

Paradewerkstoff der Kreislaufwirtschaft

Polyethylenterephthalat (PET)

PET-Flaschen können zu neuen Lebensmittelverpackungen rezykliert werden. Rückholssysteme und Recyclingverfahren sind seit Langem großtechnisch etabliert. PET-Flaschen aus 100 % Post-Consumer-Rezyklat sind bereits am Markt. Auch eine Variante aus nachwachsenden Rohstoffen gibt es. Solch eine positive Bilanz kann kein anderer Verpackungskunststoff bieten. Dennoch steht PET in der Kritik.



Aus Preforms blasgeformte Flaschen gehören zu den Produkten, die sich aus PET-Rezyklat fertigen lassen. Etwa zwei Drittel des PET-Rezyklats wird zu Folien, Sekundärverpackungen wie Umreifungen oder Trägern sowie zu Fasern, besser bekannt als Fleece, verarbeitet (© Erema)

Polyethylenterephthalat (PET) für Verpackungsanwendungen zeigt weiterhin stabile Wachstumsraten. In der Zeit von 2006 bis 2016 verdoppelte sich der PET-Verbrauch (ohne Fasern) von etwa 12 auf 21 Mio. t. Für das Jahr 2018 wurden etwa 24 Mio. t prognostiziert, und auch 2019 soll es eine Steigerung auf etwa 25 Mio. t geben (Quelle: Polyglobe). Das Wachstum geht vor allem von den asiatischen Märkten aus. Aber auch in Europa und Nordamerika zeigt sich ein moderater Anstieg. In den letzten zwei Jahren gab es jedoch bei PET-Neuware keine großen Neuinvestitionen in Polymerisationsanlagen oder beachtenswerte Technologiesprünge. Nimmt man die Fasern mit dazu, lag die weltweite Produktions-

kapazität 2018 bei etwa 33 Mio. t. China besitzt mit 35 % die größten Produktionskapazitäten, gefolgt von den USA mit 11 % und Indien mit 7 % (Quelle: Kunststoff Information). **Bild 1** zeigt die fünf größten Hersteller von PET mit ihren Produktionskapazitäten aus dem Jahr 2017 (Quelle: Statista). Die damalige Nummer Zwei im PET-Markt Mossi & Ghisolfi (M&G), Tortona/Italien, hat mittlerweile allerdings Insolvenz angemeldet.

Biopolymere und nachwachsende Rohstoffe

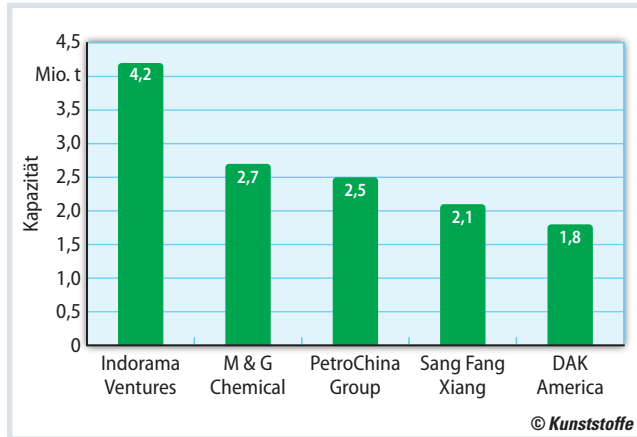
Polyethylenfuranoat (PEF) wird seit Jahren als biobasierte Alternative zu PET angepriesen. Terephthalsäure ist bei diesem

Polymer durch Furandicarbonsäure ersetzt, die aus nachwachsenden Rohstoffen wie C6-Zuckern, also Monosacchariden mit sechs Kohlenstoffatomen, hergestellt werden kann. Doch das hochgelobte Biopolymer lässt auch seit Jahren auf sich warten. Die BASF ist aus dem gemeinsamen Projekt mit Avantium unter dem Namen Synvina wieder ausgestiegen. Die Markteinführung von PEF ist auf 2025 verschoben. Avantium lässt derzeit verlauten, dass man nun alleine PEF zur Marktreife bringen will.

Dabei hat PEF sehr positive Polymereigenschaften. Das hat sehr wahrscheinlich für die etwas übertriebenen Erwartungen der Branche an die Markteinführung gesorgt. Die Glasübergangstem- »



Bild 1. Die fünf größten PET-Hersteller mit ihren Produktionskapazitäten im Jahr 2017 (Quelle Statista)



peratur von PEF ist mit 86 bis 88 °C etwas höher als bei PET (69 bis 74 °C). Das deutet auf niedrigere Diffusion bzw. auf eine bessere Barriere hin. Die Sauerstoffbarriere von PEF soll etwa sechs bis zehn Mal stärker sein als die von PET. Das würde PEF-Flaschen für sauerstoffempfindliche Füllgüter wie Bier oder Säfte ohne zusätzliche Sauerstoffbarrieren oder aktive Sauerstofffänger möglich machen. Auch die Barriereigenschaften für Kohlendioxid und Wasserdampf sind um den Faktor

vier bis sechs bzw. zwei höher als beim traditionellen PET. Auf der anderen Seite ist die Verarbeitungstemperatur mit etwa 235 °C niedriger als bei PET (265 °C). Bei der Produktion von PEF-Flaschen spart das im Vergleich zu PET Energie ein. Aber noch ist PEF nicht auf dem Markt, und die Barriereigenschaften sind lediglich an Pilotmengen ermittelt worden. Es bleibt abzuwarten, ob sich die genannten und die erhofften günstigeren Eigenschaften von PEF im Vergleich zu PET bewahrhei-

ten. Selbst wenn alles positiv verläuft, wird es PEF nicht sofort mit dem seit Jahrzehnten am Markt etablierten PET in allen Bereichen aufnehmen können.

Das ist alleine schon an der Größe der Produktionsanlagen zu sehen. Während bei PET Polymerisationsanlagen mit einer Kapazität von 500 000 t/a in Betrieb sind, gibt es bei PEF eher die Aussicht auf eine kleinere Anlage mit einer Produktionskapazität von 5000 bis 10 000 t/a. Wenn die Probleme bei der Polymerisation gelöst sind und PEF auf den Markt kommt, kann dieses Verpackungspolymer jedoch langfristig die Abhängigkeit von fossilen Rohstoffen reduzieren.

PEF nutzt etablierte Recyclingstruktur

Auch beim Recycling punktet PEF. Bis zu einem gewissen Grad kann es sogar die etablierte Recycling-Infrastruktur von PET mit nutzen. Ein Anteil von 2 % PEF im Recyclingstrom von PET gilt als nicht störend. Das erleichtert die Markteinführung erheblich. Übersteigt der PEF-Flaschenanteil jedoch 2 %, sollte über eine getrennte Erfassung des Rücklaufs nachgedacht werden.

100 % biobasiert ist PEF, wenn auch das zweite Monomer Ethylenglycol aus nachwachsenden Rohstoffen erzeugt wird. Biobasiertes Ethylenglycol kann aber auch für PET eingesetzt werden. Um die sogenannte Plant-Bottle mit einem Anteil von etwa 30 % nachwachsenden Rohstoffen ist es allerdings in den letzten Jahren ruhig geworden. Genauso wie um Polymilchsäure (PLA), den anderen biobasierten Konkurrenten von PET. Der Marktanteil von Getränkeflaschen aus



Bild 2. Voraussetzung für sortenreine und zu 100 % wiederverwertbare PET-Flakes aus Post-Consumer-Abfällen sind effektive Sammel- und Rücknahmesysteme. Trotz der anhaltenden Kritik ist PET in diesem Punkt ein Erfolgswerkstoff (© Erema)

ERGE Elektrowärmetechnik - Franz Messer GmbH
 91230 Schnaittach - Hersbrucker Straße 29-31
 Tel. +49 (0) 153 921-0 Fax +49 (0) 153 921-117
 www.erge-elektrowaermetechnik.de
 mail: verkauf@erge-elektrowaermetechnik.de

Besuchen Sie uns in
2019
 Halle 11,
 Stand 11057

HEIZEN - HEATING - CHAUFFAGE
REGELN - CONTROLLING - REGLAGE
TROCKNEN - DRYING - SECHAGE

ELEKTROWÄRMETECHNIK FRANZMESSER GMBH

MAIER

MESSER FÜR RECYCLING / KUNSTSTOFF

Maier-Unitas GmbH - Maschinenfabrik
 Tel. +49 (0) 70 24- 9702- 0
 Fax +49 (0) 70 24- 97 02- 10
 Mail mail@maier-unitas.de
 www.maier-unitas.de

PLA ist verschwindend gering und damit keine ernsthafte Konkurrenz zu PET. PLA wird eher im Cateringbereich eingesetzt oder bei Folien als Alternative zu PET. Aber auch dort ist ihr Marktanteil mit weniger als 1 % sehr gering, wie eine aktuelle Marktstudie ergeben hat (Quelle: FNR). Die Verpackungsbranche setzt eher auf Recycling als auf Biopolymere.

Aktueller Stand des Recyclings

Über den Verpackungsverbrauch und die Kreislaufwirtschaft wurde noch nie so viel diskutiert, wie in den letzten Monaten. PET ist in diesem Punkt eigentlich der Erfolgswerkstoff unter den Polymeren (Bild 2). PET-Flaschen können zu 100 % in neue Verpackungen recycelt werden. Rückholssysteme und sogenannte Super-Clean-Recyclingprozesse, welche Rezyklate für Lebensmittelanwendungen herstellen, sind seit mehr als 20 Jahren etabliert. Flaschen aus 100 % Post-Consumer-Rezyklat sind am Markt. Eine solche positive Bilanz kann kein anderer Verpackungskunststoff bieten. Dennoch ste-

| Land | Mengen in Prozent | | | | |
|-------------|-------------------|---------|-----------|-------------|---------|
| | Gesammelt | Verlust | Recycling | Verbrennung | Deponie |
| Philippinen | 88,7 | 11,3 | 79,8 | 0 | 8,9 |
| USA | 95,5 | 4,6 | 27,7 | 10,5 | 57,3 |
| Deutschland | 100 | 0 | 97 | 3 | 0 |

Tab. PET-Flaschen und deren Verwertung im Jahr 2018 (Quelle: Statista)

hen PET-Flaschen in der Öffentlichkeit massiv in der Kritik.

Die PET-Flasche wird in den Medien als Sinnbild unserer Wegwerfkultur gesehen und nicht als Teil einer bereits etablierten Kreislaufwirtschaft. Die Diskussion um „Circular Economy“ ist verbunden mit Marine Litter. Eine maßgebliche Rolle spielen dort Verpackungen, darunter auch PET-Flaschen. Dass die Vermüllung der Ozeane nicht weitergehen darf, darin sind sich alle einig. Die hauptsächlichen Eintragsquellen liegen jedoch außerhalb Europas, in Ländern, die zwar den Konsum von Verpackungen für sich erschlossen, jedoch noch keine Recycling-Infrastruktur aufgebaut haben. Diese Länder

benötigen ein Rückhol- und Recycling-system. Aber selbst hochentwickelte Staaten wie die USA liegen beim PET-Recycling im Vergleich zu Europa weit zurück. Die weltweite Quote für das Recycling von PET-Flaschen liegt bei über 50 %, in den USA aber nur bei knapp 30 % (Quelle: Statista, Tab. 1). Mit einer deutlichen Erhöhung ist nicht zu rechnen. Geschätzt wird, dass die Quote in den USA bis 2025 auf 33 % und bis 2030 auf gerade einmal 36 % steigen wird (Quelle: Kunststoff Information). Da sind Schwellenländer wie die Philippinen schon deutlich weiter (Tab. 1).

In Europa wurden dagegen in den letzten Jahrzehnten effektive Rück- »



battenfeld-cincinnati 

Lassen Sie uns gemeinsam handeln und den Anforderungen der Zukunft begegnen – **Process Engineering für eine effiziente Kunststoffextrusion von morgen.**

Unsere innovativen Lösungen:

- nutzen den Einsatz von Rezyklat,
- produzieren energieeffizient
- und garantieren eine nachhaltige Investition.

Besuchen Sie uns auf der **Weltleitmesse für die Kunststoff- und Kautschukindustrie**, vom 16.-23. Oktober 2019 in Düsseldorf, Halle 16, Stand B 19.



www.battenfeld-cincinnati.com

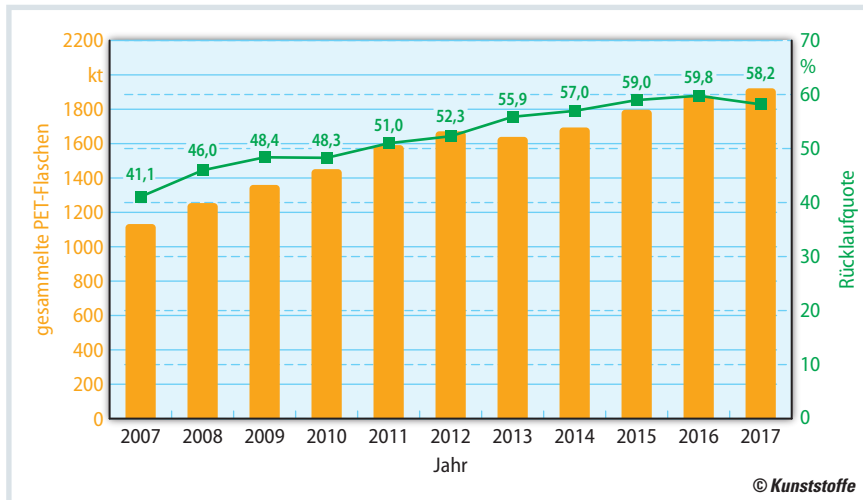


Bild 3. Sammelmengen und die Rücklaufquoten bei PET-Flaschen in Europa (Quelle: Petcore)

nahme- und Recyclingsysteme aufgebaut. Laut den Zahlen des Europäischen Verbands Petcore kamen 2017 in Europa etwa 3,31 Mio t PET-Flaschen auf den Markt. 58,2 %, also 1,93 Mio t, wurden wieder gesammelt und in neue Anwendungen recycelt. Die Rezyklatmenge lag damit etwa 2,9 % höher als 2016. Gleichzeitig sank jedoch die Rücklaufquote von 59,8 auf 58,2 % (Quelle Petcore, **Bild 3**). Länder wie Deutschland haben aufgrund des Pfandsystems bereits eine Recyclingquote von 97 % aller in den Verkehr gebrachten Pfandflaschen. Bezieht man auch Nicht-Pfandflaschen ein, werden 93 % recycelt (Quelle GVM/Forum PET). In südlichen EU-Staaten liegt die Rücklaufquote bei 30 bis 40 % oder gar darunter (Quelle Petcore).

Um die hochgesteckten Europäischen Recyclingziele zu erreichen, denken nun weitere Länder über ein Pfand auf PET-Flaschen nach. Derzeit gibt es europaweit zehn Länder mit Pfandsystemen für Einweg-Flaschen: Schweden (eingeführt seit 1984), Island (1989), Finnland (1996), Norwegen (1999), Dänemark (2002), Deutschland (2003), Niederlande

(2005), Estland (2005), Kroatien (2006) und Litauen (2016) (Quelle: ReLoop). Länder wie Frankreich, Großbritannien, Irland, Malta, Portugal, die Türkei und Rumänien planen die Einführung, um die PET-Sammelmengen zu erhöhen. Entscheidend ist jedoch nicht nur die Sammelmenge über Pfandsysteme. Der Pfand-Rücklauf ist sehr gut kontrolliert und nur gering verschmutzt. PET-Flaschen aus Pfandsystemen sind damit ein ideales Eingangsmaterial für einen geschlossenen Recyclingkreislauf.

Verluste im System und chemische Wiederaufbereitung

Die meisten Rezyklate gingen 2017 europaweit mit rund 40 % in Folienanwendungen. Folien sind daher nach wie vor der Hauptanwendungsbereich von PET-Rezyklaten. 29,5 % des Rezyklats gingen in Flaschenanwendungen, 15,5 % in Fasern. Die restlichen 15 % wurden in Umreifungsbänder oder andere Produkte recycelt (Quelle: Petcore). Die Zahlen zeigen, dass zwei Drittel der gesammelten PET-Flaschen nicht wieder in Flaschen recycelt werden, sondern in Folien und Fasern (**Titelbild**). Die daraus hergestellten Schalen und Kleidungen werden jedoch nicht recycelt und gehen dem PET-Kreislauf damit verloren. PET-Schalen werden zwar über die Kunststoffsammlungen gesammelt, durch Siegel- und Multilayer-Schichten sind diese Verpackungen bislang jedoch nicht recycelbar und nach dem neuen deutschen Verpackungsgesetz nun auch als solche eingestuft. Das ist für die Berechnung der

Gebühren und auch für das Image von PET-Verpackungen nachteilig, und daher soll sich das ändern. Es haben sich Konsortien zusammengeschlossen, welche auch PET-Schalen recyceln möchten. Der Weg dorthin ist jedoch noch weit. Für Anwendungen im Lebensmittelbereich müssen die angewandten Verfahren eine Zulassung bei der Europäischen Lebensmittelsicherheitsbehörde (EFSA) erreichen. Dieser Vorgang braucht einiges an experimentellen Daten zur Konzentration möglicher Post-Consumer-Substanzen und Abbauprodukte sowie zur Reinigungseffizienz des Recyclingverfahrens.

Eine Renaissance erfährt derzeit das chemische Recycling. Entwickelt wurden entsprechende Verfahren bereits vor Jahrzehnten, aber aus wirtschaftlichen Gründen nie großtechnisch umgesetzt. PET punktet auch bei diesen. Im Gegensatz zu etwa Polyolefinen ist in der Esterbindung die Sollbruchstelle für das chemische Recycling bereits eingebaut. Der Polyester wird dabei auf die Monomere Ethylenglycol, Terephthalsäure, Terephthalsäuredimethylester oder Terephthalsäure-bis-hydroxyethylester hydrolysiert. Nach einer Reinigung stehen die Monomere dann für die Polymerisierung zur Verfügung. Der Vorteil des chemischen Recyclings besteht darin, dass auch für das klassische mechanische Recycling schlecht geeignete Inputströme verwertet werden können, wie etwa Multilayer-Folien, Textilien oder Polyester-Bodenbeläge. Dadurch könnte die verfügbare Rezyklatmenge stark wachsen. Vor allem, da ein nicht unerheblicher Teil der gesammelten PET-Flaschen in diese Märkte verschwindet. Chemisches Recycling kann dort einen wichtigen Beitrag zur Kreislaufwirtschaft liefern.

Kreislaufwirtschaft bereits etabliert, aber ausbaubar

Zusammenfassend ist bei PET das Zeitalter der Kreislaufwirtschaft bereits eingeleitet. Vieles ist bei dem Werkstoff schon industriell umgesetzt, wovon andere Kunststoffe noch weit entfernt sind. Natürlich werden weltweit, auch in Europa, noch viel zu wenige PET-Flaschen eingesammelt. Knapp 60 % europaweiter Rücklauf ist alles andere als befriedigend. Die Strukturen und Prozesse sind bereits etabliert und wirtschaftlich umsetzbar. ■

Dr. Frank Welle, Freising

Service

Digitalversion

- Ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/2019-10

English Version

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