Partitionierte FSI Kopplung

Dr. Ulrich Heck, Pankaj Daga, Martin Becker

DHCAE Tools GmbH

Ralf Paßmann

SynOpt GmbH

- Vorstellung
- Hintergrund
- FSI-Kopplungsmöglichkeiten
- Workflow FSI Kopplung OpenFOAM mit Abaqus
- Validierung
- Ausblick

CFD/FEA-Lösungen basierend auf Open-Source-Löser Technologie

Engineering:
CFD/FEA-Dienstleistung mit OpenFOAM/ CalculiX

Software
Standard/ kundenangepasst: GUIs (CastNet), Erweiterungen

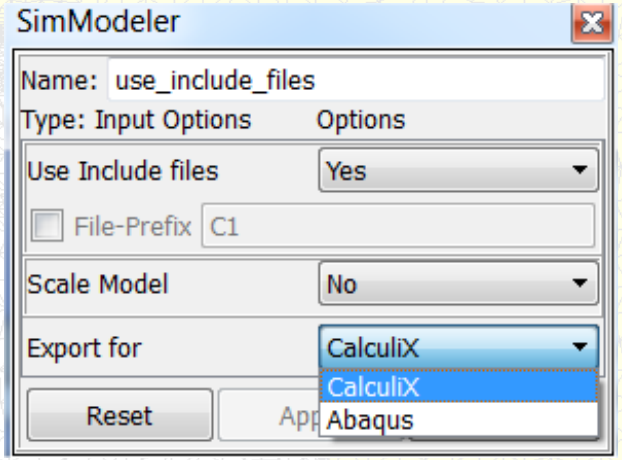
Support Training:
OpenFOAM/ Erweiterungen

This offering is not approved or endorsed by ESI Group, the producer of the OpenFOAM® software and owner of the OPENFOAM® and OpenCFD® trade marks.

Abaqus-Kooperation SynOpt

Funktionalität in CastNet:

- Erweiterung der Funktionalität FEA für Abaqus
- Hintergrund: CalculiX verwendet das gleiche Inputformat wie Abaqus
  - Input auf Basis von inp-Files



Vorteil für Abaqus Anwender:

- Verwendung von OpenFOAM als Advanced CFD-Solver
- Kopplungsfunktionalität zwischen OpenFOAM und Abaqus
  - Thermische Kopplung
  - Druckkräfte aus OpenFOAM als RB in Abaqus
  - FSI
- Einfache Erweiterung von Fällen durch editierbare inp-Dateien
- Schnelle und hochwertige CFD/FEA-Vernetzung für Abaqus

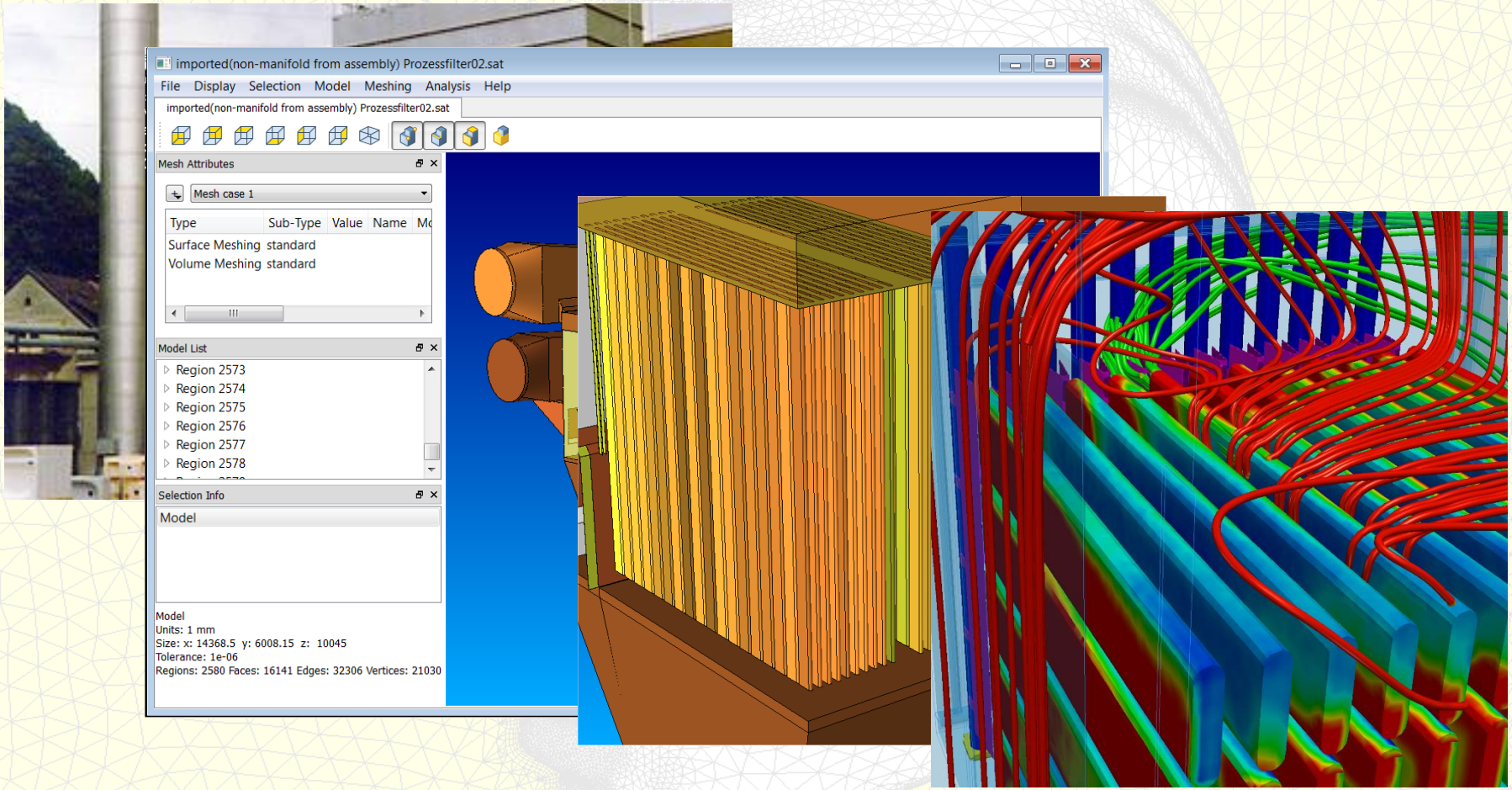
OpenFOAM – Toolbox für CFD

- Imperial College – OpenCFD (ESI Group)

- Funktionalität
  - High-End CFD Spektrum kompressible / inkompressible Systeme mit / ohne Wärmetransport inkl. CHT
  - Mehrphasen (VOF, Euler-Lagrange, Euler-Euler)

- Toolbox
  - Auf Erweiterbarkeit ausgelegt
  - C++ Code Aufbau

Lösungen für Filteranwendungen



FSI-Kopplungsmöglichkeiten

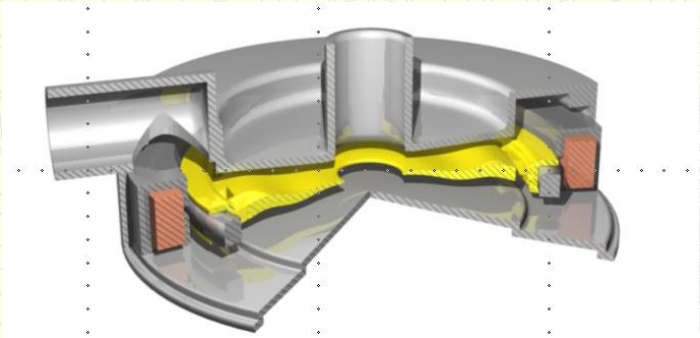
- **Partitionierte Kopplung:**

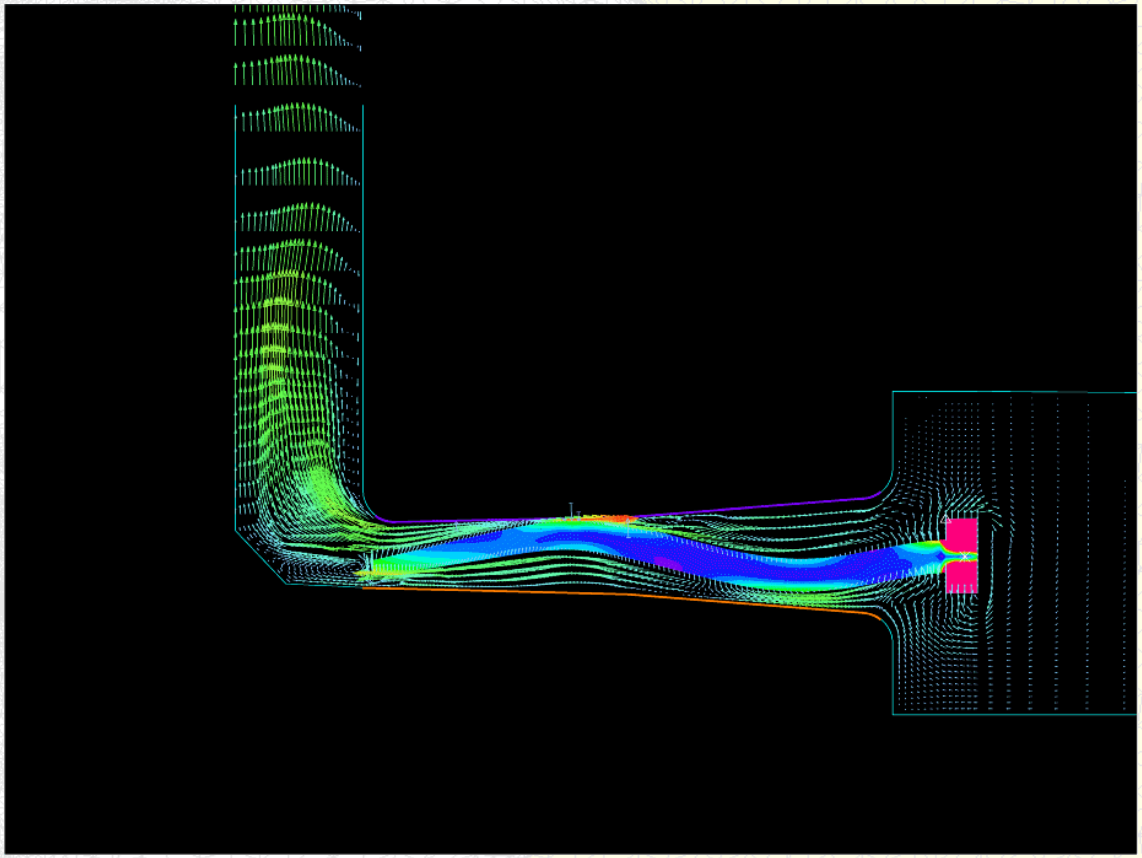
getrennte Lösung von Strömungs- und Strukturraum

- **Monolithische Kopplung:**

Aufstellung einer Gesamtmatrix und parallele Lösung von Strömung und Struktur

monolithische Kopplung





- Inkompressibles Fluid/ weiche Struktur
- Hyperelastisches Material
- Hochdynamisch f~100-200Hz
- Wandkontakt

Fehler: Druck/Fluss ~ 10 %

Partitionierte Kopplung

- OpenFOAM als CFD Löser
- Abaqus/CalculiX als Strukturlöser

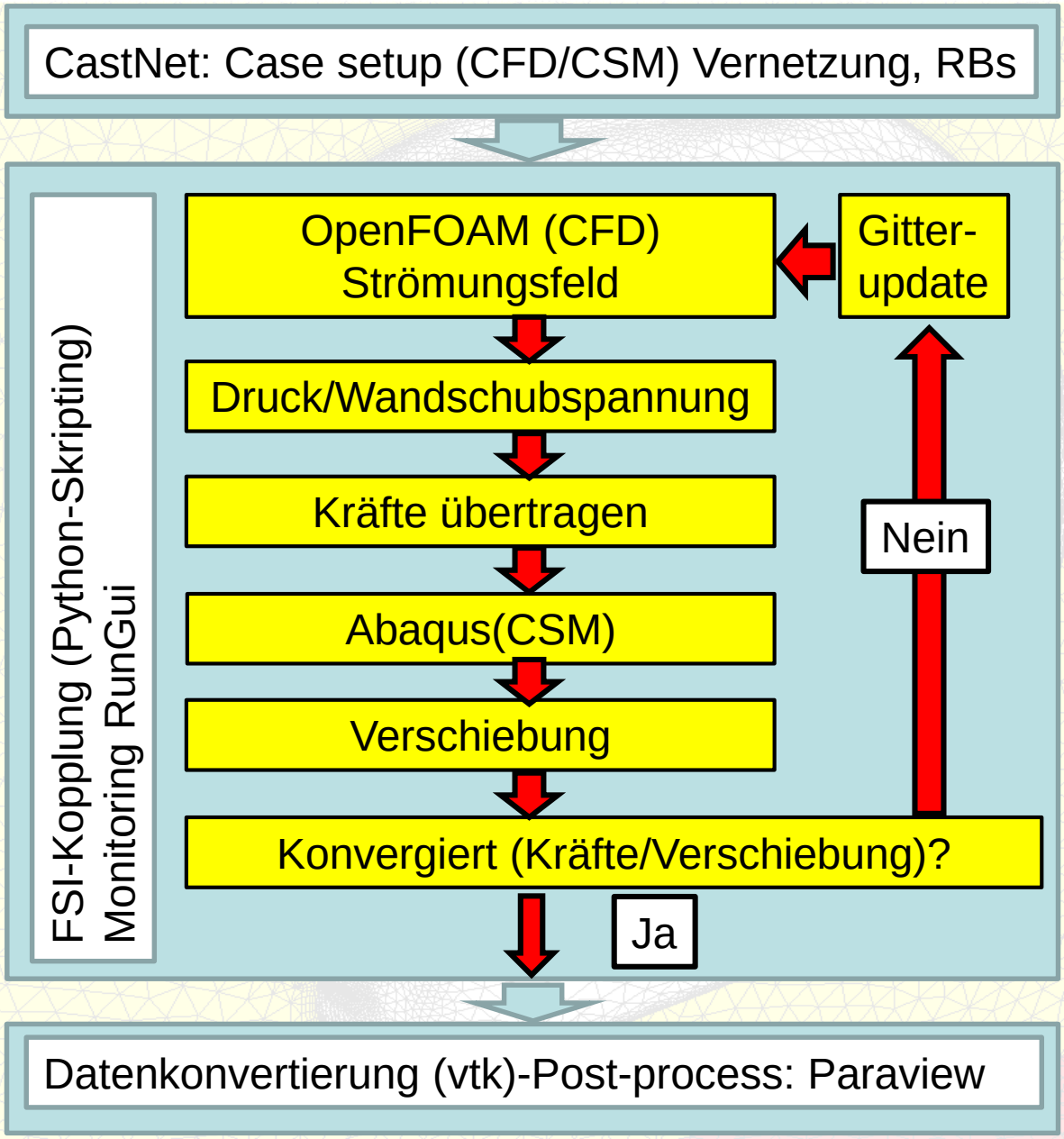
Vorteil OpenFOAM:

- Flexible Solverstruktur
- Mappingtools

Zielsetzung:

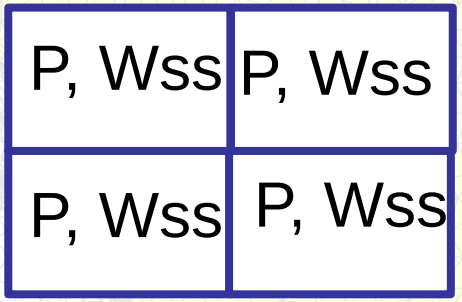
- Statische Anwendungen
- Verwendung von OpenFOAM-Funktionalität
- Erweiterbar auf transiente Anwendungen

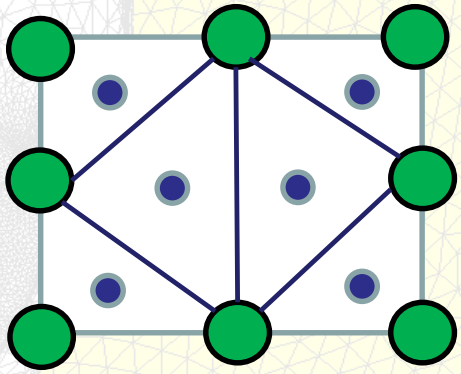
FSI Workflow



Druck / Wandschubspannung

- Bestimme Druck / Wandschubspannung an FSI-Interface
- Mappe Werte auf Mittelpunkte vom triangulierten FSI-Interface (OpenFOAM: sampling)
- Integriere Dreiecksfläche für Kräfte
- Verteile Kräfte auf Knoten
- Berechne Verschiebung mit Abaqus

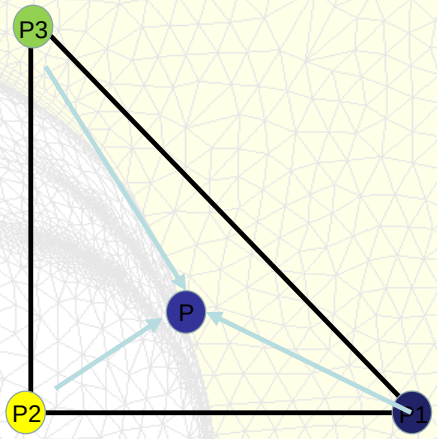


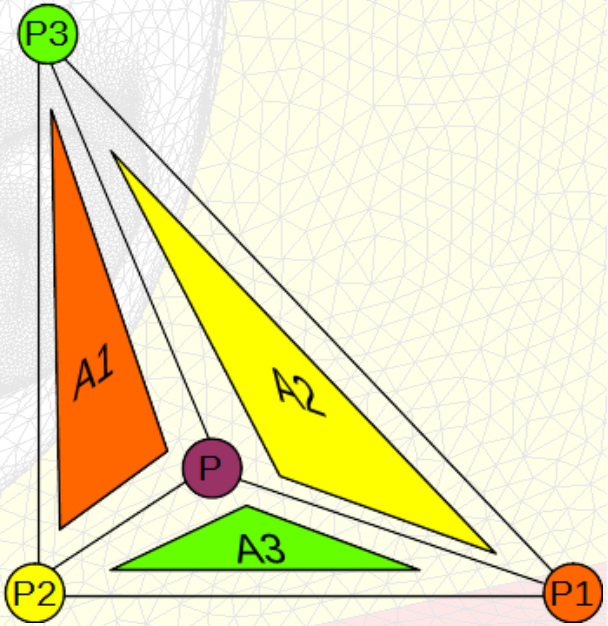


Verschiebung

Verschiebungen:

- CFD Gitter in der Regel feiner als Strukturgitter
- Interpolationsverfahren
- Baryzentrische Interpolation:
  - Wichtung über Flächeninhalte
  - besondere Beachtung der Randpunkte



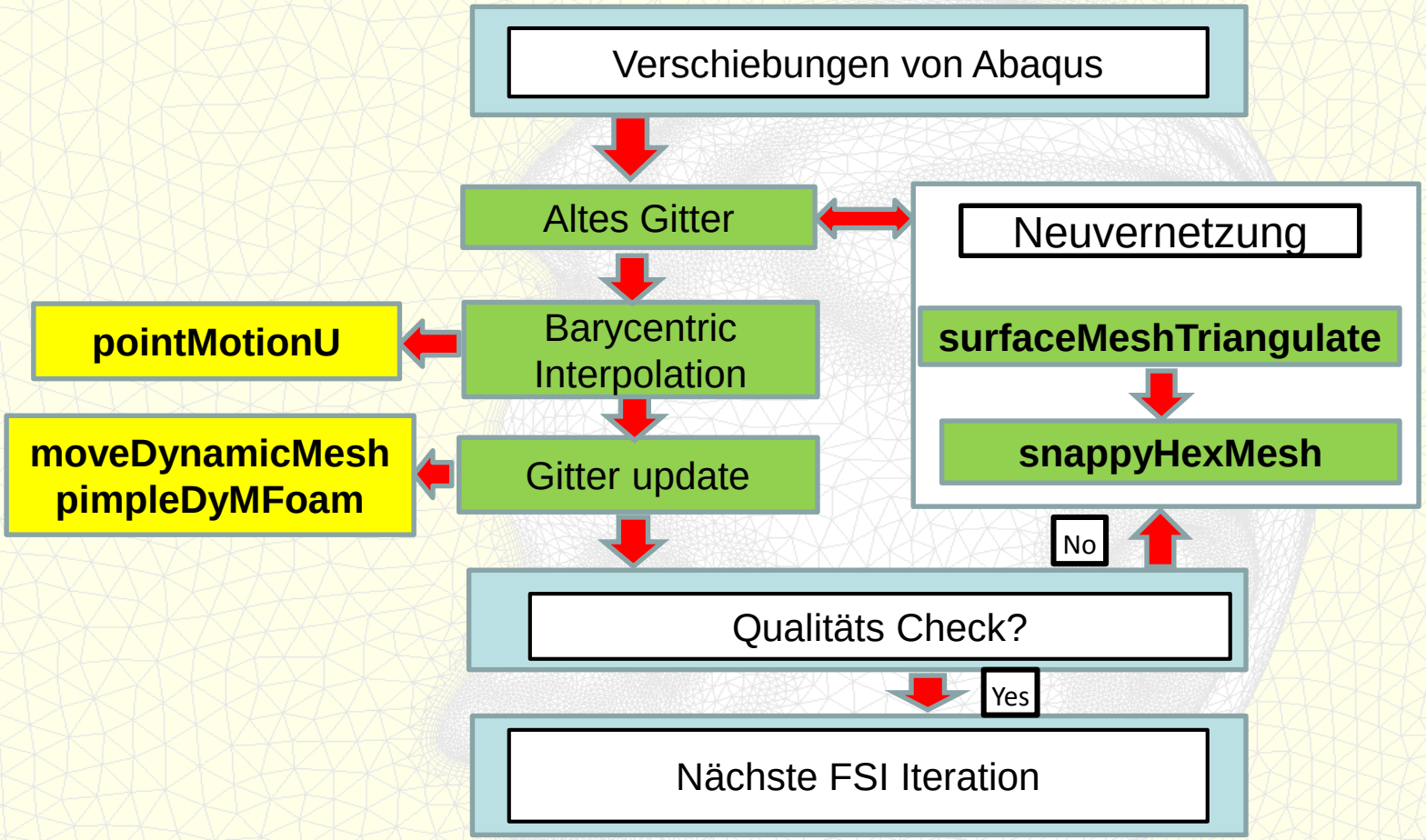


Kopplung

- **Relaxationsmöglichkeiten:**
  - Kräfte
  - Verschiebungen

- **Verschiedene Neuvernetzungsoptionen:**
  - Vollständig
  - Partiell

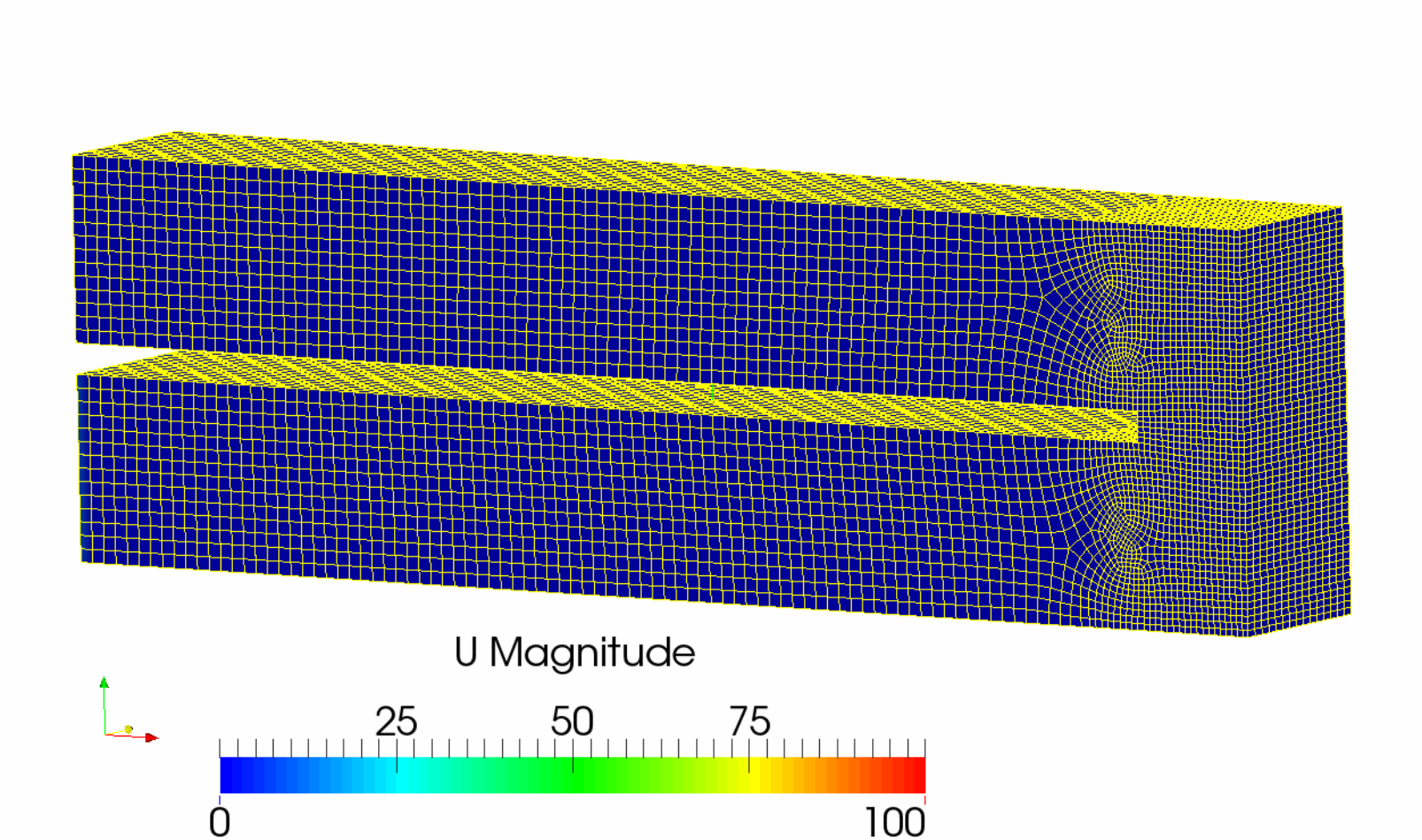
Gitterupdate



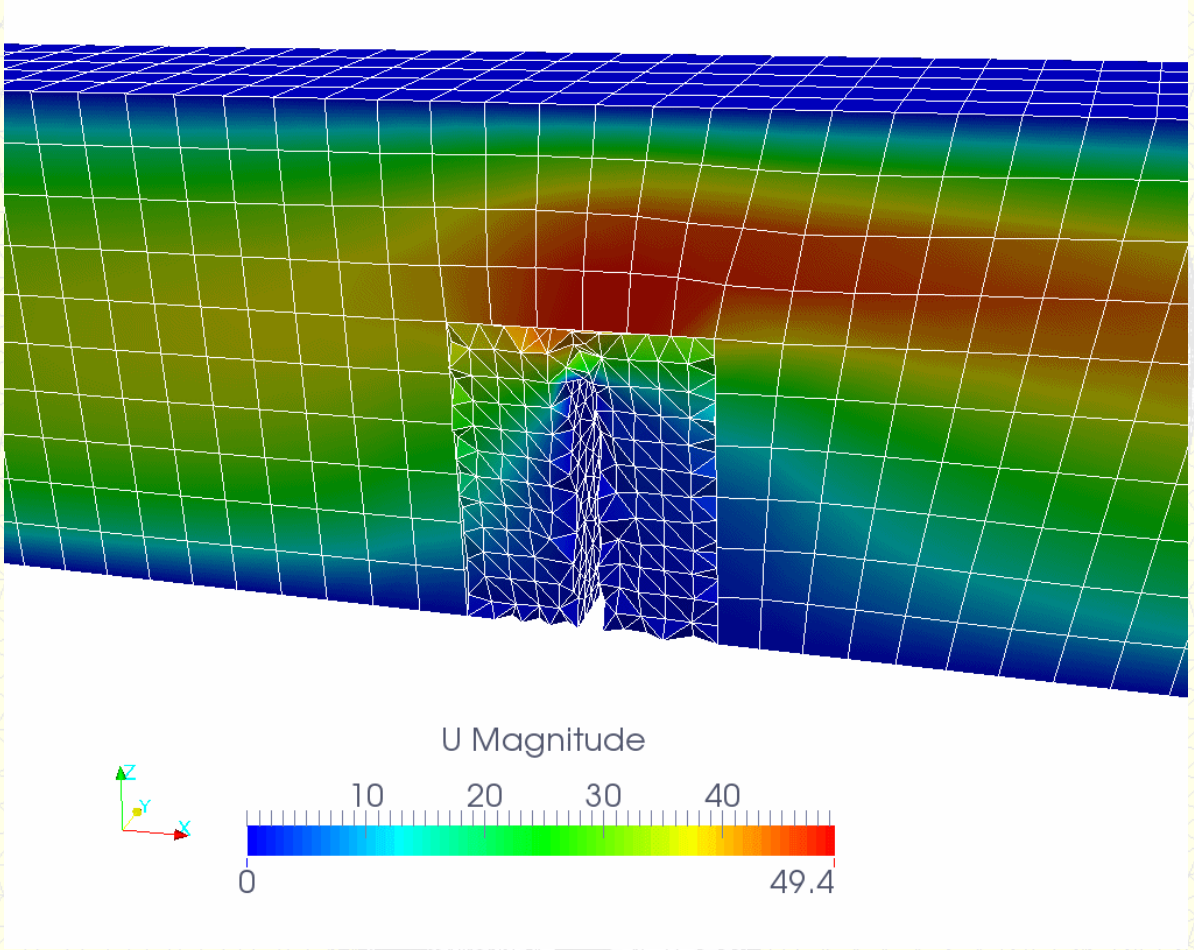
Vorteil

große Verschiebungen können realisiert werden

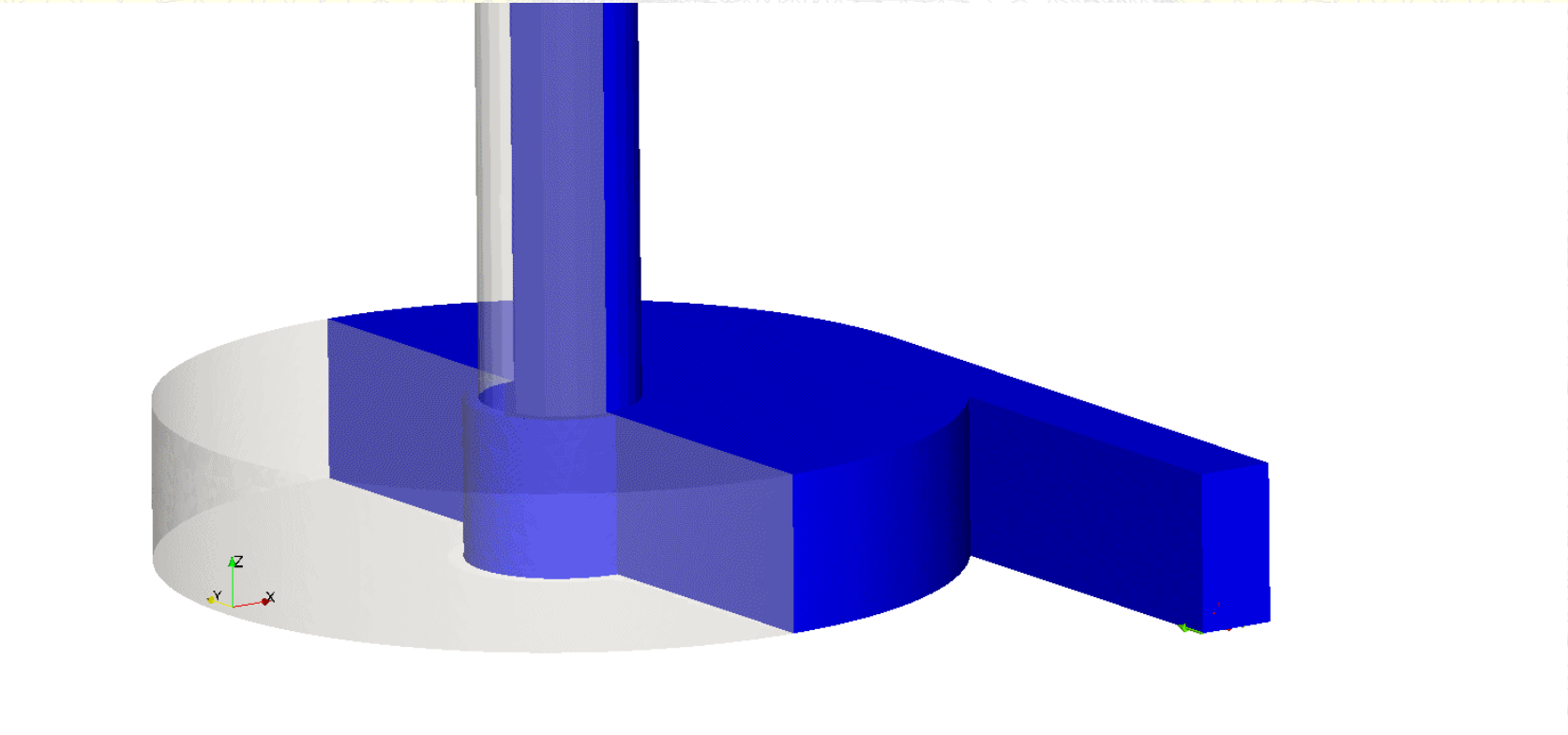
Neuvernetzung Strömungsraum



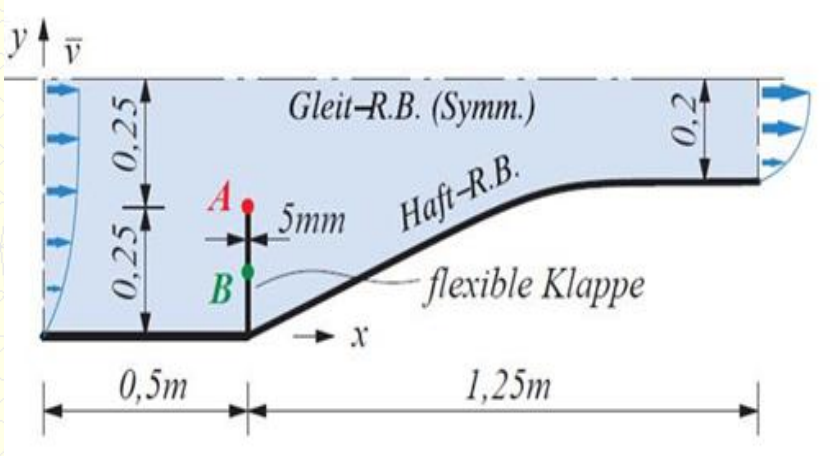
Partielle Neuvernetzung



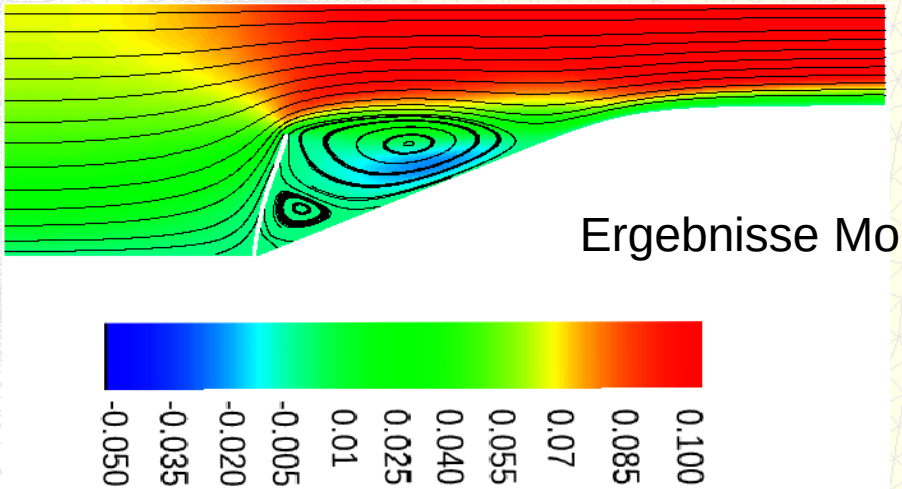
Durchlässige Schalenelemente



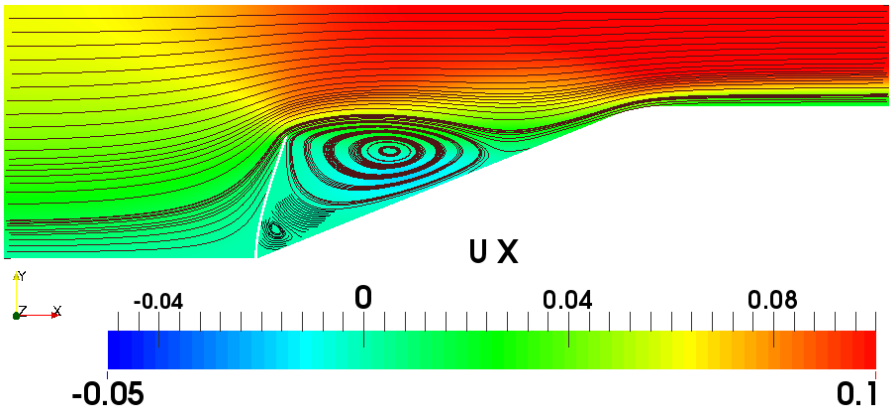
Validierung



	Ergebnisse Mok	OpenFOAM-Abaqus
Verschiebung A	0.061m	0.06047m
Verschiebung B	0.0225m	0.021557m



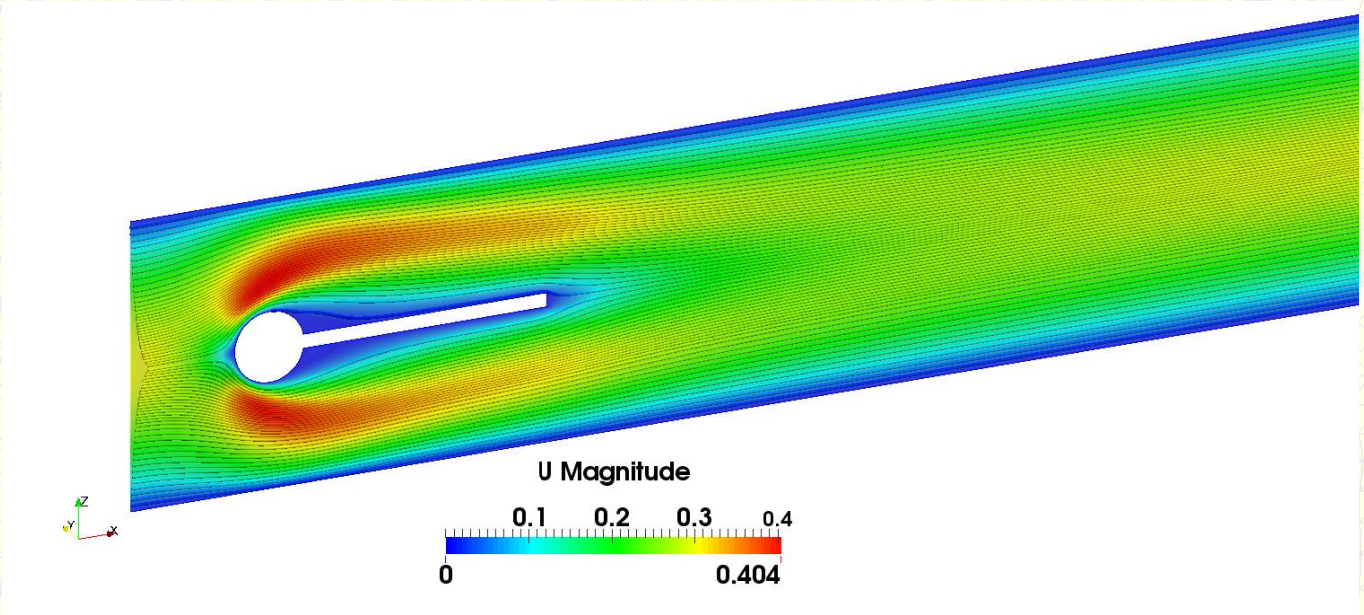
Ergebnisse Mok



OpenFOAM FSI-Kopplung

Daniel Pinyen Mok: „Partitionierte Lösungsansätze in der Strukturdynamik und der Fluid-Struktur-Interaktion“, Dissertation, 2001.

Validierung Turek FSI-1 (statisch)



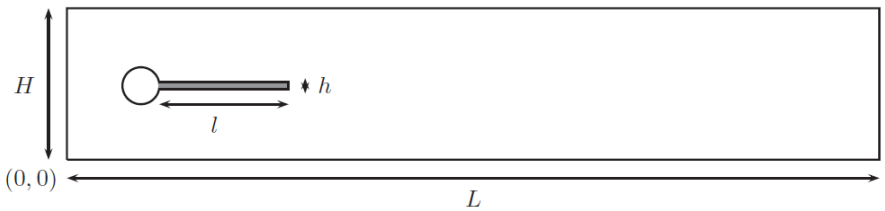


Fig. 1. Computational domain

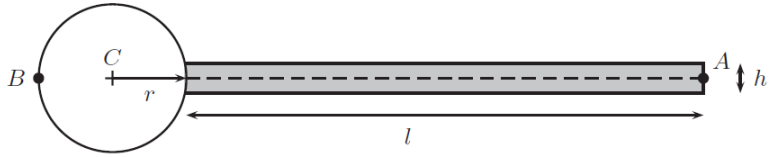
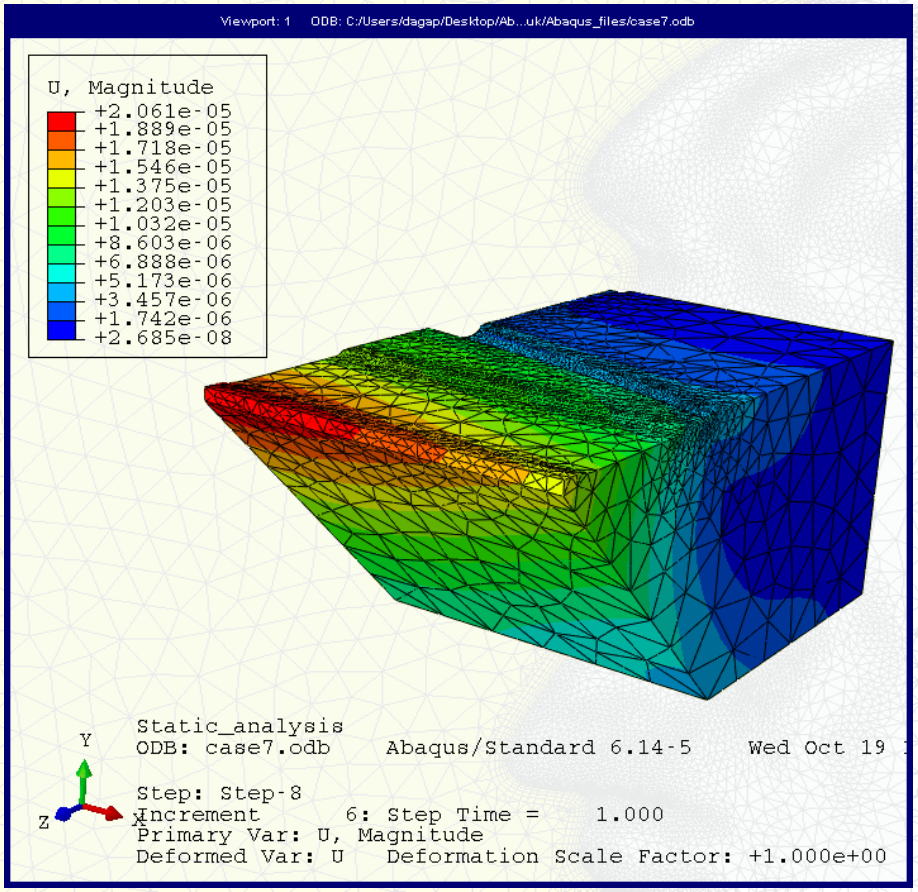


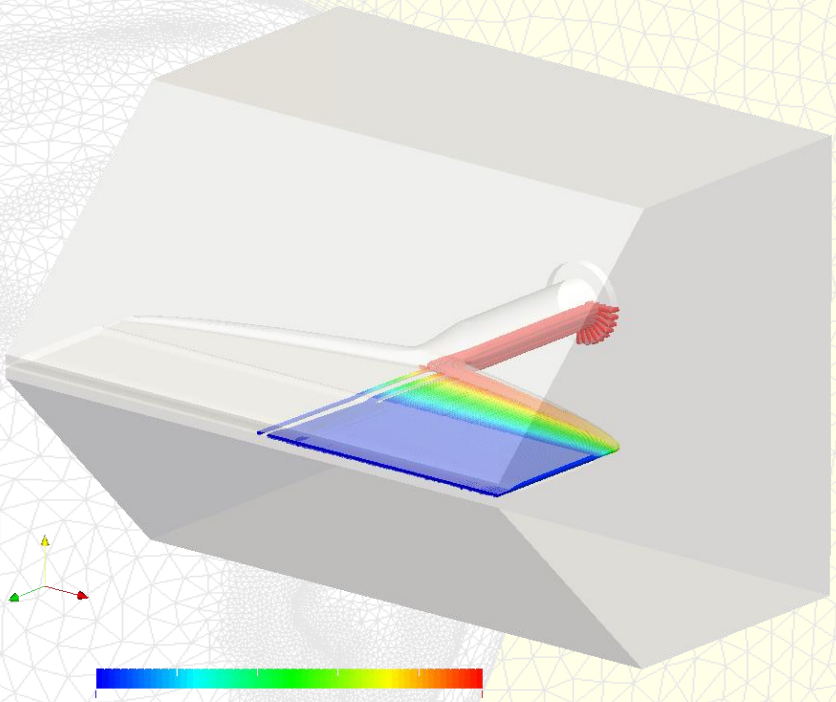
Fig. 2. Detail of the structure part

	Verschiebung Ux von Punkt A[x10^{-3}	Verschiebung Uz von Punkt A [x10^{-3}
Benchmark FSI I (Turek)	0.0227	0.8209
ABAQUS+ OpenFOAM	0.02269	0.803

Stefan Turek and Jaroslav Hron:
Proposal for numerical benchmarking of fluid-structure interaction between an elastic object and laminar incompressible flow

Technische Anwendungen





Extrusionswerkzeug

Strömungsbereich:

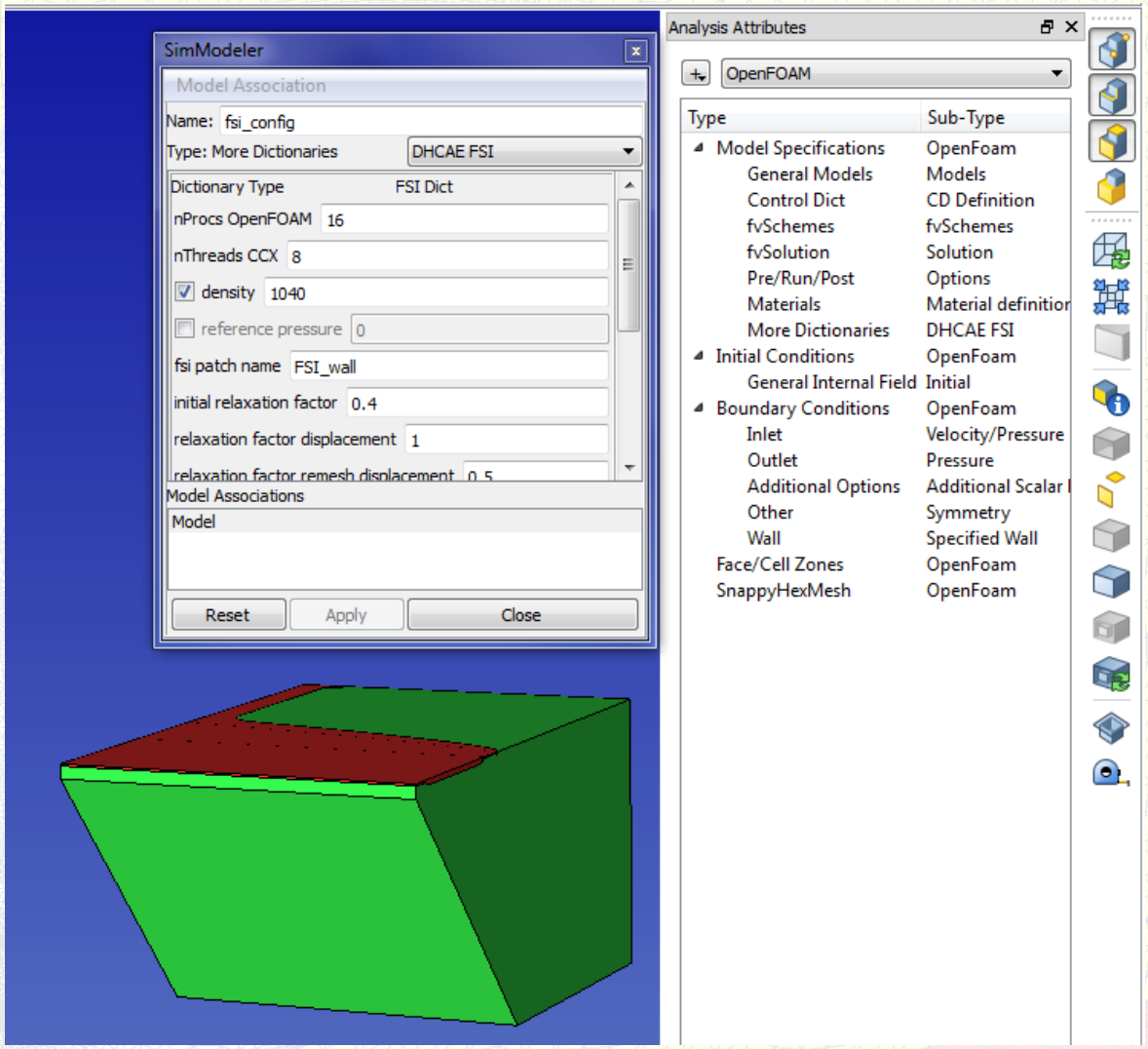
Ca. 4 Mio Fluid Zellen

Strukturbereich:

Ca. 25 000 Quad Elemente

Vernetzungs-/ Case-Setup-Tools

- FSI-setup für OpenFOAM und Abaqus in einer Setup-Datei
- Problemspezifische Vernetzung
  - CFD: Boundary-Layer Vernetzung
  - Abaqus: Element von 2. Ordnung
- Automatisierter Workflow



Zusammenfassung

- Partitionierte FSI-Kopplung statischer Anwendungen
  - für Schalen und Solids
  - Mit Remeshing (vollständig/partiell)
- Überprüft für Literaturbeispiele und kommerzielle FSI Lösungen
- Mit CalculiX: Vollständig Open-Source (eingeschränkte FE-Funktionalität)
- Mit Abaqus: Komplexe nicht-lineare Effekte