

Universität Karlsruhe (TH)

Forschungsuniversität · gegründet 1825

Kapitel 4

Grundlagen zur Parallelverarbeitung

SWT I – Sommersemester 2009

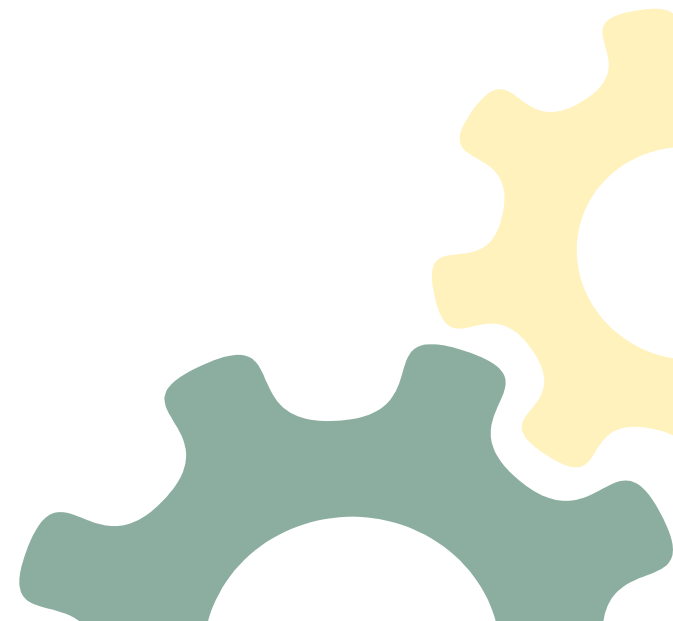
Prof. Dr. Walter F. Tichy

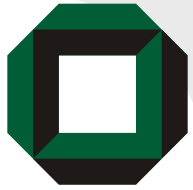
Dipl.-Inform. David J. Meder



Fakultät für Informatik

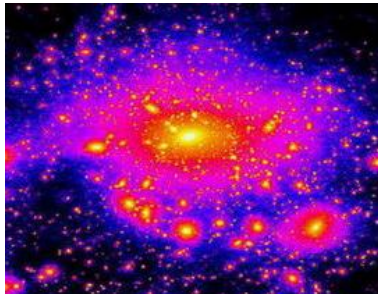
Lehrstuhl für Programmiersysteme



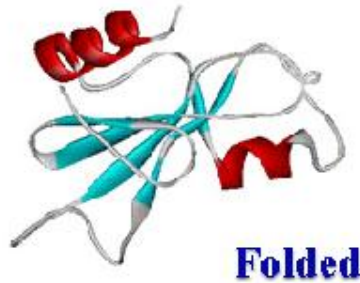


Warum Parallelverarbeitung?

- Anwendungen brauchen mehr Leistung oder mehr Ressourcen als Ein-Prozessorsysteme bieten können.
- Warten auf nächste Hardware-Generation hilft nicht mehr, denn Taktfrequenzen steigen kaum noch, Parallelität auf Instruktionsebene ist ausgeschöpft.
- "Grand-Challenge" Applikationen aus Chemie, Astronomie, Bioinformatik, CAD/CAM, ...



[physorg.com]

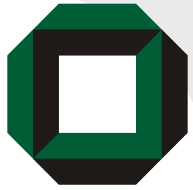


[IBM]



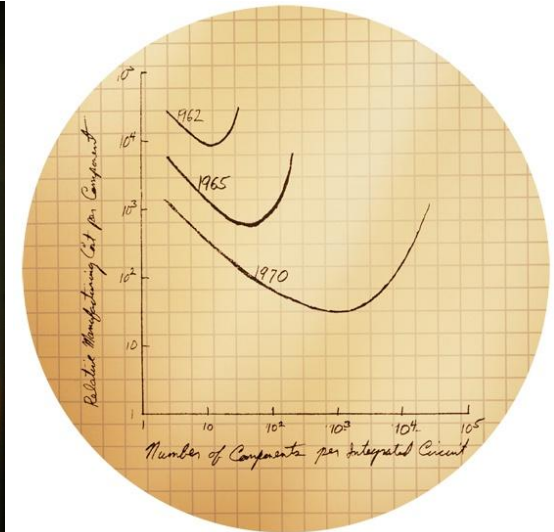
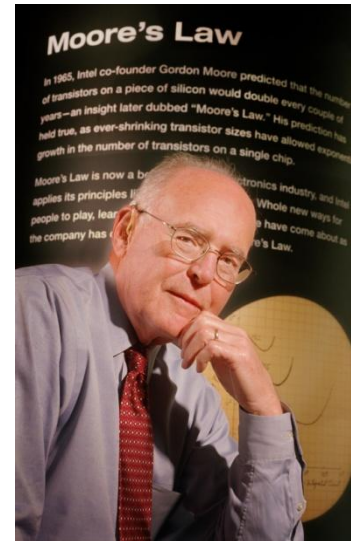
[Linux-Magazin.com]

- Simulationen, wenn Experimente unmöglich sind

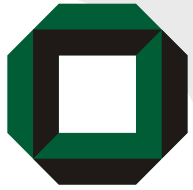


Moore's Law

- Moore, G.E.:
“The complexity for minimum component costs has increased at a rate of roughly a factor of two **per year**.” (1965)
- Moore, G.E.:
“The new slope might approximate a doubling **every two years**, rather than every year, by the end of the decade.” (1975)

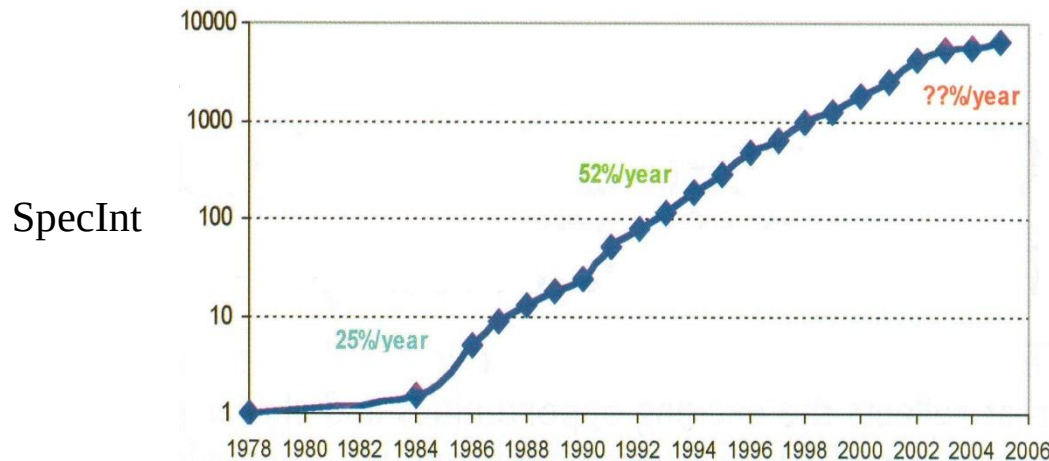


Quelle: <http://www.intel.com/technology/mooreslaw/>

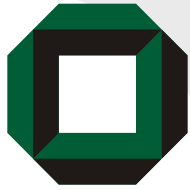


David Patterson, Präsident ACM:

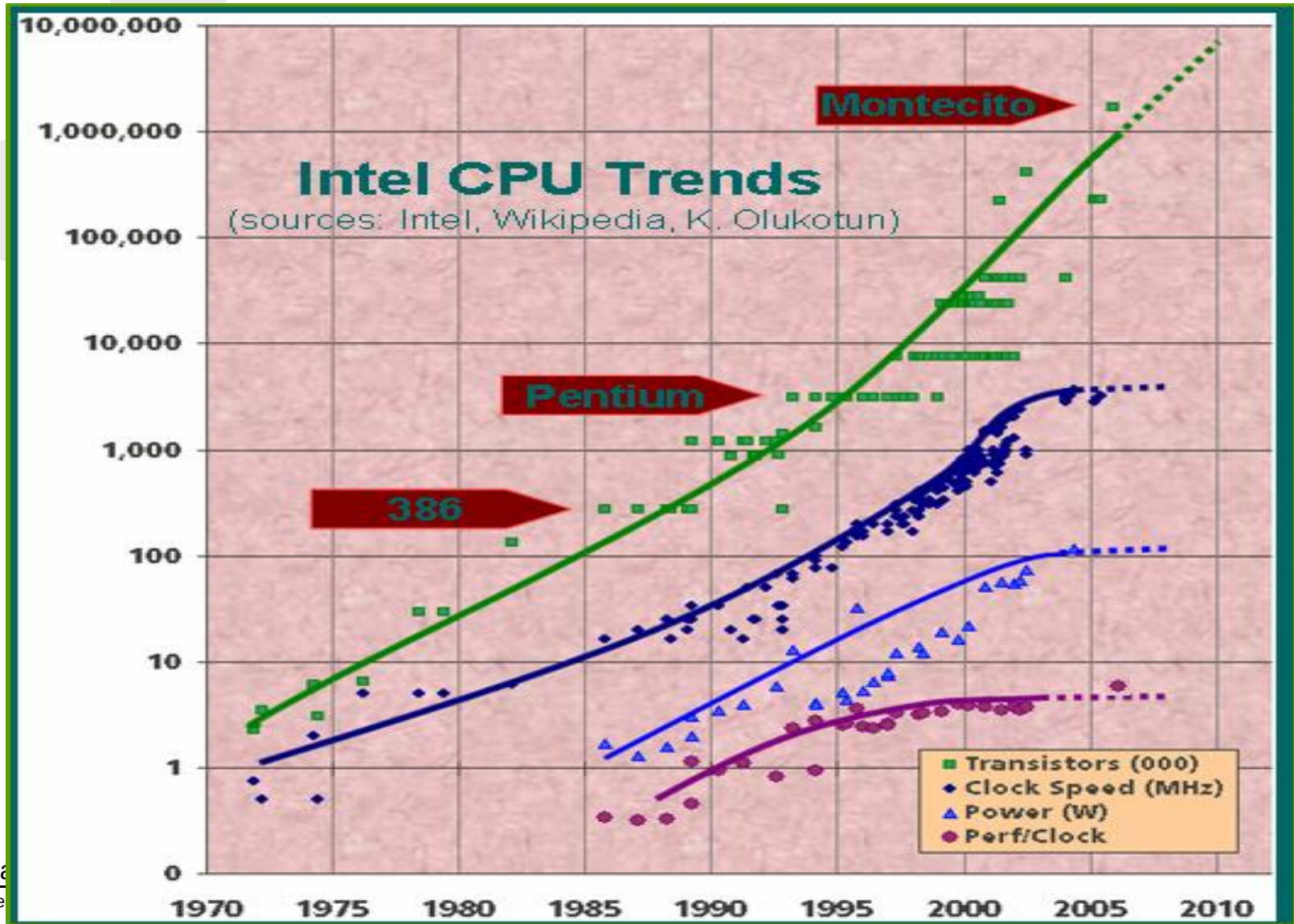
„In case you weren't paying attention,
the era of doubling performance
every 18 months ended in 2002.“

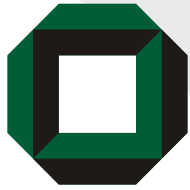


President's Letter,
Comm of ACM,
März 2006



Was ist passiert?



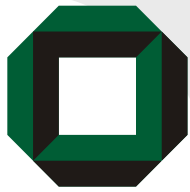


Strategische Änderung: Multiprozessoren auf einem Chip

- Hersteller haben eine kritische Schwelle überschritten: Mehrere Prozessorkerne pro Chip sind möglich und preiswert:

Hersteller	#Kerne/Chip	etwa seit
IBM	2	2004
IBM	9	2005
AMD	2	2005
AMD	4	2007
Intel	2	2006
Intel	4	2007
Intel	6	2008
SUN	8	2005

- Wachsende Anzahl von Prozessorkernen pro Chip sind prognostiziert (wegen weiterem Schrumpfen der Abmessungen der Transistoren, Leitungen, etc.)
- Intel stellte 2006 einen Prototypen mit 80 Prozessoren auf einem Chip vor



Ihr Laptop – ein Parallelrechner?

Stand: Juni 2007



Inspiron™ 6400

15" Notebook für vielseitige Unterhaltung & 1 GB RAM.

~~729 €~~
659 €

inkl. MwSt., zzgl. 78 €
Versand

Prozessor

Intel® Pentium® Dual-Core
T2080 Prozessor (1,73 GHz,
533 MHz, 1 MB L2-Cache)



Inspiron™ 1520

Stylischer Denker, der es
genießt seine Qualitäten
zeigen zu können und gerne
im Mittelpunkt steht.

~~999 €~~
899 €

inkl. MwSt., zzgl. 78 €
Versand

Prozessor

Intel® Core™ 2 Duo T5450
Prozessor (1,66 GHz, 667
MHz, 2 MB L2-Cache)



Inspiron™ 1720

Unterhaltung & Spaß
garantiert! Technologie
genau angepasst für Ihren
Lifestyle. Jetzt in 8 Farben.

1.049 €
inkl. MwSt. und Versand

Prozessor

Intel® Core™ 2 Duo
T5250 Prozessor (1,5
GHz, 667 MHz, 2 MB
L2-Cache)



Inspiron™ 1520

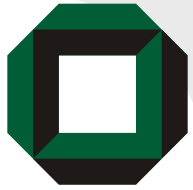
Schlank, elegant und noch
etwas schlauer und stärker.
Jetzt in 8 Farben.

~~1.129 €~~
1.079 €

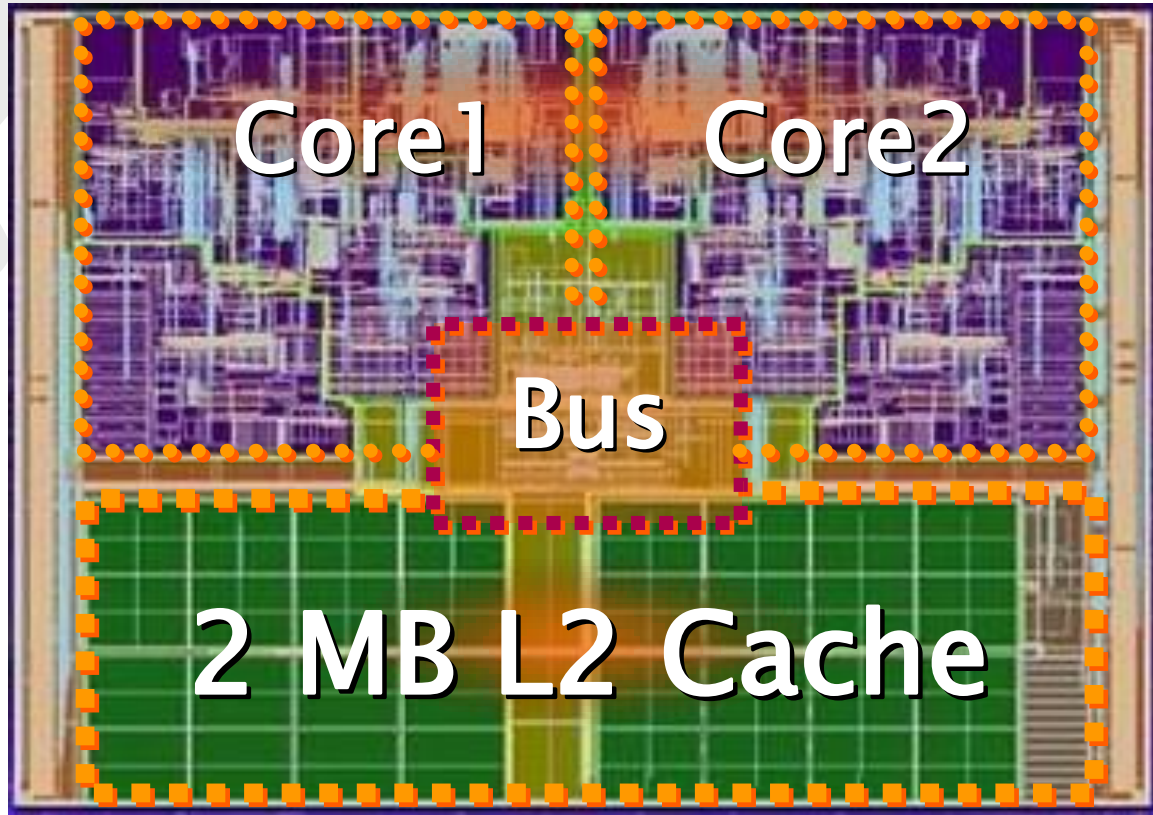
inkl. MwSt., zzgl. 78 €
Versand

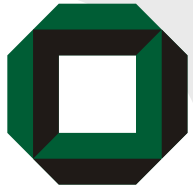
Prozessor

Intel® Core™ 2 Duo T7100
Prozessor (1,8 GHz, 800
MHz, 2 MB L2-Cache)



Doppelprozessor Intel Core Duo

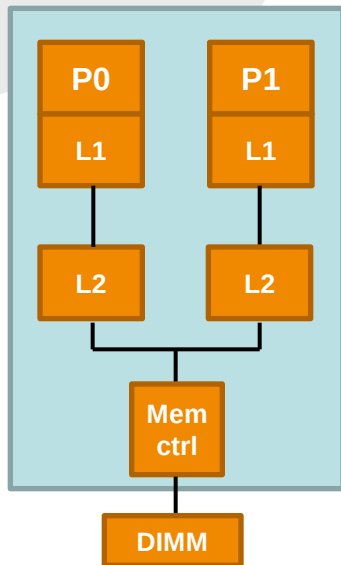




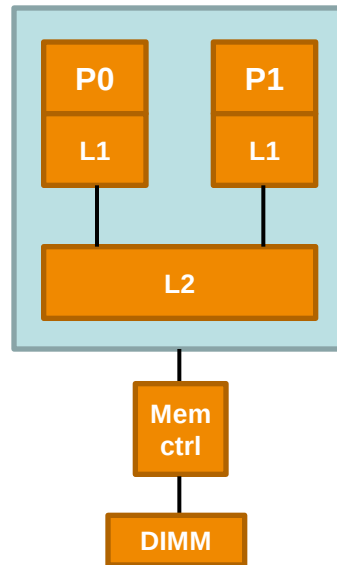
Mehr kern-Architekturen(2)

Dual-Core und Quad-Core

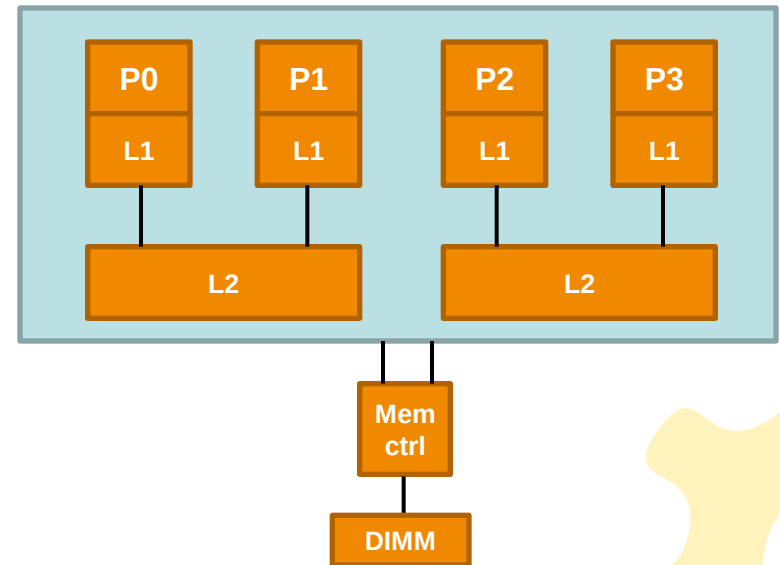
AMD Opteron



Intel Xeon



Intel Quad-Core

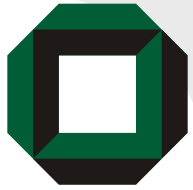


Mehrere Prozessoren pro Chip

Getrennte L1/L2-Caches, was zu divergenten Kopien der gleichen Variablen führt.

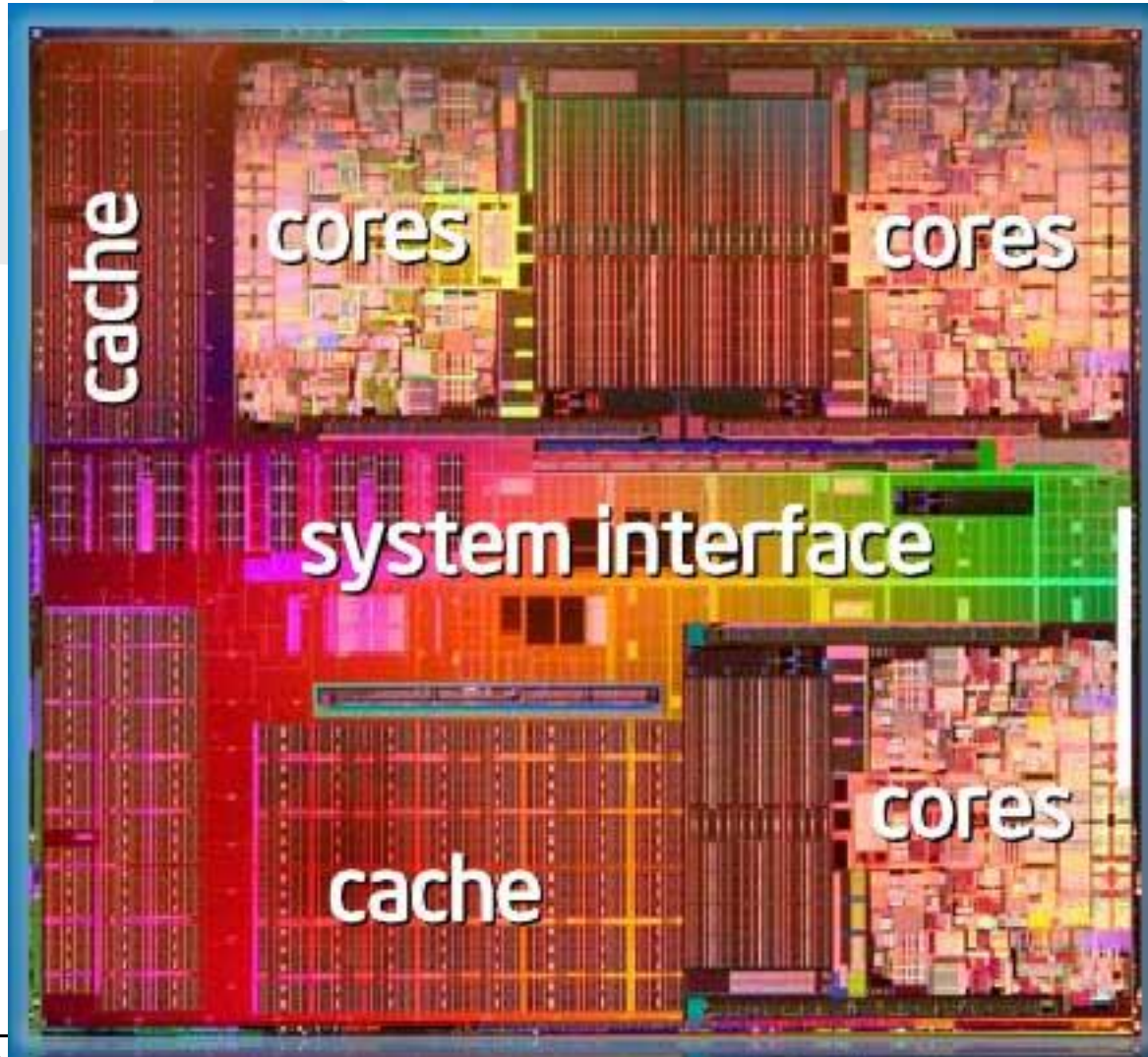
Cache-Kohärenz nur bei bestimmten Ereignissen,

z.B. beim Schreiben in den Speicher.



Intel Dunnington

6 Prozessoren auf einem Chip



**3 x 2 Xeon
Prozessoren**

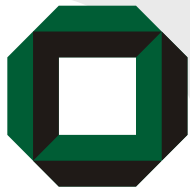
**(nicht HW-
mehrfädig)**

2,6 GHz

130 W

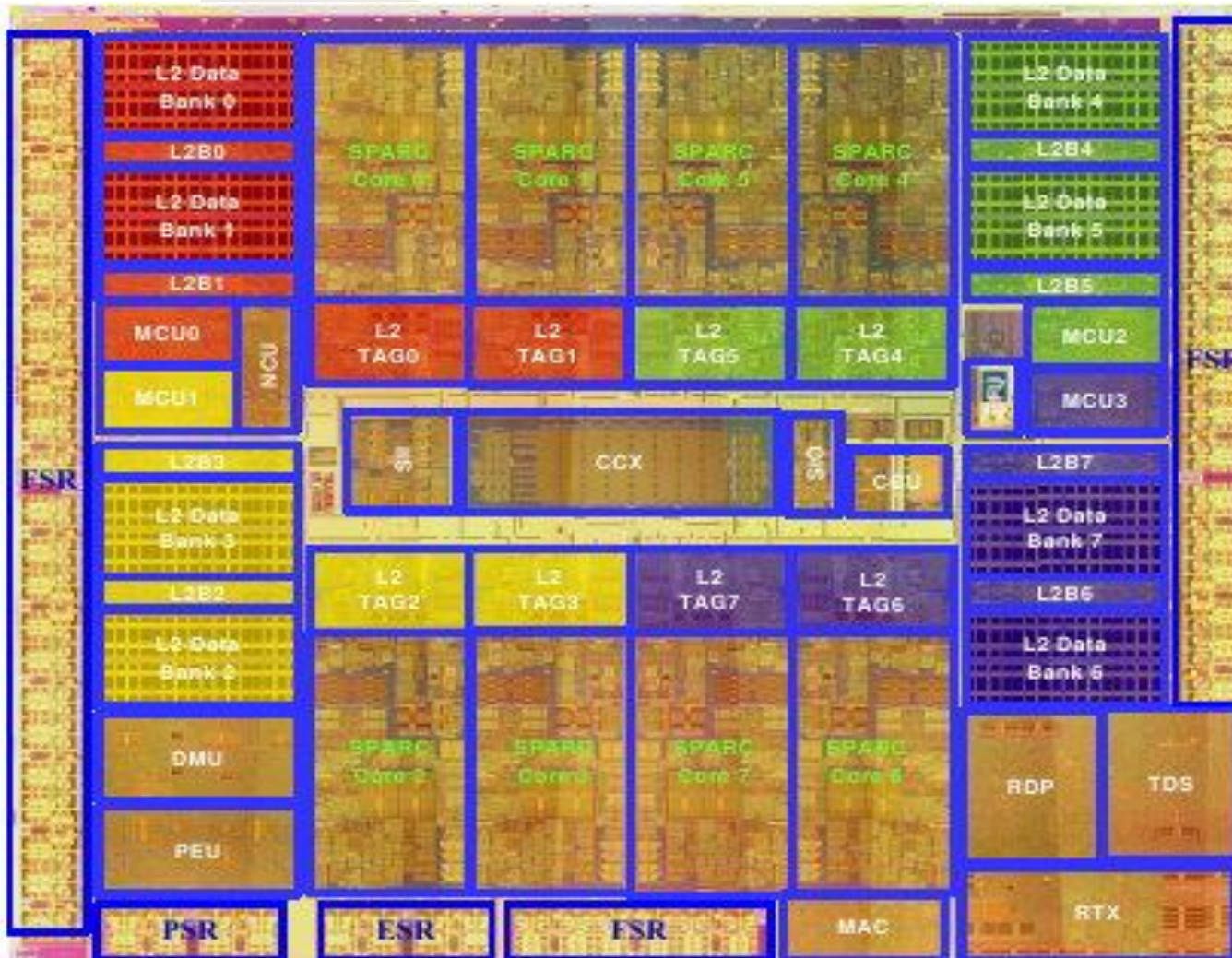
45nm Technik

Lieferbar 2008



Sun Niagara 2:

8 Prozessoren auf 3,42 cm²



8 Sparc
Prozessoren

8 HW-Fäden pro
Prozessor

8x9 Kreuzschiene

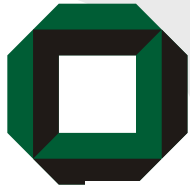
1,4 GHz

75 W

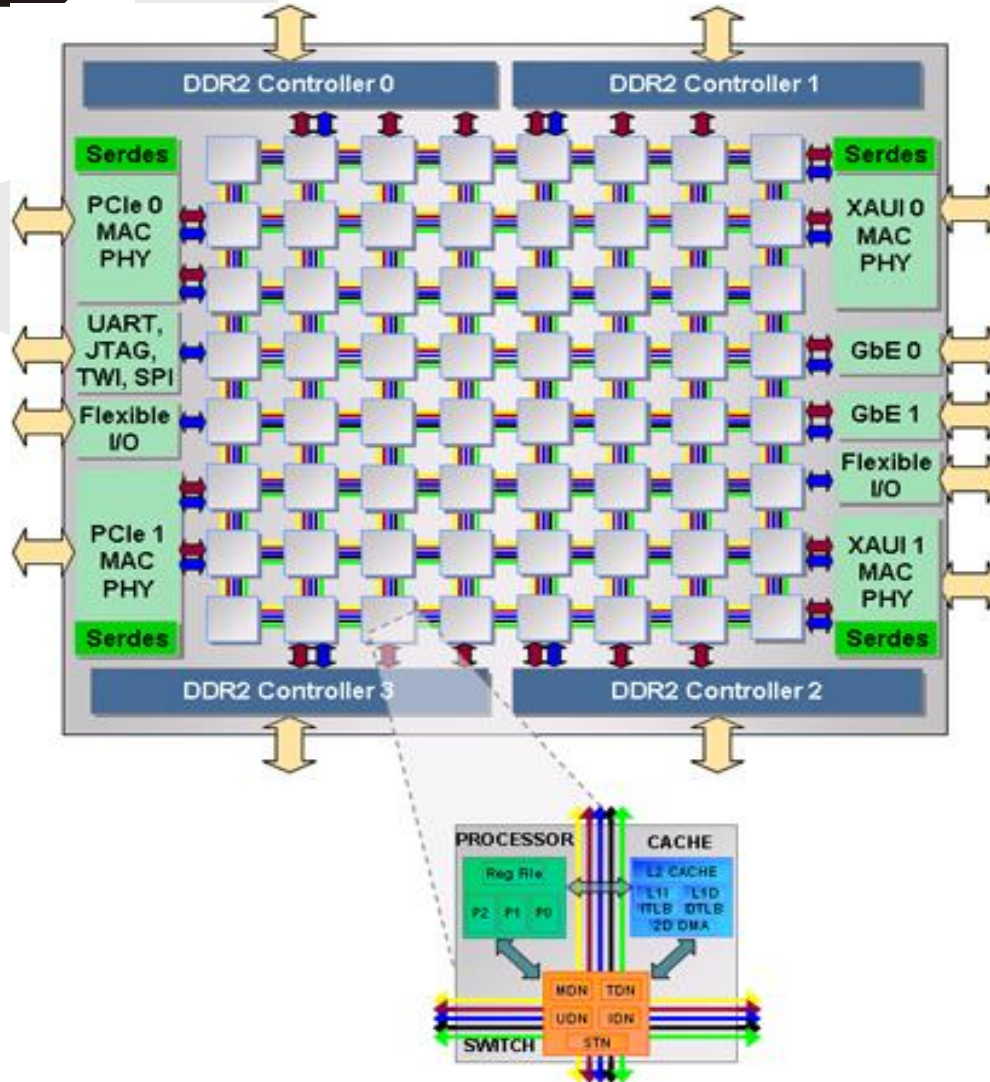
65nm Technik

Lieferbar 2007

Erste Version 2005



Tilera's TILE64



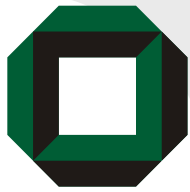
**64 VLIW Prozessoren
plus Gitter auf einem
Chip**

**Für eingebettete
Anwendungen
(Netz- und
Videoanwendungen)**

700 MHz

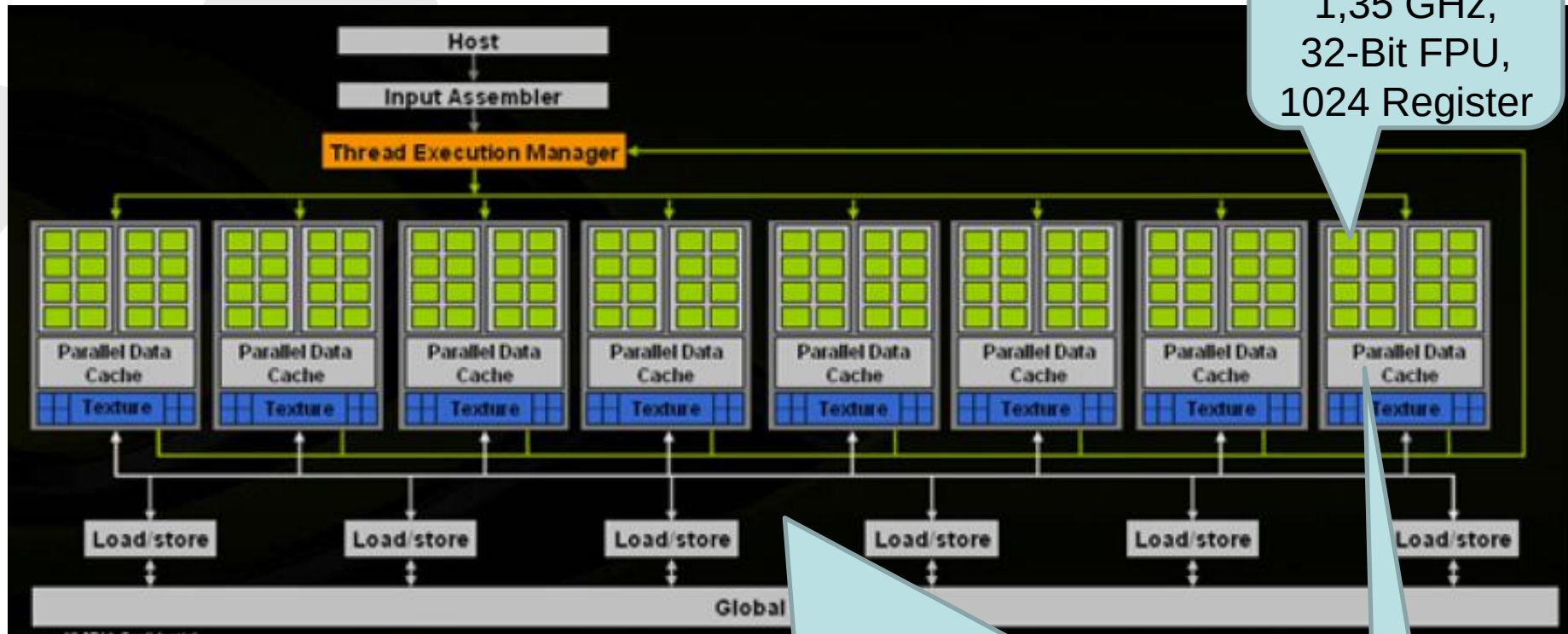
22 W

Lieferbar 2007



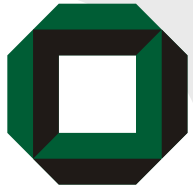
Nvidia GeForce 8 Graphics Processing Unit

Prozessor,
1,35 GHz,
32-Bit FPU,
1024 Register



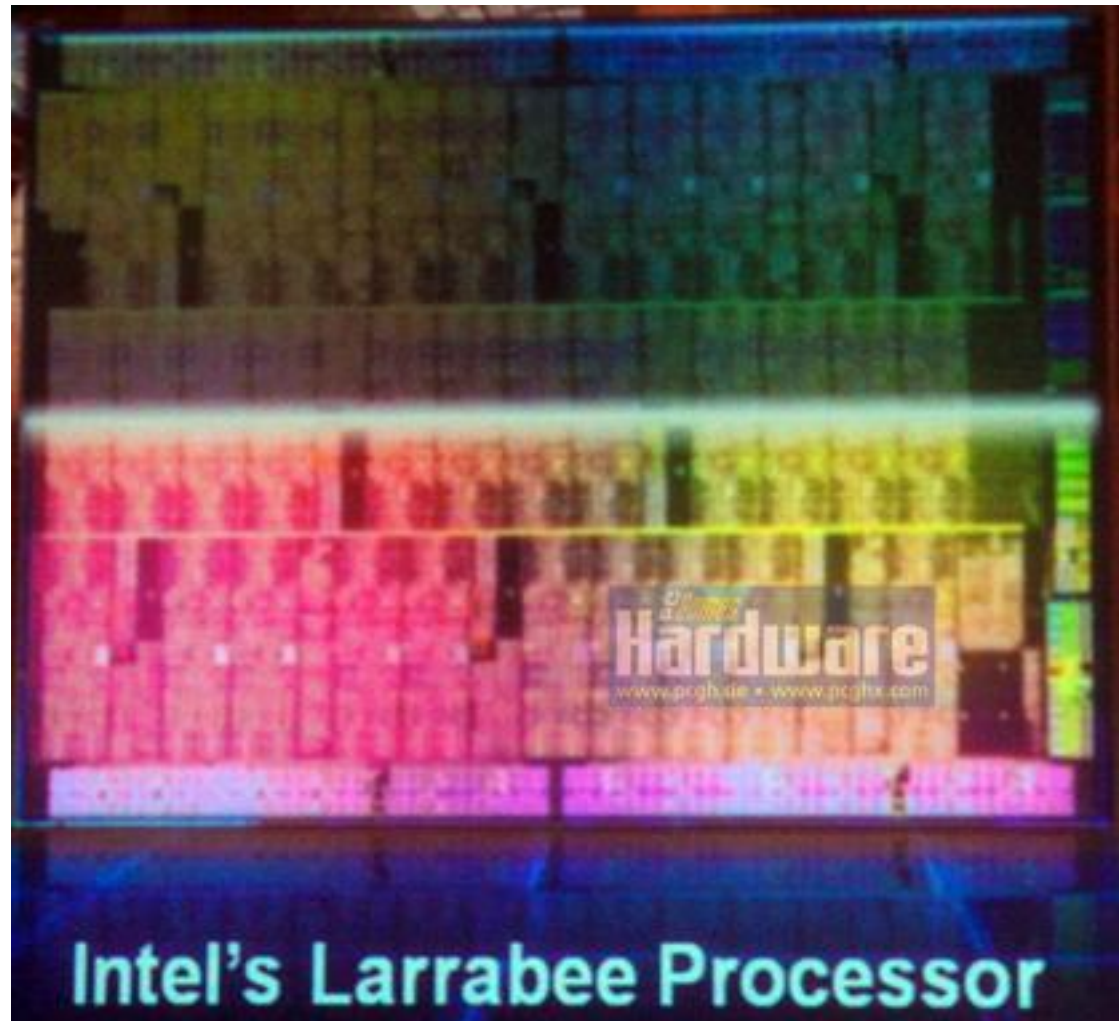
128 Prozessoren insgesamt, jeder mit 96 Fäden in HW
Insgesamt 12288 HW-Fäden!
SIMD, gemeinsamer und verteilter Speicher

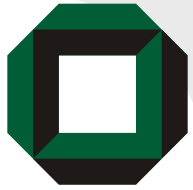
16 KB



Intels Larrabee: 32 bis 48 Pentium-Kerne auf einem Chip

- 32 x86 Prozessoren (45nm),
- 48 x86 Prozessoren (32 nm)
- Cache-kohärent,
- Ring-Verbindung
- 64-BitArithmetik
- 4 Fäden pro Prozessor
- Vektor-Befehle für Grafik
- Erwartet 2010

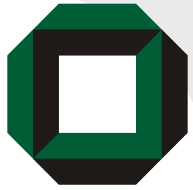




Moore'sche Regel, neue Version

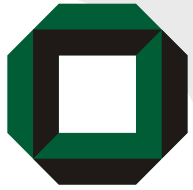
Verdopplung der Anzahl
Prozessoren pro Chip
mit jeder Chip-Generation,
bei etwa gleicher Taktfrequenz

Parallelrechner werden in naher Zukunft
flächendeckend zur Verfügung stehen.



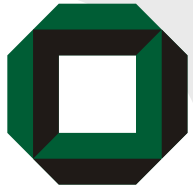
Was sind die Folgen? (1)

- Hauptproduktlinie der Prozessor-Hersteller sind Multikern-Chips.
- Server werden bereits seit 2005 mit Multikern-Chips ausgeliefert.
- Sogar Laptops werden seit 2006 mit Doppelprozessor-Chips ausgestattet (Dell, Apple, u.s.w.)



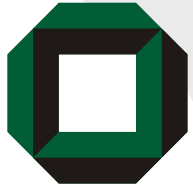
Was sind die Folgen? (2)

- Leistungssteigerungen von alltäglichen Anwendungen wird durch Parallelisierung erreicht.
- Parallelismus wird zum Normalfall.
- Informatiker müssen Parallelismus beherrschen lernen.
- **Fundamentaler Übergang vom sequentiellen zum parallelen Rechnen auf breiter Front mit dramatischen Auswirkungen auf Anwendungen, Forschung, und Lehre.**

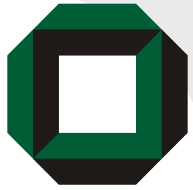


Was sind die Folgen? (3)

- Die Softwarehersteller und die Informatikausbildung müssen rasch auf Parallelverarbeitung umstellen, um Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten.
 - Umstellung von existierenden Anwendungen
 - Erstellung neuer, paralleler Anwendungen



GRUNDLAGEN PARALLELVERARBEITUNG



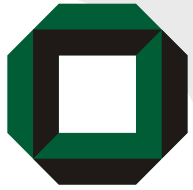
Programmieransätze & Terminologie

Def.: **parallel** [griechisch]

Allgemein: nebeneinander verlaufend, in gleichem Abstand [Brockhaus]

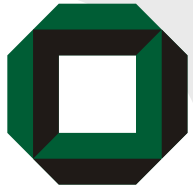
Informatik: gleichzeitig ablaufend

Anmerkung: In der Informatik-Literatur wird manchmal zwischen „nebenläufig“ (im Sinne von „nicht kausal von einander abhängig“) und „parallel“ (im Sinne von „simultan“) unterschieden. Diese Unterscheidung werden wir an keiner Stelle brauchen und verwenden daher beide Begriffe synonym.



Programmieransätze & Terminologie: Überblick

- Grundsätzlich zwei wichtige Programmieransätze
- Für Parallelrechner mit gemeinsamem Speicher
 - Prozesse und Kontrollfäden (engl. Threads)
 - z.B. Anwendung bei Multikernrechnern
- Für Parallelrechner mit verteiletem Speicher
 - Nachrichtenaustausch (engl. Message Passing)
 - z.B. Anwendung bei Rechnerbündel
 - Wird in dieser Vorlesung nicht weiter behandelt.



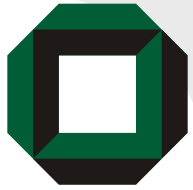
Programmieransätze & Terminologie: gemeinsamer Speicher (1)

Prozess

- Wird durch Betriebssystem erzeugt
- Enthält Informationen über Programmressourcen und Ausführungszustand, z.B.
 - Code-Segment (Programminstruktionen)
 - Daten-Segment (für globale Variablen, Halde)
 - Mind. 1 Kontrollfaden
- CPU-Kontextwechsel zwischen Prozessen langsam

Kontrollfaden

- Unabhängiger Instruktionsstrom, der ausgeführt werden kann
- Existiert in einem Prozess
- Ein Faden hat eigenen
 - Befehlszeiger
 - Keller
 - Register-Kopien
- Teilt sich mit anderen Fäden
 - Adressraum
 - Code/Daten-Segment
 - Andere Ressourcen (z.B. geöffnete Dateien, Sperren, etc.)
- CPU-Kontextwechsel zw. Fäden des gleichen Prozesses schneller



Programmieransätze & Terminologie: gemeinsamer Speicher (2)

- Prinzipielles Vorgehen bei gemeinsamen Speicher
 - Fäden enthalten parallel auszuführende Aufgaben (Instruktionen)
 - Informationsaustausch über gemeinsam genutzte Variablen im Speicher
 - Synchronisationskonstrukte koordinieren Ausführung im Falle von Daten- oder Kontrollabhängigkeiten
 - Fäden werden grundsätzlich vom Betriebssystem erzeugt und auf Prozessoren bzw. Kerne verteilt
 - Schnittstelle dazu meist in Programmiersprachen eingebaut (z.B. Java Threads) oder über Bibliotheken.