Studie](#) im Auftrag der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Förderkennzeichen: 2810HS033, März 2012.
- [44] Kranert, Prof. Dr. Martin ; Gottschall, Ralf (2016): Einflussgrößen auf die separate Bioguterfassung unter besonderer Berücksichtigung der Qualität. Studie im Auftrag der EdDE- Entsorgungsgemeinschaft der Deutschen Entsorgungswirtschaft e.V., Köln, Februar 2016. Hrsg.: EdDE, Köln.
- [45] Landesamt für Umwelt Baden-Württemberg, 2022: "Mikrokunststoffe in Komposten und Gärprodukten aus Bioabfallverwertungsanlagen und deren Eintrag in Böden - Erfassen, Bewerten, Vermeiden" (MIKOBO). Verbundforschungsprojekt im Förderprogramm BWPLUS. [Abschlussbericht](#)
- [46] Thüringer Landesamt für Landwirtschaft und Ländlichen Raum (Hrsg.) (2023): LÜRV-A-Bioabfall 2023; Länderübergreifender Ringversuch Bioabfall für das Fachmodul Abfall. [Abschlussbericht](#)
- [47] Landkreis Ludwigsburg: Abfallverwertungsgesellschaft des Landkreises Ludwigsburg mbH - AVL (2024): Erfahrungen beim Einsatz von Wertstoff-Scouts im Landkreis Ludwigsburg. [Bericht](#) in H&K 1-2024.
- [48] Landratsamt Kitzingen: Behälterkontrollen im Landkreis Kitzingen. Kontrollen von Biotonnen zur Feststellung der Sortenreinheit der Bioabfälle. [Ergebnisbericht 2018](#) und [Ergebnisbericht 2019](#) der Fabion GbR, Würzburg.
- [49] Landkreis Haßberge (2017): Biotonnenkontrolle - Nicht schön, aber notwendig. [Bericht](#) in H&K Q1-2018.
- [50] Landratsamt Kitzingen und Umweltbüro Fabion GbR: Biotonnenkontrollen im Landkreis Kitzingen 2019. [Abschlussbericht](#).
- [51] Liebermann, Bettina (2015): Mikroplastik in der Umwelt - Vorkommen, Nachweis und Handlungsbedarf. Hrsg.: Österreichisches Umweltbundesamt, 2015, ISBN 978-3-99004-362-2. [Bericht](#).
- [52] Liebermann, B.; Schwabl, P. (2018): Erstmals Mikroplastik im Menschen nachge-

wiesen. Pilotstudie des österreichischen Umweltbundesamtes und der Medizinischen Universität Wien. [Pressemitteilung](#) vom 23.10.2018.

- [53] Schleiß, Konrad (2018): Problem Kunststoffe/ Fremdstoffe in Bioabfall und Kompost - Aktuelle Situation und Lösungsansätze in der Schweiz. Tagungsband Bioabfall und stoffspezifische Verwertung 2018 des Witzenhausen-Institut, S.229-246. [Bezug](#).
- [54] Spiegel, 2018: Annette Bruns und Vivien Krüger "Unser täglich Plastik". Zeitschrift 'Der Spiegel', Nr. 23, 02.06.2018, [S. 42-43](#).
- [55] Statistisches Bundesamt (Destatis), 2023, GENESIS online, (27.02.2024), Datenlizenz by-2-0, www.govdata.de/dl-de/by-2-0 : Abfallentsorgung 2021, 32111-13: Abgesetzter Kompost, abgesetzte Gärrückstände nach Verwendungszweck, . Summe der abgesetzten Mengen aus Bioabfall- und Grünabfallkompostierungsanlagen, kombinierten Kompostierungs- und Vergärungsanlagen sowie Biogas-/Vergärungsanlagen, ohne Klärschlammkompostierungsanlagen und sonstige biologische Behandlungsanlagen. Absatz in die Bereiche Land- und Forstwirtschaft, Landschaftsbau und Rekulтивierung sowie in private Haushaltungen und andere Zwecke. Summe Kompost 4,274 Mio. t, Summe Gärrückstände 3.331 Mio. t p.a.
- [56] Statistisches Bundesamt (Destatis), 2024, GENESIS online, (03.04.2024), Datenlizenz by-2-0, www.govdata.de/dl-de/by-2-0 : Abfallentsorgung 2021, 32111-0003: Biologische Behandlungsanlagen, Input nach Art der Anlage, Abfallarten und Jahren. Biologische Behandlungsanlagen insgesamt (ohne Klärschlammkompostierungsanlagen und sonstige biologische Behandlungsanlagen), gesamt 14,625 Mio. t.
- [57] Statistisches Bundesamt (Destatis), 2024, GENESIS online, (03.04.2024), Datenlizenz by-2-0, www.govdata.de/dl-de/by-2-0: Abfallentsorgung 2021, 7. Biologische Behandlungsanlagen, 7.1 Input nach Art der Anlage, Abfallarten und Jahren. Hier: EAV 20 02 01 (biologisch abbaubare Abfälle), 6,0676 Mio. t.
- [58] Statistisches Bundesamt (Destatis), 2024, GENESIS online, (03.04.2024), Datenlizenz by-2-0, www.govdata.de/dl-de/by-2-0 : Abfallentsorgung 2021, 7. Biologische Behandlungsanlagen, 7.1 Input nach Art der Anlage, Abfallarten und Jahren. Hier: EAV 20 03 01 04 (Abfälle aus der Biotonne), 5,2737 Mio. t.
- [59] Technische Universität Berlin (2017): "Reifenabrieb in der Umwelt" (RAU). BMBF- Verbundprojekt, Laufzeit 8/2017 bis 7/2020. [Abschlussbericht](#).
- [60] UBA (2013): Ist Mikroplastik problematisch? Serviceseiten des Umweltbundesamtes (UBA), aufgerufen am 08.03.2024. [Link](#).
- [61] Universität Bayreuth (2018): "Kunststoffe in Bioabfällen: Eine Herausforderung für die ökologische Kreislaufwirtschaft". [Pressemitteilung](#) der Universität Bayreuth vom 05.04.2018.
- [62] Universität Stuttgart (2021): Entwicklung neuer Kunststoffe für eine Saubere Umwelt unter Bestimmung relevanter Eintragspfade (ENSURE). [BMBF-Verbundprojekt](#).
- [63] Verband kommunaler Unternehmen – VKU: Was tun gegen Fehlwürfe? Empfehlungen zur Vermeidung von Fehlwürfen bei der getrennten Sammlung. [Informationsschrift](#) des VKU. [Bericht](#) in H&K Q2-2021.
- [64] Weithmann, Nicolas et al. (2018): Organic fertilizer as a vehicle for the entry of microplastic into the environment. [Science Advances](#), April 2018.
- [65] UBA (2020): Kunststoffe in der Umwelt – Erarbeitung einer Systematik für erste Schätzungen zum Verbleib von Abfällen und anderen Produkten aus Kunststoffen in verschiedenen Umweltmedien. UBA-TEXTE 198/2020 [Abschlussbericht](#).

IMPRESSUM

Herausgeber

Bundesgütegemeinschaft
Kompost e. V.
David Wilken (v. i. S. d. P.)

Bearbeitung

Dr. Bertram Kehres,
Maria Thelen-Jüngling

Anschrift

Bundesgütegemeinschaft
Kompost e. V.
Von-der-Wettern-Straße 25
51149 Köln-Gremberghoven
Tel.: 02203/35837-0
Email: info@kompost.de
Internet: www.kompost.de

Datum

10.06.2024