

› Entwicklung von faserverstärkten Kunststoffbauteilen

Struktureller Composite-Wasserstofftank

Der von der europäischen Union in 2019 beschlossene «Green Deal» mit dem Ziel der Dekarbonisierung setzt die Luftfahrtindustrie massiv unter Druck. Verschiedene Projekte in der angewandten Forschung beschäftigen sich entsprechend mit neuen Antriebskonzepten. Ein Projekt der KTH (Königliche Technische Hochschule), bei dem auch das IWK involviert ist, wird im Folgenden vorgestellt.

› Prof. Dr. Gion A. Barandun¹, Urs Zimmermann¹

Im Dezember 2019 beschloss die europäische Union den «Green Deal» mit dem Ziel der Dekarbonisierung: Über alle Mitgliedstaaten und Sektoren soll bis 2050 die CO₂-Neutralität erreicht werden. Die Air Transport Action Group (ATAG) will durch CO₂-neutrales Wachstum ab 2020 und eine Reduktion um 50 % (gegenüber 2005) den Ausstoss der Luftfahrt bis 2050 ebenfalls reduzieren. Beide Vorhaben setzen die Luftfahrtindustrie massiv unter Druck, obschon in den letzten 30 Jahren grosse Fortschritte erzielt wurden. So konnten durch Optimierungen in Technik, Organisation und Flughöhe die Emissionen pro Personenkilometer um rund 50 % reduziert werden. Da allerdings in den kommenden Jahren weiteres Wachstum zu erwarten ist, werden zusätzliche Massnahmen notwendig sein.

Neue Antriebssysteme für die Luftfahrt

Die Bemühungen, um die gesteckten Ziele zu erreichen, sind verschiedenartig: So wurden bereits Elektroflugzeuge mit Batterieantrieb gebaut und bestehende Flugzeuge versuchsweise auf Wasserstoff-Brennstoffzellenantrieb umgerüstet. Genau hier setzen mehrere Projekte in der angewandten Forschung an, vor allem was Antriebe für Drohnen angeht. Die Königliche Technische Hochschule (KTH) in Stockholm

¹ Prof. Dr. Gion A. Barandun, Leiter Fachbereich Faserverbundtechnik / Leichtbau, IWK

¹ MSc. FHO Urs Zimmermann, Wissenschaftlicher Mitarbeiter Fachbereich Faserverbundtechnik / Leichtbau, IWK



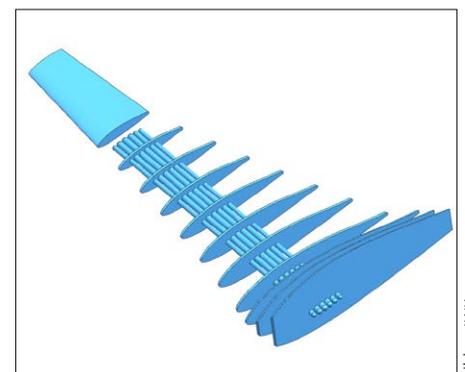
Quelle: kth.aero.com/greenraven

Bild 1: Einmeter-Version des Green Raven zur ersten Flugprüfung.

entwickelt eine fliegende Plattform zur Weiterentwicklung und Validierung neuartiger Antriebskonzepte. Das Projekt trägt den Namen «Green Raven» und soll modular aufgebaut sein, um universell für alle Forschungsbereiche nutzbar zu sein. Für den Betrieb sind rund 80g Wasserstoff nötig, die bei einem Druck von 300 bar in einem Standardtank ein Volumen von 3l einnehmen und eine Flugzeit von rund 80 Minuten ermöglichen. Die Dauerleistung der Brennstoffzelle liegt bei rund 1000 W, eine Pufferbatterie gleicht den Mehrbedarf bei Start und kurzzeitigen Ausnahmesituationen ab. Das ganze Flugzeug ist eine komplette Neuentwicklung und auf Effizienz getrimmt. Der Nurflügel (Blended Wing) mit einer Spannweite von 4 m wird daher von verschiedenen Fachbereichen der KTH gemeinsam entwickelt (Bild 1).

Eine der Herausforderungen beim Betrieb von Wasserstoff-Brennstoffzellen ist die Speicherung des äusserst flüchtigen, aber

energiereichen und leichten Gases Wasserstoff. Dabei gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten: Man kühlt das Gas auf -253°C, um es zu verflüssigen oder setzt es unter hohen Druck, um dessen Dichte zu erhöhen und es transportfähig zu machen. Für grosse Systeme, die den Wasserstoff schnell verbrauchen, wie z.B. Raketen, wird



Bilder: IWK

Bild 2: Tankstruktur nach allen Optimierungsiterationen als finale Version mit Querrippen und Wingtip.

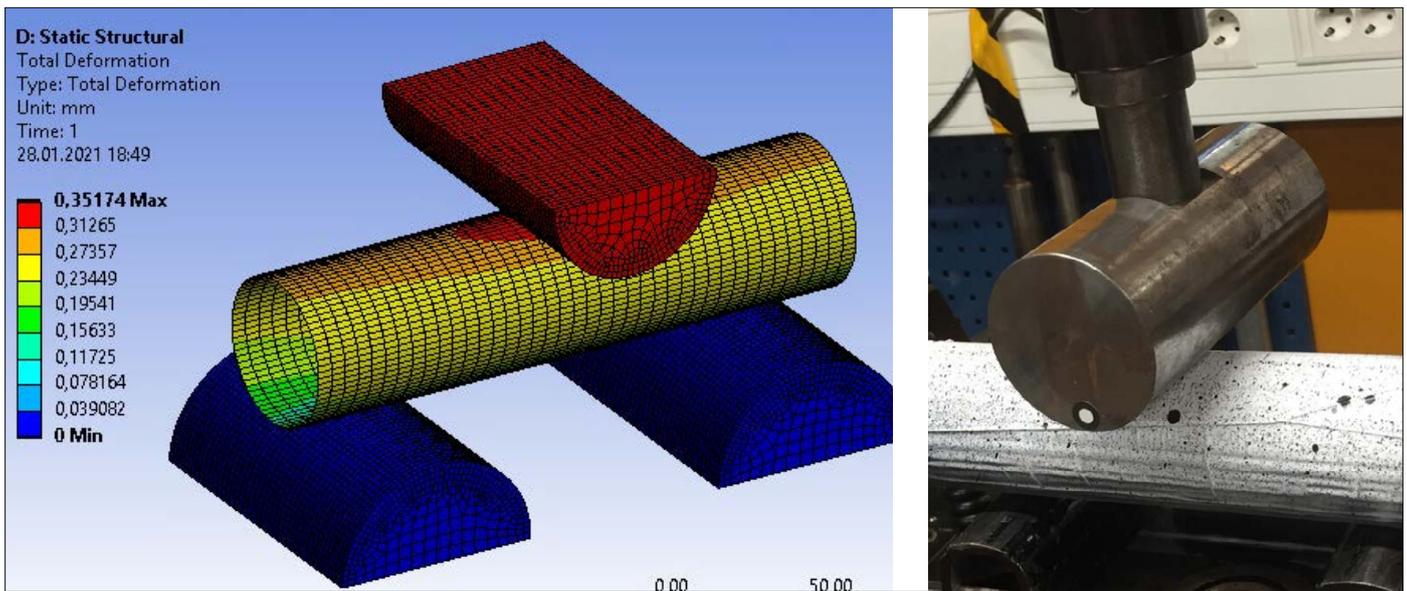


Bild 3: Biegeprüfung, Simulation und Experiment (mit eingefärbter Oberfläche für die optische Messdatenerfassung).

der gekühlte Weg gewählt. Bei kleinen Systemen, die den Treibstoff über längere Zeit lagern müssen, setzt man eher auf Drucktanks, da hier die Isolation wegfällt und die Lagerung nicht zeitkritisch ist.

Kombination von Tank und Strukturelement

Ein Drucktank, der rund 160 bar standhalten kann (Auslegungsdruck mit Sicherheitsfaktor: 420 bar), hat ein gewisses Gewicht, das der Struktur hinzugefügt wird. Um das Mehrgewicht zu reduzieren, kann man die ohnehin robuste Tankstruk-

tur als Strukturbauteil nutzen. So wurde durch die KTH ein Integraltank angestrebt – die notwendige Konzeptentwicklung wurde zusammen mit dem IWK durchgeführt.

Verschiedene Tankstrukturen- und Formen wurden untersucht. Schliesslich stellten sich den Erwartungen entsprechend die zylindrischen Tankformen als beste Lösung heraus. Mittels einer Optimierung unter Berücksichtigung des Versagensverhaltens wurden verschiedene Lagenaufbauten und Faserausrichtungen erprobt und simuliert. Die Schlussversion konnte sowohl den Innendruck sowie auch die extremen Lasten des Flugbetriebs aufnehmen und erfüllte somit die Anforderungen.

Die beste Lösung bestand aus sechs langen, zylindrischen Flügeltanks, die neben der Lagerung des Treibstoffs auch Lasten, ähnlich eines Holms aufnehmen (Bild 2). Dabei kann der eigentliche Holm weggelassen werden, was Gewicht spart. Ausserdem ist die zentrale Rumpfpattie frei für andere Systeme, wo bei konventionellen Bauweisen der Drucktank platziert würde. Für den Transport sind die Flügel abnehmbar, was Zugang zu den Tanks und deren Austausch, Wartung und Kontrolle ermöglicht. Durch das grössere Volumen (+90% im Vergleich zur ursprünglichen Lösung), das so zur Verfügung steht, erreicht der Druck nicht mehr 300 bar, sondern konnte auf 160 bar reduziert werden.

Um die Simulationsergebnisse zu validieren, wurden einfache aber aussagekräftige

Versuche durchgeführt. Durch das Rollverfahren hergestellte Rohrabschnitte stellten Tanksegmente dar, die auf Biegung belastet wurden (Bild 3), was dem dimensionierenden Lastfall bei extremen Flugmanövern entspricht. Zwei Aluminium-Endkappen ermöglichten ausserdem den Druckaufbau im Tank, um beide Lastfälle (separat) abzudecken. Mittels optischer Messung wurden die Deformationen aufgezeichnet und mit der Simulation verglichen. Obwohl die Druckbeaufschlagung begrenzt war, konnte eine gute Übereinstimmung zwischen Simulation und Experiment festgestellt werden.

Als nächste Schritte sind skalierte Modelle geplant. Während die 1-m-Version bereits fliegt, finden weitere Untersuchungen im Windkanal statt. Parallel dazu ist eine 2-m-Version in Vorbereitung, um Ende 2021 die grosse Drohne zu realisieren. Auch hier bleiben aber die Corona-Restriktionen nicht ohne Wirkung: So ist zum Beispiel der Zugang zum Windkanal erschwert, und Arbeiten im Labor sind ebenfalls nur unter Einschränkungen möglich.

Kontakt

IWK Institut für Werkstofftechnik und Kunststoffverarbeitung
 Prof. Dr. Gion A. Barandun
 OST Ostschweizer Fachhochschule
 Eichwiesstrasse 18b
 CH-8645 Rapperswil-Jona
www.ost.ch/iwk

KTH

Die Königliche Technische Hochschule (KTH) wurde 1827 gegründet und ist mit gut 13 000 Studierenden Schwedens grösste technische Universität. Ein Drittel aller schwedischen Ingenieurinnen und Ingenieure werden hier ausgebildet. Der Hauptcampus liegt in Stockholm am nördlichen Rand des Stadtzentrums. In Zusammenarbeit mit der OST konnte Urs Zimmermann vom IWK seine Masterarbeit im Rahmen eines Austauschsemesters im Departement «Aeronautical and Vehicle Engineering» bei Prof. Dr. Malin Åkermo im Fachbereich Lightweight Structures absolvieren.