

Nachhaltigkeit im Fokus

Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS): Recycling und Kreislaufwirtschaft nimmt Gestalt an

Wegen seiner guten Temperaturbeständigkeit, Schlagfestigkeit und ansprechenden Optik kommt Acrylnitril-Butadien-Styrol häufig bei Haushaltsgeräten und in der Automobilindustrie zum Einsatz. Auch beim Aufbau einer Kreislaufwirtschaft sind Erfolge zu verzeichnen. Immer mehr ABS werden mit Recyclinganteilen angeboten. Darin besteht eine Parallele zu Polystyrol (PS), bei dem es ebenfalls große Recyclinganstrengungen gibt.



Über die Hälfte des weltweiten ABS-Verbrauchs entfallen auf Haushalts- und E&E-Geräte © Shutterstock

Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS) ist der mengenmäßig bedeutendste technische thermoplastische Kunststoff. Er besitzt ein sehr gutes Verhältnis von Wärmebeständigkeit, chemischer Beständigkeit und Schlagzähigkeit und lässt sich außerdem sehr gut verarbeiten. ABS-Kunststoffe werden durch Polymerisation von Styrol, Butadien und Acrylnitril hergestellt. In der Regel liegt der Anteil von Styrol dabei zwischen ca. 50 und 60 % und der Acrylnitril-Gehalt der Matrix bei 20 bis 30 %. Als Blends mit Polyamid (PA) oder Polycarbonat (PC) ermöglichen ABS-Kunststoffe hoch-

wertige Eigenschaften in Verbindung mit günstigen Preisen.

Die Haupteinsatzbereiche für ABS-Kunststoffe sind zu 40 % Haushaltsgeräte und zu 26 % Elektrik- und Elektronikanwendungen (E&E). In den vergangenen fünf Jahren stieg die Nachfrage nach ABS-Kunststoffen bei Haushaltsgeräten und E&E-Anwendungen um durchschnittlich 4,9 bzw. 5,3 % pro Jahr. Ein Fortdauern dieser Entwicklung ist abzusehen und die beiden genannten Branchen dürften weiterhin für einen Anstieg der Nachfrage nach ABS sorgen. Der nächstgrößte

Markt für ABS-Kunststoffe ist der Verkehrssektor, gefolgt von der Baubranche.

Mit mehr als Dreiviertel der weltweiten Produktionskapazität und mehr als zwei Dritteln des weltweiten Verbrauchs ist Nordostasien der größte Markt für ABS (Bild 1). Dabei ist China das Zentrum von Angebot und Nachfrage: 2019 waren dort etwa 37 % der weltweiten ABS-Kapazität und 57 % des Verbrauchs konzentriert. In den letzten fünf Jahren stieg der globale ABS-Verbrauch durchschnittlich jährlich um 4,4 % und erreichte 2019 ein Volumen von 9,3 Mio. t. Die Nachfrageprognose für ABS in Asien ist stabil, besonders in Festlandchina, wo staatliche Anreize gesetzt werden. Ein Anstieg des dortigen Binnenverbrauchs war eines der zentralen Ziele des 12. chinesischen Fünfjahresplans (2011–2015). Dieser trug zu einem gestiegenen Konsum bei langlebigen Gebrauchsgütern bei. Dank des Automobil- und Bausektors entwickelten sich im gleichen Zeitraum auch die nordamerikanischen ABS-Märkte positiv, wo ein durchschnittliches jährliches Wachstum von 2,3 % erreicht wurde. Auch in Europa erhöhte sich von 2014 bis 2019 der Verbrauch. In Westeuropa betrug das jährliche Durchschnittswachstum 2,6 % und in Mitteleuropa 2,4 %.

Von 2019–2024 wird ein jährlicher Anstieg des weltweiten ABS-Verbrauchs um 3,6 % prognostiziert. Bis 2024 soll er 11,2 Mio. t erreichen, was einem Zuwachs von 1,9 Mio. t entspricht. Dabei werden voraussichtlich 76 % des zusätzlichen Volumens auf Festlandchina entfallen. Auch auf dem indischen Subkontinent und in Südostasien wird ein starkes Wachstum erwartet. »

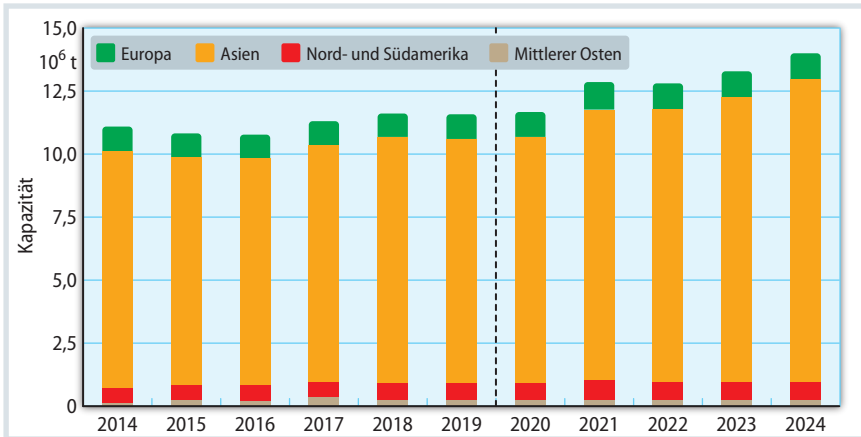


Bild 1. Kapazität von ABS nach Regionen (inkl. Prognosen für 2020–2024): Asien ist mit Abstand der größte Produzent Quelle: IHS-Datenbank; Grafik: © Hanser

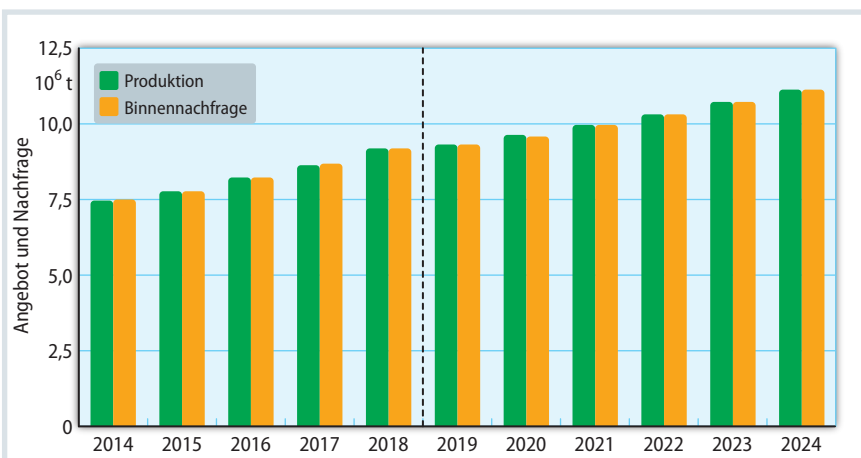


Bild 2. Das Angebot an und die Nachfrage nach ABS entwickeln sich sehr gleichmäßig (bei den Zahlen für 2019–2024 handelt es sich um Prognosen) Quelle: IHS-Datenbank; Grafik: © Hanser

Die globale Produktionskapazität stieg von 2009–2019 jährlich um 3,1 %. Demgegenüber steht ein Verbrauchszuwachs um 3,5 % pro Jahr (**Bild 2**), was zu einem Anstieg der Auslastung um fast 3 % führte. Bis 2024 wird mit einer deutlichen Erweiterung der Kapazitäten um 5,1 % pro Jahr gerechnet, was zu einer etwas geringeren Auslastung führen würde (siehe **Tabelle S. 44**). 2019 betrug die weltweite Auslastung mehr als 80 %. Bei einer geplanten Kapazitätserweiterung um mehr als 3 Mio. t in den nächsten fünf Jahren würde es bis 2024 zu einem leichten Rückgang der weltweiten Auslastung kommen. Allerdings zeigt die Erfahrung, dass nicht alle Ankündigungen zum Neubau oder zur Erweiterung von Kapazitäten auch tatsächlich umgesetzt werden, sodass vermutlich eine hohe Auslastung bestehen bleibt. Der Großteil der neuen Kapazitäten wird voraussichtlich in Asien und dort vor allem in China und dem Nahen und Mittleren Osten entstehen. Ineos Styrolution plant

u. a. den Bau einer World-Scale-Anlage für ABS im chinesischen Ningbo. Vorgesehen ist eine Jahreskapazität von 600 000 t. Der Bau soll noch 2020 beginnen und bis 2023 abgeschlossen sein.

Die derzeit größten ABS-Produzenten sind die Chi Mei Corporation, Tainan City/Taiwan, und die LG Group, Seoul/Südkorea. Die größte Exportregion von ABS ist Nordostasien. 2019 kamen 68 % der weltweiten Exporte aus Südkorea und Taiwan. Es wird erwartet, dass sich das in den kommenden fünf Jahren nicht ändert. China bleibt trotz seiner Kapazitätserweiterungen der wichtigste Importeur von ABS. 2019 hatte es einen Anteil von 46 % an den weltweiten Importen.

Der erfolgreiche Einsatz von ABS in verschiedenen Anwendungen ist auf die Kombination seiner Eigenschaften zurückzuführen. Mit einer Temperaturbeständigkeit bis etwa 100 °C, einem sehr guten Verhältnis von Schlagfestigkeit zu Steifigkeit, der Möglichkeit ansprechende

Optik zu generieren und den Verarbeitungsvorteilen eines amorphen Materials eignet sich ABS für Konstrukteure und Weiterverarbeiter. ABS wird deshalb bereits seit langem in Innen- und Außenanwendungen im Automobilbereich eingesetzt. Der indische Automobilzulieferer Minda Industries Limited setzt z. B. das ABS Novodur HH-112 von Ineos Styrolution für die Rücklichtgehäuse eines beliebigen Allradantriebs-Fahrzeugs in Indien ein.

Seit über zehn Jahren ist Novodur HH-112 aufgrund seiner Eigenschaften und Verarbeitbarkeit ein von Automobilherstellern häufig verwendetes Material für Rücklicht- und Gehäuseanwendungen. Das Material verfügt über eine hohe Wärme- und Formbeständigkeit sowie eine sehr gute Steifigkeit. Außerdem besitzt es gute Eigenschaften bei Metallisierungs- und Schweißprozessen. Mit einer Vicat-B50-Temperatur von 112 °C erweitert das Material das Anwendungsspektrum von ABS deutlich und verfügt über die nahezu höchste Temperaturbeständigkeit eines reinen ABS, die technisch erreichbar ist. Für Minda waren die Formbarkeit und die Metallisierungseigenschaften von Novodur HH-112 die zentralen Kriterien für die Auswahl des Materials.

Auch große E&E-Bauteile produzierbar

Im E&E-Bereich war die Herstellung großer Bauteile, z. B. für Klimaanlage, Staubsauger und Kaffeemaschinen, bisher eine Herausforderung für Gerätehersteller, da die Fließfähigkeit des Materials oft nicht ausreichte. Durch ein neues ABS-Copolymer aus der Novodur-Produktfamilie von Ineos Styrolution lassen sich diese nun einfach umsetzen. Das Novodur P4XF genannte Material besitzt eine hohe Fließfähigkeit, die Schmelze-Volumenfließrate bei 220 °C/10 kg liegt bei 60 cm³/10 min, bei guter Schlagfestigkeit. Aufgrund dieser Eigenschaften können Verarbeiter ihre Produktionstechnik auf kürzere Produktionszeiten einstellen, indem sie die Anzahl der Einspritzöffnungen für große Teile reduzieren und die Anzahl der Kavitäten in Mehrkavitäten-Werkzeugen erhöhen. Diese Eigenschaften machen das Material zu einem gut geeigneten Kunststoff für große und komplexe Anwendungen in der Haushalts- und Elektronikindustrie.

Auch bei ABS wird in letzter Zeit größerer Wert auf Nachhaltigkeit gelegt. Auf der K-Messe im vergangenen Jahr war

dieser Trend deutlich zu bemerken. Mehrere ABS-Hersteller stellten Projekte oder nachhaltige Produkte vor. Ineos Styrolution zeigte etwa eine Familie nachhaltiger Styrolkunststofflösungen. Die Produktreihe Terluran Eco GP-22 des Unternehmens besteht zum großen Teil aus mechanisch recycelten ABS-Produkten. Terluran Eco GP-22 MR50 und Terluran Eco GP-22 MR70 werden etwa zu 50 bzw. 70 % aus recycelten Elektro- und Elektronik-Altgeräten hergestellt. Das recycelte Material verfügt über das gleiche Eigenschaftsprofil wie seine nicht-recycelte Version. Die beiden ABS wurden in Zusammenarbeit mit dem österreichischen Recyclingunternehmen Bage Plastics entwickelt. Aus dieser Zusammenarbeit entstanden ABS-Rezyklate, bei denen tatsächlich ein Recycling und kein Downcycling stattfindet. Die recycelten Kunststoffe sind bereits als Drop-in-Lösungen für Kunden in kommerziellen Mengen erhältlich.

Mechanisches Recycling beste Wahl

Für einen ABS-Recyclingkreislauf ist mechanisches Recycling (Bild 3) derzeit die beste Wahl, da andere Verfahren wie Auflösung oder ein kontrollierter thermischer Abbau (Pyrolyse) nicht ausreichend fortgeschritten sind. Auch der große Bruder von ABS, Polystyrol (PS), verfügt über großes Potenzial für eine Kreislaufwirtschaft. PS ist aufgrund seiner Eigenschaften wie für die Kreislaufwirtschaft geschaffen und eignet sich auch für chemisches Recycling (Bild 4). Wegen seiner moderaten Ceiling-Temperatur, also der Temperatur, bei der PS wieder komplett zu Styrol umgewandelt wird, können ohne größere Probleme durch unerwünschte Nebenprodukte hochwertige Styrolmonomere mit relativ hohem Ertrag erzeugt werden. Außerdem liegt die Glasübergangstemperatur von PS deutlich über seiner Gebrauchstemperatur. Dadurch wird die molekulare Beweglichkeit der Polystyrolketten praktisch eingefroren und die Bewegung unerwünschter Spurenverunreinigungen aus dem oder durch das PS wird minimiert. PS eignet sich auch sehr gut für mechanisches Recycling zu sehr reinen, für Lebensmittel geeigneten Verpackungsmaterialien.

Seit 2019 produziert Ineos Styrolution erste kleine Mengen depolymerisier-

tes PS in seinem Labor in Antwerpen und lieferte Platten mit einem Anteil von 50 % recyceltem GPPS (General Purpose PS) an die Theo Müller Gruppe, Luxemburg. Der Lebensmittelkonzern stellt daraus Joghurtbecher her (Bild 5). Ineos Styrolution und Theo Müller arbeiten außerdem in einem Projekt daran, eine Kreislauflösung für PS auf Grundlage von chemischem Recycling zu entwickeln. Die Labor- und die Pilotphase sollen noch in diesem Jahr beginnen, die kommerzielle Nutzung dann 2022 folgen.

Für die Entwicklungen beim chemischen Recycling wurde Ineos Styrolution mit dem

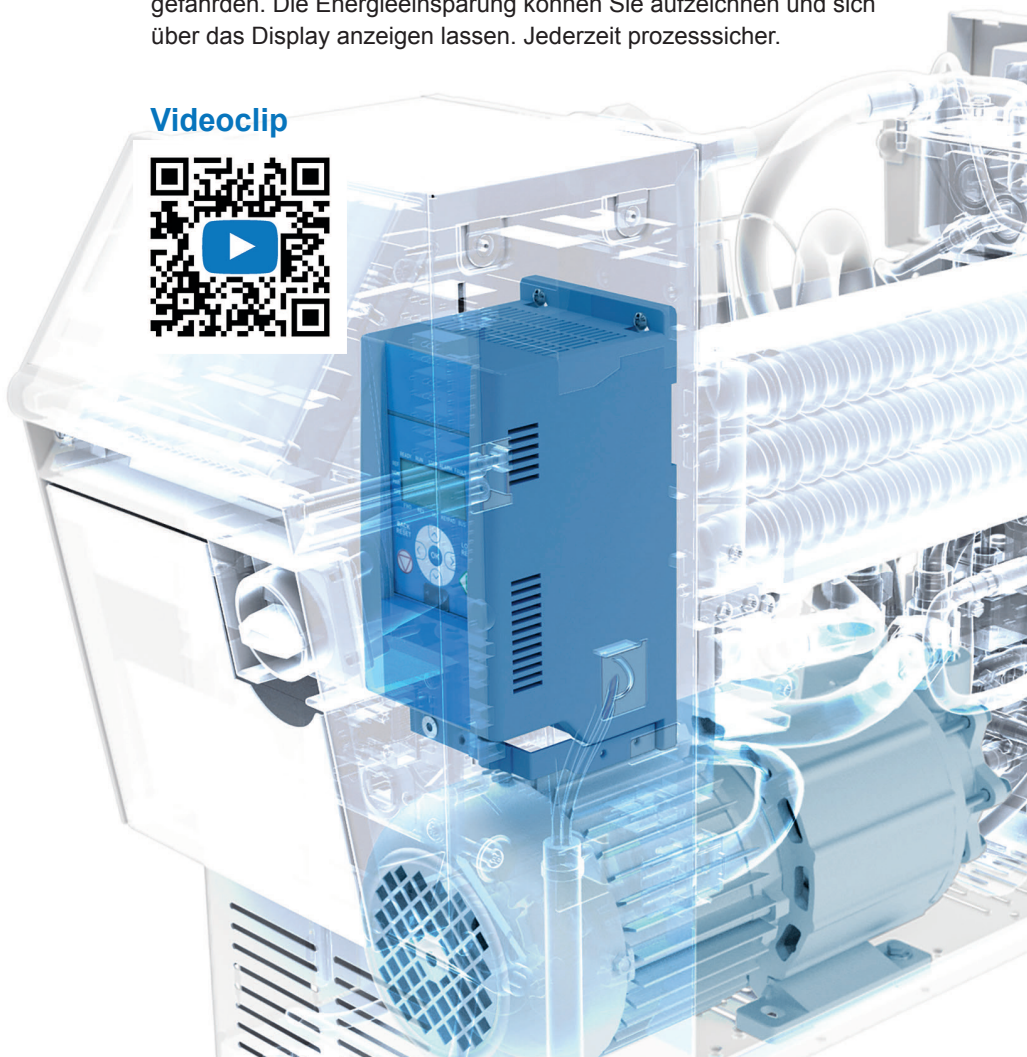
ICIS Innovation Award in der Kategorie „Innovation mit dem größten Nutzen für Umwelt und Nachhaltigkeit“ ausgezeichnet. Die Lösung des Unternehmens für einen geschlossenen Recyclingkreislauf durch Polymerisation von Styrol aus depolymerisiertem PS wurde ausgewählt, da sie einen deutlichen Nutzen für die Nachhaltigkeit bietet. Auch der Verpackungshersteller Sirap GmbH, Bergheim, arbeitet gemeinsam mit Ineos Styrolution an Verpackungen auf Basis von chemisch recyceltem PS. Die beiden Unternehmen nutzen dafür durch Depolymerisation recycelte PS-Abfälle. »

HB-THERM® THERMO-5

Eco-Pumpe – Prozesssicheres Energiesparen

Immer die richtige Pumpe. Mit der Eco-pump von HB-Therm können Sie richtig Geld sparen und sind zusätzlich hoch flexibel beim Temperieren von kleinen und grossen Werkzeugen. Unsere Eco-pump regelt selbstständig die Drehzahl, ohne den Prozess zu gefährden. Die Energieeinsparung können Sie aufzeichnen und sich über das Display anzeigen lassen. Jederzeit prozesssicher.

Videoclip



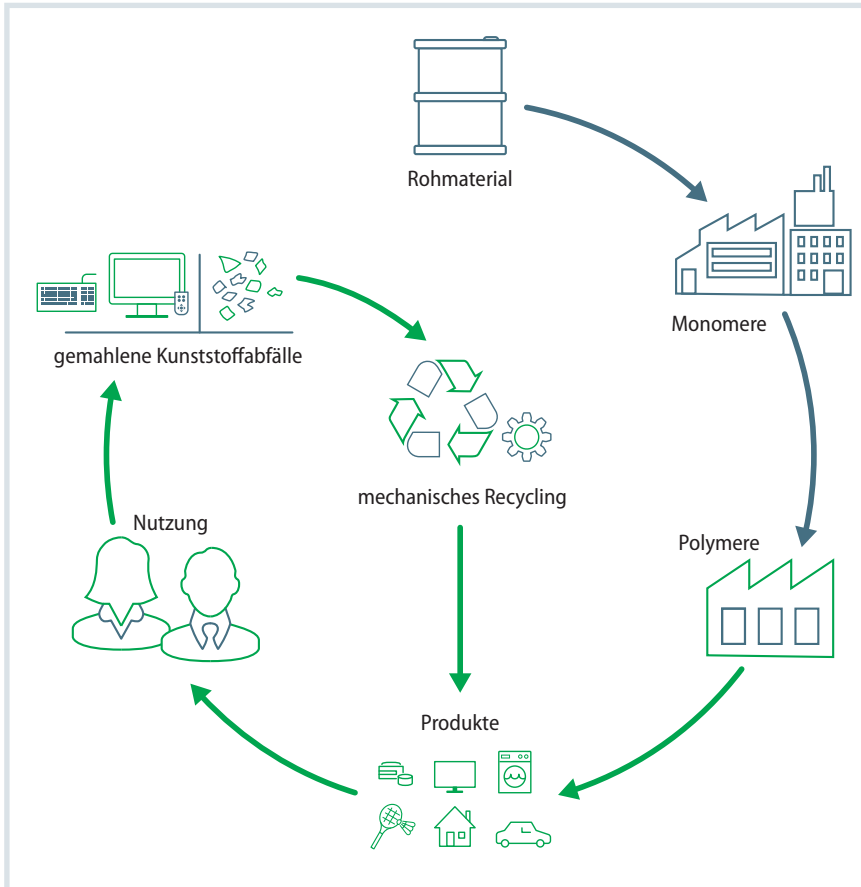


Bild 3. Mechanisches Recycling stellt aktuell die beste Möglichkeit für die Wiederverwendung von ABS dar Quelle: Ineos Styrolution; Grafik: © Hanser

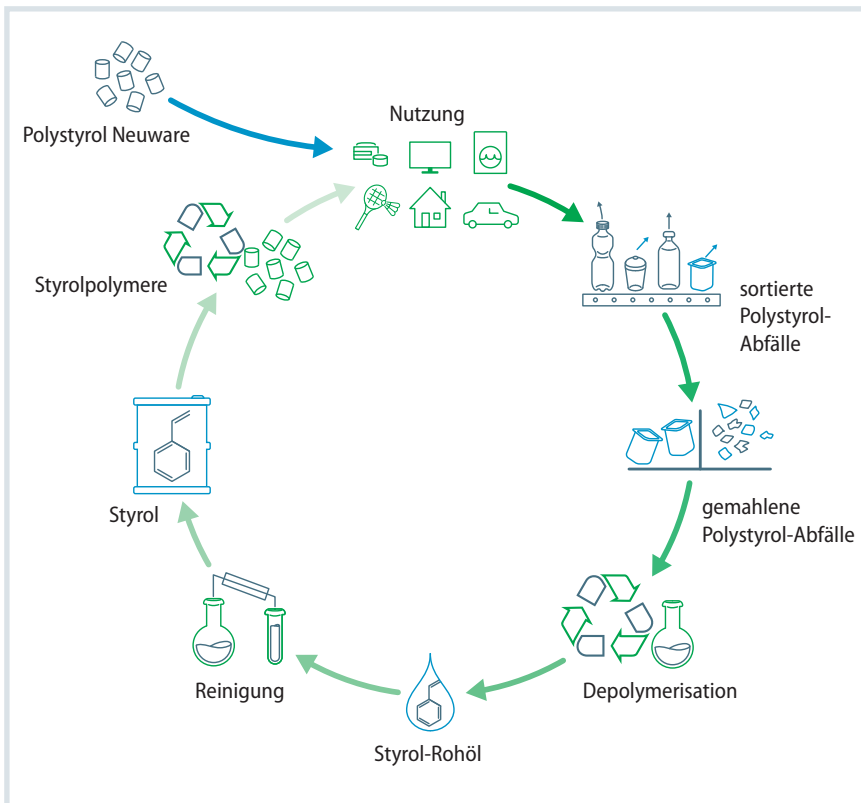


Bild 4. Bei Polystyrol befinden sich verschiedene chemische Recyclingverfahren in der industriellen Testphase Quelle: Ineos Styrolution; Grafik: © Hanser

An mehreren Standorten weltweit werden derzeit PS-Recyclinganlagen geplant oder sind in der Entwicklung. Ein Beispiel dafür ist die Entwicklung einer chemischen Recyclinganlage in Channahon im US-Bundesstaat Illinois durch Agilyx, Tigard/Oregon/USA. Die Anlage soll bis zu 100 t Alt-PS pro Tag verarbeiten und zu einem Styrol umwandeln können, das sich für die Herstellung neuer PS-Produkte verwenden lässt. Dazu nutzt die Anlage ein von Agilyx entwickeltes chemisches Recyclingverfahren, das PS in molekulare Monomereinheiten zersetzt, die anschließend für die Bildung neuer Styrolpolymere verwendet werden. Agilyx führte für Ineos Styrolution ein erfolgreiches Entwicklungsprogramm durch, wodurch das Styrolprodukt unter Berücksichtigung der Anforderungen von Ineos und der Eigenschaften des aus Abfällen verfügbaren PS-Rohmaterials für den Prozess qualifiziert wurde.

Gemeinsame Recyclingprojekte

Das Recycling von PS beschränkt sich aber nicht auf Projekte einzelner Unternehmen. Unter dem Dach der Styrenics Circular Solutions (SCS), einer gemeinsamen Brancheninitiative für die Verbesserung des Styrolpolymerkreislaufs, werden von den Partnern zusammen verschiedene Projekte vorangetrieben. Die Organisation wurde im Dezember 2018 offiziell gegründet. Sie nimmt Partner aus der Lieferkette, Hersteller von Styrol und expandiertem PS (EPS), Weiterverarbeiter, Recycler, Markeneigentümer und Branchenverbände auf. Darüber hinaus setzt sich die SCS für eine enge Zusammenarbeit mit anderen Stakeholdern ein, denen die Kreislaufwirtschaft ein Anliegen ist.

Ein Beispiel für eine solche Zusammenarbeit ist die gründliche Evaluierung der von Pyrowave, Oakville/Ontario/Kanada, entwickelten dezentralisierten Depolymerisationstechnologie. Sie basiert auf einer katalytischen Mikrowellen-Technologie. Ein weiteres Projekt dreht sich um die Abfallsortiersysteme von Tomra, Leuven/Belgien. Untersuchungen haben ergeben, dass sich PS nicht nur sehr gut für das Recycling eignet, sondern sich auch einfach sortieren lässt. Mithilfe der Nahinfrarot-Sensortechnologie (NIR) von Tomra wurden Altkunststoffabfälle in einem mehrstufigen Prozess sortiert. Dieser umfasst ein erstes Aussortieren der Abfälle, die Zerkleinerung »

Bild 5. Polystyrol aus chemisch recycelten PS-Abfällen kommt bereits in Joghurtbechern der Theo Müller Gruppe zum Einsatz
© Ineos Styrolution



sowie das Waschen, Trocknen und Sortieren der zerkleinerten Teile. Durch diesen Prozess und eine genaue Sortierung konnte recyceltes PS mit einer Reinheit von über 99,9 % erzielt werden. Die Ergebnisse zeigen, dass die heute verfügbaren Sortiertechnologien ein Reinheitsniveau ermöglichen, das die erforderlichen Werte für ein erfolgreiches PS-Recycling sowohl durch chemische als auch durch neuartige Recyclingverfahren übertrifft.

Darüber hinaus wurde im Rahmen der SCS eine erste Lebenszyklusanalyse für depolymerisiertes Styrol nach ISO 14040 und ISO 14044 durchgeführt. Ein Projekt von Ineos Styrolution ergab eine Verringerung der Treibhausgasemissionen um 37 %, wobei durch Upscaling und Optimierung der Nebenprodukte sogar Einsparungen bis zu 50 % möglich sind. Die Lebenszyklusanalyse im Labormaßstab wurde im Rahmen des Forschungsprojekts „ResoVe“ durchgeführt, das durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert

wurde. Bei diesem Projekt handelte es sich um eine Kooperation mit InVerTec, einem nichtkommerziellen Institut, das eng mit der Universität Bayreuth kooperiert. InVerTec ist auf die Bereitstellung von Pilotanlagen für die Forschung im Konzept- und Labormaßstab spezialisiert. Die detaillierte Studie im kommerziellen Maßstab wurde von Ineos Styrolution in Kooperation mit einem kommerziellen Recyclingpartner und Experten von der University of Manchester durchgeführt.

Das ResoVe-Projekt unterstreicht außerdem, dass eine Kreislaufwirtschaft für PS möglich ist. Das Projekt ergab, dass die Depolymerisation von PS ein geeignetes Verfahren für das Recycling von PS ist. Bei diesem Verfahren werden die Bestandteile vor einer erneuten Polymerisation destilliert. Das soll die Herstellung von rezykliertem PS ermöglichen, das für den Kontakt mit Lebensmitteln geeignet ist.

Die Versuche zeigten, dass bis zu 75 % der Bestandteile der Reinigung zugeführt und anschließend für die Herstellung von neuem PS verwendet werden können. Zentral für das Projekt war es, die Abfallzusammensetzung und deren Auswirkungen auf den Styrolertrag zu erforschen. Beteiligt an dieser Untersuchung waren das Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV) und das Institut für Aufbereitung und Recycling (IAR) der RWTH Aachen und die Neue Materialien Bayreuth GmbH (NMB). Die wichtigsten Prozesspa-

rameter Temperatur, Massedurchflussrate, Verweilzeit und Vakuumdruck wurden systematisch permutiert, wodurch die optimalen Verfahrensbedingungen identifiziert werden konnten. Das IKV transferierte diese grundlegenden Prozess-Eigenenschaftsbeziehungen auf einen größeren Maßstab und depolymerisierte PS erfolgreich zu Styrolöl. Im Rahmen des Forschungsprojekts wurde zusammen mit Ineos Olefins & Polymers Europe, Rolle/Schweiz, die Machbarkeit weiterer Verfahren untersucht, etwa das Steamcracking von Prozessrückständen.

Die Untersuchungen ergaben, dass mit einem breiten Spektrum an Ausgangsmaterialien ein stabiler Depolymerisationsprozess möglich ist. Als beste Ausgangsmaterialien für die Depolymerisation erwiesen sich Leichtverpackungen und Abfälle aus EPS. Eine Polyolefinkontamination im Verfahren ist tolerierbar. Gezeigt werden konnte außerdem, dass sich das früher als Flammschutzmittel eingesetzte Hexabromcyclododecan (HBCD) im Prozess größtenteils entfernen lässt, wodurch nur noch Spuren von Brom nachweisbar sind.

Depolymerisation entfernt HBCD

Die Ergebnisse zeigen, dass PS und die Depolymerisation des Kunststoffes sehr gut für die Kreislaufwirtschaft geeignet sind. Auch wenn noch weitere Arbeit an der chemischen Recyclingfähigkeit von Styrol-Copolymeren wie ABS und Spezialstyrolen wie SAN- (Styrol-Acrylnitril), SMMA- (Styrol-Methyl-Methacrylat) oder SMC-Copolymeren erforderlich ist, lässt sich die Herstellung solcher Materialien nachhaltiger gestalten, wenn dafür aus der Depolymerisation von PS gewonnene Styrolmonomere genutzt werden. Die Kommerzialisierung und das Upscaling der PS-Depolymerisation können daher wesentliche Faktoren für eine deutlich verbesserte Nachhaltigkeit aller Styrolkunststoffe werden. ■

Die Autoren

Dr. Norbert Nießner ist Director Global R&D und IP bei Ineos Styrolution.

Dr. Eike Jahnke ist Head of Product Management Standard ABS bei Ineos Styrolution.

Service

Digitalversion

➤ Ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/2020-10

English Version

➤ Read the English version of the article in our magazine *Kunststoffe international* or at www.kunststoffe-international.com

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Europa	0,95	0,95	0,95	1,02	1,07	1,03	1,03	1,03
Asien	9,43	9,79	9,77	9,81	10,78	10,85	11,30	12,03
Amerika	0,62	0,66	0,64	0,64	0,78	0,71	0,71	0,71
Mittlerer Osten	0,35	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28

Tabelle. Während die ABS-Kapazitäten in Europa und Amerika voraussichtlich nur moderat steigen werden, ist mit einem deutlichen Ausbau in Asien zu rechnen (Angaben in Mio. t) Quelle: IHS-Datenbank