

## OpenFOAM – Ein Einstieg

OpenFOAM ist eine Sammlung von Werkzeugen zum Post- und Preprocessing und RANSE-Lösern. (Reynolds Averaged Navier-Stokes-Equation) Derzeitig (November 09) liegt das System in Version 1.6 vor.

Das Programmsystem ist stark auf die Behandlung von CFD-Problemen ausgelegt, bietet aber auch Möglichkeiten FEM und diverse weitere Probleme zu lösen.

## Linux

Da OpenFOAM ursprünglich in Linux entwickelt wurde, gibt es einige Eigenheiten auf die hier hingewiesen werden soll. Das könnte besonders für langjährige Windowsnutzer von Interesse sein. Wer in Linux geübt ist, kann an dieser Stelle zur nächsten Passage springen.

Für die Arbeit mit OpenFOAM ist vorwiegend das Terminal (Kommandozeile, Eingabeaufforderung, jedenfalls das schwarze (manchmal auch weiße) Fenster in dem alles mit der Tastatur gemacht wird) zu verwenden. Das Terminal ist auch für den Fernzugriff auf Computer besser als eine grafische Oberfläche, da es erheblich schneller ist und auch auf durchsatzschwachen Datenleitungen gut funktioniert. Doch dazu später mehr.

Der erste wichtige Unterschied ist: Linux unterscheidet Groß- und Kleinschreibung. (**blockmesh**  $\neq$  **blockMesh**) Windows ist das egal. Außerdem unterscheidet Linux Dateitypen nicht nach ihren Dateierweiterungen. Es erkennt zum Beispiel eine Textdatei als solche, auch wenn sie keine .txt Endung hat.

Wichtig ist auch der Zeichensatz, der in Textdateien verwendet wird. Linux verwendet häufig ascii. Mit ascii sind aber keine Umlaute oder ß möglich. Daher kann es beim Öffnen dieser Dateien unter Windows zu Konvertierungsfehlern kommen. Mit einem Programm wie Notepad++ kann man solche Probleme unter Windows recht einfach abfangen. <http://notepad-plus.sourceforge.net/de/site.htm>

Auch Linux kann Dateien verstecken. Dies wird über den Dateinamen geregelt indem man einfach einen Punkt voranstellt. Zum Beispiel .bashrc

Einstellungen die die Kommandozeile steuern werden in der .bashrc im Homeverzeichnis vorgenommen. Der vorangestellte Punkt im Dateinamen versteckt die Datei. Es ist eine ganz normale Textdatei und kann in Texteditoren bearbeitet werden. Z.B. **gedit ~/.bashrc**

OpenFOAM erweitert die Einstellungen mit einer eigenen bashrc. Um die Tipparbeit in der Kommandozeile zu verringern, wird unter Linux oft mit Skripten gearbeitet. Der Befehl zum Ausführen von Skripten ist einfach ein Punkt, auch bei versteckten Dateien. Befindet man sich im Ordner in dem das Skript liegt, so stellt man der Skriptdatei noch ein / voran. Im Fall der bashrc sieht das etwa so aus:

**./bashrc**

Wenn man nach der OpenFOAM-installationsanleitung

(<http://www.opencfd.co.uk/openfoam/doc/README.html>) vorgeht, wird die .bashrc um eine Zeile erweitert. Dies ist eher hinderlich, wenn man mit mehreren verschiedenen Versionen von OpenFOAM arbeitet. In diesem Fall wird diese letzte Zeile nicht in die Datei eingetragen, sondern direkt in Kommandozeile eingetippt. Passend zu der jeweiligen Version von OpenFOAM.

Die folgenden Befehle sind für Verwendung von Linux sehr hilfreich.

- Kopieren: **cp -r** <vonhier> <nachdort> ; Die Option **-r** bedeutet, dass rekursiv vorgegangen wird. Dadurch werden auch Ordner kopiert. Dies entspricht wohl am ehesten dem Kopiervorgang von Windows.

- Löschen: **rm -r** <Ordner/Datei> ; Auch hier steht -r für Rekursion, genau wie beim Kopieren.
- Anzeigen/Auflisten **ls -al**; **ls** und **dir** (für die Dosvertrauten) ; ls und dir zeigen das Gleiche – den Ordnerinhalt. ls -al zeigt die Ordnerinhalte als Liste mit allen gesetzten Rechten an. Das kann beim Ausführen von Skripten sehr hilfreich sein. Außerdem zeigt ls erst mit -al auch versteckte Dateien an.
- Umbenennen: **mv** <alterDateiname> <neuerDateiname> ; Die Datei wird aber nicht wirklich umbenannt, vielmehr wird eine neue Datei mit gleichem Inhalt erzeugt und die alte Datei gelöscht. Dabei sollte man die gesetzten Rechte im Auge behalten, da sich diese Ändern können. Nach Umbenennung besser mit ls -al überprüfen und gegebenenfalls anpassen.
- Ordner erstellen: **mkdir** <neuerOrdner> ; erstellt ganz einfach einen neuen Ordner mit dem angegebenen Namen.
- Ordner löschen: **rmdir** <Ordner> ; Funktioniert nur mit leeren Ordnern. Wer sicher gehen will nimmt einfach **rm -r**.
- Verzeichnis wechseln: **cd** <Ordner> ; fast genau wie unter Dos, nur muss beim Wechsel in das übergeordnete Verzeichnis unbedingt ein Leerzeichen zwischen cd und .. ; **cd ~** springt ins Home-Verzeichnis; **cd /** springt ins Wurzelverzeichnis
- Rechte setzen: **chmod +/-option** <Objekt> modifiziert die Rechte von Dateien und Ordnern. Zum Beispiel um Skripte ausführbar zu machen oder Schreibrechte in einen Ordner zu bekommen.
- Besitzrechte setzen: **chown** -Optionen Benutzername:Gruppe <Objekt>

Da Linux und OpenFOAM mit vielen langen Ordner-, Datei- und Programmnamen arbeiten, gibt es eine sehr hilfreiche Erweiterung, die es auch unter Windows gibt. Ist der Rest der Eingabe eindeutig, so drückt man die Tabulatortaste und das System vervollständigt die Eingabe selbstständig. Ist der Rest der Eingabe nicht eindeutig, so passiert nichts. In diesem Fall drückt man die Tab-Taste ein weiteres Mal und das System zeigt alle Möglichkeiten zu dieser Eingabe an. Hat man sich daran gewöhnt, kann man selbst als Linuxneuling wie mit Mausgeschwindigkeit auf der Tastatur navigieren und sich sehr viel Tipperei sparen. Dieses Hilfsmittel nennt sich **tab-completion**. Hat man noch nichts eingegeben so bewirkt das zweimalige Drücken der Tab-Taste das gleiche wie der ls Befehl.

Zu allen Befehlen gibt es im Internet viele gute Anleitungen. Für eine lokale Hilfe reicht es meistens aus hinter den jeweiligen Befehl ein **--help** zu setzen (wichtig: zweimal -). Z.B. **cp --help**.

Ein einfacher Texteditor ist gedit. Syntax: gedit Pfad/Datei ;z.B. **gedit system/controlDict**  
Für fortgeschrittene ist vi oder emacs ganz hilfreich. Doch diese beiden sind für die Steuerung ohne Maus ausgelegt und daher erst mit einiger Übung schnell zu handhaben.

Oft ist es nötig auf einem anderen Computer zu arbeiten. Zu diesem Zweck kann man sich per ssh mit der Textkonsole des Computers verbinden. Will man das von Windows aus tun, so benutzt man am besten **putty** <http://www.putty.org/> .

Unter Linux geht man so vor:

**ssh Benutzer@Computer**

mit grafischer Umleitung

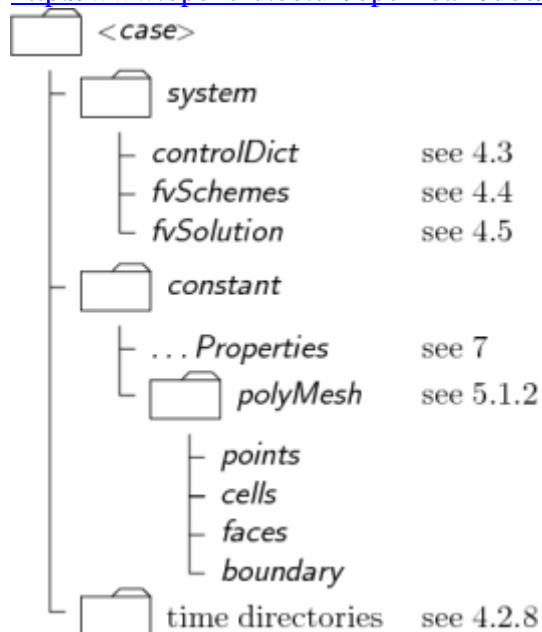
**ssh -X Benutzer@Computer**

Unter Windows erfordert die grafischer Umleitung einen laufenden X-server, z.B. [Xming](http://sourceforge.net/projects/xming/) (<http://sourceforge.net/projects/xming/>), und in putty muss X11 forwarding aktiviert und die Position des X-servers angegeben sein. Anleitung unter: [http://www.math.umn.edu/systems\\_guide/putty\\_xwin32.html](http://www.math.umn.edu/systems_guide/putty_xwin32.html)

## OpenFOAM

Etwas gewöhnungsbedürftig, aber sehr wichtig, ist die Fallordnerstruktur von OpenFOAM. Welche hier noch einmal dargestellt wird.

<http://www.opencfd.co.uk/openfoam/doc/caseFileStructure.html>



Eine detaillierte Beschreibung zum Gesamtsystem OpenFOAM ist im nur in englisch verfügbaren Handbuch von OpenFOAM zu finden.

<http://foam.sourceforge.net/doc/Guides-a4/UserGuide.pdf>

OpenFOAM deckt alles Nötige für Preprocessing, Solving und Postprocessing ab.

### Preprocessing

Das Preprocessing ist gewissermaßen die Aufstellung und Vorbereitung des eigentlichen Berechnungsfalles. Es umfasst die Erzeugung des Netzes/Gitters, das Festlegen der Randbedingungen und die Verteilung im Falle des parallelen Rechnens.

### Vernetzung

**blockMesh** – Es ist ein sehr einfacher Vernetzer. Trotzdem muss man bei diesem Vernetzer das Zellseitenverhältnis im Auge behalten. Der Vernetzer wird vom `blockMeshDict`, welches sich im `constant/polyMesh`-Ordner befindet.

Weiteres hier: <http://www.opencfd.co.uk/openfoam/doc/blockMesh.html>

**snappyHexMesh** – Ein etwas komplexerer Vernetzer, der Zellen verzerren kann.

SnappyHexMesh **benötigt jedoch ein Grundnetz** von dem es sich aus entwickeln kann.

Hierfür bietet sich **blockMesh** an. Weitere Informationen sind hier zu finden:

<http://www.opencfd.co.uk/openfoam/doc/snappyHexMesh.html>

Weiterhin erwartet der Vernetzer eine \*.stl Datei und im system-Ordner ein snappyHexMeshDict, das den Vernetzer steuert.

**fluentMeshToFoam** – Das ist ein Konverter der in Fluent Version 5 und 6 erstellte Netze in die von OpenFOAM verwendeten Datenformate überführen kann. Diese Fluentgitter müssen ascii-formatiert sein (Achtung, das ist nicht die Standardvoreinstellung).

Weiters hier: <http://www.opencfd.co.uk/openfoam/doc/meshConversion.html>

**Discretizer** – Dieses Programm ist ein grafischer Vernetzer, der sich noch in einem recht frühen Entwicklungsstadium befindet. Er ist jedoch in Ruby geschrieben und kann daher von jedem weiterentwickelt werden. Er kann stl-Dateien importieren und ist sogar direkt für OpenFOAM zugeschnitten. Das heißt er bietet Eingabemasken, mit denen man direkt einige Randbedingungen des Falls editieren kann.

**checkMesh** – Ein einfaches OpenFOAM-eigenes Werkzeug mit dem man das Gitter bewerten und statistisch erfassen kann. Es gibt Aussage über die Zellverzerrung und erfasst die Anzahl sonstig problematischer Zellen.

Das Programm gibt seine Meldung in die Kommandozeile zurück. Will man diese aber für eine Dokumentation festhalten, so muss die Ausgabe umgelenkt werden. Dies funktioniert wie unter Windows auch. **checkMesh > netzqual.txt**

#### Rand- /Startbedingungen

Die meisten Rand- und Startbedingungen werden im ersten Zeitordner, dem **0** Ordner, festgelegt, mindestens aber die Geschwindigkeiten **U** und Drücke **pd**.

Die Netzeigenschaften, wie Patchnamen und –Eigenschaften werden in der Datei **boundary** im Ordner **constant/Polymesh** deklariert.

Absolut notwendig ist die Datei **controlDict** im Ordner system. In ihr werden fallglobale Einstellungen getroffen wie Simulationszeitraum, Zeitschritt, Schreibrate, Start- und Endpunkt, konstanter oder variabler Zeit und maximale Courantzahl (wenn der Zeitschritt variabel ist).

Je nach solver oder Anpassung eines solchen können zu diesen Dateien noch einige mehr dazukommen. Es ist immer anzuraten die OpenFOAM-Tutorials zu Rate zu ziehen. Meistens enthalten diese auch alle Dateien, die für den Betrieb eines solvers notwendig sind.

#### Solving

Die eigentliche Rechnung erfolgt durch Aufrufen des Solvers. Z.B. icoFoam, interFoam, ... Der solver muss natürlich gemäß der Bedingungen gewählt werden (ein FEM-solver löst nun mal keine CFD-Probleme). Zu diesem Zeitpunkt müssen alle Randbedingungen stehen, ggf. erfordert der solver weitere Dictionarydateien als nur den Basissatz.

#### Postprocessing

##### Paraview (paraFoam)

Für das Postprocessing in OpenFOAM kommt meist Paraview zum Einsatz. Dieses Programm wurde geschrieben, um wissenschaftliche Daten zu visualisieren. Es wird direkt in den OpenFOAM-Installationsarchiven mitgeliefert. Außerdem gibt es praktischerweise auch eine Windowsportierung, die die Verwendung direkt unter Windows erlaubt.

OpenFOAM liefert eine um zwei Plugins erweiterte Version von Paraview mit. Mit dieser Anpassung ist es möglich die Daten anzusehen ohne sie vorher konvertieren zu müssen.

Aufgerufen wird sie mit dem Befehl **paraFoam** direkt im Fallordner.

Die grafische Umleitung erlaubt es auch per ssh Programme auszuführen, die eine grafische Oberfläche brauchen, z.B. gedit oder paraView. Paraview jedoch erfordert eine

durchsatzstarke Netzwerkverbindung (lokales Netz, ganz sicher keine DSL-Leitung) und einen leistungsstarken Server.

Für Windowsinstallationen ist Paraview hier zu finden: <http://www.paraview.org/>

VisIt

Im Gegensatz zu Paraview wird VisIt nicht mitgeliefert und es gibt auch keine Möglichkeit die OpenFOAM-Daten direkt anzusehen. Die Daten müssen vor dem Betrachten in VTK-Daten umgewandelt werden. Dafür wird im Fallordner der Konverter aufgerufen:

**foamToVTK.**

<https://wci.llnl.gov/codes/visit/>

Salome

Salome ist eine recht umfangreiche Programmsuite, die sowohl Pre- als auch das Postprocessing umfasst.

<http://www.salome-platform.org/>

Rückmeldung, hilfreiche Hinweise und Vervollständigungen erwünscht:

[Sascha.ost@beuth-hochschule.de](mailto:Sascha.ost@beuth-hochschule.de)

Gute Anlaufstelle für Fehlersuche: <http://www.cfd-online.com/Forums/openfoam/>