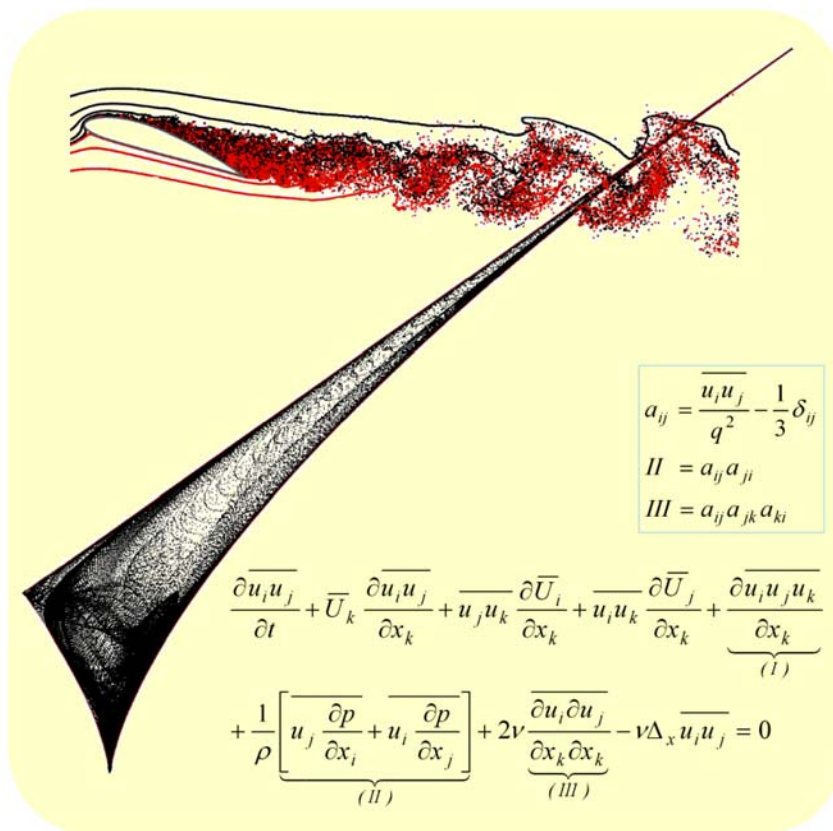


Kurzlehrgang

TURBULENZ

Physik der Turbulenz und
Turbulenzmodellierung

1. – 4. März 2010



LEHRSTUHL FÜR STRÖMUNGSMECHANIK

Prof. Dr.-Ing. A. Delgado

Campus Wissenschaftliche Weiterbildung (CWW)

Kurzlehrgang

an der
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

veranstaltet vom:

Lehrstuhl für Strömungsmechanik
Universität Erlangen-Nürnberg
Cauerstr. 4, 91058 Erlangen
Tel.: 09131-85-29501

in Zusammenarbeit mit:

Campus Wissenschaftliche Weiterbildung (CWW)

Sapienza University of Rome
Department of Mechanics and Aeronautic
via Endossiana 18
00184 Italy
Tel.: +39 06 4991 8585

Institut für Mechanik
Helmut-Schmidt-Universität Hamburg
Holstenhofweg 85
22043 Hamburg
Tel.: 040-6541-2724

Center of Smart Interfaces
Technische Universität Darmstadt
Petersenstr. 32
64287 Darmstadt
Tel.: 06151-166205

Fachgebiet Strömungslehre und Aerodynamik
Technische Universität Darmstadt
Petersenstr. 30
64287 Darmstadt
Tel.: 06151-163554

CD-adapco, Nürnberg Office
Am Nordostpark 3-5
90411 Nürnberg
Tel.: 0911-94643 62

EINFÜHRUNG UND DARSTELLUNG DES KURSIHALTES

Laminare Strömungen erweisen sich als Sonderfälle in der strömungsmechanischen Praxis. Die meisten Strömungen verhalten sich turbulent, und die physikalischen Grundlagen der Turbulenz stellen somit eine wichtige Voraussetzung für Behandlungen von praxisrelevanten Strömungsvorgängen dar. Bei turbulenten Strömungen überlagern räumlich und zeitlich unregelmäßige Strömungsfluktuationen das mittlere Strömungsfeld. Solche Fluktuationen führen im Allgemeinen zur Erhöhung des Wärme- und Stoffübergangs, aber auch zur Erhöhung von Druckverlusten in durchströmten Rohren oder zur Widerstandserhöhung bei umströmten Körpern. Bei der Auslegung strömungsmechanischer Anlagen gilt es, die turbulenzbedingten Vorgänge verlässlich zu erforschen. Die Behandlung turbulenter Strömungsvorgänge bildet somit ein wichtiges Gebiet der Strömungspraxis.

Der vorliegende Kurzlehrgang soll sich mit den physikalischen Grundlagen der Turbulenz beschäftigen und aufzeigen, welche experimentellen und numerischen Methoden vorliegen, um turbulente Strömungen zu behandeln. Es wird eine Einführung in diese Methoden gegeben und aufgezeigt, wie sie zur Gewinnung wichtiger Informationen über turbulente Strömungen eingesetzt werden können.

BEHANDELTE TEILGEBIETE

Der Kurzlehrgang beinhaltet verschiedene, je aufeinander abgestimmte Teilgebiete der Turbulenz, so dass über eine Einführung und die Anwendung von Mess- und Berechnungsverfahren die Behandlung wichtiger turbulenter Strömungen erfolgt. Für jedes Teilgebiet halten Experten eine Einführung in ihr Fachgebiet und geben einen Überblick über den Stand des Wissens sowie eine Zusammenfassung eigener Arbeiten.

Grundlagen: Die Grundlagen der Strömungsmechanik werden abgeleitet und der laminar-turbulente Übergang erläutert. Die Vorträge behandeln Erscheinungen der Turbulenz und ihre phänomenologische Beschreibung. Sie gehen überdies auf die Ableitungen der Reynoldsschen Gleichungen und Schließungsansätze auf der Basis von Turbulenzmodellen ein.

Experimentelle Methoden: Als die wichtigsten lokalen Messmethoden der Turbulenzforschung erweisen sich die Laser-Doppler- und Hitzdraht-Anemometrie. Es wird eine Einführung in diese Messverfahren gegeben und ihre Handhabung für Messungen wichtiger Turbulenzgrößen aufgezeigt. Ihre Bedeutung für quantitative Untersuchungen turbulenter Strömungen wird herausgestellt.

Numerische Berechnungen: Die Größe und Leistung der heute zur Verfügung stehenden Rechenanlagen ermöglichen eine Verbreiterung des Anwendungsspektrums numerischer Verfahren. Berechnungsverfahren für unterschiedliche Strömungsprobleme werden in mehreren Vorträgen vorgestellt.

TURBULENTE SCHERSTRÖMUNGEN

Turbulente Wandgrenzschichten: Die Bedeutung turbulenter Wandgrenzschichten wird anhand experimenteller Untersuchungen und numerischer Berechnungen vorgestellt. Ergebnisse aus der Grobstruktursimulation erlauben die Diskussion weiterer Details der Turbulenzphänomene in dieser Strömung. Aktuelles Wissen auf diesem Gebiet wird zusammenfassend dargestellt und zukünftige Möglichkeiten der Modellierung angedeutet.

Freie Scherschichtströmungen: Freie Scherschichtströmungen bilden eine Gruppe turbulenter Strömungen. Die physikalischen Konzepte und möglichen mathematischen Beschreibungen werden zusammen mit grundlegenden experimentellen Ergebnissen behandelt. Diese Diskussion beinhaltet auch den Einfluss verschiedener Umgebungsparameter auf kohärente Strukturen und Charakteristika.

Freistrahlsströmungen: Turbulente Freistrahlen und deren Eigenschaften haben in vielen Bereichen der Strömungstechnik große Bedeutung. Die Vorträge zeigen, welche Möglichkeiten zur Berechnung turbulenter Freistrahlen zur Verfügung stehen. Besondere Beachtung finden Freistrahlen, in denen Verbrennungsvorgänge ablaufen.

Komplexe turbulente Strömungen: Bei den Innenströmungen stehen solche im Vordergrund der Vorträge, bei denen durch plötzliche Querschnittsänderungen Rezirkulationsgebiete auftreten. Die Stufenströmung und Strömung um Hindernisse gehören dieser Kategorie an. Die Übertragung der Erkenntnisse auf andere Strömungsgeometrien durch Anwendung geeigneter Berechnungsverfahren wird geschildert.

VORTRAGSPROGRAMM

Montag, den 1.3.2010

- ab 10.00 Anmeldung, Ausgabe der Unterlagen
- 10.30 – 11.00 Optionales Tutorium: Grundgleichungen der Strömungsmechanik
Dr.-Ing. B. Frohnappel, CSI-Darmstadt
- 11.00 - 11.10 Einführung und Erläuterung des Kursablaufes
PD Dr. J. Jovanović, LSTM-Erlangen

GRUNDLAGEN I

- 11.10 - 12.00 Einführung in die Strömungsmechanik und Ableitung der Grundgleichungen viskoser Medien
Prof. Dr. A. Delgado, LSTM-Erlangen
- 12.00 - 12.50 Transition und die Entstehung von Turbulenz
Dipl.-Ing. H. Lienhart, LSTM-Erlangen
- 12.50 - 14.00 **Mittagspause**
- 14.00 - 14.50 Beschreibung der Eigenschaften turbulenter Strömungen
PD Dr. J. Jovanović, LSTM-Erlangen
- 14.50 - 15.40 Anwendung der Zweipunktkorrelationen und der Invariantentheorie für die Turbulenzmodellierung
PD Dr. J. Jovanović, LSTM-Erlangen

EXPERIMENTELLE METHODEN

- 15.40 -16.30 Hitzdrahtmessungen in turbulenten Strömungen
Dr.-Ing. Ö. Ertunç, LSTM-Erlangen
- 16.30 - 17.20 Laser-Doppler-Anemometrie und Messungen in turbulenten Strömungen
Dipl.-Ing. H. Lienhart, LSTM-Erlangen
- 17.20 - 17.40 **Kaffeepause**
- 17.40 - 18.40 Laborvorführungen
- Messungen laminar-turbulenter Übergänge
 - LDA-Messungen im Windkanal
 - LDA-Messungen in Rohrströmungen

Dienstag, den 2.3.2010

GRUNDLAGEN II

- 09.00 - 10.00 Turbulenzmodellierung I:
Zweigliedungs-Turbulenzmodelle
PD Dr.-Ing. S. Jakirlić, SLA Darmstadt
- 10.00 - 10.50 Turbulenzmodellierung II:
Nutzung von Datensätzen direkter numerischer Simulationen für die Turbulenzmodellierung
PD Dr. J. Jovanović, LSTM-Erlangen
- 10.50 - 11.10 **Kaffeepause**
- 11.10 - 12.00 Modellierung und Vorhersage homogener Turbulenz
Dr.-Ing. B. Frohnäpfel, CSI-Darmstadt
- 12.00 - 12.50 Experimentelle Untersuchungen homogener Turbulenz
Dr.-Ing. Ö. Ertunç, LSTM-Erlangen
- 12.50 - 14.00 **Mittagspause**

GRUNDLAGEN III

- 14.00 - 14.50 Modellierung und Vorhersage von wandnaher Turbulenz
Prof. Dr. K. Hanjalić, Sapienza-University of Rome
- 14.50 - 15.40 Vorhersage komplexer Strömungen mit Schließungsansätzen zweiter Ordnung
Dr.-Ing. I. Hadzic, CD-adapco, Nürnberg
- 15.40 - 16.00 **Kaffeepause**
- 16.00 - 18.00 Vorführung von Strömungsberechnungen
- Direkte Numerische Simulationen
- Strömungsvisualisierung
- Simulation der Beeinflussung wandnaher Turbulenz
- Numerische Experimente in der Turbulenz
- 19.00 **Gemeinsames Abendessen**

Mittwoch, den 3.3.2010

NUMERISCHE METHODEN I (1. Teil)

- 09.00 - 10.00 RANS, LES und Hybrid Methoden in CFD: Status, Vergleich and Ausblick
Prof. Dr. K. Hanjalić, Sapienza-University of Rome
- 10.00 - 10.50 Modellströmungen und Wärmetransport dominieren durch Kräfte von Körpern (thermischer Auftrieb, Rotation and Lorentz-Kraft)
Prof. Dr. K. Hanjalić, Sapienza-University of Rome
- 10.50 - 11.10 **Kaffeepause**

NUMERISCHE METHODEN II

- 11.10 - 12.00 Direkte und Large-Eddy-Simulationen turbulenter Strömungen in komplexen Geometrien
Prof. Dr. M. Perić, CD-adapco, Nürnberg
- 12.00 - 12.50 Möglichkeiten und Grenzen der Berechnungen turbulenter Strömungen
Prof. Dr. M. Perić, CD-adapco, Nürnberg
- 12.50 - 14.00 **Mittagspause**

NUMERISCHE METHODEN I (2. Teil)

- 14.00 - 14.50 Direkte Numerische Simulation und Large-Eddy-Simulation
Prof. Dr.-Ing. M. Breuer, HSU Hamburg
- 14.50 - 15.40 Large-Eddy-Simulation und Hybride LES-RANS-Verfahren
Prof. Dr.-Ing. M. Breuer, HSU Hamburg
- 15.40 - 16.00 **Kaffeepause**
- 16.00 - 18.00 Vorführung von Strömungsberechnungen
- Strömungsoptimierung in Dunkelstrahlern
 - Untersuchung der Strömung in einem industriellen Elektrischen Schalter
 - Potential und Vorteile der Porenbrennertechnologie

Donnerstag, den 4.3.2010

TURBULENTE SCHERSTRÖMUNGEN I

- 09.00 - 10.00 Laminar-turbulente Transition aus statischer Sicht
PD Dr. J. Jovanović, LSTM-Erlangen
- 10.00 - 10.50 Detached Eddy-Simulation turbulenter Strömungen
PD Dr.-Ing. S. Jakirlić, SLA Darmstadt
- 10.50 - 11.10 **Kaffeepause**
- 11.10 – 12.00 Einsatz von Lattice-Boltzmann-Automaten für die Simulation turbulenter Strömungen
Dr.-Ing. P. Lammers, CD-adapco, Nürnberg
- 12.00 - 12.50 Gezielte Beeinflussung turbulenter Strömungen
Dr.-Ing. B. Frohnäpfel, CSI-Darmstadt
- 12.50 - 14.00 **Mittagspause**

TURBULENTE SCHERSTRÖMUNGEN II

- 14.00 - 14.50 Turbulente Reibungsminderung durch langkettige Polymere
Prof. Dr. A. Delgado, LSTM-Erlangen
- 14.50 - 15.40 Numerische Experimente von Wand-Turbulenz durch direkte numerische Simulationen
Dr.-Ing. P. Lammers, CD-adapco, Nürnberg
- ab 15.40 **Abschluss des Lehrgangs mit Bier und Brezeln**

Die Mittags- und Kaffeepausen können genutzt werden, um mit den Vortragenden Spezialfragen zu diskutieren, die die Arbeiten der Teilnehmer betreffen.

Während des Kurzlehrgangs besteht die Möglichkeit, experimentelle Einrichtungen des Lehrstuhls für Strömungsmechanik zu besichtigen und Fragen der Hitzdraht- und Laser-Doppler-Messtechnik mit fachkundigen Mitarbeitern des Lehrstuhls zu besprechen.

KURSGEBÜHREN UND UNTERLAGEN

Die Gebühren betragen für den viertägigen Kurs EUR 640,- zuzüglich der gesetzlich festgesetzten Mehrwertsteuer. Eine Ermäßigung von 50 % ist vorgesehen für den zweiten und jeden weiteren Teilnehmer desselben Universitäts- oder Hochschullehrstuhls.

Anmeldefrist ist der 15. Februar 2010!

Bei Rücktritt von der Anmeldung bis zum 21.02.10 wird eine Bearbeitungsgebühr von EUR 50,- + Mehrwertsteuer, bei späterer Abmeldung wird die volle Kursgebühr in Rechnung gestellt. Die Anmeldebestätigung und Rechnungsstellung erfolgt nach Eingang der Anmeldung. Jeder Teilnehmer erhält am Montag, dem 01. März 2010, zwischen 10.00 und 10.30 Uhr vor dem **Konferenzsaal 1 in der Erwin-Rommel-Str. 60** einen Ordner mit den Unterlagen zu den jeweiligen Vorträgen. Die Vorträge finden im **K1** statt. Die Kursgebühren beinhalten Kursunterlagen, Erfrischungen, ein gemeinsames Abendessen am zweiten Kurstag und zum Abschluss des Lehrgangs Bier und Brezeln.

RÜCKFRAGEN

Wenn Sie noch Fragen bezüglich des Kurses haben, wenden Sie sich bitte an:

Lehrgangssekretariat

Frau S. Hupfer, Lehrstuhl für Strömungsmechanik,
Universität Erlangen-Nürnberg,
Cauerstr. 4, D-91058 Erlangen,
Telefon: 09131/85-29490,
Fax: 09131/85-29503
E-Mail: sonja.hupfer@lstm.uni-erlangen.de

Lehrgangsleitung

Privatdozent Dr. J. Jovanović, Lehrstuhl für Strömungsmechanik,
Universität Erlangen-Nürnberg,
Cauerstr. 4, D-91058 Erlangen,
Telefon: 09131/85-29507,
E-Mail: jovan.jovanovic@lstm.uni-erlangen.de

ÜBERNACHTUNG

Ein Hotelverzeichnis der Stadt Erlangen kann angefordert werden. Die Zimmerreservierung sollte direkt über das Hotel oder durch den Verkehrsverein Erlangen e. V., Rathausplatz 1, D-91052 Erlangen, Tel. (09131) 8951-12, Fax: (09131) 8951-51 oder unter www.erlangen.de, vorgenommen werden.

ANREISE

Bahn: Hauptbahnhof Erlangen - Buslinie 287 Richtung „Sebaldu-Siedlung“ bis Haltestelle "Stettiner Straße" oder Taxi (ca. 10 Minuten).

Auto: BAB, Anschlussstelle Tennenlohe, Richtung Erlangen, rechts abbiegen beim Hinweis auf Universität Südgelände/Technische Fakultät.

Flugzeug: Flughafen Nürnberg, Taxi bis zur Technischen Fakultät der Universität Erlangen-Nürnberg (Südgelände), ca. 15 Minuten.



VORTRAGENDE:

Prof. Dr.-Ing. M. Breuer: Professur für Strömungsmechanik am Institut für Mechanik der Helmut-Schmidt-Universität Hamburg.

Prof. Dr. A. Delgado: Inhaber des Lehrstuhls für Strömungsmechanik der Universität Erlangen-Nürnberg.

Prof. Dr. K. Hanjalić: Inhaber des Marie Curie Lehrstuhls an der Sapienza Universität of Rome für Computer Modellierung und Simulation für Industrielle Thermo-Fluid-Anwendungen.

Dr.-Ing. B. Frohnappel: Wissenschaftliche Mitarbeiterin im Center of Smart Interfaces an der Technischen Universität Darmstadt.

Dr.-Ing. Hadzic: Mitarbeiter der CFD Software-Entwicklung bei der CD-adapco, Nürnberg.

Priv.-Doz. Dr.-Ing. habil. S. Jakirlić: Leiter der Gruppe Turbulenz und Turbulenzmodellierung des Fachgebietes Strömungslehre und Aerodynamik an der Technischen Universität Darmstadt.

Priv.-Doz. Dr. J. Jovanović: Leiter der Gruppe Aerodynamik, Turbulenz und Aeroakustik des Lehrstuhls für Strömungsmechanik der Universität Erlangen-Nürnberg.

Dr.-Ing. P. Lammers: Mitarbeiter der CFD Software-Entwicklung bei der CD-adapco, Nürnberg.

Prof. Dr. M. Perić: Director of Technology bei der Firma CD-adapco, Nürnberg; zuvor Professor an der TU Hamburg-Harburg.

Dipl.-Ing. H. Lienhart: Leiter der Gruppe Aerodynamik, Turbulenz und Aeroakustik des Lehrstuhls für Strömungsmechanik der Universität Erlangen-Nürnberg.

Dr.-Ing. Ö. Ertunç: Leiter der Gruppe Instationäre Strömungsmechanik des Lehrstuhls für Strömungsmechanik der Universität Erlangen-Nürnberg.

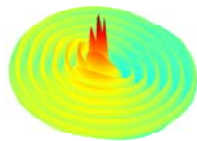
WEITERE KURZLEHRGÄNGE DES LSTM- ERLANGEN

Frühjahr 2010

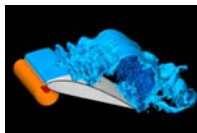


BESCHICHTUNGS- UND TROCKNUNGS-
TECHNIK: Grundlagen, Verfahren und Anlagen

23. – 25. Februar 2010



STRÖMUNGS-AKUSTIK:
Theoretische und experimentelle Grundlagen
und deren Anwendung für Problemlösungen

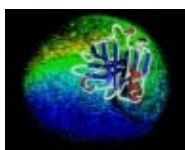


NUMET:
Numerische Methoden zur Berechnung von
Strömungs- und Wärmeübertragungsproblemen

Herbst 2010



MEDIZINISCHE UND BIOTECHNOLOGISCHE
STRÖMUNGEN:
Numerische Methoden, klinische und industrielle
Anwendungen



HOCHDRUCK
Grundlagen, Anwendungen und Potentiale im
Bio- und Chemieingenieurwesen

Nähere Informationen zu unseren Veranstaltungen finden Sie auf
unserer Homepage (<http://www.lstm.uni-erlangen.de>).

ANMELDUNG

Name: _____

Firma/

Universität: _____

Abteilung/

Lehrstuhl: _____

Straße/

Postfach: _____

PLZ/Ort: _____

Tel.-Nr.: _____ Fax-Nr.: _____

E-Mail: _____

Datum: _____ Unterschrift: _____

KURZLEHRGANG

TURBULENZ

Physik der Turbulenz und Turbulenzmodellierung

1. - 4. März 2010

Kursgebühr EUR 640,00

Lehrstuhl für Strömungsmechanik
Universität Erlangen-Nürnberg
- Kurzlehrgang TURBULENZ 2010 -
Cauerstr. 4

D-91058 Erlangen