



Polypropylen (PP)

Mit Materialkombinationen und Verfahrensentwicklungen ist Polypropylen schon lange kein Standard mehr

Von der Hygienefaser bis zum Stoßfänger zeigt Polypropylen ständig neue Facetten hinsichtlich seiner Eigenschaften und Anwendungen. Auch wenn große Veränderungen derzeit ausbleiben, kann die Werkstofffamilie ihre Vorteile sowohl im Standardbereich als auch bei technisch komplexen Anforderungen demonstrieren.

Die bunte Vielfalt der Kunststoffverpackungen im Lebensmittelhandel basiert sehr oft auf Polypropylen-Folien. Der Trend geht zu leichteren Verpackungen durch dünnere Wanddicken und intelligente Produktdesigns (© Borealis)



Über 60 Jahre nach der Entwicklung von Polypropylen (PP) im Team des italienischen Chemikers Giulio Natta zeigt dieser wichtige thermoplastische Werkstoff noch immer keine Ermüdungsercheinungen – ganz im Gegenteil, es finden ständig Weiterentwicklungen in der Produktion, der Verarbeitung und der Anwendung statt. Der europäische PP-Markt hat sich von den Problemen der Jahre 2007/08 gründlich erholt, und es kann von einer stabilen Wachstumsrate von etwa 1,4% pro Jahr auch für die kommenden Jahre ausgegangen werden [1]. Dem steht allerdings ein globales Wach-

tum von 4,7% gegenüber, was die weitere Verschiebung des Produktions- und auch Anwendungsschwerpunkts in den asiatischen Raum unterstreicht. Der Pro-Kopf-Verbrauch ist in China bereits auf ein mit Europa und Nordamerika vergleichbares Niveau von etwa 14 kg pro Jahr angestiegen, was an der starken Export-Orientierung der chinesischen Verarbeitungsindustrie liegen dürfte.

In den Anwendungen hebt sich Europa allerdings durchaus vom globalen Durchschnitt ab, wie **Bild 1** zeigt. Technische Anwendungen wie spritzgegossene Automobil-Bauteile und technische Extrusions-

produkte wie hochwertige Rohre haben den relativen Marktanteil von Folien und Fasern markant reduziert. Aber auch noch eher junge Produkte wie PP für Extrusionsbeschichtungen oder zum Spritzstreckblasen gewinnen an Bedeutung.

Der Anteil von PP am europäischen (EU-27+NO+CH) Kunststoffmarkt liegt stabil bei 18,9% [1]. Zusammen mit PE-HD (12,1%) und PE-LD/LLD (17,5%) machen damit diese Polyolefine bereits rund 50% des Gesamtverbrauchs von 46,3 Mio.t aus. Die Preisentwicklung liegt im allgemeinen Trend der Standard-Kunststoffe, und der Anteil nicht-konven-

tioneller Rohstoffquellen wie importiertes Flüssiggas aus Fracking in Nordamerika oder Methanol auf Kohlebasis steigt nur sehr langsam an.

Fragen der Gesellschaft zur Nachhaltigkeit und zur Umweltverträglichkeit von Kunststoffen sind nach wie vor ein Thema. Ein Schwerpunkt ist dabei das Recycling – ein Bereich, bei dem sich auch einige interessante Entwicklungen abzeichnen. Das EU-Ziel, brennbare Abfälle – darunter vor allem auch Kunststoffe – ab 2025 vollständig von den Deponien fernzuhalten, wird mittlerweile auch vom Verband PlasticsEurope e.V., Frankfurt am Main, positiv bewertet. Dies könnte gegenüber dem derzeitigen Status unter anderem 60 Mrd. EUR an Rohstoffkosten sowie 7 Mio.t Kohlendioxid einsparen [2]. Die derzeit dominante energetische Nutzung soll aber zugleich durch mehr werkstoffliche Wiederverwertung abgelöst werden, wobei Polyolefine aufgrund ihrer breiten Anwendung und der relativ einfachen Kompatibilisierung zwischen PP und Polyethylen (PE) eine gute Position haben [3]. Inwieweit die Hersteller hier di-

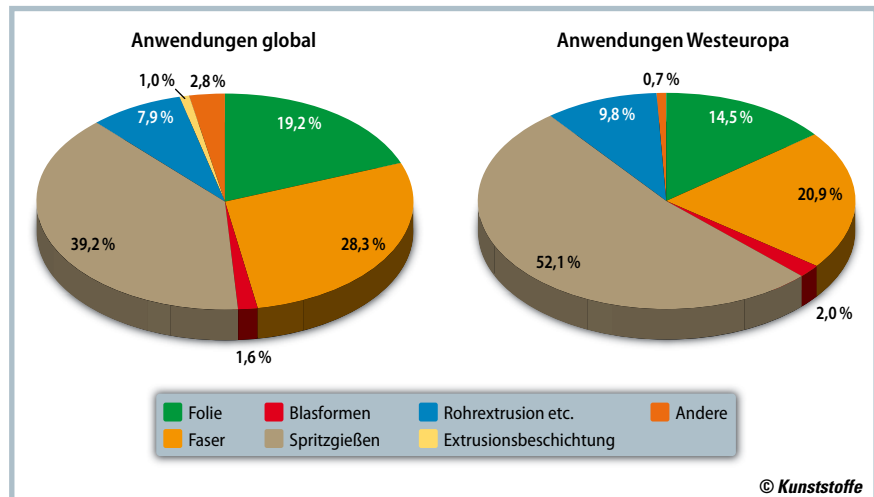


Bild 1. Unterschiedliche Verteilung der Anwendungsbereiche von PP global (links), mit einer Gesamtmenge von 58453 kt, und in Westeuropa (rechts), Gesamtmenge 7390 kt. Materialtypen für Extrusionsbeschichtungen und Spritzstreckblasen gewinnen an Bedeutung (Quelle: Nexant, [1])

rekt aktiv werden, ist derzeit noch nicht absehbar. Die Borealis AG, Wien/Österreich, hat ihre Aktivitäten vor Kurzem durch die Übernahme des Recycling-Unternehmens mtm plastics GmbH, Niedergera, ausgeweitet.

Immer leichtere Verpackung schützt und nützt

Zwischen einem Viertel und einem Drittel aller Lebensmittel, die weltweit produziert werden, gehen verloren. Wäh- »



Bild 2. Der Front-Stoßfänger des Elektrosportwagens BMW i8 besteht aus dem Polypropylen Daplen EE112AE mit einer grundierungsfreien Lackierung (© Borealis)

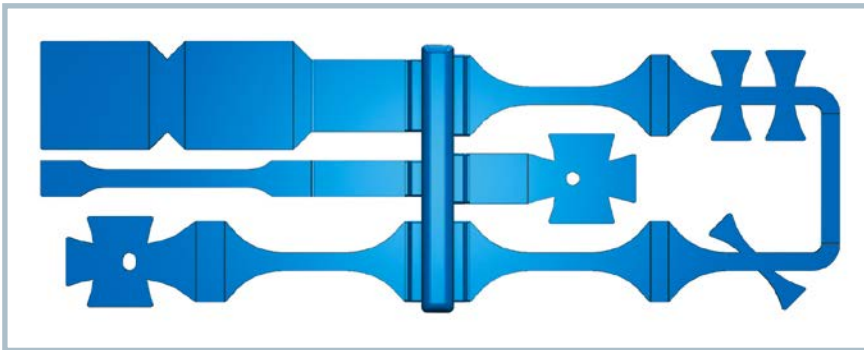


Bild 3. Der eigens entwickelte Multi-Prüfkörper wurde in einem Spritzießwerkzeug zur simultanen Herstellung von Probekörpern mit unterschiedlicher Faserorientierung gefertigt (© Borealis)

rend diese Verluste in Europa oder Nordamerika zu über 60% von Handel und Konsumenten verursacht werden, liegt die Ursache in weiten Teilen Afrikas und auch Asiens in mangelhafter Lagerung und Verpackung [4]. Die Vorteile von PP bei Lebensmittel-Verpackungen liegen im günstigen Verhältnis zwischen Preis und Leistung, aber auch Gewicht und Mechanik sowie Energiebedarf und verpacktem Volumen. Sogar die gerne kritisierte Praxis, Gurken mit Schrumpffolie zu verpacken, erweist sich als nachhaltige Maßnahme, da sie die Haltbarkeit um zwei Wochen verlängert. Der wesentliche Trend der letzten Jahre zu leichteren Verpackungen durch geringere Wandstärken und intelligente Designs in diesen Anwendungen setzt sich fort, wobei immer wieder neue und spezifische Anforderungen an die Verpackungen gestellt werden. Nicht zuletzt deshalb sind Kunststoff-Verpackungen aus dem Lebensmittelhandel nicht mehr wegzudenken (**Titelbild**).

Wenn etwa neben Steifigkeit und Verarbeitbarkeit zu Wanddicken unter 0,5 mm auch noch Zähigkeit in einem erweiterten Temperaturbereich notwendig ist, sind Impact-Copolymere mit speziell-

lem Design erforderlich. Ein Beispiel ist der Werkstofftyp BJ998MO (Hersteller: Borealis), der bei einem Schmelzindex (MFI, 230°C/2,16 kg) von 100 g/10 min eine kurze Zykluszeit mit guter Mechanik kombiniert. Das Matrixdesign – im MFI etwa doppelt so hoch wie das Endprodukt – mit Reaktor-Nukleierung (BNT) und bimodaler Elastomerphase erlaubt diese für Dünnwand-Spritzießen geeignete Eigenschaftsbalance. Ob damit bereits die Obergrenze hinsichtlich Verarbeitbarkeit erreicht ist, wird die Zukunft zeigen.

Ein anderer Ansatz zur Nachhaltigkeit in der Verpackung sind Mehrweg-Verpackungen, die vor allem als Transportverpackung zunehmend gefragt sind. Polyolefine werden hier seit vielen Jahren erfolgreich eingesetzt, und sogar beim Klassiker Getränkeboxen liegen zahlreiche Entwicklungsschritte zwischen den ersten Versionen des Jahres 1958 und modernen Systemen [5]. Palettenboxen als normierte Transportsysteme sind nur eines von vielen Beispielen, bei denen hochwertige PP-Typen eine kosteneffiziente Materiallösung sind. Von der LyondellBasell Industries N.V., Rotterdam/Niederlande, wurde dazu kürzlich der Einsatz von Moplen EP340M für faltbare VDA-Bo-

den vorgestellt, das eine besonders hohe Schlagzähigkeit bei MFI 10 aufweist.

Reinheit und Transparenz

Eine wesentliche Verschiebung bei Katalysatoren zur Herstellung von PP vollzieht sich fast unter allgemeinem Schweigen: Ziegler-Natta-Katalysatoren mit einem Phthalsäure-Ester als internem Donor werden nach und nach durch alternative Systeme ersetzt. Diesen Schritt kommentieren die großen PP-Hersteller wie LyondellBasell, Sabic, Borealis und Total kaum, und der Schritt ist auch weniger durch chemikalienrechtliche Bestimmungen als durch Kundenwünsche bedingt.

Spezielle PP-Typen für den medizinischen Bereich wie die Purell-Familie von LyondellBasell oder die Bormed-Produkte von Borealis haben bereits in der Vergangenheit von der anerkannten Reinheit profitiert. Für Letzteres gilt dies speziell bei der Substitution von Weich-PVC in Folien- und Beutel-Anwendungen. Soft-PP-Produkte wie Bormed SC876CF stellen hier nun eine Kombination von Flexibilität, Zähigkeit und Transparenz etwa für sterilisierbare Infusionsbeutel dar. Die Kombination eines E-Moduls von 330 MPa (an der 50 µm-Folie sogar nur 180 MPa) mit einem bei Heißdampf-Sterilisierung unproblematischen Schmelzpunkt von 149°C und einer auch nach Sterilisierung noch sehr guten Optik wird durch den Einsatz einer speziellen Katalysator/Prozess-Kombination erreicht. Der Ersatz von Weich-PVC-Folien durch PP-Mehrschichtfolien wurde bisher von vielen Kunststoffverarbeitern durch Abmischen von PP-Random-Copolymeren mit Schlagzähmodifizierern, wie z. B. Styrol-Elastomeren (SEBS), erreicht. Allerdings ist deren Einsatz kostenintensiv. Das Eigenschaftsprofil von Bormed SC876CF ermöglicht Folienherstellern, den Gehalt an hochpreisigen Elastomeren je nach Beutelgröße um bis zu 50% zu reduzieren und zugleich das Eigenschaftsprofil des Beutels zu behalten. Es entspricht den Anforderungen der Europäischen Pharmacopoeia und US Pharmacopoeia und ist DMF-registriert.

Vom Reaktor bis zum Compound

Der Polymerisationsreaktor legt den Grundstein für die ständig steigenden Anforderungen der Automobilindustrie zu Leichtbau, hochwertigen Oberflächen

und Reinheit bei bestmöglicher Ökonomie. Nichtsdestotrotz ist weder die Entwicklung noch die Auswahl an Möglichkeiten für den Designer beim Reaktorprodukt zu Ende.

Während bei mineralischen Füllstoffen der schon vor Jahren erwartete Trend zu einem verstärkten Einsatz von Nanopartikeln weitestgehend ausgeblieben ist, haben sich etwa Polyolefinelastomere und -plastomere als Modifikatoren einen bedeutenden Platz erobert. Produkte wie Engage von Dow Chemical, Midland, MI/USA, Exact von der Exxon Mobil Corp., Irving, TX/USA, oder Queo von Borealis haben klassische Elastomere wie Ethylen-Propylen-Kautschuk (EPM) oder Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk (EPDM) zu guten Teilen verdrängt bzw. substituiert. Entscheidend dafür ist die Abdeckung eines weiten Bereichs von Dichte (bestimmt durch Comonomer-Gehalt bzw. Kristallinität) und MFI (bestimmt durch die Molekulargewichtsverteilung).

Je nach Zielsetzung kommen Produkte mit einer Dichte von ~ 860 bis $\sim 900 \text{ kg/m}^3$

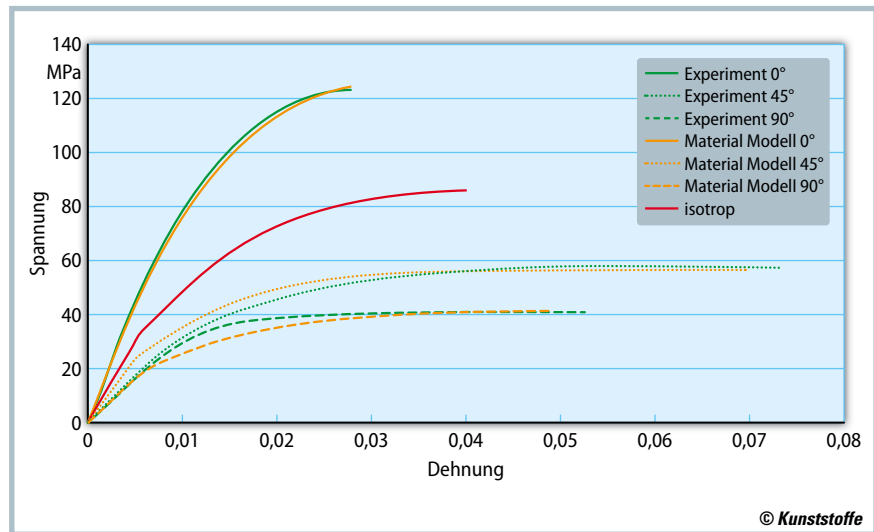


Bild 4. Spannungs/Dehnungs-Kurven eines PP/Glasfaser-Compounds mit 35 Gew.-% Faseranteil im Vergleich zwischen Modell und Experiment. Die Anisotropie der Faserverstärkung muss möglichst früh in der Bauteilentwicklung berücksichtigt werden (Quelle: Borealis)

und einem MFI ($190^\circ\text{C}/2,16 \text{ kg}$) von 0,5 bis $30 \text{ g}/10 \text{ min}$ bei der Modifizierung von PP zum Einsatz. Diese beschränkt sich längst nicht mehr auf die klassischen Anwen-

dungsbereiche wie Automobil- oder Elektrogeräte-Bauteile, sondern kommt auch bei speziellen Folien für Medizintechnik und Verpackung oder im »

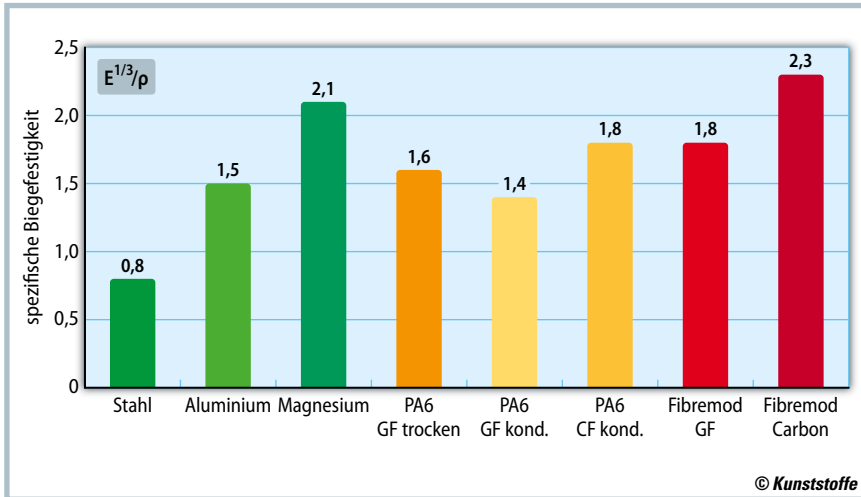


Bild 5. Spezifische Biegesteifigkeit von PP (Fibremod) mit Glasfaser (GF) und Kohlefaser (CF) im Vergleich zu üblicherweise verwendeten leichtgewichtigen Metall- und Polyamid (PA)-Werkstoffen (Quelle: Borealis)

Dünnwand-Spritzgießen zur Verbesserung der Flexibilität zum Einsatz. Borealis hat hier mit einer Erweiterung der Queo-Typenpalette um drei Produkte im niedrigen Dichtebereich sein Angebot ausgebaut.

Mit der neuen Generation an hochschlagzähem Polypropylen-Compounds etwa konnte der seit Jahrzehnten gefürchtete Defekt von Fließmarkierungen, auch Tigerstreifen genannt, ohne Einbußen von anderen Materialeigenschaften in einem extrem weiten Prozessfenster

eliminiert werden. Durch Kombinieren mit anderen Polymeren, Elastomeren und Füllstoffen konnten neue Hochleistungs-Compounds für Stoßfänger-Verkleidungen, Instrumententafeln und Türverkleidungen entwickelt werden. Sie reduzieren durch niedrigere Dichte bei nach wie vor hohem Steifigkeits- zu Zähigkeitsverhältnis das Fahrzeuggewicht und weisen sehr hohe Reinheit und ausgezeichnete Oberflächenästhetik auf. Vertreter dieser neuen Leichtbau-Compounds für Sichtanwendungen sind beispielsweise Dap-



Bild 6. Hintere Rahmenbauteile eines KTM-Geländemotorrads als Ergebnis einer Konzeptstudie aus dem kohlefaserverstärkten PP-Compound Fibremod Typ CB401SY (Standard-Werkstoff PA12-LCF) (© Borealis)

len EG107HP, Daplen EF098HP und Daplen EE001AI von Borealis.

Eine weitere Neuentwicklung bei Fahrzeugen, die durch maßgeschneiderte Polymere umgesetzt werden konnte, sind weniger Lackschichten, sowohl aus Gründen der reduzierten Fertigungskomplexität und der Kosten als auch des Gesamtgewichts. Speziell die normalerweise zur Stabilität der Lackhaftung erforderliche Grundierung, die bislang auch nach Oberflächenbehandlung (Beflammung) der Bauteile erforderlich war, soll eingespart werden. Dazu sind allerdings optimierte Werkstoffe erforderlich, die nur in enger Zusammenarbeit mit den OEMs sowie den Herstellern der Lacksysteme entwickelt werden können. Diese Entwicklung wurde durch eine Investition in einen vollautomatischen Lackierroboter inklusive automatischem Ritzen des Lackes und Dampfstrahlen unterstützt. Dadurch konnten Fehlerquellen im sehr komplexen Lackierprozess reduziert werden, was wiederum die Reproduzierbarkeit und wissenschaftliche Auswertung verbesserte. Komplexe Zusammenhänge zwischen Materialdesign, Lackierprozess und Lack konnten dadurch vollständig erkannt werden. Diese Erkenntnisse bilden das Fundament für neueste Entwicklungen und werden stetig weiter vertieft.

Für das beim Front-Stoßfänger des neuen BMWi8 (**Bild 2**) verwendete PP-Compound Daplen EE12AE hat Borealis im Januar 2016 einen European Plastics Innovation Award erhalten. Das Material auf Basis von im Reaktor hergestellten thermoplastischen Olefin-Elastomeren (RTPO) mit 12% mineralischem Füllstoff kombiniert gute Mechanik mit der für Direkt-Lackierung erforderlichen Qualität und Stabilität der Oberfläche. Das Verhältnis zwischen Elastomer-Anteil und Partikelstruktur sowie der Füllstoffanteil haben sich dabei als entscheidende Faktoren erwiesen [6].

Faserverstärkung – von Glas zu Carbon

Wenn die in den letzten Jahrzehnten eindrucksvolle Substitution klassischer Werkstoffe in technischen Bereichen wie dem Automobilbau weitergehen soll, so muss der Eigenschaftsbereich von PP erweitert und das Wissen über die Wechselwirkung zwischen Struktur, Verarbeitung und Bauteileigenschaften vertieft werden. Mit

Langglasfasern verstärkte Materialien wie Fibremod von Borealis oder Stamax von Sabic war hier bislang die „ultima ratio“ erreicht, auch wenn es immer wieder Versuche mit neuen und noch leistungsfähigeren Verstärkungsfasern gab.

Um die Substitution von klassischen Werkstoffen wie Metallen oder anderen Kunststoffen (Polyamid, Polyoximethylen oder Acrylnitril-Styrol-Acrylester (ASA)) zu ermöglichen, bedarf es eines ganzheitlichen Verfahrens, das bei engen Produktionstoleranzen beginnt und somit hohe Qualität sicherstellt, gefolgt von Compound-Formulierungen, die durch optimierte Viskosität der verwendeten Polymere maximale Faserlängen im Produkt garantieren. Dies wiederum führt zu sehr hohen Festigkeiten und geeignetem Kriechverhalten. Der dritte Baustein der Fibremod-Materialien basiert auf detailliertem Modellieren und Simulieren, weil erst dadurch das Potenzial der Materialien maximal ausreizbar ist.

Der Modellierung kommt hier eine wichtige Rolle zu, die allerdings auch eine verbesserte Datenbasis zum Verhalten

der Werkstoffe unter den verschiedensten Verarbeitungs- und Anwendungssituationen erfordert [7]. Im Unterschied zu ungefüllten thermoplastischen Kunststoffen, weisen faserverstärkte PP-Verbundwerkstoffe ein orientierungsabhängiges Verhalten auf. Nachdem diese Materialien immer öfter in Strukturbauteilen eingesetzt werden, ist eine exakte und umfassende Materialcharakterisierung von großer Bedeutung. Erst ein genaues Verständnis dieser Klasse von Werkstoffen und zeitgemäße Simulationsmethoden erlauben es, Bauteile heutzutage funktions- und gewichtsmäßig zu optimieren ohne vorzeitigen Verlust der Bauteilintegrität.

Um das orientierungsabhängige mechanische Verhalten von faserverstärkten PP-Verbunden zu ermitteln, entwickelte Borealis ein Multi-Prüfkörper-Werkzeug (**Bild 3**), aus dem wiederum Prüfkörper mit unterschiedlichen Faserorientierungen entnommen werden. Diese Prüfkörper mit 0°, 45° und 90°-Orientierung werden dann als Basis für mikromechanische Materialmodelle verwendet. In **Bild 4** ist ein

Vergleich der experimentellen Zugversuche mit dem anisotropen Materialmodell dargestellt. Trotz aller Fortschritte in der Simulation und der Rechenleistung werden gerade zu Beginn der Bauteilentwicklung oft „quasi-isotrope“ Materialmodelle verwendet, die zwar keine Beschreibung des lokalen Verhaltens (z. B. Versagen) erlauben, aber meistens eine ausreichende Genauigkeit für die globale Bauteilsteifigkeit geben. Dieses isotrope Materialmodell kann ebenfalls aus der anisotropen Variante abgeleitet werden, unter der Annahme einer spezifischen Faserorientierung (z. B. gleichmäßige Verteilung der Fasern in der Ebene oder bevorzugte Spritzgießorientierung). Je nach Bauteil ist daher dieses isotrope Materialmodell leicht modifizierbar.

Um ein mikromechanisches Materialmodell in der Struktursimulation verwenden zu können, bedarf es in den meisten Fällen des Spritzgießprozesses einer vorgelagerten Simulation des Herstellprozesses. Nach aktuellem Stand der Technik kann damit in ausreichender Genauigkeit die Faserorientierung beschrieben »

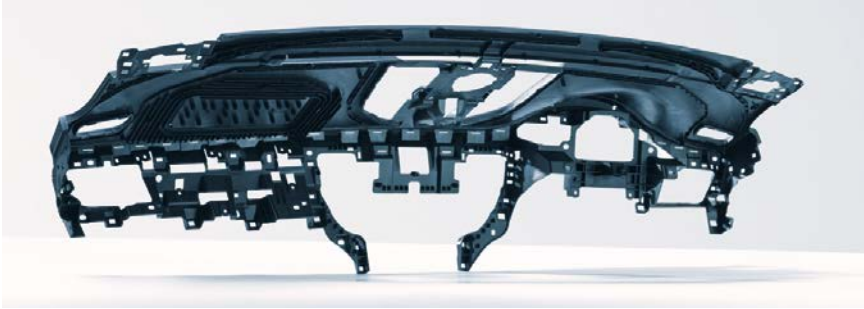


Bild 7. Instrumententafel-Träger eines Porsche Macan aus geschäumtem PP-Compound (© Borealis)

Bild 8. Nicht nur auf niedrige Wanddicken, sondern auch auf flache Etiketten kommt es beim IML-Dekorieren von Dünnwand-Bechern an. Diese Verpackungen wurden mit PP (Typ: BJ998MO, Hersteller: Borealis) hinterspritzt (© Borealis)



werden. Im Unterschied dazu ist die Berücksichtigung des Faserbruchs und damit der Faserlängenverteilung im Bauteil noch im Entwicklungsstadium, obwohl dementsprechende Modelle seit wenigen Jahren in den kommerziellen Softwarelösungen enthalten sind.

Nach der Ermittlung der Faserorientierungen im Herstellungsprozess, wird in einem nächsten Schritt diese in die Struktursimulation übertragen und mit dem mikromechanischen Materialmodell gekoppelt. Damit können lokal auftretende kritische Dehnungen/Spannungen in Bezug zur jeweiligen Faserorientierung bewertet werden. Die Kopplung des Herstellungsprozesses mit der Anwendung erlaubt es auch, die direkten Auswirkungen

einer veränderten Angussposition oder anderer Prozessparameter auf das Bauteilverhalten zu beobachten. Wenn dies bereits in einem frühen Entwicklungsstadium geschieht, können gezielt Hauptfaserorientierungen mit Hauptbelastungsrichtungen in Übereinstimmung gebracht werden.

Pioniere des Leichtbaus

Zunächst in der Luftfahrtindustrie, später in hochwertigen Sportwagen und Motorsportfahrzeugen wurden kohlefaserverstärkte Kunststoffe (CFK) zu Pioniermaterialien des Leichtbaus. Durch die immer lauter werdenden Forderungen nach verbesserter Treibstoffeffizienz halten diese Materialien nun auch Einzug in normale Pkws. Gesetzliche Vorschriften der EU sowie der US Corporate Average Fuel Economy-Norm (CAFE) lösten einen dringenden Bedarf an leichtgewichtigen Werkstoffen aus. Automobilbauer und Zulieferer reservieren weiterhin einen großen Teil ihrer Forschungs- und Entwicklungsbudgets für die Entwicklung neuer Leichtbauiden in der Fahrzeugmassenproduktion.

Kohlefasern verbessern im Vergleich zu herkömmlichen Glasfasermaterialien

maßgeblich die Steifigkeit. Fibremod-Carbon-Werkstoffe weisen eine Steifigkeit von bis zu 20000 MPa auf, in Verbindung mit einer geringen Dichte (**Bild 5**). Dadurch übertreffen sie leichtgewichtige Metalle wie Aluminium oder Magnesium, wodurch mehr als 60% Gewicht im Vergleich zu Stahl eingespart werden kann. Für Strukturbauteile kann die Geometrie angepasst werden, um für eine geeignete Nutzung der verbesserten Steifigkeit zu sorgen, was Potenzial für Gewichtseinsparungen schafft. Damit werden etwa auch Bauteile für geländegängige Motorräder möglich (**Bild 6**). Das Fibremod-Carbon-Portfolio stellt eine kosteneffektive Alternative zu anderen technischen Polymeren, Hochleistungspolymeren oder auch leichtgewichtigen Metallen dar. Außerdem vermeidet der Werkstoff Kontaktkorrosion und Feuchtigkeitsaufnahme.

Neue Technologien, neue Anwendungen

Trotz vieler neuer Materialien mit geringerer Dichte und Materialsubstitution bleibt der Wunsch nach immer leichteren Bauteilen in der Automobilbranche. Dieser Trend wird zunehmend durch Schäumen gelöst. Für Strukturbauteile im nicht sichtbaren Bereich wird das Schäumen schon seit einigen Modellgenerationen verwendet. Die Materialhersteller, Zulieferer und Automobilbauer haben sich hierzu ein fundiertes Know-how aufgebaut, wodurch mittlerweile komplexe Instrumententafeln aus glasfaserverstärktem Polypropylen geschäumt werden. Dabei wird zwischen physikalischem Schäumen mit superkritischem Gas (CO₂ oder N₂) und chemischem Schäumen mittels Treibmittel unterschieden. Neben der Gewichtseinsparung verringert Schäumen sowohl den Verzug von Bauteilen und Rippenabzeichnungen als auch die Schmelzviskosität, wodurch Maschinen mit geringerer Schließkraft eingesetzt werden können. Außerdem verbessert sich die thermische und akustische Isolierung.

Trotzdem sind noch viele Herausforderungen im Zusammenhang mit geschäumten Bauteilen zu bewältigen. So gibt es keine standardisierten Prüfmethoden, mit denen geschäumte Materialien charakterisiert werden können. Um die geschäumten Bauteile zu optimieren, müssen Material, Werkzeug und Prozess-

Service

Literatur & Digitalversion

- Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/1652344

English Version

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

führung unbedingt gemeinsam betrachtet werden. Die wahrscheinlich größte Herausforderung sind momentan geschäumte Bauteile für Sichtanwendungen mit Class-A-Oberfläche. Die Materialhersteller investieren hierzu hohe Summen für Entwicklung sowie Equipment und gehen eine Vielzahl von Kooperationen entlang der Wertschöpfungskette, auch mit Universitäten, ein. Erste Erfolge konnten schon erreicht werden, und in der nächsten Modellgeneration von Automobilen darf mit dem Serieneinsatz dieser neuen Entwicklungen gerechnet werden (**Bild 7**).

Aber auch im Verpackungsbe- reich gibt es immer wieder neue Entwicklungen, etwa beim In-Mold-La- beling (IML). Für direkt im Werkzeug eingebrachte Etiketten [8] wird in zu- nehmendem Maße dasselbe Material wie für das verarbeitete Produkt eige- setzt. Das Etikett „verschmilzt“ mit dem Behälter und ist so besser zu recyceln. Werden beim PP-Spritzgie- ßen auch für die Etiketten PP-Folien mit 15 bis 40 µm Dicke verwendet, so ist die Wiederverwertung bei einer guten Gesamtoptik problemlos (**Bild 8**). Für eine bessere Sauerstoffbar- riere, um die Haltbarkeit von Produk- ten (Lebensmitteln) zu verlängern, stehen Barriere-Labels aus Ethylenvi- nylalkohol (EVOH) zur Verfügung. Sie vereinen Dekoration und Schutz des Verpackungsguts [9]. Global gesehen ist IML immer noch eine Nischen- anwendung mit ungefähr 2% Anteil am gesamten Etikettierungsmarkt. Nichtsdestotrotz ist es eine sehr dyna- mische Industrie, mit einer weltwei- ten Wachstumsrate von etwa 3%. Den Großteil macht hierbei das Spritzgie- ßen mit 60 bis 70% aus, Extrusions- blasformen mit ~30% und Thermo- formen den Rest [10].

Als wichtigste Zukunftstrends im IML nennen Experten wie der Verar- beiter Verstraete In mould labels, Mal- degem/Belgien, zum einen die dop- pelseitigen und zum anderen die met- allisch erscheinenden IML-Systeme. Während die doppelseitig bedruck- ten Etiketten eine praktische Funktion haben und mehr Platz für zusätzliche (Werbe-/Produkt-) Informationen bie- ten, ist der Metallic-Trend eine Mode- bzw. Designerscheinung, die dem Produkt einen kühlen „Premium look“

vergibt und hauptsächlich in Kosmetik-, Farb-, Aufbewahrungsboxen sowie hoch- wertigen Lebensmittelverpackungen verlangt wird [11].

Aber auch die Substitution innerhalb der Polyolefin-Familie ergibt immer wieder neue Anwendungen, wie etwa bei der Iso- lation von Datenkabeln, wo die Übertra- gungsfrequenz durch die Verdrillungs- dichte bei „twisted pair“-Kabeln erhöht werden sollte. Mit dem bisherigen Werk- stoff PE-HD erschien dies aufgrund der zu geringen Steifigkeit nicht möglich, wes- halb von Borealis ein PP-Typ für diese nur scheinbar triviale Anwendung entwickelt

wurde. Bei der Weiterentwicklung des Werkstoffs PP4878 wurde schnell klar, dass für eine mit PE-HD vergleichbare hohe Verarbeitungsgeschwindigkeit ein Poly- mer mit speziellem Kristallisationsverhal- ten erforderlich sein würde. Im Endeffekt werden damit gegenüber PE-HD Verbes- serungen hinsichtlich Stabilität („crush resistance“), Gewicht und Temperaturbe- ständigigkeit zusammen mit der besseren Datenübertragung bei „twisted pair“-Ka- beln der Kategorie 6A erreicht. ■

*Juliane Braun, Markus Gahleitner,
Michael Jerabek, Martina Sandholzer und
Michael Tranninger, alle Linz/Österreich*