

Mobilität der Zukunft

Fasern und textile Strukturen ermöglichen vollkommen neue Konzepte

Die Gesellschaft unterliegt seit jeher einem stetigen Wandel, der sich vor allem in den letzten Jahrzehnten stark beschleunigt hat. Einige der zentralen Herausforderungen der letzten Jahrzehnte sind z.B. eine stark zunehmende Umweltbelastung durch Industrie und private Haushalte, die Sicherung der grundlegenden Ernährung sowie der medizinischen Versorgung einer zunehmenden Weltbevölkerung sowie die Reduzierung natürlicher Ressourcen. Über diese grundlegenden Themen der Grundsicherung hinaus rücken einzelne Themen verstärkt in den Fokus der Betrachtung, wenn es um moderne Gesellschaftsentwicklungen geht. Eines dieser zentralen Elemente ist dabei die individuelle Mobilität. Diese hat vielfältigste Auswirkungen z.B. auf die angesprochenen Umweltbelastungen oder den Verbrauch natürlicher Ressourcen. Sie beeinflusst darüber hinaus die stark zunehmenden internationalen Handelsverflechtungen oder berührt weitere Handlungsfelder, wie eine starke Zunahme der Urbanisierung. Gab es z.B. 1970 noch 3 Städte mit mehr als 10 Mill. Einwohnern, so waren dies 2014 bereits 28. Nach Schätzungen des „World Urbanization Prospects“ wird deren Anzahl im

Jahr 2030 auf 41 steigen. Noch deutlicher zeigt sich dieser Trend, wenn man die Städte mit mehr als einer Mill. Einwohner betrachtet. Deren Anzahl lag 1970 noch bei

„ Leichtbau ist eine mögliche Antwort auf Ressourcenschonung. “

144 weltweit. Im Jahr 2030 voraussichtlich bei 662. Die 3 größten Städte weltweit – Tokyo (Japan), Delhi (Indien) und Shanghai (China) hatten 2016 zusammen bereits mehr als 89 Mill. Einwohner. Die 10 größten Städte zusammen über 230 Mill. [Quelle: United Nations – The World’s Cities 2016].

Wie äußert sich die Änderung der persönlichen Mobilität bzw. wo genau liegen die Herausforderungen? Zunächst sei hier die Luftfahrt als Beispiel genannt. Die Transportzahlen in diesem Segment haben in den letzten Jahren massiv zugenommen. Betrachtet man z.B. die Anzahl der transportierten Fluggäste weltweit über die letzten 40 Jahre, so lässt sich eine rasante Zunahme feststellen. Abb. 1 zeigt die Anzahl der jährlich transportierten Personen der letzten 40 Jahre. Wurden 1976 noch etwa 471 Mill. Passagiere jährlich transportiert, so hat sich dieser Wert 2016 mit etwa 3,7 Mrd. Flugreisenden mehr als versiebenfacht. Der Konzern Boeing geht in diesem Zusammenhang z.B. von einem Bedarf nach neuen Flugzeugen in den Jahren 2016–2035 von über 39.620 neuen Einheiten aus [http://www.boeing.com/resources/boeing-dotcom/commercial/about-our-market/assets/downloads/cmo_print_2016_final_updated.pdf].

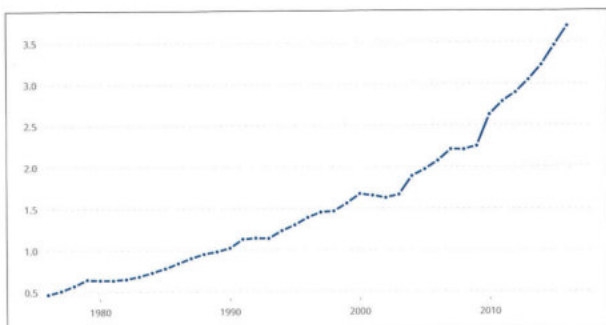


Abb. 1 Transportierte Fluggäste [Mrd.]

[The World Bank – Download 01.11.2017

<https://data.worldbank.org/indicator/IS.AIR.PSGR>

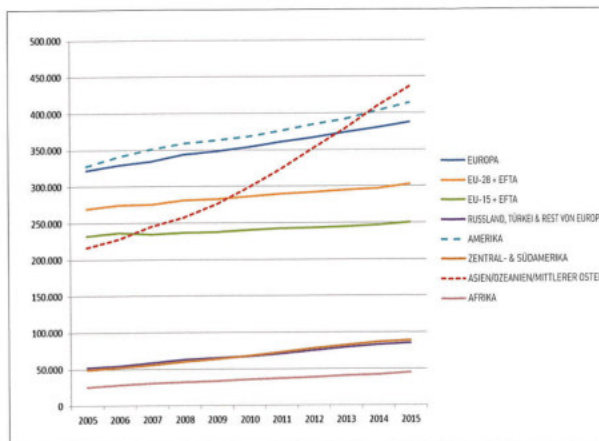


Abb. 2 Anzahl benutzter Fahrzeuge weltweit [1.000]

[International Organization of Motor Vehicle Manufacturers – Download 01.11.2017

<http://www.oica.net/category/vehicles-in-use/>

Es lässt sich also vermuten, dass dieser Trend zunächst anhalten wird.

Ein ähnliches Bild zeigt sich auch im Bereich der automobilen Mobilität. Abb. 2 zeigt für die Jahre 2005-2015 in ausgewählten Weltregionen die Anzahl der Fahrzeuge, die sich in Benutzung befinden. Erstaunlich ist hier vor allem die Zunahme im Bereich Asien/Ozeanien/Mittlerer Osten. Hier ist die Anzahl der Fahrzeuge von ca. 216 Mill.

?? Beim Leichtbau kommen in den letzten Jahren zunehmend Hybridmaterialien zum Einsatz. ??

Fahrzeugen auf über 436 Mill. Fahrzeuge in nur 10 Jahren gestiegen. Vor allem in China ist diesbezüglich eine massive Zunahme festzustellen. Befanden sich 2005 noch etwa 31 Mill. Fahrzeuge in Benutzung, so stieg dieser Wert innerhalb von 10 Jahren auf fast 163 Mill. Einheiten an. Dies entspricht einer Zunahme von über 500 %.

Ein weiterer Indikator deutet auch hier auf einen langfristig anhaltenden Trend zur Zunahme im Bereich der automobilen Nutzung, die Mobilitätsquote. Diese beschreibt die Anzahl der Fahrzeuge in einem jeweiligen Land pro 1000 Einwohner. Abb. 3 verdeutlicht beispielhaft die massiven Unterschiede für ausgewählte Länder. Lag im Jahr 2015 die Mobilitätsquote weltweit (alle Länder) bei 182 Fahrzeugen pro 1.000 Einwohner, so waren dies in den USA z.B. 821 Einheiten. In China hingegen waren es 118 Einheiten. Kombiniert man diese Information mit den vorangestellten Zahlen, der deutlichen Zunahme des Fahrzeugbestands, so wird deutlich, dass mit einem weiteren deutlichen Anstieg zu rechnen ist. Welche Handlungsnotwendigkeiten ergeben sich auf Grundlage dieser kurzen Beispiele?

- Ressourceneinsparung: Vor dem Hintergrund der deutlichen Zunahme der Mobilität Flugzeug/Automobil gilt es, Mobilität möglichst effizient zu gestalten, um mit den vorhandenen natürlichen Ressourcen möglichst sparend umzugehen. Nur hierdurch kann eine möglichst langfristige Nutzung sichergestellt werden.
- Entwicklung neuer Antriebssysteme: Vor dem Hintergrund der momentanen Nutzung sind die vorhandenen natürlichen Ressourcen endlich. Der Druck auf Rohstoffe wird in den kommenden Jahren massiv zunehmen. Es gilt, neue Antriebs- und Mobilitätskonzepte zu entwickeln.
- Ermöglichung innovativer Mobilitätskonzepte: Es kommt – vor allem in Asien – zu einer starken Zunahme

von Personen, die sich individuelle Mobilität wünschen. Diesbezüglich gilt es – auch vor dem Hintergrund der starken Zunahme urbaner Strukturen und einem damit einhergehenden starken Anstieg der Bevölkerungsdichte – effiziente und effektive Möglichkeiten zur Fortbewegung zu finden.

Speziell faserbasierte Strukturen verfügen, z.B. gegenüber metallischen Strukturen, über das Potenzial, in allen Handlungsfeldern einen deutlichen Mehrwert zu erzielen.

Ressourceneinsparung, neue Antriebssysteme und innovative Mobilitätskonzepte können zwar als getrennte Handlungsstränge betrachtet werden, dennoch zielen sie auf denselben Kern: Möglichst effektive und effiziente Mobilität. Es gilt den „Verbrauch“ zu optimieren. Hierzu gibt es 2 mögliche Herangehensweisen: Entweder mit einem bestimmten, gegebenen Verbrauch eine möglichst weite Distanz oder eine gegebene Distanz mit möglichst wenig Kraftstoff zurückzulegen.

Übertragen auf einen Pkw kann dies bedeuten, mit einem Verbrauch von z.B. 8 l Kraftstoff möglichst viele Kilometer zu schaffen, oder andersherum 500 Kilometer mit möglichst wenig Kraftstoff zu fahren. Bei einem Flugzeug verhält es sich dem Grundgedanken nach genauso. Unabhängig davon, welche Strategie verfolgt wird, geht es zunächst im Kern darum, Masse zu bewegen (das Gewicht des Fahrzeugs + Zuladung + Insassen usw.). Hierfür wird Energie – heutzutage oftmals in Form fossiler Energieträger – benötigt. Reduziert sich das zu bewegende Gewicht, so kann Energie eingespart werden – der Verbrauch sinkt. Experten gehen davon aus, dass die Verringerung des Gewichts eines Flugzeugs um 1 kg über 20 Betriebsjahre gerechnet zu einer Verringerung des Kerosinverbrauchs über den gesamten Zeitraum von 3 t führt. Im Automobilbereich ist dies nicht ganz so extrem. Hier wird davon ausgegangen, dass eine Reduzierung des Gewichts von 100 kg über eine Laufleistung von 300.000 km zu einer Reduzierung des Verbrauchs

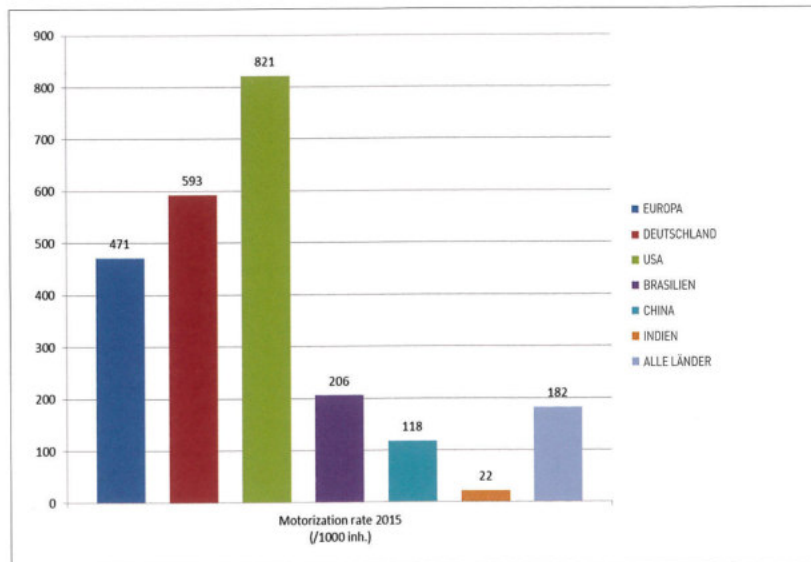


Abb. 3 Motorisierungsquote 2015

(Quelle: <http://www.oica.net/category/vehicles-in-use/>)

von insgesamt 900 l führt (0,3 l/100 km). Leichtbau ist also eine mögliche Antwort auf Ressourcenschonung. Selbstverständlich stellt nicht nur der Leichtbau als solcher die ultimative Lösung dar. Auch alternative Antriebskonzepte, wie z.B. die Elektromobilität, Wasserstoffantriebe und andere zukunftsweisende Antriebskonzepte, könnten das Verbrauchsbild stark verändern, aber auch hier stellt sich die Frage nach einer möglichst gewinnbringenden Konstruktion!

Eine Gruppe von Konstruktionsmaterialien bietet den Entwicklern bzgl. des Leichtbaus und auch hinsichtlich möglicher neuer Designs enormes Potenzial: Faserver-

„ Leichtbau funktioniert nur dann, wenn die besonderen Materialeigenschaften bereits in der Entwicklung berücksichtigt werden. „

stärkte Kunststoffe bzw. sog. Composites. Hierbei handelt es sich um Kombinationswerkstoffe aus mehreren Komponenten. Die beiden Hauptbestandteile sind Fasern bzw. Faserhalbzeuge und der Kunststoff bzw. die Kunststoffmatrix.

Fasern können Glasfasern, Kohlenstofffasern, Naturfasern o.ä. sein. Diese finden entweder als Schnitffasern (Kurzfasern oder Langfasern) oder als Filamentgarne („Endlosfasern“) bzw. Faserhalbzeuge (Rovings, Gewebe, Gelege, Gestricke, etc.) Verwendung.

Die Fasern werden mit Hilfe verschiedenster Verarbeitungsverfahren in eine flüssige Kunststoffmatrix eingebracht bzw. mit dieser kombiniert. Angereichert mit weiteren Additiven oder Füllstoffen entsteht nach einer Aushärte- bzw. Reaktionsphase ein festes Bauteil – der faserverstärkte Kunststoff. Dieser verfügt über zahlreiche positive Eigenschaften. Eine der wichtigsten Parameter ist das hohe Leichtbaupotenzial. Abb. 4 zeigt schematisch eine Kombinationsmöglichkeit.

GFK (glasfaserverstärkter Kunststoff) verfügt z.B. über eine Dichte von 2,1 g/cm³. CFK (kohlenstofffaserverstärkter Kunststoff) sogar über eine Dichte von nur etwa 1,5 g/cm³. Demgegenüber weist herkömmlicher Stahl z.B. eine Dichte von 7,8 g/cm³ auf, Aluminium liegt bei 2,7 g/cm³. Ein Bauteil aus CFK könnte also bei gleichem Gewicht etwa fünfmal dicker gebaut werden als ein Bauteil aus Stahl.

Hinzu kommen weitere Eigenschaften der Composites,

| Faserarten | Matrixsysteme | Additive & Füllstoffe |
|-------------------|------------------------|-----------------------|
| Glasfasern | Epoxidharze | Flammenschutzmittel |
| Naturfasern | ungesättigte Polyester | Dispergiertadditive |
| Kohlenstofffasern | Vinylester-Harze | Farbpigmente |
| Aramidfasern | Polyurethane | Glashohlkugeln |
| Basallfasern | Thermoplaste | Kreide |
| ... (u.v.m.) | ... (u.v.m.) | ... (u.v.m.) |

Abb. 4 Composites sind Kombinationswerkstoffe

die für die Bauteilentwicklung vorteilhaft sein können. Es handelt sich um sog. anisotrope Materialien. D.h., die Werkstoffe weisen je nach Konstruktion unterschiedliche Materialeigenschaften in verschiedenen Belastungsrichtungen auf (Abb. 5). Composites lassen sich dementsprechend – anders als zahlreiche andere Werkstoffe – lastgerecht konstruieren. Dies liegt ebenfalls an den Fasern, die im späteren Bauteil die Aufgabe haben, die auftretenden Lasten aufzunehmen und weiterzuleiten. Tritt also z.B. ein eindimensionaler Lastfall auf, so können die Fasern genau in dieser Dimension ausgerichtet werden. Hier gibt es verschiedene Möglichkeiten. Über Rovings (Filamentgarne von einer Spule) beispielsweise lassen sich die Fasern vollkommen in 0°-Richtung in ein Bauteil einbringen. So ist ein späteres Bauteil – z.B. ein Zugstab – in Lastrichtung sehr stark beanspruchbar, wohingegen in Querrichtung zum Bauteil (90°) kaum Kräfte aufgenommen werden können. Composites werden in aller Regel schichtweise aufgebaut. Über diesen schichtweisen Aufbau (Laminat) lassen sich nun verschiedene Lastfälle darstellen. So ist z.B. die Kombination von 0°/90°-Grad oder auch 0°/45°/90°-Grad Lagen möglich. Je nach Anteil der Fasern, die in die jeweilige Lastrichtung eingebracht werden, lassen sich so Materialeigenschaften quasi „designen“. Neben dem Einsatz der reinen „Endlosfaser“ kommen vor allem auch textile Halbzeuge zum Einsatz. Hierbei werden z.B. Vliesstoffe, Gewebe, Gelege etc. verwendet. Bei Geweben können

je nach Anwendungsfall verschiedene Bindungsarten (Köper, Leinwand, Atlas usw.) verwendet werden. Dies ist nur eine kleine Auswahl. Es steht eine Vielzahl unterschiedlicher Fasermaterialien zur Verfügung.

Im Kern geht es letztendlich darum, dass Composites sich auf den Lastfall ausgerichtet konstruieren lassen. Das erlaubt teils sehr starke Materialeinsparungen gegenüber unverstärkten Bauteilen oder Metallen. Moderne Flugzeuge bestehen bereits zu sehr hohen Prozentsätzen aus Composites. Auch im Automotive-Bereich zeigen sich immer neue Einsatzfelder. Darüber hinaus verfügen Composites über zahlreiche weitere positive Eigenschaften wie z.B. sehr gute Medien- und Korrosionsbeständigkeit, deren Erläuterungen hier aber zu weit führen.

Dies heißt aber nicht, dass „reine“ Composites-Systeme die beste Lösung darstellen. Composites sind – je nach eingesetzter Faser und Matrix – relativ teure Werkstoffe. Deren Einsatz lohnt sich also oft nur dort, wo sie auch ihr volles Potenzial entfalten können. Daher kommen in den letzten Jahren zunehmend entsprechende Hybridmaterialien zum Einsatz. Der Fahrzeugbauer BMW ist hierfür ein Beispiel. Die aktuelle 7er Baureihe wird u.a. auch mit dem Label „Carbon Core“ beworben. Hinter diesem System verbirgt sich die Kombination aus CFK, Aluminium und sehr hochfesten Stählen in der aktuellen Karosse-

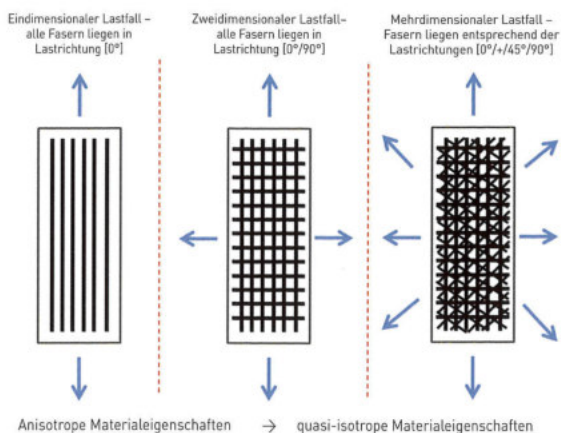


Abb. 5 Materialeigenschaften von Composites

riestruktur. BMW zeigte damit erstmals in einem Serienfahrzeug einen Mischbauansatz der genannten Materialien, der eine Steigerung von Festigkeit und Steifigkeit in der Fahrgastzelle bei gleichzeitig deutlich reduziertem Fahrzeuggewicht bewirkt. Hier wurde die spätere Kombinierbarkeit von vornherein in der Konstruktion berücksichtigt.

Diese Berücksichtigung der besonderen Eigenschaften faserbasierter Werkstoffe ist letztendlich auch der Schlüssel zum Erfolg. Leichtbau funktioniert nur dann, wenn die besonderen Materialeigenschaften bereits in der Entwicklung berücksichtigt werden. Fasern sind keine Textilien und Textilien sind keine Metalle. Das gilt es zu berücksichtigen. Gelingt es in Zukunft, faserverstärkte Kunststoffe noch weiter bekannt zu machen, sollte es gelingen, nicht nur vorhandene Antriebsstrukturen zu verbessern (Stichwort weniger Verbrauch), sondern eventuell sogar ganz neue Konzepte zu entwickeln. Speziell die Elektromobilität ist hier auf eine deutliche Reduzierung des Fahrzeuggewichts angewiesen, um die Reichweite zu erhöhen. Aber auch die Luftfahrt wird sich zukünftig dem gestiegenen Anspruch stellen müssen. Es bedarf neuer Flugzeugkonzepte und -typen, um den Transport (vor allem auch auf der kurzen Strecke) rentabel zu gestalten. Hinzu kommen neue, auf individuelle Wünsche angepasste Mobilitätskonzepte, auch in den „überfüllten“ Großstädten, die für individuelle Mobilität eigentlich wenig Raum bieten. Wir sind gespannt, was die Zukunft bringt. Mit Composites ist noch vieles möglich.

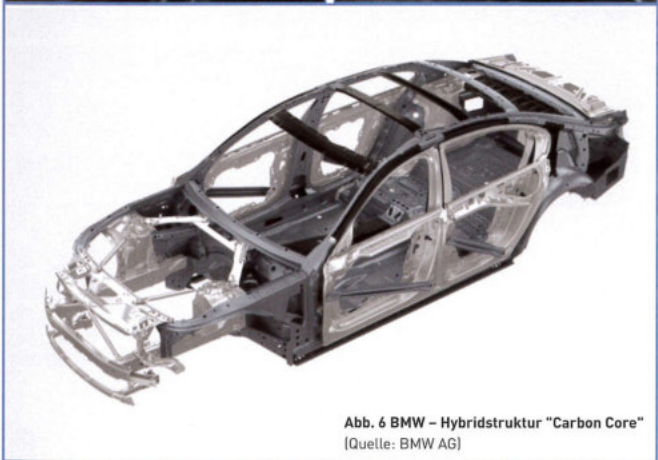
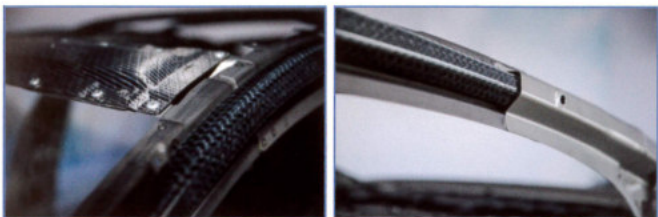


Abb. 6 BMW – Hybridstruktur "Carbon Core"
(Quelle: BMW AG)



INDUSTRIEVEREINIGUNG
VERSTÄRKT KUNSTSTOFFE
FEDERATION OF REINFORCED PLASTICS

AUTOR



Volker Mathes

Volker Mathes arbeitet seit April 2009 mit dem Aufgabenschwerpunkt Business Development und Dienstleistungsentwicklung bei der AVK – Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe e.V. Zuvor war er bei der TÜV Rheinland Kraftfahrt GmbH als Projektmanager im Bereich International Business Development/Strategieprojekte beschäftigt. Weitere berufliche Erfahrung sammelte er im Bereich Dienstleistungsentwicklung bei der TÜV Rheinland Akademie. In der TÜV Rheinland Holding unterstützte er den zentralen Innovationsprozessmanager bei der Implementierung eines konzernweiten, systematischen Innovationsmanagements. Während seines Studiums war er außerdem wissenschaftliche Hilfskraft an der RWTH-Aachen. Dort schloss er sein Studium mit dem Schwerpunktthema Kompetenzentwicklung und Innovationsfähigkeit ab. Daneben arbeitete er als Assistent der Geschäftsleitung in einem kleinen IT-Unternehmen.

Volker Mathes ist Mitautor der Bücher „Betriebliches Innovationsmanagement“ sowie „Das neue Personalmarketing – Employee Relationship Management als moderner Erfolgstreiber“ sowie zahlreicher Fachartikel zum Themenbereich Composites.

Die AVK – Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe e.V. ist der deutsche Fachverband für Faserverbundkunststoffe/Composites und vertritt die Interessen der Erzeuger und Verarbeiter auf nationaler und europäischer Ebene. Das Dienstleistungsspektrum umfasst u.a. Facharbeitskreise, Seminare und Tagungen sowie die Bereitstellung marktrelevanter Informationen.

National ist die AVK einer der 4 Trägerverbände des GKV – Gesamtverband Kunststoffverarbeitende Industrie – und international Mitglied im europäischen Composites-Dachverband EuCIA – European Composites Industry Association.

Die AVK ist Gründungsmitglied von Composites Germany.

AVK – Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe e.V.

Am Hauptbahnhof 10

60329 Frankfurt

Deutschland

Tel.: +49-69-271077 16

E-Mail: volker.mathes@avk-tv.de

www.avk-tv.de