

**Flugzeugbau.** Wieder hat Fokker Aerostructures ein Stück der inzwischen 90-jährigen Firmen- und damit auch Flugzeugbaugeschichte geschrieben. Im Interview blickt Arnt Offringa, R&D-Direktor des Flugzeugbauers, auf die jüngsten Erfolge zurück und erklärt, welche Entwicklungen mit Kunststoffen künftig zu erwarten sind.

# Großer Durchbruch für PPS-Composites

Arnt Offringa über thermoplastische Composites als tragende Flugzeugteile im neuen Business-Jet Gulfstream 650



Die Gulfstream G650 fliegt mit PPS-Composites

(Foto: Gulfstream Aerospace Corp.)

**?:** Der neue Business-Jet von Gulfstream, die G650 (Titelbild), hat erfolgreich den Jungfernflug absolviert. Herr Offringa, können Sie kurz beschreiben, welchen Anteil Fokker daran hat?

**Offringa:** Wir haben unter anderem die Seiten- und Höhenruder für die Gulfstream G650 entwickelt. Das Besondere: Mit der G650 ist Ende 2009 zum ersten Mal ein Flugzeug in die Luft gegangen, das in diesen tragenden Teilen auf thermoplastische Composites vertraut. Das ist ein sehr großer Durchbruch in der Luftfahrtindustrie. Bislang üblich war hier die Kombination von Duroplasten und Metallen.

**ARTIKEL ALS PDF** unter [www.kunststoffe.de](http://www.kunststoffe.de)  
Dokumenten-Nummer KU110440

**?:** Warum setzen Flugzeugbauer auf die neue Materialkombination statt auf Duroplaste?

**Offringa:** Für den Einsatz thermoplastischer Composites gibt es zwei ganz entscheidende Gründe: Erstens sparen sie bei der Fertigung Zeit und Handlingskosten, denn das sehr arbeitsintensive Nieten und Verkleben von Komponenten entfällt. Aus thermoplastischen Composites – im Fall der G650 aus Verbundwerkstoffen auf Basis des Polyphenylensulfids Fortron PPS – können großflächige Profile gefertigt werden. Diese sind rund 20 Prozent leichter als Teile aus herkömmlichen Werkstoffen wie Metall und Leichtmetall. Und genau das ist natürlich auch der zweite Vorteil. Schließlich wollen bzw. müssen alle Her-

steller heute leichtere Flugzeuge konzipieren, um den Treibstoffverbrauch pro Passagier zu senken.

**?:** Thermoplastische Composites werden ja schon etwas länger im Flugzeugbau eingesetzt. Was waren aus Ihrer Sicht die wesentlichen Meilensteine?

**Offringa:** Diese Verbundmaterialien werden seit Mitte der 80er-Jahre eingesetzt, allerdings erst einmal in recht kleinen Mengen. Dabei handelte es sich zunächst primär um einen Kohlefaser-PEEK-Verbund (Polyetheretherketon). Dassault und Airbus haben ihn etwa im Seitenruder verwendet. Ende der 80er kamen PEI-Verbunde, also Polyetherimid, hinzu, beispielsweise für Fußbodenplatten im Flugzeuginneren des Airbus-Supertransporters „Beluga“ sowie in Flugzeugen von Fokker und Dornier. Und Gulfstream brachte 1995 ein Flugzeug heraus, das in Primärstrukturbauteilen auf einen Kohlefaser-PEI-Verbund setzte.

**?:** Und wann ging das erste Flugzeug mit einem Kohlefaser-PPS-Verbund in die Luft?

**Offringa:** Das war etwa 1997 die Fokker 50. Sie hatte eine Fahrwerkstür aus PPS-Composites. Dem gingen allerdings schon seit 1992/93 Gespräche zwischen TenCate Advanced Composites, der Technischen Universität Delft in den Niederlanden und Ticona voraus. Gleichzeitig begannen bei Airbus in Großbritannien die Entwicklungen, die später zur neuen Flügel-nase beim A340 500/600 führten. Denn die aus Verbundwerkstoffen von TenCate →



**Bild 1. Mit der Gulfstream G650 heben zum ersten Mal in der Geschichte des Flugzeugbaus tragende Flugzeugteile aus thermoplastischen Composites ab**

(Foto: Fokker Aerostructures)

**?:** Sie gehen bei der Gulfstream G650 noch einen Schritt weiter, denn hier werden die thermoplastischen Composites dann in primär tragenden Flugzeugteilen im Außenbereich verwendet. Steckt da eine neue Technik, ein neues Material dahinter?

**Offringa:** Neue Technik ja, neues Material nein. Fortron PPS ist aufgrund seines passenden Eigenschaftsprofils neben PEI, PEKK und PEEK der einzige von der FAA, also der US Federal Aviation Authority, und anderen nationalen Behörden für den Flugzeugbau zugelass-

und Fokker gefertigten Profilleile ermöglichen erst die neue Formgebung der Tragflächenvorderkante, die neue „J-Nose“. Sie hat gegenüber der alten, aus Aluminium gefertigten „D-Nose“ mehrere Vorzüge: Die Bauteile sind durch bogenförmige Rippen aus PPS-Glasfaser-Composites so verstärkt, dass sie in Flugrichtung außerordentlich steif sind und gleichzeitig in der Querrichtung den Schwingungen der Tragfläche folgen können. Darüber hinaus ist die „J-Nose“ aerodynamisch geformt und so ausgelegt, dass in ihr elektrische Kabel, die Enteisungsvorrichtung und andere Systeme Platz finden. Statt der bisher üblichen fünf Aluminiumbauteile sind für die vordere Tragflächenkante nur noch zwei Konstruktionselemente notwendig.

**?:** Was war der nächste entscheidende Schritt?

**Offringa:** Der nächste große Meilenstein ist auf jeden Fall der A380, das heute größte Passagierflugzeug: Er besteht zu circa 25 Prozent aus Composites. Und bei der nächsten Flugzeuggeneration soll der Anteil dann noch einmal doppelt so hoch sein. So wird etwa der A350 mit über 50 Prozent seines Gesamtgewichts aus Faserverbundwerkstoffen voraussichtlich 2011 zum ersten Mal abheben. Und auch in der Boeing 787 Dreamliner, die 2009 zum Jungfernflug startete, sind zur Hälfte Composite-Materialien verarbeitet. Wie groß das Vertrauen in Leichtbaustrukturen ist, zeigen auch die Vorbestellungen: über 860 für den Dreamliner, knapp 500 für den A350.

**?:** Was hat diese Entwicklung in den vergangenen Jahren so forciert?

**Offringa:** Grund für diese rasante Entwicklung sind die entscheidenden Fortschritte bei Technologien und Materialien, aber natürlich auch ökonomische und ökologische Zwänge. Metalle wie Aluminium bringen mehr auf die Waage



**Bild 2. Produktion der Tragflächenvorderkanten des Airbus A380 bei Fokker Aerostructures in den Niederlanden. Die Basis für die Composite-Platten bilden Kohlenstofffasern und PPS**

(Foto: Fokker Aerostructures)

und sind, wie gesagt, aufwendiger zu verarbeiten.

**?:** Wie werden denn die großflächigen Profilleile aus thermoplastischen Verbundwerkstoffen gefertigt?

**Offringa:** Bei etwa 300°C und unter hohem Druck werden aus PPS-Folien, PPS-Matrixmaterial und faserförmigen Verstärkungsstoffen PPS-Composites (sogenannte Prepregs) hergestellt. Aus den gepressten Halbzeugen fertigen spezialisierte Zulieferer der Flugzeugindustrie wie Fokker oder auch Airbus selbst in Eigenproduktion Rippen, Versteifungen und andere Zusatzelemente. Die einzelnen Bauteile werden miteinander verschweißt und bilden eine feste, untrennbare Einheit. Dieses Verfahren macht die aufwendigen Bohr- und Nietarbeiten überflüssig und führt zu einer höheren Festigkeit und Sicherheit – gleichzeitig zu geringerem Gewicht. Zudem spart es Zeit und Kosten.

sene Thermoplast für „High Performance Composites“. Bauteile aus PPS-Composites bleiben selbst bei Temperaturschwankungen von mehr als 100°C hart, schlagfest, steif und dimensionsstabil. Außerdem zeigt sich Fortron PPS resistent gegen aggressive Medien wie Flugzeugkraftstoff, Motor- und Hydrauliköl sowie Löse- oder Frostschutzmittel. Mit seiner inhärenten Flammwidrigkeit erfüllt der Werkstoff darüber hinaus die sehr hohen Sicherheitsstandards des Flugzeugbaus, zum Beispiel die FST-Anforderungen (Flame, Smoke, Toxicity), d. h. im Hinblick auf Feuerbeständigkeit, Rauchentwicklung und Toxizität.

**?:** Dann hat sich also primär etwas bei der Technik, der Verarbeitung geändert?

**Offringa:** Das ist richtig. Die PPS-Teile für die Höhen- und Seitenruder der Gulfstream G650 (Bilder 1 bis 3) werden mit einem im Flugzeugbau neuen Schweißverfahren, dem sogenannten

Induktionsschweißen, gefertigt, das die niederländische KVE Composites Group entwickelt hat. Vereinfacht ausgedrückt ist das ein sehr exaktes Schweißen, bei dem die Bauteile wirklich nur an den Stellen miteinander verschmolzen werden, wo es nötig ist. So werden etwa Rippen aus PPS mit flächigen PPS-Teilen verschweißt. Damit sind wir jetzt wieder einen Schritt weiter und die entsprechenden Bauteile gerade auf dem Weg in die Serienproduktion.

**?:** Ist das auch der Grund für den Aufschwung faserverstärkter, thermoplastischer Kunststoffe im Flugzeugbau und damit sogar das Aus für Aluminium? Welches Material setzt sich Ihrer Ansicht nach durch?

**Offringa:** Aluminium muss sicher gewaltig Federn lassen. Ganz ohne wird es jedoch in naher Zukunft nicht gehen – auch wenn etwa Bombardier am Learjet LJ85 eine All-Composites-Rumpfstruktur entwickelt. Zukunft hat die Tape-Technologie als Herstellungsverfahren, da sie einfach wesentliche Vorteile bietet. Lange Bänder werden hier im Ultraschallverfahren verpresst und verformt. An die Tapes können andere Teile direkt und voll automatisiert angebracht werden. Das spart noch einmal Zeit. Deshalb ist das aus meiner Sicht auch die Technologie von morgen. Materialeitig wird die Reise aber von der jetzigen Route vermutlich noch etwas abweichen. Ich gehe fest davon aus, dass die Zukunft „zwischen“ den Eigenschaften von PPS und PEEK liegt. PPS stößt, obschon ein ausgezeichnetes Material, hier und da noch an gewisse



**Arnt Offringa, R&D-Direktor von Fokker Aerostructures**

Grenzen. PEEK ist zwar ein sehr guter, aber auch sehr teurer Werkstoff mit sehr hohen Schmelzetemperaturen im Autoklaven. Gelingt es nun, eine Kombination herzustellen, in der die Vorzüge der beiden Materialien zusammenkommen, haben wir die perfekte Basis für ganz neue Tapes.

**?:** Haben Sie spezielle Forschungs- oder Partnerprogramme aufgelegt, um das wachsende, zugleich aber auch sehr komplexe Wissen in Sachen Leichtbau noch schneller und gezielter von der Theorie in die Praxis zu bringen?

**Offringa:** Wir forschen in sehr viele Richtungen. Doch allein können wir nicht alles abdecken bzw. vorantreiben. Deshalb engagieren wir uns zum Beispiel gemeinsam mit Boeing, TenCate Advanced Composites und der Universität Twente in den Niederlanden. Ein „Thermoplastic Composites Research Centre (TPRC)“ wurde gegründet, um Innovationen auf Basis kostengünstiger, leichter und umweltfreundlicher thermoplastischer Composite-Technologien zu beschleunigen. Und auch Airbus arbeitet auf diesem Gebiet mit der niederländischen Flugzeugindustrie und damit mit uns zusammen, im Rahmen von TAPAS, dem „Thermoplastic Affordable Primary Aircraft Structure“-Projekt. Das heißt natürlich nicht, dass alles Wissen in einen Topf geworfen und vermengt wird. Ein paar Geheimnisse bleiben, denn auch der Wettbewerb innerhalb der Flugzeugbauer treibt Innovationen und Leichtbau voran, sodass wir alle gespannt sein dürfen.

**?:** Verraten sie uns dennoch, was schon die nahe Zukunft im Flugzeugbau Neues bringen könnte?

**Offringa:** Es ist sicher kein Geheimnis mehr, zu sagen, dass nicht nur im neuen A350 Halterungen am Rumpf, sondern auch im neuen militärischen Transportflugzeug von Airbus Military, der A400m, die Eisschutzplatten am Rumpf aus thermoplastischen Composites sein sollen. Zusätzlich ist das Höhenleitwerk im Visier der Entwickler. Insgesamt liegt, übrigens nicht nur aus meiner Sicht, die Zukunft bei der Herstellung von thermoplastischen Composites in der bereits erwähnten neuen Tape-Technologie. Dadurch wird eine kompaktere Bauweise möglich und weniger Material nötig, sodass noch einmal erheblich Gewicht reduziert werden kann. Außerdem eröffnet die Tape-Technologie ganz neue Konstruktionsmöglichkeiten, es können z. B. großflächige Strukturbauteile kostengünstiger realisiert werden.

**?:** Ist damit dann die Zukunft thermoplastischer Composites ausgeschöpft?

**Offringa:** Nein, bei Weitem noch nicht. Dann können wir in der Flugzeugindustrie erst richtig durchstarten und deutlich mehr als die 1000 PPS-Bauteile entwickeln, die etwa im A380 innen wie außen, an tragenden wie nicht tragenden Teilen verbaut sind. Unseren Konstrukteuren glänzen allein bei der Vorstellung die Augen – vermutlich ebenso wie den Werkstoffherstellern, auf die rosige Zeiten zukommen sollten. Und schließlich gibt es auch noch mehr Industriezweige, die von guten Leichtbaumaterialien profitieren. Ich denke hier nicht nur an die Automobilindustrie, auch für Windkraftanlagen, Züge, Busse oder Lkws sind leistungsstarke Composites das Leichtbau-Material der Wahl. ■

**Das Interview führte Henning Küll, Leiter Kommunikation Europe, Ticona.**

#### SUMMARY

#### BIG BREAKTHROUGH FOR PPS COMPOSITES

AIRCRAFT INDUSTRY. After 90 years in business, Fokker Aerostructures has written another chapter of company history, which is also aircraft history. Arnt Offringa is in charge of R & D at the aircraft producer. In an interview, he looks back on recent success, and explains which future developments are to be expected with plastics.

Read the complete article in our magazine

*Kunststoffe international* and on

[www.kunststoffe-international.com](http://www.kunststoffe-international.com)



**Bild 3. Den JEC-Innovationspreis der Kategorie Luftfahrt erhielten Fokker Aerostructures (NL), Gulfstream Aerospace Corporation (USA), KVE Composites Group (NL), TenCate Aerospace Composites (NL) und Ticona (D). Die Auszeichnung wurde für die Seiten- und Höhenruder aus geschweißten PPS-Composites verliehen, die im Heck der Gulfstream G650 zum Einsatz kommen**