

Inzwischen nahezu überall: Plastik im Boden

In den Böden soll mittlerweile bis zu 32 x mehr Plastik abgelagert sein als in den Weltmeeren. Doch hier lassen sich die kleinen und großen Partikel nicht herausfischen. Der Baustein erklärt deren Herkunft – soweit bekannt – und nennt erste Ansätze zur Verringerung der Einträge.

SACHINFORMATION

KLEINE PARTIKEL, WACHSENDES PROBLEM

Von den „Inseln“ aus Plastikmüll in den Ozeanen hat fast jeder schon gehört. Aber auch an Land reichert sich Plastik an. Studien gehen sogar davon aus, dass die Verschmutzung mit Mikroplastik hier 4 bis 32 Mal stärker ist als im Meer. Auf Deponien mag das nicht verwundern, doch es betrifft auch die Ackerböden.

Egal ob im Wasser oder an Land: Plastik und seine Abbauprodukte sind problematisch. Aus Makroplastik, großen Teilen von Tüten, Flaschen oder Folien, entsteht durch Verwitterung und Fragmentierung z. T. sogenanntes Mikroplastik. Das sind Teilchen kleiner als 5 mm sowie Nanopartikel (< 100 Nanometer). Mikroplastik wird u. a. durch den alltäglichen Abrieb von Reifen (z. B. Auto, Fahr-

rad) oder Milliarden Schuhsohlen auf Straßen und Sportplätzen mit Kunstrasen freigesetzt. Regen und Wind verlagern dieses in den Boden. Es kommt teilweise sogar gezielt in Kosmetik, Putzmitteln o. Ä. zum Einsatz. Allerdings wird Plastik in der Umwelt extrem langsam abgebaut. Stoffe wie Polypropylen (PP) sind deshalb inzwischen in Boden, Wasser und Luft nachweisbar. Sie reichern sich in der Nahrungskette an, können aber kaum wieder „zurückgeholt“ werden.

PLASTIK IN ACKERBÖDEN MEIST AUS FREMDEN QUELLEN

Mengen und Eintragungspfade von Plastik in Ackerböden sind in mehreren Studien untersucht worden. Die Analyseverfahren sind aufwendig und die Ergebnisse alarmierend: So schätzt eine aktuelle Studie des Fraunhoferinstituts UMSICHT, dass in Deutschland pro Jahr über 19.000 t Kunststoff in die landwirtschaftlichen Böden gelangen. Mit gut 15.400 t entstehen über 80 % davon außerhalb der Landwirtschaft; die restlichen 3.635 t werden durch die Landwirtschaft selbst verursacht. Die LandwirtInnen sind also MitverursacherInnen, aber v. a. Leidtragende der Plastikeinträge anderer. In Studien, die die Bodenbelastung untersucht haben, wurde im Schnitt eine Mikroplastik-Konzentration von 4,5 mg/kg ermittelt; das entspricht rund 13.000 Kunststoffteilchen pro kg Boden!

Die Düngung mit Klärschlämmen und Komposten ist mit Blick auf Nähr-

LERNZIELE UND KOMPETENZEN

Fächer: Chemie, Biologie, Geografie, AG Umwelt

Die Schülerinnen und Schüler

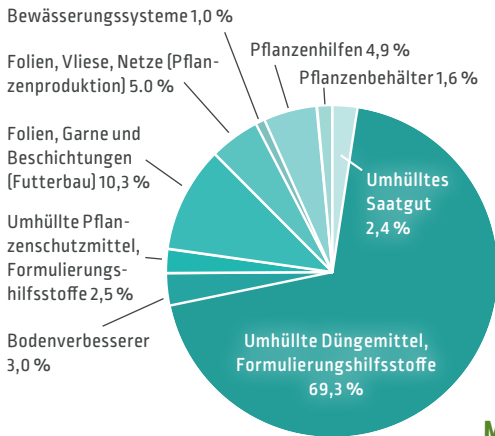
- » werten Diagramme und Tabellen zu Quellen und Eintragungsmengen aus;
- » erläutern die Verbindung von ihrem Alltag zum Ackerboden;
- » recherchieren zu eingesetzten Kunststoffen;
- » untersuchen Kosmetika wie Peelings u. a.;
- » erläutern Recycling gegen weitere Einträge.

stoffkreisläufe sinnvoll. Darüber hinaus lässt sich mit Kompost der Humusgehalt der Böden steigern (vgl. Heft 45). Doch mit 54 % verursachen Klärschlämme, sprich Reststoffe aus geklärten Abwässern, die größten außerlandwirtschaftlichen Einträge. Unachtsam entsorgte und verwehte Abfälle (Littering, vgl. Seite 26) folgen mit 38 % und die Kompostdüngung mit weiteren 8 %, weil im Kompost z. B. Lebensmittel-Verpackungen oder vorgeblich „biologisch abbaubare“ Plastiktüten landen und verbleiben. Hier ist abzuwägen, ob der Nachteil der Plastikeinträge größer ist als der Nutzen der Nährstoffkreisläufe. Zudem helfen Güteklassen und Qualitätsanforderungen für Komposte.

(MIKRO-)PLASTIK AUS DER LANDWIRTSCHAFT

Insgesamt setzt die Landwirtschaft pro Jahr rund 1,1 Mio. t Kunststoff ein

MIKROPLASTIKEMISSIONEN AUS DER LANDWIRTSCHAFT



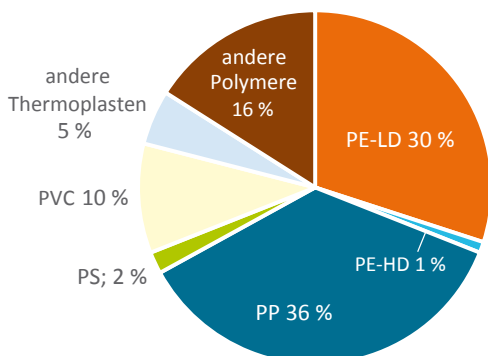
Folien für Silageballen sind sehr praktisch, um Futter haltbar zu lagern – sie gehören recycelt.

dennoch müssen auch hier die Emissionen weiter vermindert werden.

und damit knapp 5 % des deutschen Verbrauchs. Bei gut der Hälfte (560.000 t) handelt es sich um Thermoplaste wie Polyethylen und Polyurethan, z. B. für Folien zum Schutz von Fahrtilos und Silageballen. Sie verursachen aber nur einen kleineren Teil der brancheneigenen Einträge. Daneben kommen etwa 540.000 Tonnen Chemiefasern, Polymer-Dispersionen und Elastomere zum Einsatz, z. B. in Depotdüngern, Vliesen und Schutznetzen sowie Pflanzenschutzmittelzusätzen (Formulierung). Solche Additive sorgen z. B. für eine bessere Aufnahme und Wirkung über die Blätter. Polymere umhüllen Depotdünger und ermöglichen insbesondere bei Stickstoff eine gezielte Versorgung der Pflanzen, verhindern Nährstoffverluste durch Auswaschung oder Ausgasung, bringen aber auch Plastik in den Boden. Gleiches gilt für Bodenverbesserer wie sogenannte Superabsorber bzw. Hydrogele, die dank Polymeren viel Wasser für Pflanzen speichern können, aber z. B. mit Pflanzern in den Kompost und auf den Acker gelangen.

Die Landwirtschaft ist zwar mit einer Recyclingquote von rund 37 % schon weitaus besser aufgestellt als andere Anwendungsbereiche von Kunststoffen,

ANTEILE DER IN DER LANDWIRTSCHAFT VERWENDETEN KUNSTSTOFFARTEN



MASSNAHMEN AUF UND NEBEN FELDERN

Ackerboden lässt sich nicht filtern oder sieben. Mikroplastik, das eingetragen wurde, kann nur nach einem langfristigen Zersetzungsprozess wieder verschwinden – und die Rolle der dabei entstehenden Abbauprodukte ist noch weitgehend unklar. Damit rückt die Vermeidung der Einträge in den Fokus. Möglichkeiten und Wege für das Recycling von Kunststoffen müssen weiter ausgebaut werden.

Der Anfang ist gemacht. Die Industrie sammelt, sortiert und verwertet getrennt mehrere Sorten Materialien von Spargelfolien bis Rundballennetze. Die gesammelten Kunststoffe werden gewaschen, zerkleinert und zu Granulaten eingeschmolzen. Aus diesen Rezyklaten entstehen neue Produkte wie Agrar- und Baufolien, Folienbeutel oder Gartenmöbel.

Um die Recyclingquote zu erhöhen, bieten u. a. eine transparentere Kennzeichnung der Materialien, die Information der Landwirte, ggf. eine Rücknahmeverpflichtung der Hersteller, eine weitere Absenkung der Grenzwerte für Klärschlämme und Komposte, der Ausbau der Sammel- und Recyclingstellen und – mit Blick auf die Verweildauer des Plastiks im Boden – auch verbesserte Formulierungen und biologisch abbaubare Kunststoffe wichtige Ansätze.

JEDER KANN EINTRÄGE MINIMIEREN

Da bisher nicht komplett auf den Einsatz von Plastik verzichtet werden kann, ist die Gesellschaft insgesamt – weit über die Landwirtschaft hinaus – gefordert, Einträge in die Umwelt zu verringern. Neben Alternativen zu Plastikprodukten bieten der sorgsame Umgang mit, die ordnungsgemäße Entsorgung und das Recycling von Plastik wichtige Ansätze. Und: Da wir längst noch nicht alles wissen, ist weitere Forschung zu Herkunft und Verbleib von Mikroplastik sowie zu vollständig biologisch abbaubaren Kunststoffen dringend erforderlich.

METHODISCH-DIDAKTISCHE ANREGUNGEN

War Mikroplastik schon mal Thema im Unterricht oder Pausengesprächen? Was wissen die SchülerInnen über Kunststoffe in Gewässern? Knüpfen Sie daran an. Haben Sie schon von Plastikresten in Böden wie Ackerflächen gehört? Grafik 1 auf **Arbeitsblatt 1/ Extrablatt** gibt einen ersten Überblick, über welche Wege Emissionen bzw. (Mikro-)Plastik-Einträge in die Böden gelangen. Erklären Sie unklare Begriffe oder lassen Sie die Klasse selbst (in der Sachinfo oder online) recherchieren. Erläutern Sie die Gründe, die für und gegen den Einsatz der Kunststoffe sprechen. Die Tabelle auf dem **Extrablatt** (Download) erklärt die großen Einträge im Klärschlamm und stellt den Bezug zum Alltag und Mitwirken der Jugendlichen her. Noch konkreter wird dies mit dem Filtern der eigenen Kosmetik – dazu der Versuch auf der **Sammelkarte** (S. 15). Die **Statistik** (S. 25) liefert Zahlen zum Littering, das jede/r täglich vermeiden kann.

Arbeitsblatt 2 zeigt, wie Kunststoff-Recycling in Landwirtschaft und Gartenbau funktioniert, und stellt damit eine Strategie gegen weitere Einträge vor. Betonon Sie, dass sich Einträge nicht rückgängig machen lassen.

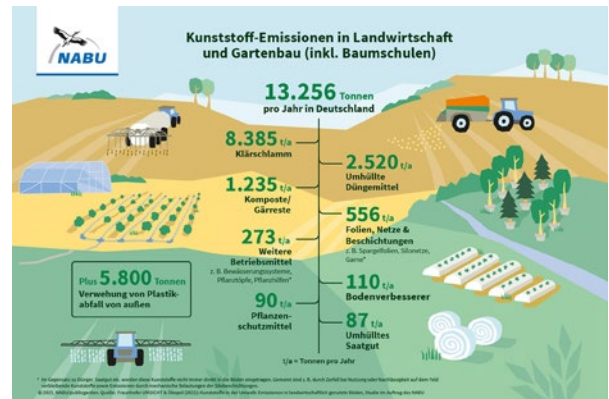
LINK- UND MATERIALTIPPS

- » Anknüpfende Materialien aus lebens.mittel.punkt, u. a. in Heft 35 (Mikroplastik in Wasser), 20 (Boden) und 45 (Futter vom Feld) unter ima-lehrermagazin.de
- » i.m.a-Poster „Der Boden“ unter ima-shop.de
- » Studienbericht von Fraunhofer UMSICHT/Ökopool (Tipp: S. 23) unter NABU.de/bodenstudie
- » Zum Umgang mit Plastik: Pack aus! Plastik, Müll & ich, Heinrich-Böll-Stiftung (Hrsg.) unter boell.de/packaus
- » Aktuelle Studie zum Abbau biobasierter Kunststoffe im Boden unter kurzelinks.de/ufz-biokunststoff

Plastik im Boden – aktueller Wissensstand

Die Untersuchungen sind sehr aufwendig. Sehr viele Forschende sind daran beteiligt. Fraunhofer UMSICHT und Ökopol haben versucht, diverse Ergebnisse zu Einsatzmengen, Verlusten und Einträgen zusammenzufassen. Die folgenden Zahlen sind als Schätzungen zu verstehen.

- 1 Schau dir auf dem Extrablatt (Grafik) die Eintragsmengen in die Landwirtschaft und den Gartenbau und deren Quellen an. Fasse die Grafik in 5 Sätzen zusammen.



Zusatzaufgabe: Berechne die prozentualen Anteile der Quellen. (Lösung in Sachinfo / Tortendiagramm)

- 2 Schau dir die Tabelle „Kunststoffeinträge und -anteile im Klärschlamm“ auf dem Extrablatt genau an. Markiere, von welchen Dingen besonders viel Kunststoff in den Klärschlamm übergeht. Lies die Stoffe im Chemiebuch nach.

Quelle	Typische Polymere	Freisetzung pro Jahr [t/a]	Übergang in die Siedlungswirtschaft [%]	Übergang in die Kläranlage [%]	Übergang in den Klärschlamm [%]	Menge in Klärschlamm pro Jahr [t/a]
Straßenbahnmarkierungen	div. Duro- und Thermoplaste	8.900 [5.000–15.000]	48	38,5	75	1.178 [661–1.986]
Straßenabrieb	(Polymer-)Bitumen	2.500 [1.500–3.500]	48	38,5	75	346 [208–624]
Reifen	Natur- und Synthesekautschuk	147.235 [120.000–180.000]	48	38,5	75	20.406 [16.632–24.948]
Farben – Verwitterung	div. Polymerdispersionen	10.185 [5.000–15.000]	25	38,5	75	735 [360–1.083]
Farben – Reinigung	div. Polymerdispersionen	2.605 [1.500–3.500]	100	99	75	1.934 [1.113–2.599]
Sportstätten	NR/SBR, PUR, EPDM, TPE	8.000 [4.000–12.000]	25	38,5	75	578 [289–1.155]
Schuhsohlen	PU, TPU, EVA, NR	2.499 [1.500–3.500]	48	38,5	75	347 [208–485]
Abwasserrohre	PE, PP, PVC	250 [100–400]	100	78,5	75	147 [59–236]
Textilwäsche	PET, PA, PAK	2.253 [1.500–2.500]	100	99	95	2.119 [1.411–2.351]
Kosmetik, WPR [MP]	PE, PA, PLA, PTFE, Copolymere, Wächse	977 [500–1.500]	100	99	95	912 [467–1.400]
Flockungshilfsmittel	Polyacrylamid	23.000 [15.000–30.000]	100	99	100	22.770 [14.804–29.608]
Makroplastik	diverse	12.300 [5.250–22.500]	<38	78,5	20	734 [328–1.406]
Kunststoffeinträge in KS gesamt		52.406 [43.540–67.881]				
Kunststoffeinträge über landwirtschaftliche KS-Verwertung (13 – 19 %)		8.385 [5.655–12.897]				

- 3 An welchen dieser Eintragswege bist du beteiligt? Schreibe 3 Dinge auf, die du tun kannst, um Einträge von Mikroplastik in Wasser und Boden zu minimieren.

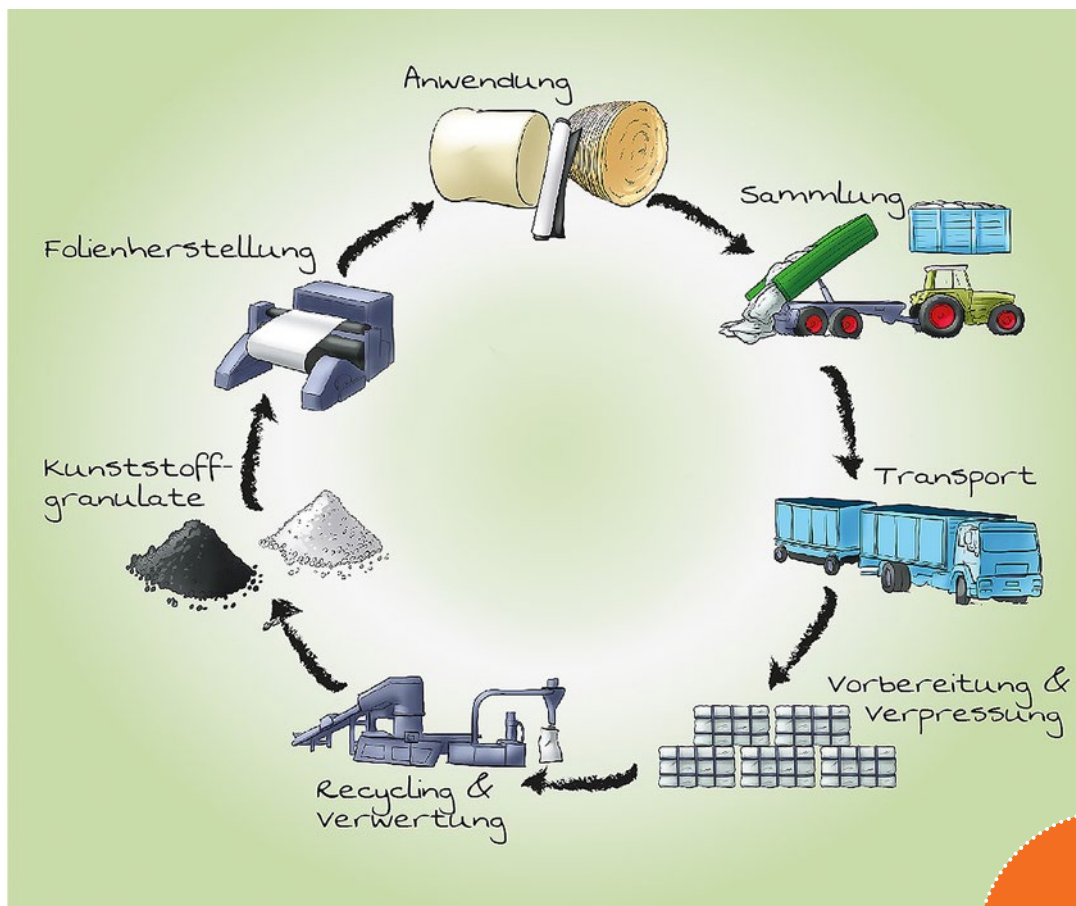
Du möchtest mehr erfahren?
Die ganze Studie findest du unter **NABU.de/bodenstudie**
Auf Seite 31/32 findest du z. B. eine Tabelle mit detaillierten Beispielen, welche Kunststoffe wofür und warum eingesetzt werden, ab Seite 55 Ideen für Verbesserungen.

Recycling – ein Ansatz

Kunststoffe sind sehr praktisch zum Verpacken und Schützen von Pflanzen und Ernte. Damit Folien und Netze nicht auf den Feldern verwittern, sind sie regelmäßig zu erneuern. Das Recycling hilft Rohstoffe zu sparen und Kunststoffabfälle zu verringern. Betriebe sammeln und sortieren sie getrennt nach: Siloflachfolien, Unterziehfolien und Siloschläuche, Silagestretchfolien und Netzersatzfolien, Rundballennetze, Pressengarne, Spargelfolien und Lochfolien.



Erläutere die Stufen des abgebildeten Kreislaufs. Wo sind Verluste unvermeidbar?



Tipp:
Nutze bei deinen Pflanzen
möglichst nur Rankhilfen,
Bindfaden usw. aus
Naturfasern und Holz.

Kunststoff-Littering in Deutschland

Flächennutzungstyp	Littereintrag (t/Jahr)	Kunststoff Littereintrag (t/Jahr)	Anteil des Kunststoffs am Eintrag [%]	Verbleibender Kunststoff-Litter (t/a)	Anteil des Verbleibs [%]
Straßenränder	23.822 [21.314–26.998]	5.241 [4.689–5.940]		786 [234–1.485]	
Rastanlagen	2.342	515		52 [26–77]	
Parkanlagen	101.005	6.060		182 [59–309]	
Fußgängerzonen	>646	646		3,2 [0,6–6,5]	
Flussrandstreifen	1.591	560		342 [232–451]	
Küste	699	210		107 [81–134]	
Binnenbadestellen	145	43		26 [17–35]	
Gesamtsumme	>130.250	13.275		1.498 [651–2.497]	

© i.m.a.e.V. | Quelle: Tabelle: modifiziert nach Abschätzung von Tilli Zimmermann et al. (2019)

An diversen Orten gelangen Abfälle achtlos oder unabsichtlich in die Umwelt. Sie heißen Litter (vgl. auch Definition auf S. 26) und werden soweit möglich von absichtlich illegal entsorgtem Abfall unterschieden. Die Littermengen sind sehr schwer zu bestimmen, doch ExpertInnen bemühen sich um Schätzungen, um die kritischen Orte und Mengen zu erkennen. Die Kommunen und Länder reinigen Straßenränder, Parks, Ufer usw.

von dem, was liegen bleibt und verweht. Da sich nicht alles erfassen und entfernen lässt, verbleiben gewisse Mengen dauerhaft in der Umwelt (sog. Schlupfquote). Etwa ein Zehntel aller gelitterten Materialien besteht aus Kunststoff und wiederum mehr als ein Zehntel davon bleibt zurück. Das entspricht jährlich etwa 1.500 Tonnen Kunststoffe aus Litter bundesweit, wobei die Schätzungen von ca. 650 bis knapp 2.500 Tonnen variieren.

IDEEN FÜR DEN EINSATZ IM UNTERRICHT

Fächer: Erdkunde, Politik, Gemeinschaftskunde, Wirtschaft

Aufgaben zur Statistik:

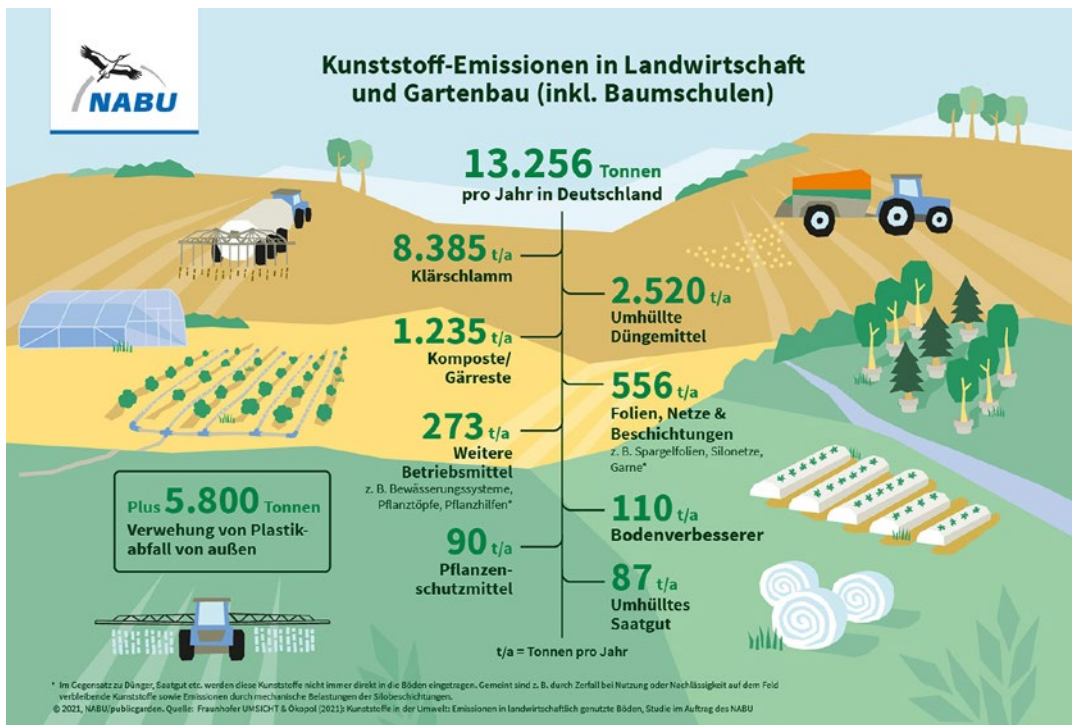
- » Markiere die Flächen mit den höchsten Gesamteinträgen und den höchsten Mengen an verbleibendem Kunststoff.
- » Berechne für die einzelnen Flächen den jeweiligen Anteil der Kunststoffe am Litter und trage die Werte in die Tabelle ein. Wo ist der Anteil besonders hoch?
- » Berechne den jeweiligen Anteil des Kunststoffverbleibs am Kunststoffeintrag. Wo ist der Anteil relativ hoch oder niedrig?
- » Zusatzaufgabe: Erstelle zwei Kreisdiagramme aus den berechneten Werten.

Hinweis: Du kannst die Zahlen beim Rechnen grob runden, da es sich um geschätzte Mengen handelt.

Zusatzaufgaben:

- » Nenne weitere Materialien in den gelitterten Abfällen, z. B. an Rastplätzen.
- » Erläutere, warum sich die Abfälle je nach Fläche unterschiedlich gut einsammeln lassen.
- » Formuliere drei Ideen für Maßnahmen, die das Littering verringern könnten.

PLASTIK IM BODEN EXTRABLATT ZU ARBEITSBLATT 1



Kunststoffeinträge und -anteile im Klärschlamm

Quelle	Typische Polymere	Freisetzung pro Jahr [t/a]	Übergang in die Siedlungswasserwirtschaft [%]	Übergang in die Kläranlage [%]	Übergang in den Klärschlamm [%]	Menge in Klärschlamm pro Jahr [t/a]
Straßenbahnmarkierungen	div. Duro- und Thermoplaste	8.900 [5.000–15.000]	48	38,5	75	1.178 [661–1.986]
Straßenabrieb	(Polymer-)Bitumen	2.500 [1.500–3.500]	48	38,5	75	346 [208–624]
Reifen	Natur- und Synthesekautschuk	147.235 [120.000–180.000]	48	38,5	75	20.406 [16.632–24.948]
Farben – Verwitterung	div. Polymerdispersionen	10.185 [5.000–15.000]	25	38,5	75	735 [360–1.083]
Farben – Reinigung	div. Polymerdispersionen	2.605 [1.500–3.500]	100	99	75	1.934 [1.113–2.599]
Sportstätten	NR/SBR, PUR, EPDM, TPE	8.000 [4.000–12.000]	25	38,5	75	578 [289–1.155]
Schuhsohlen	PU, TPU, EVA, NR	2.499 [1.500–3.500]	48	38,5	75	347 [208–485]
Abwasserrohre	PE, PP, PVC	250 [100–400]	100	78,5	75	147 [59–236]
Textilwäsche	PET, PA, PAK	2.253 [1.500–2.500]	100	99	95	2.119 [1.411–2.351]
Kosmetik, WPR (MP)	PE, PA, PLA, PTFE, Copolymere, Wachse	977 [500–1.500]	100	99	95	912 [467–1.400]
Flockungshilfsmittel	Polyacrylamid	23.000 [15.000–30.000]	100	99	100	22.770 [14.804–29.608]
Makroplastik	diverse	12.300 [5.250–22.500]	<38	78,5	20	734 [328–1.406]
Kunststoffeinträge in KS gesamt		52.406 [43.540–67.881]				
Kunststoffeinträge über landwirtschaftliche KS-Verwertung (13 – 19 %)		8.385 [5.655–12.897]				

Abkürzungen:

EPDM = Etylen-Propylen-Dien-Kautschuk
 EVA = Etylen-Vinylacetat-Copolymer
 KS = Klärschlamm
 MP = Medizinprodukte
 NR = Naturkautschuk
 PA = Polyamid

PAK = Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe
 PE = Polyethylen
 PET = Polyethylenterephthalat
 PLA = Polyactic acid (Polymilchsäure)
 PP = Polypropylen
 PTFE = Polytetrafluorethylen

PU/PUR = Polyurethan
 PVC = Polyvinylchlorid
 SBR = Styrol-Butadien-Kautschuk
 TPE = Thermoplastische Elastomere
 TPU = Thermoplastisches Polyurethan
 WPR = Wasch-, Putz- und Reinigungsmittel

© i. m. a. e. v. | Schaubild: NABU/public/garden; Tabelle modifiziert nach: Fraunhofer UMSICHT/Ökopool (2021), S. 133/134