

# Computergrundlagen Geschichte des Computers

**Maria Fyta**

Institut für Computerphysik  
Universität Stuttgart

Wintersemester 2016/17

## Computer aus der Antike: Abakus



Chinesischer Abakus

- ein mehr als 3000 Jahre altes einfaches mechanisches Rechenhilfsmittel
- vermutlich um 1100 v. Chr. im indo-chinesischen Kulturraum erfunden
- enthält Kugeln, meist Holz- oder Glasperlen, beim vergleichbaren Rechenbrett kamen auch Münzen oder sogenannte Rechensteine zum Einsatz
- ermöglicht die Durchführung der Grundrechenarten Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division sowie das Ziehen von Quadrat- und Kubikwurzeln.

# Computer aus der Antike: Mechanismus von Antikythera



Fragmente B, A, und C des Mechanismus von Antikythera

- enthält eine Vielzahl von Zahnrädern in ähnlicher Anordnung wie in einer Räderuhr
- diente als Modell für die von der Erde aus beobachtbaren Bewegungen von Sonne und Mond mit Hilfe von Anzeigen auf runden Skalen
- 1900: von Schwammtauchern in einem Schiffswrack gefunden

## 1624: Rechenmaschine von W. Schickard



Wilhelm Schickard,  
1592 - 1635



Nachbau der Rechenmaschine von W. Schickard

- erste mechanische Rechenmaschine
- beherrschte das Addieren und Subtrahieren bis zu sechsstelligen Zahlen
- einen „Speicherüberlauf“ signalisierte sie durch das Läuten einer Glocke
- für komplexere Berechnungen waren Napiersche Rechenstäbchen darauf angebracht

## 1642: Rechenmaschine von B. Pascal



B. Pascal,  
1623 - 1662



Eine Pascaline aus dem Jahr 1652

- mechanische Rechenmaschine
- addierte & subtrahierte ganze Zahlen
- nicht programmierbar

# 1801: J.M. Jacquard und seine Lochkarten



J.-M. Jacquard,

1752-1834



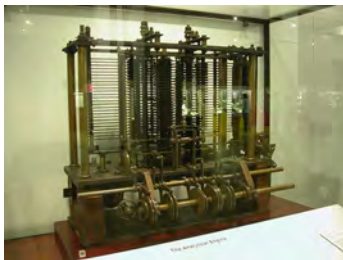
Die Lochkartensteuerung der Jacquard-Maschine

- Weiterentwicklung des Webstuhls mit Lochkartensteuerung
- es handelt sich nicht um Karten, sondern um lange Lochstreifen und somit um eine frühe Anwendung der Digitaltechnik.
- endlose Muster von beliebiger Komplexität mechanisch hergestellt werden
- Grundstein zur heutigen Automatisierung
- der Webstuhl war die erste „programmierbare“ Maschine, deren Steuerung dauerhaft aufgehoben und später erneut verwendet werden konnte

## 1837: Analytical Engine von C. Babbage



C. Babbage,  
1791 - 1871



- Vorläufer des modernen Computers
- sollte von einer Dampfmaschine angetrieben werden und wäre über 30m lang und 10m breit gewesen
- programmierbare mechanische Rechenmaschine
- 3 Lochkartenleser für Programm, Konstanten und Eingabezahlen
- 4 Grundrechenarten, Sprünge
- nie gebaut; Entwurf korrekt

# 1837: H. Hollerith



H. Hollerith,  
1860-1929



Hollerith Tisch

A punch card with a grid of 12 columns and 12 rows. Each cell contains a number from 0 to 9. Some cells have a small square hole punched out. The card is used for data entry and processing in early computers.

Lochkarte von 1880

- 1880: Hollerithmaschine bei der amerikanischen Volkszählung verwendet
- 1884: Lochkartenpatente: übertrug das Steuerungsverfahren mittels gelochter Karten auf organisatorische Problemstellungen
- Lochkarteneinsatzes zur Massendatenerfassung: Fahrkarten
- 1896: gründete die *Tabulating Machine Company*, die mit *Computing Scale Corporation* und der *International Time Recording Company* fusionierte in 1924 in *International Business Machines Corporation* (IBM) umbenannt wurde.



## Die erste Computergeneration (1940-1959)

Computer	Land	Inbetriebnahme	Gleitkomma-arithmetik	Binär	Elektronisch	Programmierbar
Zuse Z3	Deutschland	Mai 1941	Ja	Ja	Nein	Ja, durch Lochstreifen
Atanasoff-Berry-Computer	USA	Sommer 1941	Nein	Ja	Ja	Nein
Colossus	UK	1943	Nein	Ja	Ja	Teilweise, durch Neuverkabelung
Mark I	USA	1944	Nein	Nein	Nein	Ja, durch Lochstreifen
Zuse Z4	Deutschland	März 1945	Ja	Ja	Nein	Ja, durch Lochstreifen
ENIAC	USA	1946	Nein	Nein	Ja	Teilweise, durch Neuverkabelung
		1948	Nein	Nein	Ja	Ja, durch eine Matrix aus Widerständen

Quelle: Wikipedia

Eigenschaften (nicht in allen Rechner der ersten Generation):

- Vakuumröhre
- Ein(Aus)gabe durch Lochkarten
- ca. 1000 Schaltungen pro ft<sup>3</sup>

## 1941: Z3 von K. Zuse



K. Zuse,

1910 - 1995

**Z1, 1937:** programmierbare mechanische Rechenmaschine

**Z3, 1941:** elektromechanischer Rechner:

Relais und Kernspeicher

**Z4, 1945:** der einzige funktionierende Computer in Europa; erster kommerzielle Computer weltweit

- 0,9 / 1,4 Flops (Fließkomma-Operationen / Sekunde)
- Programm und Daten über eigene Lochkartenleser
- im 2. Weltkrieg zerstört, Rekonstruktion in München

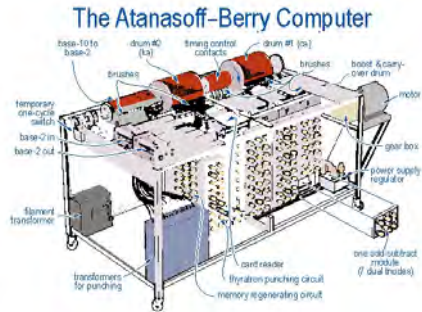


Zuse Z1



Zuse Z3

# 1941: Atanasoff-Berry Computer



- wurde von J. Atanasoff und C. Berry in den Jahren 1937-1941 gebaut
- Röhrencomputer; keine mechanischen Teile zur Durchführung der Berechnungen
- Nutzung des binären Zahlensystems
- Trennung von Berechnungseinheit und Speicher
- könnte gleichzeitig 29 lineare Gleichungen verarbeiten
- Bausteine für binäre Arithmetik wurden für das erste Mal eingesetzt

## 1943: Colossus

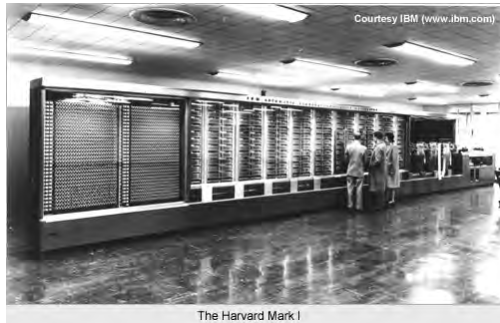


- Colossi früher in England zur Dechiffrierung von geheimen Nachrichten während des 2. Weltkriegs gebaut
- Röhrencomputer (aus 1500 Röhren in 1943)
- erlaubte die Entzifferung einer Nachricht innerhalb weniger Stunden
- Der Speicher bestand aus 5 Zeichen die photoelektrisch von einem Lochstreifen gelesen wurden
- 5000 Zeichen/Sekunde konnten bearbeitet werden

# 1944: Harvard Mark I



H.H. Aiken,  
1900-1973



- wurde von der Harvard Universität entwickelt und von IBM gebaut
- vollständig aus elektromechanischen Bauteilen gebauter Computer
- Gewicht von 5 Tonnen; Frontlänge von 16m
- wurde von US-amerikanischen Marine für ballistische Berechnungen genutzt

## 1946: ENIAC

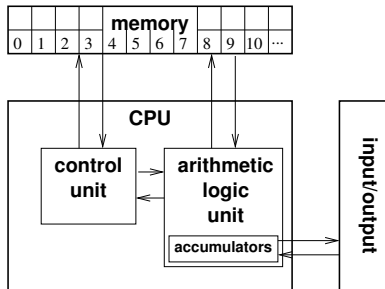


- erster rein elektronischer Universalrechner (Mauchly und Eckert)
- 350 Flops (Fließkommarechnungen pro Sekunde)
- Grundrechenarten + Wurzeln [Addition/Subtraktion in 0.2 ms, Multiplikation bis zu 2.8 ms, Division bis zu 24 ms, Quadratwurzel mehr als 300 ms]
- Programmeingabe durch Verdrahtung (einzelnen Komponenten mit Kabeln verbinden und die gewünschten Operationen auf Drehschaltern einstellen)
- 1948 Einbau eines Befehlsspeichers
- ca. hundert Programmierer (auch Frauen-zuvor ballistische Berechnungen an mechanischen Tischrechnern angestellt)

## Von Neumann-Architektur (1945)



J. von Neumann,  
1903 - 1957



- Grundlage aller modernen Rechnerarchitekturen nach ENIAC
- *ein linearer* Ganzzahl-Speicher für Programme und Daten
- random access memory (RAM) – Speicher mit wahlfreiem Zugriff
- Befehle sind Zahlen im Speicher, können überschrieben werden und werden sequenziell abgearbeitet
- *Befehlszähler* enthält die Adresse des aktuellen Befehls; wird normalerweise hochgezählt
- Sprünge und Verzweigung sind spezielle Befehle

## Die zweite Computergeneration (1960-1964)



Der Transistor (1947, J. Bardeen, W. Brattain, W. Schockley) könnte die Elektronenröhre als Schalt-, Steuer-, Speicher- und Verstärkerelement in Computeranlagen weitgehend ablösen.

Die Rechengeschwindigkeit wird auch erhöht.

Eigenschaften: Transistoren und ca. 100000 Schaltungen pro  $ft^3$



## 1960: UNIVAC LARC



### LARC in Lawrence Radiation Laboratory

- Der erster Versuch einen Supercomputer zu bauen
- 2 CPUs (eine für die Berechnungen und eine für das Ein/Ausgabe System), 500 kFlops
- Lösung von Differenzialgleichungen

# 1961: IBM 7030 STRETCH



Die Konsole



die 33ft Länge

- Langsamer als erwartet, aber von 1961 bis 1964 der schnellste Rechner der Welt
- Im Maximalbau standen 2262.144 Wörter (2MByte) zur Verfügung
- Die Breite der Befehlwörter war schaltbar zwischen 32Bit und 64Bit.
- erster Vertreter der 64-Bit-Architektur

## Die dritte Computergeneration (1964-1975)

- Fortschreitende Miniaturisierung und Integration der Bauteile von elektronischen Schaltungen
- Transistoren und Dioden werden zusammen mit Kondensatoren und Widerständen zu Funktionsgruppen (Modul) zusammengefaßt
- 160000 Additionen in eine Sekunde statt 1300 Additionen in der gleichen Zeit von einem Computer der 2. Generation.

Eigenschaften:

- großflächige integrierte Schaltkreise (integrated circuit)
- ca.  $10^6$  Schaltungen pro  $\text{ft}^3$

## 1964: IBM System/360



Quelle: Computer Pictures Database

- eine Großrechnerarchitektur
- general purpose (360 Rad von Anwendungen)
- 32- oder 64-Bit Gleitkommaworte mit hexadezimaler Basis.
- wurde in den letzten 40 Jahren kontinuierlich weiterentwickelt (zur Zeit die System z Architektur)

## 1965: RCA Spectra 70 Series



RCA Spectra 70 Model 46

- Viele CPU Modelle
- Speicher Kapazität erstreckt sich von 4,096 bytes (70/15 Model) bis 524,288 bytes (70/55 Model).
- gleichzeitige Ein- und Aus-gabe möglich

## Die vierte Computergeneration (1975-2000er)



Eingeleitet durch die Entwicklung integrierter Schaltkreise (Integrated Circuit - IC); einzelne Bauteile wurden mit ihren Verbindungsleitungen in das Innere von Siliziumkristallen 'integriert'.

Eigenschaften:

- (sehr) großflächige integrierte Schaltkreise
- kontinuierliche Miniaturisierung
- $10^9$  Schaltungen pro  $\text{ft}^3$

## 1976: Apple I / II



- 1976: Apple I, erster „Serien“-PC, 100 Exemplare
- 1977: Apple II, 2 Millionen Exemplare
- 8-bit CPU (6502), 48kB RAM, 1000 Flops
- Massenmarkt: C64 – 30 Millionen Exemplare
- Grund: zahlreiche Computerspiele
- erst ab ca 1990 setzen sich IBM-kompatible Heim-PCs durch

## 1982: Cray X-MP



Konsole von CRAY X-MP/48



CRAY X-MP/24 im Barcelona  
 Supercomputing Center

- Hauptentwickler Steve Chen
- von 1983-1985 der schnellste Computer der Welt
- theoretische Rechenleistung von 200 Megaflops pro Prozessor
- 2 oder 4 Prozessoren
- verbesserte Unterstützung für verkettete Berechnungen, parallele arithmetische Pipelines und Zugriff auf geteilten Speicher über mehrere Pipes



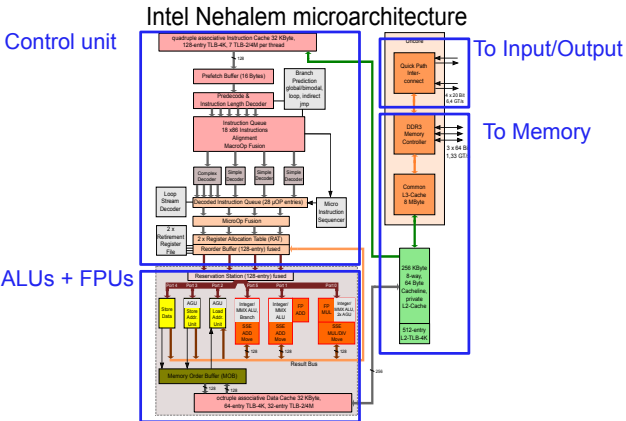
## 1984: HP 9000



HP 9000 715

- ab 1982 von Hewlett Packard gebaut Workstations und Server-Systeme
- 16- und 32bit Workstations

# 2008: Intel Nehalem



- auch ein Nehalem-Kern ist immer noch eine von Neumann-CPU
- ... aber mit 50-100 Gigaflops
- Millionen verkaufte Einheiten — pro Jahr





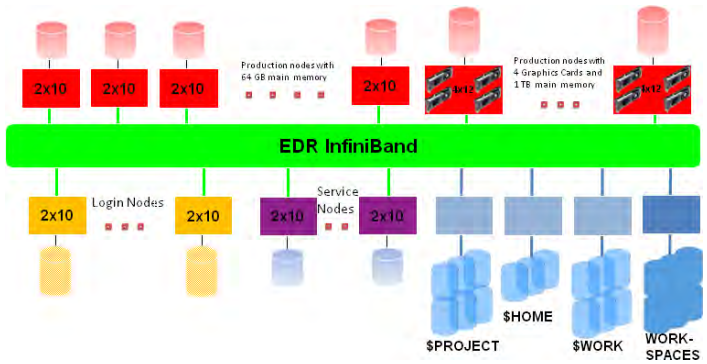
## Die fünfte Computergeneration (aktuell und Zukunft)

### Zusammenstellung von charakteristischen Technologien

- extrem großflächige integrierte Schaltkreise
- Parallelverarbeitung integrierter Schaltkreise
- superschnelle Logic- und Speicherchips
- Integration von Sprache und Daten für wissens-basierte Plattformen
- Erstellung von virtuelle Realität
- Satelliten-Links (Telekommunikationsnetz)
- Ziel: Entwicklung von Geräten die zur natürliche Spracheingabe reagieren, lernfähig und selbstorganisierend sind
- Zukünftige Entwicklungen
  - Biocomputer (Nützung biologischer Systeme)
  - Verknüpfung zwischen biologischer und technischer Informationsverarbeitung
  - Quantencomputer (optische Signalverarbeitung)

# Rechnenarchitekturen in BW

## Konfiguration des ForHLR II - SCC Karlsruhe



Quelle: <https://www.scc.kit.edu/>



## Modernes Rechnen

- **Grid Computing:** virtueller Supercomputer aus Cluster gekoppelten Rechnern (z.B. Proteinfaltung: Folding@home <http://folding.stanford.edu/>)
- **Cloud Computing:** IT-Infrastrukturen (Rechenkapazität, Datenspeicher, Netzwerkkapazitäten, Software) dynamisch über ein Netzwerk zu Verfügung zu stellen
- **Autonomic Computing:** Selbstmanagement (Selbstkonfiguration, Selbstoptimierung, usw.)
- **Ubiquitous Computing - ubicomp (Rechnerallgegenwart):** Internet mit mobilen Anwendungen über seine klassische Domäne hinaus ausbreiten ( PC sollte als Gerät verschwinden und durch 'intelligente Gegenstände' ersetzt werden)
- **Wearable Computing (tragbare Datenverarbeitung):** Entwicklung von tragbaren Computersystemen (Computersystem, das während der Anwendung am Körper des Benutzers befestigt ist, z.B. Google Glass Projekt)



## Parallelisierung: parallele Programmierung

- ein Computerprogramm in einzelnen Abschnitten aufteilen, die nebenläufig ausgeführt werden können
- nebenläufige Programmabschnitte synchronisieren
- Effizienzsteigerung (mehrere Prozessorkerne)
- Programmteile werden in separaten Prozessen oder Threads (Teil eines Prozesses) ausgeführt
- Multi-tasking: Programmteile können auch quasi-parallel ausgeführt werden; mehrere unabhängige Prozesse laufen nebeneinander



## Parallelisierung: Effizienz Architekturen

- Computercluster: Anzahl von vernetzten Rechnern
- Mehrere CPUs
- Multicore-Prozessoren (SMP-symmetric multiprocessing;  $\geq 2$  identische Prozessoren besitzen gemeinsamen Adressraum)
- GPUs (Grafikkarten - Daten werden so umgewandelt, dass der Monitor oder Beamer alles als Bild wiedergeben kann)

### Protokolle

- Message Passing Interface (MPI): beschreibt den Nachrichtenaustausch bei parallelen Berechnungen auf verteilten Computersystemen
  - Implementierungen: C++, C, Fortran, C#, Python, Java, Perl, R
- OpenMPI (C, Fortran), parallel python, ...

Wichtig: Entsprechende Compilers müssen verwendet werden und der Code muss von der Parallelisierung profitieren!