

Rechnerarchitektur

Jürgen Ruf
Institut für Informatik

Ansprechpartner

- Jürgen Ruf
 - Raum 02-033
 - Gebäude 052
 - Sprechzeiten
 - Dienstags von 14:00-15:00
 - Donnerstags von 13:00-14:00
 - email: jruf@informatik.uni-freiburg.de

Wer bin ich

- Vertretung der Professur für Betriebssysteme am Lehrstuhl für Rechnerarchitektur
- Informatik Studium in Karlsruhe
- Promotion in KA
- seit 1999 Postdoc in Tübingen
- Forschungsinteressen
 - HW/SW-Systementwurf (Vertiefungsvorlesung, MI 10-12)
 - ┆ Systembeschreibungssprachen, Entwurfsmethodik
 - Verifikation/Simulation (Seminar, DO 10-12)
 - ┆ formale Methoden
 - ┆ Kombination

Organisation

- Scheinvergabe:
Bestehen der Klausur am Ende des Semesters
- Vorlesung/Übung donnerstags:
im Wechsel jeweils 1,5 Stunden
- Vorlesung:
45 Minuten, 5 Minuten Pause, 45 Minuten

Literatur

- Patterson/Hennessy: Computer Organization and Design, **1997**
- Hennessy/Patterson: Computer Architecture, **1996**
- A. Tanenbaum: Structured Computer Organization (4th Edition), **1999**
- Hayes: Computer Architecture and Organization, **1998**

Was ist Rechnerarchitektur?

- Rechner
- -Architektur

Rechner

- „Ein Rechner ist ein universell einsetzbares Gerät zur automatischen Verarbeitung von Daten“ [Duden]

-Architektur

- „externe“
„The term architecture is used here to describe the attributes of a system as seen by the programmer ...“
[Amdahl, Blaauw, Brooks, siehe Bode/Händler 1980]
- „interne“
„The study of computer architecture is the study of the organization and interconnection of components of computer systems ...“
[Stone, siehe Bode/Händler 1980]

Zur Einstimmung

- das „Szenario“
 - von den Anfängen zum Pentium,
Chips mit 46 Millionen Transistoren
aber ...

das Szenario

- „Frühgeschichte“
 - Erste frei programmierbare Rechner
 - 1934-41 Zuse Z1, Z3
 - 1946 ENIAC
- Pentium 4

Frühgeschichte

- Altertum: griechische Zahnräder, römisches Rechenbrett
- Rechenmaschine von Schickard
- Lochkartenmaschine (um die Jahrhundertwende)
- Differentialanalysator (Bush, **1930**)

JR - RA - SS02

Einleitung

1/11

Frühgeschichte

- Theoretische Abhandlungen:
 - Turing (**1936**): "On Computable Numbers"
 - Shannon (**1936**): Verbindung zwischen symbolischer Logik und elektrischen Schaltungen
- Binäre Addiermaschine (Stibitz, **1937**)
- Allzweck-Computer (Zuse, **1938**)

JR - RA - SS02

Einleitung

1/12



Geschichte des Rechners

- **Colossus (1943)**: Knacken von Geheimcodes
- von Neumann beschreibt wesentliche Elemente eines Computersystems (**1945**)
- **ENIAC (1946)**: erster (großer) elektronischer Digitalrechner

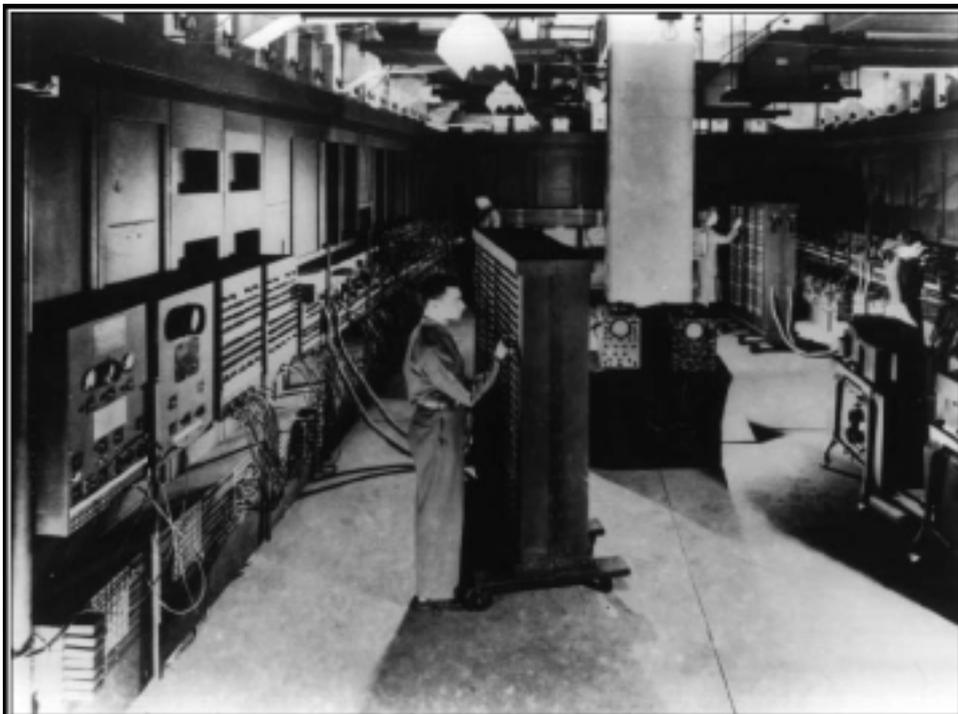
ENIAC

- 30 Tonnen, 3m hoch, 24m breit
- 18 000 Elektronenröhren
- Multiplikationszeit: 3ms

JR - RA - SS02

Einleitung

1/15



1943-50

- Thomas Watson (IBM):
„I think there is a world market for maybe five computers.“
- Popular Mechanics:
„Computers in the future may weigh no more than 1.5 tons.“

JR - RA - SS02

Einleitung

1/17

Auf der anderen Seite:

- Erfindung des Transistors (**1947**) durch Bardeen, Shockley und Brattain
- **LEO (1951)**: erster Rechner für kaufmännische Zwecke
- Computergestützte Wahlprognose in USA (**1952**)
- Erster Magnetspeicher (Forrester, **1953**), zuvor Elektronenröhrenspeicher

JR - RA - SS02

Einleitung

1/18

- **IBM 650 (1954)**: in 15 Jahren 1500mal verkauft
- Transistoren auf Silizium (Teal, **1954**)
- **TRADIC (1955)**: erster Transistor-Computer der Bell Labs mit 800 Transistoren
- Integrierte Schaltungen und MOS (metal oxide semiconductors)

- **PDP-8 (DEC, 1965)**: erster Minicomputer mit kommerziellem Erfolg (20.000 Dollar)
- **Intel 4004 (Hoff, 1971)**: Chip, mit Zentraleinheit als wesentlichen Bestandteil
- **Altair (Roberts, 1974)**: Bausatz eines Mikrocomputers für 397 Dollar

- BASIC für *Altair* (Gates, Allen, **1975**)
- PCs für den 'Massenmarkt' (**1977**), z.B. *Apple II, Radio Shack TRS-80, Commodore PET*
- VisiCalc (**1979**): erste kaufmännische Software für PC
- IBM PC (**1981**)

1995

- ENIAC on a chip
- Laptop = alle Rechner der Welt in 1995

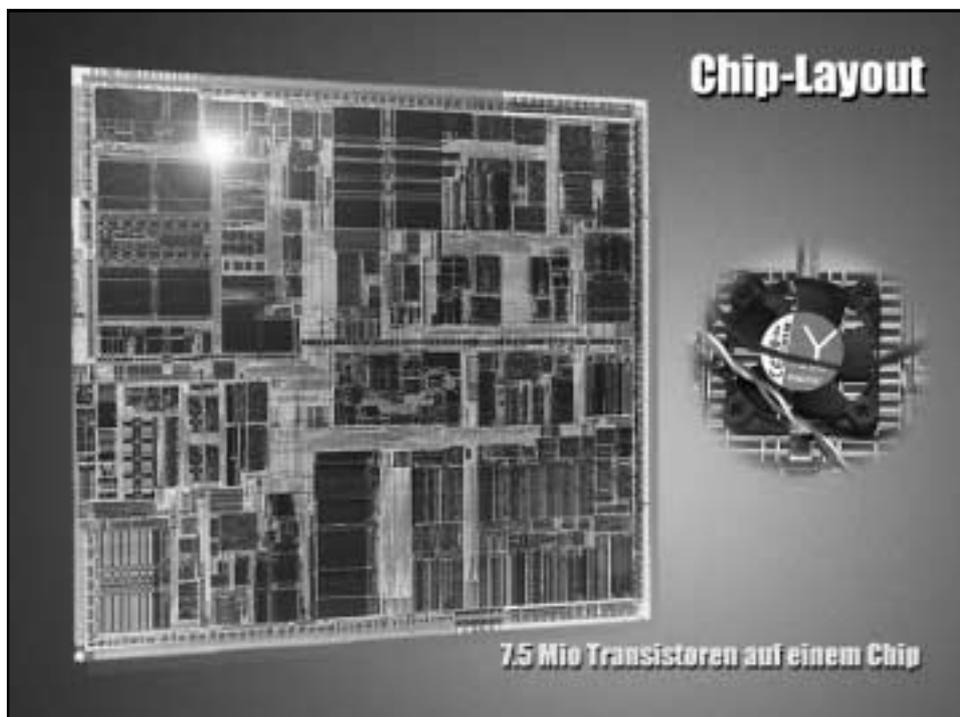
Pentium II

- 7.5 Millionen Transistoren
- Chip: 1.2 cm Kantenlänge
- 450 MHz

JR - RA - SS02

Einleitung

1/23



Pentium 4

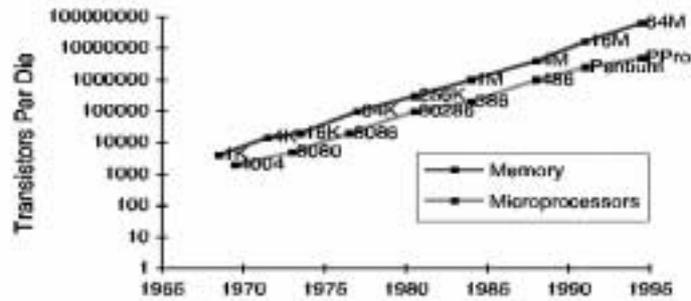
- Chipgröße 217 mm²
- Zahl der Transistoren 42 Millionen
- Taktfrequenz 2 GHz
- Taktzyklen pro Instruktion 0.17

Moore's Law

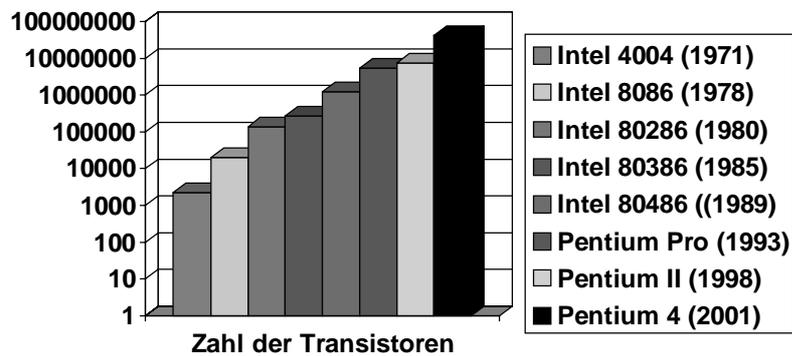
- Verdopplung der Transistor-Dichte alle 18 Monate
(Gordon Moore, Mitbegründer von Intel, 1965)



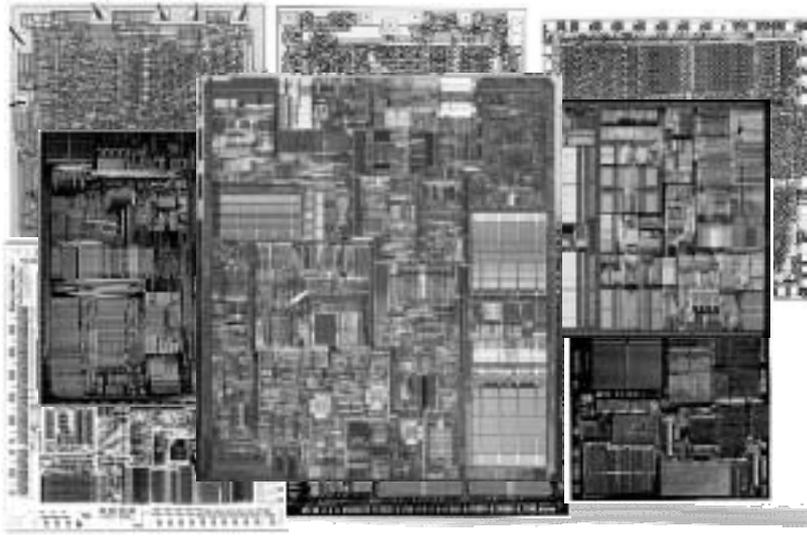
Moore's Law



Anstieg der Komplexität



Anstieg der Komplexität



JR - RA - SS02

Einleitung

1/29

aber:

- kein Gesetz,
sondern Voraussage,
was technologisch möglich

JR - RA - SS02

Einleitung

1/30

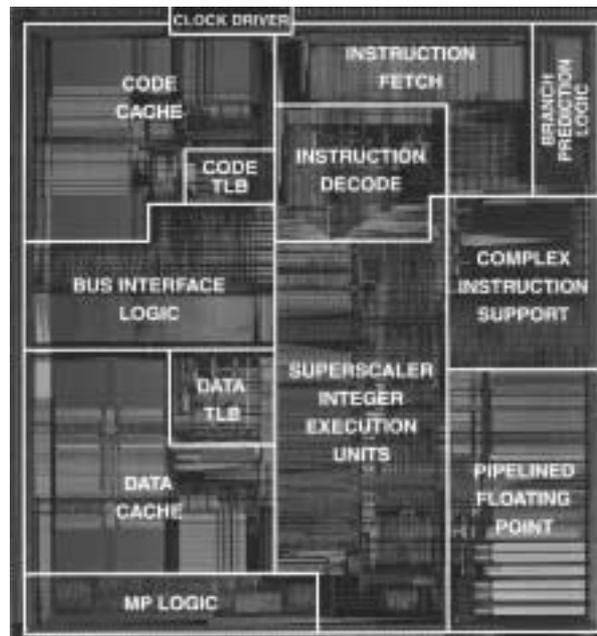
Vorsicht!

- Mars Pathfinder Mission
- Challenger
- ...
- **Pentium Bug**

JR - RA - SS02

Einleitung

1/31



Designgap

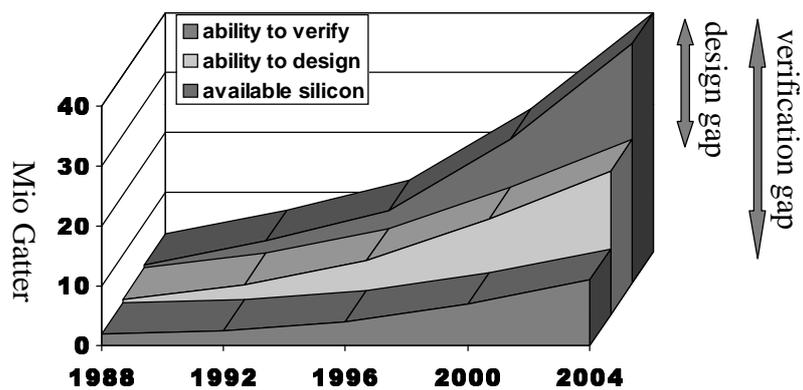
- Die Größe von Systemen übersteigt die Fähigkeiten im Entwurf auf niedrigen Abstraktionsebenen

JR - RA - SS02

Einleitung

1/35

Design-/Verification Gap



JR - RA - SS02

Einleitung

1/36

■ Was tun mit all den Transistoren?

■ Wie entwerfen?