



Mehr als zwei Drittel aller PET-Verpackungen sind Mineralwasser- und Softdrink-Flaschen (Bild: Krones AG)

# Polyethylenterephthalat (PET)

## Der Kunststoff für umweltfreundliche Verpackungen

PET hat einen hohen Marktanteil und gute Barriereigenschaften. Der technische Kunststoff wird bereits teilweise aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt. Ein geschlossener Materialkreislauf ist ebenfalls nahezu weltweit etabliert. Dies sorgt für weltweites Wachstum bei PET-Verpackungen.

Die Aussichten für PET-Verpackungen sind derzeit sehr gut. Für dieses Jahr wird die weltweit hergestellte Menge bei 16 Mio. t liegen. Mit einem jährlichen Wachstum von etwa 4,4% sollen 2019 knapp 20 Mio. t PET-Verpackungen erreicht werden (Quelle: Smithers Pira, Surrey/Großbritannien). Mehr als zwei Drittel dieser Menge wird für Mineralwasser- und Softdrink-Flaschen verwendet (Bild 1).

Der größte Markt für PET-Verpackungen liegt in Asien mit einem Anteil von 33%, gefolgt von Nordamerika mit 23% und Europa mit 19%. Wachstumstreiber ist nach wie vor der asiatisch-pazifische Markt mit einem Wachstum von etwa 8% jährlich. In Westeuropa fällt das Wach-

tum mit 1,6% dagegen etwas bescheidener aus. **Tabelle 1** zeigt die zehn größten PET-Hersteller weltweit mit deren Produktionskapazität (Quelle: Polyester Ana-

lysis Ltd., Farnham/Großbritannien, Stand 2012). Auch hier ist die asiatische Dominanz ersichtlich. In Asien wird etwas mehr produziert als verbraucht. Die Produkti-

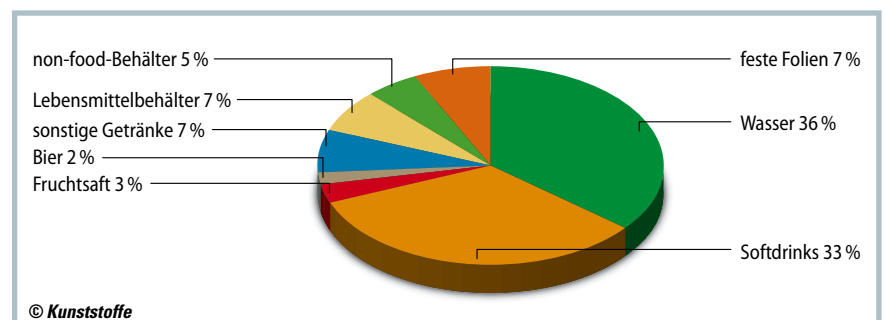


Bild 1. Anwendungen von PET-Verpackungen in 2013 (Bild: Smithers Pira)

Firma	Fokus	Kapazität [Mio. t]
Indorama	weltweit	3,7
DAK	Nord- und Südamerika	1,9
M&G		1,6
Sang Fang Xiang	Asien	1,3
Far Eastern New Century Corp.		1,3
China Resources		1,3
Nan Ya		1,0
KP Group		0,7
Sinopec (Yizheng/Hainan Xingye)		0,7
Octal	Mittlerer Osten	0,9

**Tabelle 1.** Die zehn größten PET-Hersteller weltweit (2012) und deren Jahreskapazität

(Quelle: Polyester Analysis)

onskapazitäten in Europa sind verglichen mit dem Verbrauch etwas geringer, so dass PET-Granulat aus Asien nach Europa importiert wird.

Um Material einzusparen, werden die PET-Flaschen stetig leichter. Optimierungen finden sich besonders bei den Gewinden bzw. am Boden der Flaschen. So wurde in Europa das PCO1810-Gewinde mit einem Gewicht von etwa 5g weitestgehend durch das etwa 1g leichtere PCO1881 ersetzt. Der Halsbereich wird zudem kürzer und damit leichter. Und auch im Bodenbereich konnte durch optimierte Preform- und Flaschengeometrien etwa 1g eingespart werden. Summiert ergeben sich so interessante Einsparpotenziale, die die Bilanz von PET gegenüber anderen Getränkeverpackungen verbessern.

Die Preise für PET sind im letzten Jahr von etwa 1500 bis 1600EUR/t auf aktuell 1200 bis 1300EUR/t gefallen und haben sich in den letzten Monaten stabilisiert. Der Preis für PET-Flaschenware liegt derzeit in etwa auf dem Niveau wie vor der Wirtschaftskrise.

### Neuartige Barriereigenschaften

PET hat sehr gute Barriereigenschaften, die für die meisten verpackten Lebensmittel ausreichend sind. Lediglich bei der Sauerstoffbarriere muss bei empfindlichen Füllgütern nachgebessert werden. Aktive Sauerstoffbarrieren setzen sich hier gegenüber passiven Barrierematerialien durch. Eingesetzt werden vor allem die seit längerem bekannten eisenbasierten Sauerstofffänger oder kobaltkatalysierte Abfangreaktionen mithilfe eines zweiten Polymers als Reaktionspartner für den Sauerstoff, beispielsweise spezielle Polyamide oder Polyolefine.

Ein neuartiges Sauerstoff-Scavenger-Konzept wurde in den letzten Jahren entwickelt und auf den Markt gebracht. Bei diesem aktiven System reagiert Wasserstoff mit Sauerstoff unter Einwirkung eines Katalysators zu Wasser, analog zum chemischen Mechanismus der Brennstoffzelle. Der Wasserstofflieferant ist hierbei im Verschluss untergebracht, während sich der Katalysator für die Reaktion in der PET-Flaschenwand befindet. Die Reaktion startet daher erst dann, wenn beide Komponenten im verpackten Produkt zusammengebracht werden.

### Biopolymere und nachwachsende Rohstoffe

Als Alternativmaterialien für PET wurden bislang hauptsächlich Biopolymere wie Polymilchsäure (PLA) verwendet. Durchsetzen konnten sich PLA-Flaschen jedoch nicht. Auch ist der ökologische Vorteil vom PLA gegenüber PET umstritten.

Komplexer wird die Diskussion, wenn man sogenannte Drop-in-Biopolymere in Betracht zieht. Gerade diese Drop-in-Polymere spielen im PET-Bereich aber eine große Rolle. Drop-in-Biopolymere unterscheiden sich chemisch und physikalisch nicht von ihren petrochemischen Gegenstücken, werden aber – zumindest teilweise – aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt. Ein Beispiel ist das sogenannte Bio-PET, dessen Ethylenglycol-Anteil aus Bioethanol hergestellt wird. Marktforscher sagen Bio-PET eine Kapazität von 5 Mio.t/a in 2020 voraus (Quelle: Nova-Institut GmbH, Hürth). Treibende Kräfte sind hier große Abfüller wie Coca-Cola, Pepsi, Danone und Heinz, die einen Teil ihrer PET-Flaschen auf Bio-PET umgestellt haben. »

Die Substitution von petrochemischem Ethylglycol durch Bio-Ethylenglycol führt letztlich zu einem Gewichtsanteil von etwa 30% an nachwachsenden Rohstoffen in diesen PET-Flaschen. PET aus 100% biobasierten Rohstoffen ist prinzipiell möglich, wenn auch das zweite Monomer, die Terephthalsäure bzw. deren Vorläufersubstanz para-Xylo, aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt wird. Eine Syntheseroute für para-Xylo aus iso-Butanol ist bekannt. Das iso-Butanol wird dabei aus Glucose gewonnen. Die großtechnische Umsetzung steht jedoch noch aus.

Ein weiteres Alternativmaterial, Polyethylenfuranoat (PEF), hat in den letzten Jahren auf sich aufmerksam gemacht. Bei diesem Polymer ist das zweite Monomer, die Terephthalsäure, durch Furandicarbonsäure ersetzt. Furandicarbonsäure wird dabei aus nachwachsenden Rohstoffen gewonnen, beispielsweise aus Fruktose oder anderen Zuckerarten. Die Synthese erfolgt über die Zwischenstufe 5-Hydroxymethylfurfural (HMF). HMF wird dann katalytisch zu Furandicarbonsäure oxidiert. PEF kann zu 100% aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt werden, wenn der Ethylenglycol-Anteil analog zu bio-basiertem PET aus Bio-Ethanol hergestellt wird.

Derzeit entsteht in den Niederlanden eine Anlage für 50 000 t/a PEF. Abfüller wie Coca-Cola und Danone sowie der Verpackungshersteller Alpla Werke Alwin Lehner GmbH & Co KG, Hard/Österreich, sind Kooperationen mit dem PEF-Hersteller Avantium Technologies B.V., Amsterdam/Niederlande, eingegan-

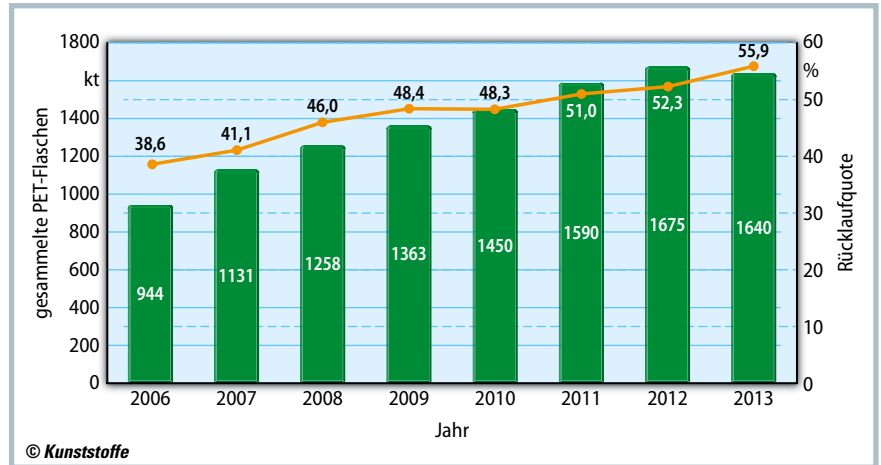


Bild 2. Sammelmengen und Rücklaufquoten bei PET-Flaschen in Europa (Bild: Petcore)

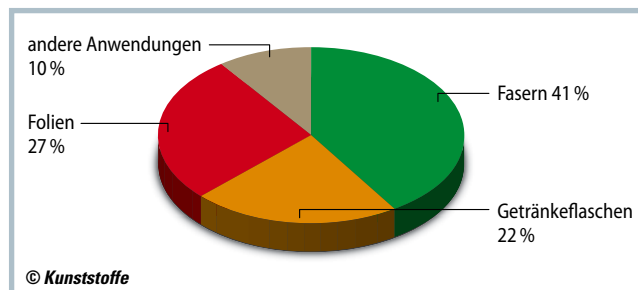


Bild 3. Rezyklatanwendungen in Europa für 2012 (Bild: Napcor/PCI)

gen. Letzterer arbeitet an der Entwicklung von PEF-Flaschen für Waschmittel, Seifen und Kosmetika sowie für trockene und flüssige Lebensmittel.

### Recyclingregulationen und Zulassungen

Nach Angaben der Europäischen Organisation Petcore wurden im Jahr 2013 europaweit 1,64 Mio. t gebrauchte PET-Flaschen gesammelt und dem Recycling zugeführt. Die Sammelmenge bleibt damit etwas hinter dem Vorjahr zurück. Die Anzahl der gesammelten Flaschen konnte aber dennoch gesteigert werden. In Europa werden damit etwa 55,9% aller am Markt befindlichen PET-Flaschen gesammelt und dem Recycling zugeführt (Bild 2). Die meisten Post-Consumer-PET-Flaschen finden damit wieder den Weg in Folien und Flaschen und damit in neue Verpackungsanwendungen (Bild 3). Der zweitgrößte Markt für Post-Consumer-Rezyklate sind Polyester-Fasern, die zum Beispiel in Fleece-Pullovern eingesetzt werden.

Die Recycling-Regulation 282/2008 regelt das Recycling von Post-Consumer-Verpackungen zu Rezyklaten, die wieder im direkten Lebensmittelkontakt eingesetzt

werden sollen. Die Recyclinganlagen bzw. -prozesse müssen ein Zulassungsverfahren bei der Europäischen Lebensmittelsicherheitsbehörde (EFSA) durchlaufen. Die Recycling-Regulation gilt für alle Verpackungspolymeren. Es wurden jedoch fast ausschließlich Anträge für das Aufbereiten von Post-Consumer-PET-Flaschen bei der EFSA eingereicht. Lediglich zwei PE-HD-Recyclinganlagen haben ebenfalls eine Zulassung beantragt. Die meisten der rund 80 PET-Recyclinganlagen in Europa, die gebrauchte PET-Flaschen für den Lebensmittelkontakt aufbereiten, sind nun von der EFSA positiv bewertet. Die Europäische Kommission bereitet nun die offizielle Liste der zugelassenen Anlagen bzw. Verfahren vor. Die Publikation dieser Liste ist für 2015 vorgesehen.

### Fazit

PET wird auch zukünftig ein interessantes Verpackungsmaterial sein: Immer leichtere PET-Flaschen, gute Barriere-Eigenschaften, die teilweise Herstellung aus nachwachsenden Rohstoffen, hohe Sammelquoten und die Möglichkeit zu einem geschlossenem Material-Kreislauf machen den Erfolg von PET als Verpackungsmaterial aus. ■

## Der Autor

**Dr. Frank Welle** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV, Freising; frank.welle@ivv.fraunhofer.de

## Service

### Digitalversion

➤ Ein PDF des Artikels finden Sie unter [www.kunststoffe.de/899098](http://www.kunststoffe.de/899098)

### English Version

➤ Read the English version of the article in our magazine *Kunststoffe international* or at [www.kunststoffe-international.com](http://www.kunststoffe-international.com)