

Das Konzept

“Advanced Adaptive Airplane Technologies A³T“

Wolfgang Send



- Ursprung und Motivation
- Was ist das *Advanced Adaptive Airplane*?
- Globale Ziele
- Was verspreche ich selbst mir davon?
- Das Konzept: Etwas genauer betrachtet

Aktuelle Titel wie *Traum vom Fliegen* und *Faszination Fliegen* weisen auf ein ungebrochenes, breites öffentliches Interesse.

- **Ursprung und Motivation**
- Was ist das *Advanced Adaptive Airplane*?
- Globale Ziele
- Was verspreche ich selbst mir davon?
- **Das Konzept: Etwas genauer betrachtet**

Lilienthals Bilder sind zu einem “Leuchtturm” geworden. Eigene Vorträge zur *Physik des Fliegens* seit Jahren als Informationsbörse.

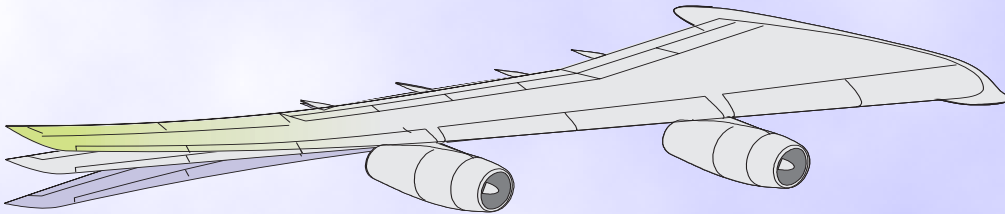
Zusammenarbeit mit Zoologen seit fast 15 Jahren, wesentliche Einsichten in die grundlegenden Mechanismen gewonnen. Ergebnis:

Natur von überlegener und unerreichbarer Leistungsfähigkeit in ihrem Bereich: Werkstoffe, Strömungsmechanik, Flugsteuerung, vor allem aber hinsichtlich der Adaptionfähigkeit des Flugapparats.

Aber: Tiere transportieren nur sich selbst, die Größe der fliegenden Lebewesen ist beschränkt und Flugbereich ist nur der Unterschall.

Es gibt gute Gründe für diese Beschränkungen, aber: Sind die Beschränkungen unüberwindlich oder lassen sich die durch die Evolution hochgezüchteten Techniken - wenigstens teilweise - konstruktiv nutzen?

Der Name des Konzepts ist zweiteilig:
“Advanced Adaptive Airplane” und
“Technologies”



“Advanced Adaptive Airplane”

Das “Advanced Adaptive Airplane” benutzt aktive Strukturen zur Erzeugung einer Biege-/Torsionsbewegung im Bereich der Flügelspitze.

Hypothesen:

- (1) Die Effekte reduzieren den Widerstand im Flügel-schnitt bis hin zur subsidiären Schuberzeugung.
- (2) Die dynamische Auffächerung der Flügelspitze reduziert den induzierten Widerstand.

- Ursprung und Motivation
- Was ist das *Advanced Adaptive Airplane*?
- Globale Ziele
- Was verspreche ich selbst mir davon?
- Das Konzept: Etwas genauer betrachtet

Die “Technologies” sind die Werkzeuge zur Überprüfung der Hypothesen.

Das Konzept beginnt mit den notwendigen Studien zur Machbarkeit, theoretisch und praktisch.

Es besteht aus einer Serie von Experimenten, die im Bau eines flugfähigen Versuchsträgers gipfeln.

Der Versuchsträger erzielt den Schub ausschließlich mit einem **Biege-/Torsionsantrieb**.





Geplanter Versuchsträger ist eine flugtaugliche **Drohne von 12 m Spannweite**. Zunächst gebundener Flug, später Freiflug.

Spannweite ausgelegt für Messungen am Halbflügel im DNW.

Modularer Aufbau des Flugmodells. Rumpf, Tragflächen- und Leitwerksegmente austauschbar. Unterschiedliche **adaptive Techniken** einsetzbar.

Biege-/Torsionsantrieb - eventuell mit zusätzlichen Starthilfen.

Vorlaufexperimente am Ganzmodell 1:10. Halbspannweite für TWG-Versuche geeignet.

Im Maßstab 5:1 Prüfung der Übertragbarkeit auf Transportflugzeuge.

- Ursprung und Motivation
- Was ist das *Advanced Adaptive Airplane*?
- Globale Ziele
- Was verspreche ich selbst mir davon?
- Das Konzept: Etwas genauer betrachtet

Flugtaugliche Drohne A ³ T	12 m
Halbmodell für DNW	6 m
Vorversuche Modell 1:10	1.2 m
Halbmodell Vorversuche TWG	0.6 m
<i>High Lift Flow</i> Halbmodell 1:100	0.06 m
Transportflugzeug 5:1	60 m

Die untersuchten Spannweiten in A³T

Globale Ziele

- Entwicklung und Erprobung adaptiver Technologien im Flügelbau
- Flugfähiges Ganzmodell
- Widerstandsreduzierung bis hin zur subsidiären Schuberzeugung

Fünf primäre Ziele

- Erprobung von Sensortechniken zur adaptiven Regelung im Flug und Entwicklung der zugehörigen Regelungstechnik
- Entwicklung und Verifizierung der Methoden zur Kopplung von Fluid und Struktur, vor allem bei größeren Amplituden
- Überprüfung von Vorhersagen aus CFD-Rechnungen für die globalen Beiwerte des fliegenden Ganzmodells
- Bewertung der Auswirkung adaptiver Maßnahmen auf das Ganzmodell im Vergleich zwischen Theorie und Experiment
- Untersuchung des Einflusses kontinuierlicher Bewegung der Tragflächen auf das Widerstandsverhalten, sowohl auf den Widerstand im Flügelschnitt wie auf die induzierte Wirbelschlepe des Ganzmodells

- Ursprung und Motivation
- Was ist das *Advanced Adaptive Airplane*?
- **Globale Ziele**
- Was verspreche ich selbst mir davon?
- Das Konzept: Etwas genauer betrachtet

A. Zusammenwirken in einer größeren Arbeitsgruppe mit Beiträgen aus verschiedenen Disziplinen ist sehr produktiv und konstruktiv.

B. Angesichts vielfältiger und gleichberechtigter Forschungsoptionen in einer auf Luftfahrt ausgerichteten Grundlagenforschung vermittelt ein "höheres" Ziel eine begründete Auswahl und Gewichtung der eigenen Arbeiten.

C. In der wechselseitigen Ausrichtung der Beiträge liegt nicht nur eine Hilfestellung, sondern auch ein Kompetenzzuwachs durch Verbreiterung der eigenen Wissensbasis.

Das Projekt ADIF ist ein gutes Beispiel für A. bis C., aber der "Konvergenzpunkt" liegt außerhalb bei der möglichen Verwendung der Einzelbeiträge in einem kommerziellen Luftfahrzeug. Die Arbeiten wachsen aufeinander zu, aber eine technisch-wissenschaftliche Verschränkung - und Konvergenzprüfung - unterbleibt in wesentlichen Zielen.

Schlussfolgerung

Die Schlüsseltechniken Regelung adaptiver Strukturen mit signifikantem Leistungseintrag zusammen mit Kopplung von Fluid und Struktur brauchen eine Verschränkung und Konvergenzprüfung in einem realen Fluggerät!

- Ursprung und Motivation
- Was ist das *Advanced Adaptive Airplane*?
- Globale Ziele
- Was verspreche ich selbst mir davon?
- Das Konzept: Etwas genauer betrachtet



Die Schlüsseltechniken "Regelung adaptiver Strukturen mit signifikantem Leistungseintrag" zusammen mit "Kopplung von Fluid und Struktur" brauchen eine Verschränkung und Konvergenzprüfung in einem realen Fluggerät!



- Ursprung und Motivation
- Was ist das *Advanced Adaptive Airplane*?
- Globale Ziele
- Was verspreche ich selbst mir davon?
- Das Konzept: Etwas genauer betrachtet

A3T ist eine solche Konvergenzprüfung, die Nagelprobe, ob die verschiedenen Forschungsbeiträge wirklich ineinandergreifen.

D. Die Beherrschung des Schlagantriebs ist eine wissenschaftlich-technische Herausforderung. In den USA und in Kanada wird an verschiedenen Stellen daran geforscht¹. Das militärisch motivierte MAV-Programm² hat der Forschung in den USA einen deutlichen Impuls verliehen.

E. Das **Konzept von A3T** verfolgt einen **Biege-/Torsionsantrieb**. Der Leistungseintrag erfolgt über aktive Elemente im Flügel (also kein "Schlagflügel", wie er in der Natur zu finden ist). Dieses Antriebsprinzip ermöglicht die Überführung in die flugtechnische Nutzung bei Transportflugzeugen.

F. Dynamische Vorgänge an den Flügelenden sind ein bislang nicht erforschtes **Potential für Widerstandsverminderung**, sowohl bezüglich des Profilwiderstands wie im Hinblick auf den minimalen **Energieinhalt der Wirbelschleppe**. Der **Zerfall der Wirbelschleppe** könnte durch dynamische Einflüsse begünstigt werden.

¹ Am Institute for Aerospace Studies der University of Toronto steht ein bemanntes Schlagflügelflugzeug auf der Landebahn.

² MAV-Programm: Micro Air Vehicles (maximal 6 Zoll Spannweite); 12 Mio US-Dollar.

Konzept



Projekt A3T - Technische Seite -

Modell
im Rechner

Flugfähiges
Ganzmodell

Ableich Auslegung

Rechner
"Virtueller Flug"

Flugversuch
"Realer Flug"

- Vollständig simuliert! -

- Gleiche Bedingungen -

Vergleich der Befunde

Bewertung der adaptiven Techniken
Prüfung der Übertragbarkeit

- Ursprung und Motivation
- Was ist das *Advanced Adaptive Airplane*?
- Globale Ziele
- Was verspreche ich selbst mir davon?
- Das Konzept: Etwas genauer betrachtet

Das Konzept A3T fordert und fördert aktuelle Forschungsgebiete:

- Aktive Materialien
- Kopplung Fluid und Struktur
- Auslegung adaptiver Flügel
- Regelung mit Sensoren

Vor allem auch:

- Braunschweiger und Göttinger Kollegen sind interessiert.
- Mit mehreren Hochschulen besteht eine Zusammenarbeit.
- In hohem Maße findet eine fachliche Integration statt.





So könnte man anfangen:

Experimentell

- Vorversuche am Ganzmodell 1:10 für den Leistungseintrag, großer Rundlauf
- Windkanalversuche im TWG an einem 2D-Flügel, der existiert
- Bau eines 3D Halbmodells 1:10 für TWG
- PIV-Messungen am Halbflügel 1:100, Kinematische Analysen von Tierflügeln

Theoretisch

- Nachweis der Basiseffekte am 2D-Flügelchnitt mit Navier-Stokes Rechnungen
- 3D-Modell mit vorgegebenen Schwingungsformen, NS Rechnung instationär
- Fluid-Struktur-Kopplung 3D Halbmodell und Ganzmodell subsonisch
- Vergleichsrechnungen zur Kopplung mit Euler und Grenzschichtverfahren
- Techniken zur Kopplung bei großen Amplituden
- Elastomechanische Berechnungen zum Ganzmodell 1:10

- Ursprung und Motivation
- Was ist das *Advanced Adaptive Airplane*?
- Globale Ziele
- Was verspreche ich selbst mir davon?
- Das Konzept: Etwas genauer betrachtet

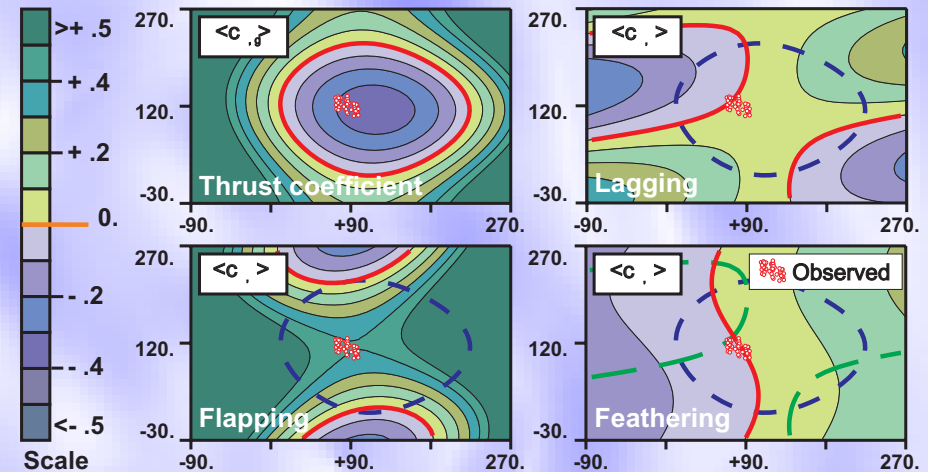
● ● ● **Vorlagen für das Konzept A3T**

**Drei exemplarische Ausrichtungen.
Praxisnah, grundlagenorientiert, theoretisch.**

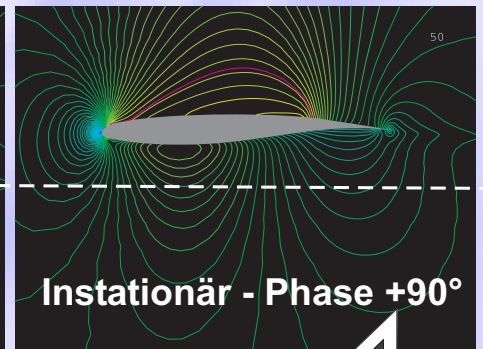
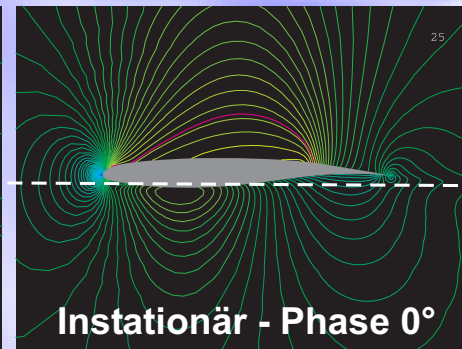
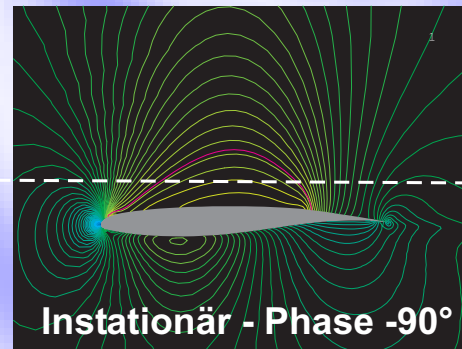
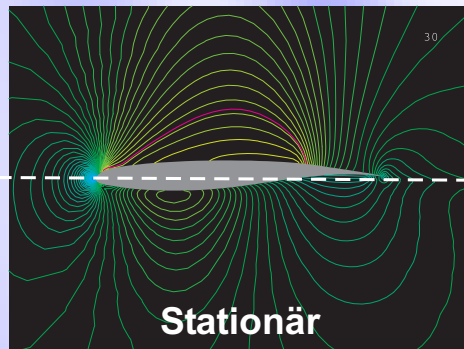


**Full-Scale Piloted Ornithopter
Prof. J.D. DeLaurier - University of Toronto**

- **Ursprung und Motivation**
- **Was ist das *Advanced Adaptive Airplane*?**
- **Globale Ziele**
- **Was verspreche ich selbst mir davon?**
- **Das Konzept: Etwas genauer betrachtet**



**Leistungsbeiwerte bei Insekten - Theorie und Experiment
Universität Göttingen - Labor Prof. W. Zarnack**



**Schuberzeugung mit dem Profil eines transsonischen Transportflugzeugs
2D-Euler-Rechnung: Programm Dr. V. Carstens (WB-AE; entstanden 1990)**