

# Multifunktionale äußere Steuerfläche

## Entwicklung eines zertifizierungsfähigen Flugzeugentwurfsprozesses

**Christof Büskens, Matthias Otten, Zentrum für Technomathematik, Universität Bremen**

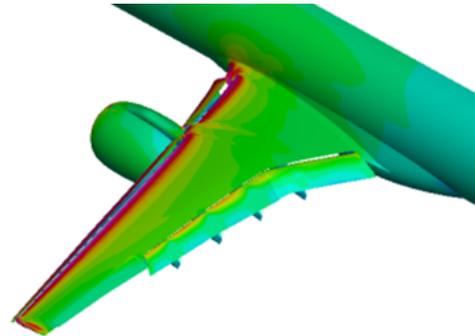
### Kurzgefasst

- Hochauftriebsaerodynamik
- Virtual Design
- Certification by Analysis

Die Entwicklung, Erprobung und Fertigung neuer Flugzeuge sind mit außerordentlich hohen zeitlichen, technologischen und finanziellen Risiken verbunden, insbesondere wenn innovative, neuartige Technologien in Verbindung mit zukünftigen unkonventionellen Flugzeugkonzepten betrachtet werden sollen. Leistungsdefizite, die erst während der ersten Testflüge erkennbar werden, Verzögerungen bei der Zulassung und zeitintensive Produktionsprozesse, z.B. aufgrund sehr frühzeitig getroffener Design-Entscheidungen, können zu erheblichen Mehrkosten führen. Diese hohen Risiken und die langen Lebens- und Produktionszyklen von Flugzeugen stehen im Widerspruch zu dynamischen Produktverbesserungen und damit zu der notwendigen Innovationsfähigkeit der Luftfahrt. Um die Potentiale neuer Technologien für einen noch sicheren, umweltfreundlicheren und wirtschaftlicheren Luftverkehr, wie es in der Luftfahrtstrategie der Bundesregierung und der europäischen Agenda "Flightpath 2050" gefordert wird, zu identifizieren, deren Einführung zu beschleunigen und um technologische Risiken zu reduzieren, sind die Entwurfs-, Entwicklungs-, Test-, Herstellungs- und Produktionsprozesse zukünftig weitaus stärker zu virtualisieren. Dazu sind sämtliche Eigenschaften des Flugzeugs in Hinblick auf eine "Gesamtsystemfähigkeit" ("Virtual-OEM") in einer physikalisch validierten Simulationssoftware abzubilden, bis hin zur schrittweisen virtuellen Teil-Zertifizierung. Dies erfolgt unter anderem im Rahmen des "Virtual Product House" (VPH), eine Initiative des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR).

Das VPH hat sich zum Ziel gesetzt, den Flugzeugentwurf ausgehend von einer Vorentwurfsdefinition über einen Detailentwurf, Fertigungsverfahren bis zum Systemtest digital abzubilden. Damit die dabei gewonnenen Daten unmittelbar für die Zertifizierung des Luftfahrzeugs genutzt werden können, müssen sowohl die verwendete Software als auch die erzeugten Daten den Ansprüchen der Zertifizierungsbehörden (EASA) genügen. Im Bereich der Hochauftriebsaerodynamik, die im Fokus des VPH steht, ist es essentiell die auftretenden physikalischen Phänomene

basierend auf hochaufgelösten Rechennetzen durch die Anwendung der Reynolds-gemittelten Navier-Stokes Gleichungen zu erfassen. Eine beispielhafte Lösung einer Strömungssimulation ist in Abbildung 1 zu sehen. Nur dadurch kann eine genaue Vorher-



**Abbildung 1:** Lösung einer Strömungssimulation mit dem DLR TAU-Code

sage der Leistungsfähigkeit des Flugzeugs im Start- und Landefall gewährleistet und ein Flugexperiment digital abgebildet werden. Die dadurch berechneten Kennwerte sind entscheidend für den Gesamtentwurf und wirken sich auf zahlreiche verknüpfte Disziplinen aus. Hierbei soll beispielsweise der Entwurf von Flügelstruktur und Klappensystemen hervorgehoben werden. Der Entwurfsprozess im VPH ist so definiert, dass die Auslegung auf Grundlage der berechneten aerodynamischen Lasten erfolgt. Hierbei gilt, je genauer die Vorhersage der am realen Flugzeug auftretenden Lasten mit Hilfe eines numerischen Strömungslösers ist, desto kleiner sind die Unsicherheiten der davon abgeleiteten Auslegungsprozesse. Die Minimierung dieser Unsicherheiten ist essentiell für die spätere Bewertung des Gesamtentwurfs und kann über den Erfolg und die weitere Umsetzung des Flugzeugentwurfs entscheiden. Hierbei gilt es, möglichst früh potentielle Schwachstellen des Flugzeugentwurfs zu erkennen und den Entscheidungsträgern eine minimale Unsicherheit in den erzeugten Daten zu gewährleisten.

Für die Bestimmung der aerodynamischen Flugeigenschaften und Lasten wird der DLR TAU-Code verwendet. Der TAU-Code [1] ist ein numerischer Strömungslöser, der am Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik des DLR entwickelt wird. Er basiert auf einem Finite-Volumen Ansatz zur Lösung der kompressiblen drei-dimensionalen Reynolds-gemittelten Navier-Stokes (RANS) Gleichung. In der Vergangenheit, wurde der TAU-Code umfangreich an unterschiedlichen Hochauftriebskonfigurationen getestet und validiert. Hierbei ist die Teilnahme an

dem *AIAA High-Lift Prediction Workshops* [2][3][4] zu nennen als auch das Projekt *HINVA* (High lift INflight Validation) [5] [6]. Speziell das *HINVA*-Projekt zielte auf eine Validierung des TAU-Codes anhand von Flugversuchsdaten ab. Dafür wurden in Kooperation mit Airbus Operations umfangreiche Flugexperimente zur Datenerhebung durchgeführt, welche später zur Validierung des TAU-Codes genutzt wurden. Folglich konnte die Vorhersagegenauigkeit des Hochauftriebsverhaltens durch die numerische Simulation weiter verbessert werden.

Für das VPH-Startprojekt "Multifunktionale äußere Steuerfläche" sind die aerodynamischen Lasten für bis zu vier Hochauftriebskonfigurationen bei unterschiedlichen Manövern zu berechnen. Darüber hinaus soll eine neue Hochauftriebskonfiguration ausgelegt und bewertet werden. Dieses umfasst die Untersuchung von vier verschiedenen Konfigurationen für jeweils Start- und Landemanöver, welche über den gesamten Anstellwinkelbereich bis hin zur Strömungsablösung betrachtet werden müssen.

#### Projektpartner

DLR, Airbus Operations, FFT, Liebherr, IABG

#### Förderung

EU Programm EFRE Land Bremen 2014-2020

#### WWW

[http://www.math.uni-bremen.de/zetem/cms/detail.php?template=parse\\_title&person=ChristofBueskens](http://www.math.uni-bremen.de/zetem/cms/detail.php?template=parse_title&person=ChristofBueskens)

#### Weitere Informationen

- [1] Schwamborn, D., Gerhold, T., Heinrich, R.: The DLR TAU-Code: Recent Applications in Research and Industry, *ECCOMAS CFD* (2006).
- [2] Crippa, S. und Melber-Wilkending, S. und Rudnik, R.: DLR Contribution to the First High Lift Prediction Workshop, *49th AIAA Aerospace Sciences Meeting* (2011).
- [3] Rudnik, R. und Melber-Wilkending, S.: DLR Contribution to the 2nd High Lift Prediction Workshop, *SciTech 2014* (2014).
- [4] Rudnik, R. und Melber-Wilkending, S. und Huber, K. C. und Crippa, S.: DLR's Contributions to the AIAA High Lift Prediction Workshop Series to conclusions, (2016).
- [5] Rudnik, R. und Schwetzler, D.: High lift INflight Validation (HINVA), *SciTech 2016* (2016). doi: 10.2514/6.2016-0041
- [6] Rohlmann, D. und Keye, S.: Stall Maneuver Simulation of an elastic Transport Aircraft based on Flight Test Data, *33rd AIAA Applied Aerodynamics Conference* (2015).