

Dieser hybride Pkw-Rücksitz wurde von Johnson Controls Interiors (JCI) im Camisma-Projekt entwickelt. Er nutzt gleich mehrere Werkstoffe und Herstellverfahren und senkt das bisherige Gewicht um mehr als 40 %. Bild: JCI-Video

Stahl-Kunststoff-Außenhäute sind um ein Drittel leichter

Hybride geht's in die nächste Leichtbau-Runde

Leichtbau | Die Entwickler haben das hohe Potenzial hybrider Bauweisen aufgezeigt. Nun geht's mit Top-Speed in die zweite Runde: Institute und Industrie entwickeln teilweise sehr unterschiedliche hybride Konzepte bis hinein in Großserienanwendungen. Die Stahl-Kunststoff-Bleche von ThyssenKrupp etwa vermögen die Gewichte um bis zu einem Drittel zu senken. Einblicke in die Vielfalt der Ansätze.

Eine typische Entwicklung: Seit Daimler das Innenhochdruckumformen IHU mit dem Kunststoff-Überspritzen kombinierte, zieht diese Technologie weitere Kreise. Industrieanzeiger 3/2014 berichtete noch über die Erstanwendung im Mercedes-Benz-Werk Hamburg: Durch Innenhochdruckumformen eines geschlossenen, rohrförmigen Aluminiumprofils und das anschließende Umspritzen mit Kunststoff im selben Werkzeug begann der Automobilhersteller, Frontendträger mittels „PMH“ zu bauen – und zwar für verschiedene Modelle. Die Polymer-Metall-Hybrid-Technologie (PMH) ist zum Serienverfahren geworden.

Nun führte Automobilzulieferer ElringKlinger ebenfalls PMH ein: Die Werke in Suzhou/China und Leamington/Kanada nutzen PMH seit November 2014 und Januar 2015, um „HydroFormed Hybrids“ (HFH) zu produzieren. Die dafür benötigten 32-Tonnen-Werkzeuge stellte die Tochter Hummel-Formen in ihrem Werk Lenningen her. Hummel-Formen belieferte auch Daimler mit HFH-Werkzeugen.

Bei ElringKlinger markierten die HFH-Cockpitquerträger aus dem neuen Werk Suzhou den Start mit PMH. Im ersten Quartal 2015 folgten HFH-Frontendadapter und HFH-Frontendträger. In Leamington ging eine HFH-Anlage für HFH-Cockpitquerträger und HFH-Frontendadapter der C-Klasse für nordamerikanische und südafrikanische Mercedes-Benz-Werke in Betrieb. Im Juli 2014 berichtete ElringKlinger-Projektingenieur Christoph Lakeit von fünf in Entwicklung befindlichen HFH-Strukturbauteilen für die Automobilmärkte in China, Nordamerika und Südafrika. Ende 2015 sollen zwei weitere Teile folgen.

Das Werk Suzhou lieferte zwischen November und Februar mehr als 18 000 HFH-Strukturbauteile für die C-Klasse. Reinhard Müller, Leiter Elastomertechnik und Module, fasst zusammen: „Für uns ist die Hydroform-Hybridtechnologie der perfekte Einstieg in den Karosserieleichtbau, denn wir erzielen dadurch nicht nur Gewichtsvorteile von 20 bis 30 %, sondern können die Bauteile auch sehr wettbewerbsfähig produzieren.“

Große Anstrengungen gelten zurzeit der B-Säule. Das Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik (ILK) der TU Dresden hat als Teilnehmer der bundesdeutschen Plattform „Forel“ (Forschungs- und Technologiezentrum für Ressourceneffiziente Leichtbaustrukturen der Elektromobilität) einen Demonstrator einer B-Säule in Multi-Material-Leichtbauweise entwickelt. Die im Projekt „3D-Hybrid-Strukturen“ gefertigte hybride B-Säule besteht kunststoffseitig aus glasfaserverstärkten Faserverbundhalbzeugen mit thermoplastischer Matrix. Sie wird mit hoher Funktionsintegration in einem einstufigen Herstellungsverfahren produziert. Partner in dem vom BMBF im Zeitraum von Februar 2011 bis Septem-

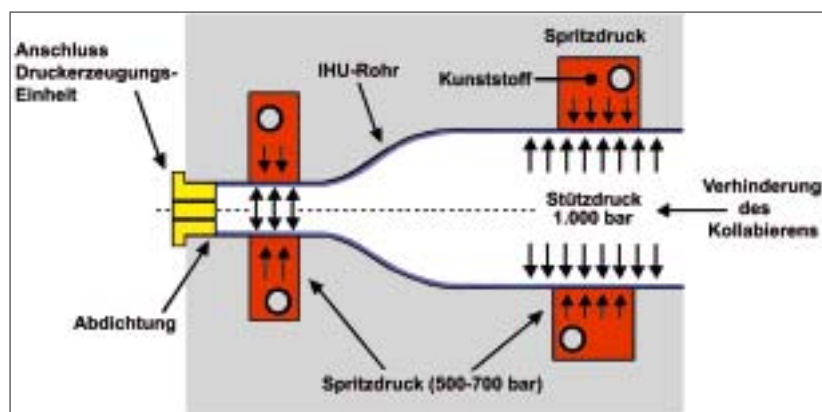
ber 2014 geförderten Projekt waren Porsche, Mitras Composites Systems und das Leichtbau-Zentrum Sachsen (LZS). Die Ergebnisse können sich sehen lassen: Für das integrale Stahl-Faserverbund-Bauteil sprechen geringe Halbzeugkosten, großserientaugliche kurze Zykluszeiten und eine Gewichtsreduktion von 10 bis 20 % (rund 2 kg) gegenüber einer konventionellen, mehrschaligen Stahlbauweise.

Die Kunststoffanteile dienen dazu, die Stahlblechdicke zu verringern – einerseits durch lokal variable („gepatchte“) Verstärkungen aus thermoplastischen Faserverbundwerkstoffen (sogenannte Organobleche), andererseits durch Verstärkungsrippen aus langfaser-

So skizziert Daimler das Polymer-Metall-Hybrid-Verfahren PMH, bei dem auf das Innenhochdruckumformen das Umspritzen mit Kunststoff folgt. Skizze: Daimler (überarbeitet)



Ein PMH-Teil aus der Produktion von ElringKlinger. Bild: ElringKlinger



verstärktem Thermoplast (LFT), die als Fließpressmasse verarbeitet werden. LFT bietet außerdem die Möglichkeit, Funktionselemente zu integrieren.

Das ILK präsentierte den B-Säulen-Demonstrator auf der Messe Composites Europe 2014 in Düsseldorf und auf der Hannover Messe 2015. Werkzeug- und Formenbauer Siebenwurst stellte dafür im Auftrag der Projektpartner das rund 10 t schwere Presswerkzeug her und zeigte die Demonstrator-Komponente seinerseits auf dem VDI-Kongress „Kunststoffe im Automobilbau 2015“ in Mannheim. Diese B-Säule soll sich in vorhandene metallische Fahrzeug-Rohbaustrukturen leicht durch konventionelles Schweißen integrieren lassen, „da lediglich eine Bauteilsubstitution stattfindet, ohne die Notwendigkeit für neuartige Fertigungs- und Fügetechnologien.“



ILK-Vorstandsmitglied Prof. Hubert Jäger (rechts) neben Dresdens Erstem Bürgermeister Dirk Hilbert und Kai Steinbach von Mitras Composites Systems präsentieren eine hybride B-Säule, die das ILK mit Partnern entwickelte. Bilder: Dresden Marketing, David Vink



niken in der Montage“. Dies war der im Projekt verfolgte Ansatz.

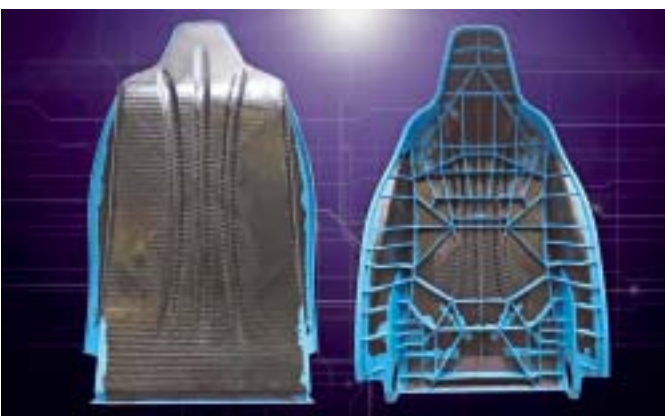
Außer bei der B-Säule sehen die ILK-Forscher eine mögliche Anwendung der Technologie zum Beispiel auch bei Dachquerträgern und A-Säulen. Die Verwendung von Glasfasern als Verstärkungswerkstoff sichert laut ILK die globale Rohstoffzugänglichkeit, ist energetisch günstig und „durch hohe Recyclinganteile ökologisch nachhaltig“.

Offensichtlich um Carbonfaser-Verstärkungen geht es jedoch bei dem Ansatz von CFK-Teilersteller Mubea Carbo Tech und Edag Engineering – zumindest in Vortragsankündigungen. Bei den konkreten Zahlen zu den B-Säulen-Konzepten legen sich die beiden Entwicklungspartner jedoch nicht fest. Sie sprechen von Gewichtsreduktionen um bis zu 20 % durch Verwenden von Faser-verstärktem Kunststoff (FVK) und Stahl – speziell von warmumformten, flexibel gewalzten Blechen (Tailored Rolled Blanks – TRB).

Die faserverstärkte Kunststoffkomponente dient dabei als geklebte Innenverstärkung zwischen inneren und äußeren TRB-Blechen einer B-Säule, um dort die Blechdicke zu reduzieren. Dazu wird ein durch Flechten hergestelltes Preform im RTM-Verfahren (vermutlich mit duroplastischem Kunststoff) zum Einlegeteil gefertigt. Das Gesamtgewicht der B-Säule sinkt von 7,9 kg für die Vollstahlversion auf 6,2 kg beim hybriden FVK/Stahl-Konzept.

Über eine B-Säule im Voll-CFK-Konzept sprach Dr. Christian Hühne, Abteilungsleiter funktionaler Leichtbau des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR), im Oktober 2014 am Wissenschaftstag der Institution: Als Teil des Projekts „Neufahrzeugstrukturen“ (NFS) wurde ein CFK-„Ringspant“ um das Fahrzeug konzipiert. Dabei wird eine B-Säule, bestehend aus inneren und äußeren CFK-Profilen, durch ein „Omega“-Profil aus CFK innen verstärkt.

Im bis Frühjahr 2015 laufenden Projekt Camisma hat Johnson Controls Interiors (JCI) eine neue Sitzlehnen-



Von der vorne gezeigten Hybrid-Sitzlehne ist hier auch die Rückseite zu sehen. Erfolgsmeldung: der Pkw-Sitz spart mehr als 40 % Gewicht ein. Das Bild daneben zeigt den Bereich des Metalleinsatzes, vor und nach der Montage. Bilder: JCI



struktur entwickelt, die den Einsatz von Stahl und Leichtmetallen durch Multimaterialsysteme drastisch reduziert und ersetzt. JCI ergatterte dafür den ersten Platz in der Kategorie „Green“ des Innovation Awards 2014, den der Automobilzuliefererverband Clepa (European Association of Automotive Suppliers) und der VDA (Verband der Automobilindustrie) ausgeschrieben hatten. Die auf thermoplastischem CFK basierenden Camisma-Lehnen sind mehr als 40 % leichter als konventionelle vollmetallische Lehnstrukturen und „zu attraktiven Kosten produzierbar“.

Dabei wird eine Carbonvlies-Grundstruktur zusammen mit selektiv verstärkenden Carbon-Endlosfaserbändern verarbeitet und mit spritzgegossenen Rippen aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) ausgestattet. Als Stahleinleger kommt ein speziell beschichtetes Aufnahme teil für den Lehnversteller ins Werkzeug. An diesen dockt später der Verstellmechanismus an, der nachträglich durch Laserschweißen angebracht wird. Für die Camisma-Lehne gibt es also nur ein Montage- oder Füge teil gegenüber zwölf bei der Vollstahl-Referenzlehne. Im Falle einer Großserienproduktion im Modelljahr 2019 lassen sich Fertigungslinien für je 200 000 Camisma-Lehnen pro Jahr auslegen.

Die Eröffnung der Leichtbau-Forschungsfabrik „OpenHybridLab Factory“ in Wolfsburg rückt näher, im Juni 2015 wurde das Richtfest für den Rohbau gefeiert. Die Engel Austria GmbH liefert für den Forschungscampus eine vertikale Spritzgießmaschine v-Duo 3600 mit 36 000 kN Schließkraft; von Pressenhersteller Siempelkamp kommt eine 2500-Tonnen-Pressen, die bis Oktober 2015 montiert sein soll. Die Aktivitäten in dem Forschungscampus könnten zu künftig ganz anders aufgebauten Karosserien führen. Bei Siempelkamp heißt es dazu: „Ein Body-in-White, der bislang aus 200 bis

Engel Austria liefert eine Spritzgießmaschine mit 36 000 kN Schließkraft für das OpenHybridLab Factory in Wolfsburg – eine Forschungsfabrik, die der Entwicklung hybrider Konzepte gewidmet sein wird. Bild: Engel



300 Einzelkomponenten und verschiedenen Materialien besteht, soll zukünftig aus 20 bis 30 hybriden Bauteilen gefertigt werden.“

Die Richtung geben die drei Projekte der OpenHybridLab Factory an, die schon bekannt sind. Für das Projekt ProVor sind die bei Siempelkamp und Engel beschafften Anlagen vorgesehen: ProVor zielt auf eine „funktionsintegrierte Prozesstechnologie zur Vorkonfektionierung von beanspruchungsgerechten FVK-Metall-Hybriden für die presstechnische Weiterverarbeitung“. Beim Projekt TroPHY hingegen geht es um „Thermoplastische, rollgeformte Profile in Hybridbauweise“, die in einem kontinuierlichen Verfahren hergestellt werden sollen. Diese Profile bestehen aus FVK-Metall-Hybridwerkstoffen mit thermoplastischer Matrix und haben variable Querschnitte und Krümmungen. Das Projekt MultiMaK nimmt künftige „Multi-Material-Kfz-Bauteilkonzepte“ für die Großserie unter die Lupe und entwickelt dafür Design- und Bewertungstools.

Nicht nur Metall wird hybridisiert. Auch der umgekehrte Weg wird begangen. Beim

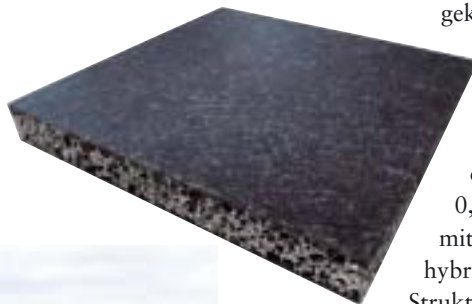
DLR-Wissenschaftstag

sprach Dr. Christian Hühne vom DLR über eine lokale Metall-Hybridisierung von CFK durch Einlegen von bis zu 0,05 mm dicken Stahlfolienlagen mit einer Übergangzone von der hybriden zur monolithischen CFK-Struktur. Außer einer weiteren Gewichtsreduktion bieten solche unidirektionalen CFK-Metall-Lamine um 13 bis 14 % höhere Festigkeitswerte als Voll-CFK, außerdem eine um 50 % gesteigerte Crashenergie-Aufnahme.

Zunehmend werden Aluminiumschaum-Verbunde entwickelt. Die TU Ilmenau präsentierte auf der Composites Europe Kunststoff-umspritzten Alu-Schaum. Das Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (IWU) zeigte auf der IAA-Nutzfahrzeugmesse 2014 das nur 300 kg wiegende Leichtbaufahrzeug Kulan auf dem Gemeinschaftsstand des Automotive

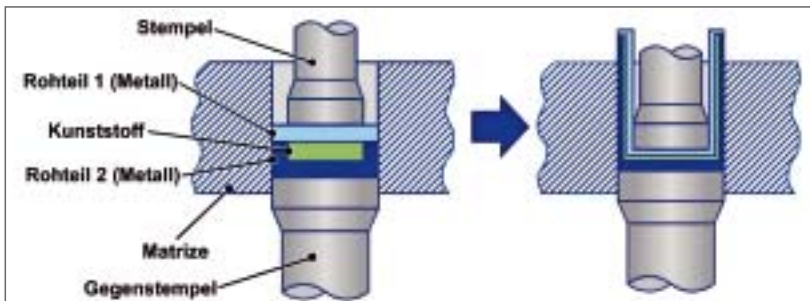
Das landwirtschaftliche Nutzfahrzeug Kulan besitzt einen Ladeboden aus „Pepural“ von Pestel – einem hochporösen Metallschaum mit Decklagen aus PU-gebundenen Fasern.

Bilder: Poly-Lab.Net, Pestel



Industrieanzeiger 21.15

Cluster Ostdeutschland (ACOD). Auch in diesem Fahrzeug wurde hybrider Schaum verbaut. Kulan ist ein landwirtschaftlicher Technoliedemonstrator mit bis zu 1 t Ladekapazität, gebaut im Cluster Poly-Lab.net, zu dem 155 Unternehmen und zwei Forschungsinstitute gehören. Der Kulan besitzt zum Beispiel einen Ladeboden aus Glasfaser-verstärktem Pepural. Pepural ist ein hochporöser Metallschaumkern, den die Chemnitzer Pestel PUR-Kunststofftechnik GmbH, ebenfalls Netzwerkmitglied, mit dem Fraunhofer IWU entwickelte. Ausgeführt in Alu- oder Zinkschaum mit Decklagen aus Polyurethan-gebundenen Glas- oder Carbonfasern, erreicht das Material Dichten unter $0,5 \text{ g/cm}^3$. Die IWU-Forscher



So stellen sich zwei Institute der Universität Stuttgart ein hybrides Fließpressverfahren vor, bei dem zusammen mit der Metall- auch eine Kunststoffkomponente verarbeitet wird.
Bild: IKT /Uni Stuttgart

erwarten auch Designanwendungen aus Pepural, wie Trennwände, Lichtelemente oder Theken.

Auch Thixomoulding gibt es inzwischen in hybridem Kontext: Thixotropes Spritzgießen von partikel- oder faserverstärkten Magnesiumlegierungen läuft in Kombination mit dem Spritzgießen von Kunststoff in modularen und temperierten Formwerkzeugen im neuen Forel-Projekt Thixom. Das ILK koordiniert die Projektarbeiten, die für die Zeit von September 2014 bis August 2017 angesetzt sind. Das Ziel sind neuartige, großflächig verstärkte hybride Magnesium/Thermoplast-Trägerbauteilstrukturen mit hoher Funktionsintegration, zum Beispiel für die Karosserie.

In Juni kündigten das Institut für Kunststofftechnik (IKT) und das Institut für Umformtechnik (IFU) an der Universität Stuttgart die Arbeit an einem einstufigen Fließpressverfahren für hybride Kunststoff-Metallbauteile an. Das DFG-geförderte Projekt zielt zum einen darauf ab, die Bauteilgewichte zu reduzieren. Zum anderen soll das hybride Material zugleich thermisch oder elektrisch isolierend sein und vor Korrosion schützen. Dazu



Produktion von Stahlblechen mit Kunststoffkern: ThyssenKrupp sieht „Litecor“ als vielversprechenden Leichtbauwerkstoff für den Automobilbau an.
Bild: ThyssenKrupp

wird Kunststoffgranulat oder -pulver gemeinsam mit dem metallischen Rohling durch Fließpressen beziehungsweise umgeformt. Da die Metalle beim etablierten Fließpressverfahren über hohe Presskräfte weit unterhalb ihrer Schmelztemperatur umgeformt werden, wollen die Forscher diese Wärme auch für die Plastifizierung und Adhäsion der Kunststoffphase nutzen. Die Wärme aus der hohen Deformation und Scherung des Metalls soll genügen, um den Kunststoff aufzuschmelzen.

In Oktober 2014 gab ThyssenKrupp die Ausweitung des Leichtbauprojekts InCar auf „InCar Plus“ bekannt mit 40 statt bisher 30 unterschiedlichen Lösungsansätzen. Ein Beispiel dafür ist die hybride CFK/Metall-Lenkssäule von TKP ThyssenKrupp Presta, über die der Industrieanzeiger in Ausgabe 15/2015 berichtete. Dr. Axel Grünekle, Projektkoordinator von der ThyssenKrupp Steel Europe AG, beschrieb InCar Plus im März 2015 auf dem Leichtbau-Gipfel der Fachzeitschrift „Automobil Industrie“ als das „größte Forschungsprojekt von ThyssenKrupp, das bisher für die Automobilindustrie durchgeführt wurde“.

Grünekle bezieht sich bei seinen Äußerungen unter anderem auf neuartige Stahlblech/Kunststoffkern-Warmumformungswerkstoffe wie Bondal E (mit dünnem Kunststoffkern, um die Schallemission in Elektromotoren-Statoren zu reduzieren) und Litecor (0,2 bis 0,3 mm dicke Stahldeckbleche mit 0,3 bis 1,0 mm dünnen Kunststoffkernen). Diese eröffneten „neue Potenziale für kommende Fahrzeuggenerationen“, so dass der Werkstoff Stahl „auch zukünftig erste Wahl für die allermeisten Fahrzeughersteller sein“ werde.



Composites Europe: Hennecke zeigt Hybrid-Tür, hinterspritzt mit PUR.

Quelle: Reed Exhibitions Deutschland

Das InCar-Plus-Team untersuchte Einsatzmöglichkeiten von Litecor für PKW-Außenhautteile und „strukturellrelevante“ PKW-Innenteile und identifizierte dabei Anwendungspotentiale bei 14 Bauteilen. Insgesamt 19,1 kg oder 20 % Gewicht sollen sich bei ihnen einsparen lassen im Vergleich zu herkömmlichen Vollstahl-Teilen – bei manchen Komponenten sogar bis zu 33 %. Mit Litecor wird zudem weniger sekundäres Akustikdämpfungsmaterial benötigt.

Konkretere Zahlen für die bisherigen Entwicklungen gibt es seit diesem Sommer. Am 3. Juli 2015 gewann Volkswagen Navarra (Spanien) den ersten Platz in der Kategorie „Außenteile“ des „16. SPE Society of Plastics Engineers Central Europe Automotive Award“ (SPE CE). Und zwar für die Motorhaube des Volkswagen Polo R WRC („World Rally Car“) in seiner Straßenversion. Seit 2013 wird sie in VW-eigenen Blechpresswerk-



Die Motorhaube des VW Polo R WRC ist aus dem Stahl-Kunststoff-Sandwich Litecor von ThyssenKrupp und erhielt dafür den 1. Innovationspreis SPE CE 2015 in der Kategorie „Außenteile“. Bild: VW

zeugen in Litecor produziert. Die Frontklappe in Litecor erzielt eine Gewichtsreduzierung von 30 % (fast 2 kg) und spart 25 % der CO₂-Emissionen ein.

Im März 2013 räumte Oliver Kleinschmidt vom ThyssenKrupp-Bereich „Vertriebe Auto“ ein, dass die ersten 2500 Litecor-Hauben für den Pol R WRC aus der technischen Versuchsanlage in Dortmund stammten, und fügte hinzu: „Ab 2017 werden wir voraussichtlich auch Fahrzeugserien mit größeren Stückzahlen beliefern können.“ Die Rede ist von „flächigen Bauteilen mit hohen Steifigkeitsanforderungen in der Karosserie wie Dach, Tür, Heckklappe und Motorhaube“. Doch Kleinschmidt ergänzt: „Ebenso ideal ist Litecor für Innenteile, denn das Material ist deutlich leichter als monolithisches Stahlblech und stellt damit eine echte Alternative zum Einsatz von Aluminium speziell in den kostensensitiven Volumenmärkten dar.“



Über das erzielbare Gewichtseinsparpotenzial im Außenhautbereich nennt ThyssenKrupp konkrete Zahlen: Während eine typische Vollstahl-Haube auf 19,3 kg kommt, sinkt das Gewicht auf 14,9 kg, wenn außen Litecor und innen Vollstahl verwendet wird. Mit 11,3 kg noch leichter ist eine Stahl/Magnesium-Hybridhaube (Magnesium innen). Für die Kosten bei 200 000 Fahrzeugen pro Jahr gibt ThyssenKrupp 44,20 Euro bei Vollstahl an, 53,70 Euro bei der Litecor/Vollstahl-Ausführung und 77,10 Euro bei Stahl/Magnesium. Mindestens bis 200 000 km soll Litecor auch „Treibhausvorteile“ haben.

Dieselbe Betrachtung bei Türaußenhäuten: Auch hier ist die Litecor-Version mit 3,3 kg deutlich leichter als die Vollstahl-Variante (4,9 kg) bei „attraktiven Leichtbaukosten“ von 2,25 Euro/kg, so ThyssenKrupp. Als Gesamtüergewicht geben die Stahlleichtbauer 15,6 kg für Litecor (außen) an gegenüber 17,2 kg in Vollstahl bei leicht erhöhten Kosten von 52,50 Euro gegenüber 48,90 Euro.

Längerfristig sieht ThyssenKrupp das Potenzial, noch wesentlich dünnere Litecor-Häute zu verwenden und zwar mit einer Verstärkung durch Sprüh-Innenbeschichtung mit Polyurethan. Für Sitzschalen wurden schon Litecor-Sandwiches mit 0,2-mm-Außenstahlschichten und einer 0,80 mm dicken Kunststoffkernschicht untersucht.

Der Stahlhersteller verwendet für Litecor relativ feste aber gut umformbare IF-Stähle anstelle der weichen Tiefziehstähle. Diese „interstitiell-freien“ Stähle enthalten keine eingelagerten Legierungselemente Kohlenstoff und Stickstoff. Um Litecor einsetzen zu können, mussten auch Alternativen für die üblichen Wärmeverbindungs-techniken gefunden werden, etwa um Kriecheffekte in den Kunststoffkernschichten zu vermeiden. ThyssenKrupp nutzt an deren Stelle die kalten Fügeverfahren Stanznieten und Schrauben, teilweise zusätzlich mit Betamate-Klebstoff von Dow, oder das Niedrigtemperatur-Laserlöten. ●

.....

David Vink
Freier Fachjournalist in Mettmann

Im Projekt InCar Plus wurde unter anderem dieses Zylinderkopf-Hauptmodul entwickelt, das Aluminium-, Stahl- und Polymerwerkstoffe kombiniert. Gegenüber einer Vollaluminium-Version senkt es das Gewicht um 15 %. Bild: ThyssenKrupp-Video