

# Ein mehrskaliger Ansatz für Filteranwendungen auf Basis von Euler- Lagrangeschen Modellierungen

Dr. Ulrich Heck, DHCAE Tools GmbH

# DHCAE Tools GmbH, Krefeld

## 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.

# OpenFOAM basiert

## CFD: OpenFOAM Toolbox

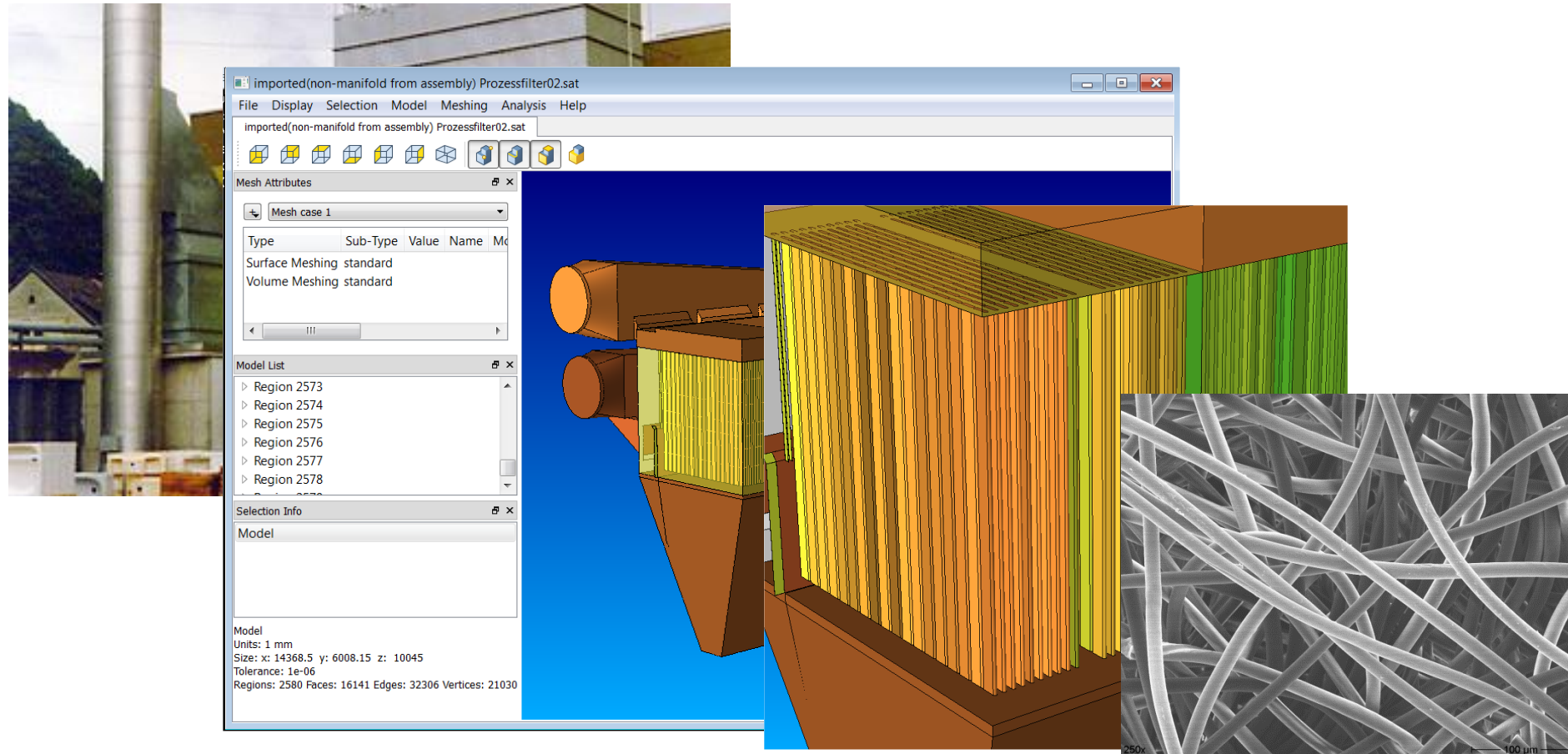
- Imperial College – OpenCFD (ESI Group)
- Funktionalität:
  - High-End CFD Spektrum
  - kompressible/inkompressible Systeme mit/ohne Wärmetransport inkl. CHT
  - Mehrphasen (VOF, Euler-Lagrange, Euler-Euler)
- Toolbox:
  - Auf Erweiterbarkeit ausgelegt
  - C++ Code Aufbau

# Toolkombination

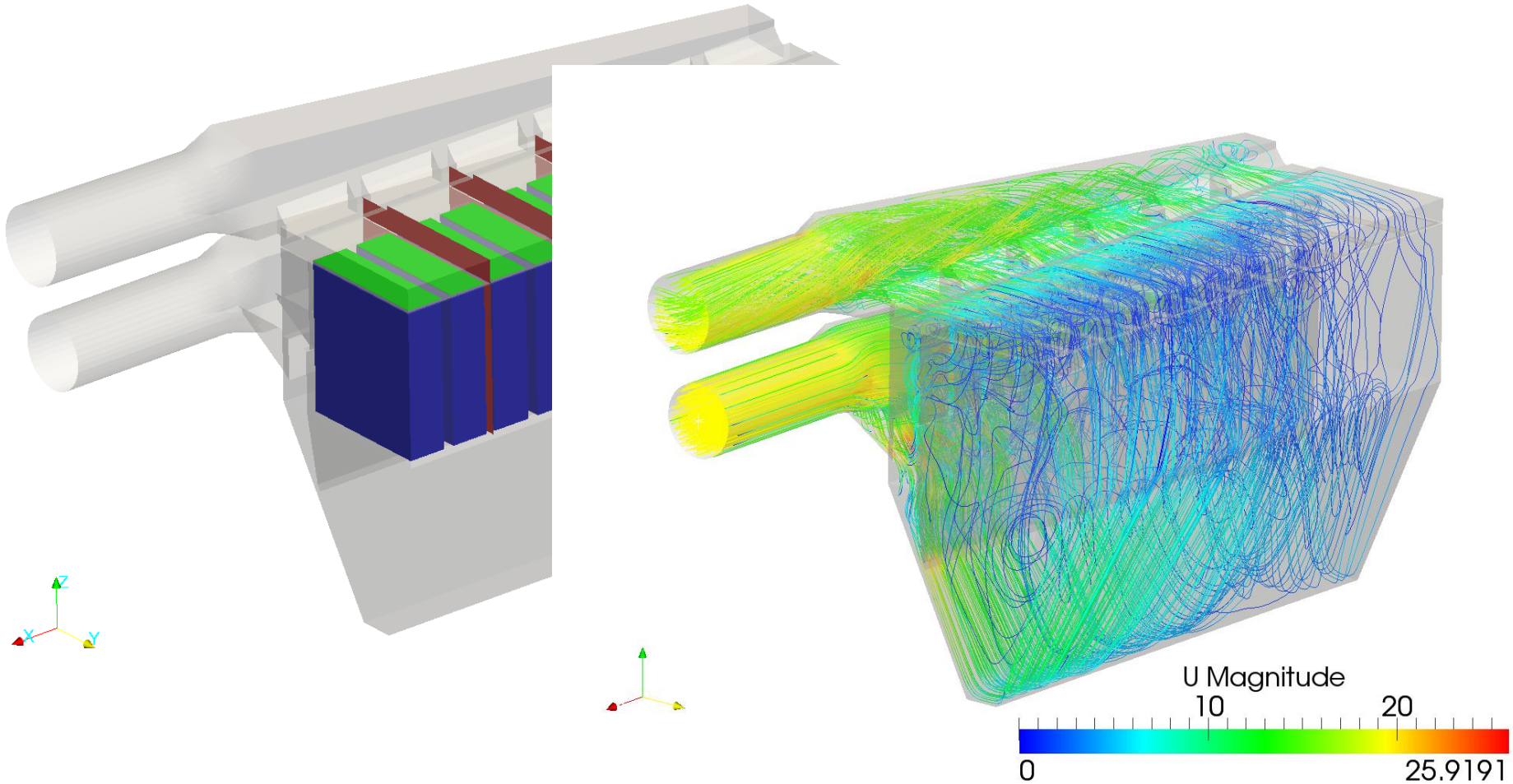
DHCAE Tools:

- Effizienter Einsatz durch Kombination von kommerziellen Systemen mit Open-Source
- Proprietär:
  - Preprocessing –CAD basiert mit kommerzieller Vernetzung
- Open Source:
  - Solverlösungen
  - Teilweise zur Verfügung gestellt

# Lösungen für Filteranwendungen



# Bisher: Filter als Widerstandsblöcke



# Gesamtmodell kontinuierliche Strömung und Partikeltransport

Mikroskopisches diskretes Modell  
an Einzelfaserstrukturen

Experiment:  
Filterversuchsstand

↓ ↓  
Rückhalt - Widerstandserhöhung  
↓

## **Makroskopische Abbildung Filterverhalten(Anlagenmodell):**

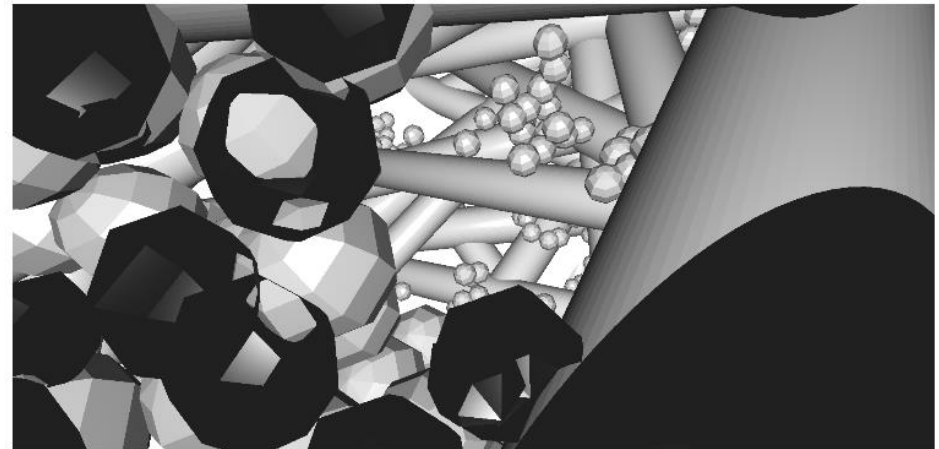
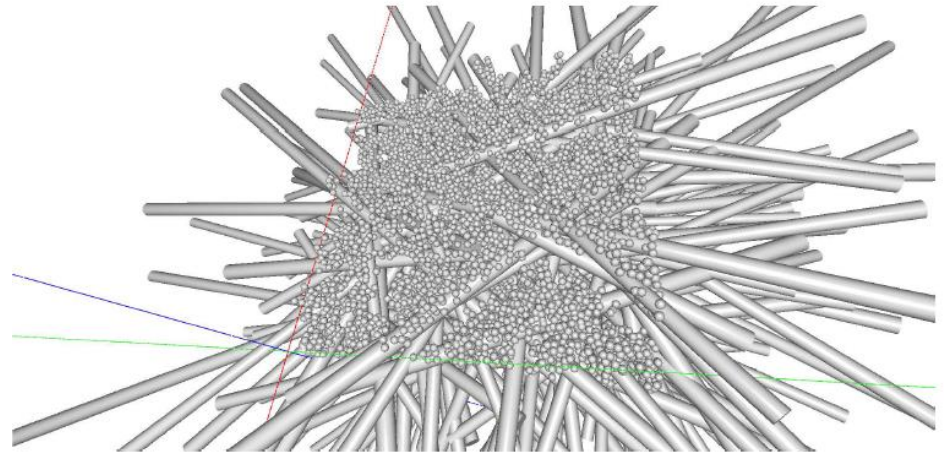
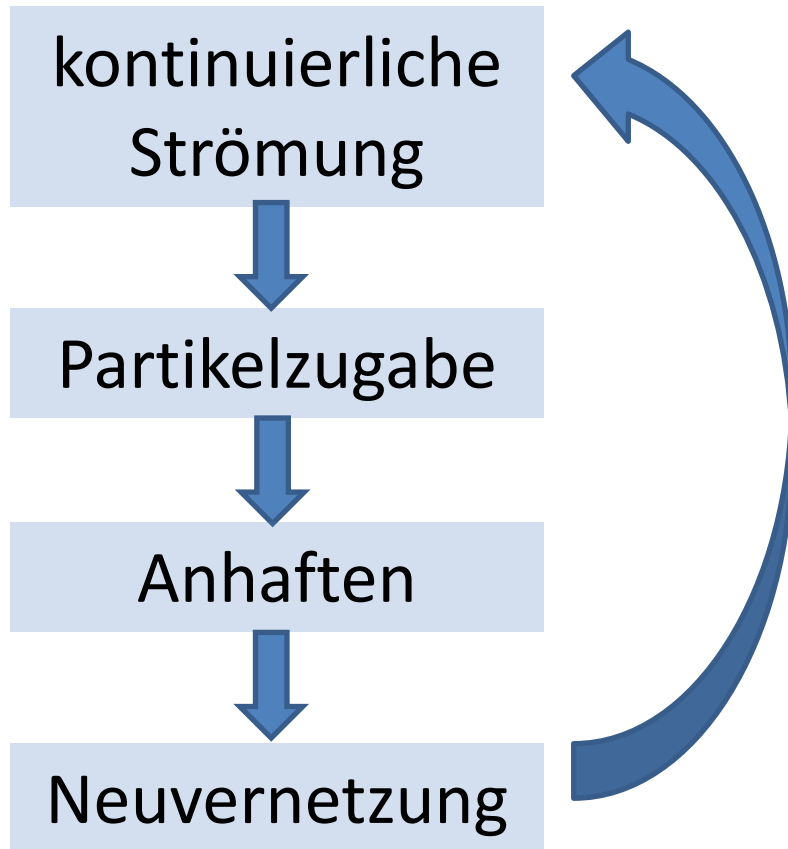
Parcelkonzept der Partikeln: Auftreffen + Mikromodell

- Lokale Widerstandserhöhung
- Lokales Abscheideverhalten
- Rückwirkung auf kontinuierliche Strömung

Kooperationsprojekt: Uni-Bremen- DHCAE Tools GmbH

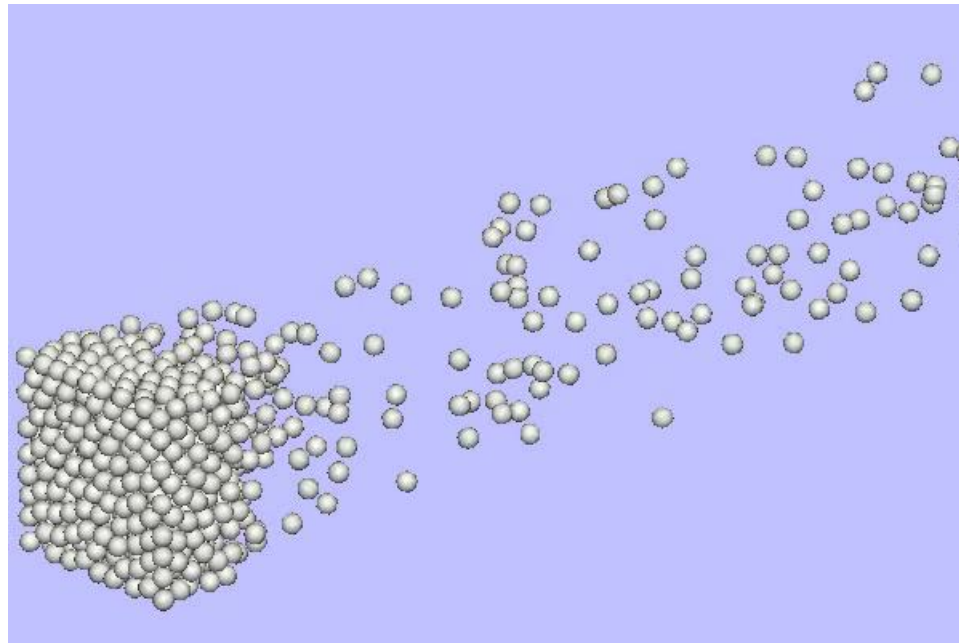


# Mikroskopisches Modell



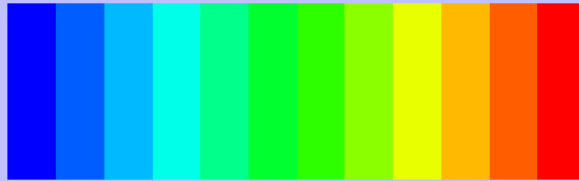


# Mikroskopisches Modell

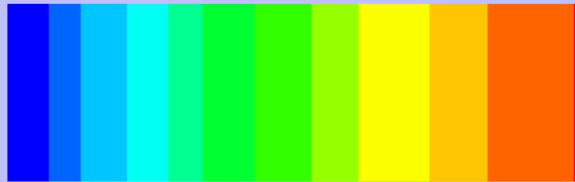


# Mikroskopisches Modell

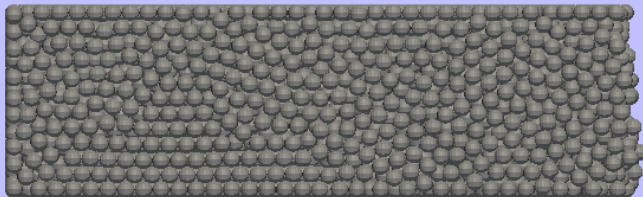
Normalized pressure drop



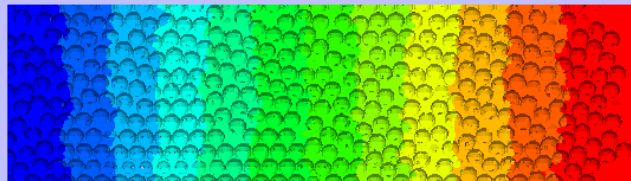
Kozeny-Carman equation



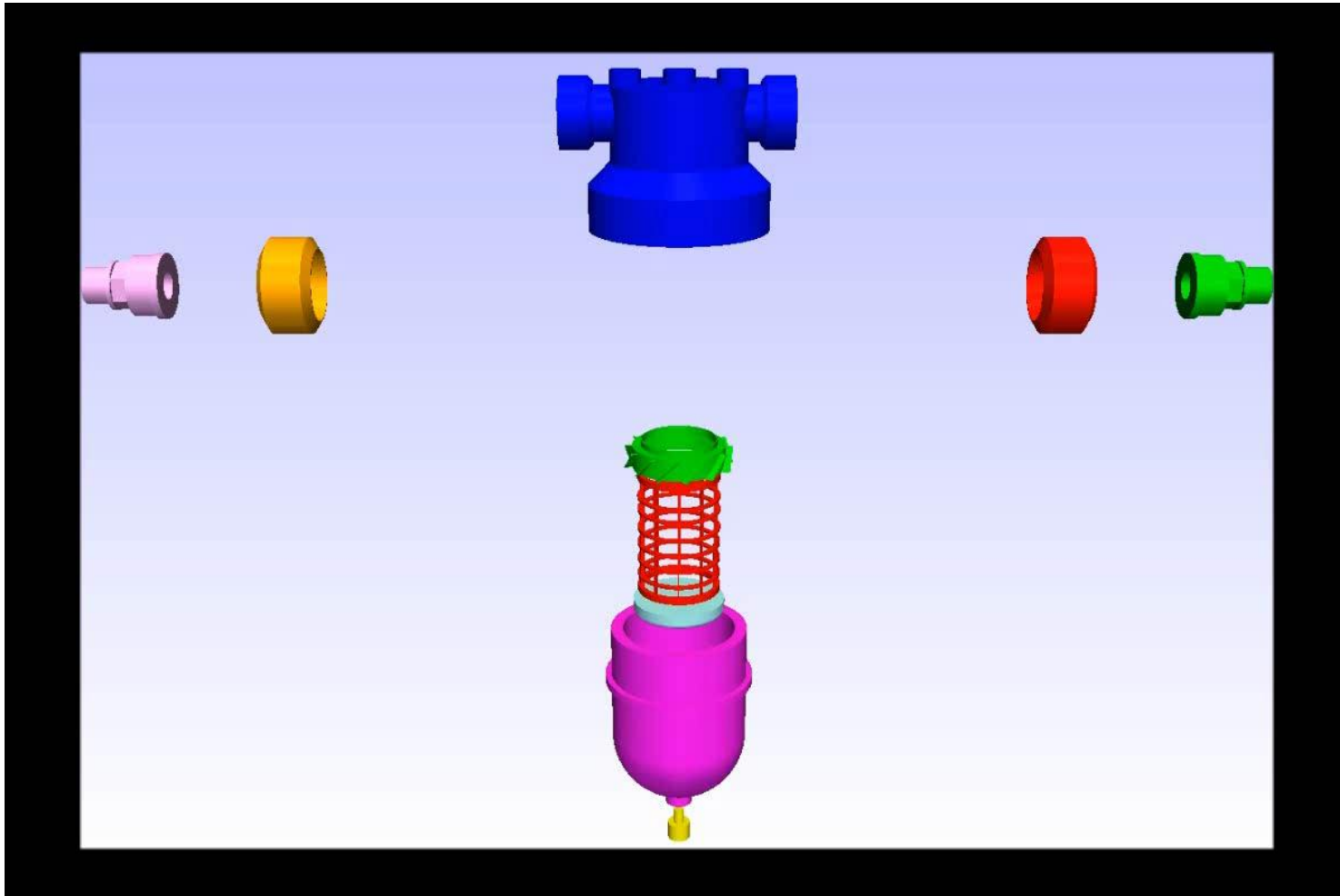
MPPICFoam



DPM Method  
+ remesh  
+ simpleFoam



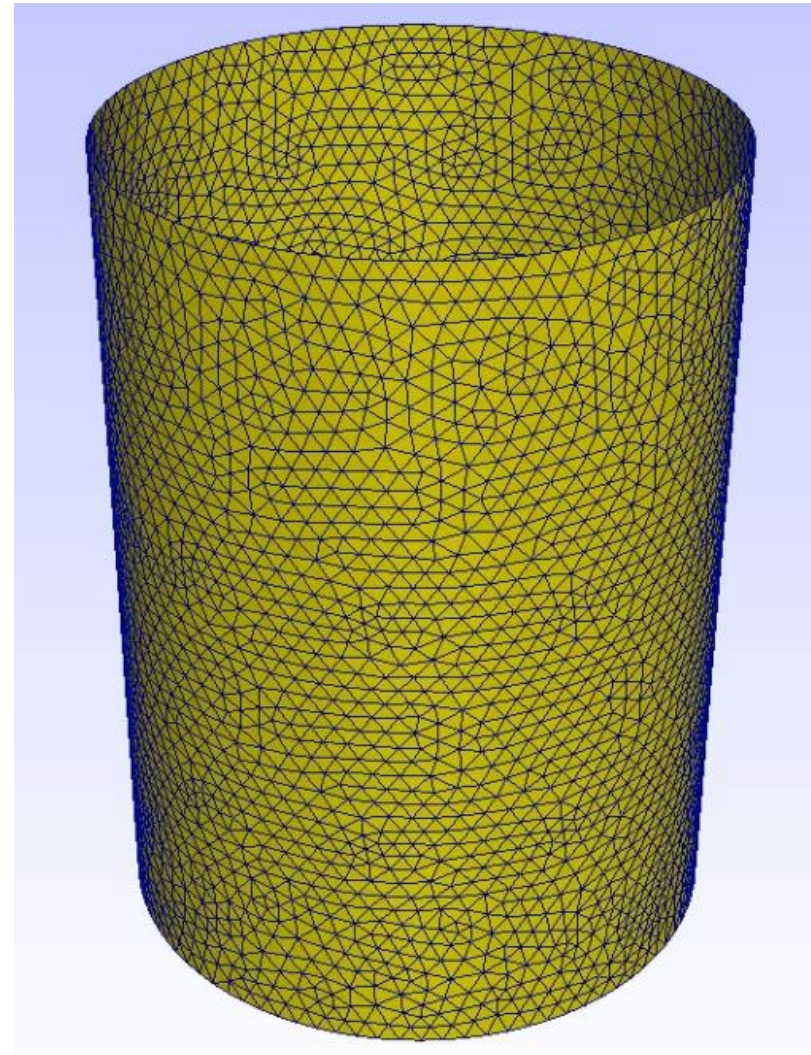
# Makroskopisches Modell



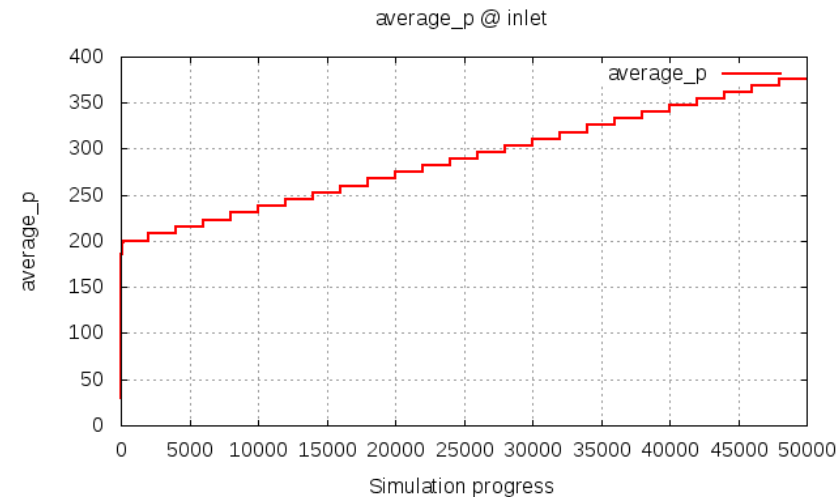
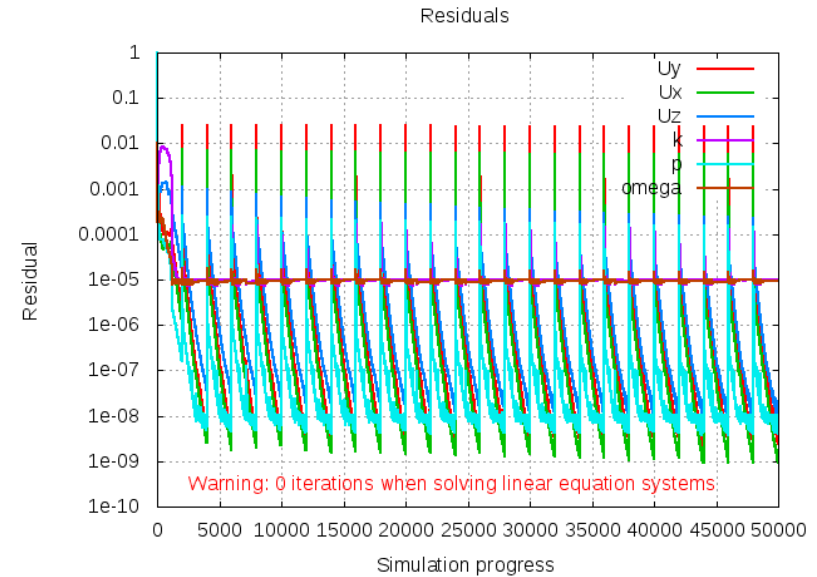
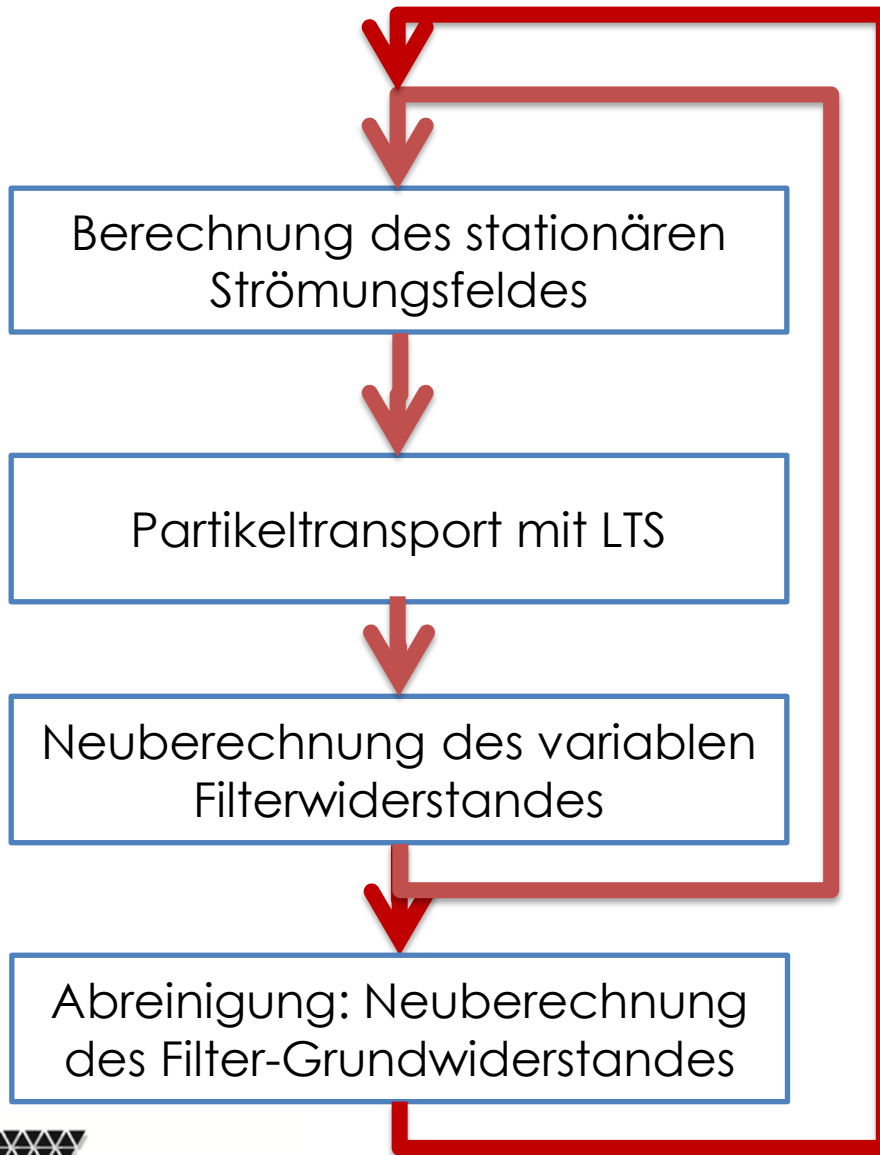
# Filteransatz

Speichert in jeder Zelle:

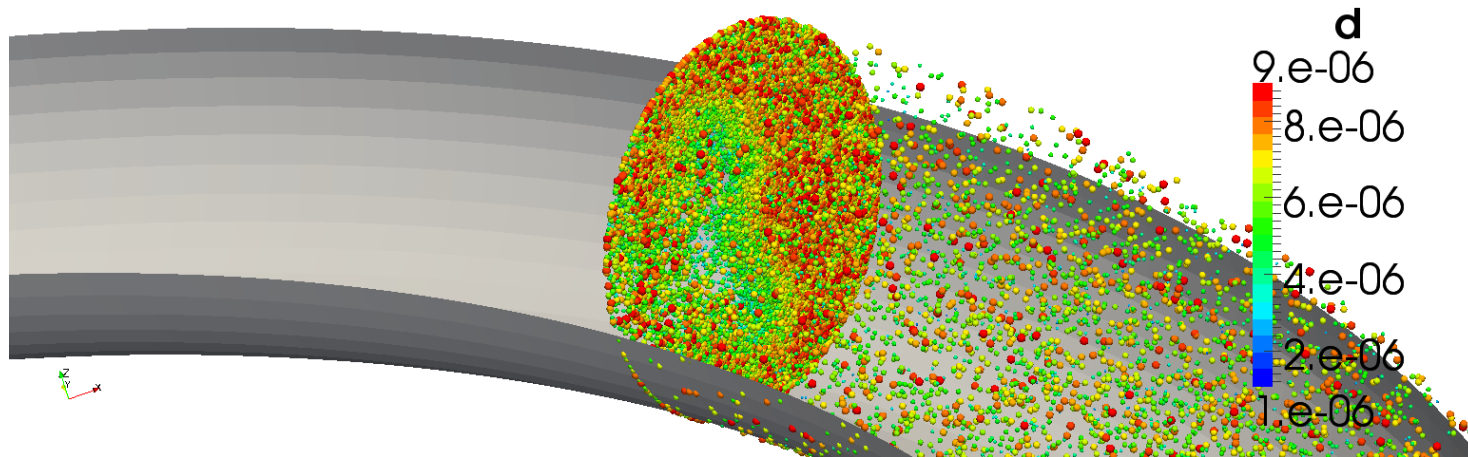
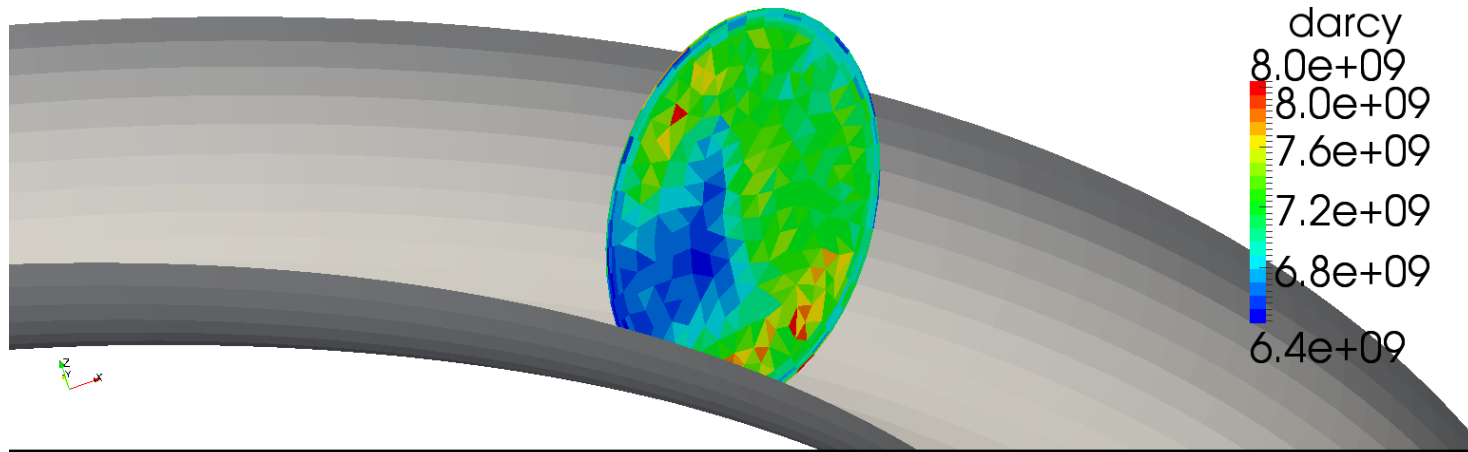
- Lokale Beladung (z.B. Masse pro  $m^2$ )
- Anzahl Partikel-Treffer
- Darcy-Grundwert:
  - Widerstandsparameter des unbestaubten Filters
  - Zeitabhängiger Widerstandswert für abgereinigte Filter
- Variabler Darcy-Wert in Abhängigkeit von der lokalen Beladung, z.B. abhängig von:
  - Masse
  - Partikelgröße
  - Zeit
  - Kompressibler oder inkompressibler Filterkuchen



# Iterativer Kopplungsprozess



# Filterpatch





# Erforderliche Erweiterungen an OpenFOAM

## Filter-Patch:

- Erstellung des Filterpatches auf Basis der porousBaffle Funktionalität
- Lokale Widerstandswerte
- Verschiedene Widerstandcharakteristika
- Partikelgrößen, die den Filter durchdringen können

## Gesamtsolver/Ablauf:

- Optimierung auf Stabilität bei Integration des Filters
- Behandlung der Turbulenzgrößen im Filter
- Iterativer Kopplungsprozess
- Anpassungen am zeitlichen Partikeltransport (LTS)

# Makroskopische Modellüberprüfung

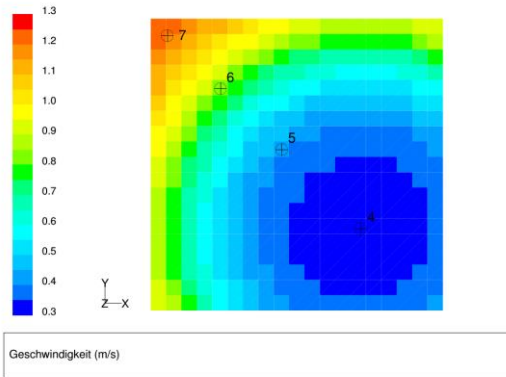
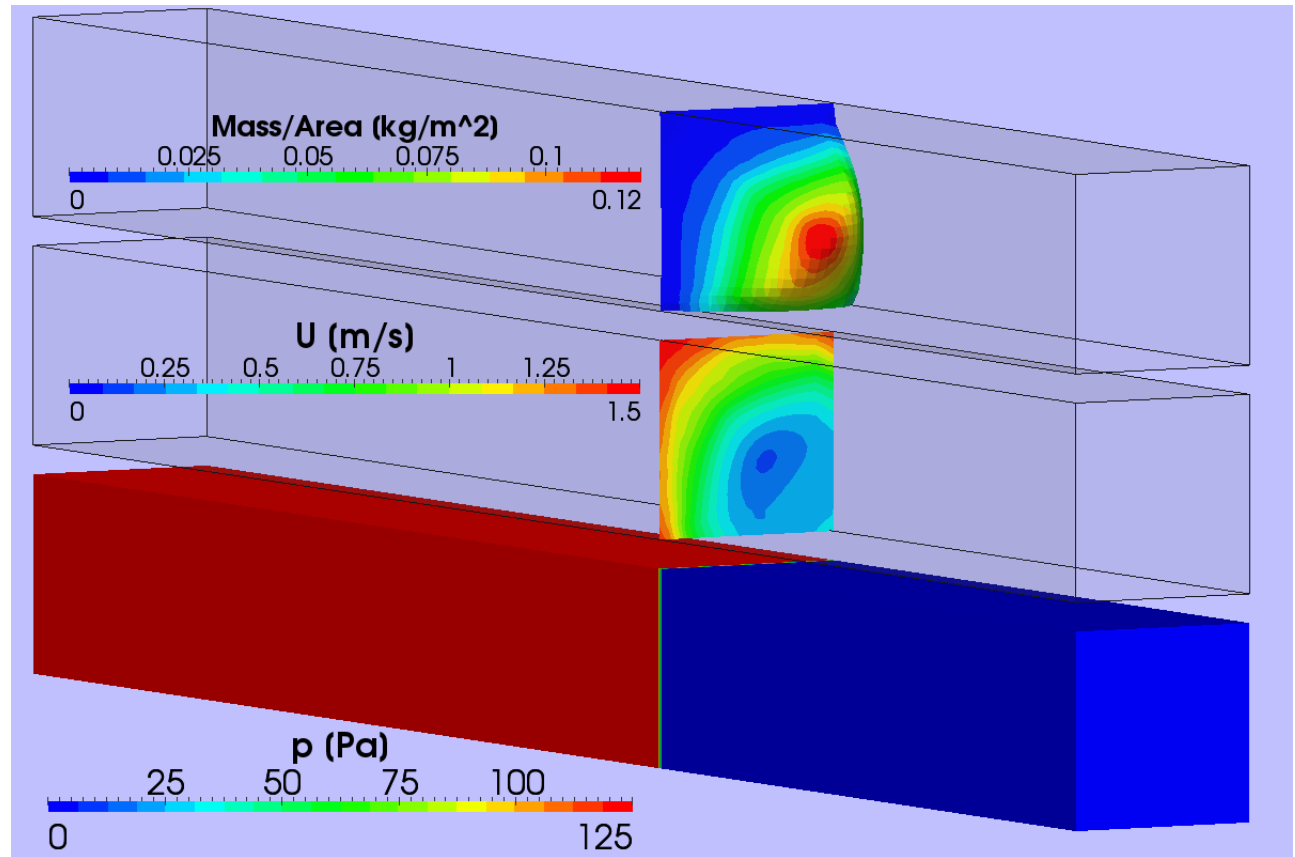


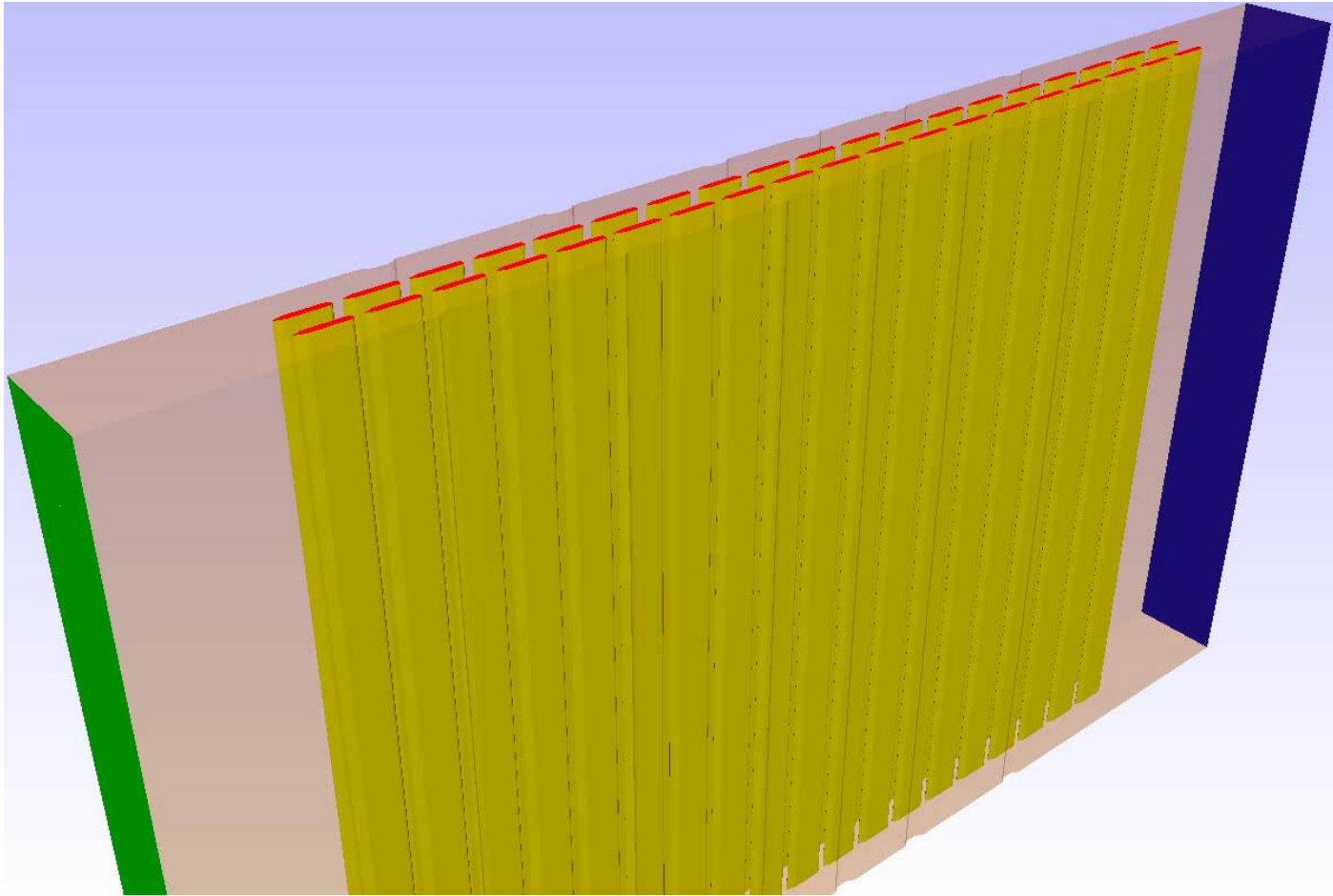
Abbildung 5.14: Zuströmgeschwindigkeit für inhomogenen Fall



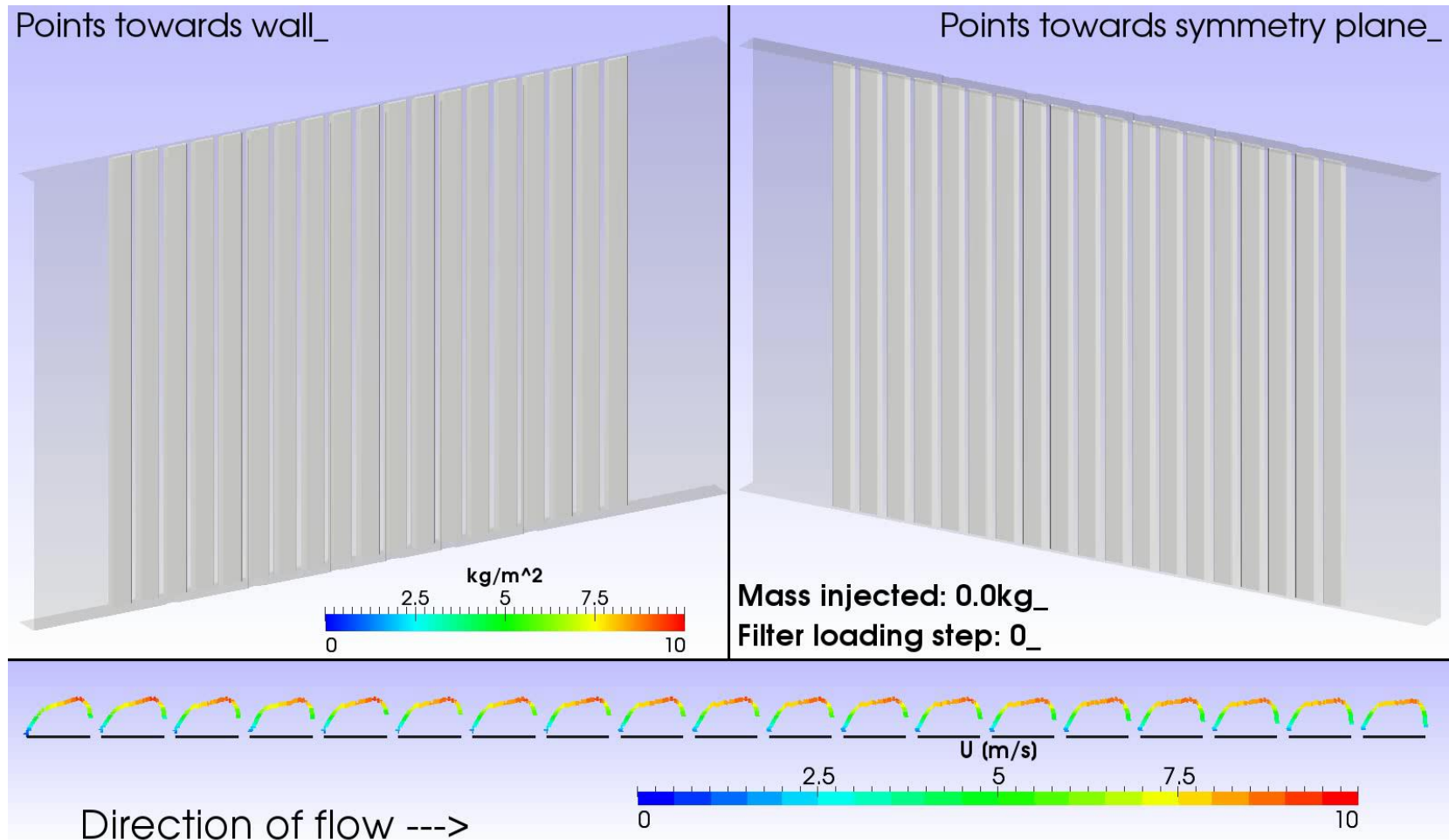
Numerische Modellierung des zeitlichen Verhaltens von Strömungen in der Umgebung von Tiefenfiltern, Michele Cagna



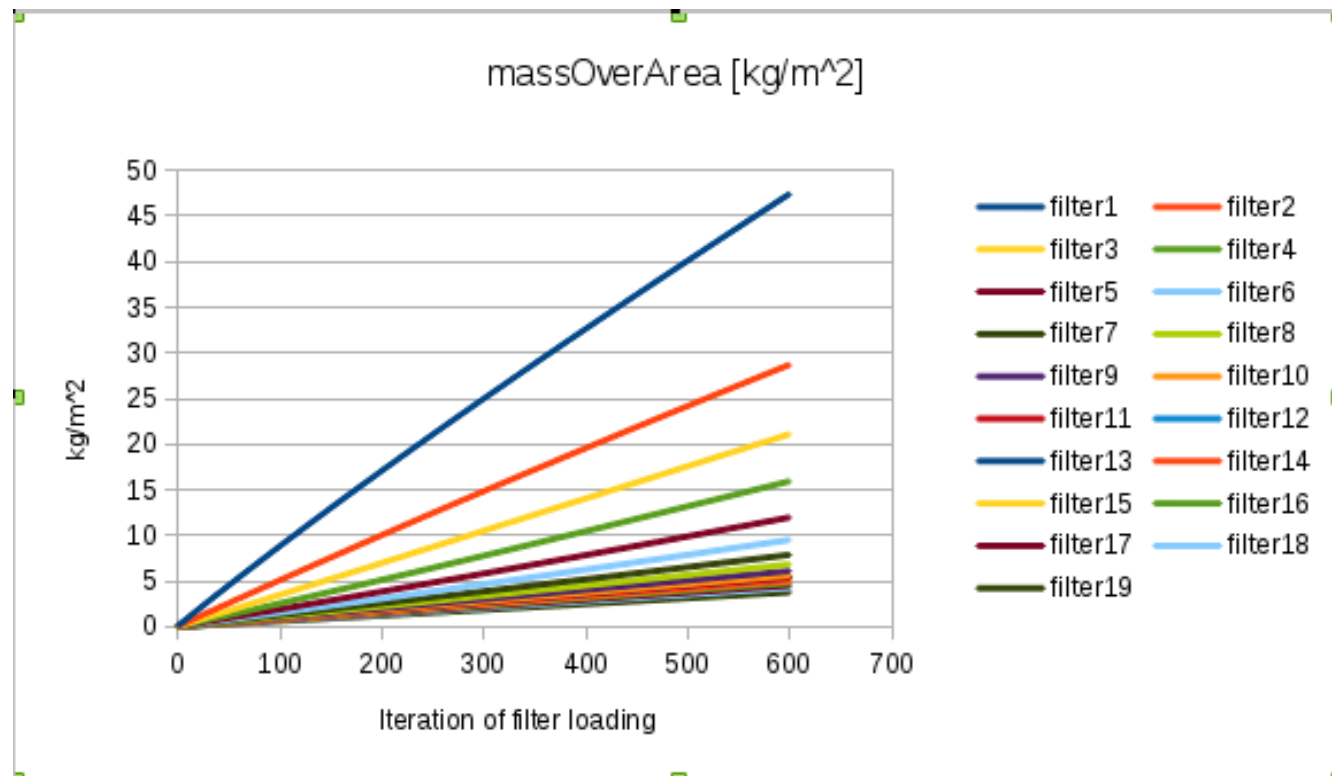
# Einfache Filterreihe



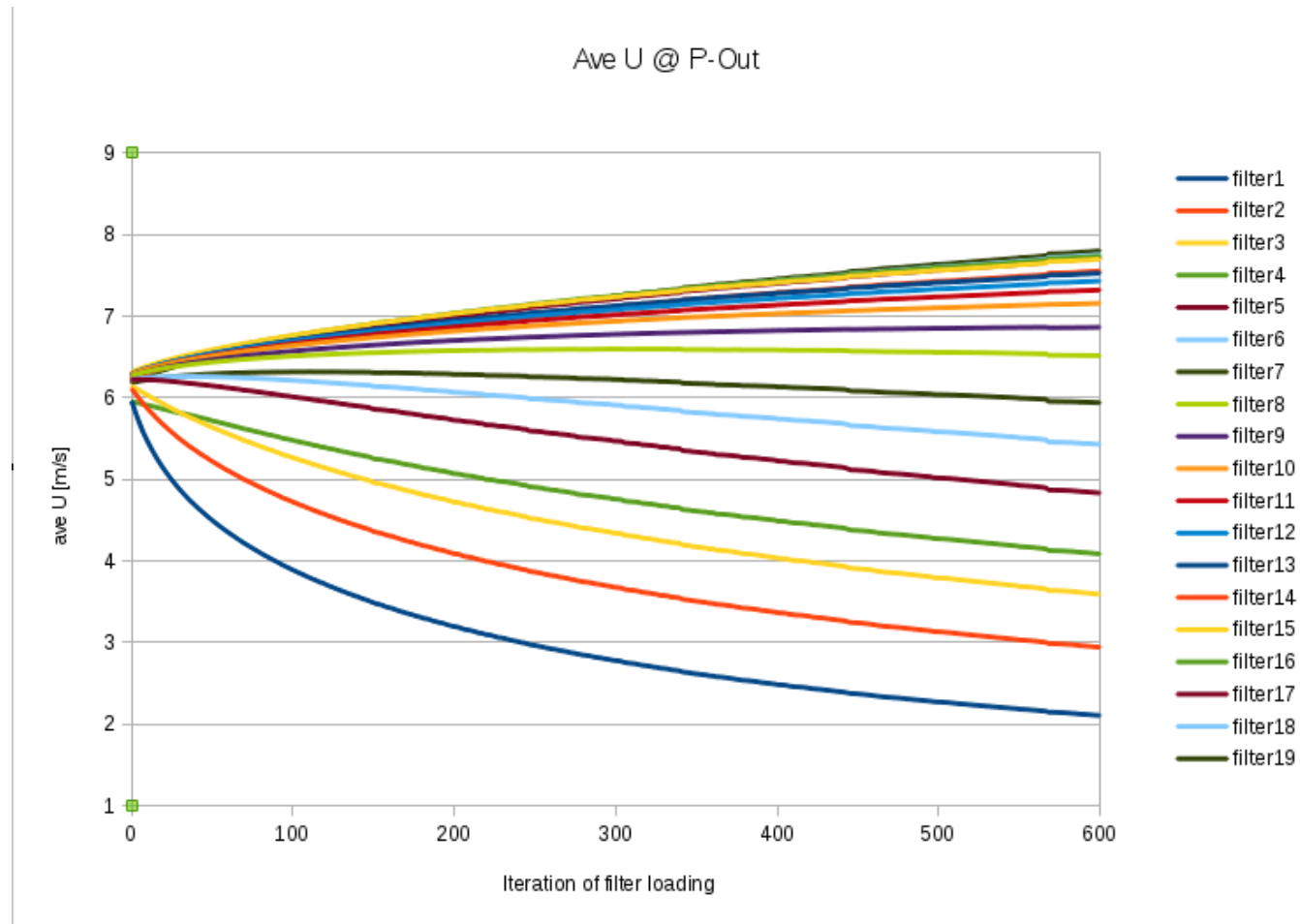
# Belastung der Filter



# Belastung der Filter



# Geschwindigkeiten am Austritt





# Zusammenfassung

## Stand:

- Erstellung von numerischen Modellen für Filteranwendungen:
  - Mikromodellierung: Anhaftung an Fasern, Kuchenbildung
  - Makromodellierung: Partikeltracking mit Rückwirkungen der Abscheidung am Filter
- Überprüfung der Teilmodelle an einfachen Literaturbeispielen

# Zusammenfassung/Ausblick

## Ausblick

- Validierung am Anlagenmodell
- Mikromodellierung Validierung am Filterprüfstand
- Fluid-Struktur-Interaktion: Filterverformung

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## Hinweis:

Die Präsentation auf der NAFEMS-Konferenz enthielt mehrere Animationen, die im pdf-Format nicht dargestellt werden können.

Gerne schicken wir Ihnen die Originalpräsentation zu. Bitte schicken Sie uns eine Email an:

[info@dhcae-tools.de](mailto:info@dhcae-tools.de)