

Metallische Werkstoffe im Flugzeugbau – der Silberstreifen am Horizont

Von Prof. Stefan Reh und Prof. Heinz Voggenreiter

Gehört der Metallrumpf, mit dem im Moment noch alle Flugzeuge gefertigt werden, schon zum alten „Eisen“? Auch im Falle einer breiten Einführung eines Flugzeugrumpfes aus Kohlefaserverstärkten Kunststoffen (CFK) sind die Auftragsbücher mit mehreren Tausend Flugzeugen mit Metallrumpf aus Aluminium (Al) gut gefüllt. Dieser Auftragsbestand wird voraussichtlich erst über die nächsten 10 Jahre abgearbeitet. Dies ist Grund genug, auch den Metallrumpf hinsichtlich Kosten, Gewicht und Fertigungstaktrate weiter zu optimieren. Beide Varianten, die CFK- und die Leichtmetallbauweise, werden sicherlich ihren Markt finden: Das kostengünstige Kurzstreckenflugzeug aus Aluminium (Al) und das servicefreundliche und komfortgesteigerte CFK-Langstreckenflugzeug sind dabei mögliche Szenarien. Wie dabei der Metallrumpf für die Zukunft fit gemacht werden kann, wird in dem folgenden Beitrag beleuchtet.

Bei aller Hochachtung die man Chesley Sullenberger - dem Piloten von Flug US1549 - und seiner Crew für die mit Bravour gemeisterte Notwasserung des Airbus A320 im Hudson River entgegenbringen muss, wird gerne ein durchaus nicht so kleines Detail übersehen – auch der Flugzeugrumpf hat im wahrsten Sinne des Wortes eine enorme Höchstleistung hingelegt. Spätestens im Moment des Eintauchens der mächtigen Triebwerke in das Flußwasser vollzog das Flugzeug ein Art „Vollbremsung“, die große Kräfte auf Rumpf und Tragflächen bewirkte. Dank einer stabilen und schadenstoleranten Leichtbauweise blieb der Flugzeugrumpf in diesen kritischen Momenten intakt und wurde so zu einer rettenden Schutzhülle für alle Insassen. Den Entwicklern des Flugzeugs gehört für diese Glanzleistung ebenso Anerkennung gezollt, wie Chesley Sullenberger und seiner Crew.

Am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. arbeiten verschiedene Forschungsinstitute daran, dass derartige Höchstleistungen auch von zukünftigen Flugzeugrümpfen gemeistert werden können. Gleichgültig ob beim metallischen Rumpf oder einem Rumpf aus CFK-Technologie - neue Materialien und innovative Bauweisen spielen dabei eine entscheidende Rolle. Effiziente Herstellungsverfahren, die kostengünstig sind, aber auch die Stärken des Materials unterstützen, dürfen ebenso nicht vergessen werden. Stärken zur Geltung zu bringen, bedeutet automatisch auch, Schwächen zu erkennen, zu verstehen und damit deren Vermeidung zu ermöglichen.

Neue Metallische Werkstoffe und innovative Herstellungsverfahren

Getrieben durch die Konkurrenz von Seiten der CFK-Bauweisen versucht man bei den Aluminiumwerkstoffen nun nachzuziehen und weiteres Einsparungspotential bei Gewicht und Kosten zu heben. Integrale Leichtbauweisen auf der Basis neuer Aluminium-Lithium- und Aluminium-Scandium-Legierungen werden das Bauteilgewicht um bis zu 10% schrumpfen lassen. Gleichzeitig soll ein Kostenvorteil von bis zu 20% realisiert werden.

Voraussetzung dafür sind Verbindungstechniken wie das Laserstrahlschweißen und das Reibrührschweißen. Das Laserstrahlschweißen wird heute schon verwendet, um die Stringer, d.h. die längsversteifenden Stege, auf dem Hautfeld zu befestigen. Die integrale Verbindung der Stringer auf der Aussenhaut verringert das Gewicht, z.B. durch Vermeidung von Nieten und Dichtungselementen. Das Reibrührschweißen ist für die Verbindung von Schalen im Bereich der Längsnaht bereits qualifiziert, wird im Moment aber noch nicht eingesetzt. Im Türbereich, wo zur Verstärkung Dopplungen und Bleche unterschiedlicher Dicke eingesetzt werden, kann das Reibrührschweißen helfen, das Ausdünnen von Blechen durch chemische Verfahren zu verringern. Dadurch werden Herstellungsschritte verkürzt, Material gespart und das sogenannte „Fly-to-Buy“-Verhältnis kostensparend verbessert.

Durch die mit den neuen Werkstoffen mögliche Kombination mit Kriechumformen und Extrusionsverfahren

lassen sich ganze Haut-Stringer-Segmente wirtschaftlich herstellen. Der Kostenvorteil ergibt sich aus einer ebenen und damit kostengünstigen Herstellung der Stringer-Hautverbindung, die erst nachträglich durch Formprozesse in eine zylindrische oder sphärische Form gebracht werden. Durch diese neuen Herstellungsprozesse lassen sich mehrere, bisher erforderliche Herstellungsschritte einsparen.

Schadenstoleranz und hybride Werkstoffe

Hybride Werkstoffsysteme, z.B. ein Laminatverbund aus abwechselnden Lagen von Titan und CF-PEEK, bieten die Möglichkeit, die ausserordentlich hohe Festigkeit und die Gewichtsvorteile der CFK-Lagen mit der Schadenstoleranz des Titans zu verbinden. Dieses Werkstoffsystem eignet sich deshalb für diejenigen Bereiche des Flugzeugs die besonders Impact-gefährdet sind. Es bietet also Sicherheit gegen genau das Schadensereignis, das vermutlich Flug US1549 zur Notwasserung gezwungen hat – den Vogelschlag. Allein im Jahre 2007 sind 7600 Fälle von Vogelschlag dokumentiert worden, die glücklicherweise in den allermeisten Fällen unspektakulär verlaufen sind.

Um Metall-Nicht-Metall-Verbundsysteme für diesen Einsatzbereich zu ertüchtigen, untersucht das Institut für Werkstoff-Forschung unter anderem das Ermüdungsverhalten des Verbundes unter realistischen Einsatzbedingungen. Dabei zeigt sich, dass nach einer bestimmten Anzahl an Ermüdungslastwechseln die Titanlagen versagen, der Verbundaufbau aber durch die CFK-Lagen weiter zusammengehalten wird.

Neuere Entwicklungen am Institut zielen auf eine deutliche Verbesserung der Ermüdungsfestigkeit des Metalls im Verbund.

In mehreren Projekten arbeiten verschiedene DLR-Institute sowohl mit Airbus als auch mit der sich neu

formierenden Zulieferindustrie zusammen, um die genannten Themen im Bereich der angewandten Forschung weiter voran zu bringen.