

Numerische Mechanik

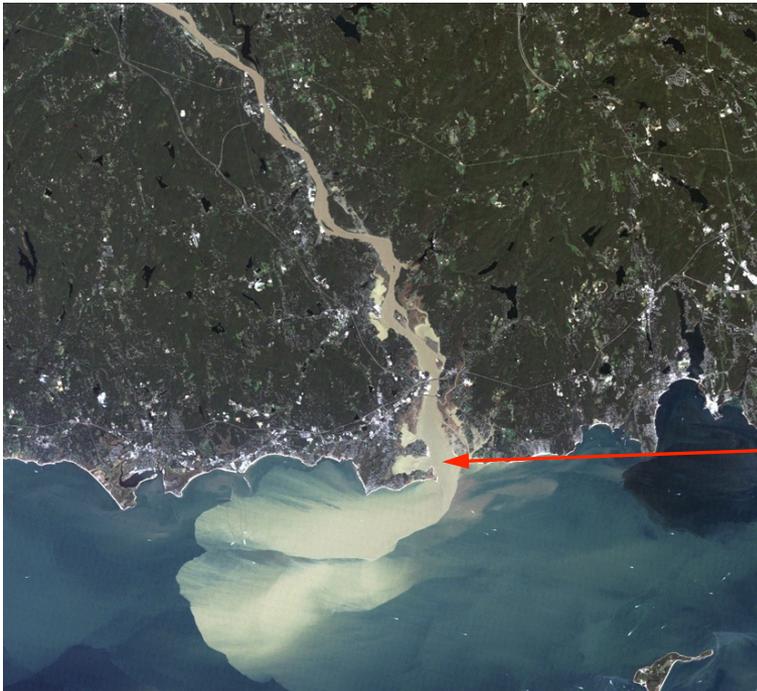
Nebenfachvorstellung an der Fakultät Informatik

Dr.-Ing. T. Kempe

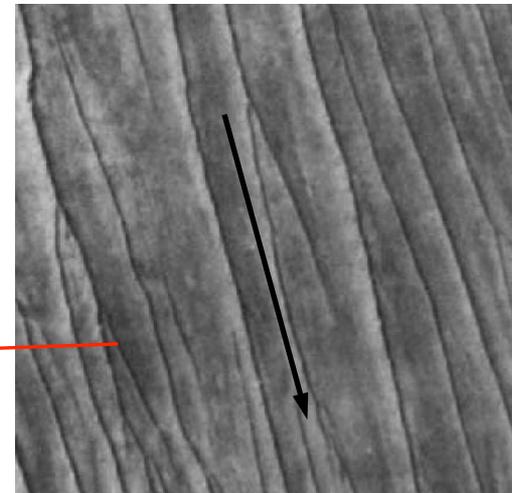
Institut für Festkörpermechanik, Fakultät Maschinenwesen:
Prof. Dr.-Ing. habil. Volker Ulbricht

Institut für Strömungsmechanik, Fakultät Maschinenwesen:
Prof. Dr.-Ing. habil. Jochen Fröhlich

Strömungsmechanik



<http://ryanhanrahan.wordpress.com>



[Allen, 1982]

- Turbulenzinduzierte Sedimenterosion
- Mechanismen sind nicht vollständig verstanden
- Experimente und Numerische Simulationen

Untersuchung von Sedimenterosion

Fluid:

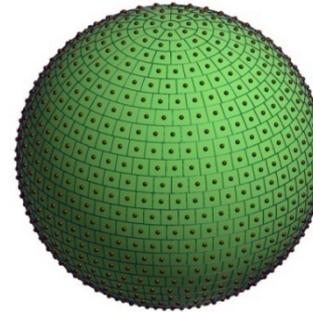
$$\frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + \nabla \cdot (\mathbf{u}\mathbf{u}) + \frac{1}{\rho} \nabla p = \nu \nabla^2 \mathbf{u} + \mathbf{f}$$

Partikel:

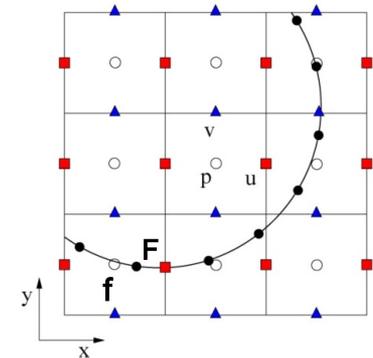
$$m_p \frac{d\mathbf{u}_p}{dt} = \rho_f \int_{\Gamma} \boldsymbol{\tau} \cdot \mathbf{n} dS + (\rho_p - \rho_f) V_p \mathbf{g}$$

$$I_c \frac{d\boldsymbol{\omega}_p}{dt} = \rho_f \int_{\Gamma} \mathbf{r} \times (\boldsymbol{\tau} \cdot \mathbf{n}) dS$$

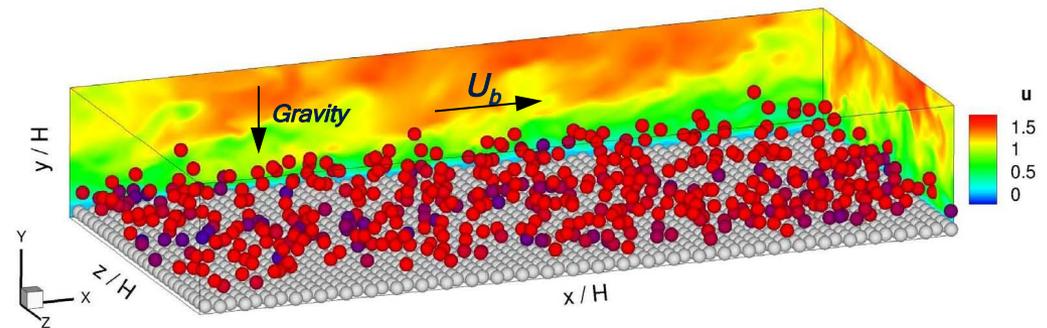
- $1,4 \cdot 10^9$ Gitterpunkte
- Mehrere Monate Rechenzeit auf 16192 Prozessoren
- Ca. 8 PB Daten pro Run
- Projektumfang 73 Mio. CPUh



Diskretisierte
Partikeloberfläche



Rechengitter

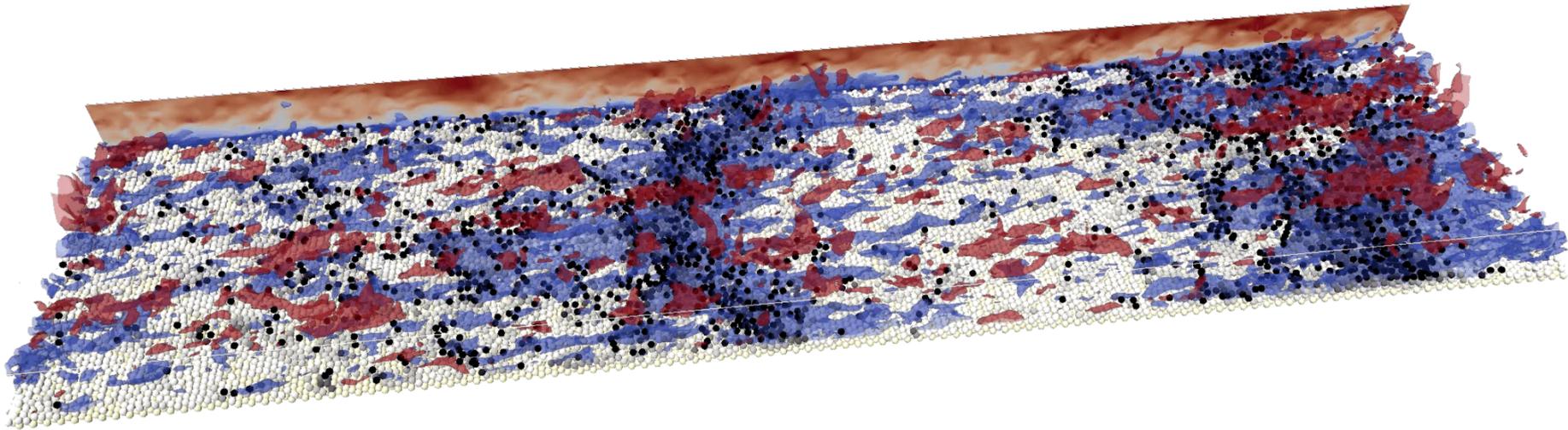


Numerische Simulation der Sedimentbewegung

Case *Ref*

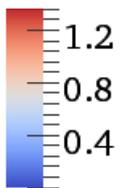
$$\theta / \theta_{\text{crit}} = 1.18$$

→ Ausbildung von Dünen



Contour

$$u / U_b$$



Iso-surfaces of fluctuations

$$u'(x, y, z, t) = u(x, y, z, t) - \langle u(y) \rangle_{x,z,t}$$

 $u' / U_b = -0.3$

 $u' / U_b = 0.3$

Particle

 $u_p / u_\tau \geq 4$

 $u_p / u_\tau < 4$

 fixed

Strömungsmechanik

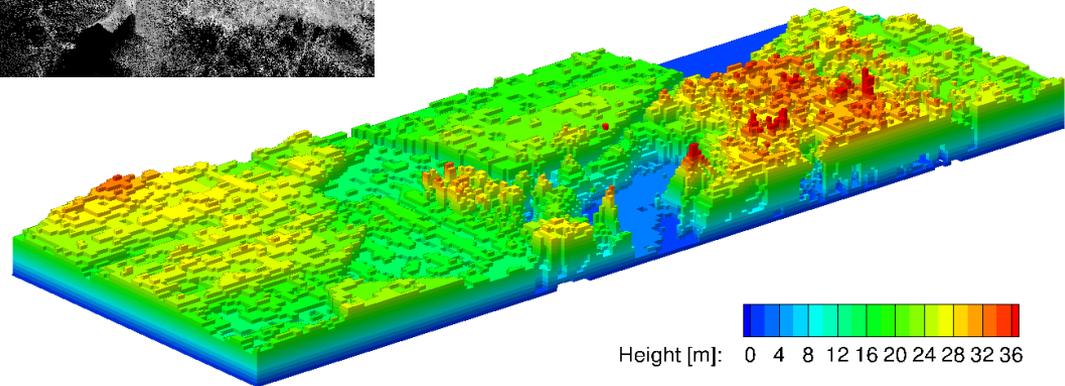
DFG Schwerpunktprogramm 1276: MetStröm



*Luftbildaufnahme eines Waldgebiets
(R. Queck, Institut für Hydrologie und
Meteorologie)*



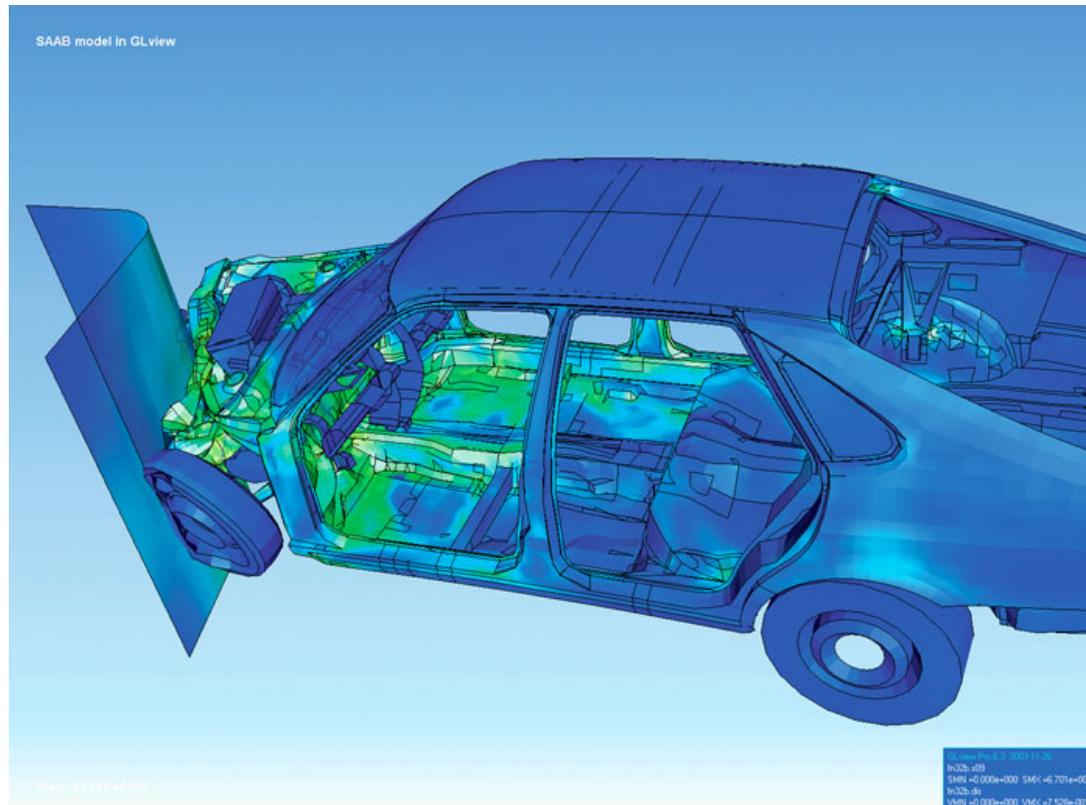
*Terrestrisches Laserscanning
(A. Bienert, Institut für
Photogrammetrie und
Fernerkundung)*



Virtuelles Waldgebiet für Simulationen (F. Schlegel)

Strukturmechanik

Crash Simulation bei asymmetrischem Frontalaufprall



Visualisierung einer FEM-Simulation

- Viele wissenschaftliche und technische Probleme nur numerisch lösbar
- Simulationen auf großen bis sehr großen Rechnern erforderlich

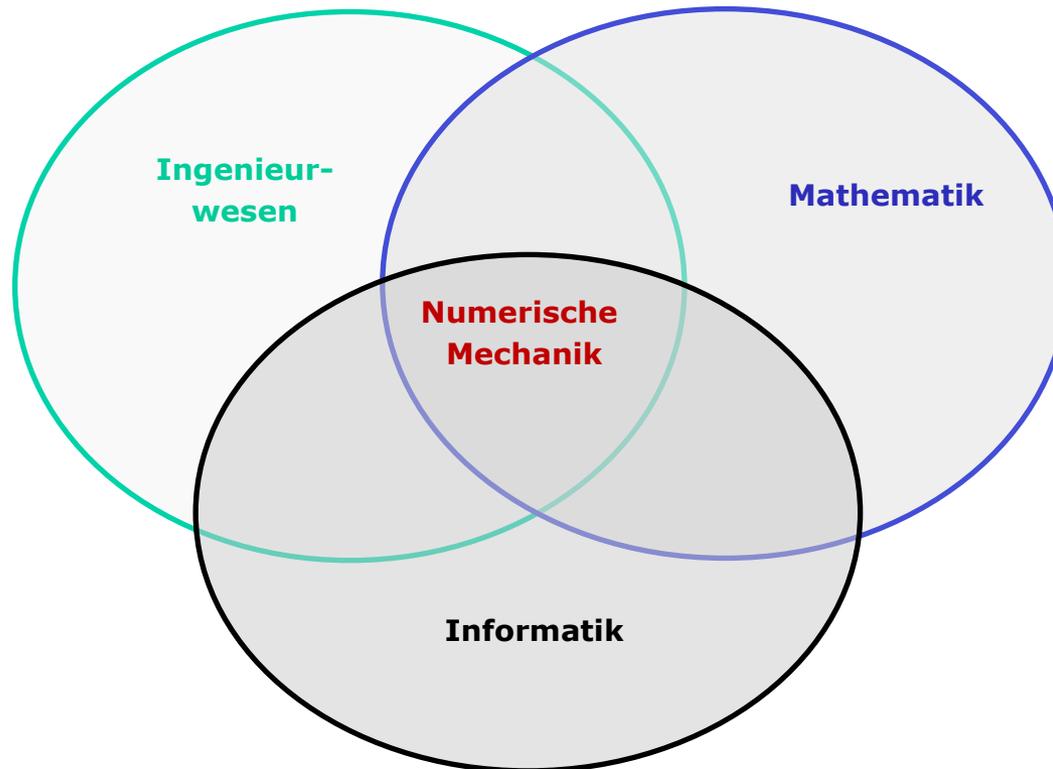


JUQUEEN - Jülich IBM Blue Gene/Q

Computational Fluid Dynamics	34,13 %
Astrophysics / Cosmology	12,85 %
Physics – Solide State	12,00 %
Geophysics	9,06 %
Chemistry	8,64 %
Biophysics / Biology / Bioinformatics	8,50 %
Physics – High Energy Physics	5,35 %
Engineering – others	3,06 %
Support / Benchmarking	2,27 %
Engineering – Electrical Engineering	1,66 %
Meteorology / Climatology / Oceanography	1,28 %
Informatics / Computer Sciences	0,67 %

→ Anspruchsvollste Aufgaben für Informatiker !!!

Numerische Simulation → Enge Interaktion verschiedener
Wissenschaftsgebiete



Modul INF-D-510: Grundlagen → Theorie Festkörper und Fluid

- Technische Strömungslehre 2/1/0 3. Semester
- Technische Mechanik 1 2/1/0 4. Semester

Summe: 6 SWS=7 LP

Modul INF-D-920: Vertiefung → Diskretisierungsverfahren

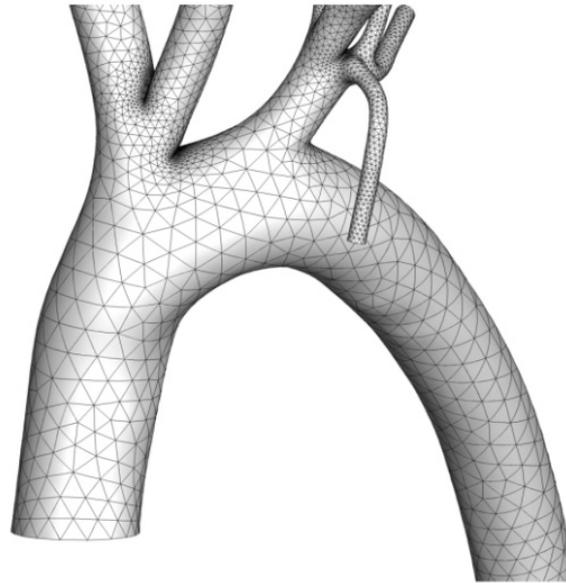
- Technische Strömungslehre 2 2/1/1 5. Semester
- Numerische Methoden 1
(Finite-Elemente-Methoden, FEM) 2/1/1 5. Semester
- Numerische Methoden 2
(Computational Fluid Dynamics, CFD) 2/1/1 6. Semester

Summe: 12 SWS=15 LP

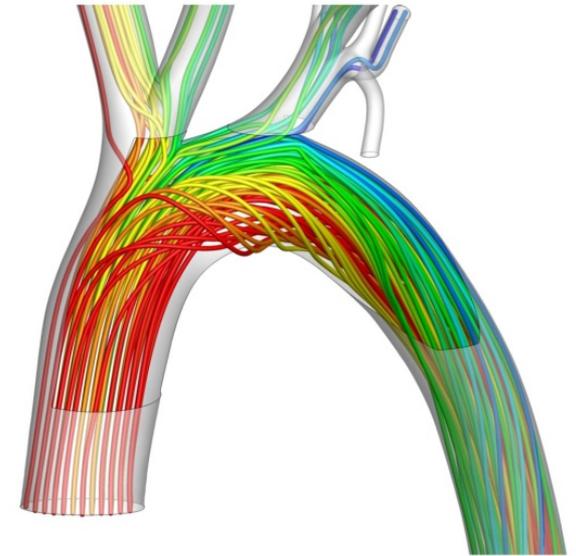
Fluid – Struktur - Kopplung



Aorta eines Kaninchens



Simulation Arterienwand



Simulation Blutströmung

Koop. Imperial College (S. Sherwin)

Ihre Fragen?

tobias.kempe@tu-dresden.de

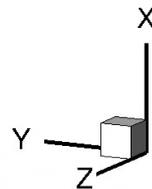
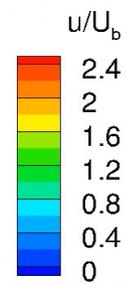
Oblate particles

$$N_p = 740$$

$$A_R = 2$$

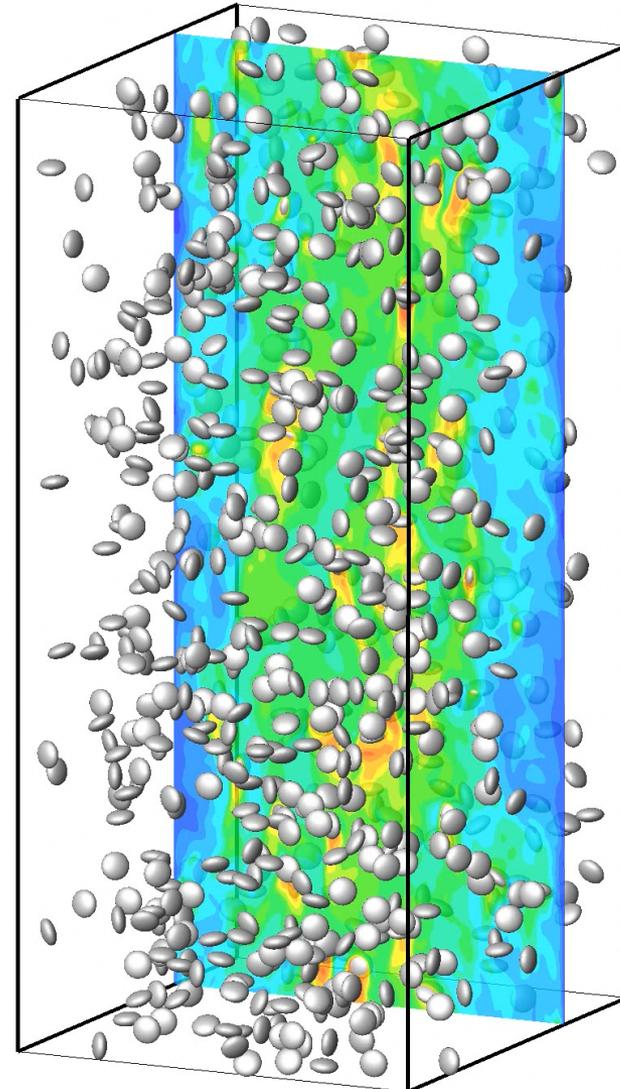
$$\phi = 2\%$$

$$T = 107.72 U_b/H$$



Santarelli ©

TUD - ISM



Ihre Fragen?

tobias.kempe@tu-dresden.de

<http://booberthefraggle.files.wordpress.com>

