

» Resin Transfer Molding (RTM) mit Polyurethan

Schneller zum optimierten Composite-Bauteil

Mit dem Einsatz von Polyurethan kann der RTM-Prozess generell kosteneffizienter gestaltet werden. Aus verschiedenen Gründen wird aktuell für endlosfaserverstärkte Bauteile hauptsächlich auf Epoxid gesetzt und damit anwendungsspezifisches Potenzial von Alternativen vernachlässigt.

» Prof. Dr. Gion Andrea Barandun¹

Insgesamt neun Partner aus den Ländern Schweiz, Deutschland und Österreich haben in diesem Zusammenhang das Eureka-Projekt «PRISCA: Polyurethane Reaction Injection for Structural Composite Applications» ins Leben gerufen, bei dem es um den Einsatz von Polyurethan als Matrixkomponente glasfaserverstärkter Kunststoffe im Resin Transfer Molding (RTM) Prozess geht (Bild 1). Bei diesem Verfahren werden trockene, textile Halbzeuge (z.B. Gewebe aus Glasfasern) in einer geschlossenen Form von einem flüssigen Harzsystem (in diesem Fall Polyurethan) benetzt. Nach dem Aushärten kann das fertige, stabile Bauteil entformt werden. Im Forschungsprojekt wurden verschiedene Aspekte beleuchtet und schliesslich zwei unterschiedliche Demonstratorbauteile hergestellt, um das Potenzial der Technologie aufzuzeigen. Im Zusammenspiel mit den Projektpartnern konnten alle wichtigen Bereiche von der Materialentwicklung über die prozesstechnische Umsetzung bis zur Charakterisierung und Prüfung der Komponenten vollständig abgedeckt werden.

Perfekt angepasst und effizient hergestellt

Die Firma FACC aus Österreich ist einer der grössten Zulieferer von Faserverbundbauteilen in der Luftfahrt. Unter anderem werden dort auch «Nose Cones» (Bild 2) produziert, also die Kegel, die bei jedem Triebwerk (meist mit einer Spirale versehen, um die Drehung zu signalisieren) vor-

¹ Prof. Dr. Gion Andrea Barandun, Fachbereich Faserverbundtechnik / Leichtbau, IWK, HSR Rapperswil

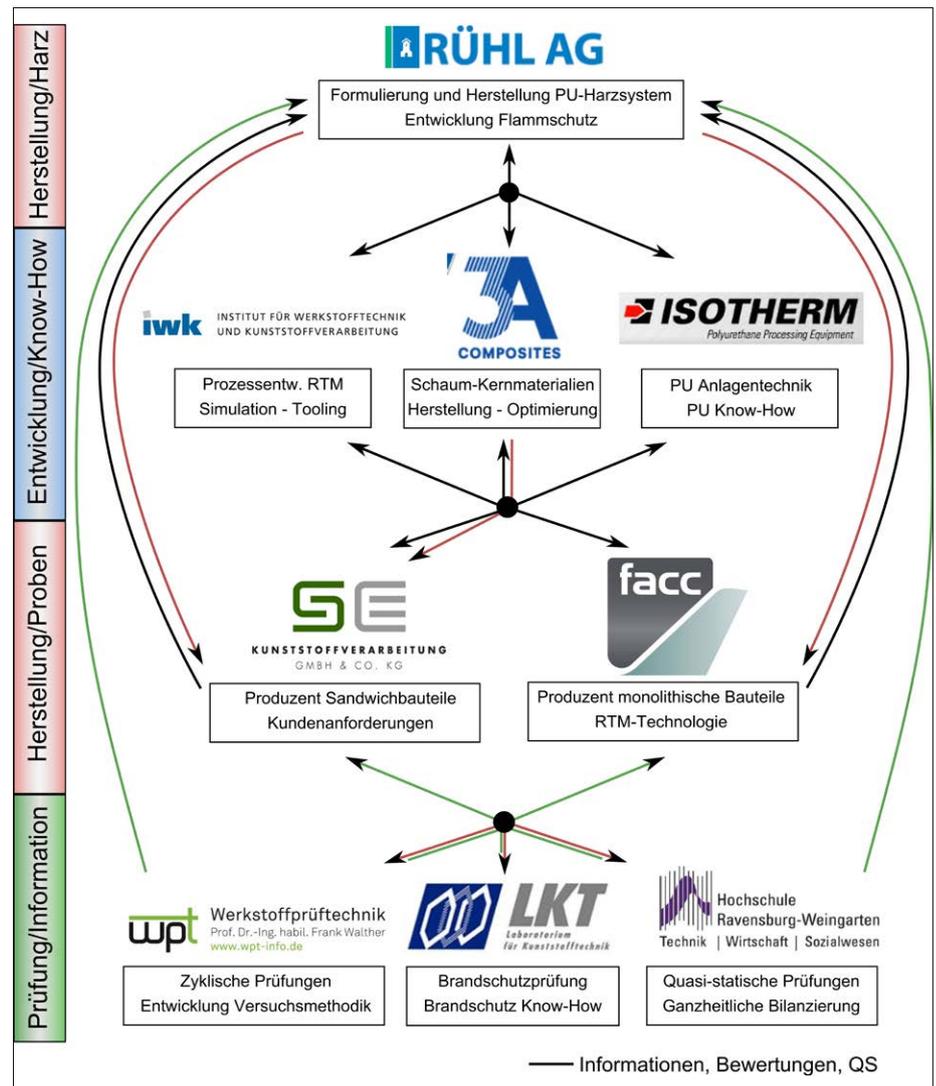


Bild. 1: Eureka-Konsortium mit allen beteiligten Projektpartnern.

ne montiert sind. Sie unterliegen sowohl quasi-statischen und zyklischen, aber im Speziellen schlagartigen Belastungen, bspw. bei Vogelschlag oder Hagel. Von daher ist an das Bauteil eine Vielzahl an Anforderungen gestellt, die durch die unterschiedlichen Temperaturen im Einsatz verstärkt werden. Der übliche Herstellungsprozess der bisherigen Nose Cones

aus glasfaserverstärktem Epoxidharz (GF-EP) findet im Prepreg-Autoklaven-Verfahren statt und ist mit einer Dauer von mehreren Tagen pro Nose Cone sehr aufwändig. Die Bauteile sind darüber hinaus mit einer Beschichtung aus Polyurethan versehen, um die Abrasionseigenschaften zu verbessern, wodurch der Aufwand zusätzlich steigt. Im Projekt wur-

Bilder: IWK

de der Nose Cone nun aus glasfaserverstärktem Polyurethan (GF-PU) hergestellt. Dabei wurde bei gleichem Lagenaufbau und Glasfasersystem das kostengünstigere RTM-Verfahren eingesetzt und optimiert (Bild 3). Diesbezüglich wurden der Volumenstrom sowie Prozessdruck und die Temperatur variiert. Neben einer deutlichen Reduktion der Zykluszeit um fast 75% werden damit auch die Eigenschaften hinsichtlich Schädigungs- und Abrasionstoleranz verbessert. Da jedes Strahltriebwerk (egal ob Businessjet oder A380) über einen Nose Cone verfügt, ergibt sich ein entsprechend grosser Absatzmarkt – für Transport- und Passagierflugzeuge rechnet man in den nächsten 20 Jahren mit über 4000 Triebwerken pro Jahr – kleinere Geschäfts- und Transportflugzeuge wurden dabei nicht berücksichtigt. Die Technologie lässt sich auch auf andere Bauteile übertragen, wodurch weitere Anwendungen absehbar sind.

Zur Bewertung der neuentwickelten Matrixkomponente aus Polyurethan sowie des RTM-Verfahrens wurde eine umfangreiche Charakterisierung durchgeführt. Dabei wurde in instrumentierten quasi-statischen, dynamischen und zyklischen Versuchen das Deformations- und Schädigungsverhalten an dem glasfaserverstärkten Polyurethan (GF-PU) sowie an der bestehenden Epoxidharzstruktur (GF-EP) untersucht und verglichen. Um die realen Bedingungen bestmöglich nachstellen zu können, wurde neben der rein mechanischen zusätzlich eine thermische Belastung aufgebracht. In Anlehnung an die realen Temperaturen während eines Flugs wurden die Versuche unter -30°C , Raumtemperatur und $+70^{\circ}\text{C}$ durchgeführt. In Compression-after-Impact-(CAI) Versuchen, in denen nach einer schlagartigen Belastung, in Form eines definierten Impacts, der Probekörper unter Druck getestet wird, konnten zwei interessante Erkenntnisse ermittelt werden: Zum einen zeigten sich leicht erhöhte Festigkeiten im Ausgangszustand für GF-EP, zum anderen konnte bewiesen werden, dass der Einsatz von Polyurethan zu einer deutlichen Verbesserung der Schadenstoleranz führt. Dies zeigte sich bei der zerstörungsfreien Prüfung der Probenplatten per Ultraschall nach dem Impact. Diesbezüglich wurden für GF-PU bis zu 30% reduzierte Delami-



Bild 2: PU-RTM Nose Cone mit Teillackierung.

nationsflächen detektiert, was durch die höhere Schlagzähigkeit des Polyurethans begründet werden konnte. Im Bereich der Ermüdung wurden hingegen Vorteile des GF-EP sichtbar. So wurden vom Bereich Prüftechnik der TU Dortmund (WPT) für alle Belastungen höhere Ermüdungsfestigkeiten bzw. in der Wöhlerkurve höhere Bruchlastspielzahlen für GF-EP ermittelt. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass eine künftige Optimierung des PU-Systems (gerade im Vergleich mit dem schon hochgradig optimierten Epoxid-System) weitere Leistungssteigerungen mit sich bringt.

Integraler Herstellungsprozess für Sandwichkomponenten

Im zweiten, parallel geführten Teil des Projektes, geht es um die Anwendung der Technologie auf ein Sandwichbauteil. Solche Strukturen bestehen aus mehreren Schichten, und zwar einem Kern (in der Mitte, aus sehr leichtem Schaum) und zwei Deckschichten (ausser, für die Stabilität und den Schutz des Kerns). Der Vorteil ist das extrem niedrige Gewicht bei gleichzeitig sehr hoher Steifigkeit. Die Herausforderungen in der Umsetzung liegen dabei vor allem im Herstellungsprozess, da das leichte Kernmaterial dem hohen Verarbeitungsdruck während des RTM-Prozesses nicht standhält. Zusammen mit der



Bild 3: RTM-Werkzeug zur Herstellung des Nose Cones am IWK.

Firma Airex in Sins wurden deshalb verschiedene Prozessversuche und Optimierungsrunden durchgeführt, um einen vorgeformten und mit Decklagen aus Glasfasergewebe belegten Schaum direkt im Werkzeug mit dem Polyurethan imprägnieren zu können. Eine typische Anwendung sind Sitzschalen, wie sie in Bahnen oder Bussen zum Einsatz kommen. Hier spielen neben dem Gewicht auch der Brandschutz sowie die Vandalensicherheit eine Rolle – beides Aspekte, die im Projekt ebenfalls berücksichtigt wurden. Es konnte nachgewiesen werden, dass mit der richtigen Materialkombination auch kommende, strengere Brandnormen erfüllt werden können. Besonders eindrücklich ist die Gewichtsersparnis im direkten Vergleich mit den heute noch häufig eingesetzten Sitzen aus Schichtholz: die neu aufgebaute Sitzschale wiegt noch etwas mehr als die Hälfte des ursprünglichen Bauteils.

Kontakt

IWK Institut für Werkstofftechnik und Kunststoffverarbeitung
Oberseestr. 10
CH-8640 Rapperswil
+41 55 222 47 70
iwk@hsr.ch
www.hsr.ch