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

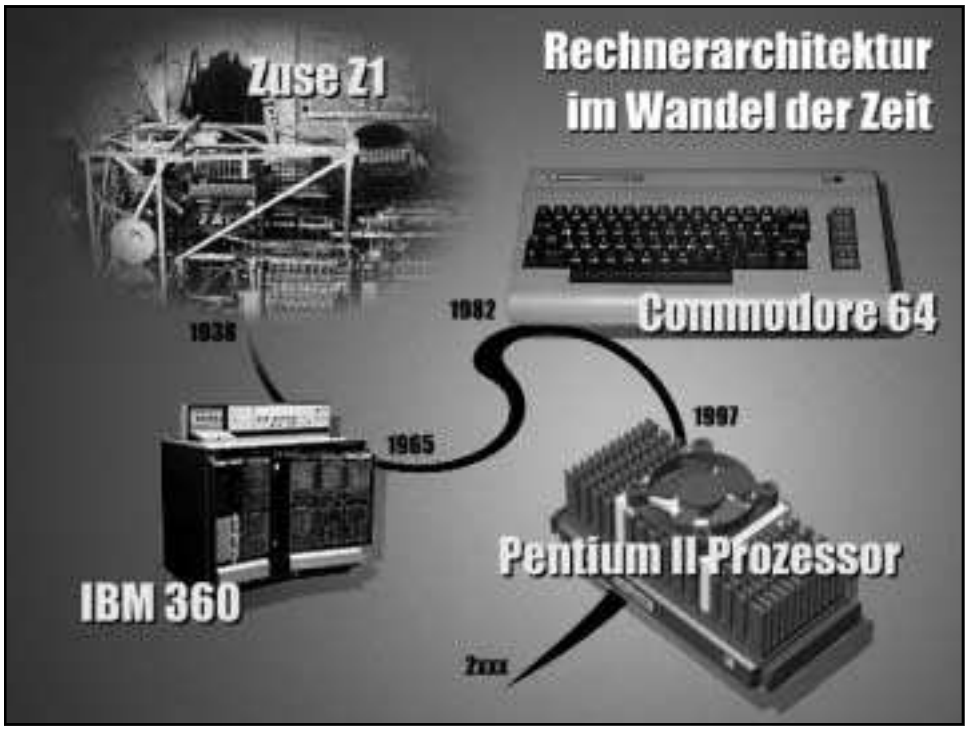
- „Frühgeschichte"
- Erste frei programmierbare Rechner
  1934-41 Zuse Z1, Z3
  1946 ENIAC
- Pentium 4

Frühgeschichte

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

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**)

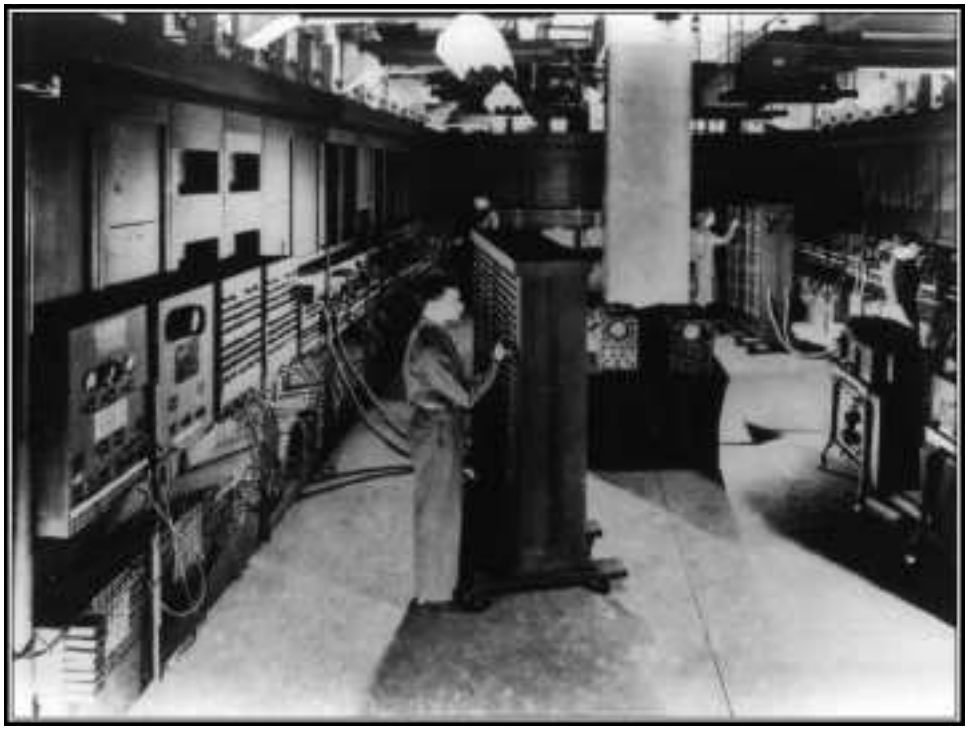


Geschichte des Rechners

- ***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



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."

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

- ***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

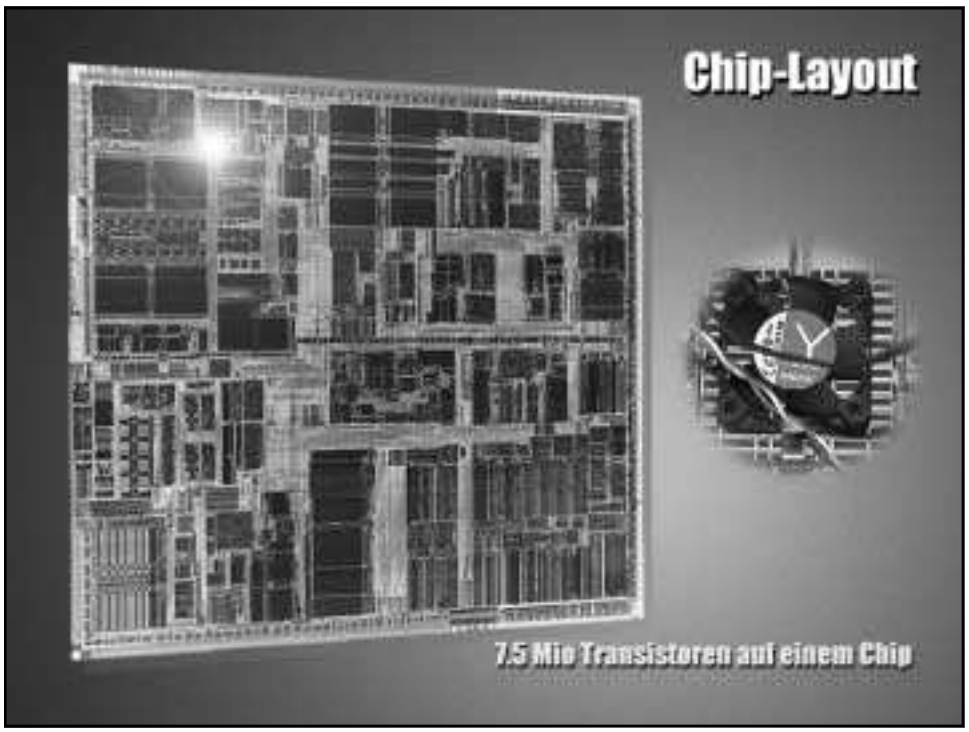
- BASIC für ***Altair*** (Gates, Allen, **1975**)
- PCs für den 'Massenmarkt' (**1977**), z.B. ***Apple II***, ***Radio Shack TRS-80***, ***Commodore PET***
- VisiCalc (**1979**): erste kaufmännische Software für PC
- IBM PC (**1981**)

1995

- ENIAC on a chip
- Laptop = alle Rechner der Welt in 1950

Pentium II

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



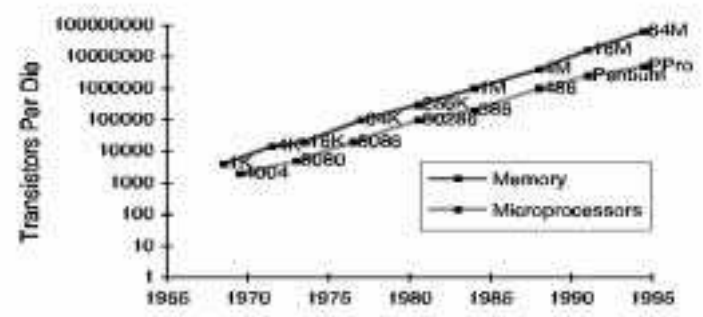
Pentium 4

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

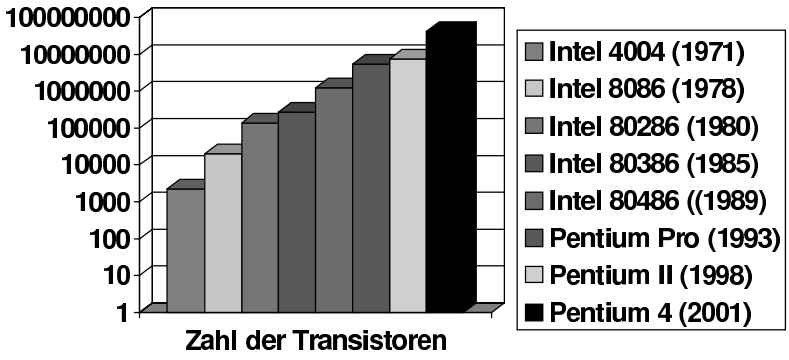
Moore's Law

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

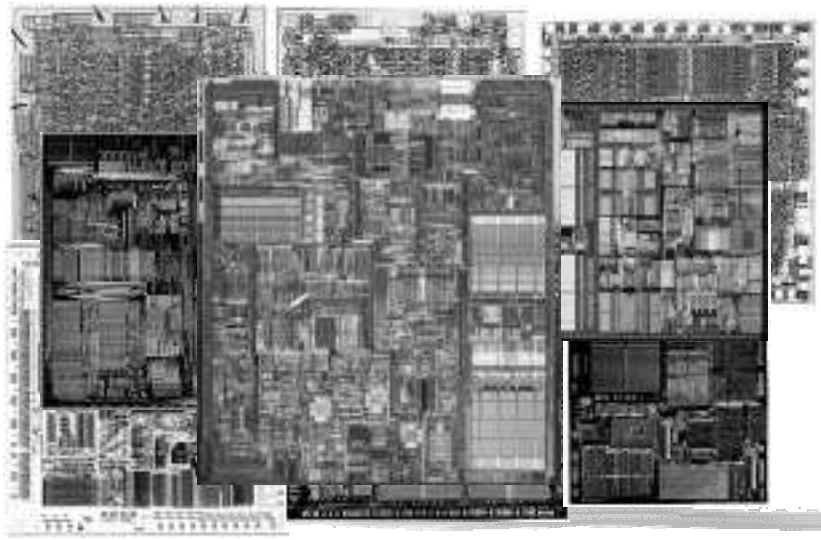
Moore's Law



Anstieg der Komplexität



Anstieg der Komplexität



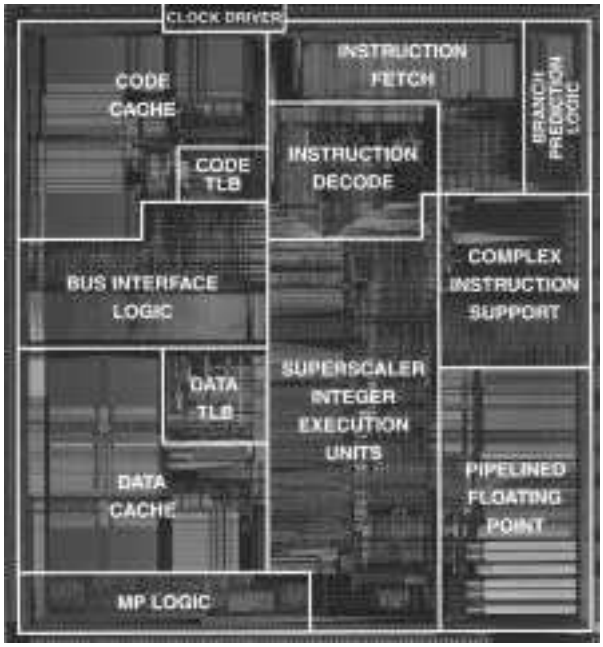
aber:

- kein Gesetz,

  sondern Voraussage,
  was technologisch möglich

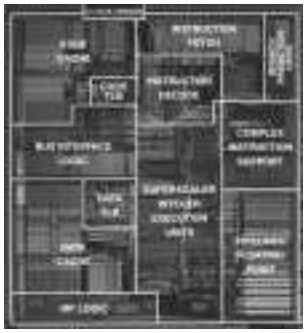
Vorsicht!

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



Pentium Bug

- Fehler in FP-Unit
- Imageverlust
- 475 Millionen $

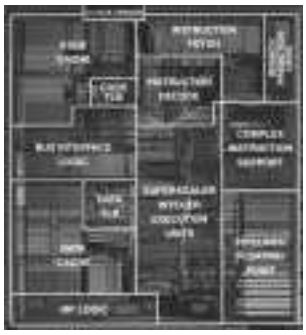


Pentium Bug

x = 4195835

y = 3145727

z = x - (x/y)*y

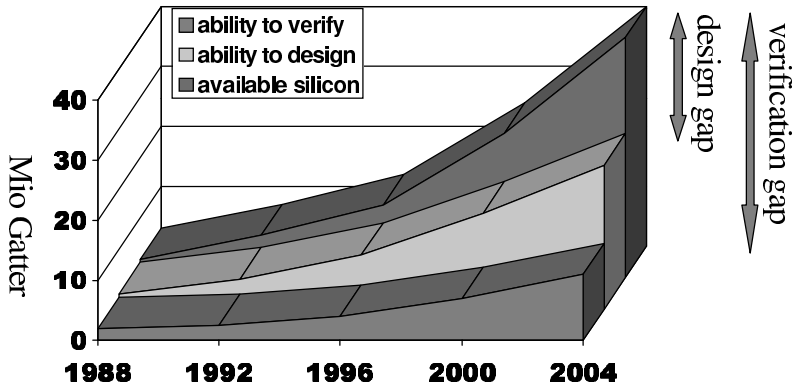


z = 256 !!

Designgap

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

Design-/Verification Gap



- Was tun mit all den Transistoren?
- Wie entwerfen?