

Kurzlehrgang

**MODERNE
AUSLEGUNGSVERFAHREN FÜR
RADIALE UND AXIALE TURBOMASCHINEN**

08. – 10.03.2017



Bild: Siemens PLM

LEHRSTUHL FÜR STRÖMUNGSMCHANIK



**FRIEDRICH-ALEXANDER
UNIVERSITÄT
ERLANGEN-NÜRNBERG**

TECHNISCHE FAKULTÄT

Kurzlehrgang

durchgeführt von

Lehrstuhl für Strömungsmechanik - Technische Fakultät
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Cauerstr. 4, 91058 Erlangen

in Zusammenarbeit mit

Technische Universität Darmstadt
Institut für Fluidsystemtechnik

Universität Siegen
Institut für Fluid- und Thermodynamik
Fachgebiet Strömungsmaschinen

Hochschule Coburg
Fachbereich Maschinenbau und Automobiltechnik
Fachgebiet Strömungsmechanik und Strömungsmaschinen
Technologietransferzentrum Automotive
der Hochschule Coburg (TAC)

ANSYS Germany GmbH - ANSYS CFX & Fluent
Otterfing

CD-adapco, a Siemens Business
Nordostpark 3-5, 90411 Nürnberg

NUMECA Ingenieurbüro
Türkeistraße 11, 90518 Altdorf b. Nürnberg

CFturbo GmbH
Friedrichstrasse 20, 80801 München

CONCEPTS NREC
White River Jct., VT, USA

Advanced Design Technology Ltd
Dilke House, 1 Malet Street, London WC1E 7JN, UK

PCA Engineers Ltd
Studio 2, Deepdale Enterprise Park, Nettleham, Lincoln LN2 2LL UK

EBM-Pabst Sankt Georgen GmbH&Co. KG
Hermann-Pabst-Strasse 1, 78112 St. Georgen

ISimQ GmbH
Birkerfeld 12, 83627 Warngau

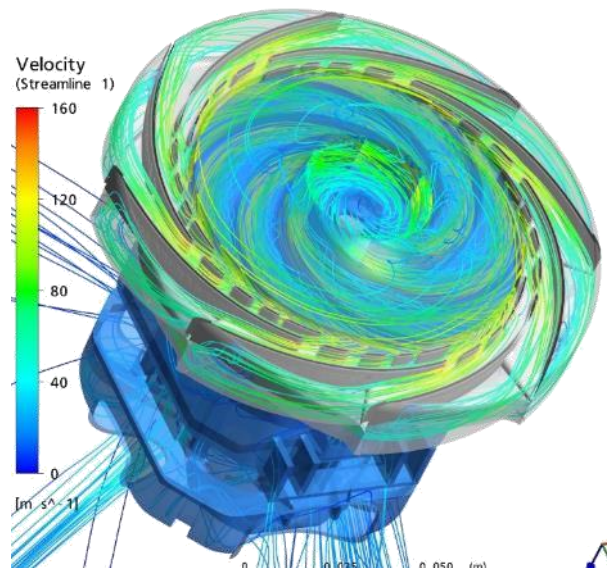
SoftInWay Switzerland GmbH
Baarerstrasse 2, 6300 Zug, Schweiz

ZWECK DES KURZLEHRGANGES

Aufgrund des großen Interesses am Kurzlehrgang Strömungsmaschinen 2015, findet vom 08.03. bis zum 10.03.2017 dieser Kurzlehrgang erneut statt. Es handelt sich allerdings um einen thematisch neu aufgelegten Lehrgang, in dem neue Schwerpunkte gesetzt werden.

Der Kurzlehrgang hat das Ziel, den Stand des Wissens bzgl. der Anwendung moderner strömungsmechanischer Methoden zur optimierten, direkten und inversen Auslegung von axialen- und radialen Turbomaschinen im Detail aufzuzeigen und die Teilnehmer hinsichtlich einer Nutzung moderner Auslegungsverfahren anzuleiten. Gleichzeitig soll der Kurzlehrgang eine Plattform darstellen, das bestehende Wissen unter den Teilnehmern, auch durch Diskussionen mit den Vortragenden, umfassend zu ergänzen.

Abseits der Vorträge werden bekannte Unternehmen ihre Softwareprodukte für die Auslegung und Nachrechnung von Turbomaschinen vorstellen und den Teilnehmern für Fragen zur Verfügung stehen. Im Rahmen von Vorführungen werden die Teilnehmer auch die Gelegenheit haben, die verschiedenen Softwarepakete in sorgfältig vorbereiteten Anwendungsbeispielen im Einsatz zu sehen. Im Rahmen der Vorträge selbst wird es jedoch keine Produktvorstellungen geben, da sie ausschließlich der Wissensvermittlung dienen.



Strömungssimulation eines Staubsaugergebläses mit segmentiertem Diffusor
Prof. Dr.-Ing. Philipp Epple, HS Coburg

Inhalt des Kurzlehrganges

Der Kurzlehrgang gibt zunächst eine Einführung in den Stand des Wissens in der Entwicklung von axialen- und radialen Turbomaschinen, mit speziellen Hinweisen für Ventilatoren, Pumpen und Turbolader.

Am ersten Thementag werden die Grundlagen der Strömungsmechanik und deren experimentellen Methoden vorgestellt und in Bezug gesetzt zu den hydraulischen und thermischen Turbomaschinen. Der Bezug zu den hydraulischen und thermischen Turbomaschinen wird anhand der bekannten Gleichungen für die Massen-, Impuls- und Energieerhaltung hergestellt. Dabei werden die Voraussetzungen für die Auslegung effizienter Maschinen hergeleitet und diskutiert. Darauf aufbauend werden numerische Verfahren zur Lösung der Navier-Stokes-Gleichungen vorgestellt. Ihre Genauigkeit bei der Vorhersage charakteristischen Strömungsverhaltens, z.B. Kavitation, wird beleuchtet und der Einfluss von Reynoldszahl, Rauheit, Spalt und Betriebspunkt auf Wirkungsgrad und Druckaufbau bei Radial- und Axialmaschinen besprochen. Der Tag endet mit Softwarevorstellungen.

Am zweiten Thementag werden die Auslegung von Radialventilatoren und inverse Auslegungsverfahren für Turbomaschinen vertiefend behandelt. Nach der Pause werden zunächst Auslegungsverfahren für Pumpen vorgestellt. Anschließend wird in einem Block von drei Vorträgen die Auslegung von Verdichtern und Turboladern besprochen. Danach vermittelt ein Workshop praktische Kenntnisse zur Auslegung von Radialmaschinen. Anschließend finden zwei Softwarevorstellungen statt. Der Tag endet mit Softwarevorstellungen und einem daran anschließenden gemeinsamen Abendessen

Am dritten und letzten Thementag werden die Auslegungsverfahren und Entwicklungsstrategien für Axialventilatoren aufgezeigt. Der Darstellung von Potential und Einschränkungen eindimensionaler Auslegungsverfahren schließt sich die anschauliche Untersuchung zwei- und dreidimensionaler Einflüsse auf das Strömungsfeld in Turbomaschinen an. Optimierungsverfahren für Axial- und Radialventilatoren und Rotor-Stator-Wechselwirkungsmodelle werden vorgestellt. Neben der Auslegung ist insbesondere auch die Aeroakustik bei Ventilatoren wichtig: Schallentstehung, Berechnung und Minimierung werden daher hier im Detail besprochen. Abschließend werden Optimierung und Skalierung von Lüftungssystemen, sowie die Qualitätskontrollen von CFD-Methoden behandelt.

Mit Bier und Brezen wird der Kurzlehrgang abgeschlossen.

VORTRAGSPROGRAMM

Mittwoch, 08. März 2017

08:30 - 08:50	Anmeldung und Aushändigung der Kursunterlagen
08:50 - 09:00	Begrüßung und Einführung (Prof. Dr.-Ing. A. Delgado)
09:00 - 09:50	Entwicklung der Strömungsmechanik und Auswirkungen auf Strömungsmaschinen (Prof. Dr.-Ing. A. Delgado)
09:50 - 10:40	Strömungsmechanische Grundlagen der Turbomaschinen (Prof. Dr.-Ing. Ph. Epple)
10:40 - 11:00	<i>Pause</i>
11:00 - 11:50	Numerische Lösungen der Navier-Stokes-Gleichungen für Strömungsmaschinen (Dr.-Ing. H. Grotjans)
11:50 - 12:40	CFD basierte Optimierung von Strömungsmaschinen (Grundlagen) (Dr.-Ing. T. Hildebrandt)
12:40 - 14:00	<i>Mittagspause</i>
14:00 - 14:50	Analyse der Genauigkeit numerischer Strömungsberechnungen (Prof. Dr. M. Peric)
14:50 - 15:40	Numerische Berechnung kompressibler Strömungen mit Anwendung auf Turbolader (Prof. Dr. M. Peric)
15:40 - 16:00	<i>Pause</i>
16:00 - 16:50	Aeromechanik-Simulation für Turbomaschinen (Dr.-Ing. J. Einzinger)
16:50 - 17:00	<i>Pause</i>
17:00 - 17:30	Softwarevorführung NUMECA
17:30 - 18:00	Softwarevorführung ANSYS
18:00 - 18:30	Softwarevorführung STAR-CCM+
18:30 - 19:00	Softwarevorführung SoftInWay

Donnerstag, 9. März 2017

- 08:30 - 09:20 Auslegung für Axial und Radialventilatoren und Gebläse
(Prof. Dr.-Ing. Ph. Epple)
- 09:20 - 10:10 Inverse Auslegungsverfahren für Turbomaschinen
(Prof. Dr. M. Zangeneh)
- 10:10 - 10:30 *Pause*
- 10:30 - 11:20 Auslegungs- und Berechnungsverfahren für Pumpen
(Dr.-Ing. G. Kreuzfeld)
- 11:20 - 12:10 Centrifugal Compressor Design and Performance
(Dr. D. Japikse)
- 12:10 - 13:30 *Mittagspause*
- 13:30 - 15:10 Workshop Radialmaschinen
(Prof. Dr.-Ing. Ph. Epple)
- 15:10 - 15:40 *Pause*
- 15:40 - 16:30 Fundamental of Turbocharging
(Dr.-Ing. N. Baines)
- 16:30 - 17:20 Transonic Centrifugal Impellers
(Dr. H. Hazby)
- 17:20 - 17:30 *Pause*
- 17:30 - 18:00 Softwarevorführung TURBOdesign Suite 6.2
- 18:00 - 18:30 Softwarevorführung CONCEPTS NREC
- 18:30 – 19:00 Softwarevorführung CFturbo GmbH

Gemeinsames Abendessen

Freitag, 10. März 2017

- 08:30 - 09:20 Vorauslegung für Axialmaschinen
(Dipl.-Ing. M. Semel)
- 09:20 - 10:10 Optimierung von Axial/Radialventilatoren basierend auf
KNN/Metamodellen
(Dr.-Ing. K. Bamberger)
- 10:10 - 10:30 *Pause*
- 10:30 - 11:20 Rotor-Stator-Wechselwirkungsmodelle und Harmonic Balance-
Methoden
(Dr.-Ing. G. Scheuerer)
- 11:20 - 12:10 Grundlagen der Aeroakustik
(Dr.-Ing. J. Grilliat)
- 12:10 - 13:30 *Mittagspause*
- 13:30 - 14:20 Aeroakustik bei Ventilatoren: Schallentstehung, Berechnung
und Minimierung
(Dr.-Ing. K. Bamberger)
- 14:20 - 15:10 Geräusch bei Ventilatoren: Diagnose und Lösung
(Dr.-Ing. J. Grilliat)
- 15:10 - 15:40 *Pause*
- 15:40 - 16:30 Optimierung und Skalierung von Lüftungssystemen
(Prof. Dr.-Ing. P. Pelz)
- 16:30 - 17:20 Turbulenzmodelle für Strömungsmaschinenberechnungen
(Dr.-Ing. G. Scheuerer)
- 17:20 - 17:30 *Pause*
- 17:30 - 18:00 Auslegung von Axialventilatoren
(Dr.-Ing. K. Bamberger)
- 18:30 *Ausklang bei Bier und Brezen*

KURS GEBÜHREN UND UNTERLAGEN

Die Gebühren für den dreitägigen Kurs betragen € 890, für zwei Tage Ihrer Wahl € 750 und für einen Tag Ihrer Wahl € 500. Die Teilnahmegebühr ist nach §4 Nr. 22a UStG steuerbefreit. Ein Nachlass von € 50 wird gewährt, wenn die verbindliche Anmeldung vor dem 15. Februar 2017 erfolgt. Eine Ermäßigung von 50% ist vorgesehen für den zweiten und jeden weiteren Teilnehmer ein und desselben Universitäts- oder Hochschulinstituts. Weitere Ermäßigungen können leider nicht gewährt werden. Die Anmeldebestätigung und Rechnungsstellung erfolgt nach Eingang der Anmeldung durch die CWW-Stelle (Campus für wissenschaftliche Weiterbildung) der FAU Erlangen-Nürnberg. Bei Rücktritt von der Anmeldung bis zum 15. Februar 2017 muss eine Bearbeitungsgebühr von € 50 (zzgl. MwSt.) erhoben werden. Bei späterer Abmeldung wird die volle Kursgebühr in Rechnung gestellt. Jeder Teilnehmer erhält am Mittwoch, den 08. März 2017, zwischen 8:30 Uhr und 8:50 Uhr einen USB-Stick mit den digitalen Unterlagen zu den jeweiligen Vorträgen.

Die Kursgebühren beinhalten die Kursunterlagen, Kaffee und Erfrischungsgetränke sowie Mittagessen und ein gemeinsames Abendessen (voraussichtlich) am zweiten Kurstag. Zum Abschluss erhält jeder Teilnehmer ein Teilnahmezertifikat. Den Lehrgang werden wir gemeinsam bei Bier und Brezen ausklingen lassen.

VERANSTALTUNGORT

Die Vorträge finden im Kurssaal II (KS II) des Instituts für Verfahrenstechnik, Cauerstr. 4, 91058 Erlangen (Technische Fakultät, Südgelände der Universität).

ANMELDUNG

Zur Anmeldung senden Sie bitte die beigefügte Anmeldekarte an:

Lehrstuhl für Strömungsmechanik
Universität Erlangen-Nürnberg
-Kurzlehrgang STRÖMUNGSMASCHINEN-
Cauerstr. 4
D-91058 Erlangen

Oder per Fax an 09131-85 29503

Oder eingescanntes Formular an:

lstm-sekretariat@fau.de mit dem Betreff: **SM-KLG2017**

RÜCKFRAGEN

Bei Fragen zu dem Lehrgang stehen wir Ihnen gerne per Mail oder Telefon zur Verfügung:

Telefon: (0 91 31) 85-29501

Email: lstm-sekretariat@fau.de mit dem Betreff: **SM-KLG2017**

Organisationsteam:

Dipl.-Ing. M. Semel, O. Litfin, M.Sc., B. Schöneberger, M.Sc. (LSTM Erlangen)
sowie Prof. Dr.-Ing. Ph. Epple (Hochschule Coburg)

ÜBERNACHTUNG

Die Zimmerreservierung sollte direkt vorgenommen werden. Informationen über Hotels erhalten Sie beispielsweise auf der Internetseite der Stadt Erlangen:

<http://www.erlangen-marketing.de/unterkuenfte/>

ANREISE

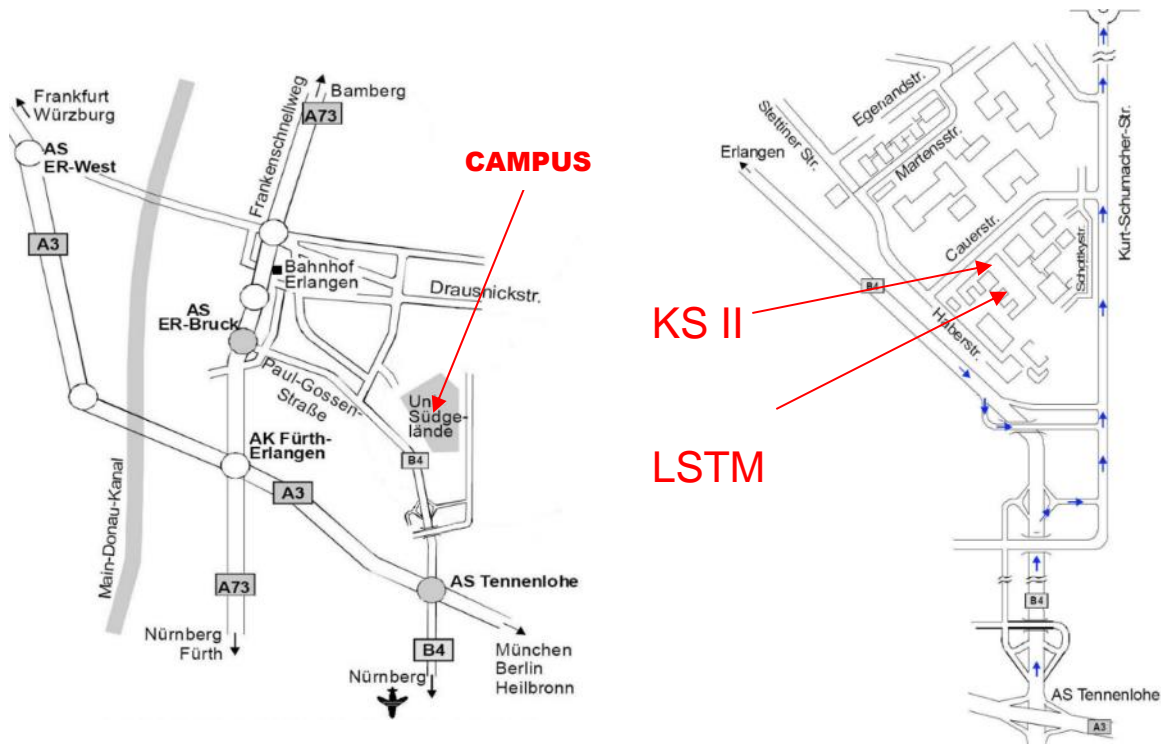
Bahn: Hauptbahnhof Erlangen – Buslinie 287 oder 293 Richtung „Sebaldu-Siedlung“ bzw. „Technische Fakultät“ bis Haltestelle „Stettiner Straße“ oder Taxi (ca. 10 Minuten).

Auto: **Von der A3 kommend:**
Ausfahrt Tennenlohe auf die B4 Richtung Erlangen abfahren. Diese an der Ausfahrt Erlangen Ost / Gräfenberg verlassen und den Kreisverkehr nach links an der zweiten Ausfahrt auf die Kurt-Schumacher-Str. verlassen, beim Hinweis auf Universität Südgelände / Technische Fakultät links in die Cauerstraße abbiegen.

Von der A73 (Frankenschnellweg) kommend:

Ausfahrt Erlangen-Bruck auf die Paul-Gossen-Straße/B4 Richtung Erlangen Süd abfahren und weiter auf B4 fahren. Nach ca. 3 km rechts Richtung Gräfenberg/Erlangen-Ost abfahren. Am Ende der Straße links auf die Kurt-Schumacher-Str. fahren, beim Hinweis links auf Universität Südgelände / Technische Fakultät in die Cauerstraße abbiegen.

Flugzeug: Flughafen Nürnberg, Taxi bis zur Technischen Fakultät der Universität Erlangen-Nürnberg (Südgelände), ca. 20 Minuten.



VORTRAGENDE:

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

Dr. D. Japikse: President and CEO of CONCEPTS NREC, White River Junction, VT, USA.

Dr.-Ing. H. Grotjans: ANSYS Germany GmbH.

Dr.-Ing. J. Einzinger: ANSYS Germany GmbH.

Prof. Dr.-Ing. Ph. Epple: Hochschule Coburg, Fachgebiet Strömungsmechanik und Strömungsmaschinen

Prof. Dr. M. Peric: CD-adapco, a Siemens Business, Nürnberg Office

Dr.-Ing. G. Kreuzfeld: CFturbo GmbH

Prof. Dr.-Ing. P. Pelz: Technische Universität Darmstadt, Institut für Fluidsystemtechnik

Dr.-Ing. T. Hildebrandt: NUMECA Ingenieurbüro

Dr. N. Baines: CONCEPTS NREC

Prof. Dr. M. Zangeneh: Univ. College London/ ADTechnology

Dr. H. R. Hazby: Consultant Engineer at PCA Engineers Limited / UK

Dr.-Ing. G. Scheurer: ISimQ GmbH

Dr.-Ing. J. Grilliat: ebm-papst Sankt Georgen & Co, KG.

Dr.-Ing. K. Bamberger: Institut für Fluid- und Thermodynamik , Fachgebiet Strömungsmaschinen , Universität Siegen

Dipl.-Ing M. Semel: Bereichsleiter Strömungsmaschinen am Lehrstuhl für Strömungsmechanik der Universität Erlangen-Nürnberg.

Die Vortragenden bringen ihre Erfahrung im Bereich der Strömungsmaschinen in den Kurzlehrgang ein. Sie stehen für Diskussionen mit den Teilnehmern zur Verfügung.

Anmeldung zum Kurzlehrgang

Moderne Auslegungsverfahren
für radiale und axiale Turbomaschinen
08.-10.03.2017

Kursgebühr: € 890,- (3Tage) und € 500,- (1 Tag Ihrer Wahl) und € 750,- (2 Tage Ihrer Wahl)
Ermäßigung € 50,- vor dem 15.02.2017

(Zutreffendes bitte ankreuzen)

Teilnahme: 1 Tag 2 Tage 3 Tage

Ich komme an folgenden Tagen: Mittwoch Donnerstag Freitag

(Bitte in Blockschrift ausfüllen)

Name:

.....

Vorname:

.....

Firma/Institut:

.....

Adresse:

.....

.....

Telefon:

.....

E-Mail:

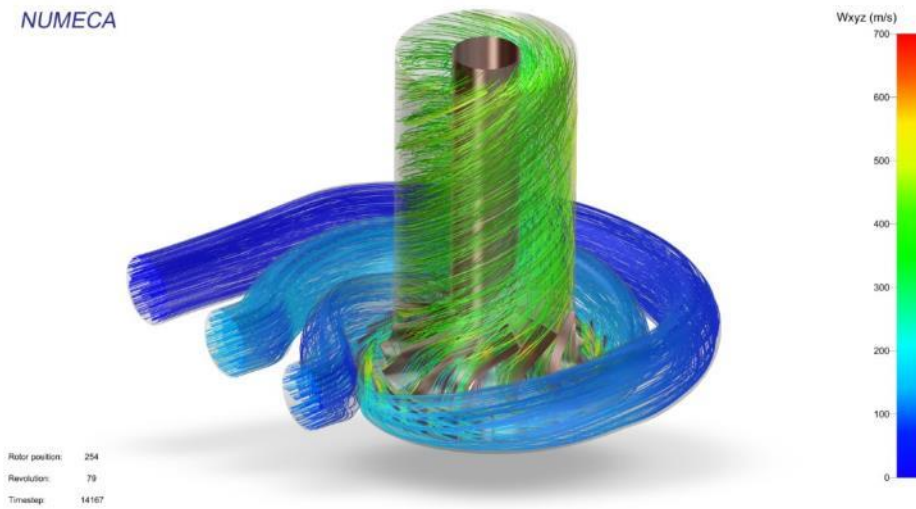
.....

.....
Ort, Datum

.....
Unterschrift

Pulsturbine:

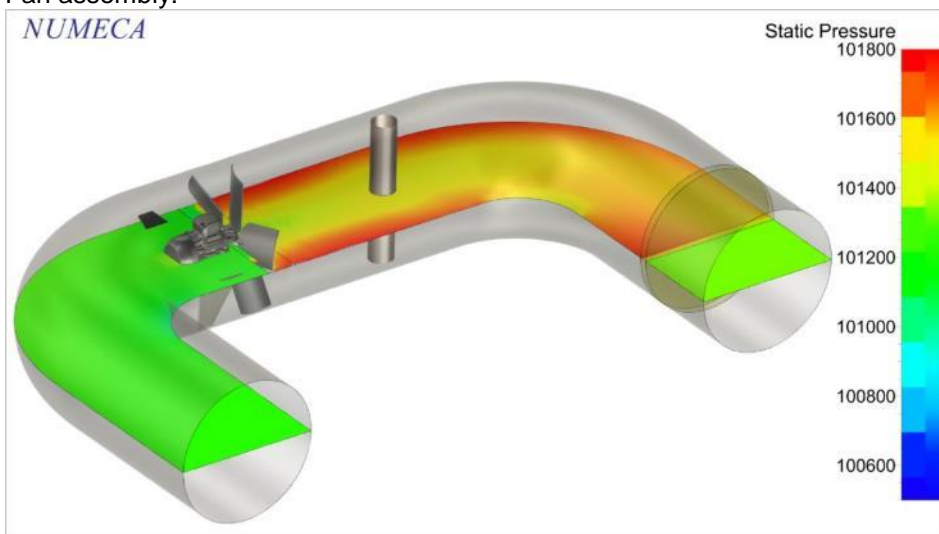
NUMECA



Full unsteady CFD simulation of a radial turbine under time-dependent exhaust gas pulses [dozens of revolutions in a few days, Euler mode] – NUMECA, Dr. Thomas Hildebrandt

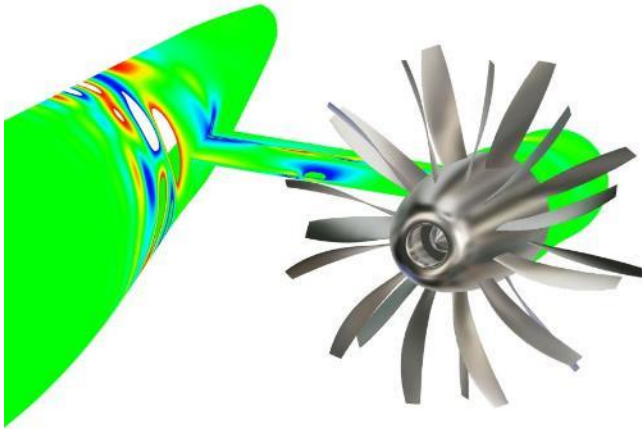
Fan assembly:

NUMECA



Fan assembly calculation with pressure loss model [porous media] for flow resistance and heat transfer from engine and heating pipe. - NUMECA, Dr. Thomas Hildebrandt

Open Rotor:



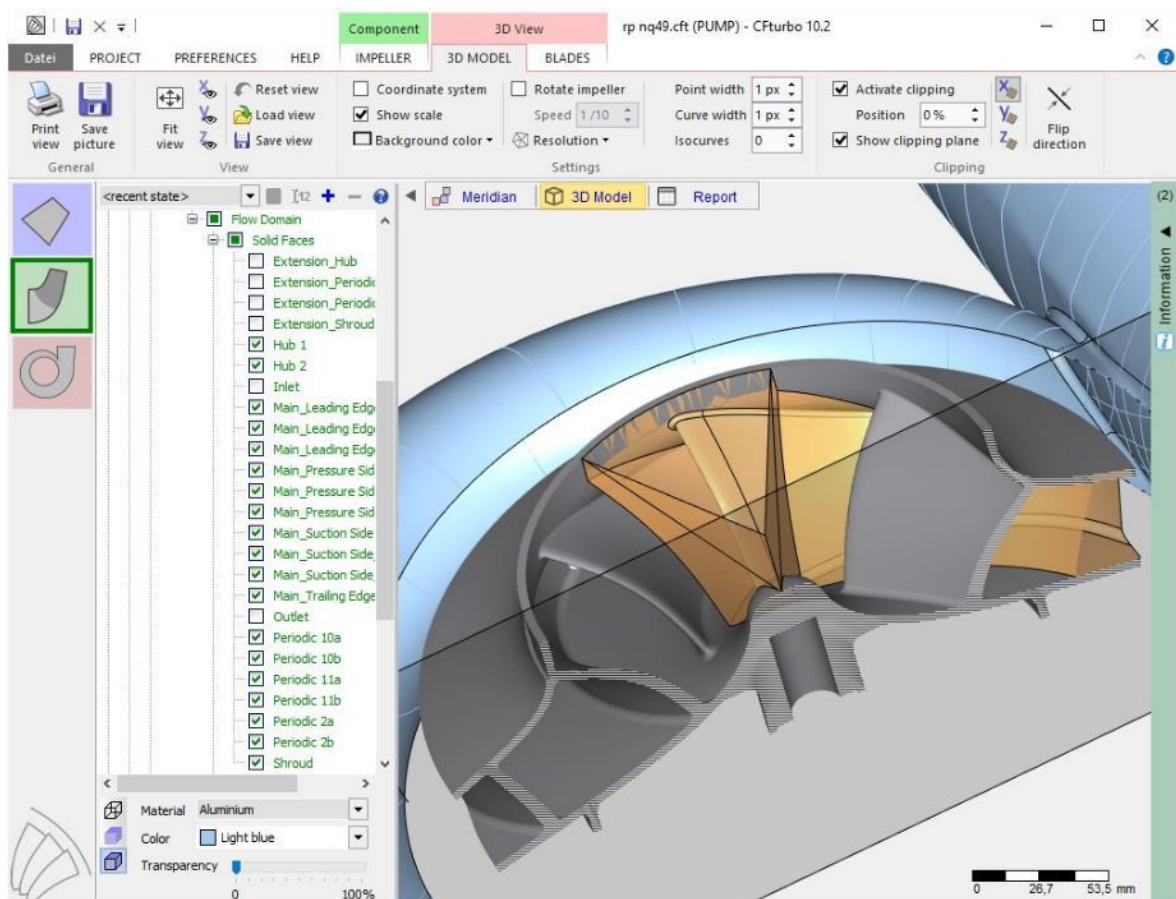
Efficient unsteady 3D CFD of a Counter Rotating Open Rotor using the non-linear harmonic method [NLH: 1 passage only required, solving in frequency domain] - *NUMECA*, Dr. Thomas Hildebrandt



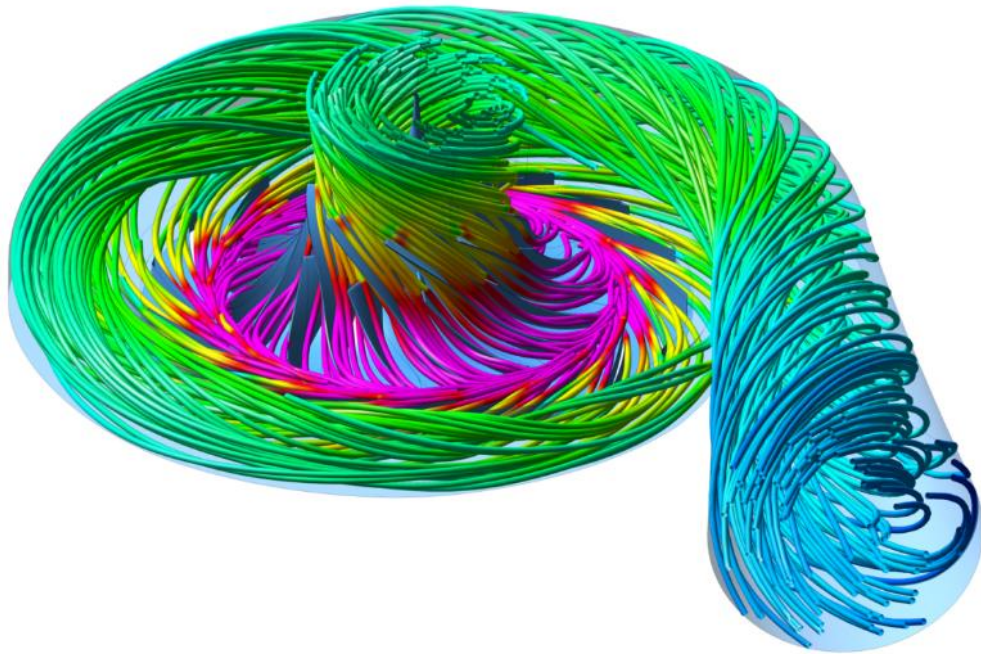
Institut für Fluidsystemtechnik (FST) - eine zukunftsweisende Forschungseinrichtung auf dem Gebiet der Fluidenergiemaschinen und Fluidsysteme – Prof. Dr.-Ing Peter Pelz



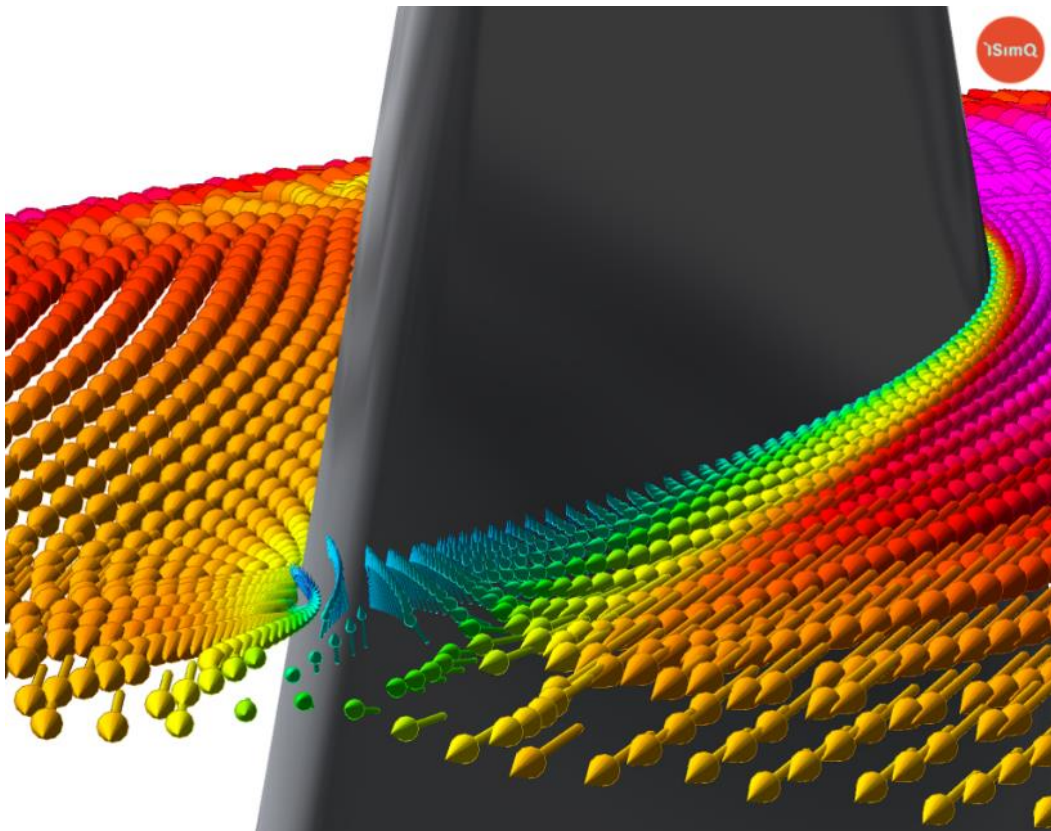
Ein Baureihe von Ventilatoren der Firma Ebm Papst. Für die Vorhersage von Wirkungsgraden spielt die Skalierung dort eine besonders wichtige Rolle. Prof. Dr.-Ing Peter Pelz



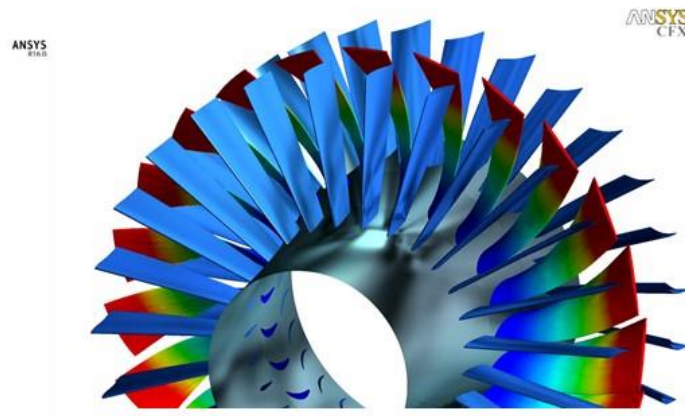
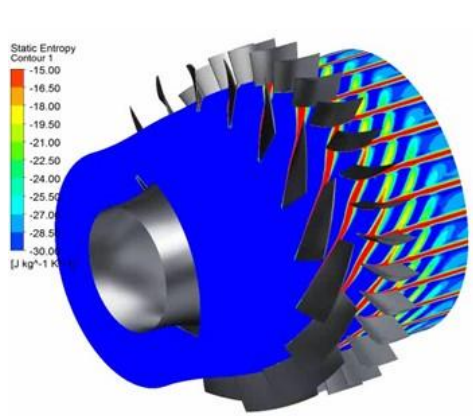
Auslegung einer Radialpumpe in CFturbo
CFturbo GmbH, Dr.-Ing. Gero Kreuzfeld



ISimQ GmbH – Dr.-Ing. Georg Scheuerer

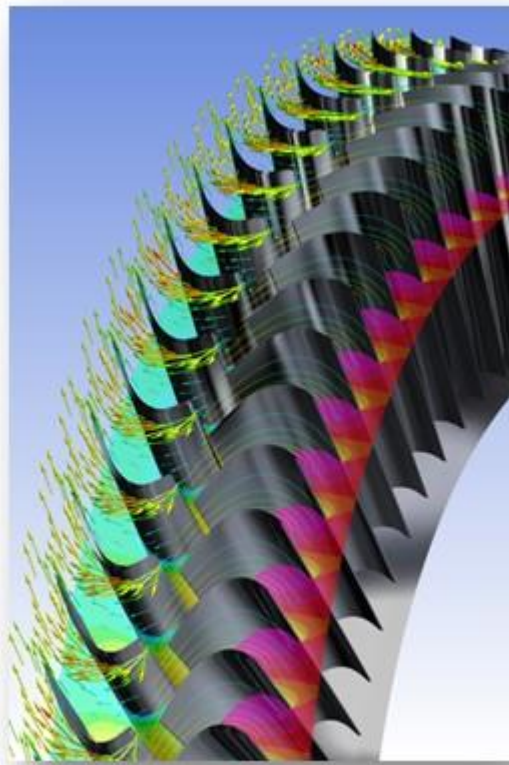


ISimQ GmbH – Dr.-Ing. Georg Scheuerer



Darmstadt Transonic Axial Compressor Rotor 1/Stator 1: Time Transformation Method

Dr. Holger Grotjans – ANSYS Germany



Dr. Holger Grotjans – ANSYS Germany

Wir freuen uns auf Ihre Teilnahme!

-

LEHRSTUHL FÜR STRÖMUNGSMECHANIK



**FRIEDRICH-ALEXANDER
UNIVERSITÄT
ERLANGEN-NÜRNBERG**

TECHNISCHE FAKULTÄT