
Computersimulation der Tiefenfiltration durch Vliesstoffe



Fraunhofer Institut
Techno- und
Wirtschaftsmathematik

Andreas Wiegmann, PhD (Univ. of Washington)

Dipl. Math. Stefan Rief

Priv. Doz. Dr. Arnulf Latz

19. Hofer Vliesstofftage, 10. November 2004

Virtuelles (Filter-) Material- und Prozessdesign am ITWM

- Simulation der Produktionsprozesse – Dr. Hietel, nächster Vortrag
- Simulation der Vliesgeometrie
- Simulation der Vliesdurchströmung
- Simulation der Tiefenfiltration
- Virtuelles Materialdesign von Filtermedien
- Produkte des ITWM



Anwendungsfelder des virtuellen Materialdesigns



Putztücher



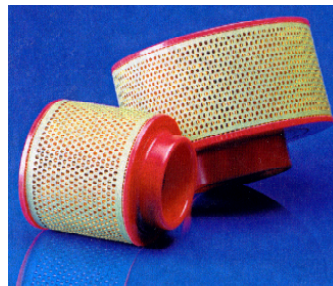
Hygiene



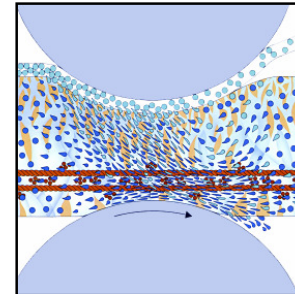
Medizin



Schallabsorption



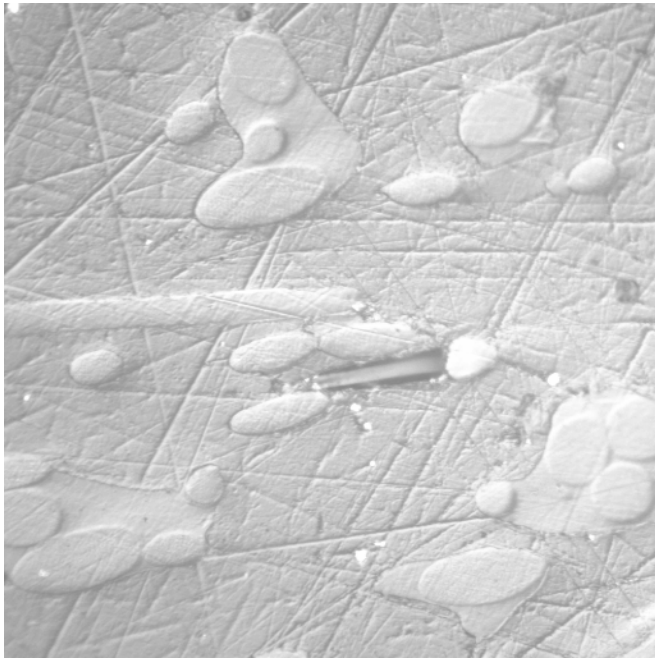
Filtermaterial



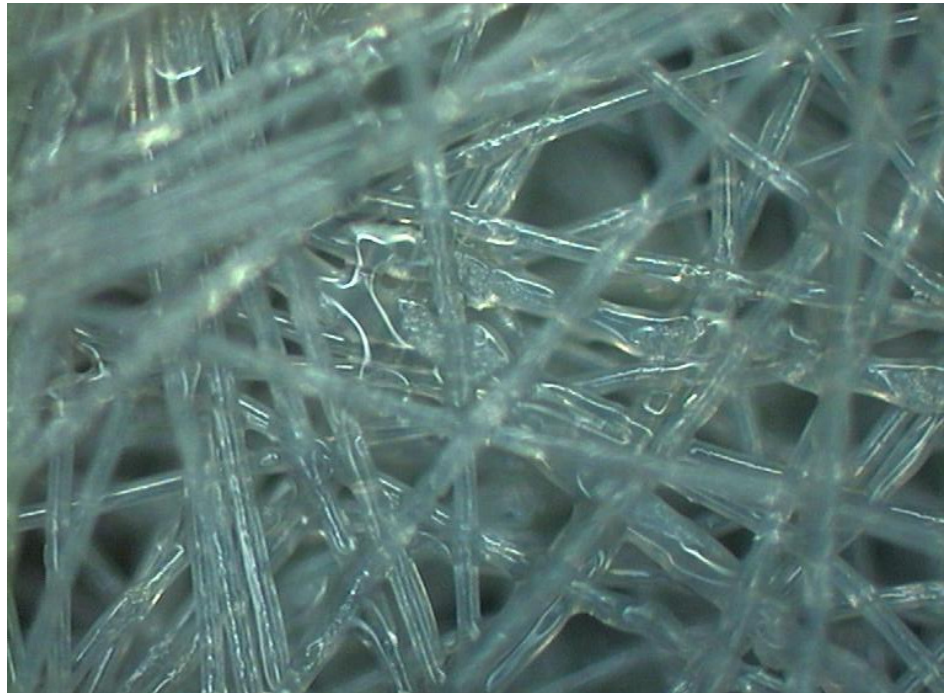
Papierherstellung



Vliesstoffe – Aufnahmen zufälliger Mikrostrukturen (2d)

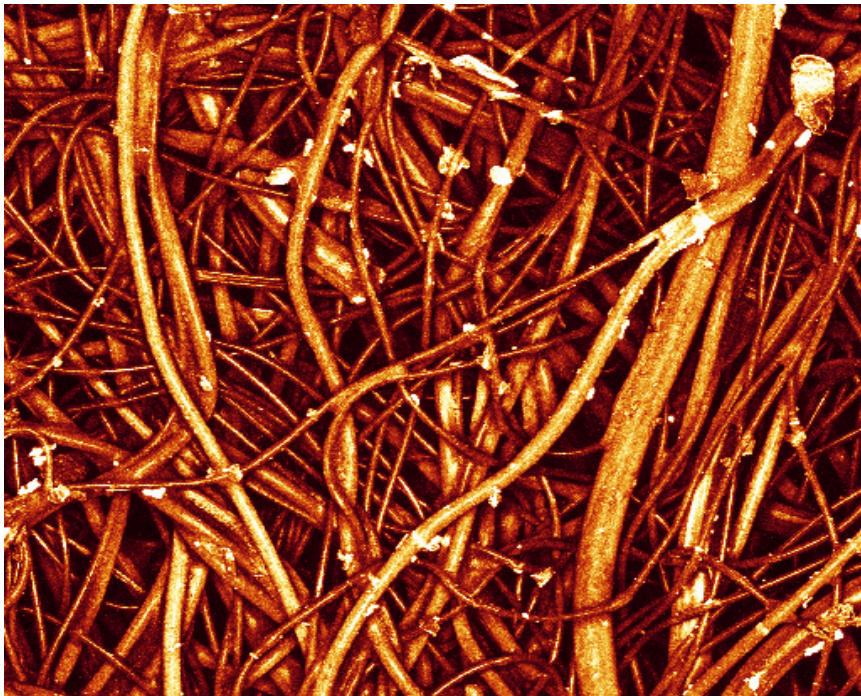


Schliffbild: 0.22 mm x 0.22 mm
In Harz, 50fache Vergrößerung
Polyester Stapelfaservlies

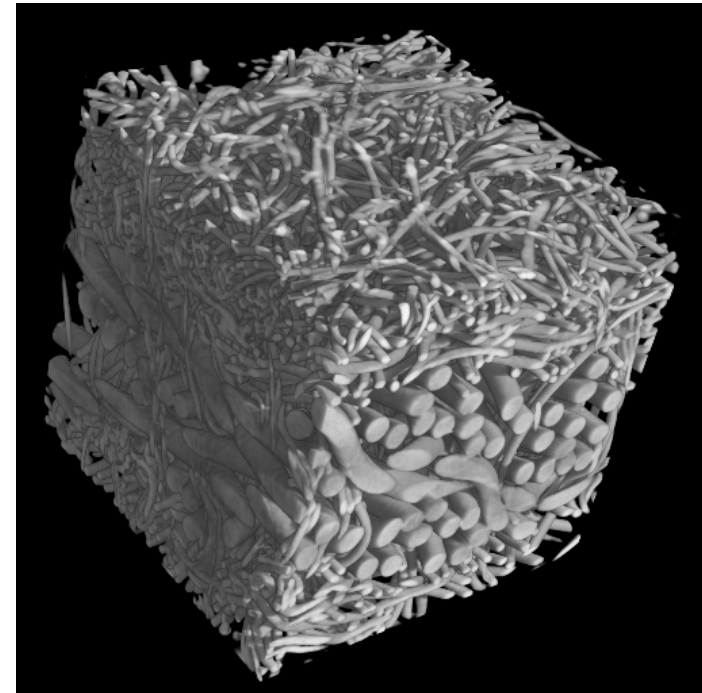


Lichtmikroskopie, 10fache Vergrößerung
Spinnvlies

Vliesstoffe – Aufnahmen zufälliger Mikrostrukturen (3d)

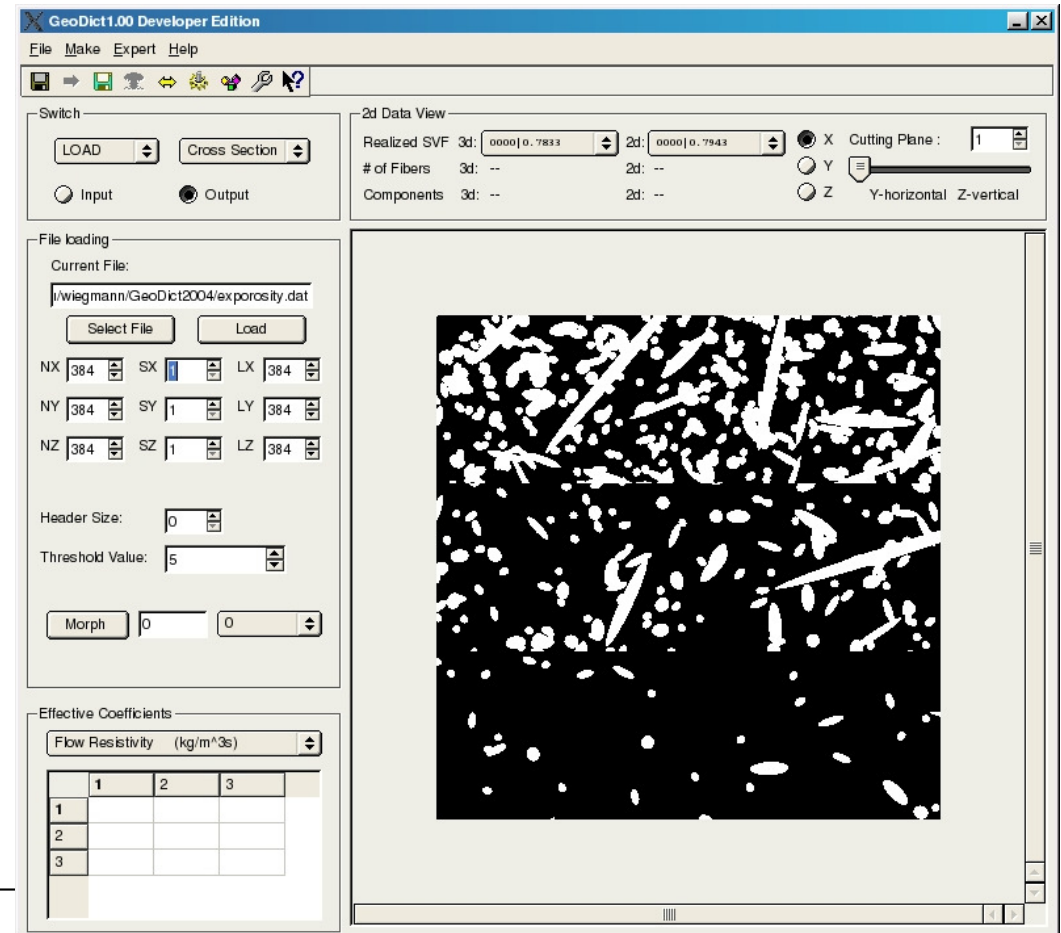
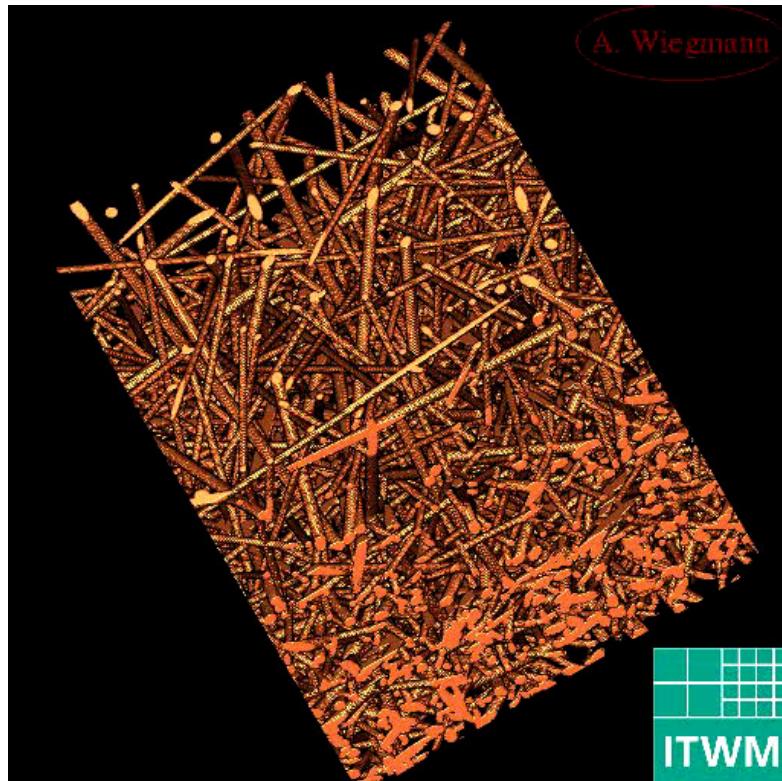


Konfokaler Laserscan
Polyester Stapelfaservlies

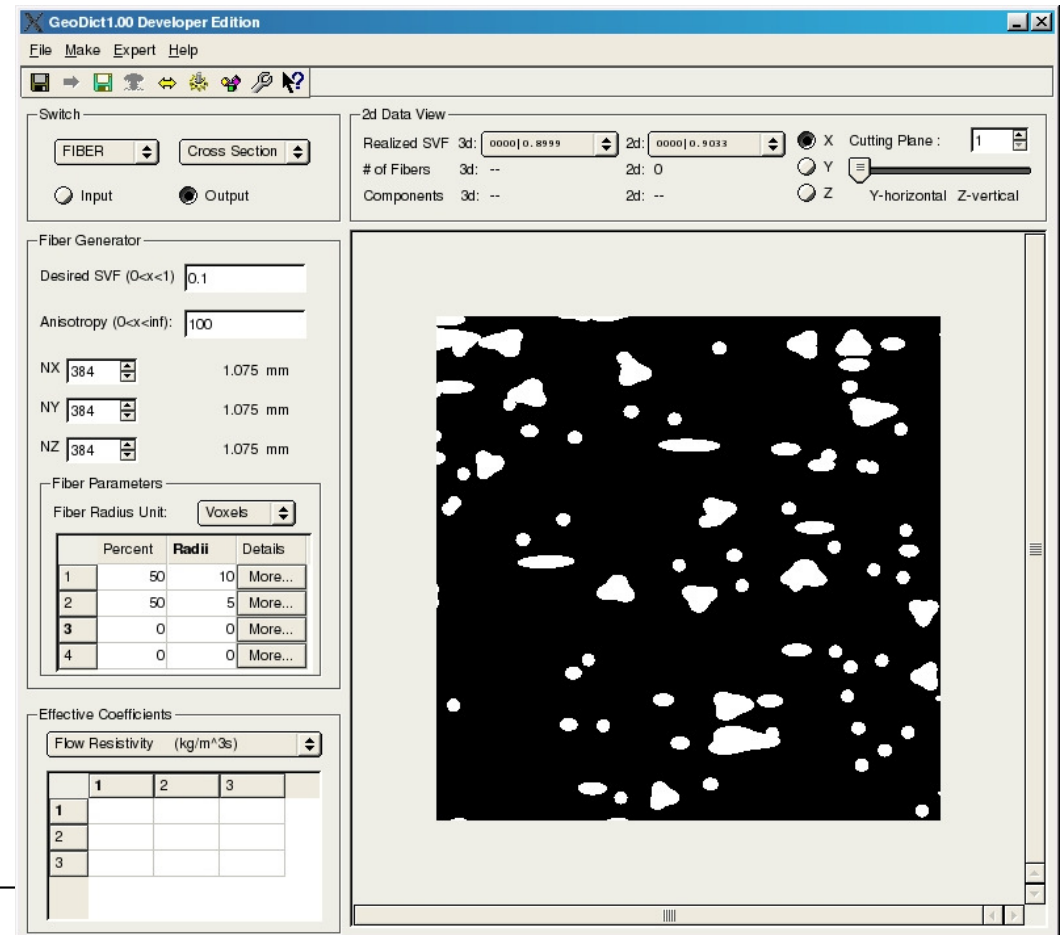
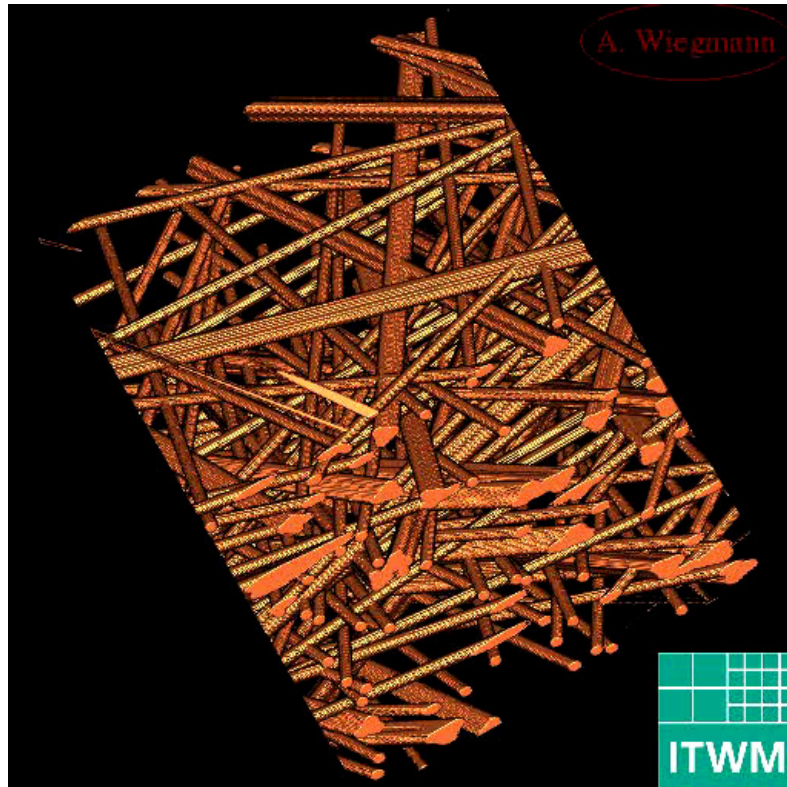


Computertomographie:
Filz zur Papierentwässerung

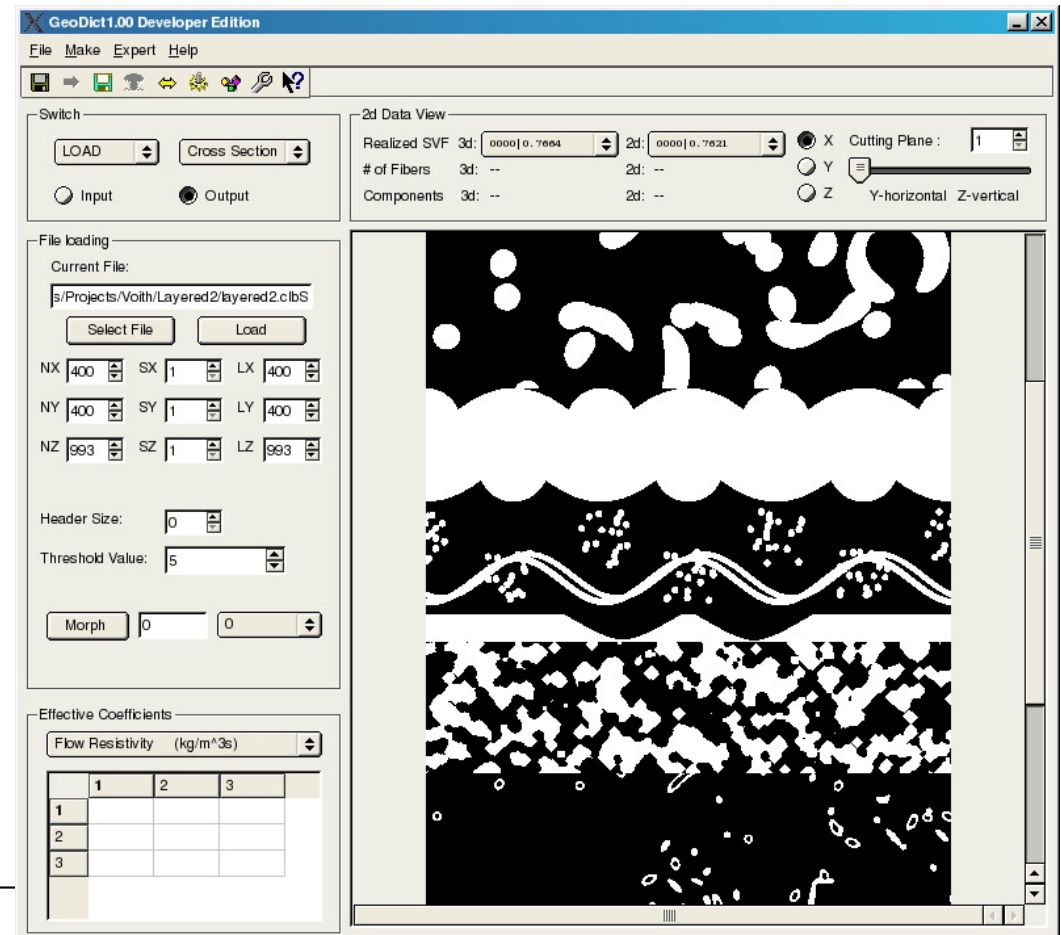
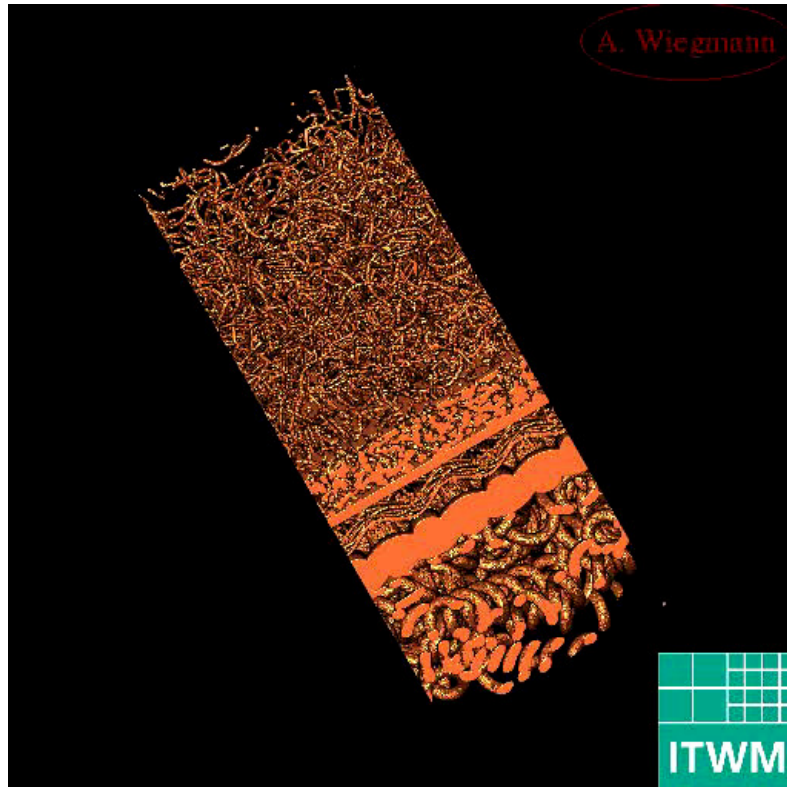
Virtuelle Vliesstoffe – Porosität und Gradientenaufbau



Virtuelle Vliesstoffe – Fasermischung und -form



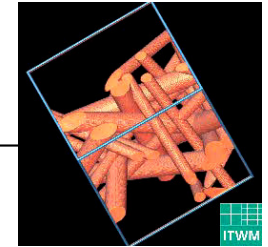
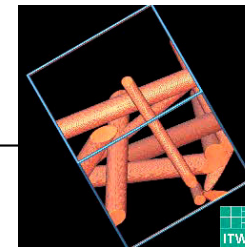
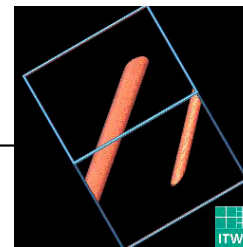
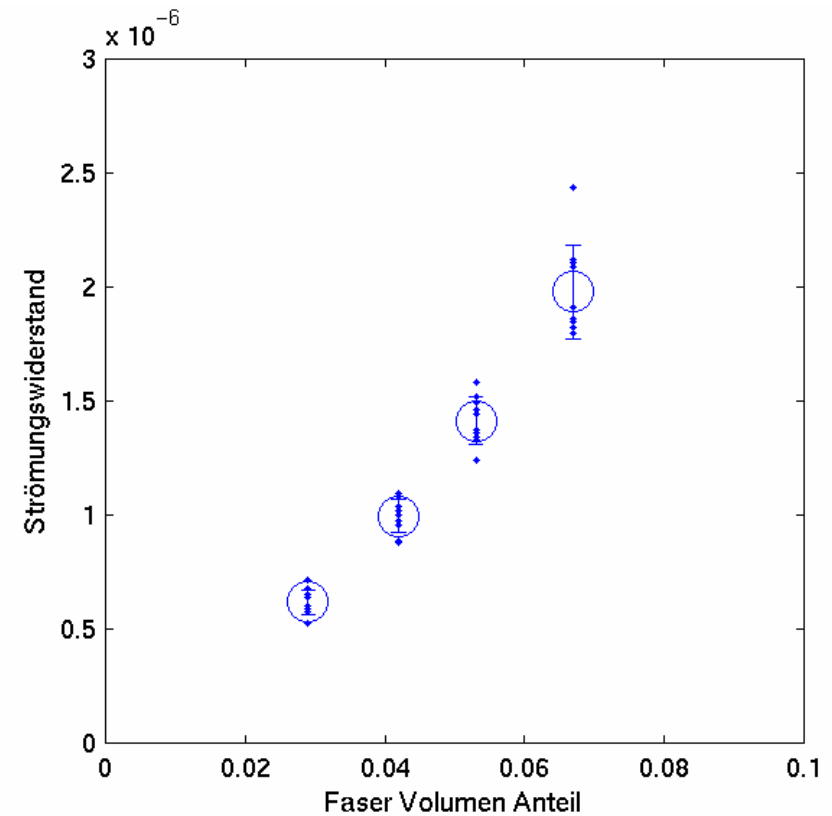
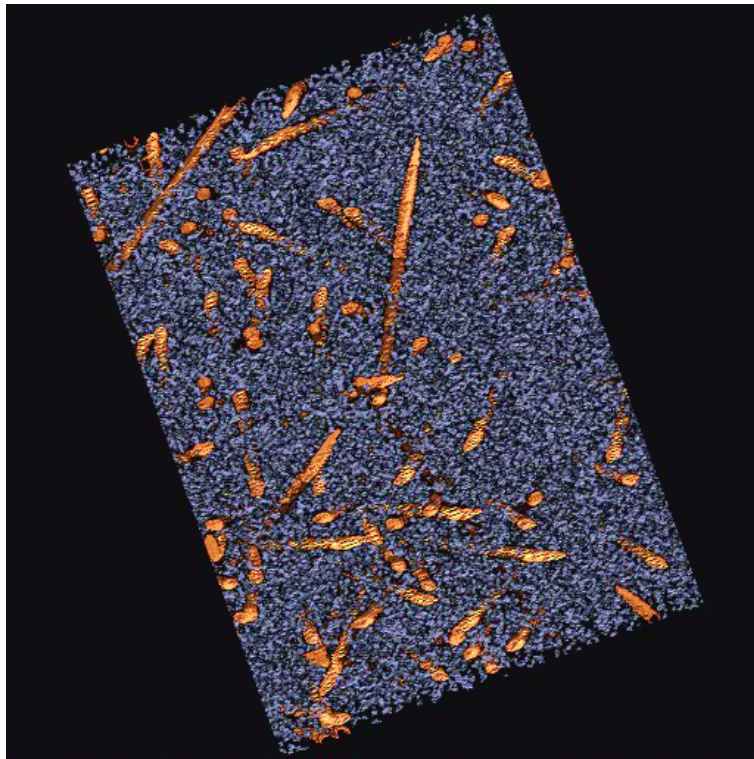
Virtuelle Vliesstoffe – im Verbund mit anderen Werkstoffen



Euler'sche Beschreibung der Strömung (stationäre Stokes-Gleichung)

$$\begin{aligned}\mu \Delta \vec{u} + \vec{f} &= \nabla p && : \text{Momentengleichungen} \\ \operatorname{div} \vec{u} &= 0 && : \text{Inkompressible Massenerhaltung} \\ \vec{u} &= 0 \text{ auf } \Gamma && : \text{No-slip auf den Faseroberflächen}\end{aligned}$$

Strömung durch ein virtuelles Vlies und Strömungswiderstand in Abhängigkeit vom Flächengewicht.



GEO DICT

FILTER DICT



Fraunhofer
Institut
Techno- und
Wirtschaftsmathematik

Lagrange'sche Beschreibung der Partikelbewegung in komplexen Geometrien

Bewegungs-
gleichung:

$$\frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{u}$$

$$d\vec{u} = -\gamma(R_p) \times (\vec{u} - \vec{v}(\vec{r}(t)))dt + \sigma \times d\vec{W}(t)$$

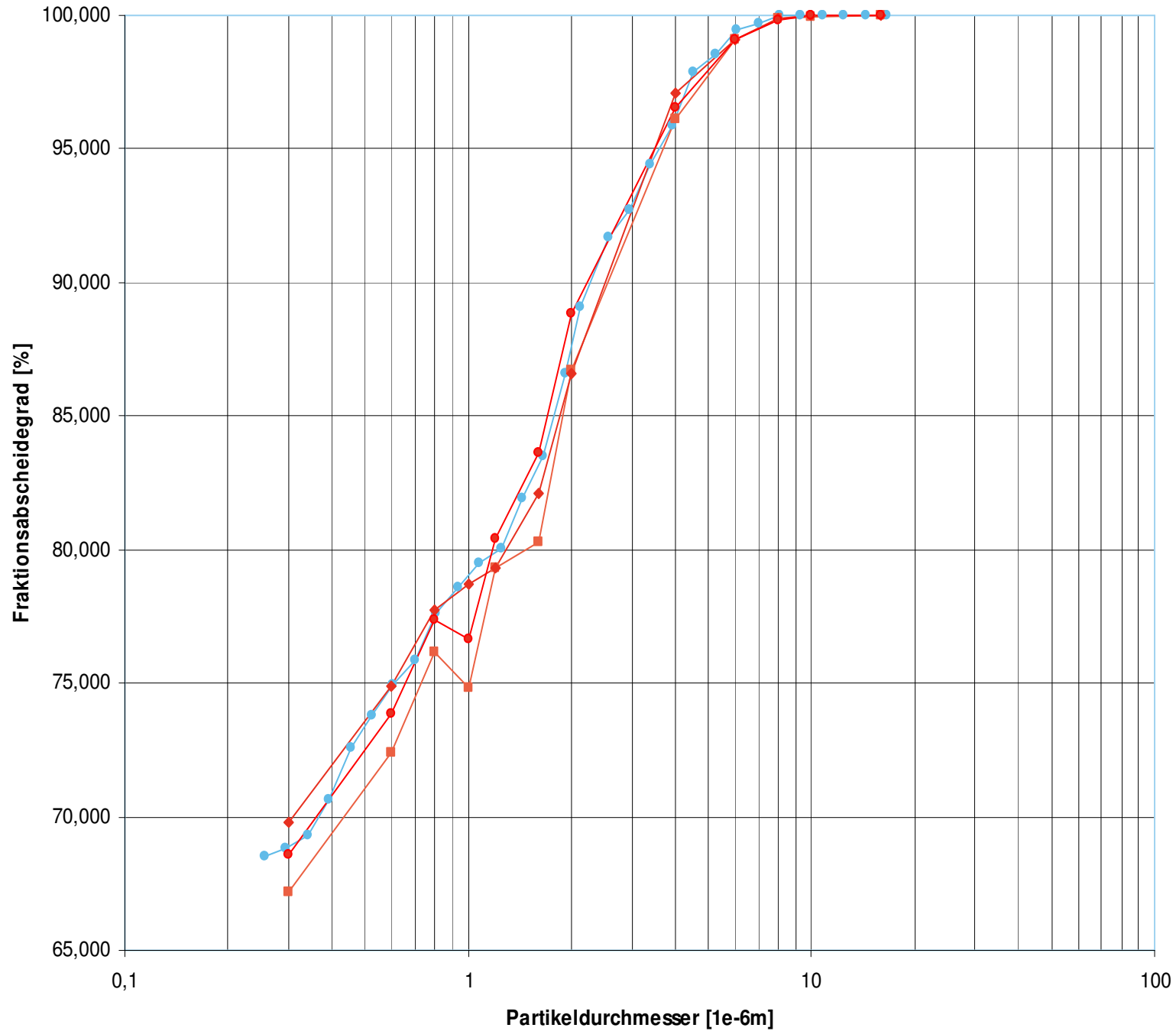
$\gamma(R_p)$: Reibungskoeffizient

$d\vec{W}(t)$: 3 - dimensionaler Wienerprozess

$$\langle d\vec{W}(t) \times d\vec{W}(t) \rangle = dt$$

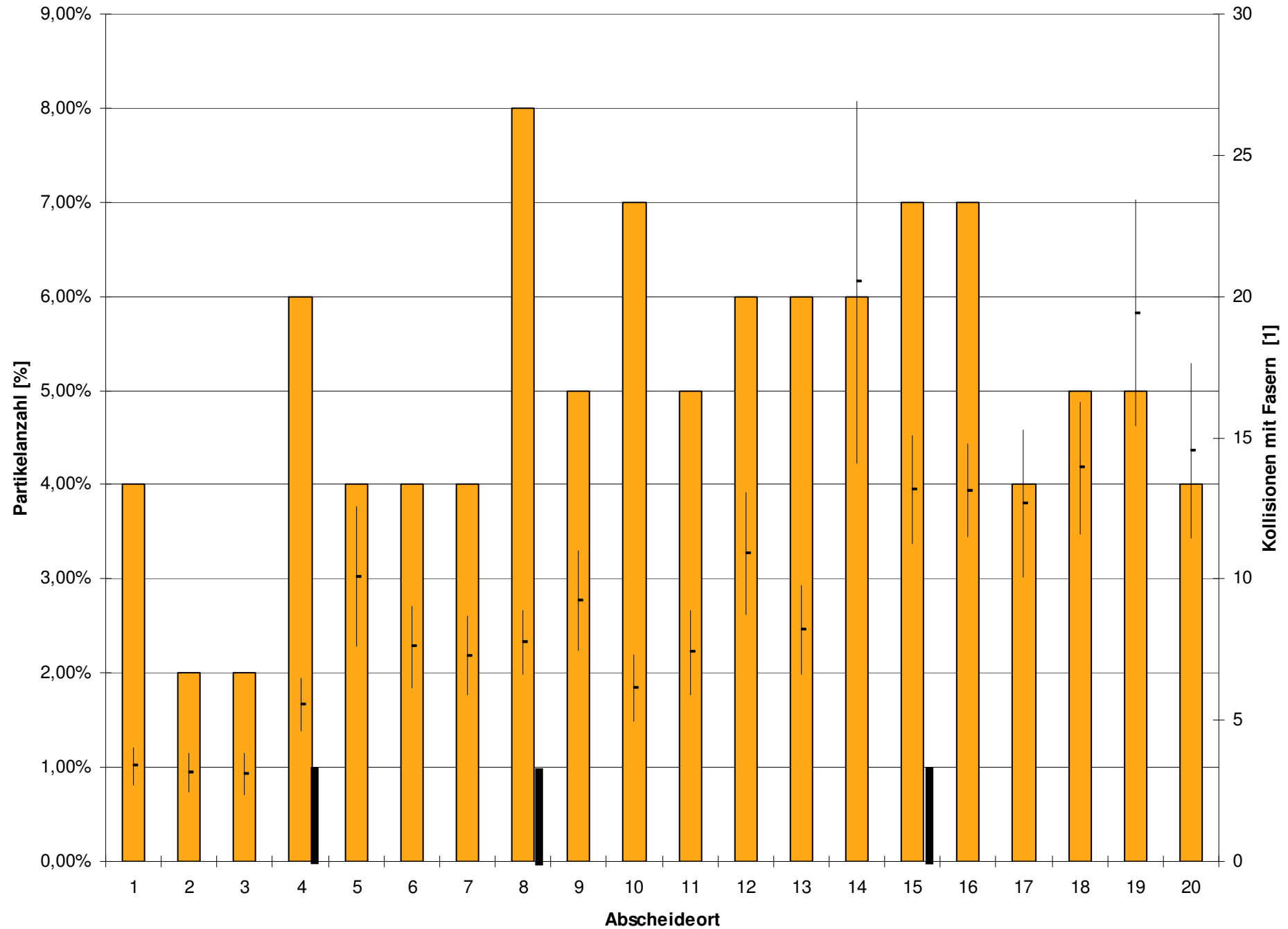
$\sigma = 2k_B T / (m_p * \gamma)$: Fluktuations - Dissipationssatz

Fraktionsabscheidegrade



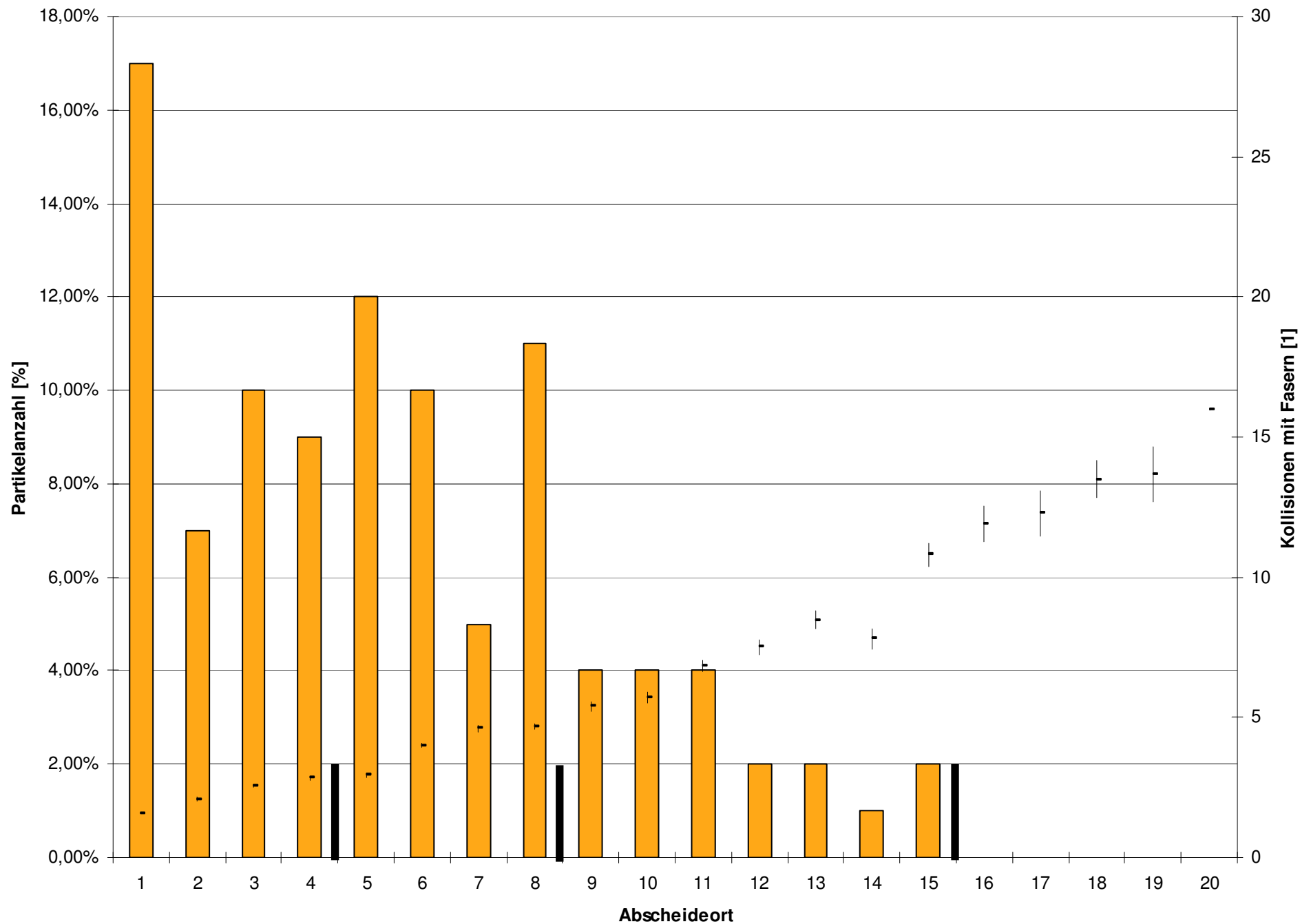
Partikeldurchmesser=0.3 μ m

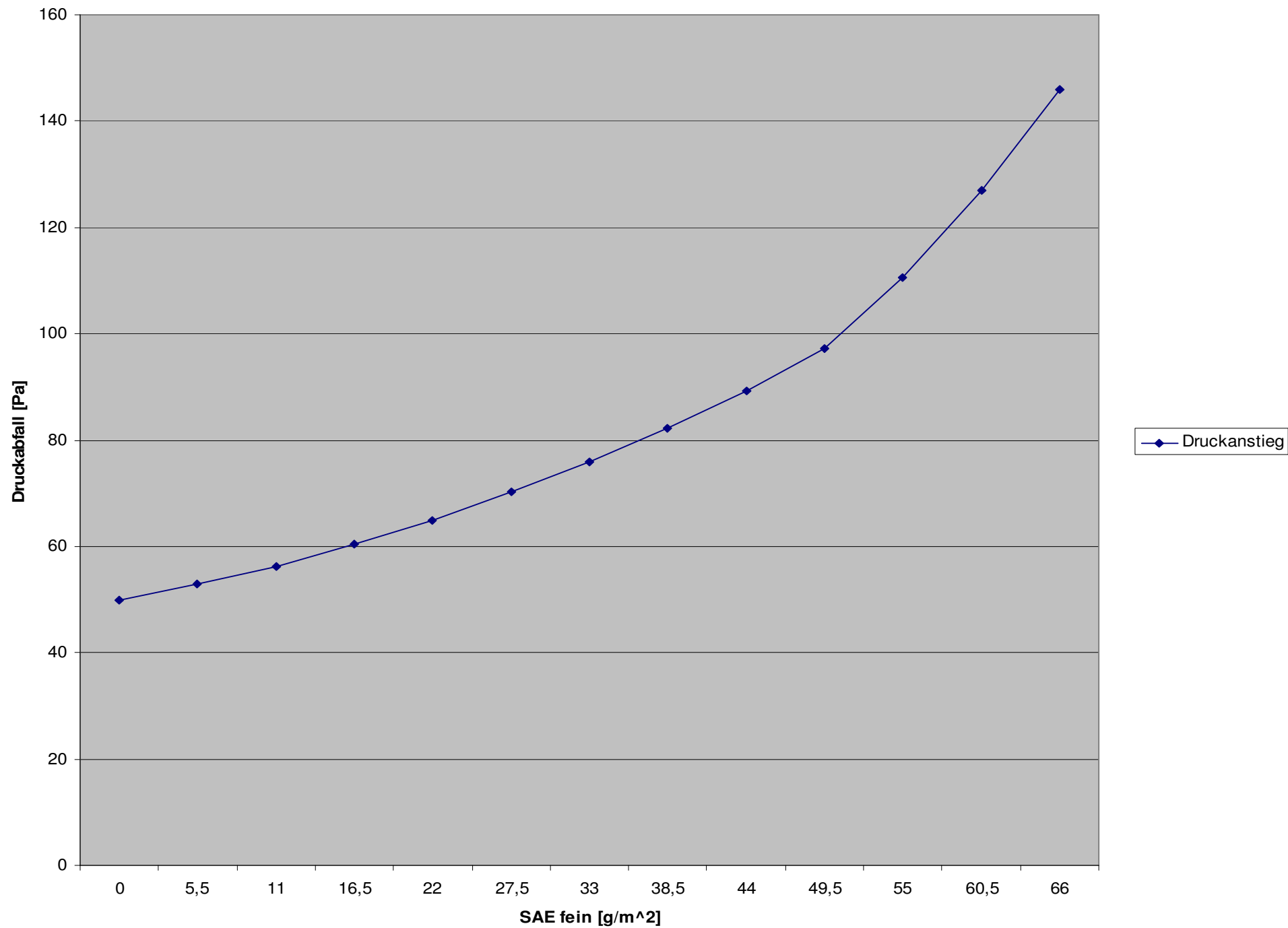
0,3 μ m Partikel



Partikeldurchmesser=8.0μm

8 μm Partikel



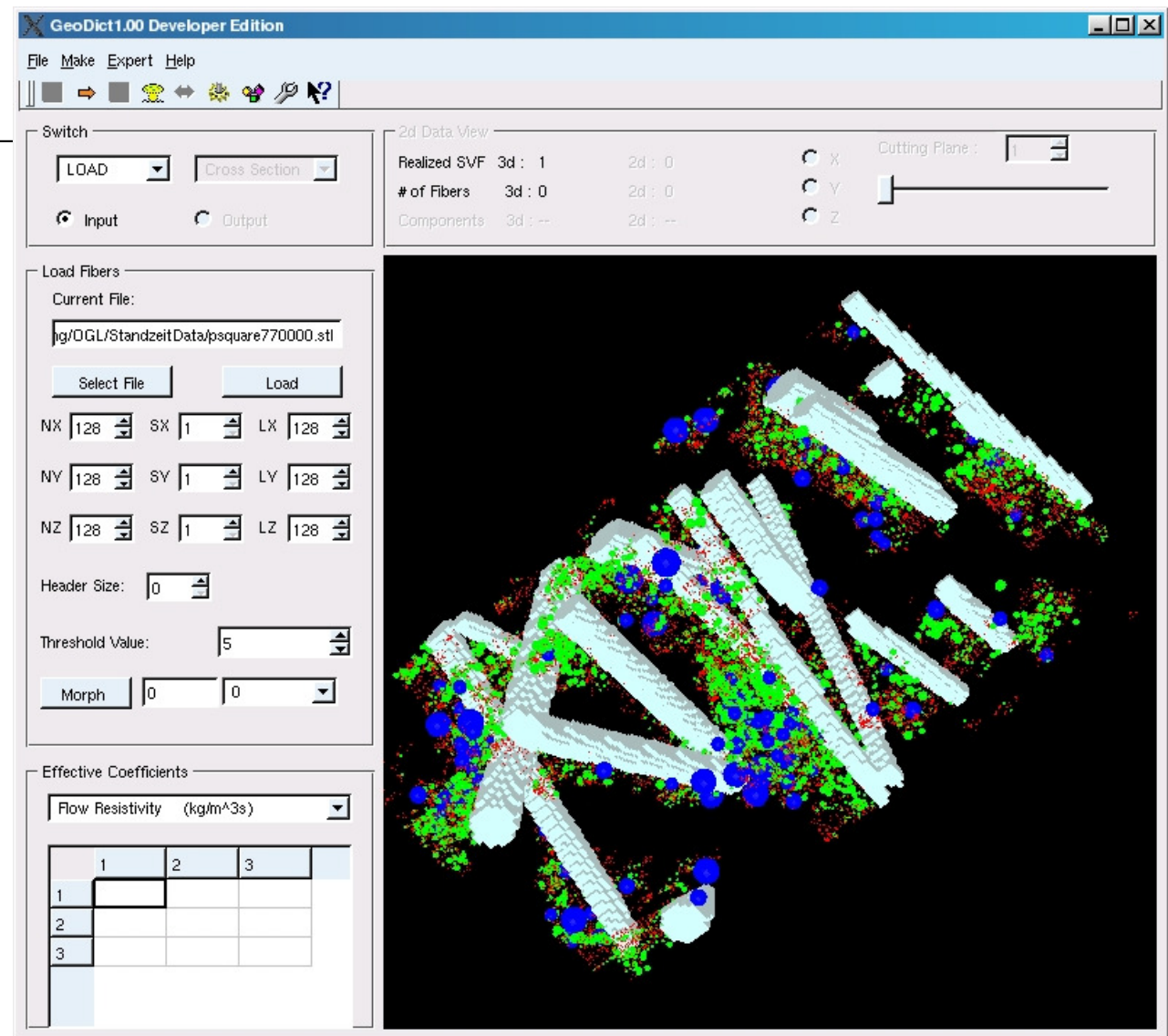


Beschmutztes Filtermedium

Einlagiges
Filtermedium

Kantenlängen
 $260 \times 260 \times 520 \mu\text{m}^3$

SAE fein
(24 Größen, 3 Farben)



Filtrationssimulationsparameter

- **Geometrieauswahl** (Porosität, Schichten, Anisotropie, Fasermischung, ...)
- **Materialauswahl** (Polyester, ...)
- **Schmutzauswahl** (Sand, Ruß, ...)
- **Fluidauswahl** (Luft, Öl, ...)

Virtuelles Filtermaterialdesign mit Vliesstoffen

- Festlegung der **Filtrationsparameter** Geometrie, Material, Schmutz, Fluid für existierendes Material / realen Versuch
- Berechnung von **Filtereffizienz / Filterstandzeit**, zunächst Validierung an existierendem Vliesstoff
- **Variation** der Filtrationsparameter und Neuberechnung von Filtereffizienz / -standzeit bis simulierte Verbesserung eingetreten ist
- **Herstellung** des neuen Vliesstoffes

Entwicklung der Software

- GeoDict Vliesstoffgenerator: **derzeit verfügbar**
- FilterDict Filtrationssimulation (GeoDict Modul): **ca. 1. 1. 2005**
- <http://www.geodict.com>
- geodict@itwm.fraunhofer.de



GeoDict2004 – beteiligte Mitarbeiter des ITWM

The Elastic Solver Team

Heiko Andrä
Dimitar Stoyanov

The ParPac Team

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

The GeoDict Team

Andreas Wiegmann
Heiko Andrä
Ashok Kumar Vaikuntam
Katja Schladitz
Volker Schulz
Jianping Shen
Petra Baumann
Rolf Westerteiger
Christian Wagner
Joachim Ohser
Hans-Karl Hummel

The FilterDict Team

Stefan Rief
Arnulf Latz
Andreas Wiegmann
Stephan Nowatschin
Christian Wagner
Rolf Westerteiger

The Volume Rendering Team

Carsten Lojewski

