
Simulation von Filtermedien mit **GEO** DICT



Fraunhofer Institut
Techno- und
Wirtschaftsmathematik

Simulation von Filtermedien mit **GEO** DICT

Dr. Stefan Rief

Dr. Andreas Wiegmann

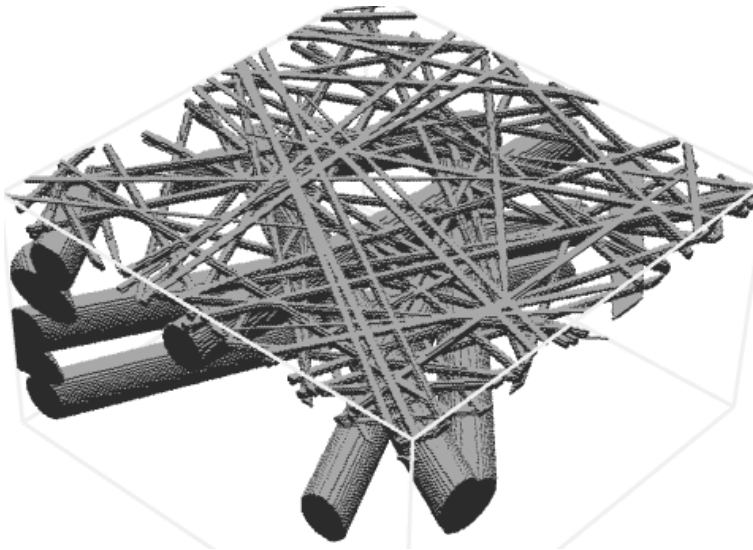
Fraunhofer-Institut

Techno- und Wirtschaftsmathematik, Kaiserslautern

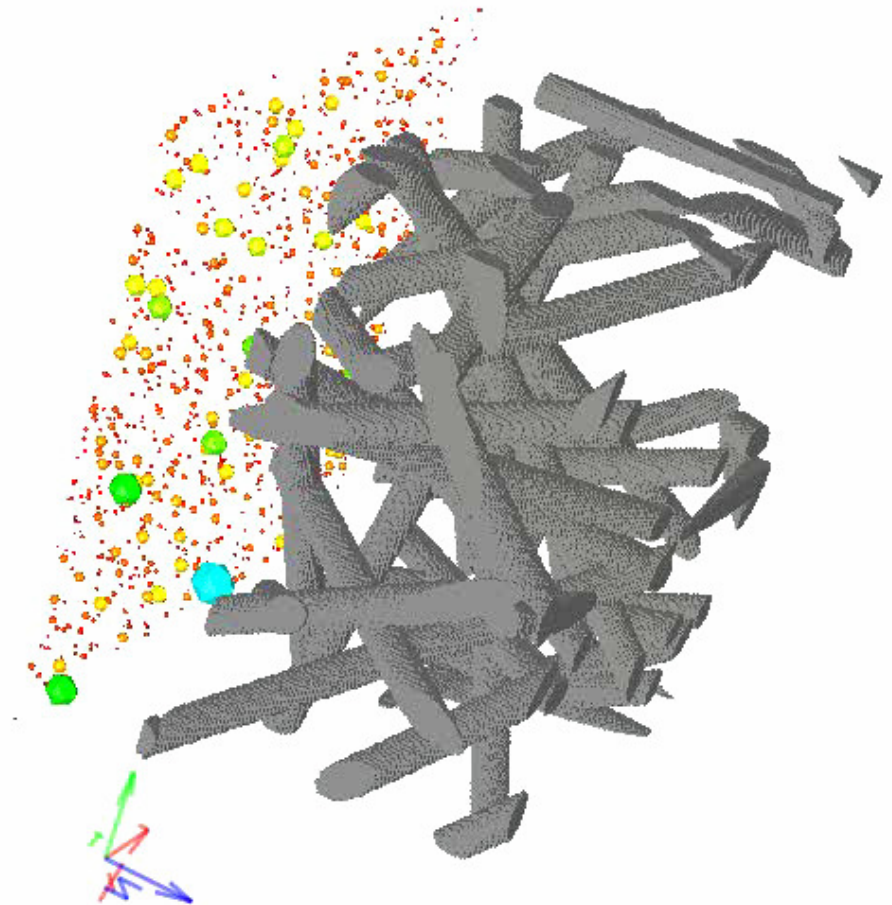
9. Symposium *Textile Filter*

Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V.

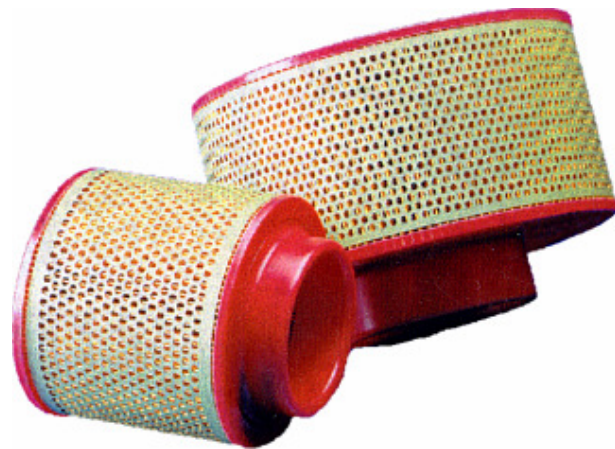
04. - 05. März 2008 in Chemnitz



1. Virtuelles Materialdesign
 2. Strukturgenerierung an Beispielen
 - Nonwoven, Gewebe, Membrane, Agglomerate, Sintermaterialien
 3. Simulation
 - Bubble Point der Gasdiffusionsschicht einer Brennstoffzelle
 - Druckabfall an gefalteten Ölfiltern
 - Papierentwässerung
 - Rußpartikelfilter
 4. Zusammenfassung
-

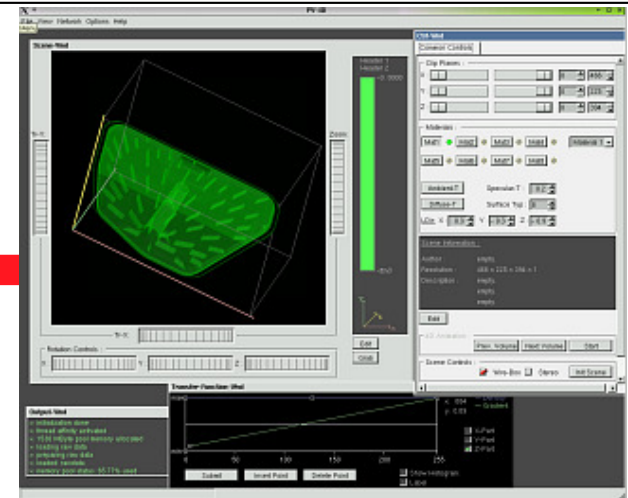


1. Virtuelles Materialdesign



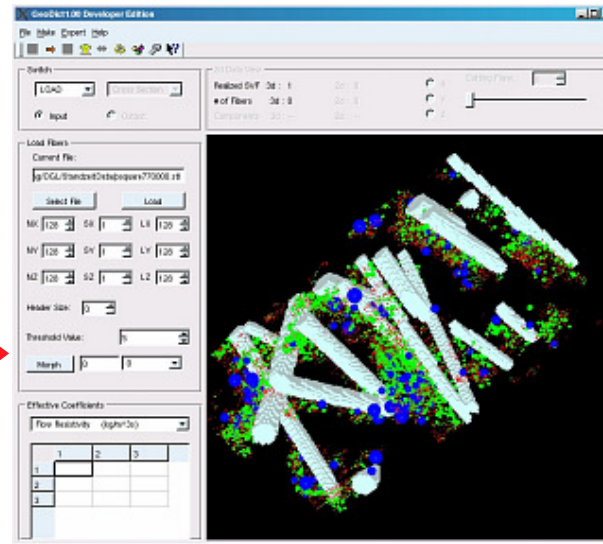
Geforderte Materialeigenschaften erzielt ?

Virtueller Designzyklus



Berechnung makroskopischer Eigenschaften des Filters

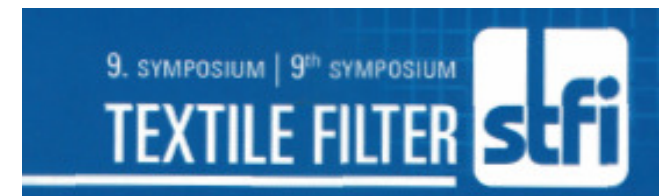
Bestimmung / Variation der Materialparameter



Berechnung mikroskopischer Eigenschaften des Filtermediums



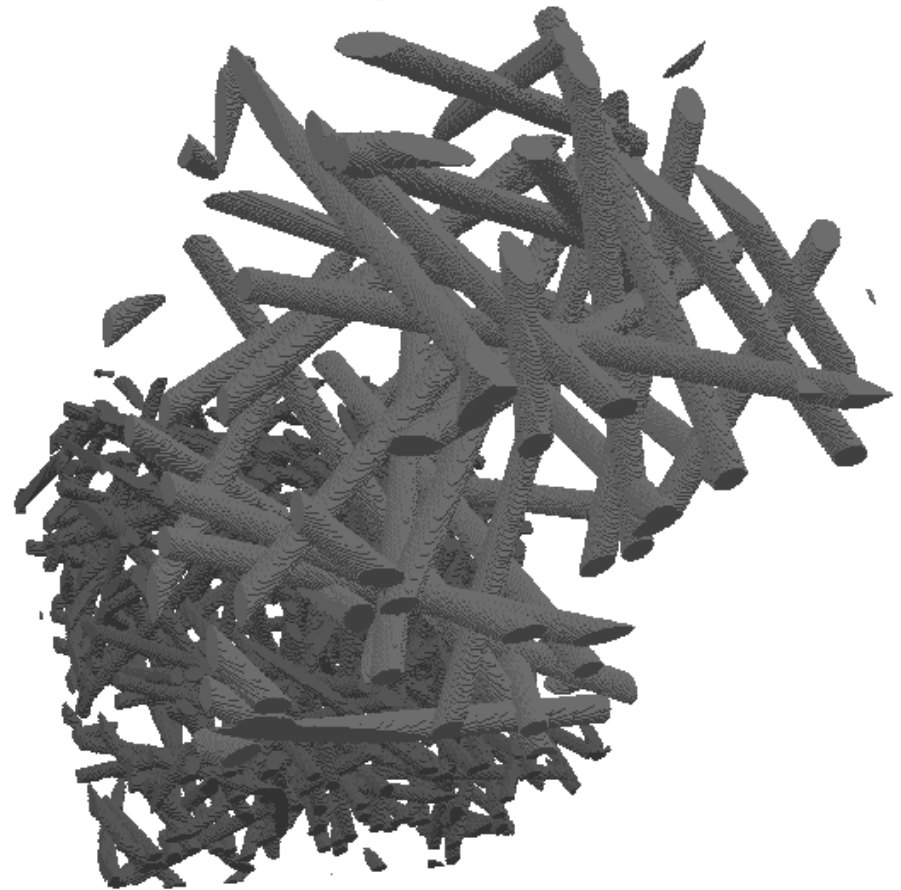
Fraunhofer
Institut
Techno- und
Wirtschaftsmathematik



2. Virtuelle Strukturgenerierung

Virtuelles Nonwoven mit Gradientenstruktur

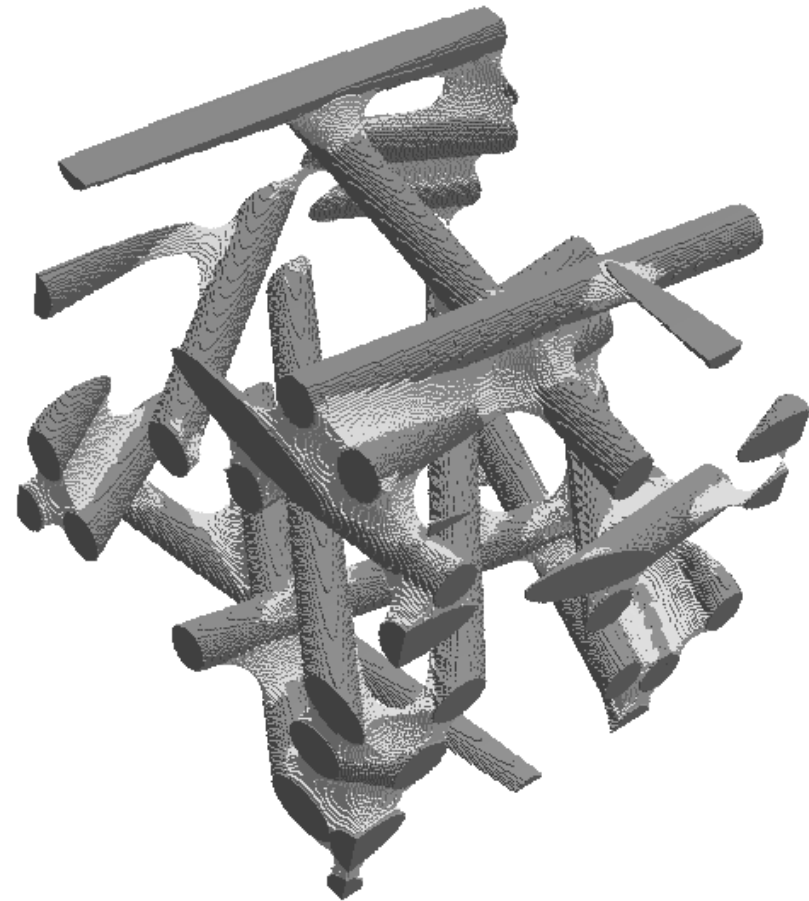
- Zufällig generiert mit garantierten spezifizierbaren Eigenschaften wie
 - Verteilungen der Faserdurchmesser und Faserquerschnitte
 - Faserorientierungen
 - Porositäten
 - Lagendicken
 - ...
- Schichtung zweier Lagen mit verschiedenen Parametern
- Benutzung flexibler Würfelgitter



2. Virtuelle Strukturgenerierung

Virtuelles Nonwoven mit Bindereintrag

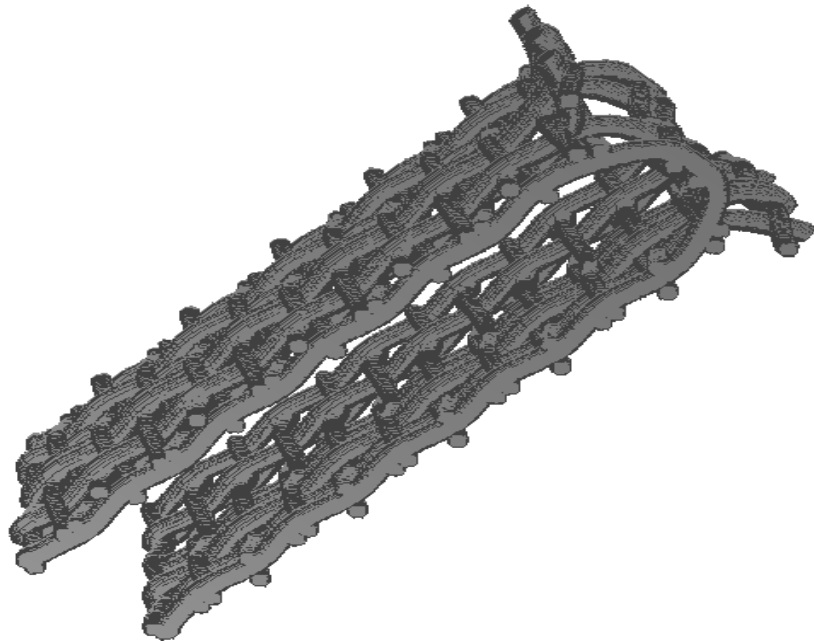
- Zufällig generiertes Nonwoven
- Morphologischen Operationen zur Erzeugung des Binders
- Menge des Binders direkt vorgebar
- Binder erscheint als neues Material in der Struktur mit *eigenen* Eigenschaften in der Simulation (-> wichtig z.B. für Elastizität)



2. Virtuelle Strukturgenerierung

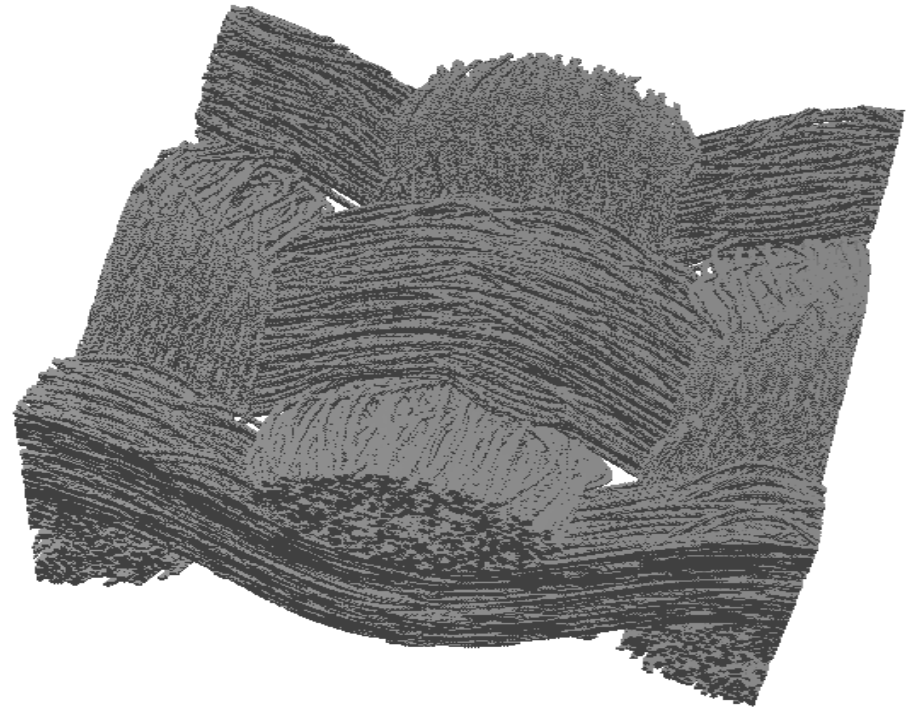
Virtuelles Drahtgewebe

- Exakte Vorgabe der Struktur
- Verwendbar als Stützgewebe für ein Nonwoven in einer Makrosimulation



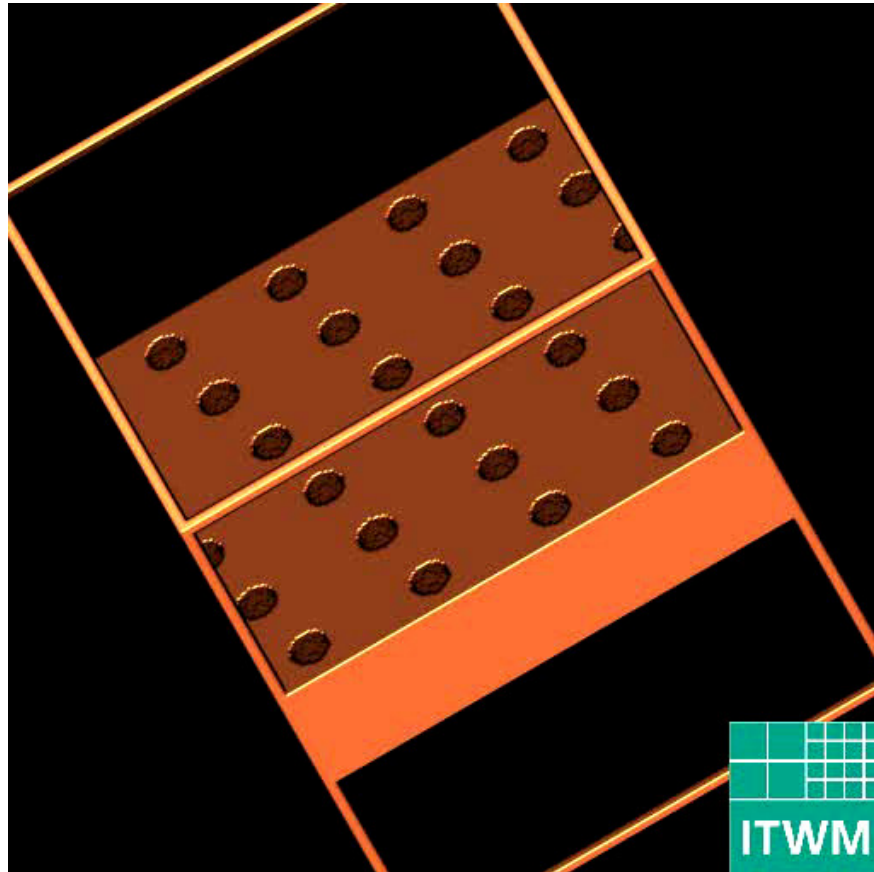
Virtuelles Gewebe mit Leinwandbindung

- Mischung von Deterministik und Zufall

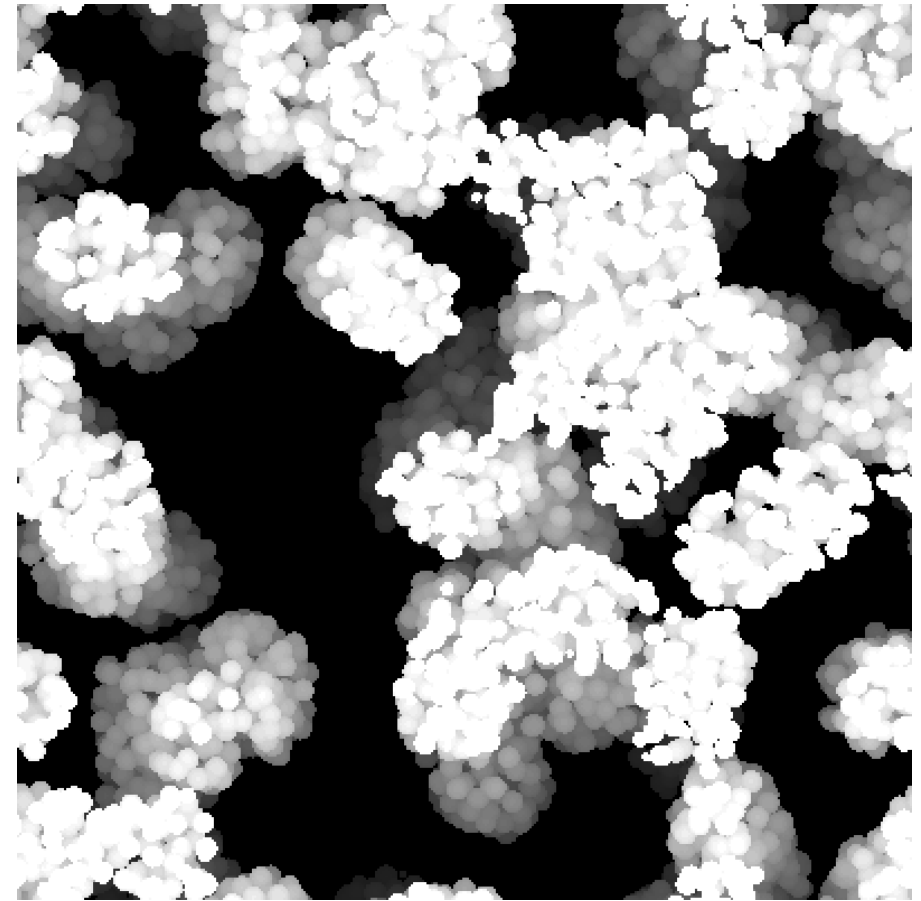


2. Virtuelle Strukturgenerierung

Membran



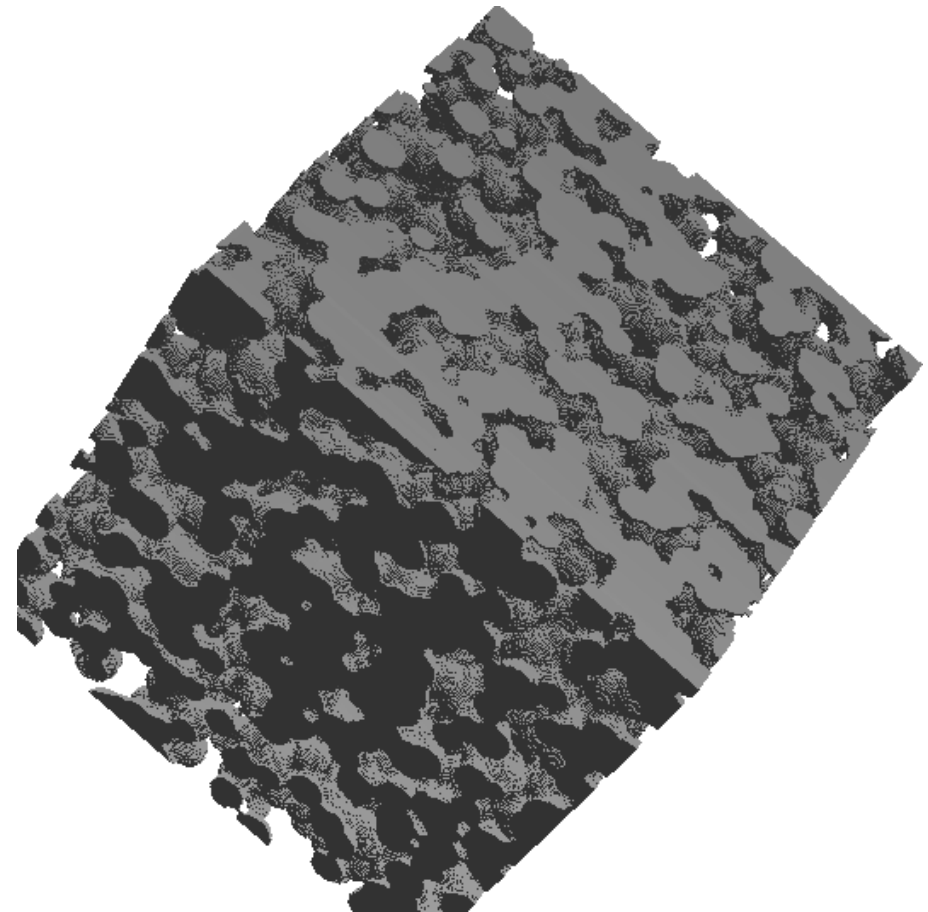
Agglomerat



2. Virtuelle Strukturgenerierung

Virtuelle Sinterstruktur

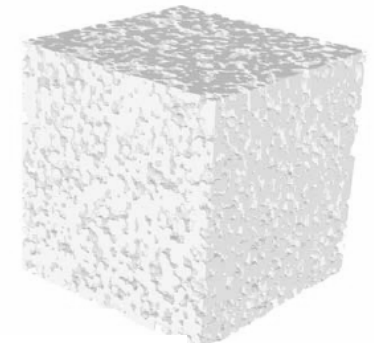
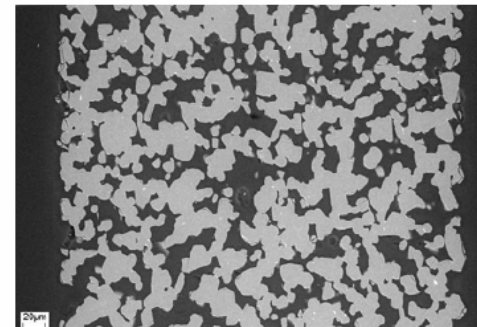
- Zufällig generiert basierend auf
 - Kugelpackung
 - Morphologischen Operationen zur Erzeugung der Sinterhalse
- Kugelpackung orientiert sich an Korngrößenverteilung im Sinterprozess
- Ansatz wurde in einem Projekt entwickelt, da keine Tomographie herstellbar war



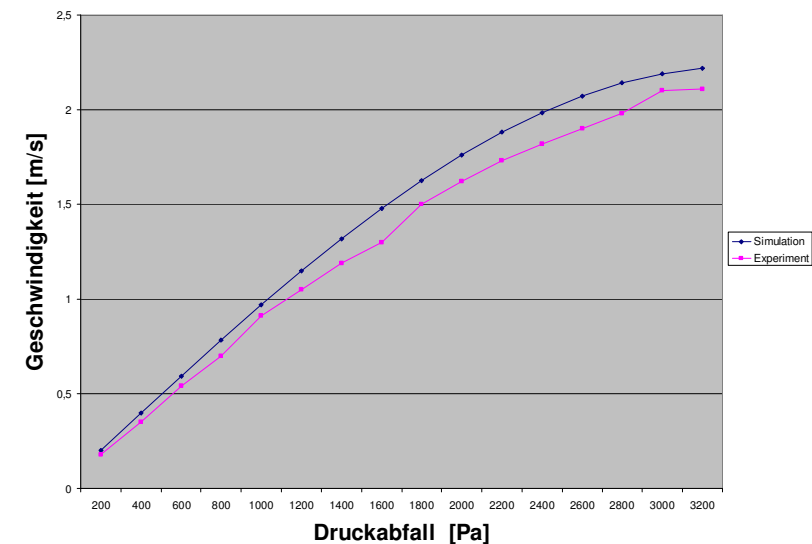
2. Virtuelle Strukturgenerierung

Beurteilung der Qualität einer generierten Struktur

- “Das Auge”
- Porosität, spezifische Oberfläche
- Sehnenlängenverteilungen
- Porengrößenanalyse
- Durchströmungseigenschaften
- Bubble Point, Kapillardruckkurven
- Filtrationseigenschaften
- Akustische Eigenschaften



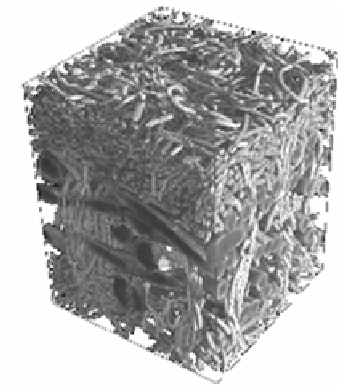
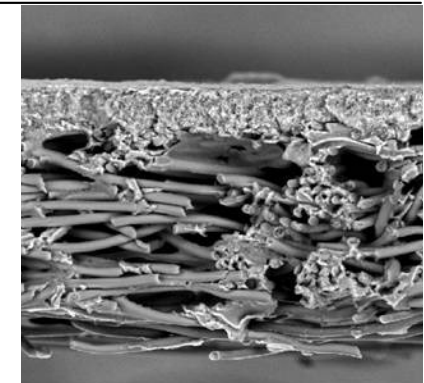
Vergleich von Durchströmungseigenschaften



3. Simulation von Struktureigenschaften

Anwendungsbeispiele

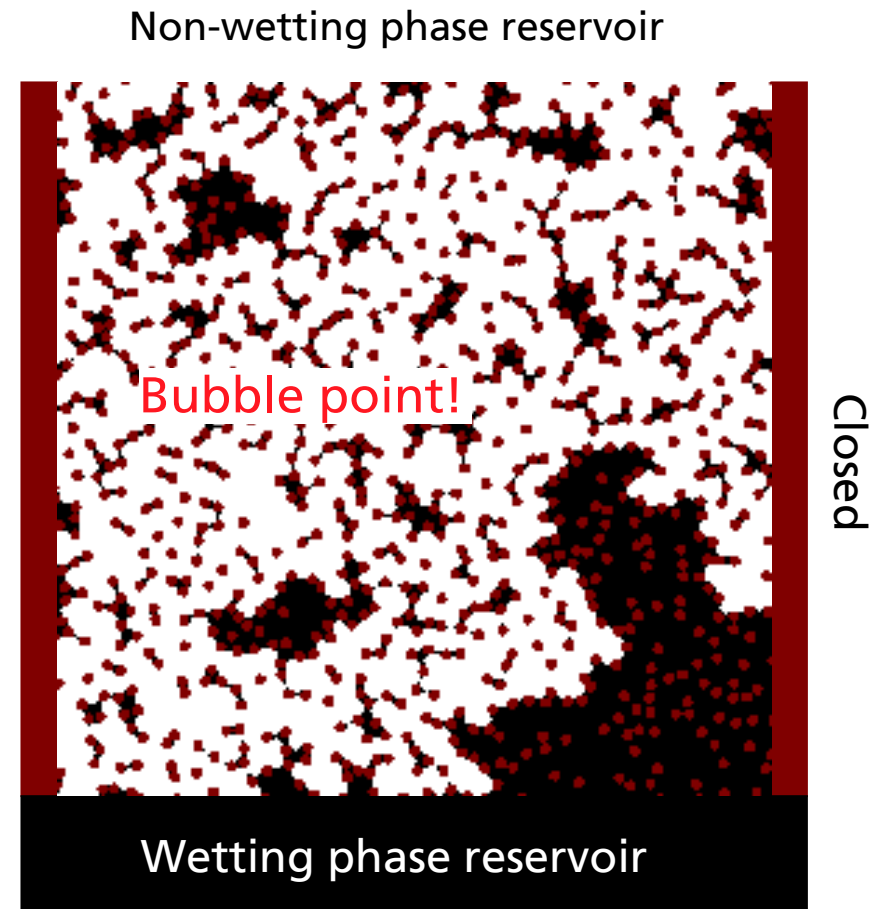
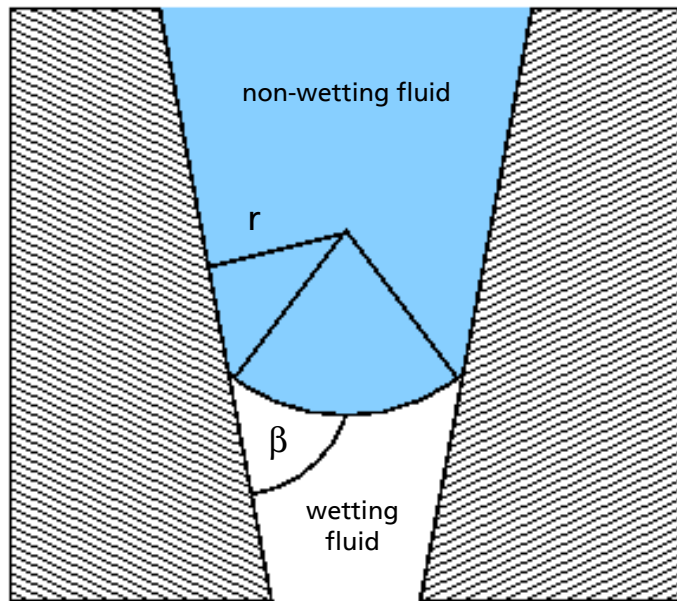
- Brennstoffzelle: Bubble Point Berechnung der Gasdiffusionsschicht
- Ölfilter: Simulation des Struktur abhängigen Druckabfalls
- Papiermaschine: Simulation der Papierentwässerung
- Rußpartikelfilter: Designstudie



3. Simulation von Struktureigenschaften

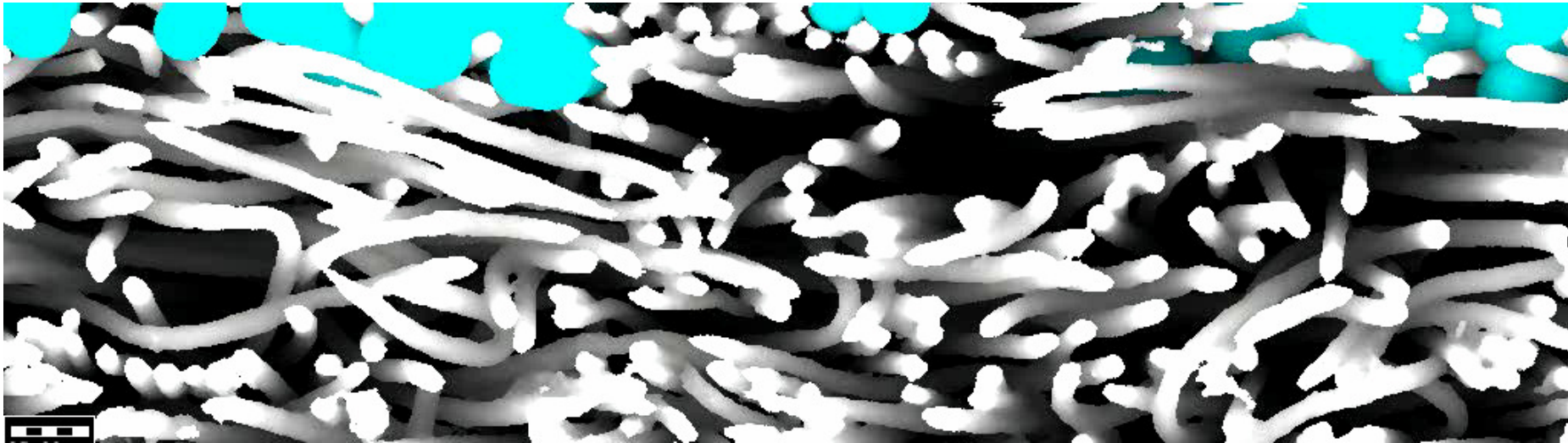
Bestimmung des Bubble Points mittels Porenmorphologie

- Young-Laplace-Gleichung: $p_c = \frac{2\sigma}{r} \cos \beta$
- Pore gefüllt, wenn $p_c \geq \frac{2\sigma}{r} \cos \beta$



3. Simulation von Struktureigenschaften

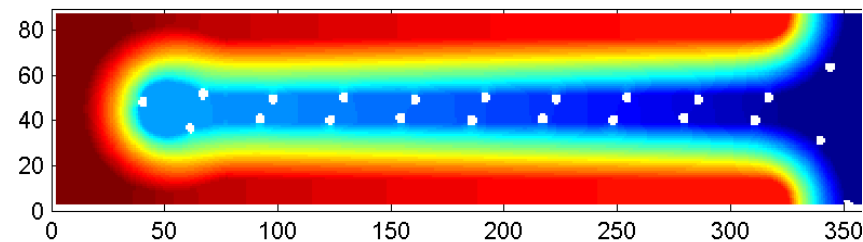
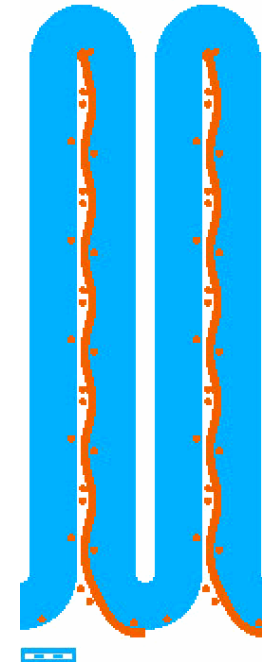
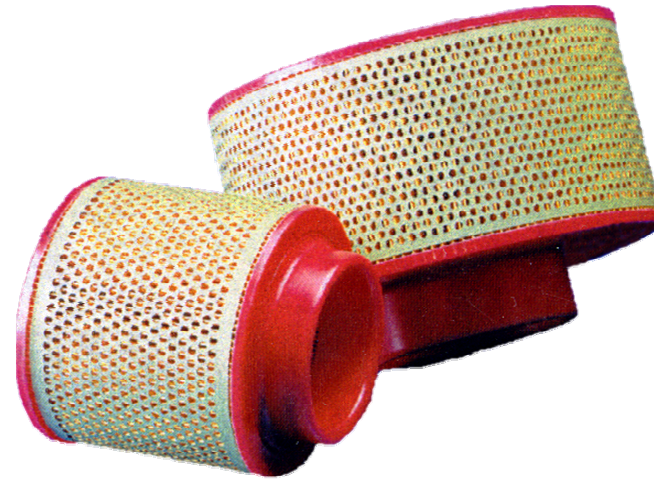
Gasdiffusionsschicht: Wasserverteilung am Bubble Point



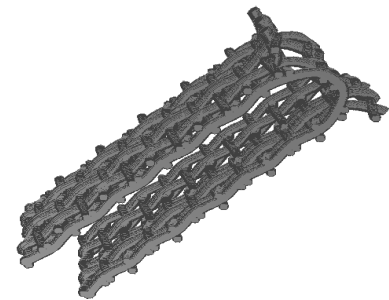
3. Simulation von Struktureigenschaften

Simulation von gefalteten Filtern

- Navier-Stokes-Brinkmann-Gleichung für freie und poröse Strömung
- Permeabilität des Filtermediums durch Messung oder Mikrostruktursimulation
- Studie zum effektiven Durchfluss in Abhängigkeit vom Drahtgewebe



Druckverteilung



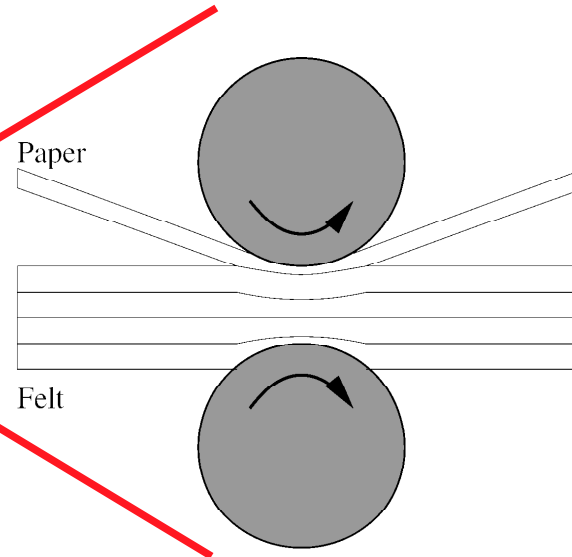
3. Simulation von Struktureigenschaften

Modellierung und Simulation der Pressenpartie einer Papiermaschine

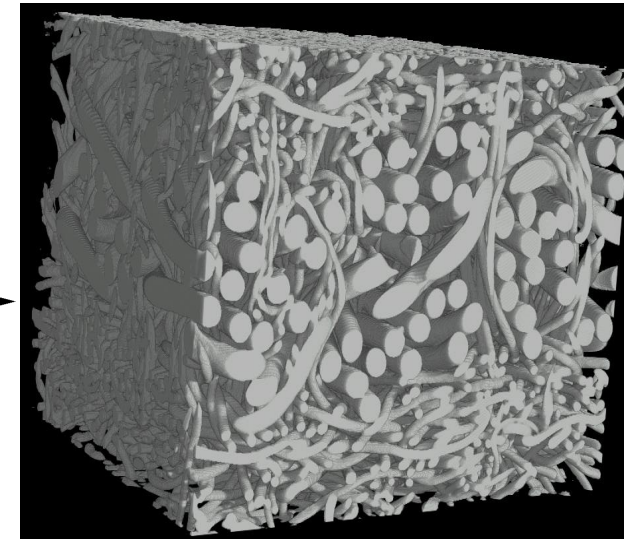
Papiermaschine



Pressspalt



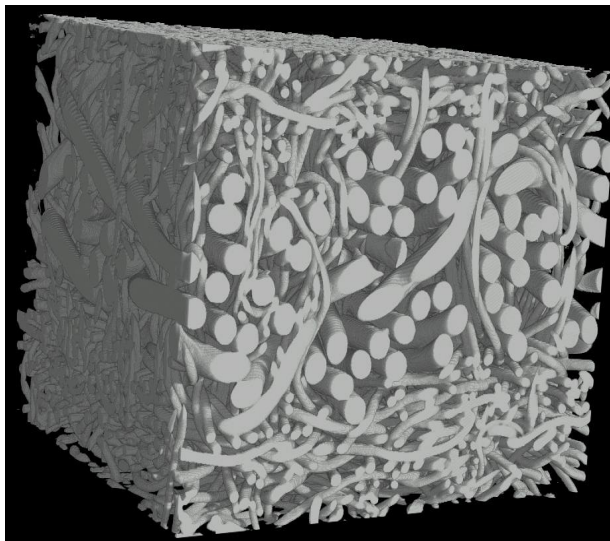
Pressfilz



3. Simulation von Struktureigenschaften

Modellierung und Simulation der Pressenpartie einer Papiermaschine

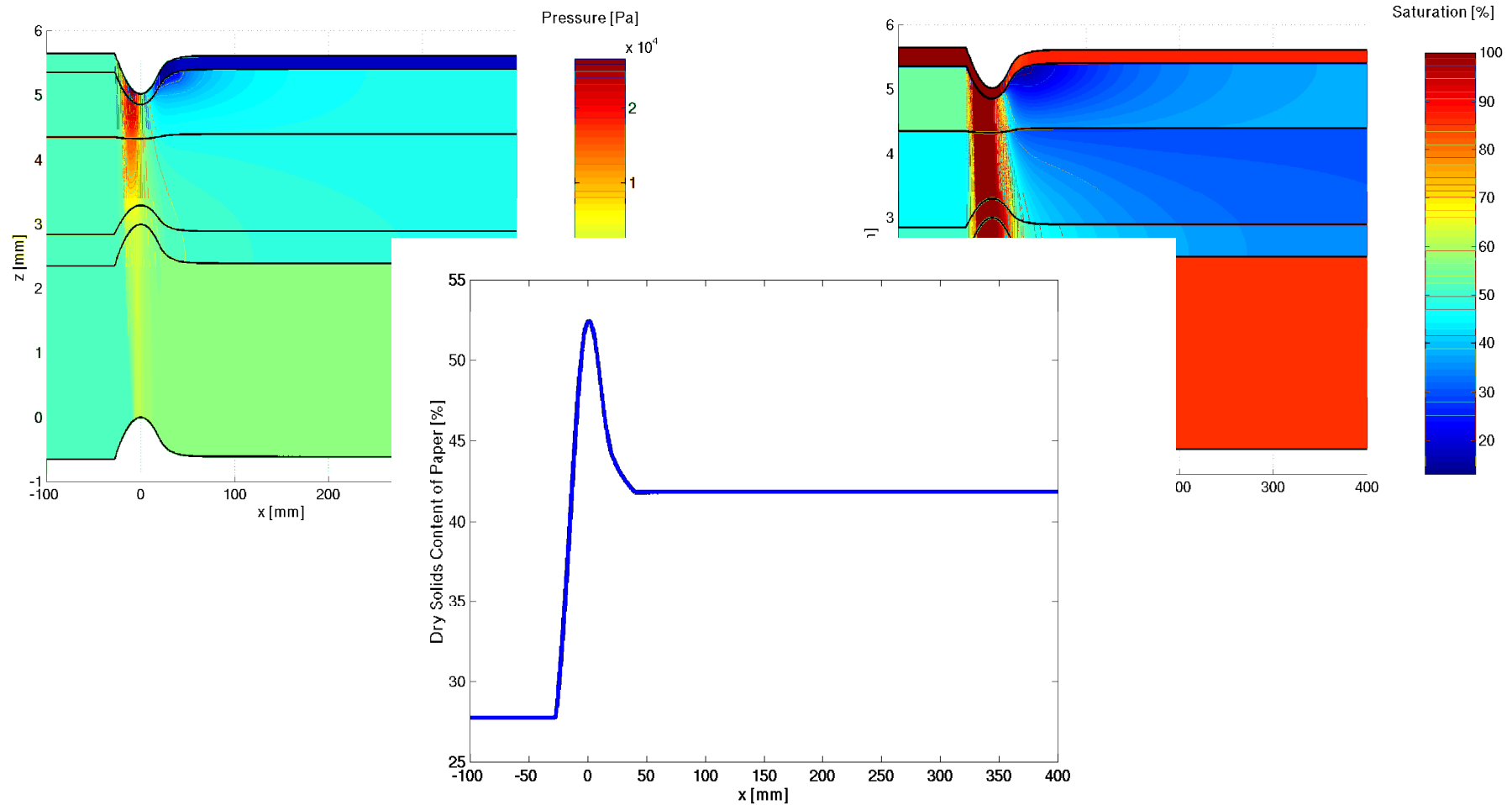
Tomographie



GeoDict als Eingabeparameterlieferant für Makrosimulation:

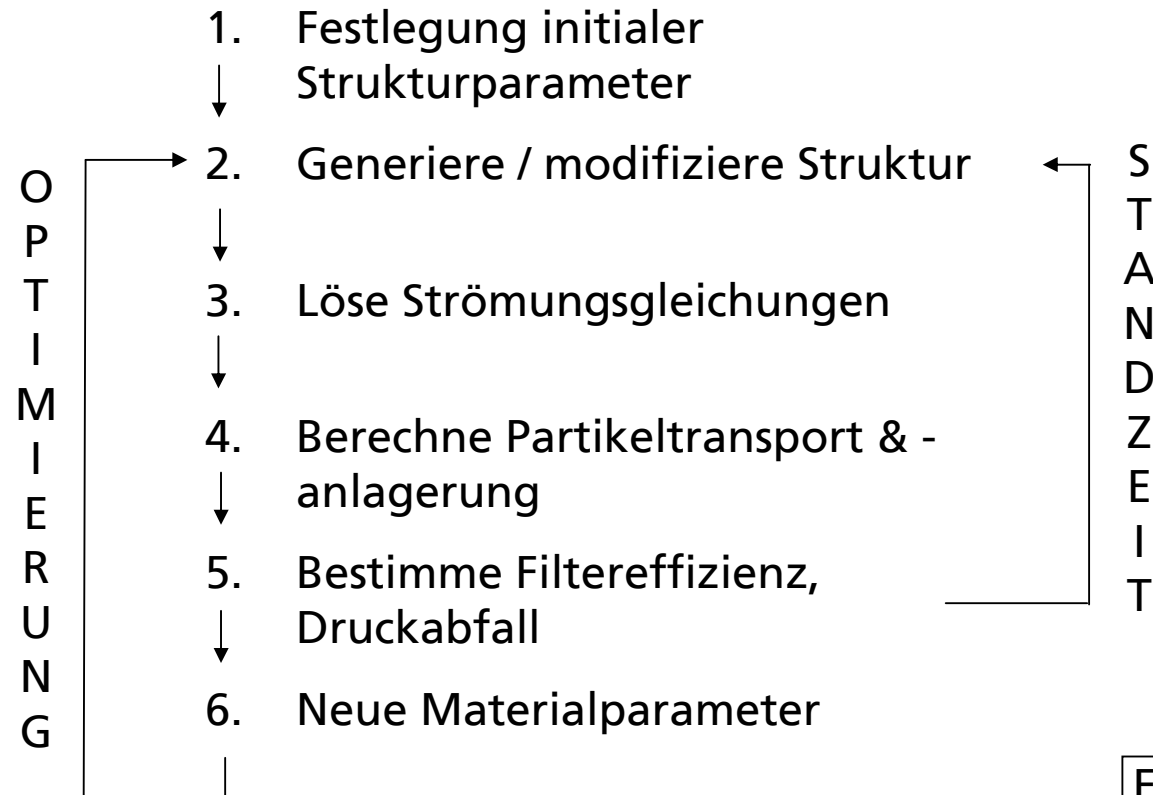
- Bildbearbeitung (Filtern, Zuschchnitt)
- Analyse der Porositätsverteilung
- Berechnung der schichtweisen Permeabilität
- Porositäts- und Permeabilitätsänderung unter virtueller Verpressung
- Druck-Sättigungskurven via Porenmorphologiemethode

3. Simulation von Struktureigenschaften



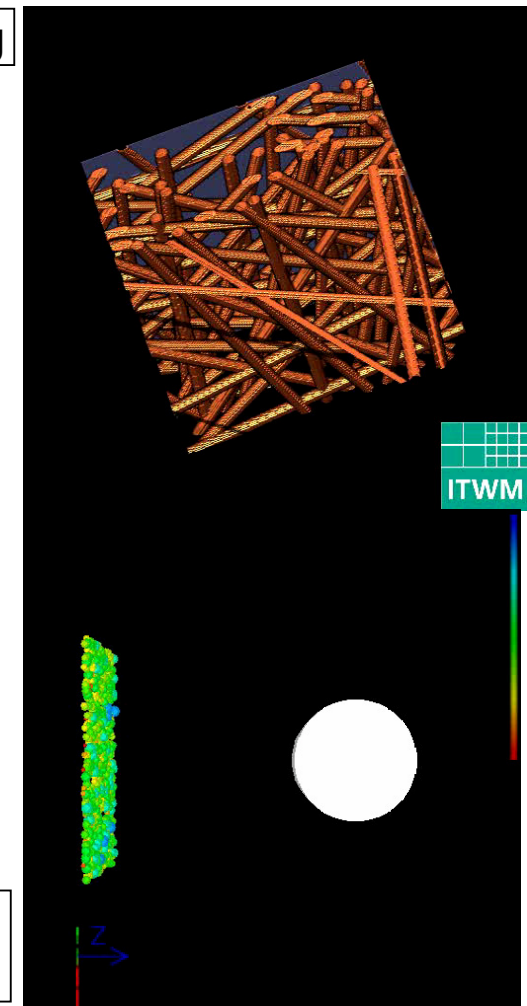
3. Simulation von Struktureigenschaften

Simulation von Filtrationsprozessen



Strömung

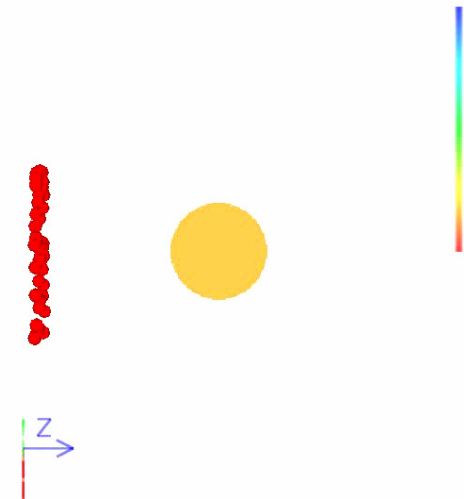
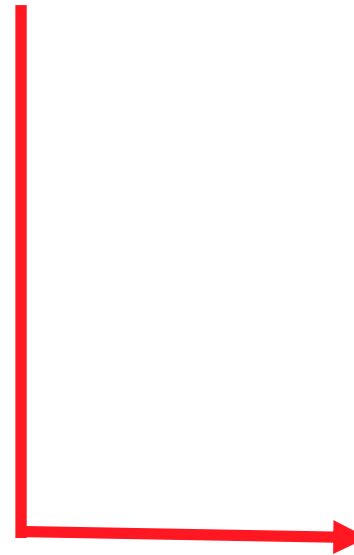
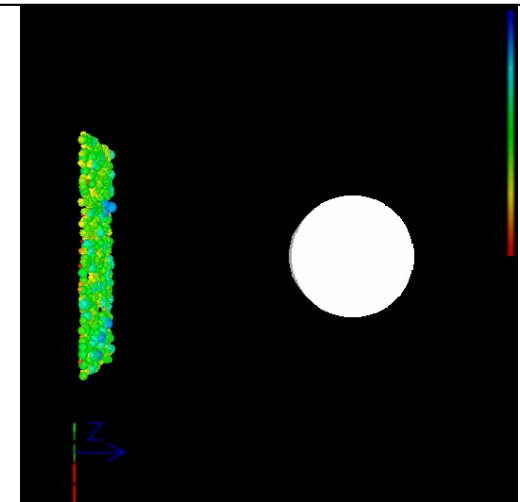
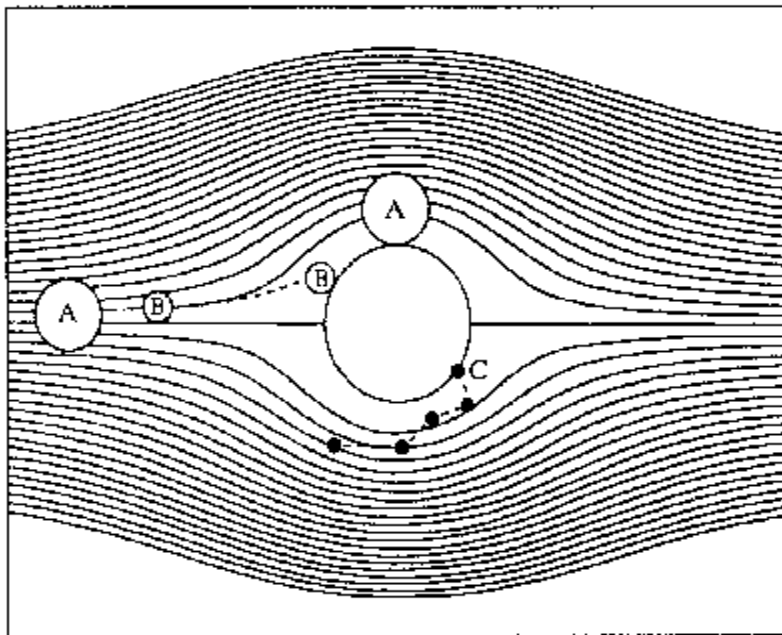
Einzelfaser-simulation



3. Simulation von Struktureigenschaften

Im Modell abgebildete Abscheidemechanismen

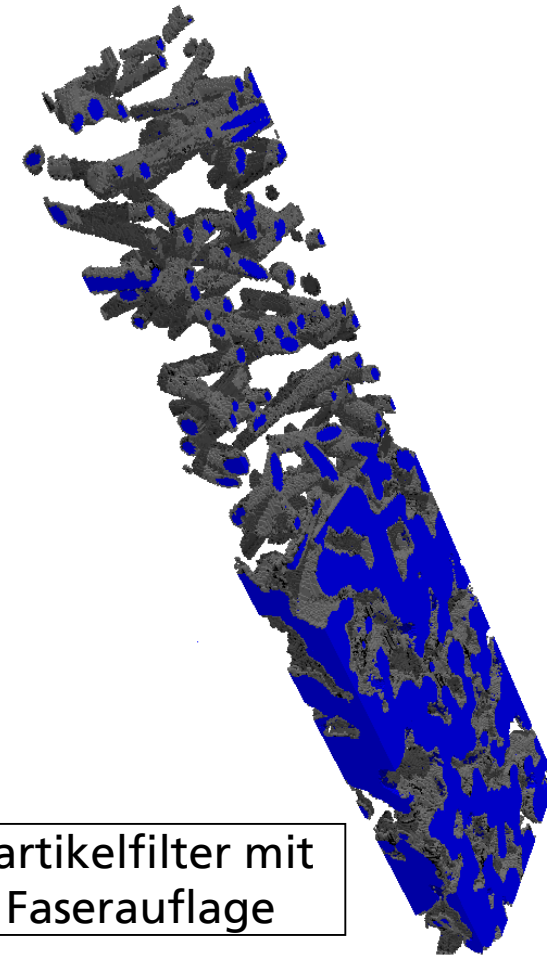
- A) Sperreffekt
- B) Trägheitseffekt
- C) Brown'sche Bewegung
- D) Siebeffekt
- E) Elektrostatische Effekte



3. Simulation von Struktureigenschaften

Designstudie eines Rußpartikelfilters

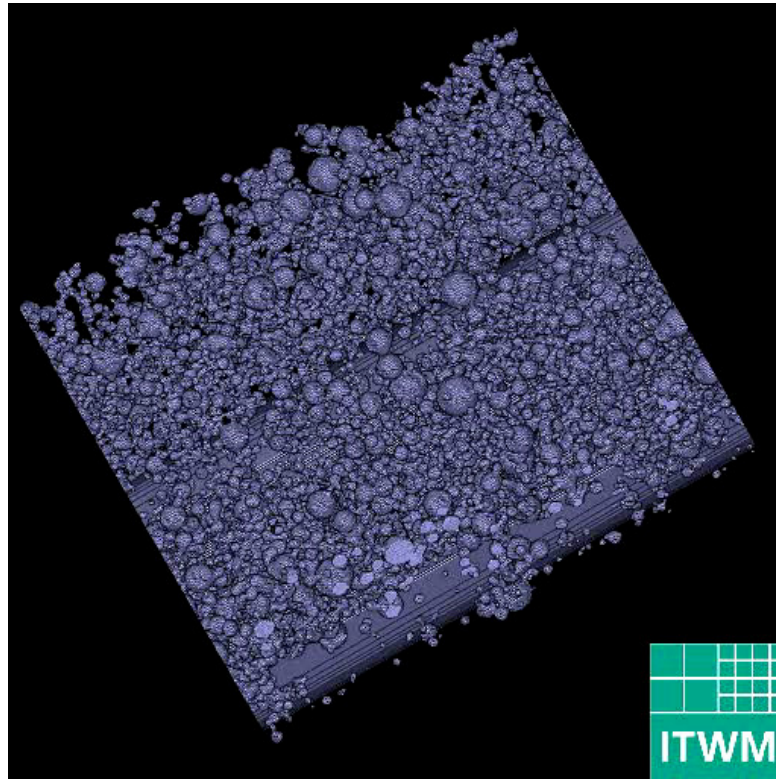
- Sinterstruktur mit und ohne Faserauflage im Hinblick auf Gegendruckverhalten
- Rußpartikel (80 nm) sind sehr viel kleiner als Struktur (1 μm) -> poröse Anlagerungsart
- Navier-Stokes-Brinkmann-Gleichung für freie und poröse Strömung
- Permeabilität und maximaler Füllgrad der porösen Rußwürfel durch Einzelfasersimulation
- 500 Millionen Rußpartikel pro Standzeitsimulation



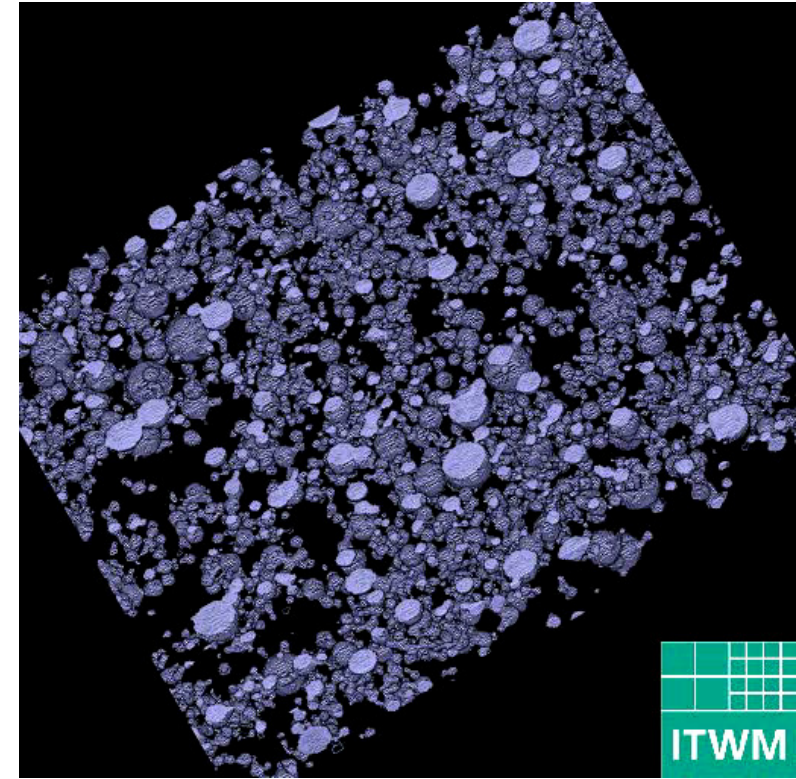
Partikelfilter mit
Faserauflage

3. Simulation von Struktureigenschaften

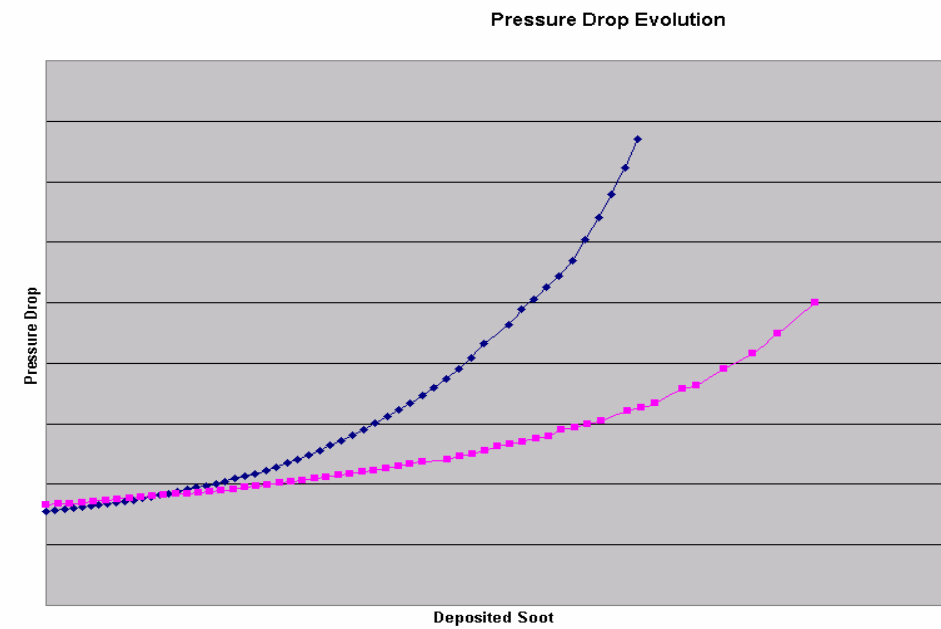
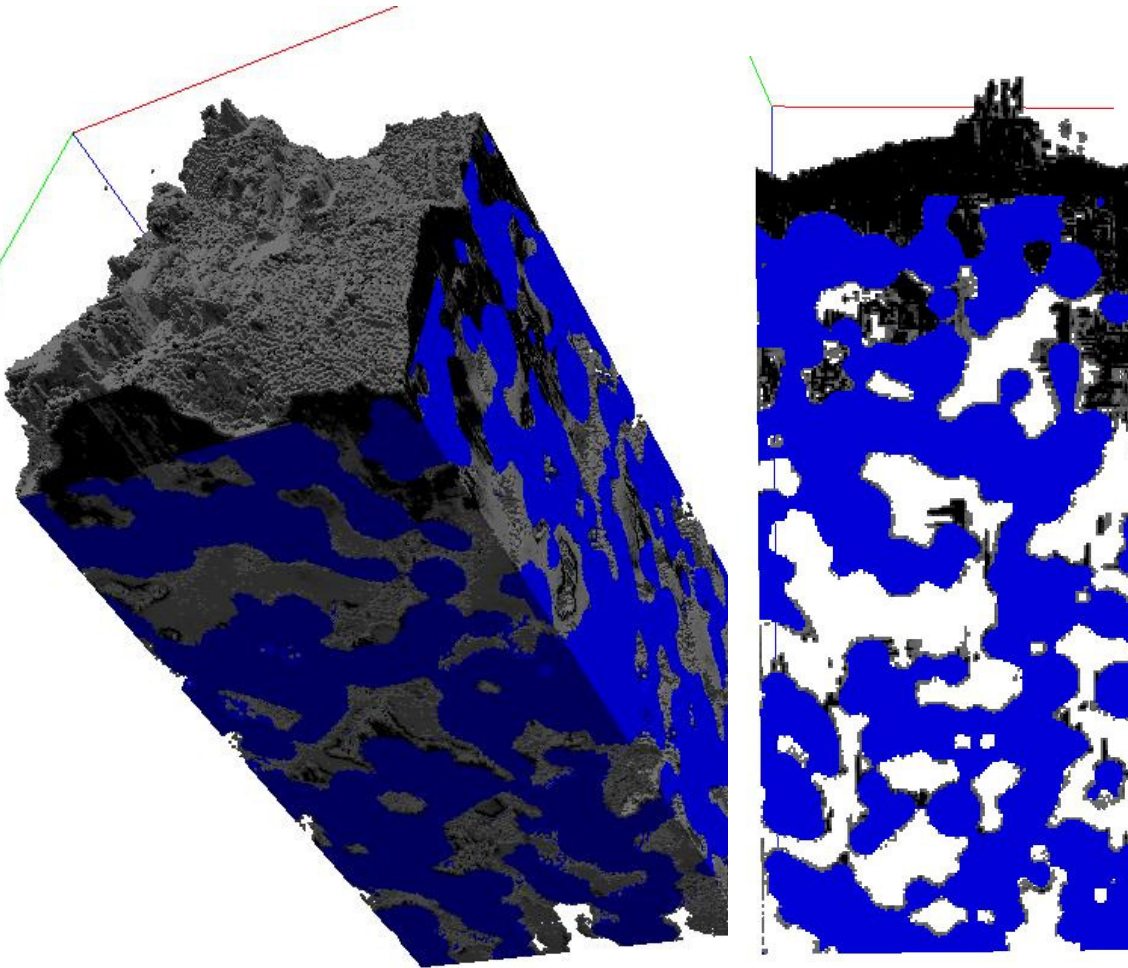
Einzelfasersimulation



Rußschicht aus
Einzelfasersimulation

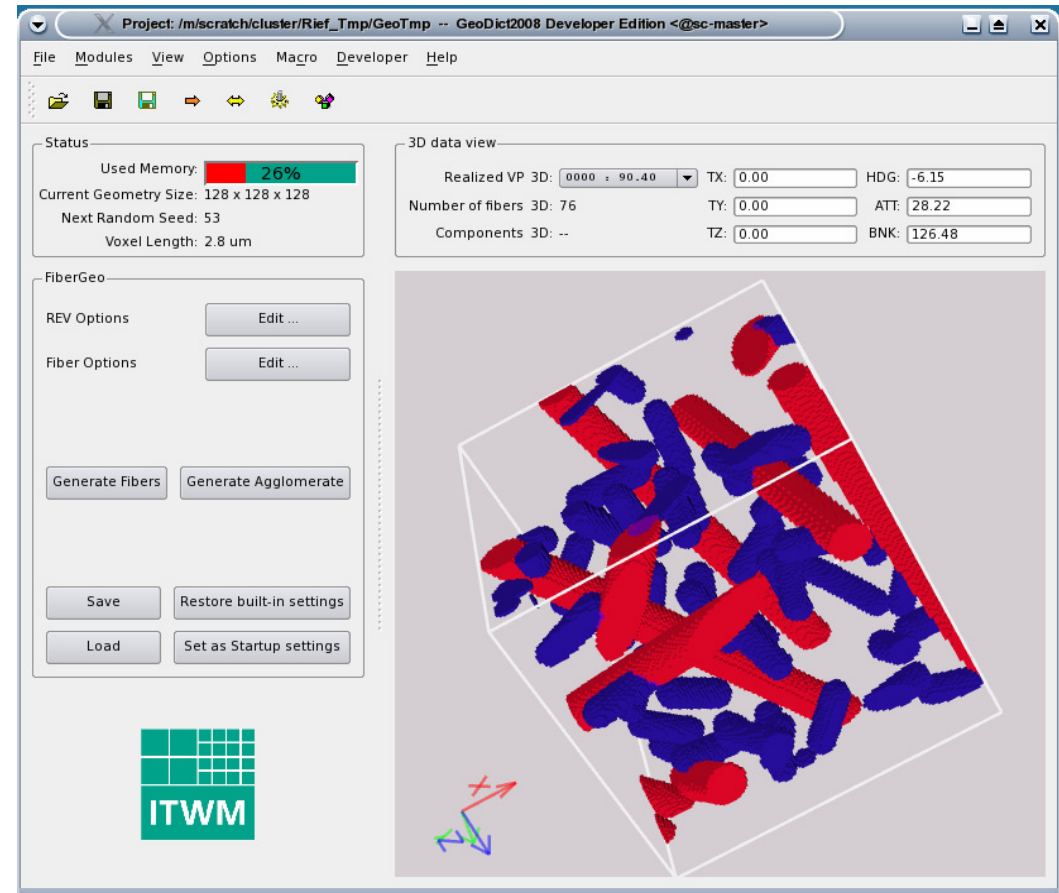


3. Simulation von Struktureigenschaften



4. Zusammenfassung (und mehr ...)

- **FiberGeo**, **SinterGeo**, **WeaveGeo**, **GridGeo**, **PackGeo** (Strukturgeneratoren)
- **ProcessGeo** (3d Bildbearbeitung)
- **LayerGeo** (Schichtungen)
- **ImportGeo** (z.B. Tomographie, STL)
- **ExportGeo** (z.B. Fluent, Abaqus)
- **FlowDict** (Strömungseigenschaften)
- **ElastoDict** (Effektive Elastizität)
- **ThermoDict** (Wärmeleitfähigkeit)
- **DiffuDict** (effektive Diffusion)
- **FilterDict** (Filtration)
- **SatuDict** (Kapillardruckkurven)
- **PoroDict** (Porengrößenverteilung)
- **AcoustoDict** (Absorptionseigenschaften)



The **GeoDict** Team

Andreas Wiegmann
Jürgen Becker
Kilian Schmidt
Heiko Andrä
Ashok Kumar Vaikuntam
Rolf Westerteiger
Christian Wagner
Mohammed Alam
Jianping Shen

The **PoroDict** Team

Andreas Wiegmann
Jürgen Becker
Rolf Westerteiger

The **PleatDict** Team

Andreas Wiegmann
Oleg Iliev
Stefan Rief

The **FilterDict** Team

Stefan Rief
Kilian Schmidt
Arnulf Latz
Andreas Wiegmann
Christian Wagner
Rolf Westerteiger

The **SatuDict** Team

Jürgen Becker
Volker Schulz
Andreas Wiegmann
Rolf Westerteiger

The **RenderGeo** Teams

Carsten Lojewski
Rolf Westerteiger
Matthias Groß

The **FiberGeo** Team

Andreas Wiegmann
Katja Schladitz
Joachim Ohser
Hans-Karl Hummel
Petra Baumann

WeaveGeo & **PleatGeo**

Andreas Wiegmann

The **SinterGeo** Team

Kilian Schmidt
Norman Ettrich

The **ElastoDict** Team

Heiko Andrä
Dimiter Stoyanov
Andreas Wiegmann
Vita Rutka
Donatas Elvikis

GridGeo & **PackGeo**

Andreas Wiegmann

FlowDict **Lattice Boltzmann** **Team**

Dirk Kehrwald
Peter Klein
Dirk Merten
Konrad Steiner
Irina Ginzburg
Doris Reinel-Bitzer

FlowDict **EJ Solver** **Team**

Andreas Wiegmann
Liping Cheng
Aivars Zemitis
Donatas Elvikis
Vita Rutka
Qing Zhang

Software for Generation, Simulation, Visualization:



www.geodict.com

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !