

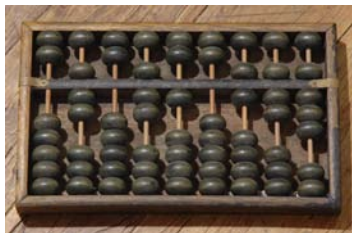
# Computergrundlagen Geschichte des Computers

**Maria Fyta**

Institut für Computerphysik  
Universität Stuttgart

Wintersemester 2015/16

## 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



Die im Archäologischen Nationalmuseum (Athen) ausgestellten Fragmente B, A, und C

- 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



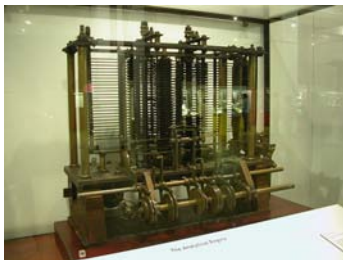
Die Lochkartensteuerung der Jacquard-Maschine

- 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

|   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |    |   |    |    |    |    |    |    |
|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|---|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | CH | UM | Jp | Ch | On | In | 20 | 50 | 80 | Dv  | Un | 3  | 4  | 3 | 4  | A  | E  | L  | a  | e  |
| 5 | 6 | 7 | 8 | CL | UL | O  | Nu | Gd | Mo | 25 | 55 | 85 | Wt  | Uf | 1  | 2  | 1 | 2  | B  | F  | H  | b  | b  |
| 1 | 2 | 3 | 4 | CS | US | Mb | B  | H  | O  | 30 | 60 | 10 | 2   | Mr | O  | 15 | O | 15 | C  | G  | W  | c  | i  |
| 5 | 6 | 7 | 8 | Mo | Id | VC | W  | F  | 5  | 35 | 65 | 1  | 3   | Sg | 5  | 10 | 5 | 10 | D  | H  | O  | d  | X  |
| 1 | 2 | 3 | 4 | Fh | Ff | Fa | 7  | 1  | 10 | 40 | 70 | 90 | 4   | 0  | 1  | 3  | 0 | 2  | St | I  | P  | e  | 1  |
| 5 | 6 | 7 | 8 | Rh | Rf | Ra | 8  | 2  | 15 | 45 | 75 | 95 | 100 | Un | 2  | 4  | 1 | 3  | 4  | K  | Un | f  | m  |
| 1 | 2 | 3 | 4 | X  | Un | Pf | 9  | 3  | 1  | e  | X  | R  | L   | E  | A  | 6  | 0 | US | Ir | So | US | Ir | So |
| 5 | 6 | 7 | 8 | Ot | En | Ml | 10 | 4  | x  | 6  | T  | S  | H   | F  | B  | 10 | 1 | Gr | Zh | Wa | Gr | Zh | Wa |
| 1 | 2 | 3 | 4 | V  | R  | OK | 11 | 5  | 1  | e  | E  | T  | H   | G  | C  | 15 | 2 | Sv | FC | EC | Sv | FC | EC |
| 5 | 6 | 7 | 8 | 7  | 4  | 1  | 12 | 6  | m  | f  | NG | U  | O   | H  | D  | Un | 3 | Nv | Bo | Bu | Nv | Bo | Bu |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 8  | 5  | 2  | 0e | 0  | n  | g  | a  | V  | P   | I  | AL | Wa | 4 | Dk | Pr | It | Dk | Pr | It |
| 5 | 6 | 7 | 8 | 9  | 6  | 3  | 0  | p  | o  | b  | b  | V  | Q   | K  | Un | Fa | 5 | Bu | Ot | Un | Bu | Ot | Un |

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 | Gleitkommaarithmetik | 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

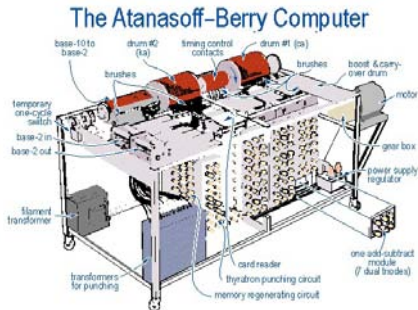


Zuse Z1



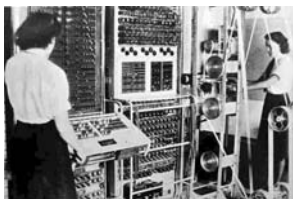
Zuse Z3

# 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

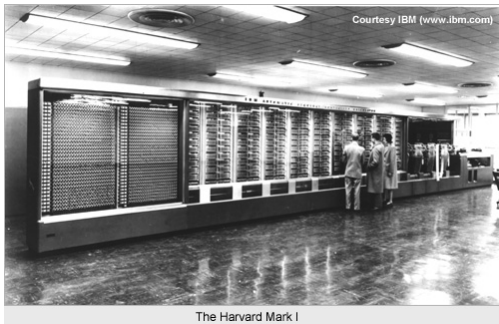


- Colossi früher in England zur Dechiffrierung von geheimen Nachrichten während des 2. Weltkriegs gebaut
- Röhrencomputer (aus 1500 Röhren in 1943)
- erlaubte die Entzifferung einer Nachricht innerhalb weniger Stunden
- Der Speicher bestand aus 5 Zeichen die photoelektrisch von einem Lochstreifen gelesen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

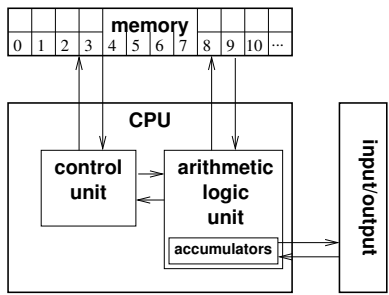


- erster rein elektronischer Universalrechner (Mauchly und Eckert)
- 350 Flops (Fließkommarechnungen pro Sekunde)
- Grundrechenarten + Wurzeln [Addition/Subtraktion in 0.2 ms, Multiplikation bis zu 2.8 ms, Division bis zu 24 ms, Quadratwurzel mehr als 300 ms]
- Programmeingabe durch Verdrahtung (einzelnen 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)

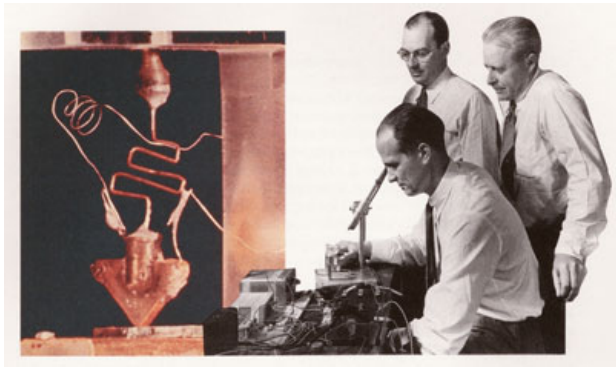


J. von Neumann,  
1903 - 1957



- 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<sup>3</sup>



## 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







## 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)

## 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!