



Getting started with OpenFOAM

-

Ein Crashkurs in numerischer
Strömungssimulation

1. Einleitung
2. Installation
3. Ordner-Struktur
4. Tutorials
5. Vernetzung: Salome/ snappyHexMesh
6. 3Week-Series
7. Source-Code
8. Weitere Hilfestellungen

Übersicht



Einleitung

Was bietet dieser Vortrag?

Einen ersten Einblick in OpenFOAM zu den Themen:

- Was muss ich bei der Installation berücksichtigen?
- Wie baue ich eine Simulation auf?
- Wie starte ich meine Simulation?
- Wie werte ich die Simulation grundlegend aus?
- Wo finde ich den Source-Code?
- Wo kann ich mir weitere Ideen und Hilfestellungen suchen?

→ Intention: Möglichst einfachen Einstieg in OpenFOAM ermöglichen

Einleitung

Was bietet dieser Vortrag nicht?

Keine:

- ausführlichen Inhalte zur Theorie der Strömungssimulation (CFD)
- ausführlichen Inhalte zur Theorie der Numerik
- Behandlung anderer Software-Pakete

→ Der Vortrag ist nur bedingt für Personen geeignet, die bereits über Basiswissen zu OpenFOAM verfügen

Einleitung

Meine Erfahrungen mit OpenFOAM

Wie bin ich auf OpenFOAM aufmerksam geworden?

- Durch die Bachelorarbeit
- Oft genannt von Unternehmen mit einer kleinen CFD-Abteilung

Welche Projekte habe ich bereits bearbeitet?

- Bachelorarbeit: Optimierung der Durchmischung von Abgas und Ammoniak
- Wissenschaftliche Arbeit: Studie zu Turbulenzmodellen bei der Zylinderumströmung mit Realgas
- Clusterrechnungen

Einleitung

Was ist die numerische Strömungsmechanik?

- Approximation der Navier-Stokes-Gleichung
(Exakte Lösung zählt zu den sieben Millennium-Problems)
- Finite-Volumen-Methode (FVM)
Überführen der kontinuierlichen Physik in einen endlichen Raum mit einer endlichen Zeit
(Diskretisierung)
- Literaturempfehlung /-verweis: J.H. Ferziger



Einleitung

Was ist OpenFOAM

Open

- Open Source Software Bibliothek
- Programmiert in C++

Field

(Objektorientierte Programmierung)

Operation

- Programmiert in 2004
- Aktuelle Version: V8 – Juli 2020

And

- Betriebssystem: Linux
- Sprache: Englisch

Modification

Einleitung

Warum Open Source?

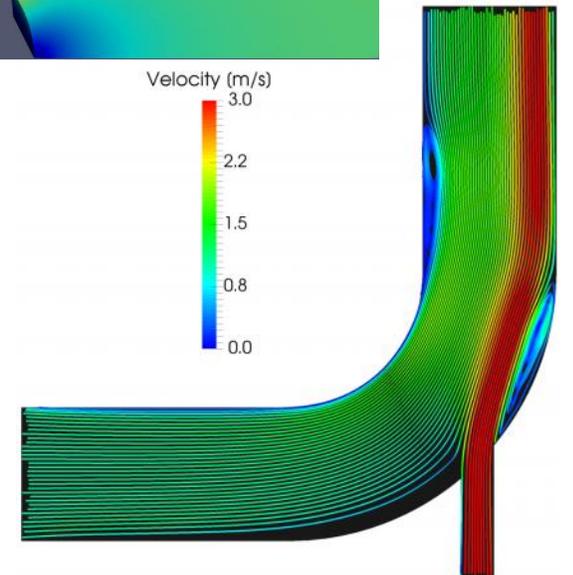
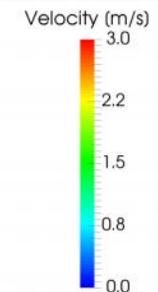
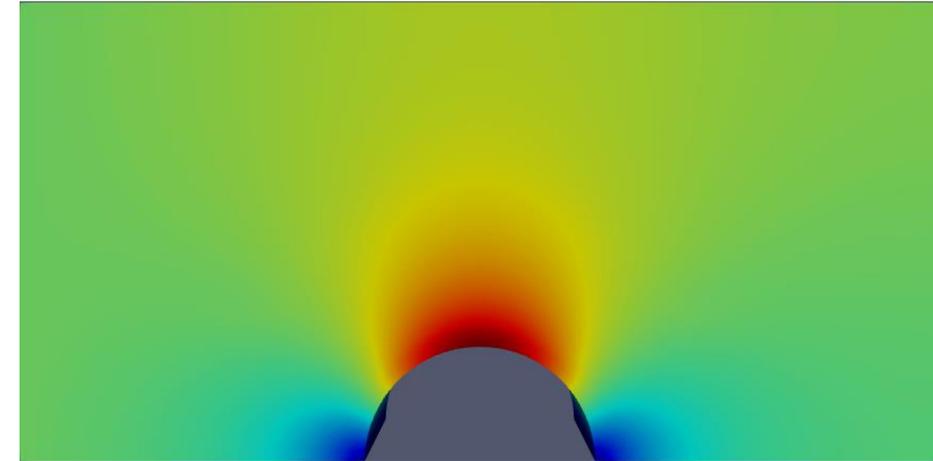
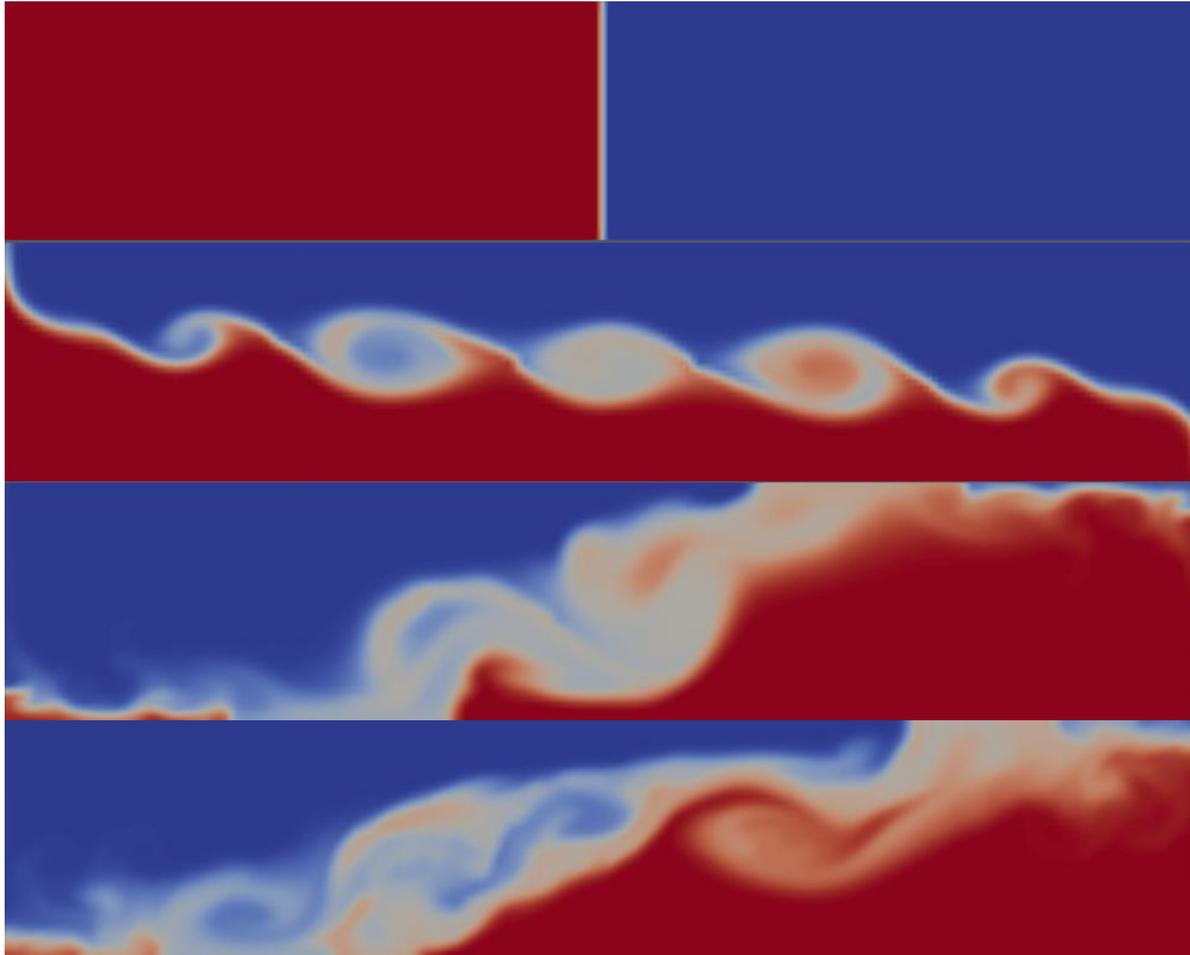
- Oft tiefgehende Einstellungsmöglichkeiten
- Persönliche Anpassungen und eigene Weiterentwicklungen möglich (Source Code)
- Geringe finanzielle Hürden für neue Abteilungen/Unternehmen

Aber leider auch oft:

- kein implizierter Support
- aufwändigere und weniger intuitive Einarbeitung
- keine / unstrukturierte Benutzeroberfläche

Einleitung

Teaser



ACHTUNG:

- CFD bedeutet nicht nur bunte Bilder!
- Simulationen werden erst durch Validierungen aussagekräftig!

Installation

Betriebssystem

OpenFOAM

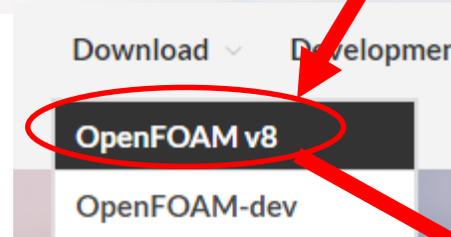
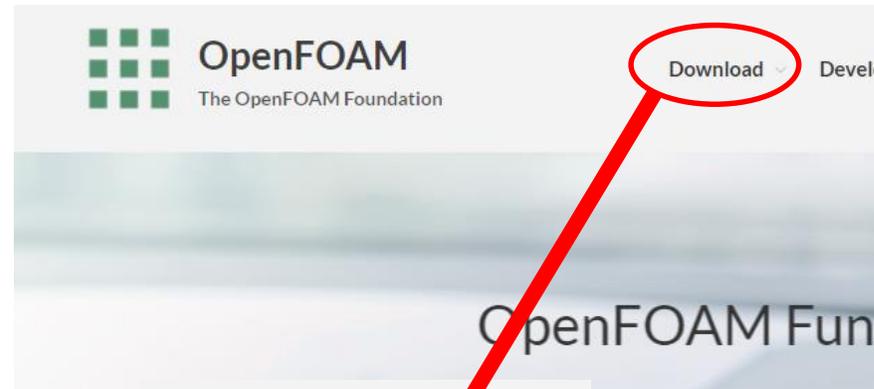
- läuft am stabilsten auf Linux
- ist am einfachsten zu installieren auf Linux
- kann mit viel Aufwand auf Windows installiert werden (nicht zu empfehlen)
- sollte statt auf Windows direkt besser auf einer virtuellen Maschine installiert werden

→ <https://www.virtualbox.org/>

Installation

Installation unter Linux

- Offizielle Seite:
<https://openfoam.org/>
- Reiter: Download
- Dropdown: Aktuelle Version
- Nach Release-Notes: Download
Ubuntu (Read More)
- Den Anweisungen folgen und das
Terminal verwenden



Download v8 | Ubuntu Ubuntu Versions

OpenFOAM 8 is a major new release of OpenFOAM, accompanied by *ParaView 5.6.0*, compiled with *gcc 7.5.0* and *glibc 2.27*, provided by the *paraviewopenfoam56* package for Ubuntu, 64 bit only:

- 16.04 LTS, codename xenial
- 18.04 LTS, codename bionic
- 19.10, codename eoan
- 20.04 LTS, codename focal

Installation

OpenFOAM and *ParaView* can be simply installed using a package management tool. The user will need to provide the following information:

OpenFOAM 8 Released

The OpenFOAM Foundation is pleased to announce the release of OpenFOAM 8.0.0. Version 8 is a snapshot of the current sustainable development, is always-releasable, and is based on existing code, with strict demands on usability and performance. The following key developments:

- Multiphase: selectable interpolation for interface
- Reacting multiphase: consolidated multiphase solver
- Transport: new MomentumTransportMode
- Thermophysical: thermodynamics and equation of state
- Surface Film: huge performance improvement
- Heat transfer: better numerics and case settings
- Particle tracking: renamed uncoupled solver
- Other models: transient/steady-state solver
- Mesh: improved snappyHexMesh and blockMesh
- Function Objects: improved visualization/filters
- Case Configuration: new configuration/init
- Computation: better data I/O, field caching

🕒 22nd July 2020

[Read More](#)

Download v8 | Ubuntu

For Ubuntu 16.04LTS, 18.04LTS, 20.04LTS

🕒 22nd July 2020

[Read More](#)

Quelle: [OpenFOAM.org](https://openfoam.org/)

Ordner Struktur

Der Grundgedanke

OpenFOAM

- bietet keine Benutzeroberfläche
- arbeitet nur mit Ordnern und Dokumenten die sich „gegenseitig kennen“
(genaue Bezeichnung notwendig)
- operiert durch Befehle im Terminal
- Post Processing im Terminal durch
 - direkte Ergebniswerte
 - durch Plots (z.B. Druckverlust über das Profil → GnuPlot)
- Post Processing durch ParaView (Visualisierungen – z.B. Geschwindigkeitsfeld, Stromlinien)

Ordner Struktur

Aufbau eines Cases (Rechenmodell)

Bezeichnung der Berechnung: z.B. „Zylinderumströmung“

System-Einstellungen zur Simulation

(Rechenzeit, Schrittweite, Numerische Verfahren, Vernetzung)

Fertiges Netz / Fluideigenschaft

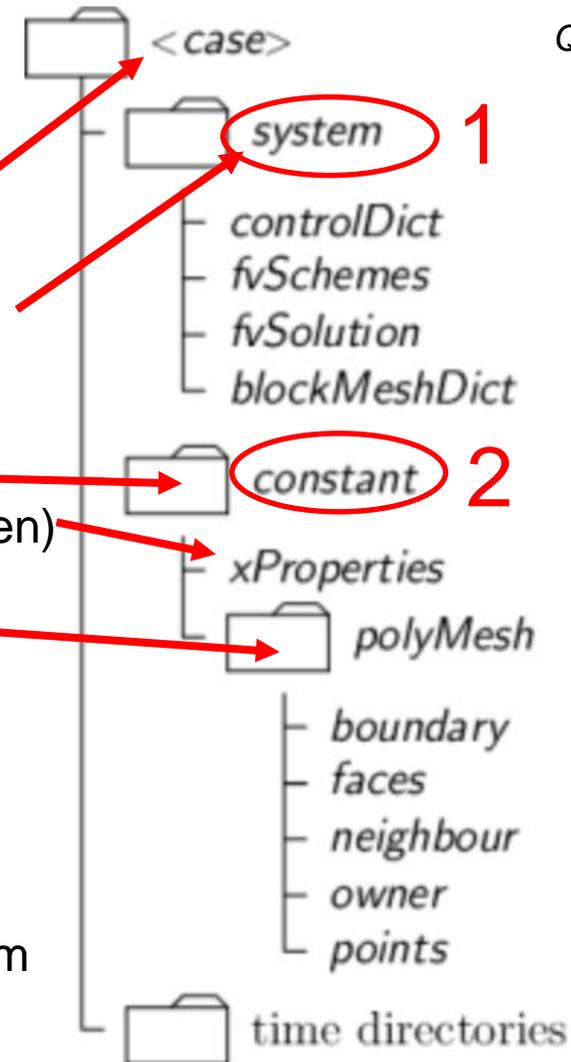
(Rechennetz / Thermodynamische und Turbulenz-Eigenschaften)

0-Ordner 3

(Physikalische und numerische Randbedingungen)

Weitere Zeitordner

(Werden eigenständig zur Laufzeit erstellt nach Einstellungen im *controlDict*)



Quelle: OpenFOAM User Guide

see [section 6.1](#)

see [section 6.2](#)

see [section 6.3](#)

see [section 4.1](#)

see [chapter 5](#)

see [subsection 4.1.2](#)

see [subsection 2.2.8](#)

Ordner Struktur

Ein Beispiel

Demonstartion abseits der Präsentation..

Tutorials

Wofür brauche ich sie?

OpenFOAM bietet Tutorials an, um

- sich mit dem generellen Aufbau des Programms vertraut zu machen
- sich mit dem starten von Programmen vertraut zu machen
- Anhaltspunkte zu haben für Standard-Einstellungen unterschiedlicher Fälle
(Kompressible, inkompressibel, Wärmeprobleme,...)

Tutorials

Welche gibt es?

CFD

- Basic tutorial
- Complex materials
- Compressible
- Incompressible
- Heat transfer
- Multiphase
- Numerics
- Reaction
- VOF

Turbulence

- Laminar
- Turbulence
- DES
- LES
- RAS (RANS)

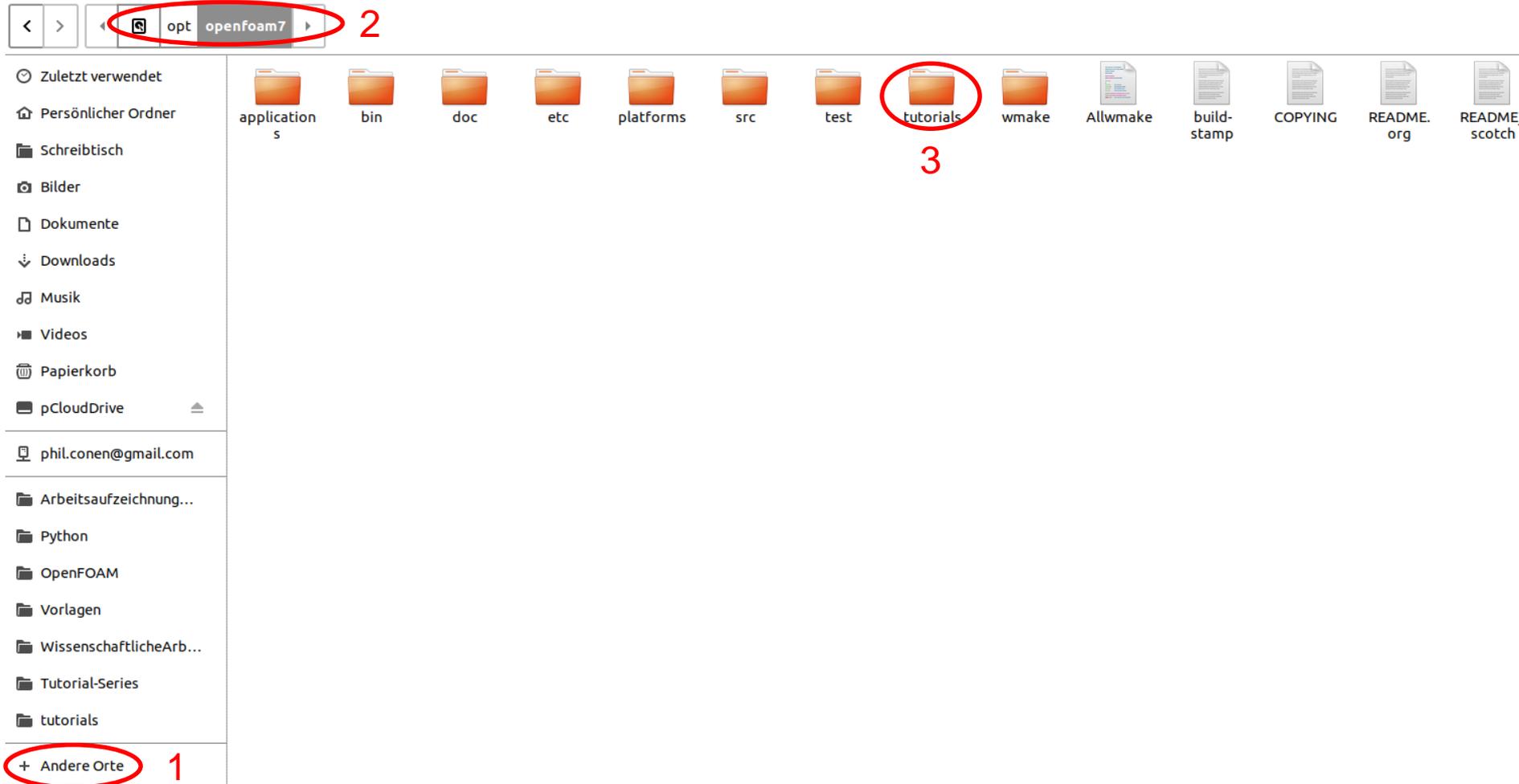
Pre- and post-processing

- Geometry
- Meshing
- Post-processing

Quelle: <https://wiki.openfoam.com/Categories>

Tutorials

Wie komme ich hin?



Tutorials

Wie gehe ich damit um?

Demonstartion abseits der Präsentation..

Vernetzung: Salome/ snappyHexMesh

Workflow

- Flächenreduziertes CAD-Modell → STEP-/ IGES-Dateiformat
(SolidWorks, SiemensNX, Catia und viele weitere)
- Import in Salome
 - Herstellung eines **wasserdichten** Modelles (keine Lücken zulässig)
 - Verbinden und bezeichnen der Flächen
 - Vernetzung und Export
- Import in OpenFOAM
 - Ausschneiden von Salome-Modell und BlockMesh mit snappyHexMesh

3Week-Series

Was ist das?

Die 3Week-Series

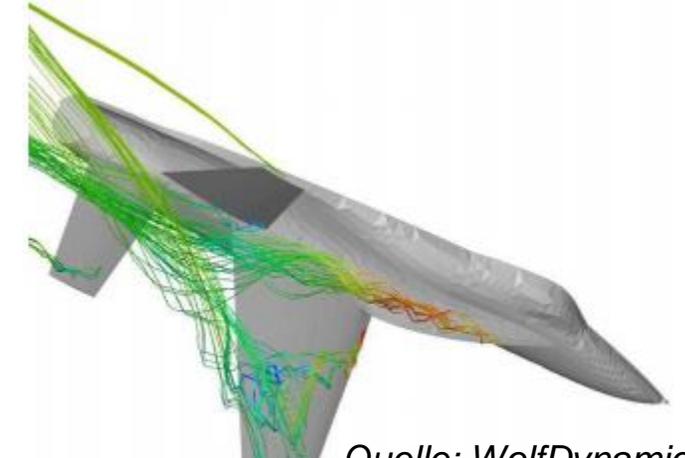
- ist ein von verschiedenen Institutionen geplantes Tutorial
- geht über 16 Tage (3 - 4 Stunden pro Tag)
- ist sehr gut dokumentiert
- kann ohne weitere Hilfe und Kenntnisse durchgearbeitet werden
- beinhaltet gelegentlich Hintergrundwissen zur CFD
- **ist wahrscheinlich die bei weitem beste Variante für Neueinsteiger in OpenFOAM!**

3Week-Series

Was wird behandelt?

→ [https://wiki.openfoam.com/index.php?title=%223 weeks%22 series](https://wiki.openfoam.com/index.php?title=%223%20weeks%22%20series)

→ Google: 3 week series openfoam



Quelle: WolfDynamics

3-weeks-series

Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 5
install - first steps	steps - visualization	introductory course	discretization	theory - fun simulations - tips
Day 6	Day 7	Day 8	Day 9	Day 10
geometry and meshing	turbulence 1	turbulence 2	multiphase	parallelization
Day 11	Day 12	Day 13	Day 14	Day 15
programming 1	programming 2	programming 3	programming 4	programming 5

Quelle: Wiki.OpenFOAM

3Week-Series

Beispiel - Ellenbogenmischer

Demonstration abseits der Präsentation..

Source Code

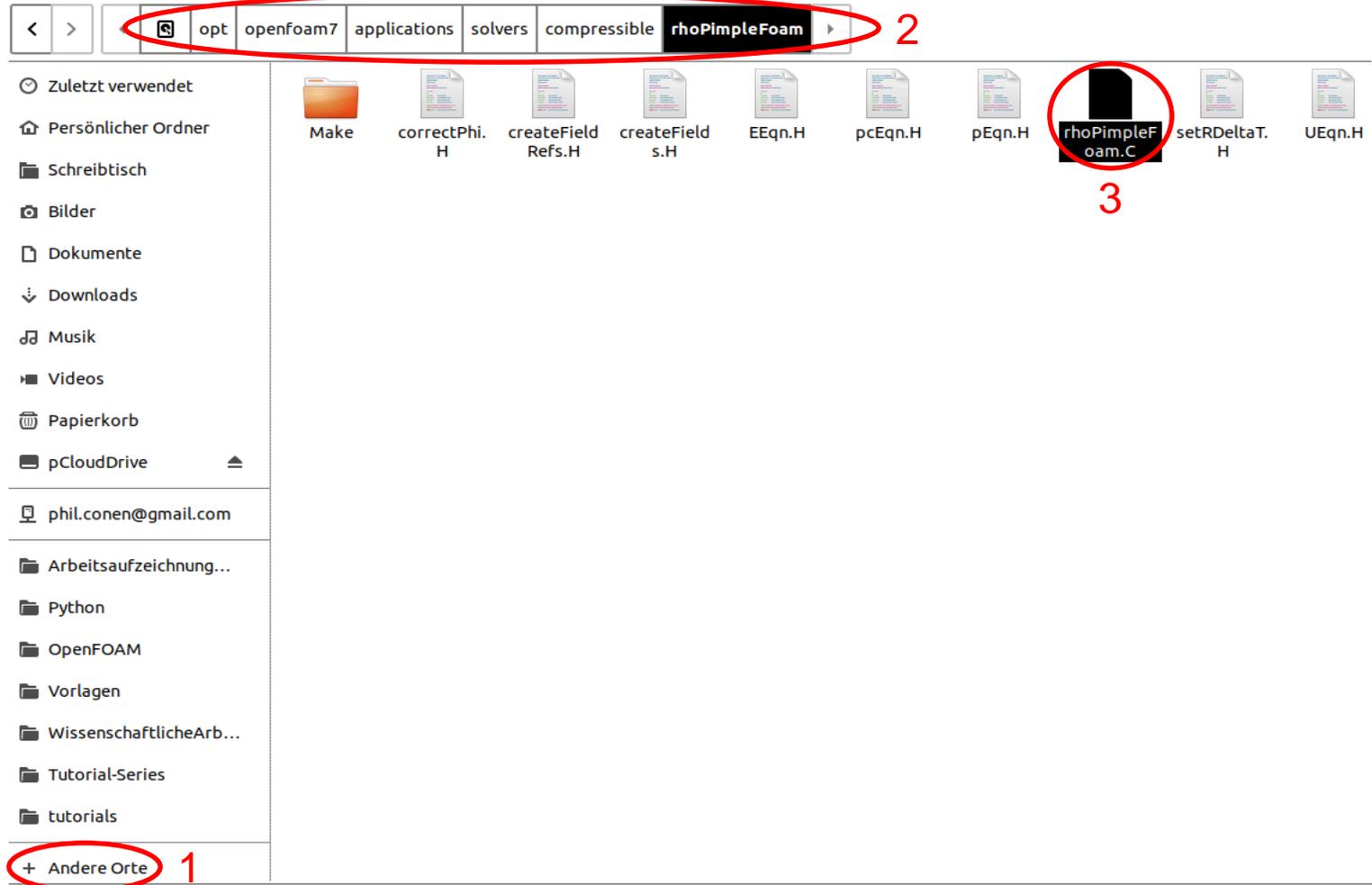
Warum ist das von Interesse?

Ein großer Vorteil von Open Source Programmen ist, dass man sich den Source Code

- ansehen und studieren kann
- verändern und neu kompilieren kann
- perfektes Praxisbeispiel für objektorientierte Programmierung

Source Code

Wie komm ich hin?



Source Code

rhoPimpleFoam Solver

Demonstration abseits der Präsentation..

Weitere Hilfestellungen

Banana - Methode

Was soll ich machen wenn ich keine Quelle für zulässige Optionen finde?

- Für den unbekannt Parameter einfach einen Platzhalter einsetzen, der nichts mit OpenFOAM zu tun hat (z.B. Banana)
- OpenFOAM wird auf den Platzhalter reagieren und neben der Lokalisierung des Fehlers in der Regel auch Lösungsvorschläge anbieten

```
p banana  
{  
    preconditioner    DIC;  
    tolerance         1e-06;  
    relTol            0;  
};
```

```
Unknown symmetric matrix solver banana  
  
Valid symmetric matrix solvers are :  
  
13  
(  
ICCG  
RREAMG  
MPEAMG  
GMRES  
FPEAMG  
smoothSolver  
deflation  
BICCG  
PCG  
amgSolver  
CG  
GAMG  
BiCGStab  
)
```

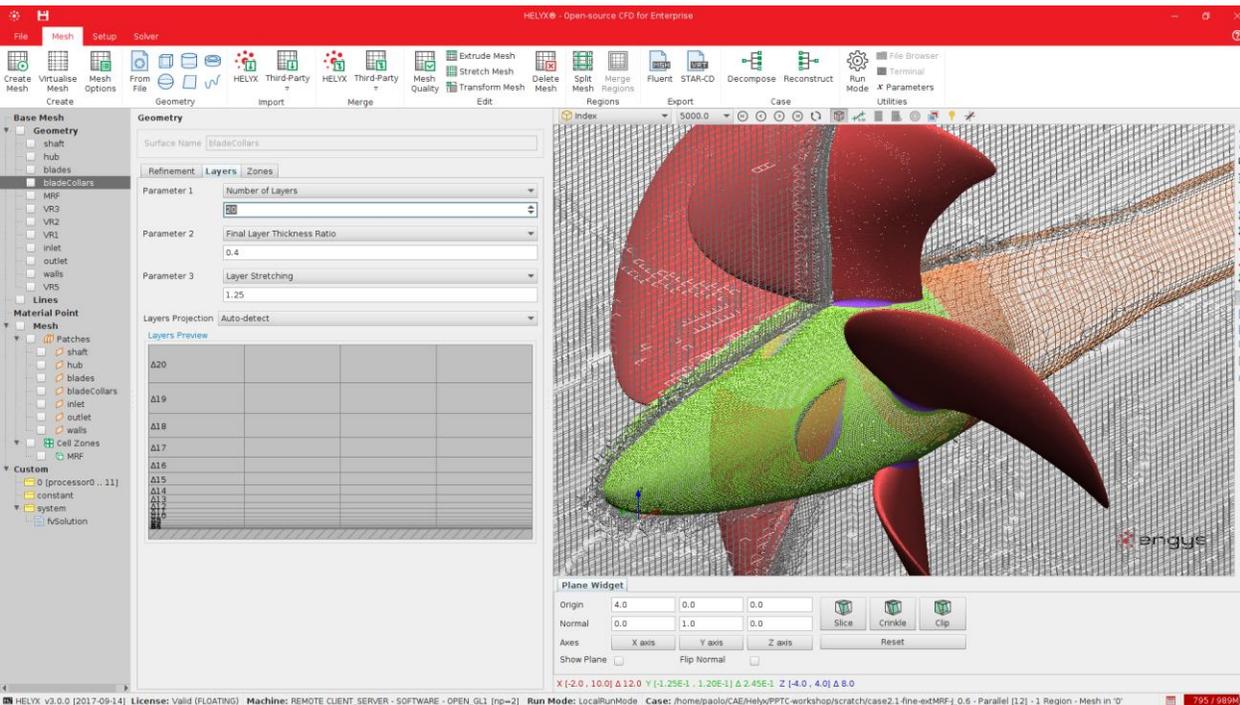
Quelle: https://openfoamwiki.net/index.php/OpenFOAM_guide/Use_bananas

Weitere Hilfestellungen

HELYX und simFlow

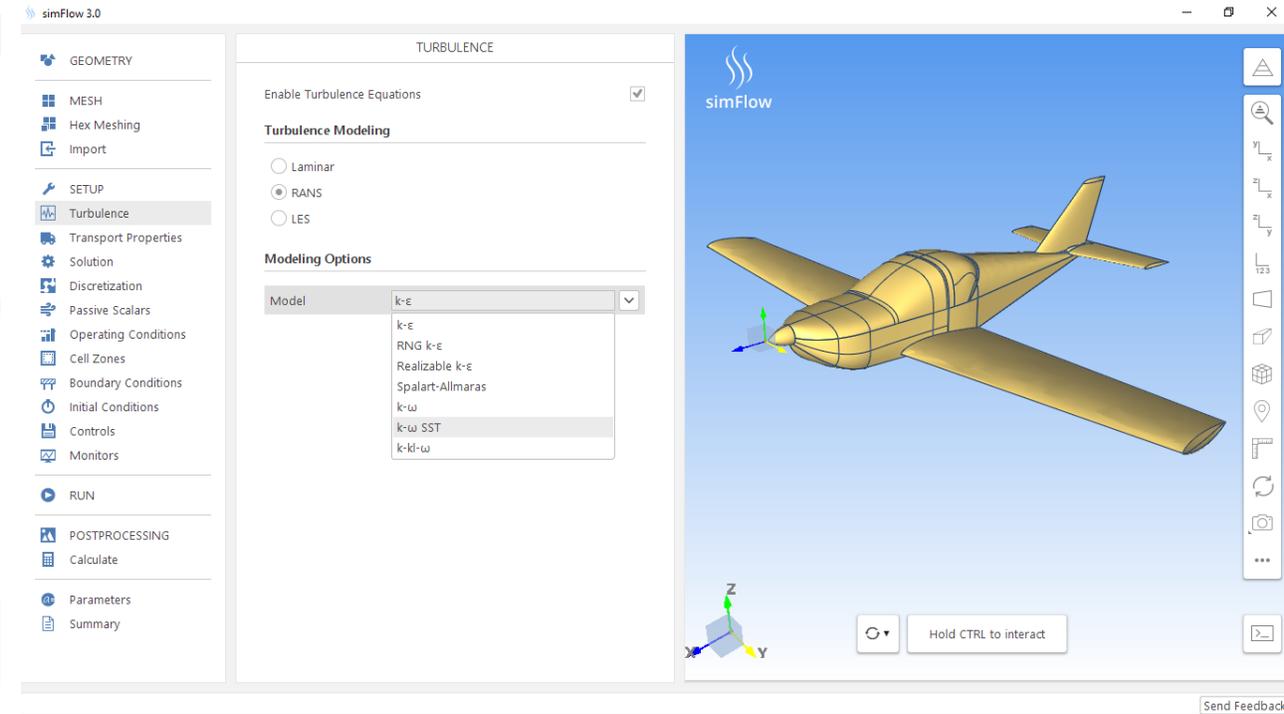
Für alle die sich in der UNIX-Welt nicht wohlfühlen..

HELYX



Quelle: <https://engys.com/products/helyx>

simFlow



Quelle: <https://sim-flow.com/cfd-software/>

Weitere Hilfestellungen

Internet-Ressourcen

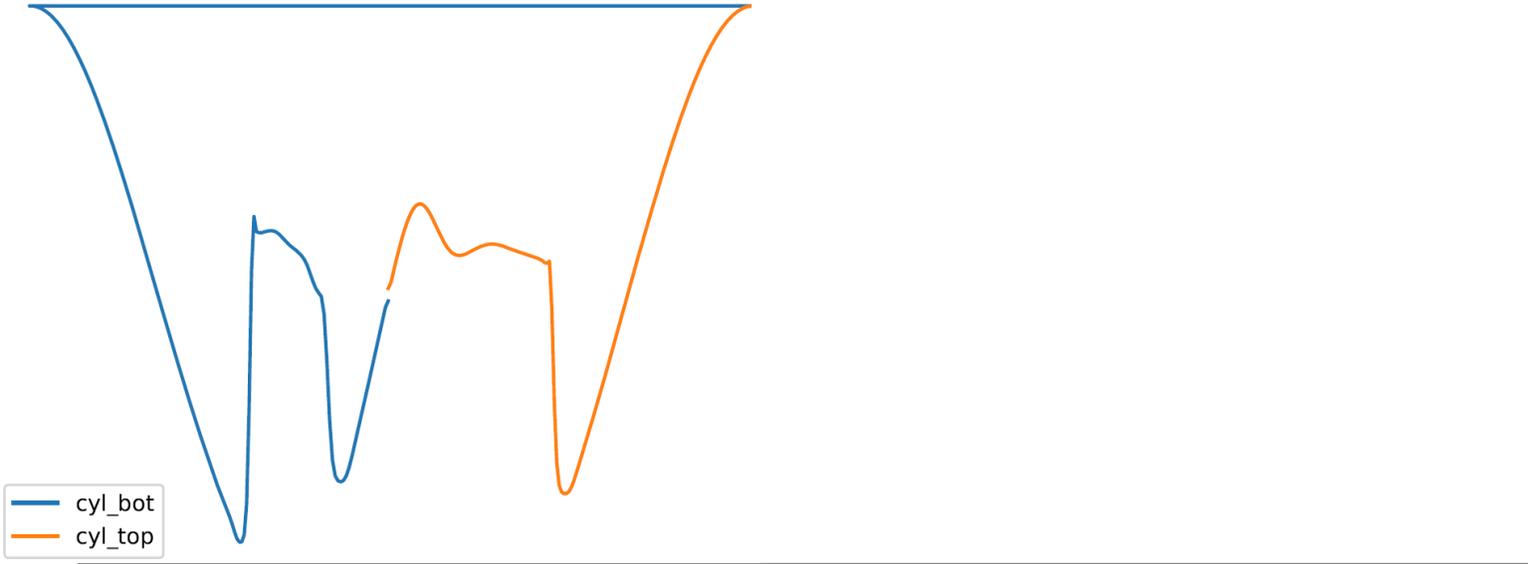
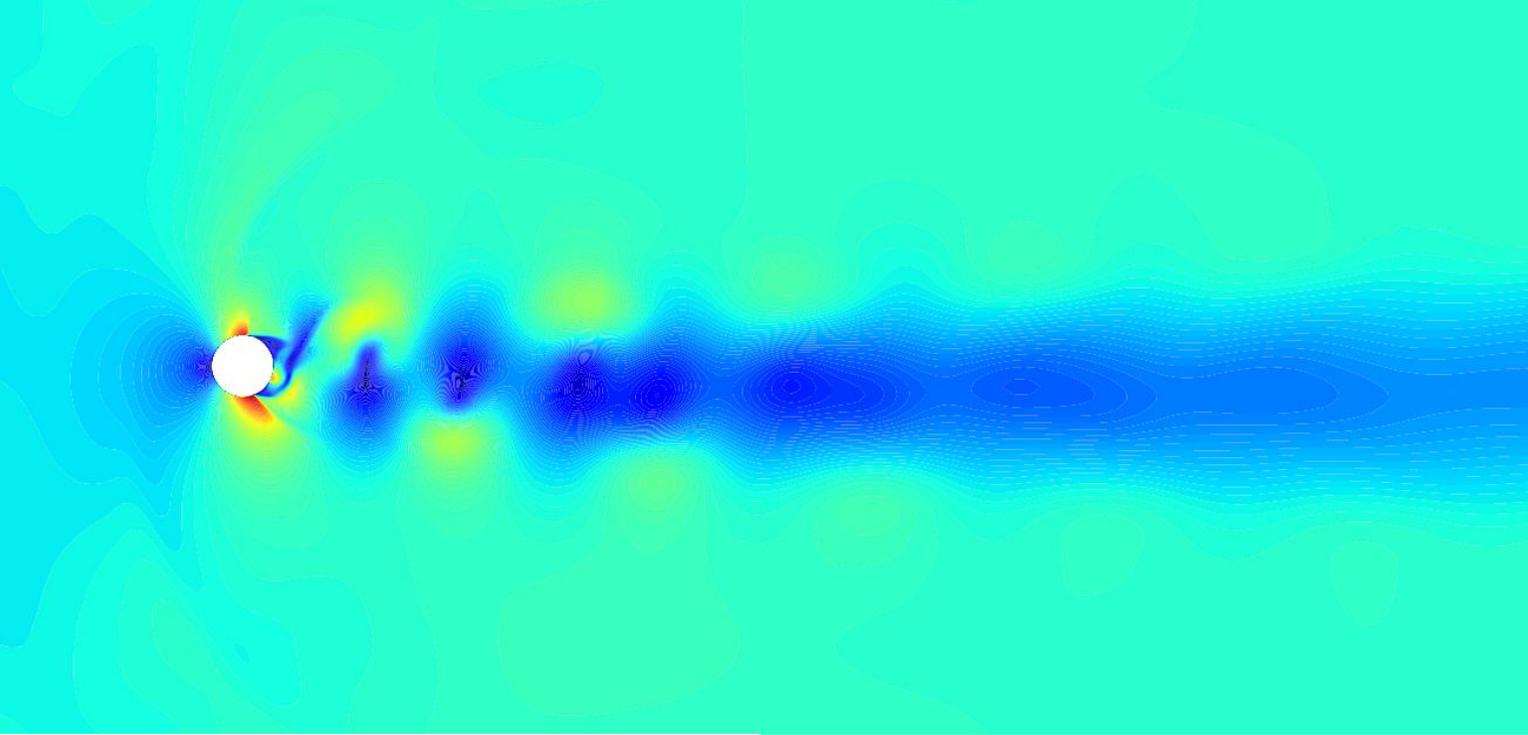
- <https://openfoam.org/>
 - <https://www.openfoam.com/>
 - <https://wiki.openfoam.com/Categories>
 - https://openfoamwiki.net/index.php/Main_Page
 - <https://www.cfd-online.com/>
 - <https://cfd.direct/>
 - <https://www.cfdsupport.com/>
 - <https://ww3.cad.de/cgi-bin/ubb/forumdisplay.cgi?action=topics&forum=OpenFOAM&number=527&DaysPrune=1000&LastLogin=&mystyle=>
- **Offizielle Seite der Foundation**
 - **Offizielle Seite von OpenFOAM**
 - **Wiki – Tipps und Tricks**
 - **Wiki – Tipps und Tricks**
 - **Das größte CFD-Forum**
 - **Entwicklerseite für OpenFOAM**
 - **Erklärungen zu OpenFOAM und der CFD**
 - **Deutschsprachiges Forum**

Weitere Hilfestellungen

Texte, Bücher und Vorlesungen

- **OpenFOAM User Guide** → <https://openfoam.com/documentation/>
- **Numerische Strömungsmechanik**; Joel H. Ferziger, Milovan Perić
- **Numerische Strömungsmechanik: Grundgleichungen und Modelle - Lösungsmethoden - Qualität und Genauigkeit**; Eckart Laurien, Herbert Oertel
- **Strömungssimulation**; Prof. Dr. Jantzen (Bachelor - Maschinenbau)
- **Anwendung numerischer Software**; Prof. Dr. rer nat. Finke, Prof. Dr. rer. nat. Göllmann (Master - Maschinenbau)

Fragen?



Anhang

SIMPLE / PIMPLE / PISO

Semi-Implicit Method for Pressure-Linked Equation

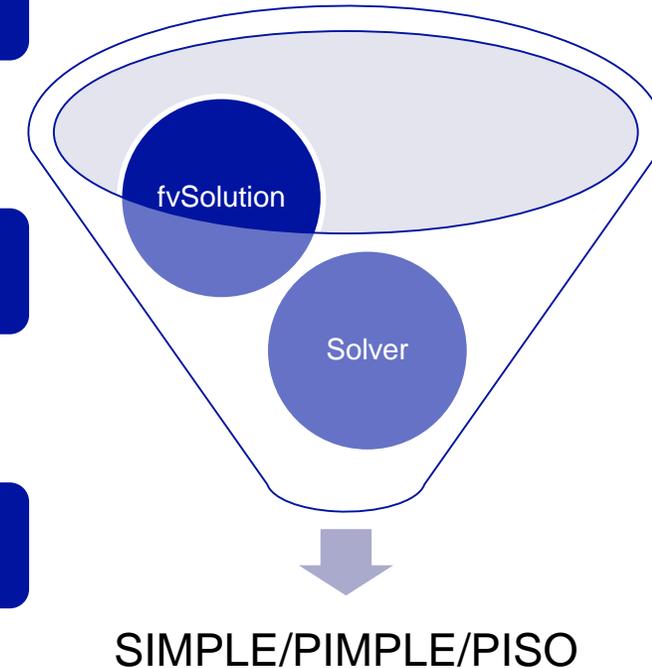
- Steady-State (Gleichgewichtszustand)
- Zeitunabhängig

Pressure Implicit with Splitting of Operator

- Transient
- Zeitabhängig

Pressure-Implicit Method for Pressure-Linked Equation

- Allgemein Transient, jedoch mit Gleichgewicht für jeden Zeitschritt
- Zeitabhängig



Quelle: <https://www.simscale.com/forum/t/cfd-pimple-algorithm/81418>

Anhang

Eigenen Solver entwickeln

- **Siehe** OpenFOAM User Guide: 3.2 Compiling applications & libraries
- https://www.youtube.com/watch?v=qZvmU7QqdRs&ab_channel=TheoOng
- https://www.youtube.com/watch?v=uTKwi8h8OsE&ab_channel=TheoOng
- https://www.youtube.com/watch?v=Mvctqkvkc4U&ab_channel=TheoOng

Quelle: <https://cfd.direct/openfoam/user-guide/v6-compiling-applications/>
Video: https://www.youtube.com/watch?v=qZvmU7QqdRs&ab_channel=TheoOng