



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

DEPARTMENT FAHRZEUGTECHNIK UND FLUGZEUGBAU

Erfolgskontrollbericht

FH3-Projekt "Grüner Frachter"

Entwurfsuntersuchungen zu umweltfreundlichen und kosteneffektiven Frachtflugzeugen mit unkonventioneller Konfiguration

Zuwendungsgeber: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
Projektträger: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen
"Otto von Guericke" e.V. (AiF)
FKZ: 1710X06
Laufzeit: 1. Sept. 2006 – 30. Apr. 2010

Dieter Scholz, Kolja Seeckt

30. April 2010

Prof. Dr.-Ing. Dieter Scholz, MSME

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Department Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau
Aero - Aircraft Design and Systems Group
Berliner Tor 9
20099 Hamburg

Tel.: 040 / 42875 - 8825
Fax: 040 / 42875 - 8829
E-Mail: info@ProfScholz.de

Dipl.-Ing. Kolja Seeckt

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Department Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau
Aero - Aircraft Design and Systems Group
Berliner Tor 9
20099 Hamburg

Tel.: 040 / 428 75 – 88 27
Fax: 040 / 428 75 – 88 29
E-Mail: kolja.seeckt@haw-hamburg.de

Dokumentationsblatt

1. Berichts-Nr. GF_WT0.1_AB_EKB	2. Auftrags-titel Grüner Frachter (Entwurfsuntersuchungen zu umweltfreundlichen und kosteneffektiven Frachtflugzeugen mit unkonventioneller Konfiguration)	3. ISSN / ISBN ---
4. Sachtitel und Untertitel Schlussbericht – Erfolgskontrollbericht FH3-Projekt "Grüner Frachter"		5. Abschlussdatum 2010-04-30
		6. Ber. Nr. Auftragnehmer GF_WT0.1_AB_EKB
7. Autor(en) (Vorname, Name) Dieter Scholz (info@ProfScholz.de) Kolja Seeckt (kolja.seeckt@haw-hamburg.de)		8. Vertragskennzeichen 1710X06
		9. Projektnummer FBMS06-004
10. Durchführende Institution (Name, Anschrift) Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg (HAW) Fakultät Technik und Informatik Department Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau Aero - Aircraft Design and Systems Group Berliner Tor 9 D - 20099 Hamburg		11. Berichtsart Schlussbericht
		12. Berichtszeitraum 01.09.2006 - 30.04.2010
		13. Seitenzahl 11
14. Fördernde Institution / Projektträger (Name, Anschrift) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) Heinemannstraße 2, 53175 Bonn - Bad Godesberg Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e. V. (AiF) Bayenthalgürtel 23, 50968 Köln		15. Literaturangaben 0
		16. Tabellen 0
		17. Bilder 0
18. Zusätzliche Angaben Sprache: Deutsch; URL: http://GF.ProfScholz.de		
19. Kurzfassung Wasserstoff wird als Energieträger auch nach dem Ende der fossilen Energieträger noch vorhanden sein. Wasserstoff als Kraftstoff in der Luftfahrt erfordert aber neue oder modifizierte Flugzeuge um das größere Tankvolumen aufzunehmen. Untersucht wurden mit Wasserstoff betriebene Regionalfrachtflugzeuge und Langstreckenfrachtflugzeuge auch in Blended Wing Body Konfiguration im Vergleich mit herkömmlichen Flugzeugversionen. Die neuen Flugzeuge sind etwas teurer in den Betriebskosten (bei energie-äquivalentem Kraftstoffpreis) sind aber umweltverträglicher. Ein Umstieg der Luftfahrt in die Wasserstofftechnologie muss eher heute als morgen beginnen, ansonsten werden die fossilen Kraftstoffe verbraucht sein, bevor der Umstieg gelungen ist.		
20. Deskriptoren / Schlagwörter Flugzeug, Flugzeugentwurf, unkonventionell, Konfiguration, Fracht, Frachtflugzeug, umweltfreundlich, Wasserstoff, Blended Wing Body		
21. Bezugsquelle HAW Hamburg, Dep. F&F, Aero, Berliner Tor 9, D - 20099 Hamburg		
22. Sicherheitsvermerk öffentlich - unbegrenzt	23.	24. Preis

Report Documentation Page

1. Report-Number GF_WT0.1_AB_EKB	2. Project Title Green Freighter (Design Evaluation of Environmentally Friendly and Cost Effective Freighters with Unconventional Configuration)	3. ISSN / ISBN ---
4. Title and Subtitle Final Report – Performance Check FH3 Project "Green Freighter"		5. Report Date 2010-04-30
		6. Performing Org. Rep. No GF_WT0.1_AB_EKB
7. Author(s) (First Name, Last Name) Dieter Scholz (info@ProfScholz.de) Kolja Seeckt (kolja.seeckt@haw-hamburg.de)		8. Contract Code 1710X06
		9. Project Number FBMBS06-004
10. Performing Agency (Name, Address) Hamburg University of Applied Sciences (HAW) Faculty of Engineering and Computer Science Department of Automotive and Aeronautical Engineering Aero - Aircraft Design and Systems Group Berliner Tor 9 D - 20099 Hamburg		11. Report Type Final Report
		12. Time Period 2006-09-01 – 2010-04-30
		13. Number of Pages 11
14. Sponsoring / Monitoring Agency (Name, Address) Federal Ministry of Education and Research (BMBF) Heinemannstraße 2, D - 53175 Bonn - Bad Godesberg Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e. V. (AiF) Bayenthalgürtel 23, D - 50968 Köln		15. Number of References 0
		16. Number of Tables 0
		17. Number of Figures 0
18. Supplementary Notes Language: German; URL: http://GF.ProfScholz.de		
19. Abstract Hydrogen will be available as energy carrier even when fossil fuels have been depleted. Hydrogen as aviation fuel requires new or modified aircraft to adapt to the necessary larger fuel tanks. Hydrogen powered regional freighter aircraft and long range freighter aircraft also in blended wing body configuration have been investigated and compared against conventional aircraft. The new aircraft show higher operating costs (assuming an energy-equivalent fuel price) but are more environment friendly. A shift from kerosine to hydrogen in aviation needs to start rather today than tomorrow. Otherwise fossil fuel could be depleted before the shift has been accomplished.		
20. Subject Terms aircraft, design, unconventional, configuration, cargo, freighter, environment, costs, fuel, hydrogen, blended wing body		
21. Distribution HAW Hamburg, Dep. F&F, Aero, Berliner Tor 9, D - 20099 Hamburg		
22. Classification / Availability unclassified - unlimited	23.	24. Price

Inhalt

	Seite
1	Ergebnis hinsichtlich der förderpolitischen Ziele des Förderprogramms 5
2	Wissenschaftlich-technische Ergebnisse, Nebenergebnisse und gesammelte Erfahrungen 8
3	Fortschreibung des Verwertungsplans 8
4	Arbeiten die zu keiner Lösung geführt haben 8
5	Präsentationsmöglichkeiten 10
6	Einhaltung der Ausgaben- und Zeitplanung 10

1 Ergebnis hinsichtlich der förderpolitischen Ziele des Förderprogramms

Für die beteiligten Projektpartner

- Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg (HAW Hamburg)
- Institut für Flugzeugbau und Leichtbau (IFL) der Technischen Universität Braunschweig
- Airbus Operations GmbH
- Bishop GmbH – Aeronautical Engineers

war das gemeinsame Forschungsvorhaben „Der Grüne Frachter“ ein sehr erfolgreiches Projekt. Es wurden wertvolle technische Informationen zu den untersuchten Flugzeugvarianten und Erweiterungen zu den verwendeten Werkzeugen erarbeitet. Die gute Zusammenarbeit und Verknüpfung unterschiedlicher Forschungspartner und Organisationsformen in Norddeutschland wurde weiter gefestigt.

Im speziellen Hinblick auf die förderpolitischen Ziele des BMBF-Programms zur Förderung angewandter Forschung an Fachhochschulen im Verbund mit der Wirtschaft (FH³) zeigen sich die folgenden Ergebnisse:

Hochschulforschungsstruktur

Am Department Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau der HAW Hamburg wurde die Forschungsgruppe Aero (Aircraft Design and Systems Group) aufgebaut. Siehe: <http://Aero.ProfScholz.de> .

Gut ausgebildete Fachkräfte

Die gewonnenen Erkenntnisse zu unkonventionellen Flugzeugkonfigurationen und –antrieben fließen in die Vorlesung "Flugzeugentwurf" an der HAW sowie ein geplantes Lehrbuch zum Thema ein, welches auf der Vorlesung aufbauen wird. Siehe: <http://FE.ProfScholz.de> .

Es wurde das Flugzeugdimensionierungs- und –vorentwurfstool PreSTo (Aircraft Preliminary Sizing Tool) geschaffen und sukzessive erweitert. PreSTo wurde zu einem HAW-internen Forschungsprojekt. Siehe: <http://PreSTo.ProfScholz.de> .

Es wurden 33 studentische Projekt- und Abschlussarbeiten von Studierenden im Rahmen des Grünen Frachters angefertigt. Es fand also eine starke Verknüpfung mit der Lehre statt.

Kooperative Promotion

Der Wissenschaftliche Mitarbeiter der HAW Hamburg, Herr Dipl.-Ing. Kolja Seeckt, wurde als Promotionsstudent an der Königlich Technischen Hochschule (KTH) Stockholm angenommen. Das Promotionsvorhaben konnte durch die Arbeiten am Projekt „Der Grüne Frachter“ erfolgreich voran getrieben werden. Der schwedische Zwischenschritt – das sogenannte „Licentiatexamen“ – konnte im Herbst 2010 erfolgreich mit der Verteidigung der Thesis abgeschlossen werden. Die von Herrn Seeckt erstellte Licentiat-Thesis kann somit zum erweiterten Kreis der Ergebnisse des Projekts „Der Grüne Frachter“ zählen. Das gleiche gilt für die Dissertation und den geplanten Abschluss der Promotion an der KTH.

Vernetzung mit Universitäten

Das Entwurfswerkzeug PrADO (Preliminary Aircraft Design and Optimization) der TU Braunschweig kommt weiterhin in der Gruppe Aero an der HAW Hamburg zum Einsatz und kann inzwischen von weiteren Mitarbeitern und Studenten bedient und erweitert werden. Das zeigt, dass die Kooperation mit der TU nachhaltig ist.

Vernetzung mit Großunternehmen

Der Grüne Frachter fand im Verbund mit Airbus (einem Grossunternehmen) statt.

Vernetzung mit KMU

Der Grüne Frachter fand im Verbund mit Bishop GmbH (einem KMU) statt. Die Firma wurde an die Forschung herangeführt. Das KMU hatte bereits gute Kontakte zum Forschungspartner Airbus. Jetzt wurden diese Kontakte ausgebaut auch auf dem Gebiet der Forschung.

Internationale Vernetzung

Über die Kontakte zur KTH wurde die Software CEASIOM (Computerised Environment for Aircraft Synthesis and Integrated Optimisation Methods) (Siehe: <http://www.ceasiom.com>) zur Untersuchung der flugmechanischen Eigenschaften eines Flugzeugentwurfs bereits im Stadium des Vorentwurfs an der HAW Hamburg eingeführt. Gemäß Absprache mit den Entwicklungspartnern von CEASIOM ist geplant, PreSTo als Modul für die Dimensionierung und den Entwurf neuer Flugzeugkonzepte anzubinden. In der weiteren Zusammenarbeit zwischen der KTH und der HAW Hamburg hat sich die wurde mit einer Masterarbeit der HAW Hamburg CEASIOM getestet und verbessert.

11 Studenten kamen an die HAW Hamburg im Rahmen eines EU-Austauschsemesters um am Projekt Grüner Frachter mit einem Projekt oder einer Abschlussarbeit mitzuarbeiten. Dies zeigt, dass die HAW Hamburg mit derartigen Projekten auch international ein interessanter Partner geworden ist.

Längerfristige Forschungsprogramme

Nach dem Projekt Grüner Frachter gelang es in der Forschungsgruppe Aero weitere geförderte Forschungsprojekte zu starten. Darunter war dann auch das Projekt Airport2030 mit einer Laufzeit von 5 Jahren.

Stärkung der Verbundfähigkeit

Mit dem Projekt Grüner Frachter, weiteren folgenden Forschungsprojekten aber auch der Anwesenheit auf Kongressen auf denen Forschungsergebnisse (u.a. vom Grünen Frachter) vorgetragen wurden, stieg die Sichtbarkeit der HAW Hamburg im Flugzeugbau. Die Organisation von Konferenzen trug weiter zur Sichtbarkeit bei. Dadurch wurde die HAW Hamburg im Flugzeugbau stärker als Partner in Verbundprojekten angesehen. Derzeit wird der Antrag in einem EU-Verbundvorhaben gemeinsam vorbereitet. Die HAW Hamburg ist als Leiter eines Arbeitspaketes vorgesehen.

Stärkung von Masterstudiengängen

Durch die Forschung wie hier am Grünen Frachter wird die Akkreditierung von Masterstudiengängen an einer Fachhochschule erst ermöglicht

2 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse, Nebenergebnisse und gesammelte Erfahrungen

"Im Erfolgskontrollbericht kann auf Abschnitte des Schlussberichts (Nrn. I. und II.) verwiesen werden." (Nr. 3.3 BNBest-BMBF). Es wird daher auf den Schlussbericht verwiesen mit den Abschnitten:

2	Eingehende Darstellung des Projekts	28
2.1	Erzielte Ergebnisse	28
2.1.1	Übersicht	28
2.1.2	Erweiterung der verwendeten Methoden und Werkzeuge	36
2.1.3	Technische Ergebnisse – Regionalfrachtflugzeuge in konventioneller Bauweise	40
2.1.4	Technische Ergebnisse – Langstreckenfrachtflugzeuge in konventioneller und unkonventioneller Bauweise	45
und		
3	Zusammenfassung	57

3 Fortschreibung des Verwertungsplans

"Im Erfolgskontrollbericht kann auf Abschnitte des Schlussberichts (Nrn. I. und II.) verwiesen werden." (Nr. 3.3 BNBest-BMBF). Es wird daher auf den Schlussbericht verwiesen mit dem Abschnitt:

2.2	Verwendung der Zuwendung	51
-----	--------------------------------	----

4 Arbeiten die zu keiner Lösung geführt haben

Beim Projektstart des Grünen Frachters wurden die Kraftstoffe LH2 und Biofuel als Drop-in-Fuel als Kerosinersatz noch als gleichwertig angesehen. Während der Projektlaufzeit kippte aber die Stimmung in der Aviation Community. Heute wird Drop-in-Fuel klar der Vorzug gegeben. LH2 wird als weniger interessant angesehen, weil andere Flugzeug und eine neue Infrastruktur für die Betankungsanlagen am Flughafen erforderlich wären. Daher muss man

sagen, dass die Relevanz von LH2 gegenüber Biofuel heute geringer ist als es dem Umfang entspricht, den LH2 im Projekt Grüner Frachter eingenommen hat.

Airbus war im Projekt für die Formulierung der Anforderungen zuständig. In Bezug auf Biofuel oder LH2 hatte Airbus zum Projektbeginn keinen einseitigen Standpunkt vertreten. Airbus ging es zum Projektbeginn um eine Untersuchung der Verwendung von Bi-Fuel. Bi-Fuel bedeutet, dass zwei verschiedenen Kraftstoffarten gleichzeitig in einem Flugzeug während eines Fluges genutzt werden können. Diese zwei Kraftstoffarten waren LH2 und herkömmliches Kerosin. Die Idee bestand darin, z. B. mit LH2 zu starten und dann den Reiseflug mit Kerosin fortzusetzen. In PrADO wurden alle Rechnungen so verallgemeinert, dass die Tanks sowohl für LH2 als auch für Kerosin genutzt werden konnten. Während des Fluges konnte dann zu jedem Zeitpunkt der Kraftstoff der Wahl verbraucht werden. Im weiteren Verlauf des Projektes konzentrierte man sich dann aber auf die Nutzung von jeweils nur einer Kraftstoffvariante. Es wurden keine Untersuchungen angestellt, um herauszufinden, mit welchem Mix an Kraftstoff und Verbrauch zu welcher Zeit ein Flugzeugentwurf optimiert werden könnte. Es war klar, dass wenn LH2 (kleine) Nachteile hat, dass diese dann noch kleiner werden würden, wenn man während des Fluges nur zeitweise mit LH2 fliegen würde. Andererseits würde man sich die vollen Nachteile des LH2 einhandeln ohne dessen Vorteile über den Flug auszuspielen. Es konnte daher recht schnell der Schluss gezogen werden, dass Bi-Fuel-Flugzeuge nicht nur die Vorteile, sondern auch die Nachteile beider Kraftstoffe vereinen und daher bestenfalls einen langsamen Umstieg der Luftfahrt auf LH2 begünstigen würden aber keine wirkliche Lösung für die Zukunft sei.

Zu Beginn des Projektes wolle Airbus eine Studie anregen über verrückte Antriebskonzepte und Kombinationen dieser Antriebskonzepte. In Ansätzen wurde dem im Projekt auch anfänglich nachgegangen. Letztlich aber wurden diese Konzepte aber keinem detaillierten Flugzeugentwurf unterzogen und nicht weiter verfolgt.

An der HAW wurde zunächst geplant ein neue Direct-Operating-Costs-Methode (DOC-Methode) als Zielfunktion des Flugzeugentwurfs zu entwickeln. Es sollte Terme in dieser Funktion geben, die insbesondere Kosten für Emissionen und Lärm abbilden. Es wurde jedoch empfunden, dass zur Projektlaufzeit noch zu wenig Eingangsparameter vorlagen, um eine Methode daraus zu generieren. Diese Arbeiten werden zu einem späteren Zeitpunkt in einem neuen Projekt wieder aufgenommen werden.

5 Präsentationsmöglichkeiten

"Im Erfolgskontrollbericht kann auf Abschnitte des Schlussberichts (Nrn. I. und II.) verwiesen werden." (Nr. 3.3 BNBest-BMBF). Die Präsentationsmöglichkeiten wurden für das Projekt Grüner Frachter gut genutzt. Eine gegliederte Darstellung ist im Schlussbericht enthalten auf die hier verwiesen wird:

Tabelle 2.5	Veröffentlichungen der Projektpartner	35
Tabelle 2.6	Vorstellungen des Projekts "Der Grüne Frachter"	36
Tabelle 2.7	Vorstellungen des Projekts "Der Grüne Frachter" auf Kongressen	36

Weitere Präsentationsmöglichkeiten wurden genutzt:

- Das Entwurfswerkzeug PreSTo (Aircraft Preliminary Sizing Tools) der HAW Hamburg wird regelmäßig in der Vorlesung Flugzeugentwurf und in der Vorlesung Flugzeugprojekt im Studiengang Flugzeugbau der HAW Hamburg präsentiert und von Studenten genutzt.
- Auch in der Verteidigung der Thesis zum Licentiatexamen von Kolja Seeckt wurde das Entwurfswerkzeug PreSTo präsentiert.
- Das Entwurfswerkzeug PrADO wird innerhalb des neuen Flugzeugentwurfsforschungsprojektes (Sonderforschungsbereich der DFG) an der TU Braunschweig an zentraler Stelle eingesetzt und dort auch präsentiert.

6 Einhaltung der Ausgaben- und Zeitplanung

Finanzierungsplanung

Es wurden Umwidmungen des Budgets vorgenommen. Das Geld wurde nicht vollständig ausgegeben. Somit konnte eine kleiner Rest an Projektmittel zurück überwiesen werden.

Zeitplanung

Zum 30. Okt. 2006 konnte Herr Dipl.-Ing. Kolja Seeckt für die inhaltliche Projektarbeit eingestellt werden. Aufgrund eines noch andauernden Beschäftigungsverhältnisses mit einem anderen Arbeitgeber umfasste Herrn Seeckts Arbeitszeit an der HAW während der Zeit vom 30. Okt. 2006 bis zum 30. Nov. 2006 zunächst 10 Stunden pro Woche. Seit dem 1. Dez. 2006 war Herr Seeckt dann in Vollzeit für das Projekt „Grüner Frachter“ angestellt.

Gegenüber der Planung wurde das vollumfängliche Gehalt des Wissenschaften Mitarbeiters daher erst mit 3 Monaten Verspätung ausgegeben. Dies erlaubte dann am Projektende auch eine kostenneutrale Projektverlängerung um sogar 8 Monate. Damit wurde die Laufzeit des Projektes um 5 Monate verlängert, was der sorgfältigen inhaltlichen Arbeit zugute kam.

Bewältigung des Arbeitsvolumens wurde erreicht durch noch stärkere parallele Bearbeitung der einzelnen Themen als geplant. Dabei wurde auf die Hilfe vieler Studierender zurück gegriffen, die mit Projektarbeiten, Abschlussarbeiten und Praktika Ihren Beitrag zum Thema Grüner Frachter.