

# Introduction to Computational Fluid Dynamics

HLRS-Parallel Programming Workshops

S. Roller<sup>4</sup>, A. Stock<sup>1</sup>, A. Beck<sup>1</sup>, A. Ruprecht<sup>2</sup>, S. Bogdanski<sup>1</sup>, F. Hindenlang<sup>1</sup>,  
Ph. Birken<sup>5</sup>, A. Meister<sup>5</sup>, R. Rabenseifner<sup>3</sup>, M. Haas<sup>1</sup>, Ch. Altmann<sup>1</sup>

University of Stuttgart

<sup>1</sup> Institute of Aerodynamics and Gas Dynamics (IAG)

[www.iag.uni-stuttgart.de](http://www.iag.uni-stuttgart.de)

<sup>2</sup> Institute of Fluid Mechanics and Hydraulic Machinery (IHS)

[www.ihs.uni-stuttgart.de](http://www.ihs.uni-stuttgart.de)

<sup>3</sup> High-Performance Computing-Center Stuttgart (HLRS)

[www.hlrs.de](http://www.hlrs.de)

<sup>4</sup> Applied Supercomputing in Engineering,  
German Research School for Simulation Sciences, Aachen

[www.grs-sim.de/research/engineering](http://www.grs-sim.de/research/engineering)

<sup>5</sup> AG Analysis und Angewandte Mathematik

University of Kassel

[www.mathematik.uni-kassel.de](http://www.mathematik.uni-kassel.de)



Introduction  
Slide 1

Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart

H L R | S

## Introduction to CFD — 1st day (Monday)

### Einführung und Grundlagen

- 10:00 **Die Grundgleichungen der Strömungsmechanik** [CFD01] Prof. Dr.-Ing. Sabine Roller  
11:00 **Coffee**  
11:30 **Beispiele: Navier-Stokes-/ Euler-Gleichungen, inkompressible Gleichungen** [CFD02] Andreas Stock / Christoph Altmann  
12:45 **Lunch**  
13:30 **Klassifizierung der Gleichungen und Phänomene** [CFD03] Prof. Dr.-Ing. Sabine Roller  
14:30 **Rechengitter** [CFD04] Andreas Stock / Florian Hindenlang  
15:00 **Coffee**  
15:30 **Rechnerübung: CFD-Berechnung der Umströmung eines Keilprofils, Generieren von Gittern, Visualisierung & Validierung** [UEB01] Andreas Stock  
17:30 **End**

Im Anschluss: Social Event – Stadtführung und gemeinsames Abendessen  
(auf Selbstkostenbasis)



Introduction  
Slide 9 (CFD)

Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart

Rolf Rabenseifner

H L R | S

## Introduction to CFD — 2nd day (Tuesday)

### Finite Differenzen- und Finite Elemente-Verfahren, numerische Methoden für inkompressible Strömungen

9:00	<b>Finite-Differenzen-Verfahren</b>	[CFD05]	Prof. Dr.-Ing. Sabine Roller
10:15	Coffee		
10:45	<b>Finite Elemente zur Strömungssimulation</b>	[CFD06]	Dr. Albert Ruprecht
11:45	<b>Numerische Verfahren für inkompressible Strömungen</b>		
12:45	Lunch		
13:30	<b>Numerische Verfahren für inkompressible Strömungen</b>	[CFD07]	Dr. Albert Ruprecht
15:00	Coffee		
15:30	<b>Finite-Elemente-Verfahren und Inkompressible Strömungen (Rechnerübung)</b>	[UEB02]	Dr. Albert Ruprecht
17:30	End		

Im Anschluss: ggf. Besichtigung der CAVE am HLRS



Introduction  
Slide 10 (CFD) Rolf Rabenseifner  
Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart

HLRS

## Introduction to CFD — 3rd day (Wednesday)

### Finite-Volumen-Verfahren für kompressible reibungsfreie Strömungen

9:00	<b>Grundlagen des Finite-Volumen-Verfahrens: Das Stoßrohr – die Idee von Godunov</b>	[CFD08]	Prof. Dr.-Ing. Sabine Roller
9:30	<b>Flussfunktionen und Riemannlöser</b>	[CFD09]	Prof. Dr.-Ing. Sabine Roller
10:30	Coffee		
11:00	<b>Flussfunktionen und Riemannlöser (Rechnerübung)</b>	[UEB03]	Andreas Stock
12:45	Lunch		
13:30	<b>Finite-Volumen-Verfahren auf unstrukturierten Gittern</b>	[CFD10]	Dr. Philipp Birken
14:30	Coffee		
14:45	<b>Finite-Volumen-Verfahren 2. Ordnung</b>	[CFD11]	Dr. Philipp Birken
15:30	<b>Verfahren auf unstrukturierten Gittern (Rechnerübung)</b>	[UEB04]	Andreas Stock
17:30	End		

Im Anschluss: ggf. Besichtigung der Versuchsanlagen am IAG



Introduction  
Slide 11 (CFD) Rolf Rabenseifner  
Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart

HLRS

## Introduction to CFD — 4th day (Thursday)

### Navier-Stokes-Gleichungen und Turbulenzmodellierung

9:00	<b>Finite-Volumen-Verfahren für die Navier-Stokes-Gleichungen</b>	[CFD12]	Dr. Philipp Birken
10:00	Coffee		
10:30	<b>Implizite Verfahren</b>	[CFD13]	Prof. Dr. Andreas Meister
12:00	Coffee		
12:15	<b>Best Practice-Guidelines</b>	[CFD15]	Andreas Stock
12:45	Lunch		
13:30	<b>Turbulenzmodellierung I</b>	[CFD14]	Steffen Bogdanski
14:30	Coffee		
14:45	<b>Turbulenzmodellierung II</b>	[CFD14]	Steffen Bogdanski
15:45	Coffee		
16:00	<b>Turbulenzmodellierung III / Übungen</b>	[CFD14]	Steffen Bogdanski
17:30	<b>Verfahren hoher Ordnung</b>	[CFD10A]	Andreas Stock / Florian Hindenlang
18:00	End		



Introduction Rolf Rabenseifner  
Slide 12 (CFD) Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart

HLRS

## Introduction to CFD — 5th day (Friday)

### Parallelisierung / Kommerzielle Codes

9:00	<b>Parallelisierung, Part 1</b>	[CFD16]	Dr. Rolf Rabenseifner
10:00	Coffee		
10:30	<b>Parallelisierung, Part 2</b>	[CFD16]	Dr. Rolf Rabenseifner
11:30	Coffee		
11:45	<b>Zugang zu Bundeshöchstleistungsrechenzentren</b>	[HPC09]	Dr. Rolf Rabenseifner
12:15	<b>Kommerzielle CFD-Codes</b>	[CFD18]	Andreas Stock
13:00	Lunch		
13:45	<b>Parallelisierung eines Finite-Volumen-Verfahrens auf strukturierten Gittern</b>	[CFD17]	Andreas Stock
14:15	<b>Abschlussdiskussion</b>		
14:30	End		



Introduction Rolf Rabenseifner  
Slide 13 (CFD) Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart

HLRS