



Technische Universität München

# LEHRSTUHL FÜR AERODYNAMIK TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

**Seminar für Strömungstechnik  
Wintersemester 2009/10**

**Ort:** Technische Universität München, Garching, Boltzmannstr. 15  
Seminarraum des Lehrstuhls für Aerodynamik  
Gebäude 6, 1. Stock, Raum 1639  
<http://www.mw.tum.de/index.php?contentpath=n3/n565>

**Zeit:** Dienstags, 16.30 Uhr

## Vortragsprogramm

Donnerstag, 1. Oktober 2009

**Prof. Xijun Yu**

Laboratory of Computational Physics, „Local Discontinuous Galerkin Method for  
Institute of Applied Physics and Parabolic Interface“  
Computational Mathematics,  
Beijing, China

3. November 2009

**Prof. Dr.-Ing. Siegfried Wagner**

Institut für Aerodynamik und  
Gasdynamik  
Universität Stuttgart

„Numerische Simulationen der instationären  
Strömungs-Struktur-Wechselwirkungen an  
Hubschrauberrotoren mittels Höchstleistungs-  
rechnern“

10. November 2009

**Prof. Dr.-Ing. E.H. Hirschel**

Universität Stuttgart und früher  
EADS Military Aircraft, München

„Das Oswatitsch'sche Machzahl-Unabhängig-  
keitsprinzip und die Nickmomenten-Anomalie  
beim Erstflug des Space Shuttle Orbiters“

9. Februar 2009

**Prof.Dr.-Ing.habil. Jochen Fröhlich** „tbd“  
Institut für Strömungsmechanik  
Technische Universität Dresden

Garching, den 27. Oktober 2009

Die Dozenten

**Adams Friedrich**

und wissenschaftliche Mitarbeiter

## Kurzfassungen der Vorträge

### Prof. Xijun Yu:

*“Local Discontinuous Galerkin Method for Parabolic Interface“*

In this talk, we give the so-called minimal dissipation local discontinuous Galerkin method for solving the parabolic interface problems. The interfaces are of arbitrary shape but are smooth. We prove that the proposed method is  $L^2$  stable and the error estimate of linear Galerkin methods in the energy norm is of order  $O(h^2)$  for 1D and  $O(h |\log h|^{1/2})$  for 2D respectively. Numerical experiments are given to verify the efficiency and accuracy of the method.

### Prof. S. Wagner:

*“Numerische Simulationen der instationären Strömungs-Struktur-Wechselwirkungen an Hubschrauberrotoren mittels Höchstleistungsrechnern“*

Das Strömungsfeld eines Hubschrauberrotors im Vorwärtsflug ist in hohem Maße dreidimensional und instationär, es ist transsonisch an der Spitze des vorlaufenden Rotorblattes und kann durch Rückanströmung sowie mögliche dynamische Abreißeffekte am rücklaufenden Blatt beeinträchtigt werden. Das Rotorblatt reagiert auf diese instationäre und unsymmetrische Anströmung mit Schlag-, Schwenk- und Torsionsbewegungen. Da diese Bewegungen ihrerseits die Aerodynamik beeinflussen, ist eine gekoppelte Behandlung der Aerodynamik und Rotordynamik zwingend erforderlich. Eine Möglichkeit der numerischen Simulation dieser komplexen Strömungs-Struktur-Wechselwirkung besteht in der Anwendung von Koppelschemata, die separate Aerodynamik- und Dynamik-Programmmodule verbinden. Der Vorteil ist, dass jedes Modul höchst ausgereift und im Vorlauf ausgetestet sein kann. Das sehr bedeutende Element ist in diesem Fall der Kopplungsalgorithmus, der für die Genauigkeit und Stabilität der gesamten Koppelprozedur verantwortlich ist. Da speziell die numerische Simulation des komplexen Strömungsfeldes eine hohe Auflösung des Rechengitters erforderlich macht, ist der Einsatz von Höchstleistungsrechnern unabdingbar.

Die auftretenden Strömungsbedingungen, Blattbewegungen und strukturellen Phänomene an einem Hubschrauberrotor werden diskutiert. Die Grundgleichungen sowohl für die Strömung als auch für die Dynamik sowie die zugehörigen numerischen Lösungsverfahren zur Simulation der Aerodynamik, Dynamik und der Wechselwirkungseffekte werden angesprochen. Es wird gezeigt, dass speziell gestaffelte Koppelschemata zweiter Ordnung in der Zeit durch eine geeignete Behandlung des kompletten Simulationswerkzeugs verwirklicht werden können, was für eine zeitgenaue Simulation des aeroelastischen Verhaltens eines Hubschrauberrotors im Vorwärtsflug unabdingbar ist. Es wird bewiesen, dass immer mehr Einblicke in die komplexen Strömungsstrukturen, dynamischen Bewegungen und elastischen Deformationen des Rotorblattes durch die wachsende Kapazität von Höchstleistungsrechnern, sowohl was die Speicherkapazität als auch die Rechenleistung betrifft, gewonnen werden können. Die wachsende Vorhersagegenauigkeit des Koppelschemas von Aerodynamik und Strukturmechanik, welche durch die zunehmende Leistungsfähigkeit der Höchstleistungsrechner in den letzten Jahren ermöglicht wurde, wird durch Vergleich mit Windkanal- und Flugmessungen demonstriert.

**Prof. E.H. Hirschel:**

*“Das Oswatitsch’sche Machzahl-Unabhängigkeitsprinzip und die Nickmomenten-Anomalie beim Erstflug des Space Shuttle Orbiters“*

Das Machzahl-Unabhängigkeitsprinzip von K. Oswatitsch wird erläutert und die wichtigsten Folgerungen daraus werden angegeben. Es folgt die Darstellung der „Nickmomenten-Anomalie“ beim ersten Wiedereintritts-Flug des Space Shuttle Orbiters (14. April 1981). Im Hyperschall war ein Ausschlag der Trimmklappe erforderlich, der mehr als doppelt so groß war wie vorhergesagt. Alle anderen aerodynamischen Beiwerte (außer dem Normalkraft-Beiwert) waren in sehr guter Übereinstimmung mit den vorhergesagten Werten. Charakteristische Daten zu diesem Problem werden mitgeteilt, Schwerpunkt- und Luftangriffspunktlagen des in der Längsbewegung instabilen Fluges werden diskutiert. Mit Hilfe von Ergebnissen numerischer Untersuchungen der Strömung um den Orbiter wird gezeigt, wie die Diskrepanzen entstanden sind, und worauf sie zurückgeführt werden können. Die bereits früh geäußerte Vermutung, dass Hochtemperatur-Realgaseffekte die Anomalie hervorgerufen haben, wird im Licht des Unabhängigkeits-Prinzipes bestätigt. Eine einfache Analyse lässt vermuten, dass es ein „günstiges“ Wand-Machzahl-Intervall gibt, in dem Unabhängigkeit sowohl von der Flug-Machzahl als auch von Hochtemperatur-Realgaseffekten besteht.

**Prof. J. Fröhlich:**

“NN“