



Polypropylen (PP): Wachstum trotz Krise

Die Zukunft von Polypropylen liegt in der Kreislaufwirtschaft

PP ist ein Werkstoff mit guten Zukunftsperspektiven, da er gleich mehrere Eigenschaften mitbringt, die ihn attraktiv machen. Er ist preisgünstig, deckt ein breites Anwendungsfeld ab – und ist gut recycelbar. Die großen PP-Produzenten haben bereits eigene Produktlinien für Rezyklate aufgelegt. Die Rezyklat-Qualität hat sich inzwischen verbessert: Selbst die für Pkw-Innenraum-Anwendungen erforderlichen Geruchs- und Ästhetikanforderungen können erfüllt werden.



Der Stuhl Monobloc aus PP, hier in einer grünen Version, ist eines der preisgünstigsten und vielseitigsten Sitzmöbel weltweit. (Foto aus dem Film „Monobloc“ von Edition Salzgeber). © Boris Mahlau/PIER 53

Es geschieht nicht alle Tage, dass jemand einen Film über ein Möbelstück macht. Der „Monobloc“, der seit Mitte der 1960er Jahre aus Polypropylen in reiner oder mineralverstärkter Version hergestellt wird, ist aber auch etwas

Besonderes. Wie der deutsche Regisseur Hauke Wendler bei seinen Recherchen feststellte, hat alleine die Firma Proserpio in Italien bisher über 250 Millionen dieser Stühle hergestellt. Weltweit wird die Produktion auf mehrere Milliarden ge-

schätzt, was den „Monobloc“ zum meistverkauften Möbelstück macht. Für viele Menschen ist er fast das einzige leistbare Möbelstück (**Titelbild**), und außerdem ist er wiederverwertbar, da er nur aus einem Werkstoff besteht. Wendlers Film zeigt

auch die vielfältigen Möglichkeiten dieses Stuhls, von der Reparatur mit verschiedenen Materialien bis zur Adaptierung als Rollstuhl.

Wenn dieser Film ein Symbol für Polypropylen (PP) ist, dann, weil er vier wichtige Aspekte dieses Werkstoffs abdeckt:

- PP ist weltweit in großen Mengen verfügbar, die globale Produktion lag 2020 bei etwa 75 Mio. t [1],
- PP ist ein preisgünstiger Werkstoff,
- PP deckt mit seinen Copolymeren und Composites einen extrem breiten Eigenschaftsbereich ab,
- PP kann auf verschiedene Arten wiederverwertet werden.

Wachstum trotz Krise: Verstärkte Nachfrage bei Hygiene und Packaging

Das Produktionsvolumen von PP hat durch die Corona-Pandemie kaum gelitten, da Produktionsrückgänge etwa bei Automobil-Anwendungen durch verstärkte Nachfrage im Hygiene- und Verpackungsbereich aufgefangen wurden. Man kann sogar sagen, dass ein Artikel aus PP – und zwar die FFP2-Atemschutzmaske – zu einem Symbol der Pandemie geworden ist. Umso wichtiger erscheint es, dass auch für solche Massen-Artikel Innovationen getätigt werden. Hergestellt werden diese Masken aus PP-Typen mit einem Schmelzflussindex über 1000 g/10 min über den Schmelzblas (Meltblown)-Prozess. Diese



Bild 1. Die FFP2-Maske von Vprotect, einem 100%igen Tochterunternehmen der Grabher Group, besteht hauptsächlich aus Meltblown-PP von Borealis und kann werkstofflich wiederverwertet werden. © Grabher

Materialien sind von mehreren Produzenten, darunter Sabic und Borealis, verfügbar. Die zwei genannten Unternehmen unterstützen auch das Recycling der Masken nach ihrer Verwendung. Während Sabic hierbei gemeinsam mit Procter&Gamble und Fraunhofer Umsicht ein Pilotprojekt zur pyrolytischen Verwertung von Einwegmasken umgesetzt hat, bei dem ein hochwertiger petrochemischer Rohstoff entsteht, wird

in der Zusammenarbeit von Borealis mit dem Faser- und Masken-Hersteller Grabher werkstoffliches Recycling eingesetzt (**Bild 1**). Nach dem Sortieren, Waschen, Sterilisieren und Trocknen wird das Material als Füllmaterial für Kissen und Ölabsorptionsanwendungen verwendet; ein Verfahren zur Re-Granulierung ist in Entwicklung.

Die Marktentwicklung von PP ist weltweit höchst unterschiedlich »

PRINT APPLY VERIFY

Kennzeichnungslösungen für die kunststoffverarbeitende Industrie

Leistungsstarke Kennzeichnungssysteme (Tinte, Laser),
Etikettiertechnik und Code Prüfsysteme - Made in Germany

Besuchen Sie uns: K-Messe | 19.-26.10.2022 | Halle 4, Stand C22

REA

PRINT | APPLY | VERIFY

www.rea.de

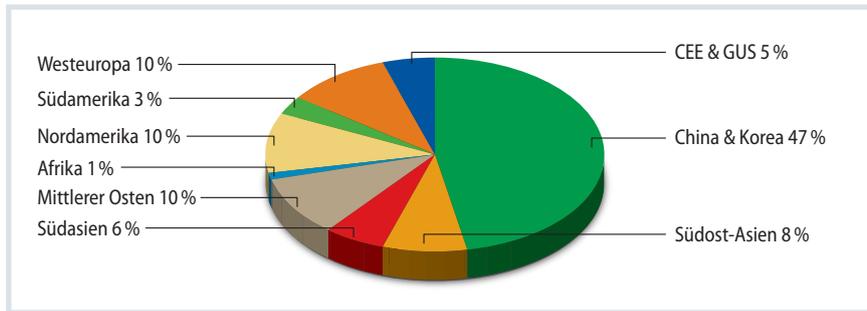


Bild 2. Verteilung der PP-Produktion 2020 nach Weltregionen.

Quelle: Daten basierend auf [1,3]; Grafik: © Hanser

verteilt. Das seit längerem stärkere Wachstum in Asien, und hier vor allem in China, hat zu einem Anteil von über 50 % am globalen Volumen in dieser Region geführt (**Bild 2**). Diese Entwicklung dürfte sich fortsetzen, denn das für die nächsten Jahre prognostizierte Wachstum von 4 bis 6 % pro Jahr wird eher von asiatischen Ländern übertroffen werden [1]. Das erklärt sich aus den Faktoren für das Marktwachstum, nämlich Wachstum in Bereichen wie Hygiene, Medizin und Verpackung von Convenience-Produkten, aber auch Infrastruktur und Mobilität.

Die Recycling-Ziele der EU werden zur Herausforderung

Diesem positiven Trend stehen allerdings auch Faktoren im Wege, die von einer generellen Skepsis gegenüber Einwegartikeln aus Kunststoffen bis zu gesetzlichen Bestimmungen reichen – etwa basierend auf der EU-Strategie für Kunststoffe [2]. Für PP bedeutet dies vor allem, dass die Nachfrage nach rezykliertem Material ansteigen wird – diese liegt weltweit bei etwa 7 % des Marktes (höher in Europa, deutlich niedriger in Nordamerika), wird sich aber in absehbarer Zeit

verdoppeln. Das wird auch notwendig sein, um das Recycling-Ziel der EU von 65 % im Jahr 2030 (bei nur 10 % Depolimerung) zu erreichen [3]. Verstärkt wird der Trend zum Recycling zur Zeit von der Preisentwicklung wie dem Anstieg von etwa 25 % von 2019 bis 2021 [1].

Produzenten starten große Projekte in Sachen chemisches Recycling

Zum bisher hauptsächlich durchgeführten werkstofflichen Recycling werden sich dafür auch chemische Verfahren gesellen müssen, für die mehrere bedeutende Kunststoff-Produzenten große Projekte angekündigt haben [4]. Dabei ist es wichtig, dass vor allem Verfahren zur direkten Herstellung von Monomeren oder zumindest hochwertiger Zwischenprodukte für die Monomer-Herstellung, hohe Anforderungen bezüglich Reinheit und Zusammensetzung an den Rohstoff stellen [5]. Eine gezielte Sammlung und Vorsortierung wird damit wohl notwendig

bleiben, und die Entscheidung über die Art des Recyclings sollte nach objektiven Kriterien wie Energiebedarf und Emissionen im Prozess getroffen werden. Es ist jedoch klar, dass eine aus Klimaschutz-Gründen notwendige Decarbonisierung der Kunststoff-Industrie eine Verschiebung der Rohstoff-Basis für die Monomer-Produktion von Erdöl, Erdgas und (zumindest in China) Kohle hin zu Kunststoff-Abfall und biogenen Quellen bedingen wird.

Eigene Produktlinien für Rezyklate

Für letzteres haben jedenfalls einige der großen PP-Produzenten bereits eigene Produktlinien definiert – Borecycle (für Rezyklate) und Borenewables (für Herstellung aus regenerativen Quellen) bei Borealis, Circulen bei LyondellBasell, Trucircle bei Sabic und Exxtend bei ExxonMobil. Die Definitionen sind dabei teils unterschiedlich, gemeinsam sind aber zwei Zielsetzungen: Eine internationale Zertifizierung wie etwa durch ISCC, welche die Materialbilanz und Herkunft der Rohstoffe sicherstellt, und eine Sicherstellung identischer Performance. Letztere wurde in den letzten Jahren mehrfach unter Beweis gestellt, etwa von Greiner Packaging. Hier wurden etwa aus Borenewables-Typen im Dünnwand-Spritzguss Becher mit In-Mould-Labeling zuerst für die Zertifizierung hergestellt (**Bild 3**), und mittlerweile ein Projekt mit Emmi für „Caffè Latte“-Becher auf dieser Basis gestartet, es wurde aber auch eine Circulen-Type erfolgreich für Kaffeekapseln getestet.

Die Möglichkeit des Recyclings sollte allerdings schon beim Design von Artikeln und Konstruktionen aus PP berücksichtigt werden [6]. Eine Reduktion der Werkstoff-Vielfalt ist dabei wesentlich, und dazu gibt es ermutigende Beispiele. Die Pure Line-Folien des Verpackungs-Herstellers Südpack wurden mit dem Deutschen Verpackungspreis in der Kategorie Nachhaltigkeit ausgezeichnet. Sie basieren auf Monomateria-



Bild 3. Prototyp-Becher für Jogurt-Verpackung mit In-Mould-Labeling, hergestellt aus bio-zirkularem PP Copolymer Borenewables von Borealis. © Greiner Packaging



lien und sind somit gut rezyklierbar, zeigen aber nach wie vor die gewohnten Verpackungseigenschaften, zum Beispiel eine Barriere gegen Sauerstoff und Kohlendioxid. Noch weiter gegangen ist Radici beim Design von Einweg-Schutzanzügen: Radipeople Eco ist der erste vollständig recycelbare Schutzanzug aus 100 % Polypropylen, denn sowohl Material, Kaschierung, Reißverschluss als auch Nahtmaterial bestehen aus diesem einzigen Werkstoff (**Bild 4**).

Warum die Preisentwicklung sich nicht auf die Absatzmengen auswirkt

Zwischen Dezember 2020 und Mai 2021 ist der Preis für Standard-PP in Westeuropa um 80 bis 100 % gestiegen und liegt nun im Bereich von 2 EUR/kg [1]. Da



Bild 4. Der Einweg-Schutzanzug Radipeople Eco aus 100 % Polypropylen. © Radici

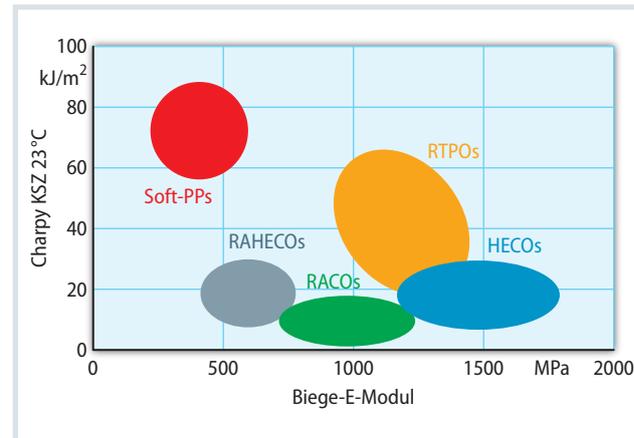


Bild 5. Mechanikprofil verschiedener Klassen von Ethylen-Propylen Copolymeren (HECOs – heterophasische Copolymerer, RTPOs – reaktorbasierte thermoplastische PO-Elastomere, RACOs – Random-Copolymerer, RAHECOs – random-heterophasische Copolymerer, SoftPPs – spezielle Copolymerer wie Adflex oder Borsoft).

Quelle: Borealis; Grafik: © Hanser

diese Preisentwicklung bei praktisch allen Kunststofftypen parallel verlaufen ist, hat dies weder das Wachstum nennenswert gebremst noch zu Substitution geführt. Der schon erwähnte Trend zu einem verstärkten Rezyklat-Einsatz wurde aber sicher unterstützt, und die auch hier steigenden Preise treiben den Ausbau des Anlagen-Volumens voran. Auch hier wird vielfach auf Kooperationen gesetzt, oft zwischen Kunststoff-Produzenten und Spezialisten in der Entsorgung und Sortierung. Beispiele sind die Übernahme von QCP durch LyondellBasell und Suez oder die in Deutschland errichtete gemeinsame Pilotanlage von Borealis und Tomra. Hochgradige Automatisierung, etwa durch Sortierung mittels Infrarot-Sensoren, und die Adaptierung von Vermahlung und Reinigung auf den Rohstoff, erlauben die Herstellung von Rezyklaten deutlich besserer Qualitäten als in früheren Jahren.

Kaum spektakuläre Innovationen, da Spektrum heute schon sehr breit

In der Entwicklung primär produzierter PP-Werkstoffe ist die Anzahl spektakulärer Innovationen überschaubar, was ebenfalls mehrere Gründe hat. Zum einen war in den letzten Jahren eine breite Umstellung auf neue Katalysatoren ohne Phthalate notwendig, und zum anderen ist das verfügbare Eigenschaftsspektrum schon jetzt sehr breit. In **Bild 5** wird dies in Bezug auf Mechanik für Copolymerer von PP mit Ethylen gezeigt. Hierbei ist zu bedenken, dass der E-Modul-Bereich nach oben hin für PP-Homopolymere bis über 2 GPa (2000 MPa) und für Compounds und

Composites bis über 13 GPa reicht.

Für Random-Copolymerer, RACOs, gibt es einen neuen Review [7], in welchem die Möglichkeiten zur Variation dieser transparenten Werkstoffe durch Änderungen des Katalysator-Systems und multimodale Verteilung von Comonomer beziehungsweise Molekulargewicht aufgezeigt werden. Ein neueres Beispiel dafür ist das bimodale BorPure RF777MO von Borealis für Flaschenverschlüsse mit Filmscharnieren, das einen MFI (Melt Flow Index) von 13 g/10 min aufweist (**Bild 6**). Es zeichnet sich durch kürzere Zykluszeiten und verbesserte Zähigkeit aus. RACOs spielen aber auch in der Medizintechnik eine wichtige Rolle, wie etwa das gegenüber Sterilisation mittels γ - oder Elektronen-Strahlen beständige Purell RP375R von Lyondell-Basell (MFI 25 g/10 min).

Für weiche PP-Copolymerer mit RACO-Matrix, C2C3-Elastomere, RAHECOs und SoftPPs sind recht unterschiedliche Produkte am Markt. Je nach Modul und Transparenz finden sie Einsatz im technischen Bereich für Dachbahnen und thermoplastische Kabelisolationen, aber auch für pharmazeutische Verpackungen als Folien oder blasgeformte Behälter. Neue Entwicklungen gibt es zur Zeit kaum, aber der absehbare Zwang zum Ausstieg aus Weich-PVC könnte diesem Bereich neue Dynamik verleihen.

Klassische, schlagzähe Copolymerer, HECOs und RTPOs, haben ein enorm weites Einsatzgebiet, sowohl als eigenständige Werkstoffe wie auch in der Formulierung von Compounds mit Verstärkungsstoffen und Fasern. Das volle Design-Spektrum kann hier nur mit modernen Anlagen, bestehend aus zwei

oder mehr unabhängig kontrollierbaren Reaktoren und einem Katalysator mit langer „Lebensdauer“ erreicht werden. „Post-Phthalat“-Typen sind dafür aber auch gut geeignet, wie sich an Patenten [8] und Publikationen [9] ablesen lässt. Auch Produkte auf nachhaltiger Basis wurden bereits getestet, etwa BorECO BH381MO von Borealis (MFI 35 g/10 min) oder Flowpact FPC45 von Sabic (MFI 45 g/10 min) – beides bestens für Dünnwand-Spritzguss und Lebensmittel-Kontakt geeignet.

E-Mobility-Trend pusht Compounds und Composites

Vor allem der Automobil-Sektor hat sich in den letzten Jahrzehnten als wesentliche Quelle für Innovationen erwiesen. Der Trend in Richtung Elektro-Mobilität hat die Anforderungen bezüglich Gewichtsreduktion weiter verstärkt [10]. Bezüglich



Bild 6. Kosmetik-Verschluß mit Filmscharnier aus BorPure RF777MO. © Borealis

Mechanik liegt hier der Schwerpunkt auf Langglasfaser-Composites (PP-LGF), welche zwar spezielle Verarbeitung erfordern, aber den höchsten E-Modul erreichen. Für extreme Anforderungen können diese noch mit unidirektionalen Glasfaser-Tapes kombiniert werden, wie von Sabic mit Stamax am Beispiel einer Werkzeugbox für Lkws gezeigt wurde.

Aber auch ohne zusätzliche Verstärkung erreicht etwa Fibremod GB416LF von Borealis mit 40 % Glasfasern einen Zug-E-Modul von über 10 GPa, was neue Designs erlaubt. Beim neuen Volkswagen-Modell

Multivan T7 entsteht damit die größte bisherige aus PP-LGF bestehende Heckklappenstruktur, was wesentlich zur Gestaltungsfreiheit und Gewichtsreduktion beiträgt. Ein entscheidender wesentlicher Vorteil ist dabei die gute Oberflächenqualität, welche eine Nachbehandlung oder Lackierung überflüssig macht. Diese Kombination liegt im Trend, wie auch der Einsatz von Celstran LFT von Celanese im VW ID.3 zeigt [11]. Das ist aber nur einer von vielen positiven Beiträgen, die PP zur E-Mobilität leisten kann. Bei der Ansmann-AG wird etwa

derzeit die zweite Generation des Green-Pack-Akkusystems entwickelt (Bild 7), wofür Borealis ein Compound mit Glasfasern und halogenfreiem Flammenschutz design hat. Die Kombination von elektrischer Isolation und Brandbeständigkeit mit hoher mechanischer Festigkeit und verzugsfreier Verarbeitung wird dabei mit einer speziellen Polymerbasis sowie 20 bis 30 % Glasfasern erreicht. Entscheidend ist bei diesen wechselbaren Akkusystemen die Maßhaltigkeit auch bei erhöhter Temperatur und die Stabilität gegenüber Fallbelastung. Im Ver- »

Reifenhäuser
REILOY

The Extrusioners

Wer nicht fragt, zahlt mehr:

Was bietet die Legierung außer der Härte

! Nur wer die richtigen Fragen stellt, bekommt den besseren Verschleißschutz bei gleicher Härte. Und mehr
● Zylinderlebenszeit pro Euro. **Reiloy rules.**
verschleisschutz.reifenhauser.com

Treffen Sie uns auf der K 2022,
19.–26. Oktober, Düsseldorf

Folien- und Vliesstoffanlagen: Halle 17 / C22
Schnecken, Zylinder & Extruder: Halle 11 / C16
Flachdüsen & Coextrusionsblöcke: Halle 1 / D91

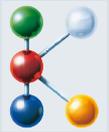
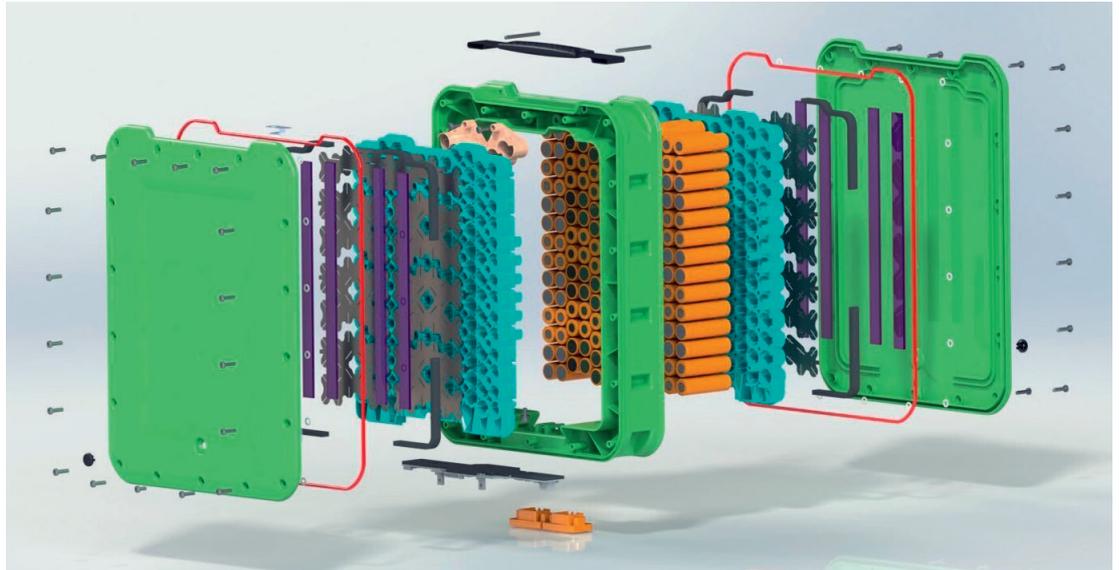


Bild 7. Das neue GreenPack 2.0, die zweite Generation des Akku-Pack Systems von Ansmann in einem Gehäuse aus flammgeschütztem PP-Verbundwerkstoff von Borealis . ©

Ansmann



gleich zu Polyamid oder Polycarbonat/ABS-Blends wird zudem der „Carbon Footprint“ der Herstellung massiv reduziert.

Rezyklateinsatz auch in Automobil-Anwendungen

Compounds spielen aber auch für mechanisches Recycling eine wesentliche Rolle, wobei die Anwendungen komplexer und vielseitiger werden. Borealis Brazil hat etwa kürzlich Borcycle ME1490SYB vorgestellt, ein Compound mit 47 % Rezyklat und 10 % Talkum für Automobil-Anwendungen. Die Type ist von Stellantis approbiert worden und wird im neuen Fiat Strada eingesetzt, einem Bestseller in der Kategorie kleiner

Pick-ups am südamerikanischen Markt, siehe **Bild 8**.

Rezyklat-Einsatz im Auto war bisher zumeist auf den Außenbereich beschränkt, da die für den Innenraum erforderlichen Geruchs- und Ästhetik-Anforderungen kaum erreichbar schienen. Verbesserte Sortierung und Reinigung in Kombination mit gezielter Nachbehandlung erlaubt aber auch hier Innovationen, etwa bei Borcycle EE1300SY, das bei 30 % Rezyklat-Anteil helle Farben, hohe Zähigkeit und Kratzfestigkeit bietet – und sogar niedrige Emissions- und Geruchsanforderungen erfüllt. Damit erscheint der Weg in Richtung „erneuerbarer Kunststoff im Auto“ bereits sehr realistisch. ■

Info

Text

Klaus Bernreitner ist Senior Project Manager in der Forschung,
Markus Gahleitner ist Senior Group Expert PP in der Forschung,
Georg Grestenberger ist Application Marketing Manager für den Automobil-Innenbereich,
Susanne Kahlen ist Application Marketing Managerin für Circular Economy Solutions,
Peter Niedersüß ist Application Marketing Manager für flexible Verpackungen,
Cornelia Tranninger ist Gruppenleiterin im Polyolefin Design, alle bei Borealis.

Literatur & Digitalversion

Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/onlinearchiv

English Version

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



Bild 8. Der Fiat Strada, ein Pick-up mit Teilen aus Borcycle ME1490SYB . © Stellantis