

Prof. Dr. Dieter Kranzlmüller

Dr. Nils gentschen Felde

Dr. Karl Furlinger

Stephan Reiter

Christian Straube

HPC und paralleles Rechnen

Workshop im Rahmen des Informatik-Probestudiums 2012

- **Tag 1 (Fr):**
 - Grundlagen der technischen Informatik mit Übungen
 - Einführung in die Bedienung von Linux
 - Übungen
- **Tag 2 (Mo):**
 - Übungen
 - HPC und paralleles Rechnen
- **Tag 3 (Di): Grundlagen der Computergrafik**
 - POV-Ray
 - Ausblick und Demo
- **Tag 4 (Mi): Grundlagen der IT-Sicherheit**
 - Grundlagen der IT-Sicherheit mit Übungen
 - Demonstration "Passwörter unter Windows knacken"

HPC und paralleles Rechnen

HPC = High Performance Computing (Hochleistungsrechnen)

- Die „Formel 1“ der Informatik
- Große, schnelle, laute, teure Rechner
- Supercomputer



(Jaguar @ Oak Ridge Lab)



(Kraken @ Oak Ridge Lab)

- Was zählt sind Fließkomma-Operationen
 - 1 Flop/sec = 1 Operation (mult/div/add) mit 8 Byte Fließkommazahlen pro Sekunde
 - Mega, Giga,...

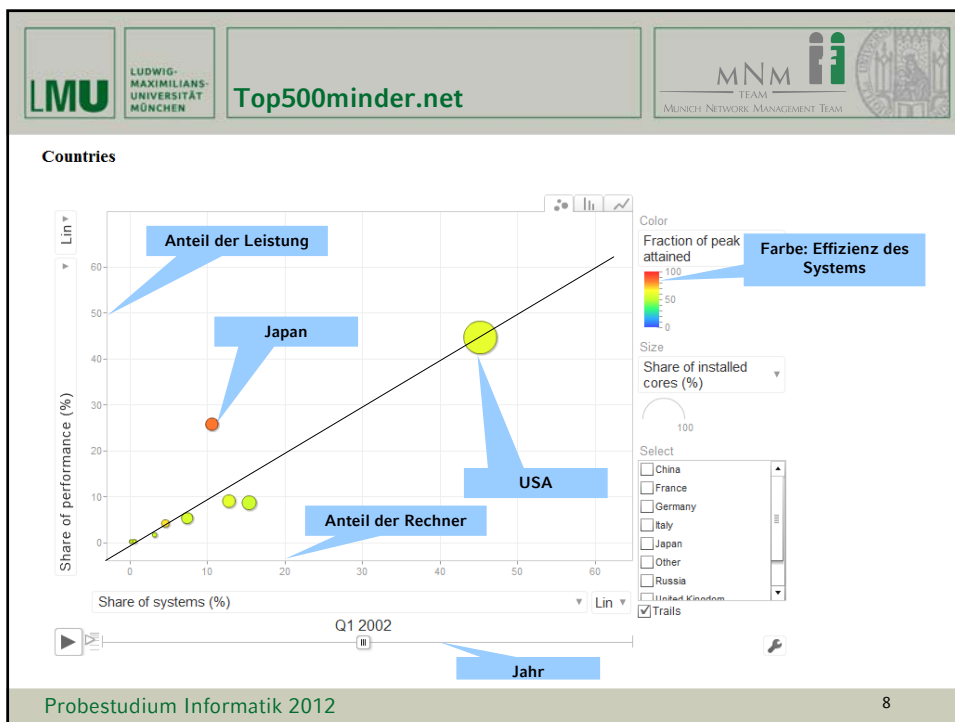
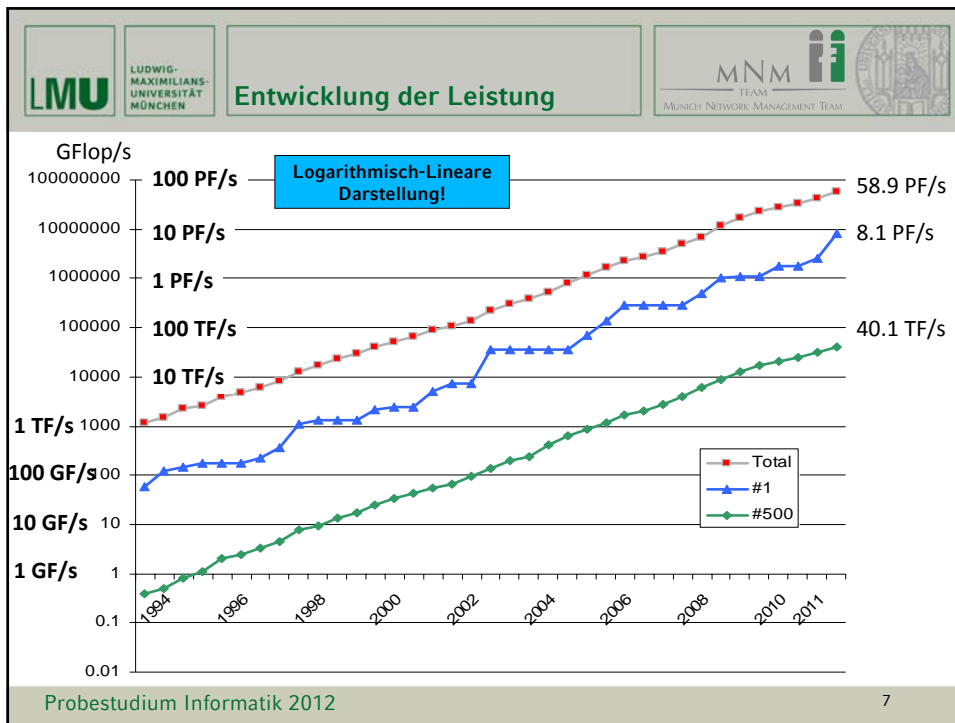
Pwr of 10	Prefix	Compute	Storage	Pwr of 2	Prefix	
10^6	Mega	MFlops/sec	MB	2^{20}	Mebi	MiB
10^9	Giga	GFlops/sec	GB	2^{30}	Gebi	GiB
10^{12}	Tera	TFlops/sec	TB	2^{40}	Tebi	TiB
10^{15}	Peta	PFlops/sec	PB	2^{50}	Pebi	PiB
10^{18}	Exa	EFlops/sec	EB	2^{60}	Exbi	EiB
10^{21}	Zetta	ZFlops/sec	ZB	2^{70}	Zebi	ZiB
10^{24}	Yotta	YFlops/sec	YB	2^{80}	Yobi	YiB

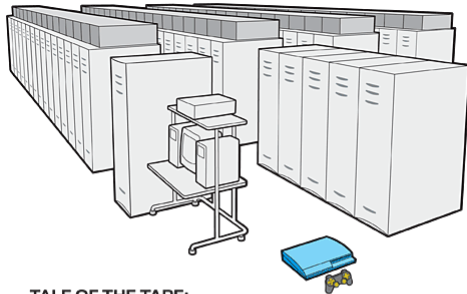
PC

HPC

Die Top500 Liste (www.top500.org)

- Enthält seit 1993 eine Liste der 500 leistungsfähigsten öffentlichen Rechner
- Wird 2x pro Jahr aktualisiert (November/Juni)
- Eingetragen wird die Leistung der Systeme bei Ausführung einer sog. Benchmark Anwendung, genannt Linpack
- Bei Linpack ist das Ziel ein großes Gleichungssystem möglichst schnell zu lösen
- Viele Systeme erzielen eine Effizienz von 70-90% ihrer maximalen Leistung
- Art der CPU, verwendetes Betriebssystem, etc, werden ebenfalls in die Liste eingetragen
- www.top500.org für die aktuelle und historische Daten
- www.top500minder.net für interaktive Visualisierung der Daten





ASCI Red

War der erste Teraflop Rechner der Welt (1997)
 Installiert am Sandia National Laboratory in New Mexico, USA
 Einsatzgebiet: Atombombensimulation

Sony PS3

Spielkonsole, 10 Jahre nach ASCI Red und fast so leistungsfähig

TALE OF THE TAPE:
SUPERCOMPUTER
VS. GAME CONSOLE

	SANDIA LAB'S ASCI RED	SONY PLAYSTATION 3
DATE OF ORIGIN	1997	2006
PEAK PERFORMANCE	1.8 teraflops	1.8 teraflops*
PHYSICAL SIZE	150 square meters	0.08 square meter
POWER CONSUMPTION	800 000 watts	<200 watts

* For GPU; CPU adds another 0.2 teraflops

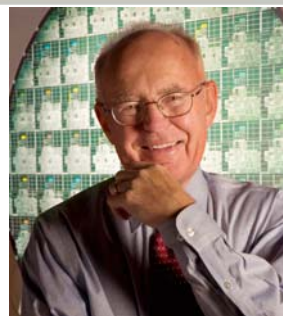
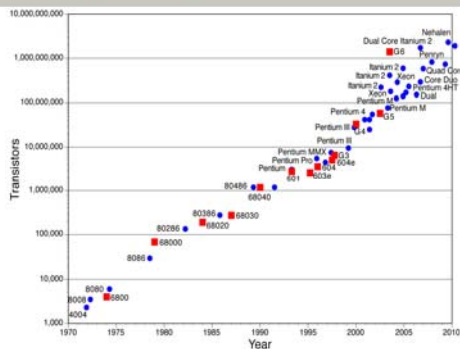
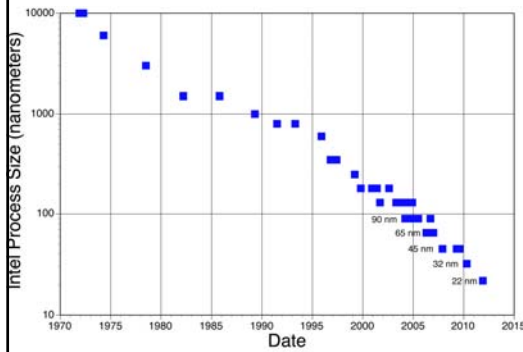


Image source: Univ. of Wisconsin, Materials Research Science and Engineering Center **Gordon Moore** (co-founder of Intel)

„Gesetz“ von Moore: Die Anzahl der Transistoren auf einem Chip verdoppelt sich etwa alle 18-24 Monate.



Intel tick-tock Prinzip

Tick: gleiche uArch, neue Fertigungstechnik

Tock: neue uArch, gleiche Fertigungstechnik

Nehalem uArch

Nehalem/Westmere: 45nm/32nm

Sandy Bridge uArch

Sandy Bridge/Ivy Bridge: 32nm/22nm

Mobile CPUs:

Apple A4/A5: 45nm

OMAP 3,4: 45nm

GPUs:

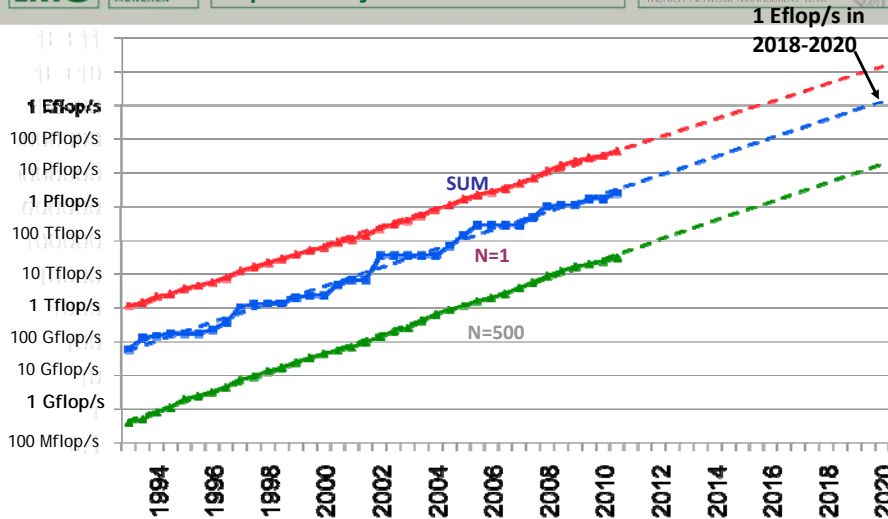
nVIDIA Fermi (2010): 40nm

nVIDIA Kepler (2012): 28nm

AMD Tahiti (2012): 28nm

Größenvergleich:

- H-Atom: ca. 1 Angstrom (0.1 nm)
- Influenza virus: 80-100 nm
- E. coli: 2000 nm
- Human hair: 40 000 – 120 000 nm





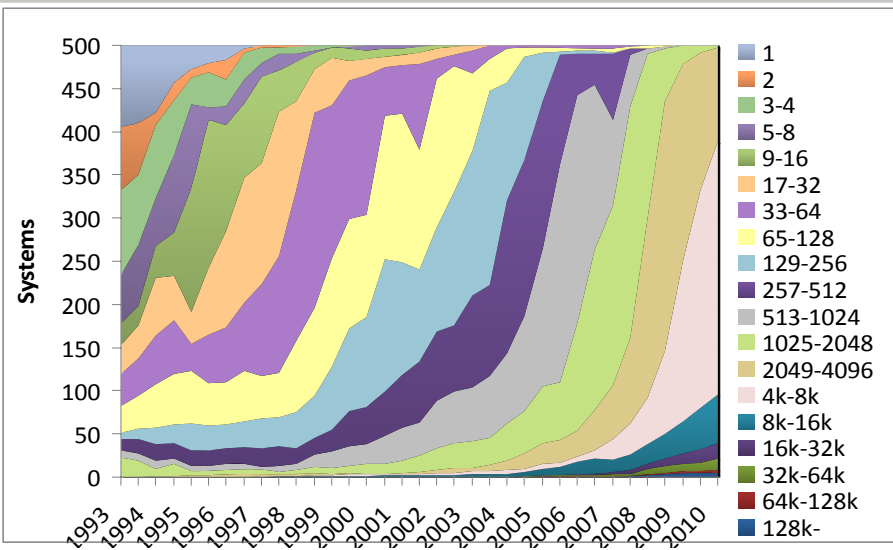
(Cray 1, Deutsches Museum, München)

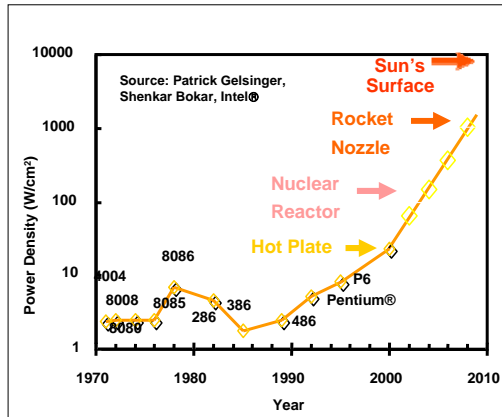
Serielle Verarbeitung mit einem sehr leistungsfähigen und teuren Spezialsystem.



(Beowulf Cluster mit 64 Knoten)

Parallelverarbeitung mit vielen, weniger leistungsfähigen Rechnern, zB gewöhnlichen PCs.





Windows®. Leben ohne Grenzen. MEDION® empfiehlt Windows 7.

Multimedia Design PC

MEDION® AKOYA® P5320 D

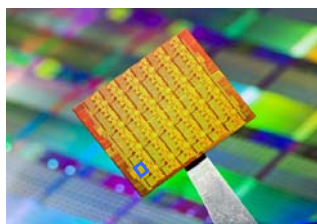
Ab dem 03. Februar 2011

Leistungsstarker Prozessor

AMD Althon™ II X4 640 Quad-Core Prozessor

499,-

USB 3.0-Anschluss - bis zu 10x schneller als USB 2.0!

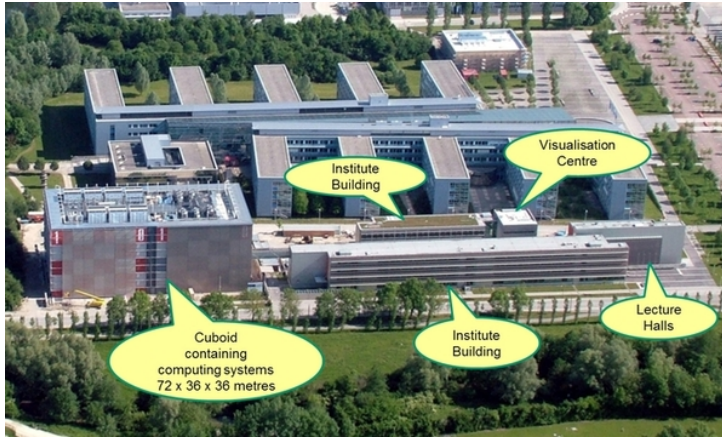


Intel Single Chip Cloud computer (SCC) – 48 cores



Dual-core A5 chip
Up to 2x faster performance and 7x faster graphics.

Leibniz Rechenzentrum in Garching

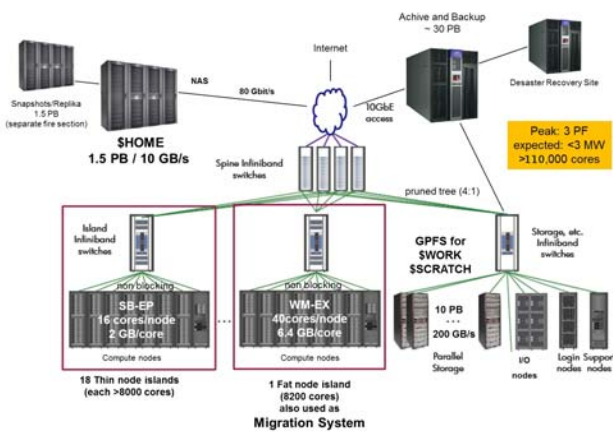


Bundes-Höchstleistungsrechner

Ca. 150 000
Rechenkern
(Intel SandyBridge)

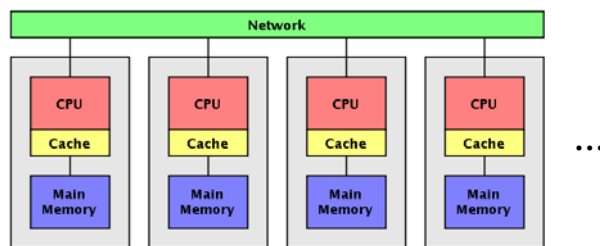
Heisswasserkühlung

Vermutlich in den Top10
der nächsten Top500
Liste (Juni 2012)

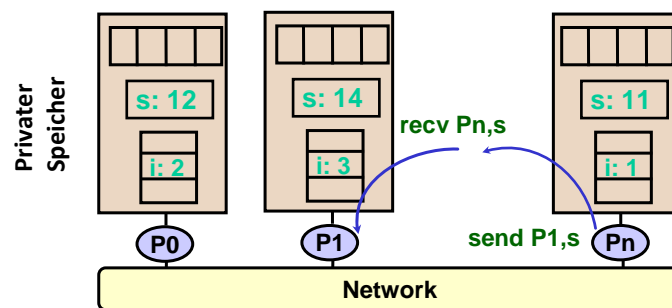






Leistungsfähige Systeme sind heute immer Parallelrechner!

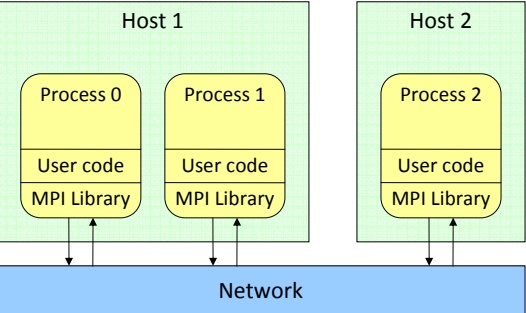
Kein Zugriff auf den Speicher der anderen CPUs!



Programmierung durch explizites Senden und Empfangen von Daten.





MPI Bibliothek









Host 1
 Process 0
 User code
 MPI Library
 Process 1
 User code
 MPI Library

Host 2
 Process 2
 User code
 MPI Library

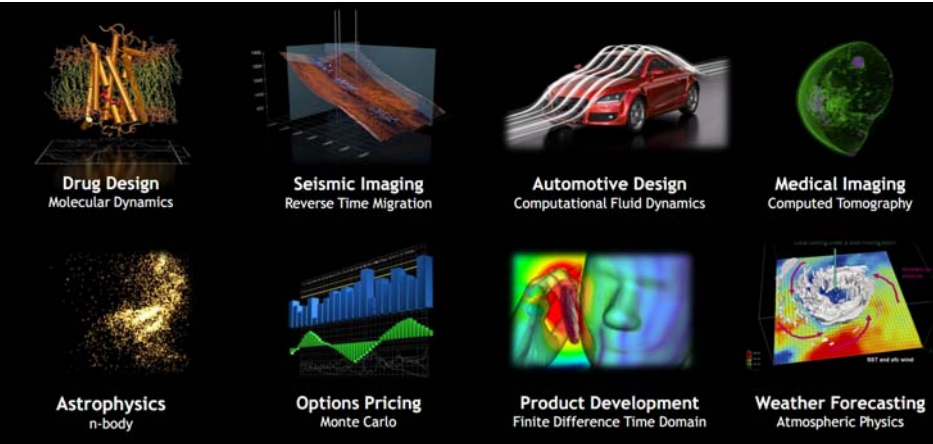
Network

MPI = Message Passing Interface
 Standardbibliothek für den Nachrichtenaustausch auf HPC systemen
 Das am weitesten verbreitete Programmiermodell für Supercomputer

Probestudium Informatik 2012 21



Wofür HPC?



CSE = Computational Science and Engineering



Drug Design
 Molecular Dynamics

Seismic Imaging
 Reverse Time Migration

Automotive Design
 Computational Fluid Dynamics

Medical Imaging
 Computed Tomography

Astrophysics
 n-body

Options Pricing
 Monte Carlo

Product Development
 Finite Difference Time Domain

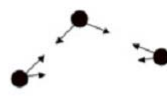
Weather Forecasting
 Atmospheric Physics

Slide Source: Jen-Hsun Huang, NVIDIA Corporation

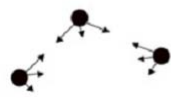
Probestudium Informatik 2012 22



2 bodies
2 forces



3 bodies
6 forces

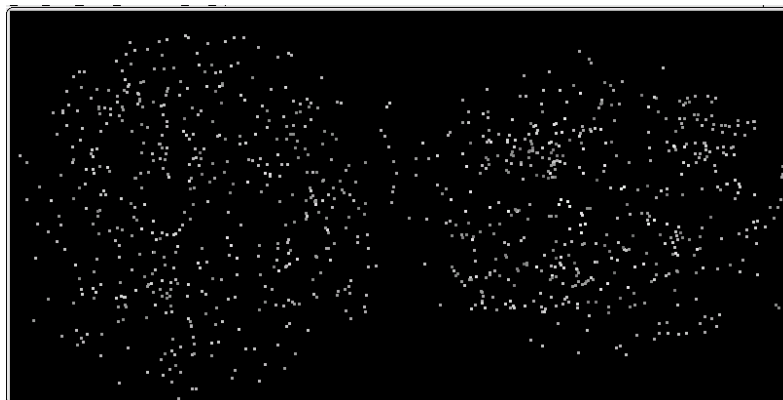


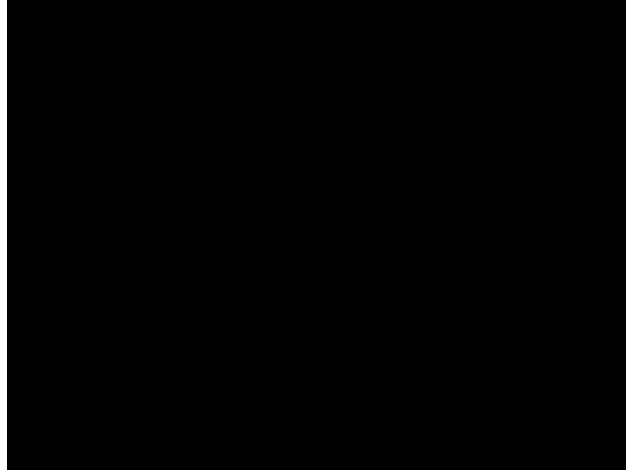
4 bodies
12 forces

N bodies
 $N(N-1)$ forces

- Simulation der Entstehung von Galaxien
- Molekular-Dynamik
- Naiver Ansatz: $O(N^2)$ Rechenaufwand
- Es gibt Verfahren mit $O(N \log N)$ und sogar $O(N)$ für Spezialfälle

GalaxSee: Einfaches MPI Programm, das die N-Körper Berechnung anhand der Simulation der Entstehung einer Galaxie veranschaulicht





ERIS: World's first realistic simulation of the formation of the Milky Way
<http://www.youtube.com/watch?v=VQBzdcFkB7w>