

Kunststoffe und Kunststoff-technologien für das Automobil der Zukunft

Der Einsatz polymerer Werkstoffe steigt kontinuierlich weiter an und trägt so zum Leichtbau und damit zur CO₂-Emissionsreduzierung bei. Neben den klassischen Anwendungen im Fahrzeuginnenraum sowie im Exterieur erschließen sich zunehmend auch Einsatzgebiete in Bereichen, die lange eine Domäne metallischer Werkstoffe waren. Zahlreiche Beispiele bei BMW belegen diesen Trend.

1 Einleitung

Der Automobilbau der Zukunft ist mehr denn je geprägt von einer Vielzahl sich häufig widersprechender technischer und wirtschaftlicher Anforderungen. Hoher Nutzen für den Kunden, vor allem Sicherheit, Zuverlässigkeit, Wertigkeit, Fahrdynamik und Wirtschaftlichkeit, aber auch die Erfüllung von Gesetzen und Auflagen (Altfahrzeugverordnung, Emissions- und Verbrauchsbegrenzung) erfordern die gezielte Weiterentwicklung und den Einsatz von modernen Werkstoffen und Verarbeitungstechnologien [1]. Standardmaterialien mit neuen Eigenschaften, aber auch Verbundwerkstoffe, Verbundbauweisen und hybride Bauweisen erschließen neuartige Möglichkeiten für das Kraftfahrzeug von morgen. Dieser Beitrag beschreibt auf Basis moderner Kunststofftechnologien das komplexe Anforderungsspektrum im heutigen Automobilbau anhand technischer und wirtschaftlicher Bauteilkonzepte für die Bereiche Exterieur, Interieur und Aggregate. **Bild 1** zeigt am Beispiel der aktuellen BMW-3er-Reihe den heutigen Werkstoffeinsatz in der Großserie. Thermoplastische und duroplastische Kunststoffe sowie Elastomere finden sich dort mit einem Gewichtsanteil von zirka 21 % wieder.

Bild 2 zeigt bei diesem Fahrzeugmodell die Verteilung der Polymerwerkstoffe, Kunststoffe und Elastomere auf die Bereiche Exterieur, Interieur und Aggregate.

2 Exterieur

In erster Näherung findet man im Pkw-Bau in der Großserie heute zirka 50 % der Polymerwerkstoffe im Anwendungsbereich Exterieur. Dabei müssen die Kunststoffbauteile ein breites Spektrum unterschiedlicher technischer Anforderungen erfüllen. Besonders im Vordergrund stehen bestmögliche Oberflächenqualität (insbesondere im Übergang zu den angrenzenden Stahlteilen), Langzeitformbeständigkeit, thermische Stabilität über ein breites Temperaturspektrum, Beständigkeit gegenüber UV-Licht und Medien, wie zum Beispiel Reinigungsmittel und Fette, hohe mechanische Eigenschaften (E-Modul, Festigkeit und Dehnung), gute Crasheignung und Fußgängerschutzanforderungen sowie hohe Freiheiten in der Formgebung und Designgestaltung.

Typische Kunststoffanwendungen für das Fahrzeug-Exterieur sind Stoßfänger- und Schwellerverkleidungen aus thermoplastischen Kunststoffen (häufig PP/EPDM mit Talkum verstärkt), Leuchten im Front- und Heckbereich (häufig reali-

Der Autor



Prof. Dr. rer. nat. Rudolf C. Stauber ist Hauptabteilungsleiter „Betriebsfestigkeit und Werkstoffe“ im Entwicklungsressort der BMW Group und Vorsitzender der VDI-Gesellschaft Kunststofftechnik.

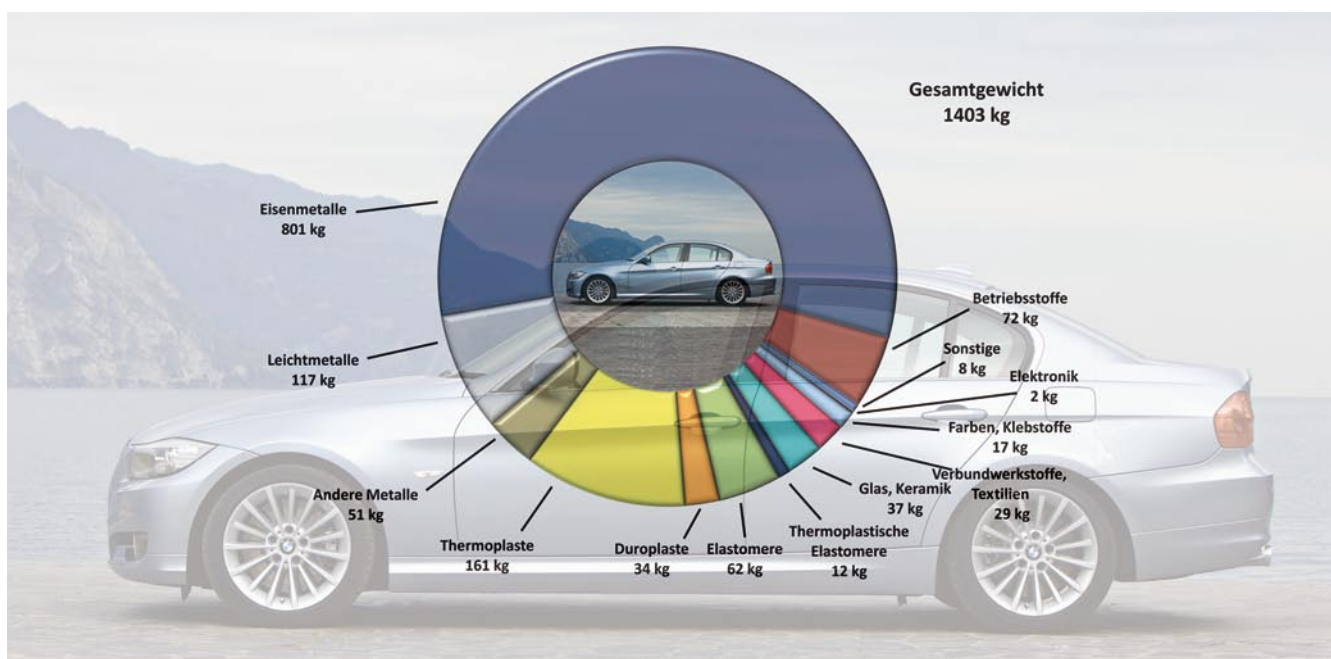


Bild 1: Werkstoffeinsatz in der BMW-3er-Reihe

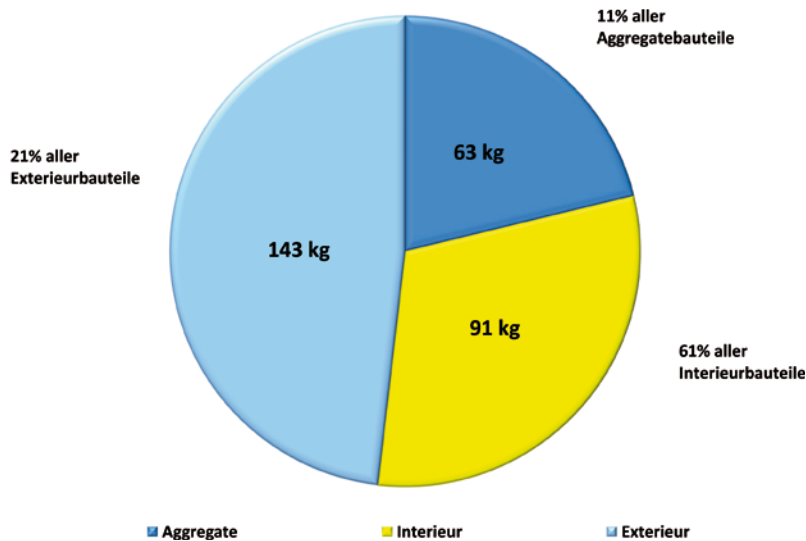


Bild 2: Verteilung von Kunststoffen und Elastomeren in der BMW-3er-Reihe auf die Bereiche Exterieur, Interieur und Aggregate

siert aus thermoplastischen Kunststoffen, zum Beispiel PMMA, PC und PP), Kraftstofftanks, bevorzugt dargestellt aus Polyolefinen mit integrierten Barrierschichten, Unterbodenverkleidungen aus PP, Antidröhnbeläge aus Polyurethan und Ethylen/Vinylacetat-Copolymeren (EVA), diverse Kleinteile wie Frontgrills, Spiegelgehäuse, Embleme und Zierteile aus thermoplastischen und duroplastischen Kunststoffen.

Besonders im Vordergrund von neueren Entwicklungen stehen derzeit Karosserieanbauteile aus thermoplastischen Kunststoffen.

Bild 3 zeigt die Thermoplast-Seitenwand des BMW 3er Coupé/Cabrio aus einem hochwärmebeständigen Polymerblend (Polyamid 66 und Acrylnitril/Polybutadien/Styrol mit Mineralverstärkung). Dieses Bauteil wird bereits im Rohbau an der metallischen Fahrzeugstruktur befestigt und im Online-Lackierprozess völlig identisch zu metallischen Anbauteilen behandelt. Bei der Gestaltung derartiger Bauteile tragen spezielle Befestigungssysteme der Längenausdehnung des thermoplastischen Kunststoffes über den Temperatureinsatzbereich von -30 °C bis $+90\text{ °C}$ Rechnung [2].

Aktuell in der Diskussion und auch im Automobilbau schon vereinzelt dargestellt sind transparente Verschiebungen aus thermoplastischem Kunststoff, insbesondere aus Polycarbonat [3]. Ziel derartiger Konstruktionsprinzipien ist es,

Bauteilgewicht gegenüber Glas einzusparen und verschiedene technische Funktionen in einem Bauteil darzustellen [4]. Neben gesetzlichen Rahmenbedingungen, die heute noch nicht für alle Scheiben in Kraftfahrzeugen den Ersatz von Glas durch Kunststoff zulassen, sind bei der Verwendung von Polycarbonat insbesondere das im Vergleich zu Glas unterschiedliche Längenausdehnungsverhalten sowie andersartige akustische Eigenschaften besonders zu berücksichtigen. Darüber hinaus wird zurzeit an der Verbesserung der Kratzfestigkeit und der

Langzeitbeständigkeit von Kunststoff-Verschiebungen gearbeitet.

Bauteile aus duroplastischem Kunststoff sind bereits seit vielen Jahren im Automobilbau bekannt. Im Vordergrund stehen im RRIM-Verfahren (Reinforced Reaction Injection Moulding) gefertigte Duroplaste und SMC-Anwendungen (Sheet Moulding Compound) [5]. Insbesondere diese Werkstoffe haben das Potenzial, komplexe Geometrien bei gleichzeitig hoher thermischer Beständigkeit darzustellen. Besonders im Fokus stehen zurzeit Anwendungen im Bereich der Karosserie-Außenhaut. **Bild 4** zeigt die SMC-Heckklappe der BMW-6er-Reihe. Derartige Bauteile werden aus Ober- und Unterschale gefertigt, die klebtechnisch gefügt werden. Dieses Konstruktionsprinzip ermöglicht bestmögliche Formstabilität auch bei hohen Temperaturen (Online-Lackierprozess) und eignet sich besonders für die Herstellung von Bauteilen mit Class-A-Oberflächen. Das für EMV-Strahlung durchlässige Werkstoffsystem ermöglicht es, die Antennensysteme zwischen den beiden Schalen zu integrieren.

Darüber hinaus erlaubt das SMC-Pressverfahren die Integration eines Spoilers in die Außenhautkontur ohne Befestigung eines zusätzlichen Bauteils.

Auch im Unterboden von Kraftfahrzeugen finden Kunststoffe zunehmend Verwendung. Im aktuellen BMW 3er Coupé besteht diese aus einem mehrschichtigen Sandwichaufbau aus glasfaserverstärktem



Bild 3: Vordere Seitenwand aus Thermoplast beim BMW 3er Coupé/Cabriolet



Bild 4: Heckklappe aus SMC in der BMW-6er-Reihe



Bild 5: CFK-Dach des BMW M3

Polypropylen. Durch diese Bauweise können die aerodynamischen und akustischen Eigenschaften von Kraftfahrzeugen bei gleichzeitig hohem Gewichtseinsparpotenzial nachhaltig verbessert werden.

Bei künftigen Anwendungen im Exterieurbereich werden zunehmend CFK-Werkstoffe berücksichtigt. **Bild 5** zeigt das CFK-Dach des aktuellen BMW M3. Durch diese Bauweise lassen sich im Vergleich zu einer Geometrie aus Stahl zirka 5 kg Gewicht einsparen. Besonders vorteilhaft für die Fahrdynamik ist darüber hinaus die deutliche Absenkung des Fahrzeugschwerpunktes [6].

Erst im Vorentwicklungsstadium beziehungsweise nur für Kleinserien realisiert, ist die Anwendung der CFK-Techno-

logie für Karosseriestrukturen. Noch zu bearbeitende Entwicklungsschwerpunkte sind hier die Bereiche Schadenserken- nung, Crashverhalten, Reparaturkonzept und stoffliche Wiederverwertung [7].

3 Interieur

Das Interieur von Kraftfahrzeugen bietet traditionell ein breites Spektrum für Kunststoffanwendungen. Kunststoffe im Interieur unterstützen nachhaltig innovative, designtechnische Bauteillösungen mit optisch und haptisch optimierten Oberflächentechnologien sowie vielfältiger mechatronischer und sicherheitstechnischer Einrichtungen am Fahrerarbeitsplatz.

Typische Kunststoffanwendungen für das Fahrzeuginterieur sind Cockpits mit integrierten Zierleisten, Türverkleidungen, Sitze, Himmel mit Schallisierung und Mittelkonsolen mit Ablagen.

Die heute im Interieurbereich verbauten Kunststoffumfänge müssen ebenfalls ein breites Spektrum unterschiedlicher technischer Anforderungen erfüllen. Besonders zu berücksichtigen sind dabei die Alterungsbeständigkeit sowie die Berühr- und Druckhaptik. Aktuelle Entwicklungen fokussieren insbesondere auf die Designfreiheit, Darstellung von Mehrfarbigkeit sowie optische Gestaltung von Oberflächen.

Bild 6 zeigt die Instrumententafel der aktuellen BMW-6er-Reihe. Eine exakte Narbgestaltung wird durch das verwendete



Bild 6: Instrumententafel der BMW-6er-Reihe



Bild 7: Türverkleidung Mini

te aliphatische Polyurethan bestmöglich in der Oberflächenschicht im In-Mold-Coating (IMC)-Verfahren erzeugt. In der nachfolgenden PUR-Sprühtechnologie wird eine optimale Druckhaptik in der zweiten Schicht auf Basis eines aromatischen Polyurethans erzielt. **Bild 7** zeigt die Blende der Türverkleidung des Mini. Die Oberfläche dieses Bauteils wird mit einer tiefgezogenen PC/ABS-Folie realisiert, wodurch eine besonders große Variantenvielfalt an Farben möglich ist. Im zweiten Prozessschritt wird die Folie mit Thermo-

plast als Trägerwerkstoff hinterspritzt. Darüber hinaus unterstützen Kunststoffe im Interieur zahlreiche neue mechatronische Systeme in Kraftfahrzeugen. Ein Beispiel ist die crashaktive Kopfstütze der BMW 7er Baureihe. Dabei garantieren thermoplastische Kunststoffe in Verbindung mit einer elektronischen Steuereinheit eine bestmögliche passive Sicherheit für den Kopf- und Nackenbereich.

Zukünftige kunststofftechnische Lösungen im Interieurbereich fokussieren schwerpunktmäßig auf den Entfall von



Bild 8: Kunststoffsauganlage des BMW-Sechszylinder-Dieselmotors

Lackierungen bei thermoplastischen Bauteilen. Hierbei werden die Erhöhung der Kratz-, Medien- und UV-Beständigkeit der Werkstoffe sowie der Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen eine große Rolle spielen.

4 Aggregate

Neben den beschriebenen Anwendungen im Exterieur und Interieur unterstützen Kunststoffe vielfältige technische Lösungen für motornahе Bauteile und Anwendungen unter der Motorhaube. In diesen Anwendungsbereichen haben Kunststoffe ein ausgesprochen hohes Potenzial zur Kostenreduzierung und Bauteilgestaltung sowie für den Leichtbau [8].

Typische Aggregate heutiger Kunststoffanwendungen umfassen die Bereiche Sauganlagen, Motorabdeckungen, Flüssigkeitsbehälter, Gehäuse für elektronische Anwendungen und Kleinteile, wie Lüfterräder und Riemenscheiben. Besonders im Vordergrund für derartige Kunststoffanwendungen stehen technische Bauteilanforderungen hinsichtlich Temperaturbeständigkeit, Medienbeständigkeit und Standfestigkeit gegenüber thermomechanischen Belastungen. Neuere Kunststoffentwicklungen umfassen darüber hinaus die Integration von mechanischen und elektrischen Eigenschaften wie zum Beispiel elektrische Abschirmung und Integration von Mikrosteuersystemen.

Bild 8 zeigt die Kunststoffsauganlage des BMW Sechszylinder-Dieselmotors (wärmestabilisiertes Polyamid 6 mit 30 % Glasfaserverstärkung). Derartige Bauteile werden heute in der Regel im Spritzgussverfahren in zwei Halbschalen hergestellt und reibschweißtechnisch miteinander verbunden. Grundsätzlich lassen sich derartige Bauteile auch aus Aluminiumwerkstoffen herstellen. Die hier beschriebene Bauteilgestaltung aus thermoplastischen Kunststoffen bietet Gewichts- und Kosteneinsparpotenziale von bis zu 50 %.

Weitere Aggregatlösungen unter der Motorhaube sind Reinluftrohre mit integriertem Drallerzeuger, **Bild 9**, und Ölfiltermodule, **Bild 10**. Auch hier bieten polyamidbasierte Werkstoffsysteme ein breites Gestaltungspotenzial auch für komplexe Bauteilgeometrien [9]. Aktuelle Weiterentwicklungen für Kunststoffe in Aggregateanwendungen umfassen die Beständigkeit



Bild 9: Reinluftrohr Turbolader



Bild 10: Ölfiltermodul

gegenüber alternativen Kraftstoffen wie Biodiesel und „Biomass-to-Liquid-Kraftstoffe“ (BtL-Kraftstoffe), eine verbesserte Beständigkeit gegenüber einem breiten Temperaturspektrum sowie verbesserte Barriereigenschaften. Darüber hinaus können zukünftige Aggregatetechnologien bezüglich Wärmemanagement weiter optimiert werden, Motorisierungen aus Kunststoff können weitere Anwendungen eröffnen.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Technische Kunststoffe und Elastomere sind heute bewährte Konstruktionswerkstoffe für automobiltechnische Anwendungen im Exterieur, Interieur und für aggregateseitige Anwendungen.

Nahezu in allen Anwendungsgebieten resultieren ausgeprägte Kosten- und Gewichtseinsparpotenziale gegenüber metallischen Werkstoffen bei gleichzeitig hoher innovativer Funktionalität [10].

Über heutige Anwendungen hinaus haben Kunststoffe und Kunststoffverbunde grundsätzlich das Potenzial, zukünftig auch für Strukturanwendungen in Kraftfahrzeugen zur Anwendung zu kommen. Für derartige Anwendungen reichen häufig die mechanischen Eigenschaften herkömmlicher Kunststoffe alleine nicht aus. Weiterzuentwickeln sind deshalb Faserverbundwerkstoffsysteme (zum Beispiel CFK-Werkstoffe), die zukünftig eine weitere Dimension im Automobilleichtbau eröffnen können. Schwerpunkte bei derartigen Entwicklungen sind aus heutiger Sicht die

Darstellung von kostengünstigen Fasertechnologien, schnell ausreagierenden Harz-Matrixsystemen für hohe Stückzahlen sowie Schadenserkennung und Reparaturtechnologien für einen praxisgerechten, kundenspezifischen Fahrzeugeinsatz.

Rohstoffseitig sind darüber hinaus die heute verfügbaren thermoplastischen und duroplastischen Werkstoffe weiterzuentwickeln hinsichtlich einer Reduzierung der Längenausdehnung bei höheren Temperaturen, der Wärmeformbeständigkeit, der Emissionsarmut sowie häufig einer verbesserten Langzeit- und Alterungsbeständigkeit.

Nanomaterialien in Verbindung mit heutigen am Markt verfügbaren Kunststoffen haben das Potenzial, gezielt die erforderlichen Eigenschaftsverbesserungen zu unterstützen [11].

Polymere Werkstoffe und die dazu gehörigen Herstellverfahren bestimmen heute ganz wesentlich die wirtschaftliche Bauteilherstellung im Automobilbau. Im Vergleich zu metallischen Werkstoffen haben Kunststoffe grundsätzlich das Potenzial, unterschiedliche und vielfältige Funktionen in einem Bauteil zu integrieren. Wesentliches Ziel für die künftige Bauteilherstellung sind wirtschaftliche Fertigungsprozesse, die zum Beispiel durch Systemintegration und Reduzierung von Einzelschritten in automatisierten Prozessschritten ermöglicht werden können.

Zunehmend wichtig bei der Konzeption von Kunststoffbauteilen ist es also, neben der Auswahl der besttechnisch geeigneten Werkstoffe bereits in der Kons-

truktionsphase wirtschaftliche Herstellungsprozesse und einen damit verbundenen möglichst geringen Energieaufwand darzustellen.

Literaturhinweise

- [1] Braess, H.-H.; Seiffert, U.: Vieweg Handbuch Kraftfahrzeugtechnik. ATZ/MTZ – Fachbuch (4. Auflage), Wiesbaden; Vieweg-Verlag, 2005
- [2] Korzonnek, J.; Killermann, R.: Neue Werkstoffgeneration für Seitenwand 3er Coupé und Cabrio. VDI-Tagungsband B4284, Kunststoffe im Automobilbau, 2007
- [3] Lehner, E. A.; Aengenheyster, G.: Automobil-Verscheibung aus Polycarbonat – Anforderungen der Automobilindustrie und Lösungen. VDI-Tagungsband B4270, Kunststoffe im Automobilbau, 2005
- [4] Stauber, R; Vollrath, L: Plastics in Automotive Engineering, Exterior Applications; München, Carl Hanser Verlag, 2007; ISBN 978-1-56990-406-0
- [5] Grün, R.; Schönberger, J.; Kettner, G.; Zeller, R.; Schreyer, O.; Korzonnek, J.: Die Kunst des Karosseriebaus – intelligent und innovativ. ATZ/MTZ Sonderausgabe „Der neue BMW 6er“, 2004 S. 12-15
- [6] Derks, M; Birzle, F; Pfitzer, G: CFK-Technologie bei der BMW Group – Heute/Zukunft. VDI-Tagungsband B4284, Kunststoffe im Automobilbau, 2007
- [7] Stauber, R: Verbundwerkstoffe im Automobilbau – Anforderungen und Trends. 2. Aachen-Dresden International Textile Conference, Dezember 2008
- [8] Jeschonnek, P: Die neue Generation der BMW Dieselmotoren – hohe Systemintegration durch Kunststoffe VDI-Tagungsband B 4160, Kunststoffe im Automobilbau, 1999
- [9] Fleischer, G; Wimmer, R: Kunststoffe im Motorraum – Reinluftrohr in 2K-Spritzgießtechnik. VDI-Tagungsband B4290, Kunststoffe im Automobilbau 2008
- [10] Stauber, R: Moderne Werkstoffe im Automobilbau. ATZ / MTZ-Sonderausgabe Werkstoffe im Automobilbau. Heft 58922, S. 8-14, 2005
- [11] Stauber, R: Kunststoffe im Automobilbau – Technische Lösungen und Trends ATZ 03/2007, S. 2-7; Vieweg Verlag