



UNIVERSITÄT  
HEIDELBERG  
ZUKUNFT  
SEIT 1386



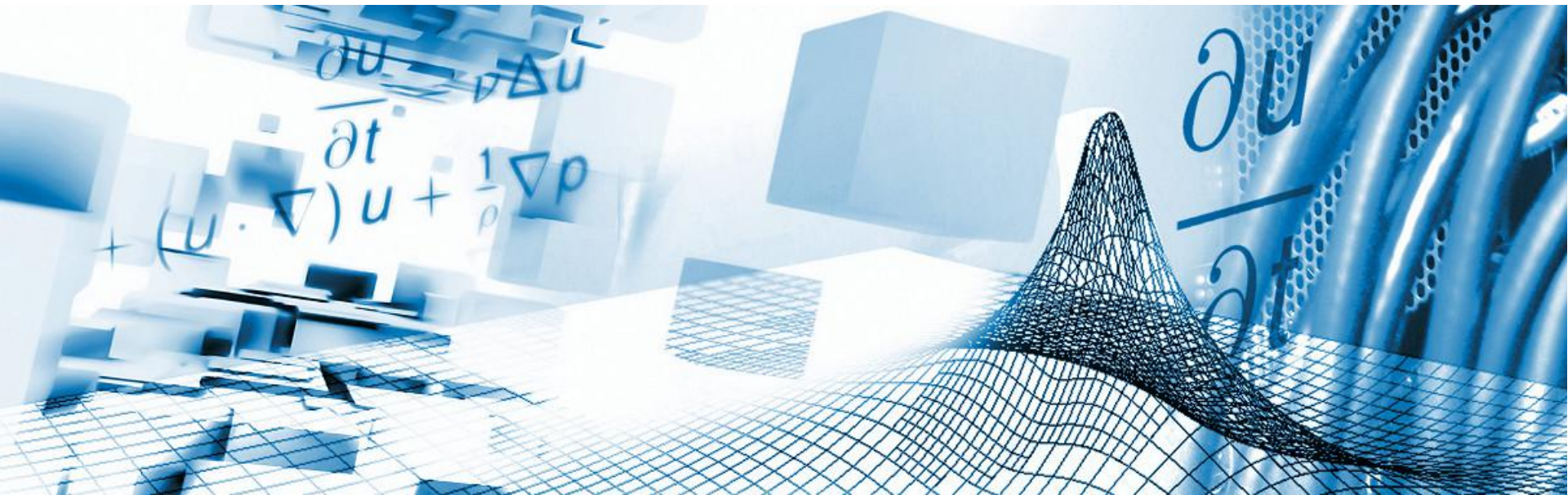
Heidelberg Institute for  
Theoretical Studies



# Supercomputer und Hochleistungsrechner

Perspektiven und Herausforderungen aus heutiger  
Sicht

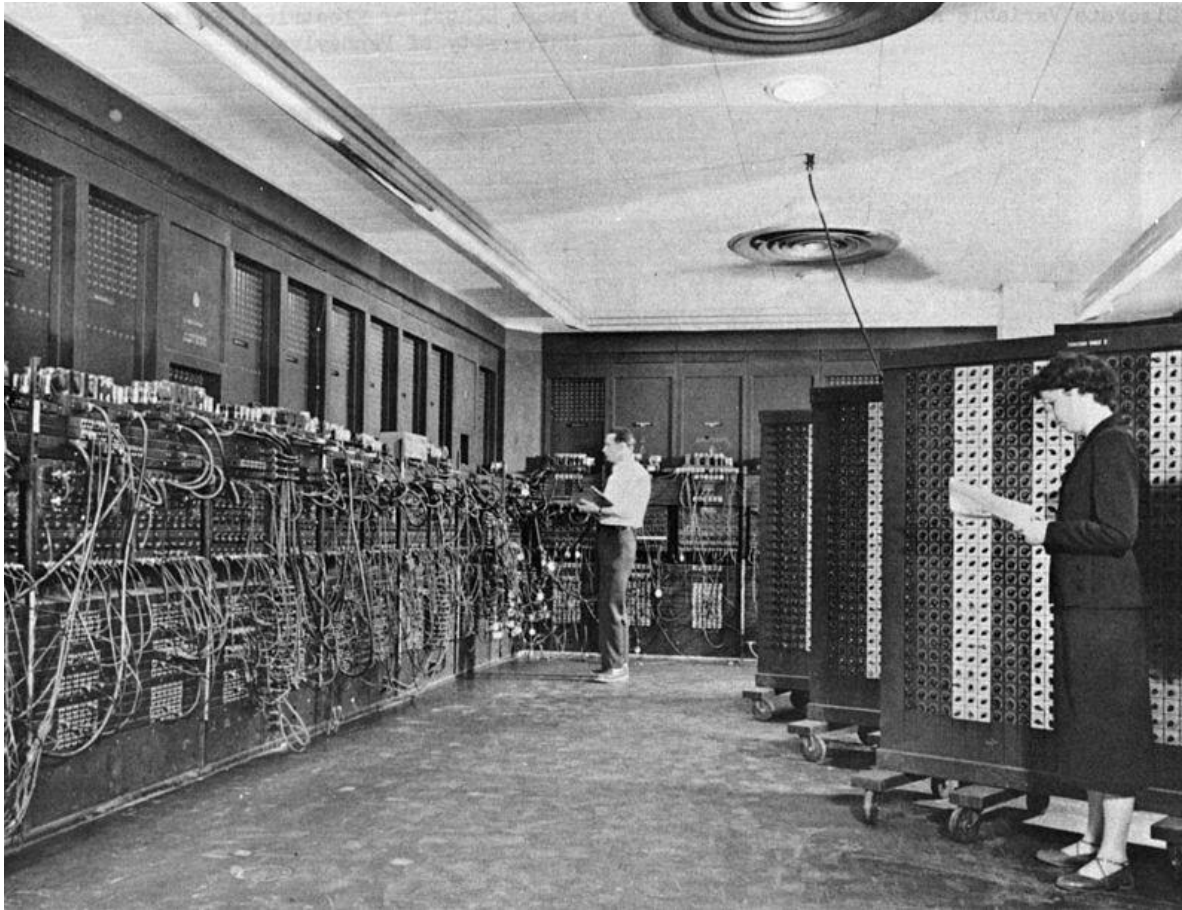
Prof. Dr. Vincent Heuveline



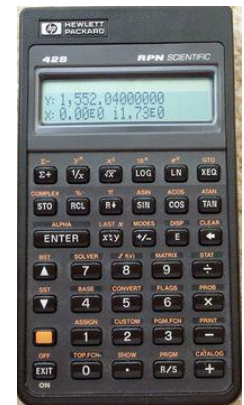
# Hochleistungsrechner, Supercomputer: Quid?



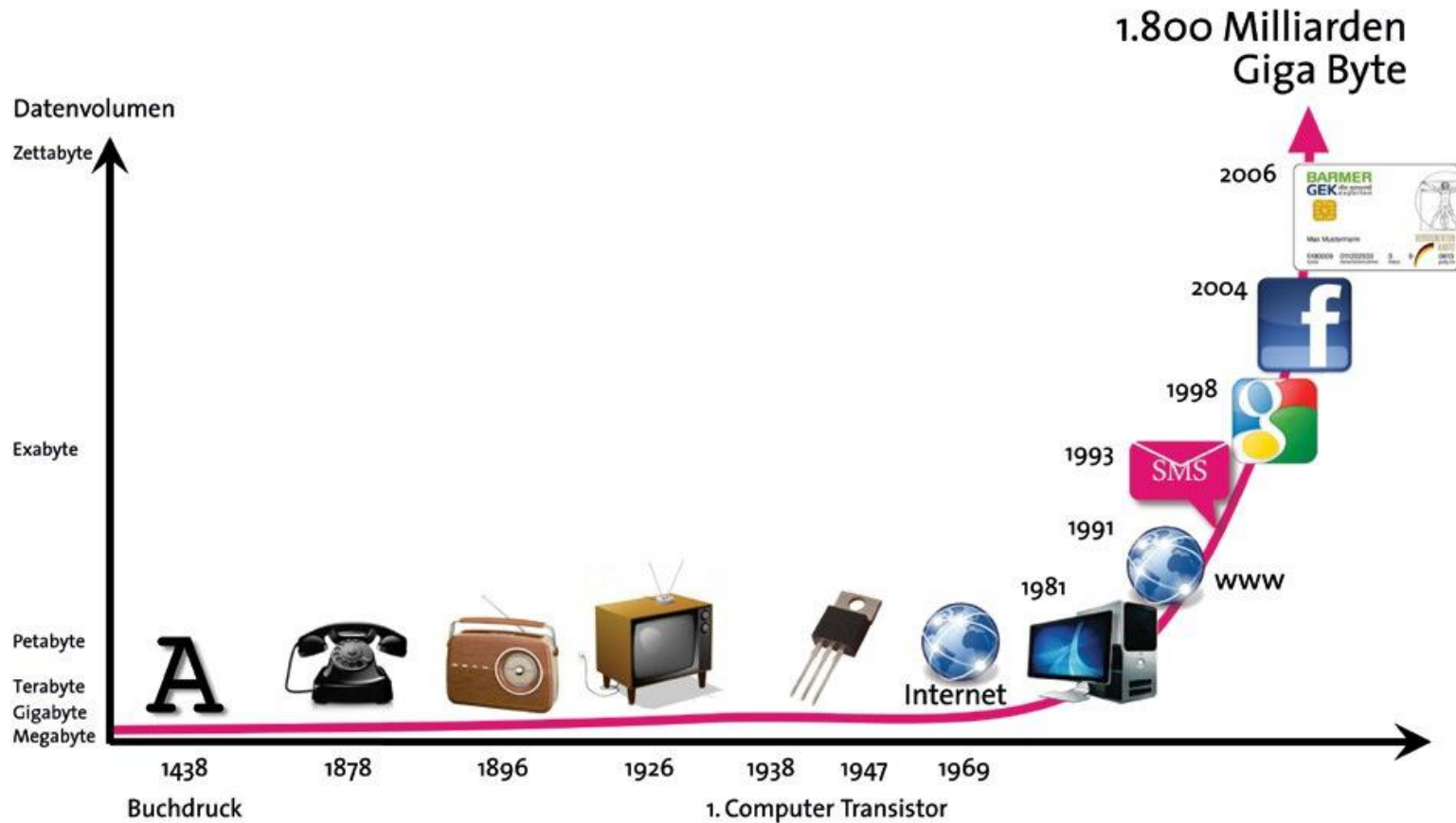
# Hochleistungsrechner, Supercomputer: Quid?



ENIAC (1946)



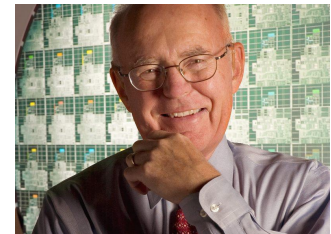
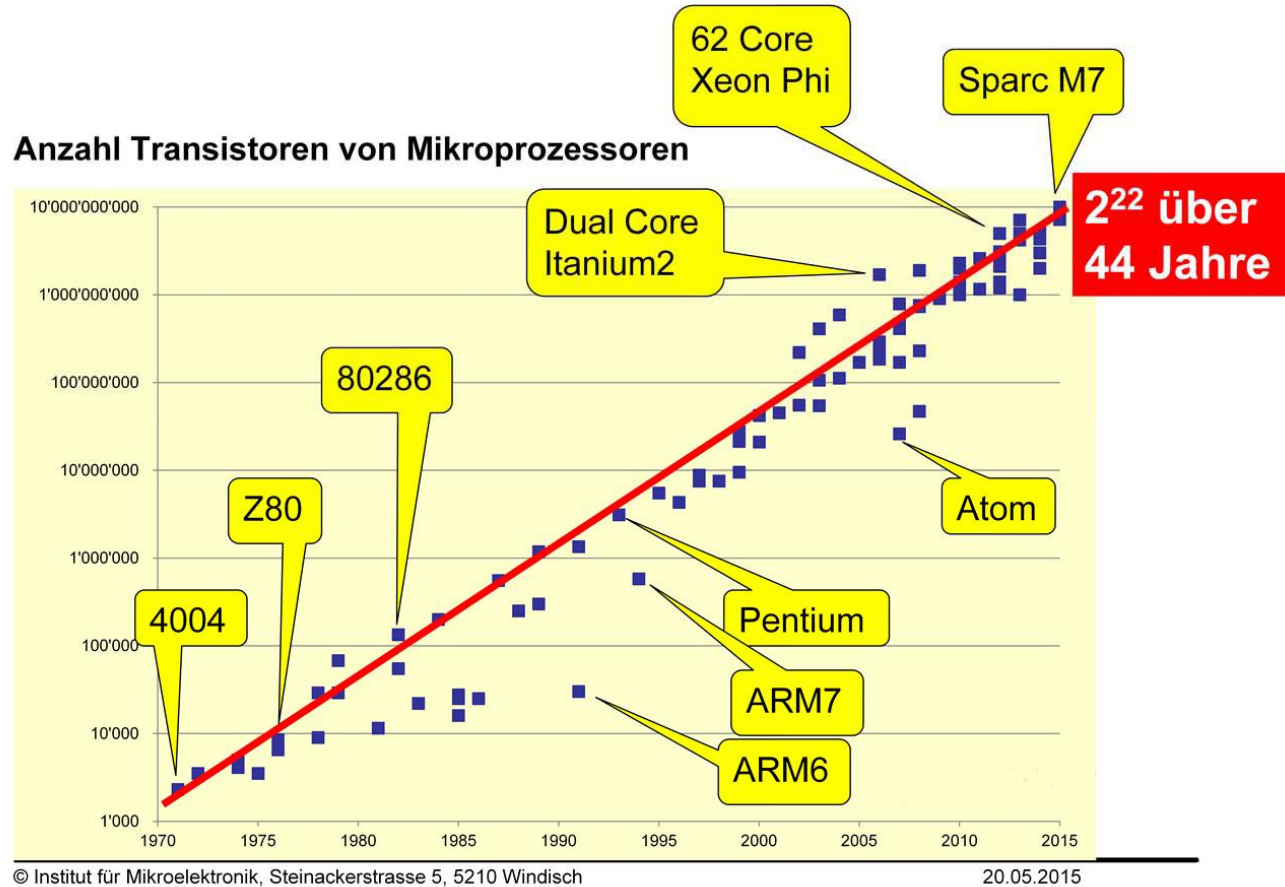
# Exponentielles Wachstum



Source: „Big-Data im Praxiseinsatz, Leitfaden“, BITKOM 2012

Exa:  $10^{18}$  - Trillion

# Mooressches Gesetz



# Mein Computer: ein Rechenkünstler ?

Maß für die Leistungsfähigkeit von Computern: **FLOPS**

**F**loating **P**oint **O**perations **P**er **S**econd  
Gleitkommaoperationen pro Sekunde

Heutiger Rechner: ca. 100 GFLOPS !!!

100.000.000.000 Operationen pro Sekunde

# Hochleistungsrechner/Supercomputer

- 1 MFLOPS =  $10^6$  FLOPS
- 1 GFLOPS =  $10^9$  FLOPS
- 1 TFLOPS =  $10^{12}$  FLOPS
- 1 PFLOPS =  $10^{15}$  FLOPS



## Hochleistungsrechner der Universität Heidelberg

**291,3 TFLOPS** - Platz #343 im Ranking TOP 500  
(291 Billionen Operationen)

# Wie hoch ist gedruckte Papierstapel ?

- a) 1 Zentimeter
- b) 1 Meter
- c) 1 Kilometer
- d) Distanz Erde-Mond





# Wie hoch ist der gedruckte Papierstapel ?

- a) 1 Zentimeter
- b) 1 Meter
- c) 1 Kilometer
- d) Distanz Erde-Mond**

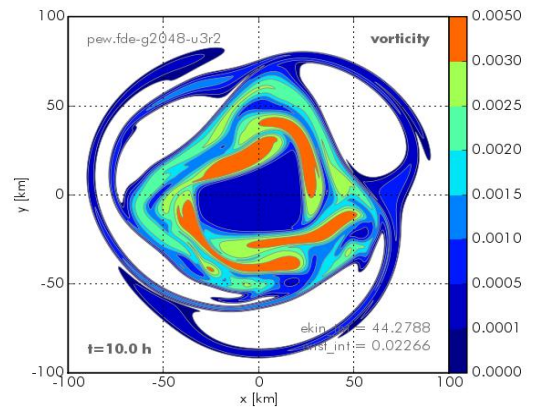
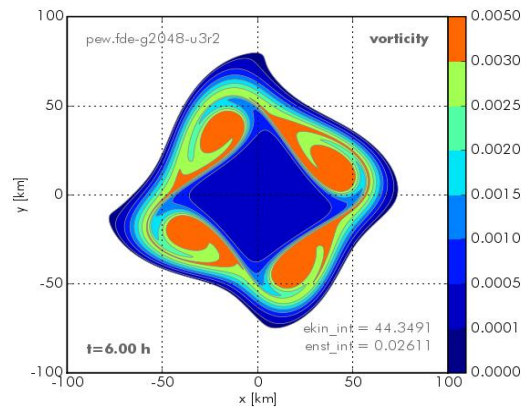
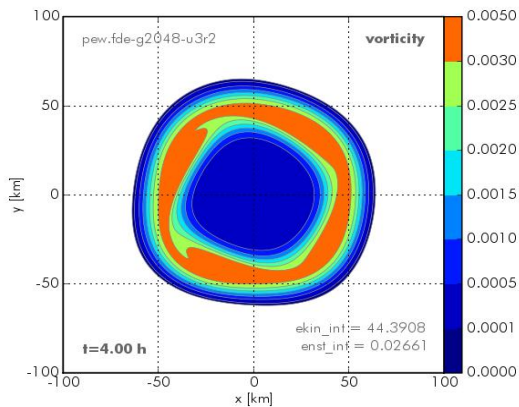
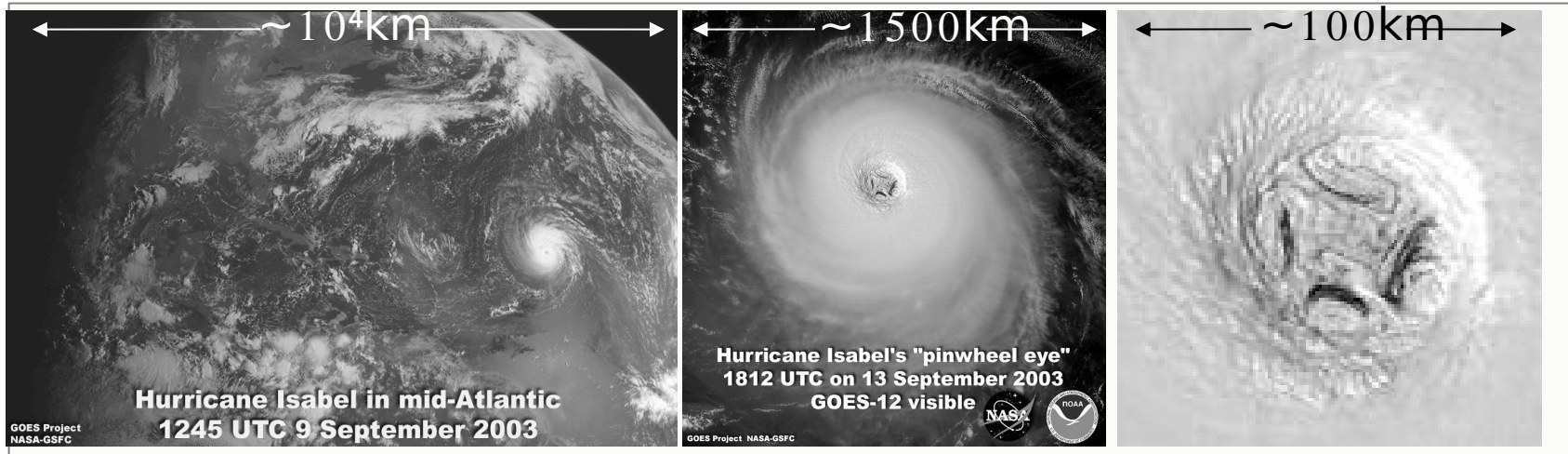
**384.400km**



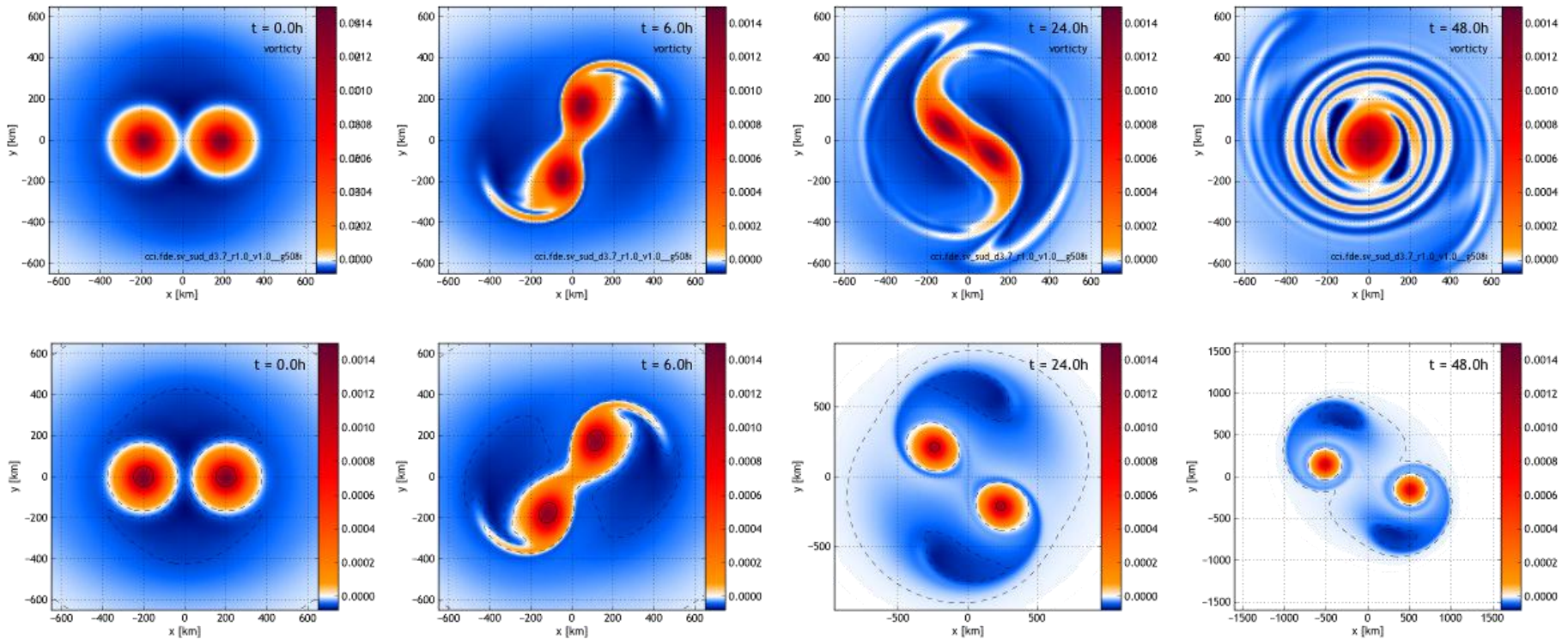
# Top 500 - 2016 (top500.org)

Rank	Site	System	Cores	Rpeak (TFLOP/S)	Power (kW)
1	National Supercomputing Center in Wuxi <b>China</b>	Sunway SW26010 260C 1.45GHz <b>NRCPC</b>	10,649,600	125,435	15,371
2	National Super Computer Center in Guangzhou <b>China</b>	Intel Xeon E5-2692 12C 2.200GHz <b>NUDT</b>	3,120,000	54,902	17,808
3	DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory <b>United States</b>	Titan - Cray XK7 , Opteron 6274 16C 2.200GHz <b>Cray Inc.</b>	560,640	27,112	8,209
4	DOE/NNSA/LLNL Livermore <b>United States</b>	BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60 GHz <b>IBM</b>	1,572,864	20,132	7,890
5	RIKEN Advanced Institute for Computational Science <b>Japan</b>	K computer, SPARC64 2.0GHz <b>Fujitsu</b>	705,024	11,280	12,660

# Die unglaubliche Mächtigkeit der Mathematik

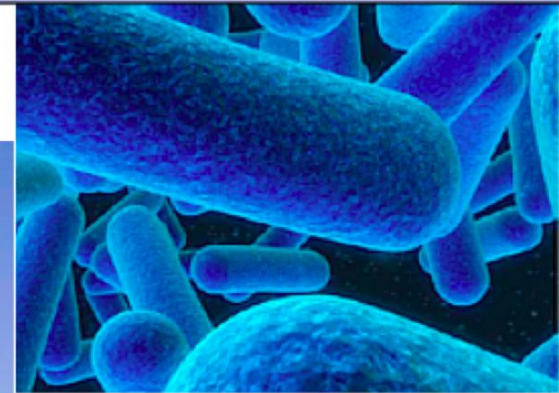
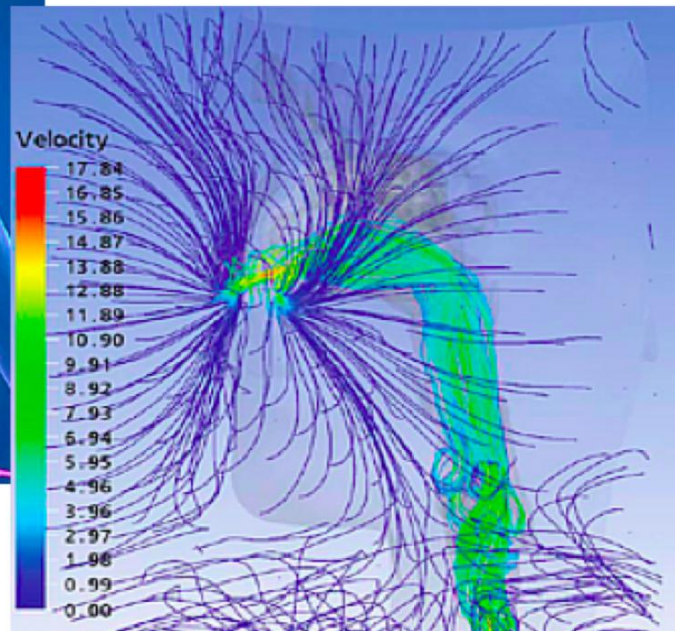
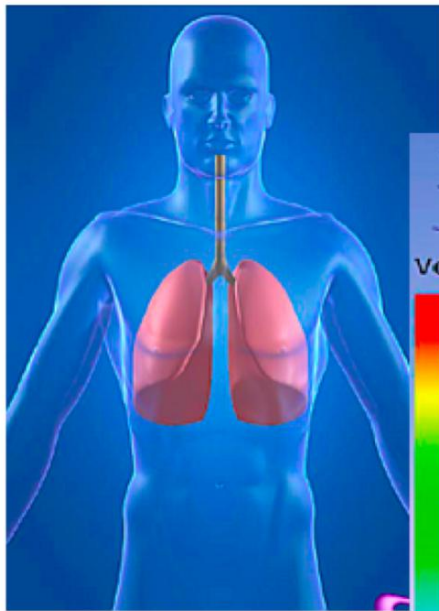


# Wirbelsturmvorhersage ...

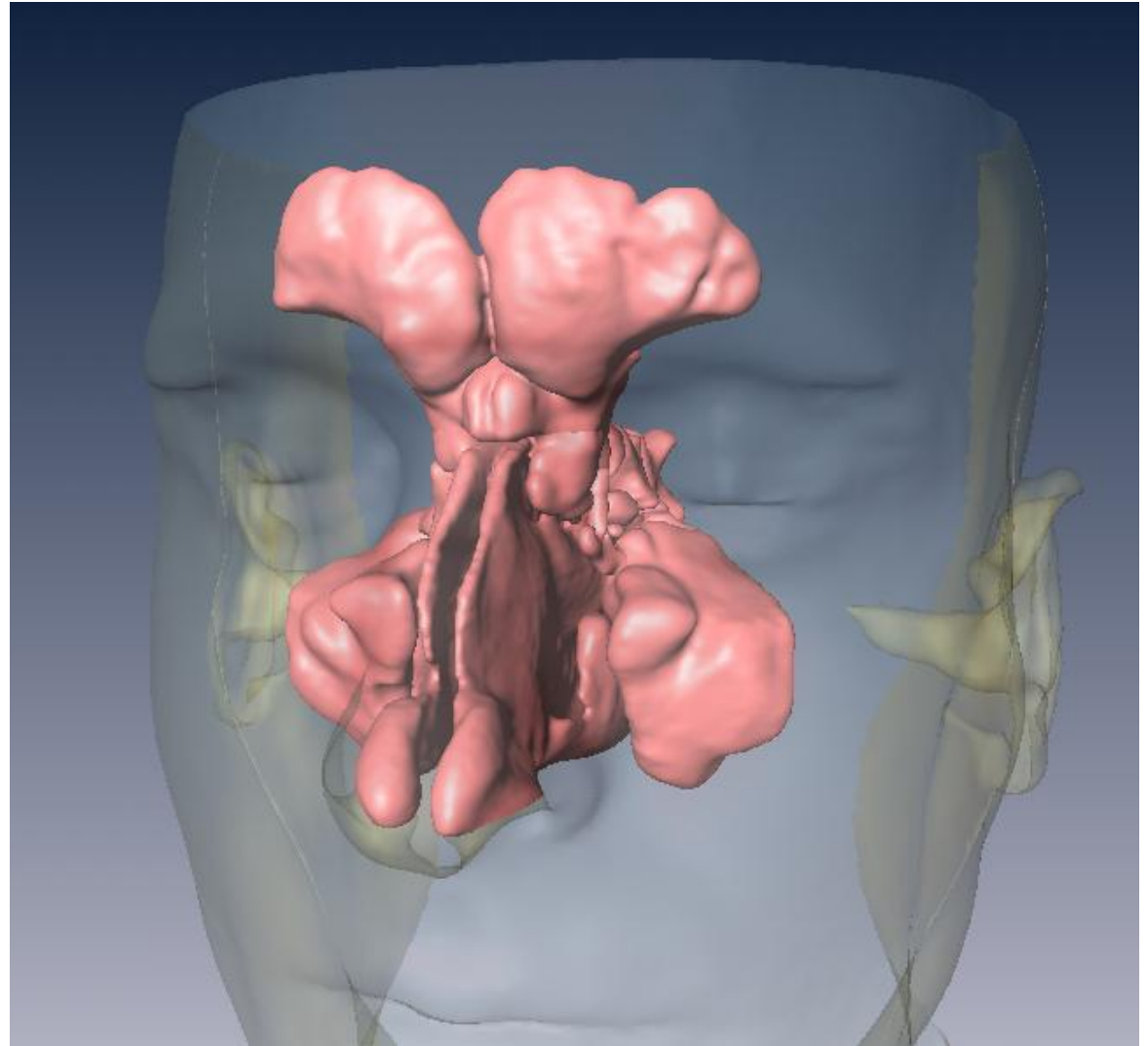
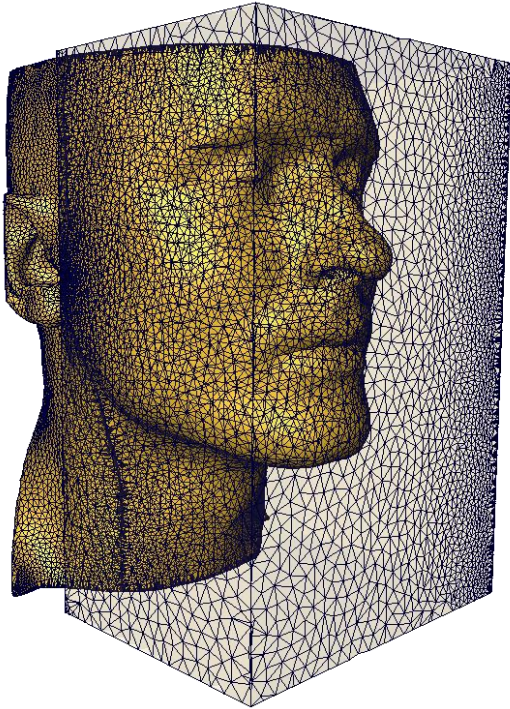


# Asthmabehandlung ...

- Study of the **environmental impact** on the nose, sinuses, larynx and lungs' airways
- Quantitative analysis of the inhaled **deposition** in the airways



# Können wir die Atemwege simulieren?



# Menschliche Lungenfunktion



# “Hyperrealität, Infrarealität“

**Terminologie:** Jean Baudrillard (1929-2007)  
„Simulakrum and Simulation“

Simulation: von lat. simulare, nachahmen, abbilden

Simulakrum: von lat. Simulo: Spiegel, illusion





# Wie sicher rechnet mein Computer?

$$\text{Kreisfläche: } S = \pi * R * R$$

Die Zahl  $\pi$ : irrational, transzendent

Die ersten 500 Ziffern/Nachkommastellen der Kreiszahl  $\pi$ :

3.

1415926535 8979323846 2643383279 5028841971 6939937510  
5820974944 5923078164 0628620899 8628034825 3421170679  
8214808651 3282306647 0938446095 5058223172 5359408128  
4811174502 8410270193 8521105559 6446229489 5493038196  
4428810975 6659334461 2847564823 3786783165 2712019091  
4564856692 3460348610 4543266482 1339360726 0249141273  
7245870066 0631558817 4881520920 9628292540 9171536436  
7892590360 0113305305 4882046652 1384146951 9415116094  
3305727036 5759591953 0921861173 8193261179 3105118548  
0744623799 6274956735 1885752724 8912279381 8301194912 ...

# alles fehlerfrei? ... leider nicht!

$$\text{Kreisfläche: } S = \pi * R * R$$

Die Zahl  $\pi$ : irrational, transzendent

Die ersten 500 Ziffern/Nachkommastellen der Kreiszahl  $\pi$ :

3.

1415926535 8979323846 2643383279 5028841971 6939937510  
5820974944 5923078164 0628620899 8628034825 3421170679  
8214808651 3282306647 0938446095 5058223172 5359408128  
4811174502 8410270193 8521105559 6446229489 5493038196  
4428810975 6659334461 2847564823 3786783165 2712019091  
4564856692 3460348610 4543266482 1339360726 0249141273  
7245870066 0631558817 4881520920 9628292540 9171536436  
7892590360 0113305305 4882046652 1384146951 9415116094  
3305727036 5759591953 0921861173 8193261179 3105118548  
0744623799 6274956735 1885752724 8912279381 8301194912 ...

# Die unglaubliche Macht der Rundungsfehler

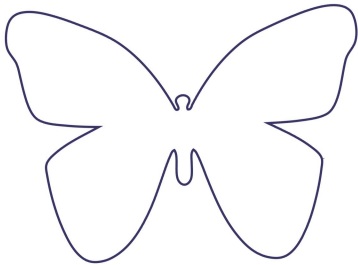
Der berühmte Schmetterlingseffekt auch hier vorhanden?

**Kann der Flügelschlag eines Schmetterlings in Brasilien einen Tornado in Texas auslösen?**

Mathematische Deutung:

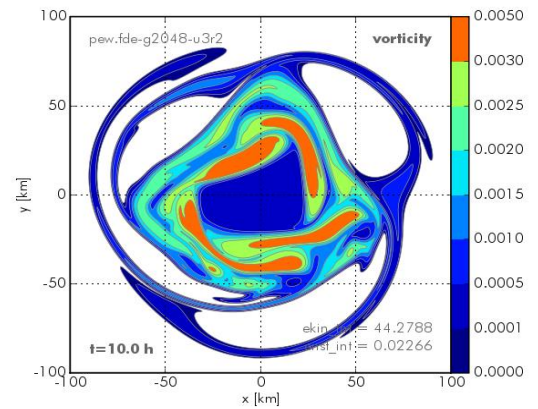
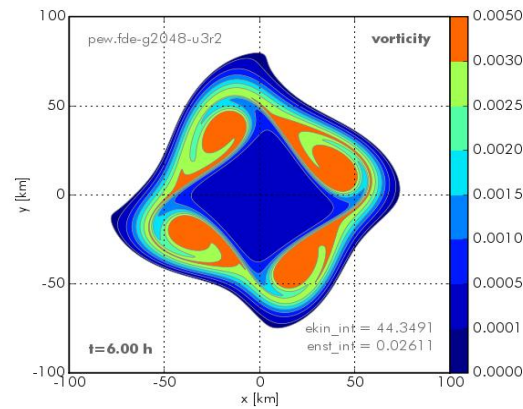
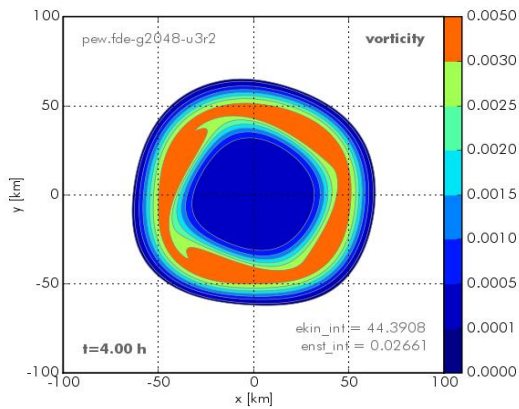
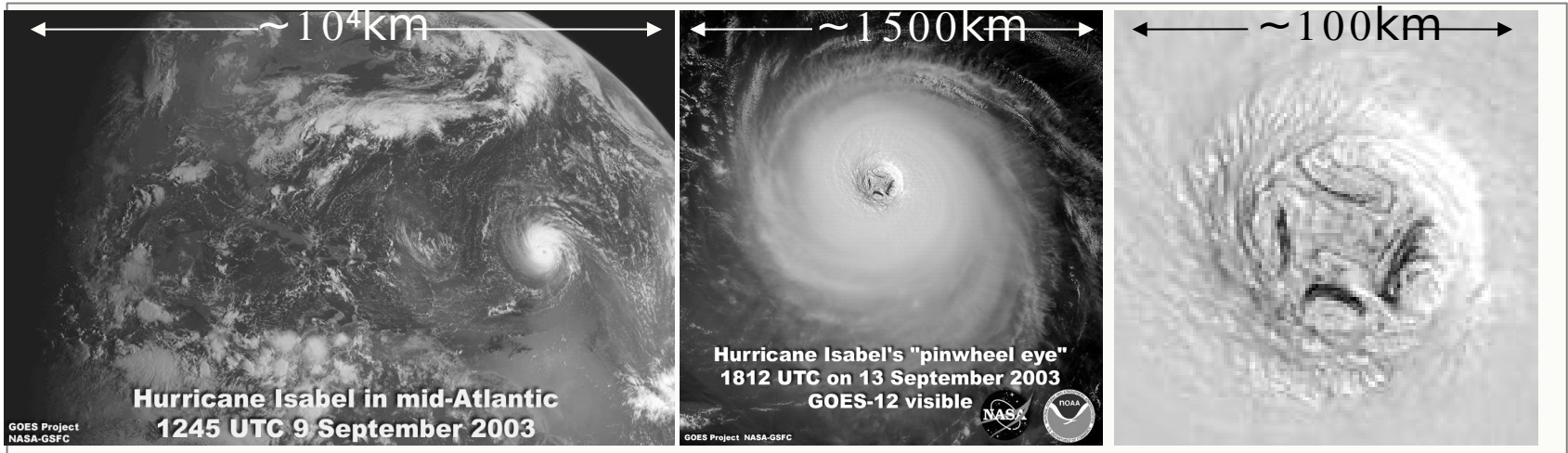
Können geringfügig veränderte Anfangsbedingungen im langfristigen

Verlauf zu einer völlig anderen Entwicklung führen?

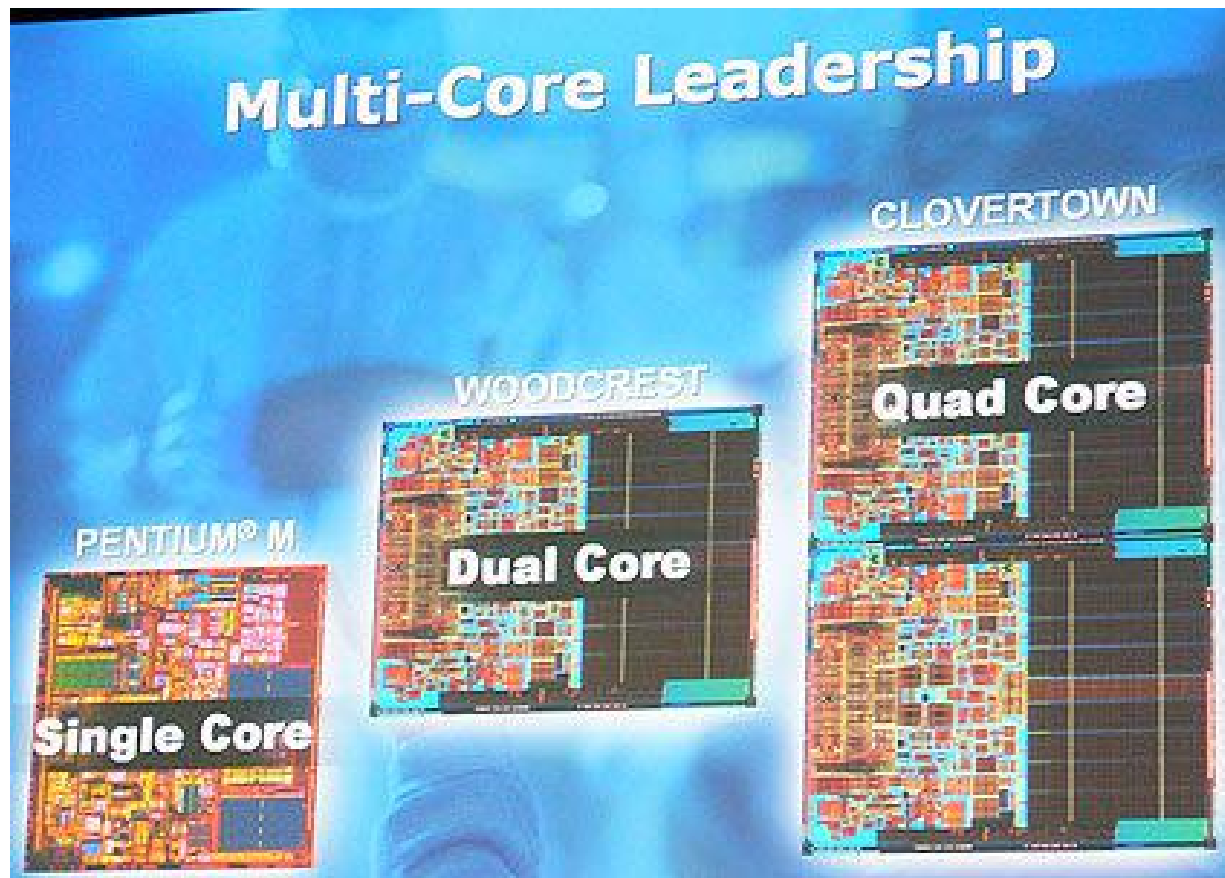


**JA !** ... Schlecht konditionierte Probleme

# Die unglaubliche Macht der Rundungsfehler



# Die unglaubliche Macht der Rundungsfehler



# Eine Herausforderung

- Make your algorithms ready for
  - Fine-grained parallelism
  - Scalability with respect to thousands of threads
  - Data locality

Single-core



Multi-core



Many-core



**But how?**

# Pokemon-go



# Pokemon-go ... Powerbank





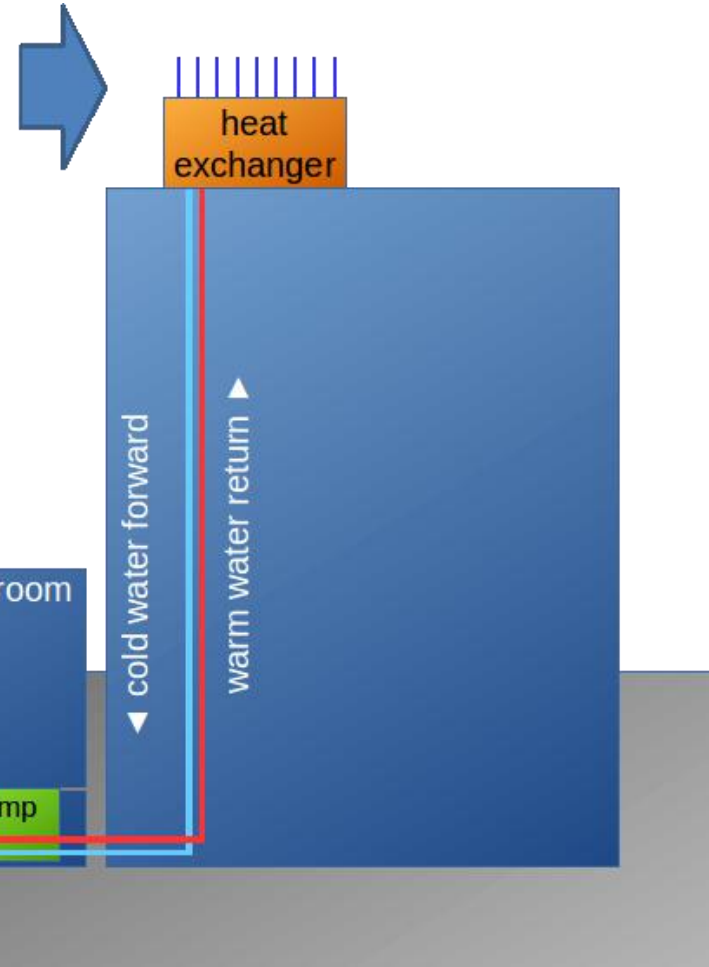
# Kühlkonzept



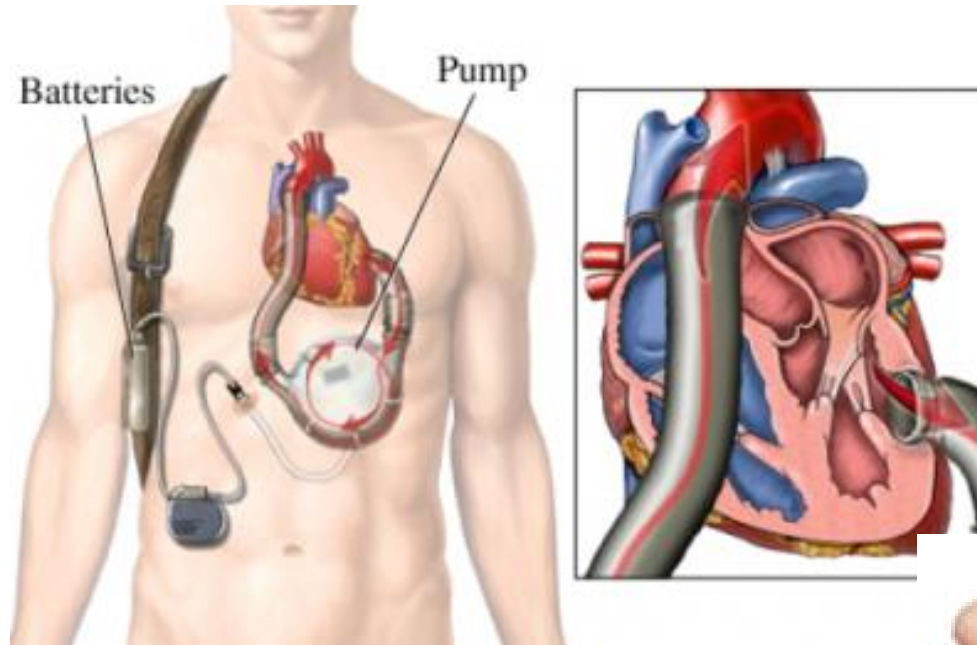
# Kühlkonzept



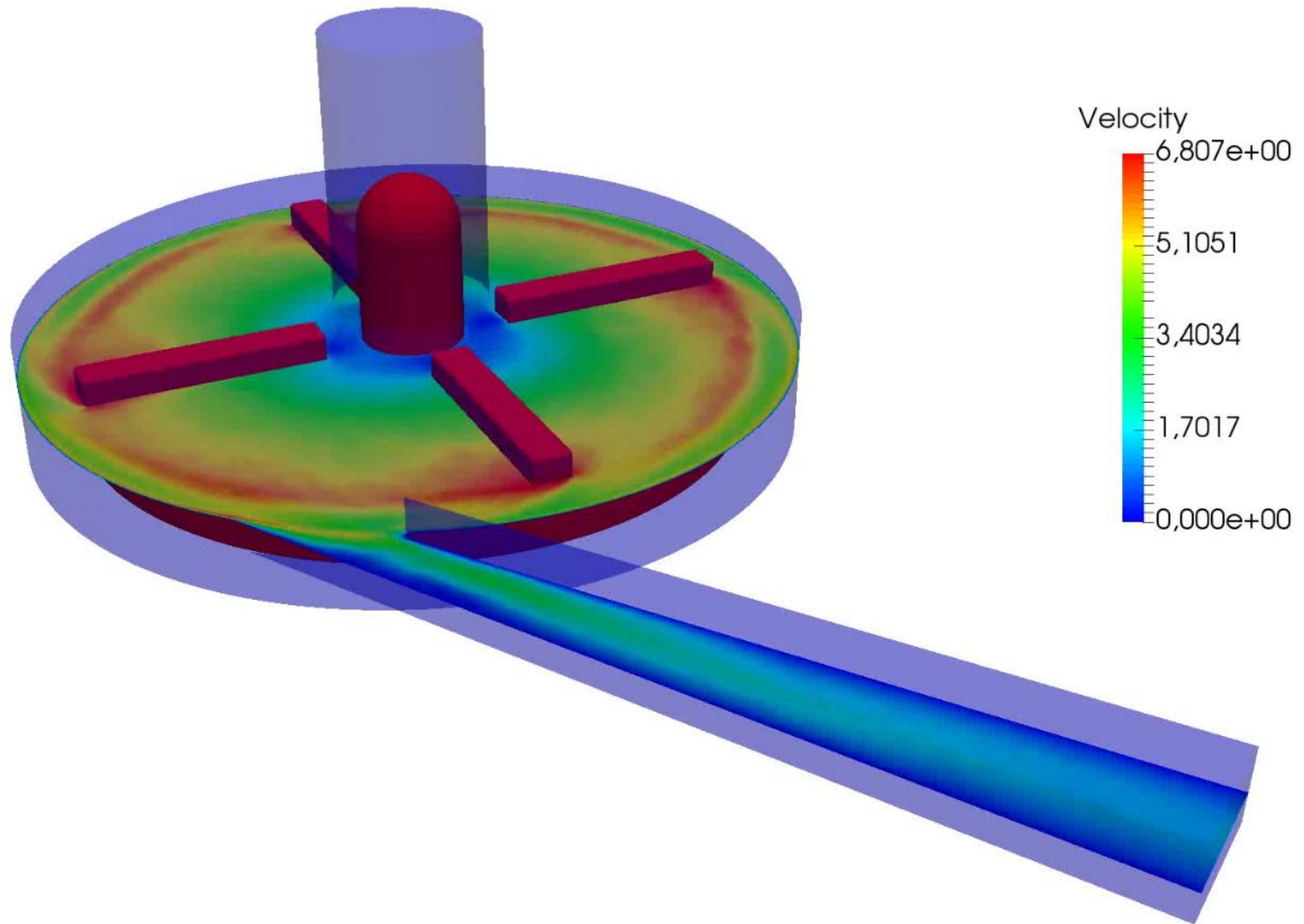
Heat exchanger and wetting on roof of URZ



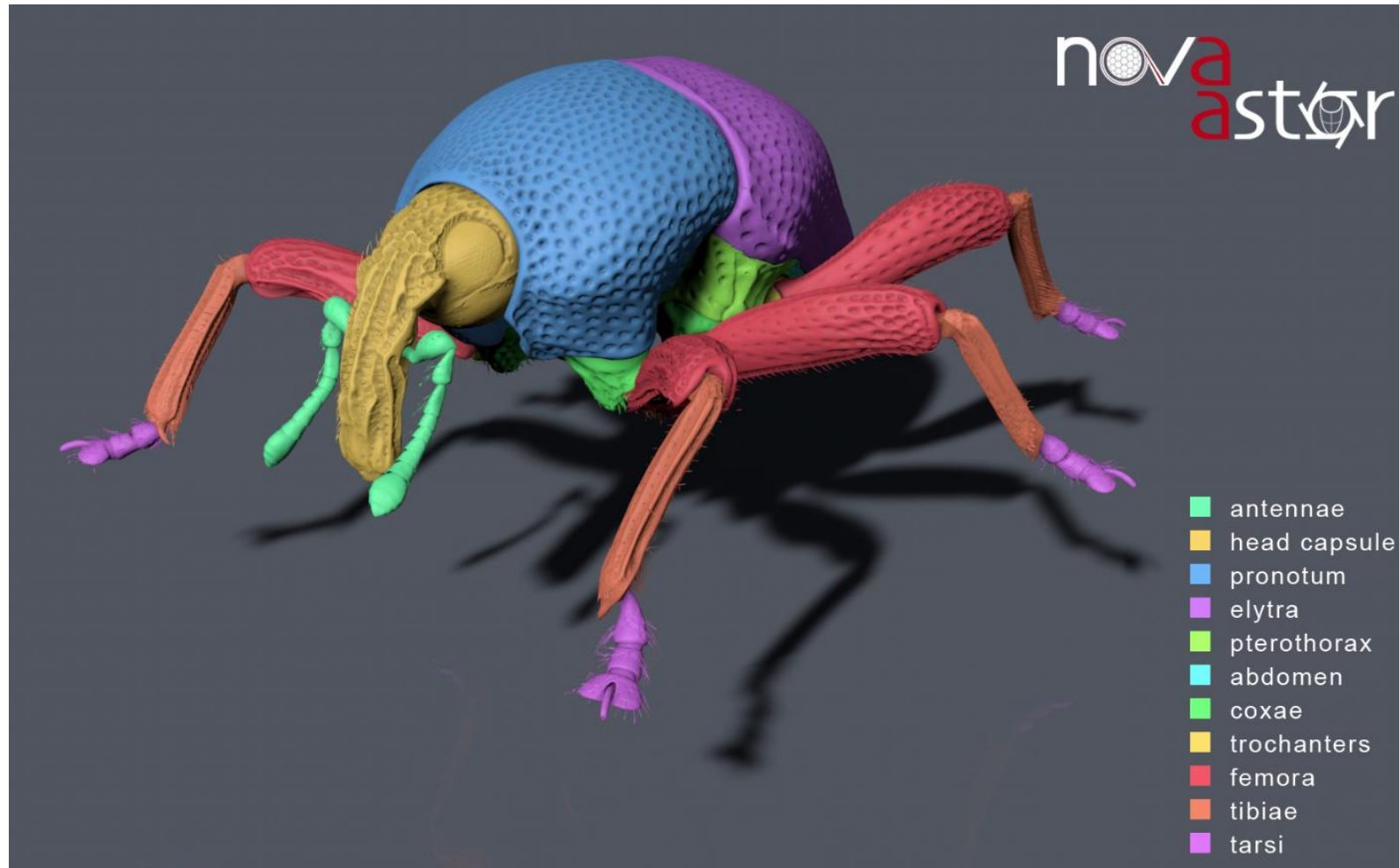
# Anwendung aus der Medizin: Herzpumpe



# Simulation der Herzpumpe



# Segmentierung eines Rüsselkäfers (5 mm.)



# Hochleistungsrechnen und Wirtschaft / Industrie



Beispiel: Energiewirtschaft

# Mathematik und Hochleistungsrechnen in Heidelberg: eine lange Tradition!



Mathematikon



HEIDELBERG  
LAUREATE  
FORUM 

Vielen Dank für Ihre/Eure Aufmerksamkeit!

