

# Grüner Frachter

## Unkonventionelle Frachtflugzeuge

DIPL.-ING. KOLJA SEECKT; PROF. DR.-ING. DIETER SCHOLZ, MSME



» Das Forschungsprojekt „Grüner Frachter“, das sich mit dem Entwurf von umweltfreundlichen und kostengünstigen Frachtflugzeugen befasste, lief von Dezember 2006 bis April 2010. Die Projektpartner der HAW Hamburg waren das Institut für Flugzeugbau und Leichtbau (IFL) der Technischen Universität Braunschweig, das Airbus Future Projects Office sowie die Bishop GmbH – Aeronautical Engineers, Hamburg. Projektleiter des „Grünen Frachters“ war Prof. Dr.-Ing. Dieter Scholz, MSME, vom Department Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau der HAW Hamburg. Über die gesamte Projektlaufzeit war Dipl.-Ing. Kolja Seeckt, Absolvent des Departments Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau, als wissenschaftlicher Mitarbeiter in dem Projekt beschäftigt. Der Anteil der HAW Hamburg am „Grünen Frachter“ wurde durch das FH<sup>3</sup>-Programm des Bundesministeriums für Bildung und Forschung zur Förderung von Forschung an Fachhochschulen finanziert.

Im Rahmen des „Grünen Frachters“ wurden Gesamtentwurfsuntersuchungen von verschiedenen konventionellen und unkonventionellen Frachtflugzeugen durchgeführt. „Unkonventionell“ bezieht sich in diesem Zusammenhang zum einen auf die Flugzeugkonfiguration und zum anderen auf das Antriebssystem. So wurden neben Flugzeugen in der konventionellen Drachenkonfiguration auch Flugzeuge in der sogenannten Blended-Wing-Body-Konfiguration (BWB) entworfen und Wasserstoff als Kraftstoff untersucht.

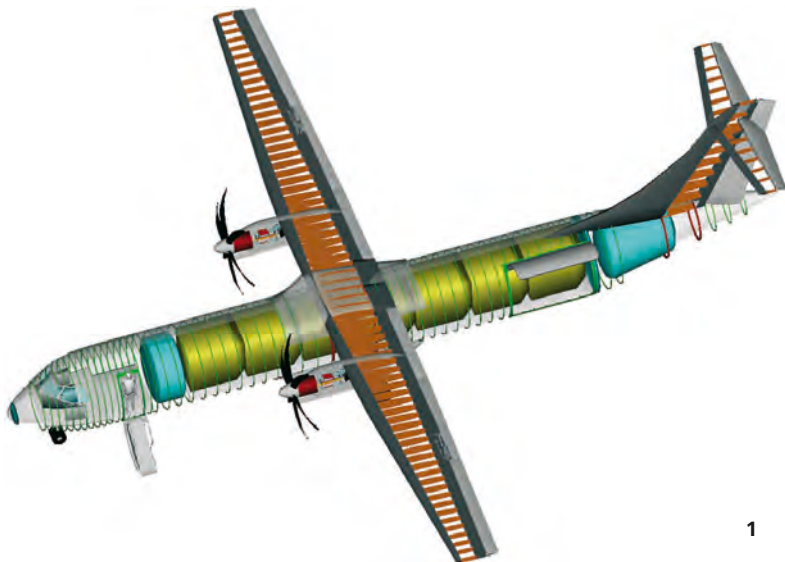
Anlass für Untersuchungen gerade dieser Aspekte waren die weltweite Energieverteilung und die zukünftige Erdölverknappung sowie

der Zwang, die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Hinblick auf den globalen Klimawandel auch in der Luftfahrt zu reduzieren. Dies zwingt die Luftfahrtbranche dazu, mittel- bis langfristig Alternativen für das heute als Kraftstoff verwendete Kerosin sowie neue, wirtschaftlichere Flugzeugkonfigurationen zu entwickeln und einzusetzen. Hierbei bietet sich Wasserstoff (LH<sub>2</sub>) als ein extremes Beispiel für einen alternativen Kraftstoff an, da er die Chance bietet, einen wirklich nachhaltig umweltverträglichen Luftverkehr zu realisieren. Die Blended-Wing-Body-Konfiguration verspricht sowohl aerodynamisch als auch strukturell Vorteile. Bei dieser Bauweise ist der breite Rumpf als Tragflächenprofil geformt, sodass er nicht nur zum Widerstand, sondern auch zum benötigten Auftrieb beiträgt (aerodynamischer Vorteil). Die Nutzlast kann über eine größere Spannweite verteilt werden und auf diese Weise die Struktur entlasten (Strukturmassenvorteil).

Vor dem Hintergrund großer prognostizierter Zuwachsraten im Bereich der jährlich weltweit transportierten Luftfrachtmenge werden Frachtflugzeuge zu einem zunehmend interessanten Marktsegment. Zudem konzentriert sich der Luftfrachtumschlag auf wesentlich weniger Flughäfen, sodass Änderungen an der Flughafeninfrastruktur bei einem zunächst testweisen und gegebenenfalls später vollständigen Umstieg von Kerosin auf Wasserstoff deutlich weniger Flughäfen betreffen würden, als wenn dieser Wechsel zunächst für Passagierflugzeuge durchgeführt würde. Ferner spielen natürlich auch psychologische Aspekte eine Rolle, wenn derart weit reichende technologische Umstellungen wie der Einsatz von Wasserstoff, die Einführung der BWB-Konfiguration oder ein pilotenloser Betrieb erstmalig verwirklicht werden sollen. Somit bieten sich Frachtflugzeuge als Wegbereiter für die Einführung der betrachteten Neuerungen an und würden sehr wahrscheinlich die ersten Anwendungen für Wasserstoff und/oder die BWB-Konfiguration sein.

Die potenziellen Vorteile von Wasserstoff gegenüber Kerosin sind hinsichtlich der Umweltfreundlichkeit die sehr saubere Verbrennung ohne CO<sub>2</sub> sowie deutlich geringere Stickoxidemissionen. Aus energiepolitischer Sicht könnte sich eine deutlich verminderte Abhängigkeit von erdölexportierenden Ländern und Regionen ergeben. Die Herausforderung bei der Nutzung von Wasserstoff als Kraftstoff ist seine extrem geringe Dichte. Zwar enthält Wasserstoff pro Masse fast dreimal

1 PrADO-Modell eines wasserstoffbetriebenen Regionalfrachtflugzeugs auf Basis der ATR 72



1

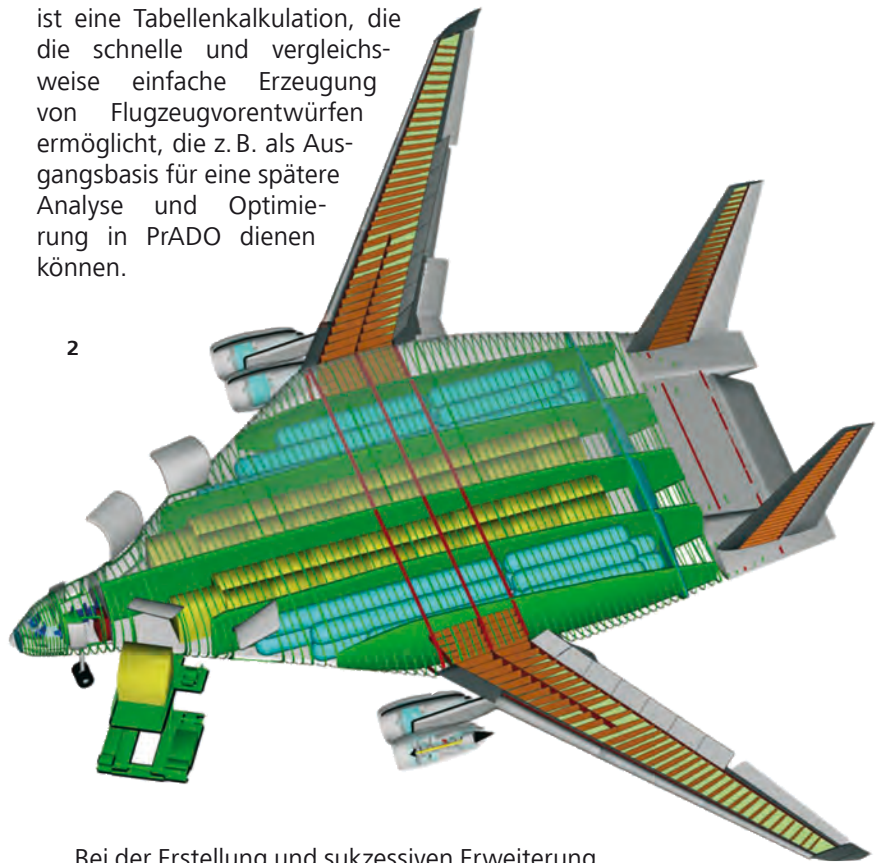
so viel Energie wie Kerosin, doch ist das für die Speicherung dieser Energiemenge benötigte Volumen ca. viermal so groß, selbst wenn der Wasserstoff bei  $-251\text{ }^{\circ}\text{C}$  (22 K) in flüssiger Form gespeichert wird. Somit besteht die Aufgabe im Entwurf von wasserstoffgetriebenen Flugzeugen darin, die resultierenden Größen- und Massennachteile durch Tanks, Isolation, Systeme und Struktur zu minimieren.

Im „Grünen Frachter“ wurden Flugzeuge verschiedener Reichweiten und Größenordnungen untersucht. Als konventionelle Referenzflugzeuge dienten hierfür die Frachtversionen der ATR 72 und der Boeing B777 als Regional- bzw. Langstreckenfrachtflugzeuge. Hierbei übernahm die HAW Hamburg die Untersuchung der Regionalflugzeuge und das IFL die Untersuchung der Langstreckenflugzeuge. **Bild 1** und **2** zeigen zwei der von der HAW Hamburg und dem IFL erstellten Modelle von wasserstoffbetriebenen Flugzeugvarianten. Sämtliche Ergebnisse des „Grünen Frachters“ hinsichtlich der untersuchten Flugzeuge unterstützen die Aussagen, dass sowohl die Verwendung von Wasserstoff als Luftfahrtkraftstoff als auch der Betrieb eines Frachtflugzeugs in der BWB-Konfiguration technisch machbar sind. Die durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass sich die Kosten des Luftverkehrs zwar vergrößern werden, doch stellt Wasserstoff einen Kraftstoff dar, der das Fliegen auch dann noch ermöglichen würde, wenn günstiges Kerosin nicht mehr verfügbar wäre. Zudem könnte der Luftverkehr unter Verwendung von Wasserstoff deutlich an Umweltfreundlichkeit gewinnen.

Das zentrale Werkzeug für die durchgeführten Entwurfsuntersuchungen war das Flugzeugentwurfs- und -analyseprogramm PrADO (Preliminary Aircraft Design and Optimisation Programme) des IFL. PrADO ist modular aufgebaut und deckt das gesamte Spektrum der am Flugzeugentwurf beteiligten Fachdisziplinen von der Geometrieerstellung und der Triebwerks-, Massen- und Strukturanalyse über die Simulation verschiedener Flugmissionen bis hin zur Betriebskostenabschätzung des untersuchten Flugzeugentwurfs ab. Bevor die genannten Untersuchungen an den neuen Flugzeugentwürfen durchgeführt werden konnten, mussten eine Reihe von Erweiterungen an PrADO umgesetzt werden. Dies waren z. B. die Erstellung eines neuen Triebwerksmoduls für die Modellierung von Turbopropantrieben sowie eine Umstellung der bisherigen Triebwerksmodule auf die Möglichkeit der Modellierung der parallelen und/oder sequenziellen Nutzung verschiedener Kraftstoffe in verschiedenen Flugphasen. Dies ermöglichte die Untersuchung von Szenarien wie z. B. der Nutzung von Wasserstoff in der Nähe des Start- und Zielflughafens und von Kerosin während des Reiseflugs. Neben PrADO wurde das Flugzeugentwurfstool PreSTo (Aircraft Preliminary Sizing Tool) der HAW Hamburg erstellt und eingesetzt. PreSTo

ist eine Tabellenkalkulation, die die schnelle und vergleichsweise einfache Erzeugung von Flugzeugvorentwürfen ermöglicht, die z. B. als Ausgangsbasis für eine spätere Analyse und Optimierung in PrADO dienen können.

2



Bei der Erstellung und sukzessiven Erweiterung von PreSTo sowie in den weiteren Arbeitsgebieten der HAW Hamburg von der Recherche zur heutigen Luftfrachtkette über die Arbeiten an und mit PrADO bis hin zur Dimensionierung des Wasserstoffkraftstoffsystems konnten sich insgesamt über 30 Studierende der HAW Hamburg sowie nationaler und internationaler Partneruniversitäten in Form von Projekt- und Abschlussarbeiten sowie Praktika einbringen. Zudem konnte Herr Seeckt im Rahmen des „Grünen Frachters“ wichtige Ergebnisse für sein kooperatives Promotionsprojekt mit der Königlich Technischen Hochschule (KTH) in Stockholm erzielen. Das Projekt „Grüner Frachter“ sowie zahlreiche Teil- und Endergebnisse wurden oder werden noch auf insgesamt sieben nationalen und internationalen Kongressen und Workshops sowie in zwei Fachzeitschriften präsentiert. Eine Ausarbeitung zur Zukunftsperspektive von Wasserstoff in der Luftfahrt bildet zudem ein Kapitel des Fachbuchs des Springer-Verlags zum Thema „The Economic, Social and Political Elements of Climate Change“, das im Sommer 2010 erscheinen wird.

Für die beteiligten Partner war der „Grüne Frachter“ ein sehr erfolgreiches Projekt. Es wurden wertvolle Informationen zu den untersuchten Flugzeugvarianten und Erweiterungen zu den verwendeten Werkzeugen erarbeitet und die gute Zusammenarbeit und Verknüpfung unterschiedlicher Forschungspartner und Organisationsformen in Norddeutschland wurde weiter gefestigt.

2 PrADO-Modell eines wasserstoffbetriebenen Langstreckenfrachtflugzeugs in Blended-Wing-Body-Konfiguration