

## Hybridbauteile für neue Anwendungen im Fahrzeugbau

# Two in One

In keiner anderen Branche folgen die Innovationsschübe so dicht aufeinander wie im Automobilbau; das betrifft die Werkstoffe nicht weniger als die Elektronik. Hybridbauteile vereinen die Vorteile verschiedener Werkstoffklassen in sich und können mehrere Funktionen zugleich erfüllen. Sie sind meist kompakter und kleiner als ihre konventionellen Vorgänger aber auch konstruktiv komplexer. Je nach Einsatzgebiet sinken die Rohstoff- und die Herstellkosten des Bauteils und es kann Gewicht eingespart werden.



Hybridbauteile erobern das Auto.



Dipl.-Ing. Hans-Peter Beringer, BASF, Ludwigshafen, Engineering Plastics Europe, Market Development Automotive und Dr. Stefan Glaser, BASF, Ludwigshafen, Engineering Plastics Europe, Application Research

Bei den Kunststoffen kommen vor allem die technischen Kunststoffe zum Einsatz: Polyamid (PA), Polybutylenterephthalat (PBT), Polyoxymethylen (POM) und Polyethersulfon (PES). Sie haben im europäischen Automobilbau den dritten Platz hinter Polyolefinen und Polyurethanen erobert. Beim aktuellen BMW der 3er Reihe beispielsweise machen Polyamid-Teile 22 kg der insgesamt 162 kg eingebauten Kunststoffe aus. Das sind über 3 kg oder 16% mehr als beim Vorgängermodell. Jährliche Steigerungsraten von 8% und mehr sind auch durch die Schubkraft von neuen Verbund-

bauteilen zu erwarten. Gestützt wird diese Entwicklung durch die Anwendungsforschung von Rohstofflieferanten wie der BASF, Ludwigshafen. Jeder der anderen konventionellen Werkstoffe liefert eine Eigenschaft, die über das Potential von Kunststoffen hinausgeht: Glas liefert höchste Transparenz zusammen mit hoher Steifigkeit, Metall bringt Dimensionsstabilität und Gummi sorgt für Elastizität.

Verschiedene bemerkenswerte Konstruktionsverbunde am Kraftfahrzeug befinden sich zur Zeit in der Markteinführungsphase.

### Kunststoff und Glas

Bei den Kfz-Schiebedächern waren es bisher im Wesentlichen Gleitelemente und Abdeckleisten, die aus Kunststoff gefertigt wurden. Nun hat Webasto, France unter Mithilfe der BASF den kompletten Tragrahmen für das Glas-Schiebedach des neuen Citroen Picasso aus Kunststoff entwickelt.

Wichtige Ziele waren geringes Gewicht sowie niedrige Systemkosten. Dies wurde durch den Werkstoff selbst erzielt, der auch langfristig eine hohe Oberflächenqualität gewährleistet. Eine Lackierung wird so eingespart. Ergebnis der Entwicklungsarbeiten ist der 1 800mm lange, 800 mm breite und 3,5 kg leichte Rahmen für das Schiebedach. Er bildet mit dem feststehenden Teil des Glasdachs den tragenden Konstruktionsverbund, während der mobile Teil im Rahmenprofil gleitet.

Zum Evaluieren und Optimieren des Konstruktionsverbunds wurde der Schälplasmatest angewendet, ein Schältest unter feuchtheißen Klimabedingungen. Geprüft wird hier das Kohäsionsverhalten und damit die Fügequalität des Bauteils: der Verbund darf nicht an der Werkstoffgrenze Glas/Kunststoff, sondern nur innerhalb der Kunststoffwandung versagen.

Ein mit 20% Glasfasern verstärkter Blend aus Polybutylenterephthalat (PBT) und Polyethylenterephthalat (PET) – Ultradur B 4040 G4 – erfüllt die hohe Anforderung der 100-prozentigen Kohäsion auch nach 14 Prüfzyklen. Diese Eigenschaft war – gemeinsam mit den Vorteilen in der Oberflächengüte und der Witterungsbeständigkeit – ausschlaggebend für die Werkstoffauswahl. Die hohe Oberflächengüte gewährleistet der PET-Anteil im Blend; die Witterungsbeständigkeit wird durch ein gezielt komponiertes Pigmentsystem erreicht. Weil das Material somit nicht lackiert werden muss, waren beste Voraussetzungen für wirtschaftliche Systemkosten gegeben.

Gefertigt wird der Rahmen für den Citroën Picasso auf einer Spritzgießmaschine mit 15 000 kN Zuhaltkraft. 70 Auswerferstifte schieben ihn parallel gesteuert aus der Gesenkseite des Werkzeuges heraus. Beim Spritzgießprozess selbst sind geringer Verzug und vor allem hohe Maßgenauigkeit gefordert. Nur 0,1% Schwindungsdifferenz würde bei dem Rahmenumfang von 5 200 mm einen Längenunterschied von 5,2 mm bedeuten. Gefordert sind deshalb moderne Spritzgießprozesse und konstante Produktqualität, die durch PBT gewährleistet werden.

## Kunststoff und Gummi

Eine weitere Herausforderung für die Entwickler von Hybridbauteilen ist der Verbund zwischen Kunststoff und Gummi, der vor allem unter der Motorhaube Anwendungen findet. Motorlager bestehen im Regelfall aus dem tragenden Gehäuse und dem Dämpfungselement, das nur mechanisch oder hydromechanisch konzipiert sein kann. Aufgrund der sehr

hohen Belastungen waren diese Gehäuse bisher eine Domäne des Werkstoffs Metall. Die zwei Motorlager eines Pkw müssen nicht nur die rund 200 kg Gewicht des Motors tragen, sondern bei Schlechtwegstrecken oder im Crashfall auch stoßartigen Massenkräften bis zu 50 kN standhalten. Hinzu kommen

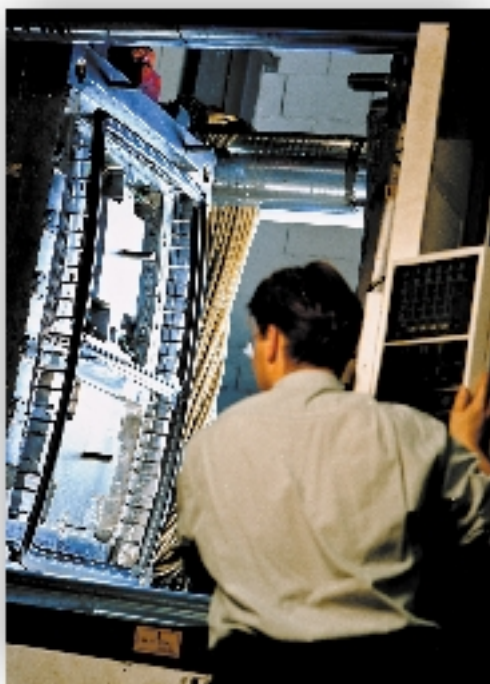
die kritischen Betriebsbedingungen im Motorraum, wie Temperaturen von –40 bis +140 °C sowie chemisch aggressive Umgebungen in Form von Betriebs- oder Reinigungsmitteln und Salzwasser. Entsprechend hoch sind die Anforderungen, die an die Verbundfestigkeit eines Hybridbauteils gestellt wer-

den. Die ersten erfolgreichen Beispiele für den Einsatz eines technischen Kunststoffes bei Motorstützlagern und Fahrwerklagern legte Firma Bridgestone aus Japan vor. Wie dort nach intensiver Entwicklungsarbeit gezeigt werden konnte, zeichnet sich ein mit 50% Glasfasern verstärktes Polyamid 66 (Ultramid

A3WG10) – verglichen mit zahlreichen anderen Kunststoffen – durch höchste Verbundfestigkeit zu Gummi aus .

Erstmals wurden solche Lager 1995 bei Toyota eingesetzt. Nach der Praxisbewährung kamen seit 2000 weitere serienmäßige Anwendungen hinzu, unter anderem bei Subaru, Nissan und Suzuki. In all diesen Fällen wurden durch die neuen Konstruktionsverbunde signifikante Gewichtsreduzierungen erzielt. Das zentrale Ziel für die Projektentwicklung mit Kunststoffen jedoch war eine Verfahrenstechnik, die mit weniger Prozessschritten auskommt. Statt bisher sieben Schritten – darunter zwei Vulkanisationen – sind für den neuen Konstruktionsverbund nur noch vier erforderlich. Das Dämpfungselement aus Gummi, auf dessen Oberfläche ein Haftvermittler aufgebracht ist, wird mit Ultramid umspritzt. Die Kräfteübertragung bei diesem Konstruktionsverbund erfolgt in der Grenzfläche zwischen Gummi und Polyamid (PA). Mit PA wird eine Verbundfestigkeit bis zum 100-Prozent-Wert der Gummi-festigkeit erzielt. Das bedeutet: das geforderte Kohäsionsverhalten ist gewährleistet, der Verbund ist betriebs-tauglich. Bei Überbeanspruchung würde der Verbund lediglich im mechanisch schwächeren Werkstoff – dem Gummi – versagen.

Der Erfolg bei den Motorlagern führte zur sukzessiven Ausweitung der Technologie auf Stangen und Hebel im Fahrwerksbereich, bei denen vergleichbar starke Kräfte wirken und hohe Anforderungen an das Dämpfungsverhalten bestehen. Hierfür wird ebenfalls Ultramid A3WG10 verarbeitet. Ein Fahrwerk-lager aus Gummi und Polyamid



*Schon geringster Verzug bei der Herstellung des Glasdachrahmens beeinträchtigt den Verbund.*

wiegt zwischen 25 und 40% weniger als die konventionelle Ausführung aus Metall. Nachdem auch hier die Erprobungsphase und die Markteinführung auf dem japanischen Markt abgeschlossen sind, stellen Bridgestone und BASF diese Technologie außerhalb Asiens vor.

### Kunststoff und Metall

Der größte Teil des Luftansaugtraktes wird bereits seit längerem nicht mehr aus Metall sondern aus thermoplastischen Werkstoffen, vorzugsweise Polyamid, gefertigt. Die Drosselklappe war über lange Zeit das einzige Modul

im Ansaugtrakt des Motors, in das die technischen Kunststoffe noch nicht Einzug gehalten hatten. Doch auch dieses letzte Glied in der Kette lässt sich nun aus einem Kunststoff herstellen. Der französische Automobilzulieferer MGI Coutier konnte für den neuen Renault Laguna die Gehäuse mechanisch und elektrisch gesteuerter Drosselklappen aus Ultramid A3WG6 fertigen, einem glasfaserverstärktem Polyamid 66 der BASF. Auch in diesem Fall sind die Vorteile des Kunststoffs am Gesamtbauteil die Gewichtsreduzierung, Kosteneinsparung und die höhere Gestaltungsfreiheit im Vergleich zur Variante aus Aluminium.

Durch das geringere Gewicht verringern sich die Massenkräfte und das Vibrationsverhalten wird verbessert. Gegenüber der Aluminiumausführung werden bis zu 50% Gewicht eingespart. Da ehemals separate Bauteile in das Gehäuseteil integriert werden, reduzieren sich Montageaufwand und Herstellkosten. Und schließlich kann der Designer aus Kunststoff komplexere Konturen entwickeln als aus Metall. Bei der Drosselklappe führt das zu einem erheblich flexibleren Regelverhalten. Der Verbund zwischen Metall und Kunststoff wird dabei durch Umspritzen hergestellt. Besonders anspruchsvoll sind bei diesem Bauteil die Anforderungen an die Spaltmaße zwischen der Drosselklappe und dem Gehäuse aus Kunststoff, denn die Leckluft-rate muss über einen weiten Temperaturbereich

*In Japan haben sich die Motorlager aus PA und Gummi bereits bewährt.*



konstant niedrig sein. Daher bestand eine Schwierigkeit darin, die unterschiedlichen Schwindungseigenschaften der beiden Werkstoffe richtig einzuschätzen und die Bauteile danach zu gestalten.

### Simulationsprogramm gegen Verzug

Die unterschiedlichen Schwindungseigenschaften der verschiedenen Materialien im Konstruktionsverbund können während des Herstellungsprozesses einen Verzug verursachen. Um solche Deformationen zu vermeiden, ist es möglich, in die Form des Bauteils, aber auch in das Herstellverfahren einzugreifen. Bisher geschah die Verzugsoptimierung der Bauteile mit Hilfe von Simulationen an den einzelnen Komponenten des Produktes. Die BASF hat ein spezielles Simulationsverfahren entwickelt, mit dem ein Hybridbauteil als Ganzes auf Verzug analysiert werden kann. Diese Methode erlaubt es, zwischen verschiedenen Verbindungstechniken wie Verschrauben, Vernieten, Umspritzen oder Hinterspritzen zu unterscheiden. Auch die spezifischen Materialeigenschaften und ihre Abhängig-



*Fahrwerkklager sind ein weiteres Einsatzfeld für PA-Gummi-Konstruktionsverbunde. (Bilder: BASF)*

keit vom Verarbeitungsprozess werden in die Simulation miteinbezogen. Ausgangspunkt für das Rechenverfahren ist die mittels CAD erstellte Bauteilgeometrie. Durch die Berücksichtigung der spezifischen mechanischen Eigenschaften und der Schwindung des Kunststoffes während der Fertigung kann der auftretende Verzug qualitativ sehr gut vorhergesagt werden. Dabei können sogar herstellungsbedingte und ther-

misch bedingte Ursachen voneinander unterschieden werden. So müssen viele Werkzeug-Prototypen gar nicht erst entwickelt werden und es können in kürzester Zeit viele Designvarianten für das Hybridbauteil untersucht und bewertet werden. Bei den Werkstoff-Kombinationen Kunststoff-Aluminium und Kunststoff-Stahl wurde das Verfahren bereits erfolgreich eingesetzt.