



Leichtbau Motive und Strategien

ABB. 1: FAHRWERKTEIL MIT LEICHTBAUSTRUKTUR

Frontal 21 sendete im Oktober 2010 erstaunliche Testergebnisse: Im Stadtverkehr wurde der Spritverbrauch beispielsweise eines VW Golf Baujahr 1982 mit dem des neuen Spritspar-Modells Golf VI BlueMotion verglichen. Ergebnis: Der Ur-Golf ist sparsamer! Wie kann das sein?

Bis auf den Strömungswiderstand, der im Citybetrieb bei heutigen Pkw keine entscheidende Rolle spielt, steigen alle Fahrwiderstände und so die zum Überwinden von Rollreibung, Beschleunigungs- und Steigungswiderstand nötige Energie mit dem Fahrzeuggewicht. Der Golf I wog etwa 750 kg, der Golf VI BlueMotion wiegt rund 1,3 Tonnen. Das höhere Fahrzeuggewicht kompensiert die Effizienzsteigerung des Antriebs. Sparsamere Autos erfordern also nicht nur effizientere Antriebe, sondern geringeres Gewicht. Ein Grund, warum Autos immer schwerer wurden, liegt im Stellenwert von Ausstattung und PS-Leistung. Verglichen werden Motorleistungen, obwohl das Leistungsgewicht, das Verhältnis von Gewicht zu Motorleistung, die Fahrleistungen bestimmt. Gewünscht werden Premium-Ausstattung und Volumen. Zugunsten der Universal-Rennreiselimousine wird auf Stadttauglichkeit verzichtet. Noch - ein Wandel zeichnet sich ab. Das Auto verliert als Statussymbol, praktische Eigenschaften sind gefragt. Gewicht macht auch nicht sicherer. Leichte Fahrzeuge, richtig konstruiert, bieten genauso höchstes Sicherheitsniveau, wie wir exemplarisch in der Formel 1 sehen. Leichtbau als zeitgemäße Konstruktionsphilosophie redu-

ziert den Energiebedarf beim Fahren, spart Rohstoffe und Energie bei der Herstellung und fördert die Langlebigkeit.

Elektrofahrzeuge profitieren deutlich mehr vom Leichtbau als Fahrzeuge mit fossilem Antrieb: Gute Reichweiten und attraktive Fahrleistungen werden mit leichten und bezahlbaren Batterien möglich. Erhält ein Elektroauto statt klassischem Antriebsstrang radintegrierte Maschinen, muss die Karosserie weder das Gewicht dieser Komponenten tragen, noch die davon erzeugten Kräfte abstützen. Die Anforderungen an Strukturbauteile reduzieren sich, Raum wird besser genutzt. Ideale Voraussetzungen für konsequenten Leichtbau, bei dem es statt einiger Kilogramm mindestens um eine Massenhälfte geht. Leichtbau ist ein Naturprinzip, von dem wir uns inspirieren lassen können. Stabile und zweckgemäße Strukturen entstehen durch Verbindung unterschiedlichster Materialien und intelligente Formgebung (Mikrostrukturierung, Profilierung, Knotenausbildung etc.).

Leichtbau nutzt leichte Werkstoffe (Stoff/Materialleichtbau), besondere Konstruktionsprinzipien (konstruktiver Leichtbau, Formleichtbau, Konzeptleichtbau/Funktionsintegration etc.) und geeignete Fügeverfahren. Die bloße Substitution z.B. von Stahl durch Aluminium schöpft Leichtbaupotentiale nicht annähernd aus. Kunststoffe, Faserverbundmaterialien (Glas- und Kohlefaserkunststoffe/GFK, CFK) und Leicht-

metalle (Aluminium, Magnesium etc.) sind, vorzugsweise kombiniert, mögliche Werkstoffe für leichte Fahrzeuge. Umweltverträglichkeit, Gewichtsersparnis und Langlebigkeit bieten Biokomposite auf Basis nachwachsender Rohstoffe (NFK), etwa Flachs, Jute, Hanf oder Sisal und wurden schon beim Trabant genutzt.

Bestand bisher im Automobilbau ein Werkstoff-Paradigma - Stahl als Basismaterial wurde nie wirklich in Frage gestellt - suchen wir im Leichtbau nach bestimmten Materialeigenschaften. Ein Beispiel: Elektroantriebe erzeugen wenig Verlustwärme. Damit wir effizienter heizen oder kühlen können, sollte ein Elektroauto, gleich moderner Gebäude, über eine Wärmedämmung verfügen. Diese erweiterte Anforderung erfüllen z.B. Sandwichplatten mit Waben- oder Schaumkern und Deckschichten aus Leichtmetallen oder Faserverbundstoffen bei zugleich geringem Gewicht und hoher Festigkeit. Ein anderes Beispiel: Die Batterie, schwerstes Bauteil eines Elektrofahrzeugs, muss crashtolerant und fahrdynamisch optimal untergebracht werden.

Ein Einbau in den Fahrzeugboden erfüllt diese Anforderungen. Anstatt nun einen Rahmen auszubilden, der die komplette Batterie aufnimmt, können die einzelnen Zellen unmittelbar in die Bodengruppe eingefügt und durch integrierte Leiterstrukturen gleich verschaltet werden. Hierfür eignen sich Kompositmaterialien aus Kunststoff und Metall. Ein Ende der Eisenzeit im Fahrzeugbau ist in Sicht!

Die auftretenden Kräfte, die nach Betrag und Wirkrichtung genau bekannt sein müssen, und das gewählte Material bestimmen die Formgebung. Ein Fahrwerkteil etwa ist dann perfekt, wenn sich die aus allen möglichen Belastungen resultierenden Materialspannungen gleichmäßig verteilen und vom Material beherrschbare Größen vollständig nutzen. Überdimensionierungen wie Schwachstellen werden so vermieden. Das Konstruktionswerkzeug ist die FEM-Analyse, die Materialspannungen visualisiert. Früher übliche Werkstoffgeometrien mit gleichmäßigen Wandstärken und ingenieurmäßigen Rundungen offenbaren, FEM analysiert, ihr Optimierungspotential. Bionische Prinzipien eignen sich hier besonders. Der Längslenker (Abb. 1), Teil eines vom Autor konstruierten Leichtfahrzeugs, zeigt, wie ein bionisch optimiertes Bauteil aussehen kann; Radien sind durch stetige Übergänge ersetzt, die Materialstärken der Tragstruktur variieren.

Großflächige Fahrzeugstrukturen können durch vibrationsdämpfende und leichte Sandwichplatten (Abb. 2) ersetzt werden.

Abb. 3 vergleicht eine Alu-Platte mit der abgebildeten Wabenplatte. Die Belastbarkeit der Wabenplatte ist größer, die Spannungsverteilung günstiger - Gewichtseinsparung 50%.

Verkleidungs- oder Karosserieteile können vorteilhaft aus Thermoplasten gefertigt werden. Neben der Gewichtseinsparung sind z.B. Polycarbonat-Platten schlagzäh, in der

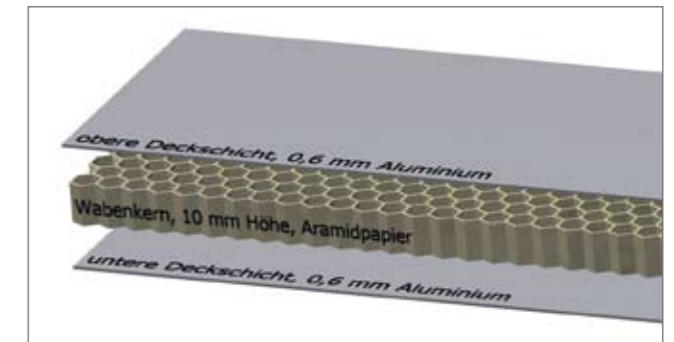


ABB. 2 LEICHTBAUSANDWICHPLATTE

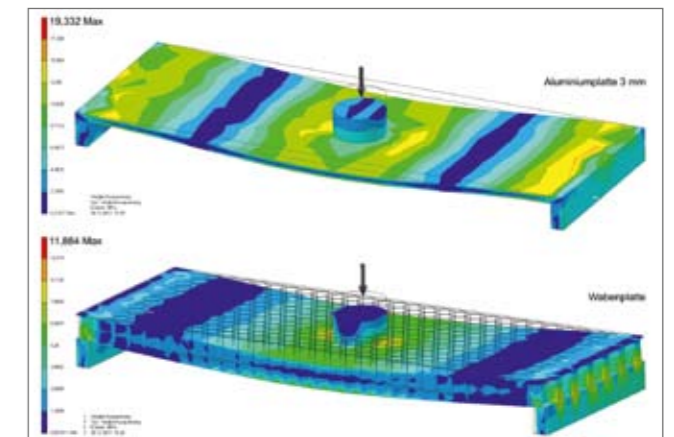


ABB. 3 VISUALISIERTE SPANNUNGSVERTEILUNGEN

Substanz durchgefärbt und korrosionsbeständig, also unempfindlicher als das »heilige Blech«. Die Formgebung erfolgt aufwandsarm durch Thermoformen.

Noch sind Elektrofahrzeuge Exoten mit kleinen Stückzahlen. Die umrissenen Leichtbaustrategien bieten sich für die Neukonstruktion von Elektrofahrzeugen auch an, weil die hohen Aufwendungen für Stahlteile (große Presswerke, teure Werkzeuge) durch smarte Verfahren (CNC-Zerspanung, Vakuumtiefziehen, Rapid-Manufacturing etc.) auf ein für kleinere Serien tragbares Maß reduziert werden können.



Hans-Jürgen Esch
Erfinder, Entwickler,
Konstrukteur und Berater im
Bereich Elektromobilität
Inhaber der Esch Projekt
Systementwicklung Berlin
www.esch-pro.com