

# Computational Fluid Dynamics

## Seminar-Ablauf

### 1. Termin: Heute 18.11.

12<sup>00</sup>-13<sup>30</sup> SK111

- Ablauf- und Termininformationen
- Einführung in CFD, anhand Simulationskette im Auslegungsprozess
- Einführung in BladeGen und Turbogrid
- Ausgabe der CFD Aufgabe

### 2. Termin: 25.11.

12<sup>00</sup>-13<sup>30</sup> SK111

- Einführung in CFX- Pre
- Durchführung von Simulationen
- Einführung in CFX- Post

### 3. Termin: 14.12.

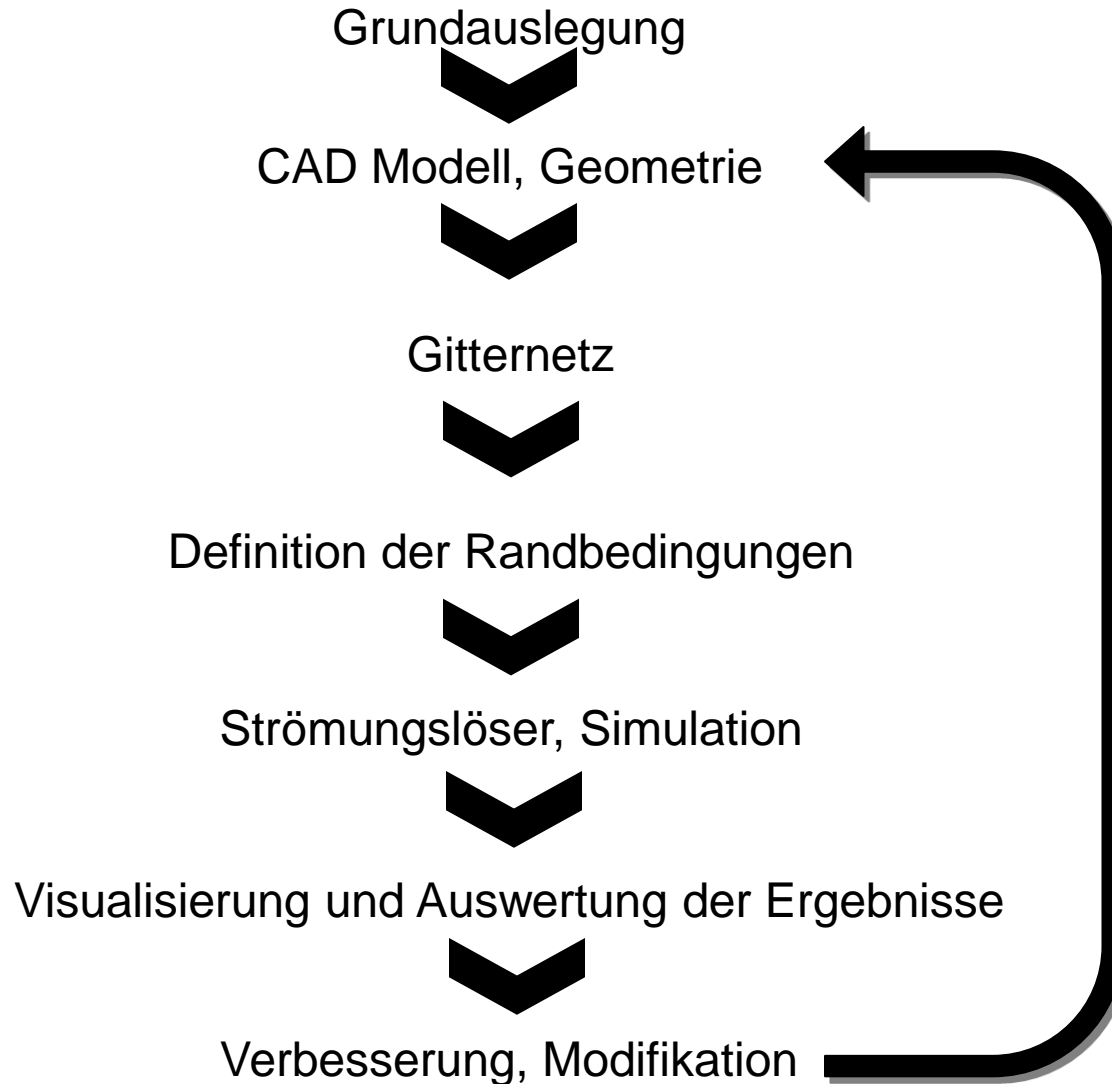
10<sup>00</sup>-12<sup>00</sup> SK010

- CFD in der Industrie

### CFD Aufgabe:

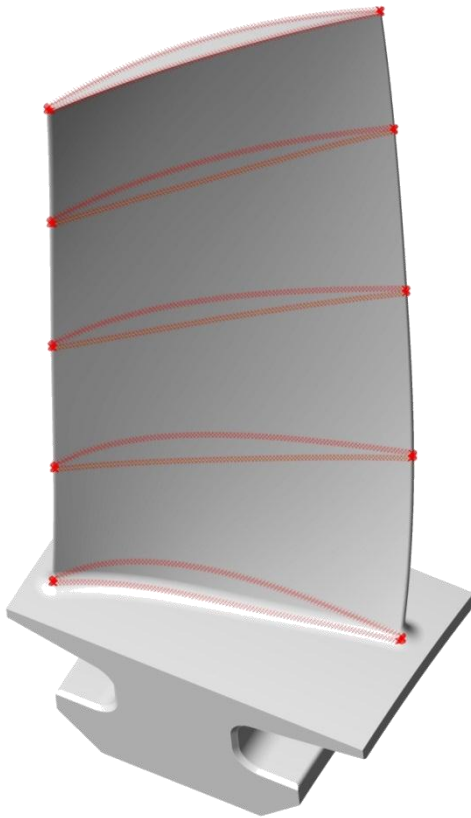
Optimierung einer Turbinenstufe

- Festgelegte Termine: 9./16./23./30.1  
14<sup>00</sup>-18<sup>00</sup> in MC327
- Optional: Durchgehend vom 9.1-30.1 in MA425

Simulations-Kette im Auslegungsprozess

## CAD Modell, Geometrie

Zweck: Dient als Grundlage für die Erstellung von Rechengittern



Software:

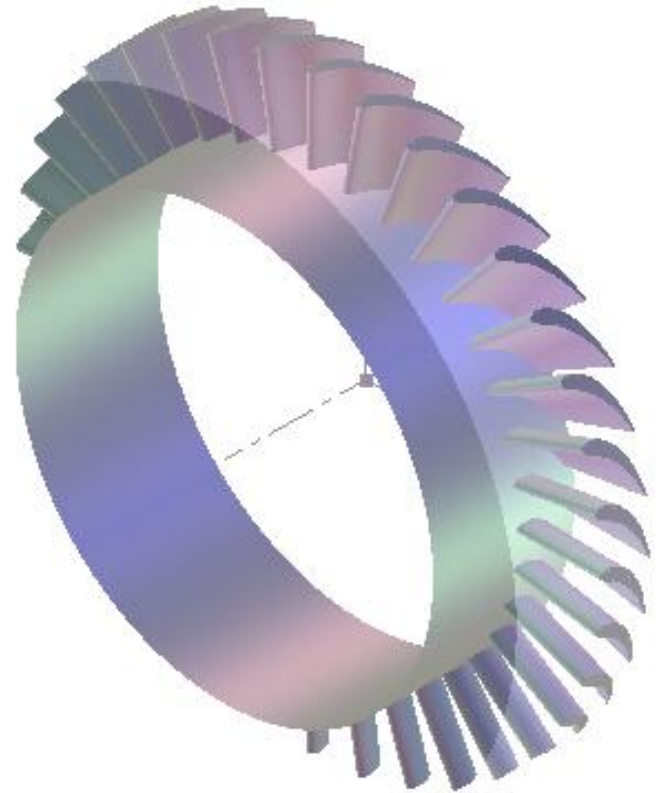
ProEngineer

Unigraphics

Solidworks

Catia

ANSYS BladeGen



Gitternetz-Generierung

Zweck: Numerische Lösung von partiellen Differentialgleichungen benötigen diskrete Punkte im Raum → Gitternetz

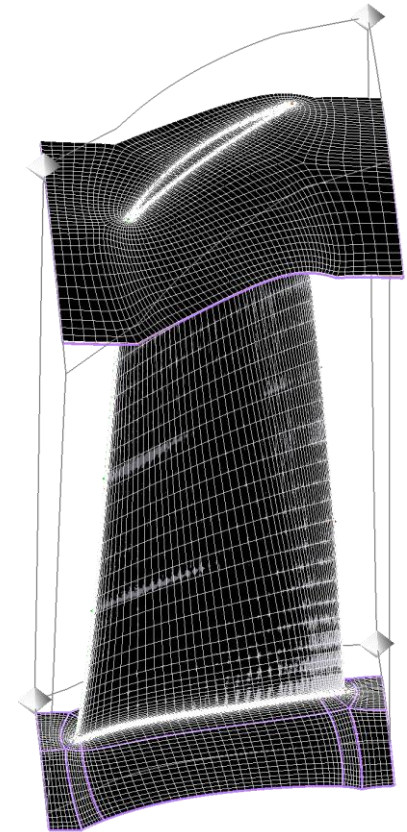
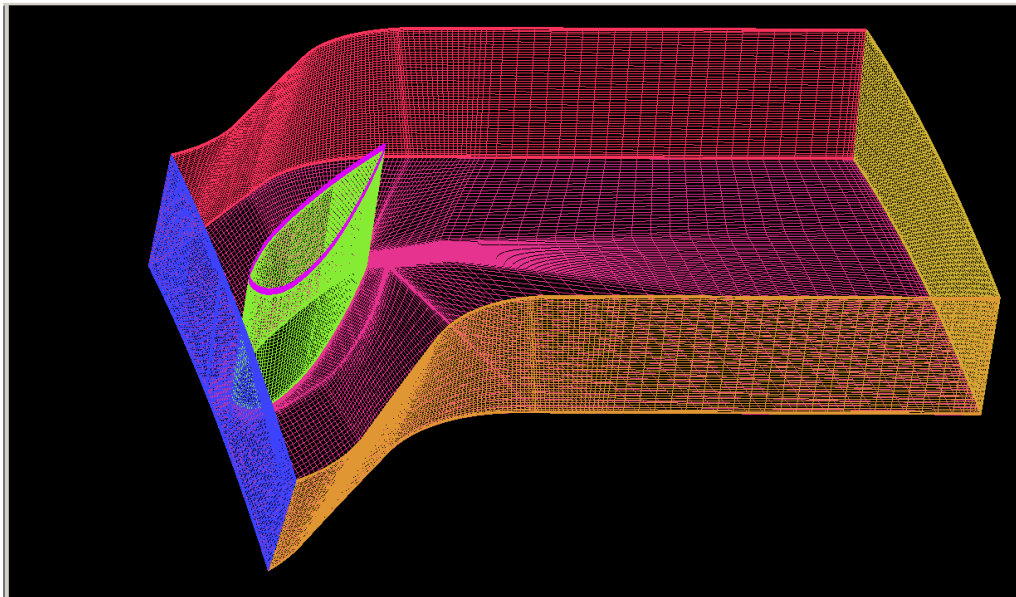
Software:

Ansys Icem

Ansys TurboGrid

GridGen

Gambit



## Definition der Randbedingungen

Zweck: Die Erhaltungsgleichungen für Masse, Impuls und Energie, sowie Turbulenzgleichungen stellen ein so genanntes Anfangs- Randwertproblem dar. Zur Lösung ist die Vergabe von Randbedingungen erforderlich.

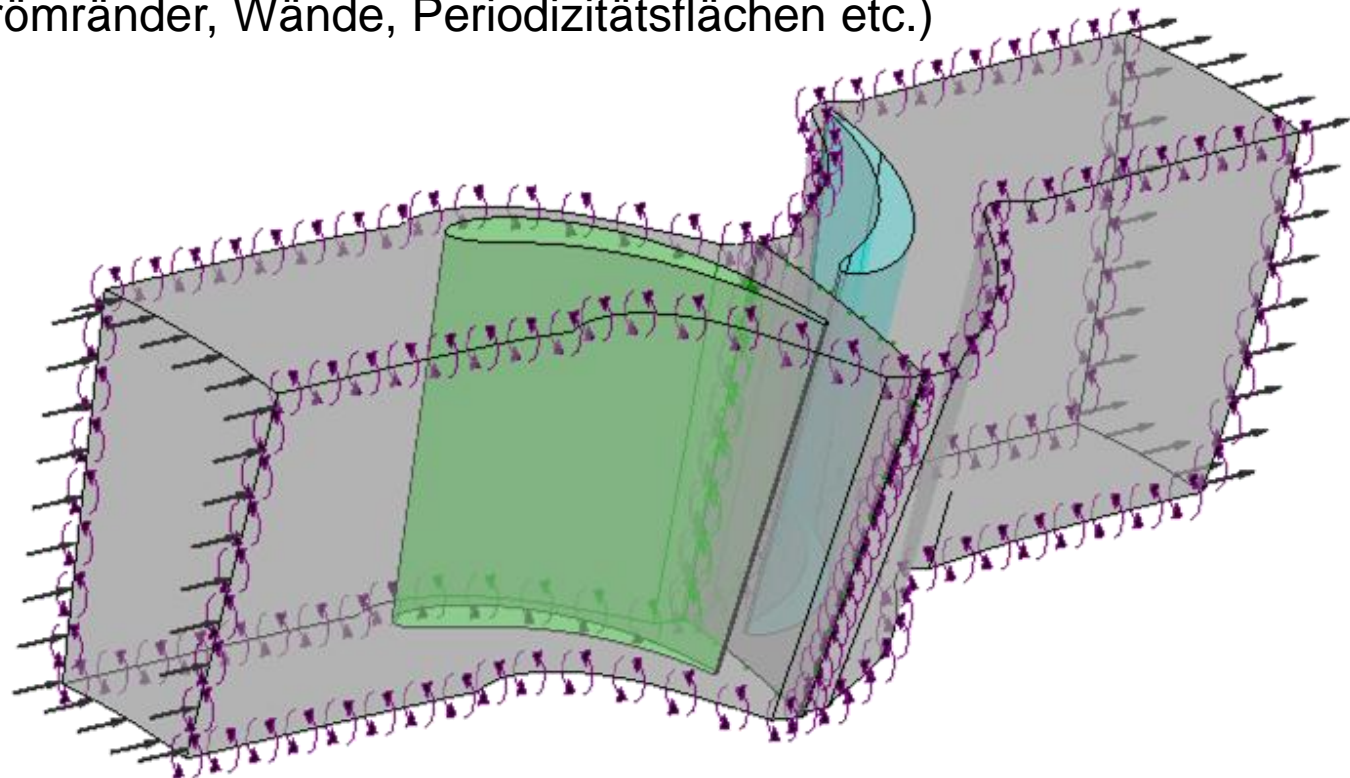
Bestimmung von physikalischen Randflächen des Untersuchungsgebietes (Ein- und Ausströmränder, Wände, Periodizitätsflächen etc.)

### Software:

Ansys CFX-Pre

Ansys Fluent

Star-CCM



Strömungslöser, Simulation

Zweck: Lösung der Erhaltungsgleichungen für Masse, Impuls und Energie

Diskretisierung der partiellen Differentialgleichungen und Lösung des Gleichungssystems

Konvergenzbestimmung

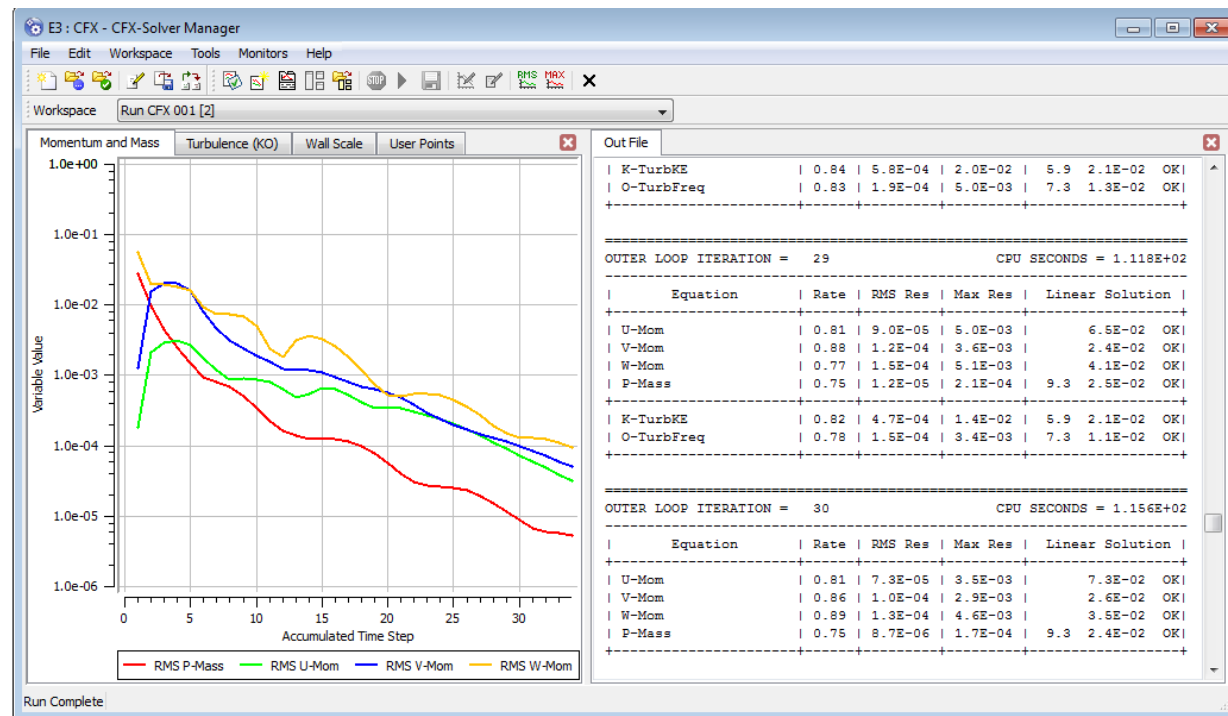
Software:

Ansys CFX-Solver

Ansys Fluent

Star-CCM

CD-Adapo



Navier Stokes Gleichungen (laminar, inkompr., stationär):

Massenerhaltung:  $\leftarrow \frac{\partial v_r}{\partial r} + \frac{v_r}{r} + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0$

Impulserhaltung:  $\left\{ \begin{aligned} v_r \frac{\partial v_r}{\partial r} + v_z \frac{\partial v_r}{\partial z} - \frac{v_\Phi^2}{r} &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} + \nu \left( \nabla^2 v_r - \frac{v_r}{r^2} \right) \\ v_r \frac{\partial v_\Phi}{\partial r} + v_z \frac{\partial v_\Phi}{\partial z} + \frac{v_r v_z}{r} &= \nu \left( \nabla^2 v_\Phi - \frac{v_\Phi}{r^2} \right) \\ v_r \frac{\partial v_z}{\partial r} + v_z \frac{\partial v_z}{\partial z} &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \nu \nabla^2 v_z \end{aligned} \right.$

Energieerhaltung:  $\leftarrow v_r \frac{\partial T}{\partial r} + v_z \frac{\partial T}{\partial z} = \frac{k}{\rho c_p} \nabla^2 T + \frac{1}{\rho c_p} \mu \cdot \Phi$

## Diskretisierung der Erhaltungsgleichungen

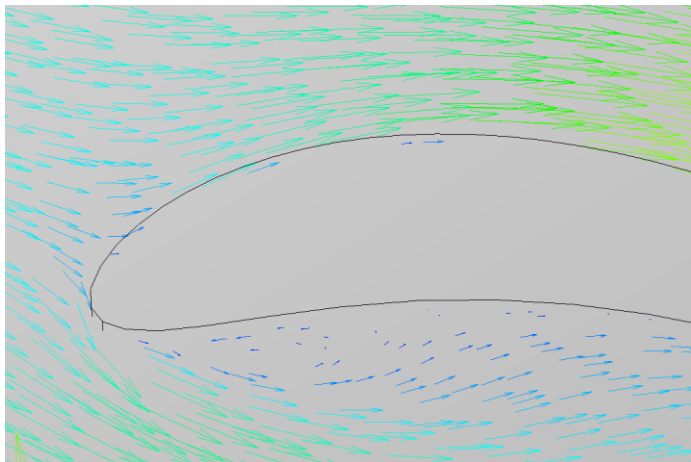
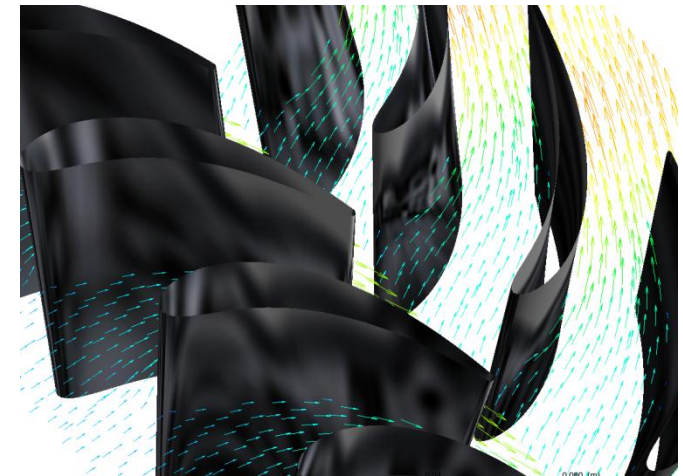
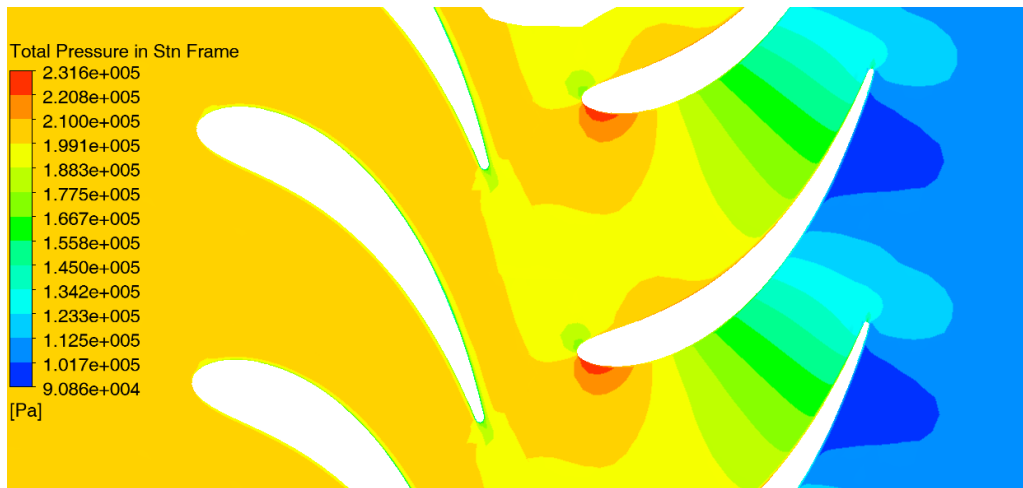
- Umwandlung von kontinuierlicher Beschreibung des Problems in eine diskrete Beschreibung
- Überführung der partiellen Differentialgleichungen in algebraische Gleichungen
- Erhaltungsgleichungen werden nur an diskreten Punkten im Raum zu bestimmten Zeitpunkten näherungsweise gelöst
- Räumliche und zeitliche Diskretisierung

## Lösen des Gleichungssystems

- Die für jede Gitterzelle des Untersuchungsgebietes diskretisierten Erhaltungsgleichungen bilden für die Bestimmung der Strömungsgrößen ein System von gekoppelten, algebraischen Gleichungen, die es zu lösen gilt
- Das Gleichungssystem ist bei strömungsmechanischen Problemstellungen häufig nicht linear und erfordert zur Lösung numerische Algorithmen (Jacobi-, Gauß-Seidel Verfahren)

## Visualisierung und Auswertung der Ergebnisse

Zweck: Auswertung der Ergebnisse und ggf. Diskussion über Modifikation

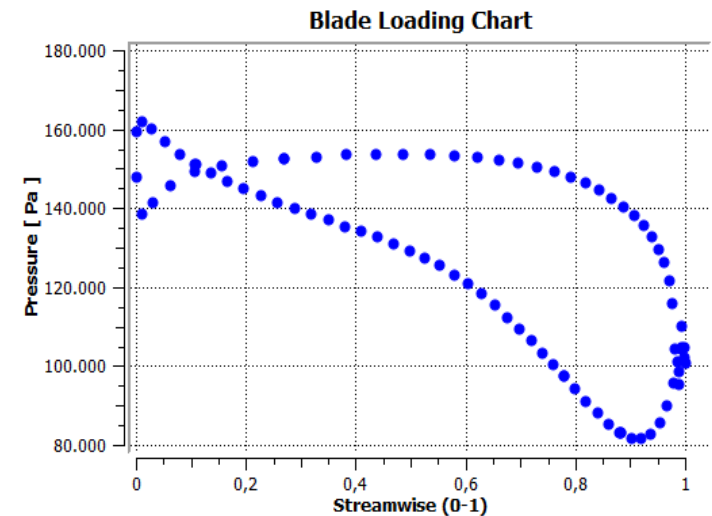


Software:

Ansys CFX-Post

Ansys Fluent

Star-CCM

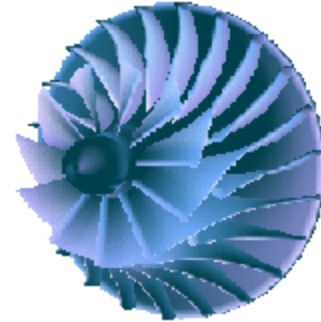


## CFD Aufgabe: Optimierung einer Turbinenstufe

Verfügbare Daten: Work-sheet mit Randbedingungen

Nutzbare Software: Ansys BladeGen, Ansys TurboGrid, Ansys CFX

Abgabe Daten: Ansys CFX-Post Datei einer Turbinenstufe mit einem Wirkungsgrad größer 0.95;  
Bericht



# Aufgabenstellung CFD-Seminar

## Winter Semester 2011/2012

Unter den vorgegebenen Randbedingungen, soll eine Axial-Turbine mittels CFD hinsichtlich des Wirkungsgrades optimiert werden, Ziel ist ein isentroper Wirkungsgrad von 95% oder mehr. Hierzu wird das Softwarepaket Ansys genutzt, dass in den Computerräumen MC327, MA425, MB142 der Universität vom 09.01 – 30.01.2012 bereit steht. Die Bewertung der Arbeit erfolgt auf Grundlage eines schriftlichen, gebundenen Berichts der am Lehrstuhl abzugeben ist. Aus dem Bericht müssen die Vorgehensweise und die Ergebnisse klar hervorgehen und die Eigenleistung erkennbar sein. Zusätzlich müssen die Daten der endgültigen Turbinenstufe in digitaler Form dem Lehrstuhl übergeben werden. Jeder Teilnehmer ist verpflichtet sowohl die Optimierung als auch den Bericht selbstständig zu erstellen.

### **Randbedingungen:**

Totale Eintrittstemperatur :	$T_0 = 500 \text{ °C}$
Totaler Eintrittsdruck :	$p_0 = 2 \text{ bar}$
Statischer Austrittsdruck :	$p_2 = 1 \text{ bar}$

### **Arbeitsmedium:**

Luft als perfektes Gas	
Spezifische Gaskonstante :	$R = 0.287 \text{ kJ/ kg K}$
Isobare Wärmekapazität:	$c_p = 1.0044 \text{ kJ / kg K}$

### **Weitere Vorgaben:**

Nabendurchmesser:	$d_i = 500 \text{ mm}$
Gehäusedurchmesser:	$d_A = 700 \text{ mm}$
Drehzahl :	$n = 12.000 \text{ min}^{-1}$

### **Bereitstellungszeitraum des Softwarepakets:**

09.01.2012	14:00 – 18:00 Uhr
16.01.2012	14:00 – 18:00 Uhr
23.01.2012	14:00 – 18:00 Uhr
30.01.2012	14:00 – 18:00 Uhr

Abgabetermin des Berichts und der Daten: **07.02.2012**