

Schriftlicher Bericht

Sachstand über die Schadstoffe in Kunststoffen und ihre Auswirkungen auf die Entsorgung

In den vergangenen Jahrzehnten haben Kunststoffe als Werkstoff immer mehr an Bedeutung gewonnen. Die Hauptanwendungsbereiche von Kunststoffen sind sowohl der Verpackungs- als auch der Bau-, Automobil- und Elektro-/Elektronikbereich. In Deutschland stieg der Gesamtverbrauch von Kunststoffprodukten von rund 10 Mio. t in 2015 auf etwa 12 Mio. t in 2017. Demgegenüber fielen 2017 in Deutschland insgesamt etwa 6 Mio. t Kunststoffabfälle an, ein großer Teil davon durch private oder gewerbliche Endverbraucher. Etwa 53 % der Gesamtmenge an Kunststoffabfällen wurden energetisch und 47 % werkstofflich verwertet. 2018 wurden etwa 1,1 Mio. t Kunststoffabfälle in das Ausland exportiert. Den Großteil dieser Exporte machten gewerbliche Kunststoffabfälle aus. Eine Reihe von Ländern erließen Importverbote oder Importbeschränkungen für verschiedene Kunststoffabfälle. Zudem wurden auf Ebene des Basler Übereinkommens Verschärfungen der Regelungen zur Verbringung von Kunststoffabfällen beschlossen, die zum 1. Januar 2021 umzusetzen sind. Diese Maßnahmen konfrontieren Deutschland und Europa mit der Herausforderung, auch in Deutschland mehr Recyclingkapazitäten für Kunststoffe aufzubauen.

Neben dem Schutz natürlicher Ressourcen ist der Klimaschutz ein weiteres Argument für ein verstärktes Kunststoffrecycling. Durch die erhöhte Verwendung von Kunststoffrezyklaten könnte die Abhängigkeit von der Gewinnung fossiler Brennstoffe zur Kunststoffgewinnung sowie die CO₂-Emissionen verringert werden. Nach dem Kreislaufwirtschaftsgesetz steht die stoffliche Verwertung, z. B. in Form des Recyclings, unter dem Vorbehalt der Schadlosigkeit. Dabei sollen im Wertstoffkreislauf keine Schadstoffe angereichert werden. Im Folgenden werden unter dem Begriff „Schadstoff“ Stoffe verstanden, die sich kurz- oder langfristig schädlich auf die menschliche Gesundheit und/oder die Umwelt auswirken können. Hierzu zählen z. B. die Stoffe, die nach der

REACH-Verordnung (1907/2006/EG) als besonders besorgniserregend eingestuft sind (SVHC¹) oder die als persistenter organischer Schadstoff (POP) unter die Vorgaben der europäischen Verordnung über persistente organische Schadstoffe (EU-POP-Verordnung (EU) 2019/1021) fallen.

Ein wesentliches Hindernis für ein verstärktes Kunststoffrecycling stellt der Mangel an Informationen über die in Kunststoffen verwendeten Additive und deren möglichen nachteiligen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und Umwelt dar. Dies gilt insbesondere für Kunststoffabfälle aus dem Bau-, Elektro- und Elektronik- oder Automobilbereich, da in diesen Abfällen regelmäßig Fraktionen zu finden sind, die Stoffe enthalten, die mittlerweile über die REACH- oder die EU-POP-Verordnung verboten sind oder deren Verwendung mittlerweile einer Beschränkung unterliegen.

1. Berichtsbitte der Umweltministerkonferenz

Auf der 91. Umweltministerkonferenz am 09. November 2018 in Bremen wurde unter TOP 45 das Voranbringen der EU-Kunststoffstrategie behandelt. Dabei stellte die Umweltministerkonferenz fest, dass ohne ein konsequentes und tatsächliches Recycling und die umweltverträgliche Entsorgung am Ende des Lebenszykluses bestimmter Kunststoffprodukte massive Umweltprobleme entstehen können. Ferner wurde der Bund gebeten, über die Situation von Schadstoffen in Kunststoffen wie beispielsweise Weichmachern (Phthalate, Bisphenol A u. a.) und deren Auswirkungen auf ihre umweltverträgliche Entsorgung zu berichten. Um dieser Berichtsbitte der Umweltministerkonferenz nachzukommen, hat das BMU ein Forschungsvorhaben in Auftrag gegeben. Dieses soll einen Überblick über die in Kunststoffen verwendeten Additiven, deren Einstufung nach dem Chemikalienrecht und der hieraus möglichen Beschränkungen bieten. Der Bericht „*Sachstand über die Schadstoffe in Kunststoffen und ihre Auswirkungen auf die Entsorgung*“ liegt als Anlage bei.

2. Übersicht über Schadstoffe in verschiedenen Kunststoffen

Im Fokus des Sachstandsberichts standen insbesondere die Kunststoffe aus den Bereichen Bau, Automobil und Elektro/Elektronik. In diesen Bereichen bestehen häufig nur wenige oder keine Informationen darüber, welche Stoffe mit welchen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit oder Umwelt in welchen Konzentrationen in den

¹ Engl. Substances of Very High Concern.

Kunststoffen vorhanden sind. In dem Sachstandsbericht wurden die sechs folgenden Kunststoffpolymere hinsichtlich ihrer Additive näher betrachtet, die aufgrund ihrer Einsatzmengen innerhalb der Branchen ausgewählt wurden: PVC, PS, EPS/XPS, PE, PP und ABS².

a) Kunststoffe im Baubereich

Polyvinylchlorid (PVC) gehört aufgrund seiner Witterungsbeständigkeit und Langlebigkeit zu den wichtigsten Kunststoffen im Baubereich. Mehr als 70 % des in Deutschland insgesamt verarbeiteten PVCs wurde im Baubereich eingesetzt. Je nach Einsatzzweck müssen PVC-Erzeugnisse gewisse Eigenschaften (Hart- bzw. Weich-PVC) aufweisen oder produktspezifische Erfordernisse erfüllen (Flammschutz). Weich-PVC wird z.B. in PVC-Bodenbelägen, -Dichtungsbahnen und -Kabelummantelungen verwendet. Im Sachstandsbericht des BMU konnten folgende SVHC identifiziert werden: Weichmacher (verschiedene Phthalate, z. B. DEHP³, DIHP⁴), Bisphenol A sowie kurz- und mittelkettige chlorierte Paraffine (SCCP⁵, M CCP⁶). Hart-PVC werden verschiedene Stabilisatoren, z. B. gegen Licht oder Wärme zugesetzt. In der Vergangenheit basierten die Stabilisatoren häufig auf organischen Verbindungen oder Salzen der Schwermetalle Blei und Cadmium. Diese beiden Schwermetalle und ihre Verbindungen sind jedoch mittlerweile als SVHC gelistet.

Polyethylen (PE) wird in mehrere Arten unterteilt, die sich in ihrem Aufbau unterscheiden. Bauprodukte aus PE-HD⁷/MD⁸ sind Baustoffe mit einer hohen Dichte, welche jedoch wenig flexibel sind. Die wichtigsten Bauprodukte aus PE-HD/MD stellen Abwasser- oder Kaltwasser-Rohre dar sowie Elektro-Installationsrohre. Im Sachstandsbericht konnten insbesondere verschiedene Flammschutzmittel als Schadstoffe identifiziert

² Die Erklärungen zu den einzelnen Polymeren folgen unter den Punkten a), b) und c). Im Übrigen finden sich alle verwendeten Abkürzungen im Abkürzungsverzeichnis (S.10 ff.) des anliegenden Berichtes „Sachstand über die Schadstoffe in Kunststoffen und ihre Auswirkungen auf die Entsorgung“.

³ Abkürzung für Diethylhexylphthalat.

⁴ Abkürzung für Dihexylphthalat.

⁵ Engl. short-chain chlorinated paraffins; Dt. kurzkettige Chlorparaffine.

⁶ Engl. medium chain chlorinated paraffin; Dt. mittelkettige Chlorparaffine.

⁷ Engl. High-Density Polyethylen; Dt. Polyethylen mit hoher Dichte.

⁸ Engl. Medium-Density Polyethylen; Dt. Polyethylen mit mittlerer Dichte.

werden. Hierbei handelt es sich um POP (SCCP, PBDE⁹, HBCDD¹⁰) bzw. POP-Kandidaten (Dechloran Plus). Das Flammschutzmittel Tetrabrombisphenol A wird derzeit auf eine mögliche Listung als SVHC aufgrund seiner PBT- und EDC-Eigenschaften¹¹ bewertet.

Polystyrol (PS) in der expandierten (*EPS*) oder *extrudierten (XPS)* Form wird im Baubereich insbesondere zur Wärmedämmung eingesetzt. Besonders HBCDD wurde bei EPS-Dämmmaterialien, bis zu seinem Verbot im Jahr 2015, häufig als Flammschutzmittel bei der Produktion von Wärmedämmplatten zugesetzt.

b) Kunststoffe im Automobilbereich

Im Automobilbereich ersetzen Kunststoffe zunehmend Bauteile, die früher aus Metall gefertigt wurden. Dies hat zur Folge, dass der Automobilbereich mittlerweile der drittgrößte Verbraucher von Kunststoffen ist.

Polypropylen (PP) ist mengenmäßig der am häufigsten verbaute Kunststoff in Automobilen. Die Hauptanwendungen liegen sowohl im Innen- als auch im Außenbereich, z. B. Stoßfänger, Radhausschalen oder Armaturenbretter sowie Innen-Verkleidungen und Kabelisolierungen. Als Schadstoffe wurden im Sachstandsbericht hauptsächlich Flammschutzmittel identifiziert, insbesondere PBDE, HBCDD, Dechloran Plus und Tetrabrombisphenol A.

Kunststoffe aus *Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymer (ABS)* finden im Automobilbereich sowohl im Innen- als auch im Außenbereich vielfältigen Einsatz, z. B. als Bauteile von Lüftungsanlagen, Innen- und Außenraumverkleidungen oder Armaturenbretter. ABS ist ohne weitere Zugabe von entsprechenden Additiven weniger UV- bzw. witterungsbeständig als andere Kunststoffarten. Als Schadstoffe wurden im Sachstandsbericht Stabilisatoren (z. B. UV-Stabilisatoren, Antistatika und Antioxidantien), Weichmacher (DEHP, Triphenylphosphat) oder Flammschutzmittel (Antimontrioxid, Triphenylphosphat, HBCDD, PBDE, Tetrabrombisphenol A, Dechloran Plus) aufgeführt.

⁹ Abkürzung für Polybromierte Diphenylether, insbesondere Tetra-, Penta-, Hexa-, Hepta- und Decabromdiphenylether.

¹⁰ Abkürzung für Hexabromcyclododecan.

¹¹ PBT steht für Persistent, Bioakkumulierend und Toxisch; EDC steht für endokrine Disruptoren (engl. Endocrine Disrupting Chemicals).

c) Kunststoffe im Elektro-/Elektronikbereich

Im Elektro-/Elektronikbereich kommen eine Vielzahl unterschiedlicher Kunststoffarten zum Einsatz.

PP ist mit ca. 18 % der mengenmäßig am häufigsten verarbeitete Kunststoff in diesem Bereich. Der Anteil von PP kann je nach Gerätekategorie stark variieren: z. B. Spielzeug sowie Sport- und Freizeitgeräte 48%, Haushaltsgroßgeräte: zwischen 6,6 % und 35% oder Beleuchtungskörper: 15%. Als Schadstoffe sind insbesondere Flammschutzmittel relevant (POP-Stoffe: SCCP, PBDE, HBCDD; Dechloran Plus; Tetrabrombisphenol A).

PS wird ebenfalls im Elektro- und Elektronikbereich verbaut, was einem Anteil am Gesamtkunststoffverbrauch der Branche von 6,6 % entspricht. Auch hier variiert der Anteil an PS je nach Gerätekategorie: so besteht das Innere von Kühlgeräten hauptsächlich aus PS. Da das Innere von Kühlgeräten mit Lebensmitteln in Kontakt kommt und damit frei von bromierten Flammschutzmitteln sein muss, ist der PS-Kunststoff aus Kühlgeräten besonders hochwertig und eignet sich gut zum Recycling. Dagegen können Monitore oder TV-Geräte insbesondere Flammschutzmittel als relevante Schadstoffe (POP-Stoffe: SCCP, PBDE, HBCDD; Dechloran Plus; Tetrabrombisphenol A) enthalten.

Im Elektro- und Elektronikbereich wird ebenfalls ABS verbaut. Der Anteil von ABS kann je nach Gerätekategorie stark variieren, sodass es am häufigsten in Handyhüllen, Mikrowellen, Flatscreens und Monitoren sowie in Gehäusen und eingebauten Teilen der Informations- und Kommunikationstechnologie zu finden ist. Als Schadstoffe sind insbesondere Flammschutzmittel (POP-Stoffe: SCCP, PBDE, HBCDD; Dechloran Plus oder Tetrabrombisphenol A) oder UV-Stabilisatoren relevant.

d) Kunststoffe im Verpackungsbereich

In Deutschland fielen nach Untersuchungen des Instituts Conversio im Jahr 2017 circa 3 Mio. t Verpackungsabfälle aus Kunststoff an, welche etwa zwei Dritteln aus dem haushaltsnahem Bereich und zu etwa einem Drittel aus dem industriell-gewerblichen Bereich stammten. Kunststoffverpackungen machen den größten Anteil an den insgesamt 6,15 Mio. t Kunststoffabfällen in Deutschland aus. Diese Verpackungsabfälle wur-

den nach Conversio zu 49,9 % energetisch, zu 48,6 % werkstofflich und zu 1,4 % rohstofflich verwertet. Die Gesamtverwertungsrate für entsorgte Kunststoffverpackungen betrug demnach 99,9 %¹².

Dem größten Teil dieser Kunststoffverpackungen werden keine schadstoffhaltigen Additive gezielt zugesetzt. Dies gilt insbesondere für Kunststoffe mit Lebensmittelkontakt. Die vergleichsweise hohe Rate energetischer Verwertung von Kunststoffverpackungen liegt entsprechend nicht in der Ausschleusung von Schadstoffen begründet. Vielmehr erschweren Faktoren wie die Vielfalt der eingesetzten Polymere oder die Heterogenität der Ausgestaltung der Verpackungen (Form, schwarze Farbgebung, etc.) ihre Sortier- und Recyclingfähigkeit.

Aufgrund der weitgehenden Schadstofffreiheit wurde im vorliegenden Bericht auf die Betrachtung von Kunststoffverpackungen verzichtet und der Fokus auf die Untersuchung von Produkten, die typischerweise aus schadstoffhaltigen Kunststoffen bestehen bzw. entsprechende Komponenten enthalten gerichtet.

3. Entsorgungswege

a) Kunststoffabfälle im Baubereich

Im Baubereich haben sich verschiedene Getrennsammelsysteme etabliert, z. B. Rewindo für PVC-Fensterrahmen. Die getrennt gesammelten Fraktionen werden anschließend einem werkstofflichen Recycling zugeführt. Kunststoffrezyklate werden insbesondere für die Herstellung von Fensterprofilen oder Rohren (z. B. Abwasserrohre, Regenwassermanagement) eingesetzt. Die Kerne von Fensterprofilen oder mehrschichtigen Kunststoffrohren können bis zu 100 % aus Kunststoffrezyklat bestehen, während die Beschichtung aus Neuware besteht. Kunststoffe in gemischten Bau- und Abbruchabfällen werden in der Regel energetisch verwertet.

Wärmedämmplatten aus dem Rückbau von Wärmedämmverbundsystemen werden aufgrund ihres HBCDD-Gehaltes energetisch verwertet. Verschnittreste, die beim Aufbringen neuer Wärmedämmverbundsysteme entstehen, werden in der Regel getrennt gesammelt und dem Produktionsprozess wieder zugeführt.

¹² Conversio (2018): Stoffstrombild Kunststoffe in Deutschland 2017, S. 78 ff.

b) Kunststoffabfälle im Automobilbereich

Kunststoffabfälle aus dem Automobilbereich werden entweder manuell demontiert (große Kunststoffteile) oder mit der Restkarosse in Schredderanlagen behandelt. Die Demontage großer Kunststoffteile vor dem Schreddern spielt dem „Jahresbericht über die Altfahrzeug-Verwertungsquoten in Deutschland im Jahr 2017“ des BMU und dem UBA zufolge nur eine sehr untergeordnete Rolle. Der Großteil der in Fahrzeugen verarbeiteten Kunststoffe wird folglich Schredderanlagen mit Restkarossenbehandlung zugeführt. Beim Schreddern entstehen sowohl metallische Fraktionen (Schredderschrott und Schredderschwerfraktionen) als auch die Schredderleichtfraktionen, in der sich hauptsächlich die betrachteten Kunststoffe wiederfinden lassen. Nach dem Sachstandsbericht wird die Schredderleichtfraktion zum Teil energetisch verwertet.

c) Kunststoffabfälle in Elektro-/Elektronikgeräten

Die getrennte Erfassung von Elektroaltgeräten (EAG) aus privaten Haushalten erfolgt in der Praxis üblicherweise über kommunale Sammelstellen der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger (öRE) oder über Rücknahmesysteme von Herstellern und Vertriebern. EAGs die über den Restmüll entsorgt werden, gelangen in der Regel direkt in die Müllverbrennungsanlage und werden energetisch verwertet. Nach der LAGA-Mitteilung 31A „Umsetzung des Elektro- und Elektronikgerätegesetzes - Anforderungen an die Entsorgung von Elektro- und Elektronikaltgeräten“ erfolgt die Behandlung separat erfasster Altgeräte i.d.R. durch eine manuelle Demontage oder durch eine teil- oder vollautomatisierte Behandlung. Diese hat die Schadstoffentfrachtung, die Erzeugung vermarktungsfähiger Stoffströme sowie die ordnungsgemäße Beseitigung nicht verwertbarer Stoffe zum Ziel. Grundsätzlich ist festzuhalten, dass Entsorgungswege und resultierende Abfallströme stark von der Art der (Erst-)Behandlung sowie in der jeweiligen Gerätekategorie abhängen. Nach dem Sachstandsbericht wird der Großteil der Kunststoffe energetisch verwertet. Für die werkstoffliche Verwertung von Kunststoffabfällen aus EAG ist der Einsatz von Post-Schredder-Technik zunehmend von Bedeutung. Hierbei werden die Schredderrückstände nach dem Schreddervorgang anhand von unterschiedlichen Gesichtspunkten sortiert.

d) Zusammenfassung und Ausblick

Es ist nach dem aktuellen Stand der Technik davon auszugehen, dass bestimmte Additive wie Weichmacher (z. B. Phthalate) oder Flammschutzmittel (z. B. PBDE, HBCDD) bei der Verbrennung in einer Verbrennungsanlage zerstört werden. Schwermetalle, z. B. aus den PVC-Fensterprofilen, verbleiben nach der Verbrennung in den Verbrennungsrückständen (Aschen, Filterstäube). Hochbelastete Aschen und Filterstäube werden entweder untertage in Versatzbergwerken verwertet oder in Untertagedeponien beseitigt.

Für eine Steigerung des Recyclings ist es grundsätzlich wichtig, dass unter anderem Kunststoffarten wie PP, PE, PS oder PVC möglichst sortenrein anfallen. Ebenfalls sollte die Separierung von hochbelasteten Kunststoffen entweder manuell und wissensbasiert oder automatisiert mit moderner Sortiertechnik erfolgen.

Aus verschiedenen Gründen kann es sinnvoll sein, auf eine Abtrennung mittels einer Erstbehandlung oder Demontage zu verzichten und die nach dem Schreddern angefallenen gemischten Materialströme mittels der Post-Schredder-Technologie zu behandeln. In diesem Bereich wurden verschiedene Technologien entwickelt, um schadstoffhaltige Rückstände aus anderen Materialien abzutrennen, z. B. mittels der Trennung nach Dichte oder mit dem Einsatz von Sensor-Sortiersystemen.

Allerdings haben Verfahren wie die manuelle Demontage oder die moderne Post-Schredder-Technologie ihre Grenzen. Insbesondere Verbundmaterialien, Laminat oder Kleber stören bei der Separation. Additive und Füllstoffe, die die Eigenschaften von Kunststoffen ändern, können zu Fehlsortierungen führen.

Weitere Optionen zur Abtrennung von Schadstoffen aus Kunststoffen und damit zur Steigerung des Kunststoffrecyclings könnten Vorbehandlungsverfahren wie die Aufspaltung von Kunststoffen mittels Lösemittel (Solvolyse) oder die thermische Spaltung von Kunststoffen darstellen. Derzeit finden diese Verfahren im industriellen Maßstab noch keine Anwendung.