

Grundlagen der Informationsverarbeitung

Prof. Dr. Lutz Zipfel
Lutz.Zipfel@web.de

Was ist Informatik

- Einfache Definition:
 - Informatik ist die Wissenschaft von der systematischen Verarbeitung von Informationen, insbesondere der automatischen Verarbeitung mit Hilfe von Digitalrechnern.
- Informatik ist weder Natur- noch Technikwissenschaft, sondern Strukturwissenschaft (wie Mathematik), d.h.: Informatik behandelt und untersucht vom Menschen geschaffene formale Strukturen (Datenstrukturen, Sprachstrukturen, Systemstrukturen)
- Ein zentrales Thema der Informatik ist die Formulierung und Realisierung von Algorithmen.

Was ist Informatik

1. Einleitung

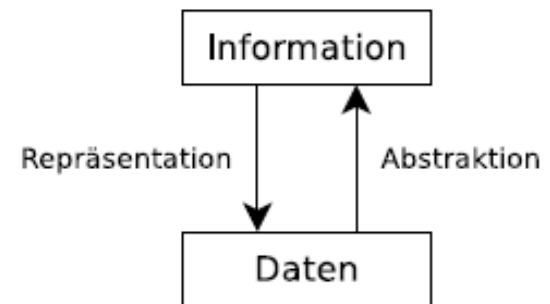
- „In der Informatik geht es genau so wenig um Computer, wie in der Astronomie um Teleskope.“ (Edsger W. Dijkstra)
- Die englische Bezeichnung der akademischen Disziplin Informatik ist Computer Science und nicht Information Technology (IT Informationstechnik)
- Bis in die 1960er Jahre war Informatik ein Spezialgebiet anderer wissenschaftlicher Disziplinen wie der Mathematik oder Elektrotechnik

Daten und Informationen

- Daten (von lateinisch *datum* = gegeben)
 - Angaben über reale Objekte
 - Eigenschaften (Attribute) von realen Objekten
 - Darstellung erfolgt mit Hilfe von Symbolen und Zeichenketten
- Informationen (lat. *Informatio*; Deutung, Erläuterung)
 - sind abstrakt
 - zweckbezogener Inhalt von Daten
- Nachrichten
 - Träger von Informationen

Daten und Informationen

- In Computersystemen (Rechnern) werden Informationen in Form von Zahlen (Nullen und Einsen) verarbeitet
- Es existieren verschiedene Wege, wie die Informationen mit Nullen und Einsen repräsentiert werden können
- Die so repräsentierten Informationen sind die Daten
- Die Repräsentation muss immer so gewählt sein, dass man aus den Daten wieder die Information zurückgewinnen kann
- Die Interpretation von Daten als Information heißt Abstraktion



Daten und Informationen

- Zeichen
 - Elemente um Informationen darzustellen (z.B.: Verkehrsampel: rot, grün, gelb)
- Zeichenvorrat
 - Menge aller vereinbarten Elemente
 - bei linearer Anordnung: Alphabet

Grundlegende Begriffe

1. Einleitung

- Computer (aus Lateinisch: computare „berechnen“)
 - Nach DIN-Definition ist ein Rechner eine Funktionseinheit zur Verarbeitung von Daten, also zur Durchführung mathematischer, umformender, übertragender und speichernder Operationen
 - Speicherprogrammierbare Rechenanlage
 - ein Rechner ist ein Computer:
 - frei programmierbar
 - hat Arbeitsspeicher für Programme und Daten
 - Anschlussmöglichkeit von peripheren Geräten zur Datenein- und Datenausgabe sowie zur Datenspeicherung
- Synonyme:
 - Rechner, Rechensysteme, Rechenanlage, Computer
 - Datenverarbeitungssysteme, DV-Anlage, EDV-Anlage

Digitalrechnerwelt



- PC, Desktops
- Laptops und Netbooks
- Mainframes, Blade Server, Cluster, Grids
- Smartphones, Handys, Tablet-PC
- Vernetzte Umgebungen und Clouds

Geschichte der Informatik

- erste Rechenhilfen
 - einfachstes Hilfsmittel: die 10 Finger
 - einfache Rechenhilfen schon 9000 v. Chr.: Knochen, Holzstäbchen, Rechensteine
 - erstes Rechenwerkzeug (etwa 1100 v. Chr. in China):

ABAKUS



Geschichte der Informatik 1. Einleitung



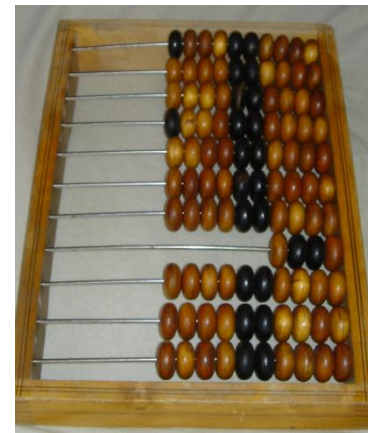
Abakus



Soropan (Japanisch)



Suanpan (Chinesisch)



Schtschjoti (Russisch)

(Quelle: Wikipedia)

Geschichte der Informatik

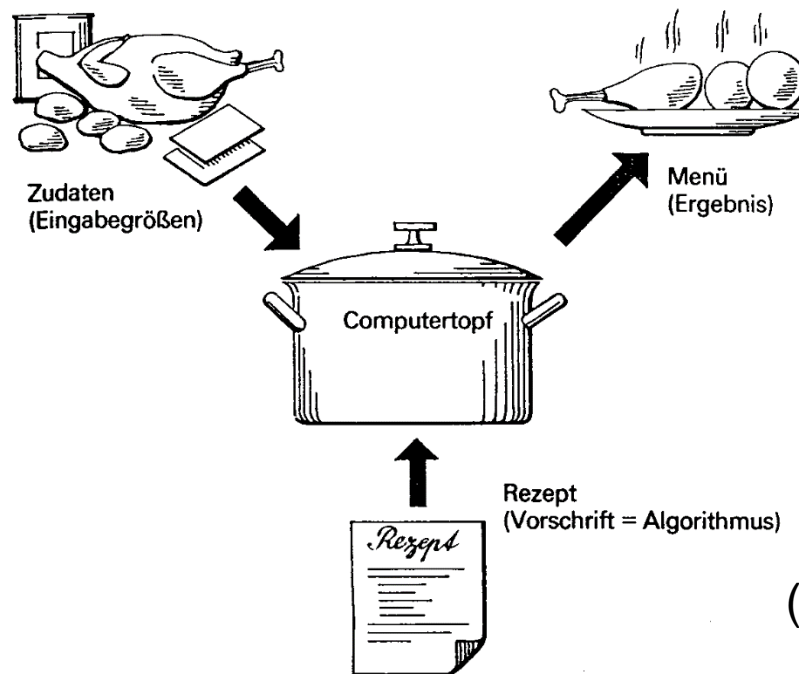
- **Algorithmus** – Herkunft des Namens
- Muḥammad ibn Mūsā al-Khwārizmī (ca. 813 – 846)
 - „*Al-kitab al-muhtasar fi hisab al jabr wa'l-muqabala*“ Rechenbuch in arabischer Sprache, das das indische Zahlensystem benutzt
 - Das Buch vom Rechnen durch Ergänzung und Gegenüberstellung stammte aus dem Ort mit heutigem Namen Khiva (Usbekistan)
- Der Name Algorithmus wurde für jede Form von Rechenvorschrift beibehalten.



al-Chwarizmi auf einer sowjetischen Briefmarke anlässlich seines 1200. Geburtstags (Quelle: Wikipedia)

Algorithmus – Intuitive Definition

- Anleitung zur Lösung eines Problems wie Kochrezept, Montageanleitung oder Strickmuster



(Quelle: IBM-Ausbildung)

Algorithmus - Programm

- **Algorithmus** muss von einer Maschine ausführbar sein, die (in der Regel) den Inhalt nicht versteht
 - Notation in einer Form mit Syntax (Einhaltung formaler Regeln) und Semantik (Bedeutung der Konstrukte)
 - man verwendet sogenannte Programmiersprachen
- **Programm**: Ein in einer Programmiersprache formulierter Algorithmus
- **Programmierung**: Alle Aktivitäten von der Problemstellung bis zum fertigen Programm
- Programmieren ist „nur“ die Umsetzung des Algorithmus in eine maschinenverständliche Sprache
- Es gibt keinen Algorithmus zum Entwerfen von Algorithmen!

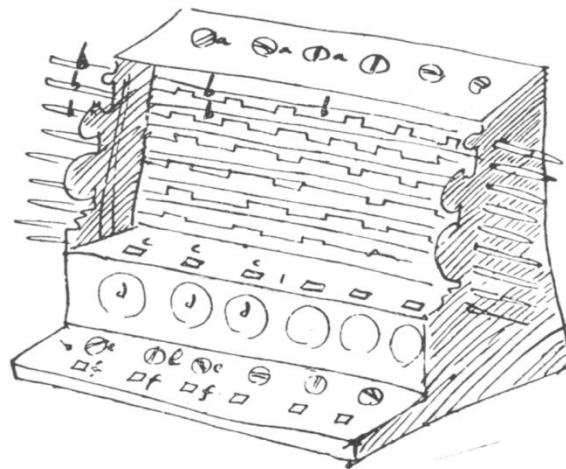
Ein antiker Analogrechner 1. Einleitung

- Das Räderwerk „Antikythera“
 - Vor der Küste von Antikythera wurde 1900 in 49 m Tiefe ein ca. 70 v.Chr gesunkenes Schiffswrack entdeckt. Darin fanden sich die Überreste eines komplexen astronomischen Zeigerinstruments.
- Es ist zwar das einzige Fundstück aus der Antike, ist aber sicher kein Einzelfall.



Wilhelm Schickard

- 1623 baute Schickard eine mechanische Rechenmaschine, die automatisch addieren und subtrahieren konnte, auch Multiplikation und Division waren möglich.



Originalskizze der Schickard-Maschine aus einem Brief Schickards an Kepler, 1623



Nachbau

(Quelle: Wikipedia)

Blaise Pascal 1642

- entwickelte die „Pascaline“, eine mechanische Rechenmaschine, für die Addition und Subtraktion sechsstelliger Zahlen.



Eine Pascaline aus dem Jahr 1652

(Quelle: Wikipedia)

Gottfried Wilhelm Freiherr von Leibniz

- London 1673: Vorstellung der Rechenmaschine „Replica“, die alle vier Grundrechenoperationen mit einem zwölfstelligen Anzeigewerk bewältigen konnte. Mit der sogenannten Staffelwalze (verschiebbarer Wagen) war Multiplikation und Division durch schnelles Addieren möglich.



Quelle: Landesbibliothek Hannover

Joseph Marie Jacquard

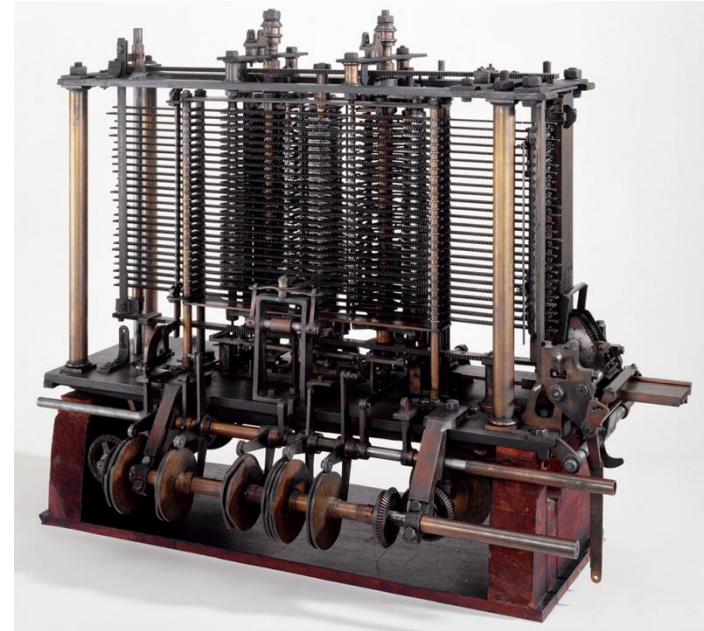
- 1804/1805 erfand der französische Weber Joseph Marie Jacquard den auf der Lochkartensteuerung von Falcon (1728) basierenden automatischen Webstuhl, der komplexe Muster weben konnte.



Quelle: Wikipedia

Charles Babbage

- Difference Engine (1812)
- Analytical Engine (1833)



Versuchsmodell der Analytical Engine

Quelle: Wikipedia

Beginn der maschinellen Datenverarbeitung

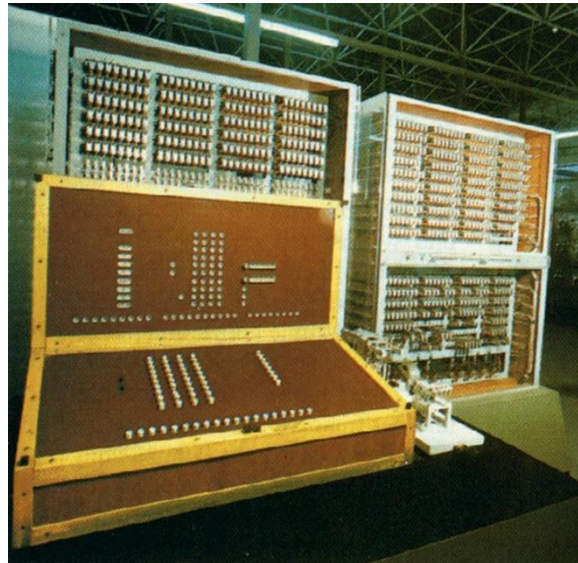
1. Einleitung

- Hermann Hollerith erfand eine elektromechanische Lochkartenapparatur.
- Während der 11. Volkszählung der USA 1890 wurden mit 43 dieser Geräte fast 63 Millionen Zählungen auf Lochkarten in vier Wochen ausgewertet.



Programmierbare Rechenmaschinen

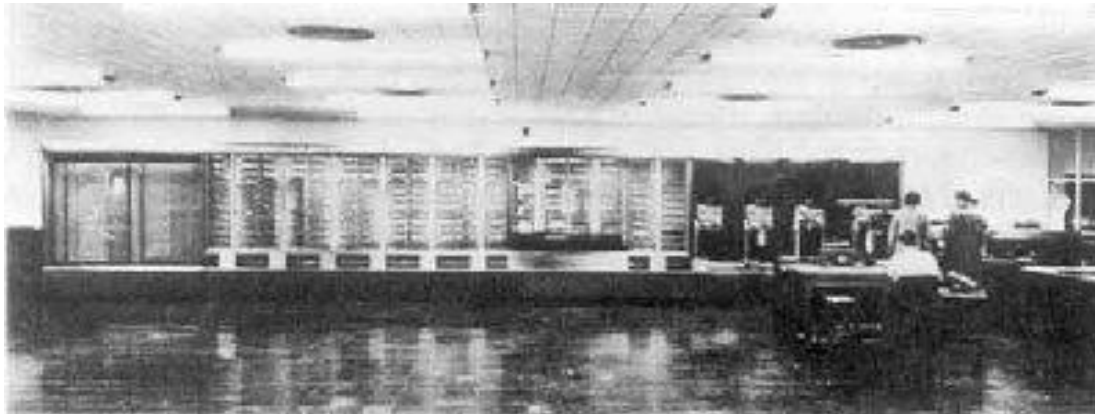
- Konrad Zuse 12. Mai 1941
- Der „Z3“ war der erste vollautomatische, programmgesteuerte, funktionierende Rechner der Welt.



„Z3“-Nachbau im Deutschen Museum
München (1966)

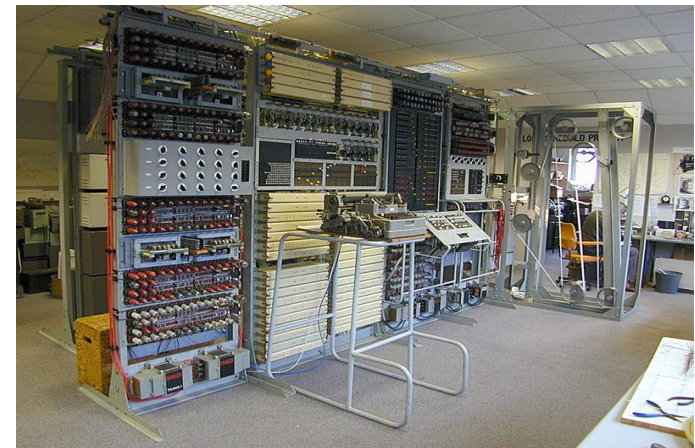
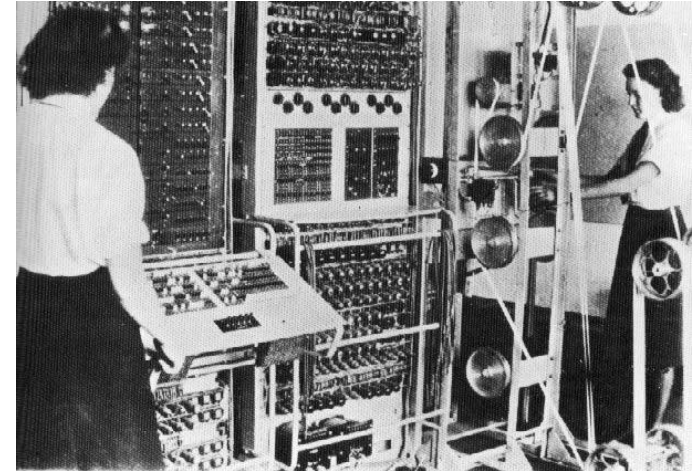
Howard Aiken, MARK I 1943

- Entwickelte den Relaisrechner „Mark I“
- Technische Daten:
 - 15 m lang, 2,5 m hoch
 - 70000 Einzelteile
 - 80 km Leitungsdraht



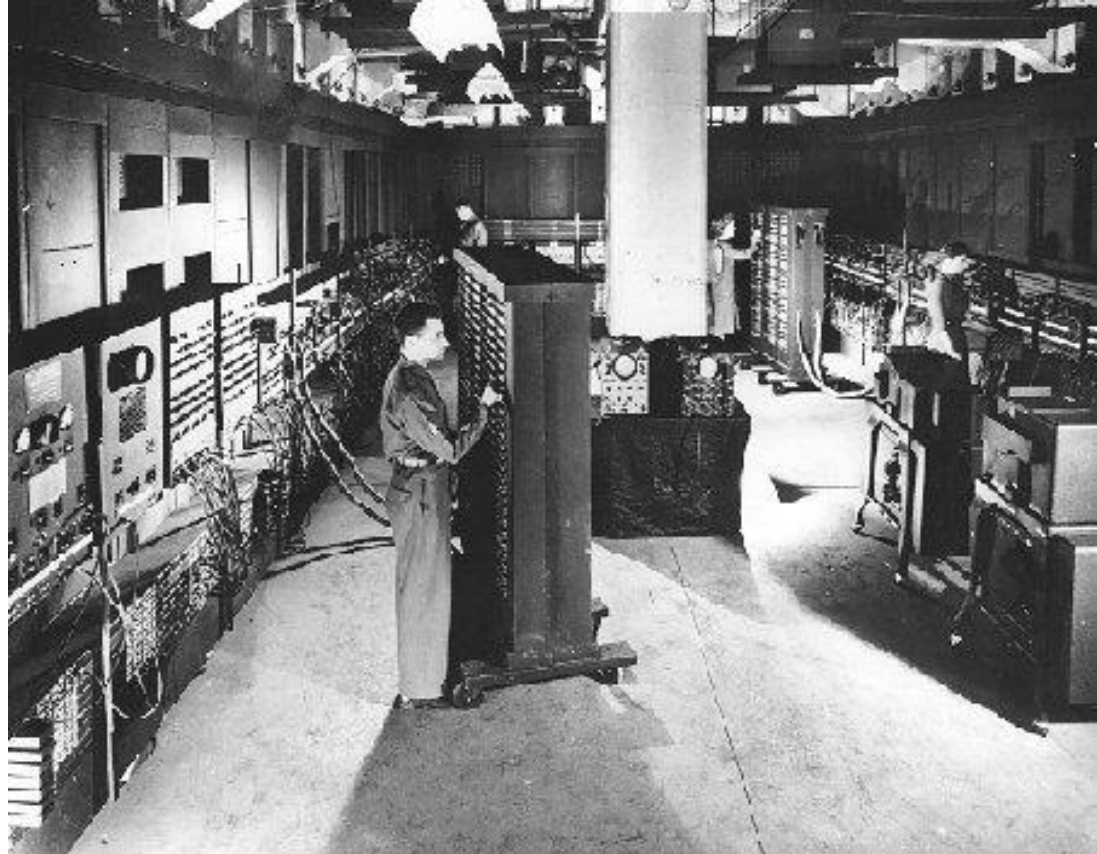
Colossus 1943

- Spezialrechner zum Code-Knacken der Enigma-Maschine.
- Nach dem Krieg wurden auf Anweisung Churchills alle Unterlagen und acht der zehn Geräte vernichtet.
- Streng geheim bis ins Jahr 1976



ENIAC 1946

- Die Kontrollelemente auf der linken Seite, ein kleiner Teil der Ausgabegeräte auf der rechten Seite
- Die ENIAC wurde programmiert, indem die Kabelverbindungen geändert wurden, was jede Menge Handarbeit bedeutete.

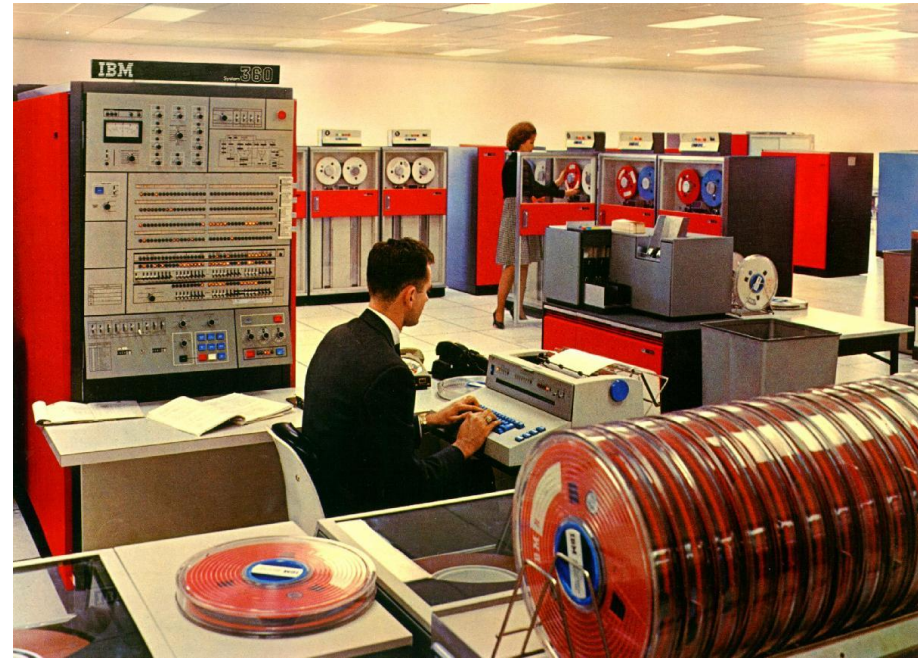


1958-1962: Die 3. Computergeneration

- entscheidender Schritt: Entwicklung des Transistors 1947 in den USA.
- im Vergleich zur Röhre oder Relais: Ideales Steuerelement, da
 - Geringerer Stromverbrauch,
 - Kleineres Volumen,
 - Sehr viel schnellere Schaltvorgänge.

IBM 360

1. Einleitung



Computer-Familie IBM System /360 mit den wichtigsten Eingabe- und Ausgabe-Einheiten

IBM 360

1. Einleitung



EC 1040 (1975)

1. Einleitung



ESER – Einheitliches System elektronischer Rechanlagen

ЕС ЭВМ - Единая система - Электронная вычислительная машина

1971... Die 4. Generation

- **Merkmale:** Hochintegrierte und sehr hoch integrierte Schaltkreise zum Bau von Mikroprozessoren
- 1971: Intel's 4004
 - 2300 Transistoren auf einem IC
 - Taktfrequenz: 108 kHz
 - 60000 Befehle pro s (=0,06 MIPS)

Fugaku 2020/2021

- Japan (Forschungsinstitut Riken; Fujitsu)
- 158.976 A64FX-Prozessoren mit jeweils 48 ARM-CPU-Kernen
- Pro Prozessor 4 HBM2 (High Bandwidth Memory) Speicherstapel mit jeweils 8 GByte: in Summe 5 Petabyte
- Jeder der knapp 7,7 Millionen Rechenkerne enthalten jeweils zwei Scalable Vektor Extension, die 512 Bit Instruktionen verarbeiten können
- Bei 2,2 GHz CPU-Taktfrequenz: 537 Petaflops (537 Milliarden Gleitkommaoperationen)



Quelle: Riken Center for
Computational Science

Frontier von HPE (Hewlett Packard Enterprise)

- Leistung: 1,1 ExaFlops (ca. 1,1 Trillion Berechnungen pro Sekunde)
- Spitzenleistung: 1,7 ExaFlops
- 9408 AMD Prozessoren des Typs Epyc 1A53 (angepasste 64-Kern Prozessoren)
- Pro Prozessor vier GPU-Beschleuniger
- In Summe: 37.632 Karten mit 75.264 GPUs
- Hauptspeicher: 9,2 Petabyte



Frontier (erstes ExaFLOP-System der TOP500)

Einsatzgebiete von Hochleistungsrechnern

1. Einleitung

- Forschung
 - Klimawandel, Astrophysik, ...
- Produktentwicklung
 - Mikrochip-Entwurf, Werkstofftests, Virtuelle Prototypen, ...
- Informationssysteme
 - Datenbanken, Suchmaschinen, Wetterdienste, ...
- Virtuelle Umgebungen
 - Fahrzeugsimulationen, Architekturplanungen, ...
- Gesundheitswesen
 - Medikamentenentwicklung, Genomanalyse, ...
- Finanzdienstleistungen
 - Fonds- u. Risikoanalysen, High-Frequency-Trading, ...

Was bringt die Zukunft?

1. Einleitung

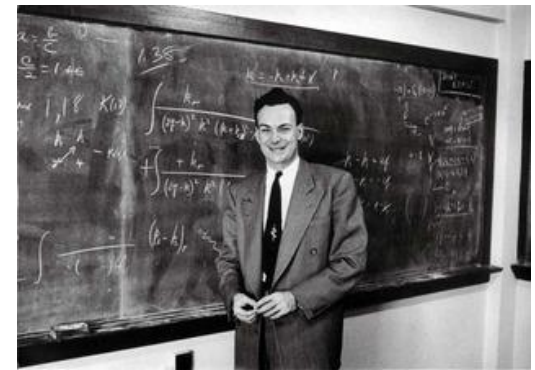
- **Nahe Zukunft**
 - Moore's Gesetz verspricht exponentielles Wachstum
 - Physik: heute 20 Atomlagen, in 10 Jahren 5 Atomlagen: und dann?
 - Probleme: Wärme und Leckströme
 - Parallelverarbeitung, mäßige Vorteile, viele ungelöste Programmierungsprobleme
 - 3D-Computer, mäßige Vorteile
- **Mittelfristig**
 - Molekulare Computer, DNA-Computer
 - Noch viele ungelöste Probleme
- **Langfristig**
 - Quantencomputer?
- **Herausforderung für die Informatiker:**
 - Ende der Miniaturisierung von Schaltkreisen, wann ?
 - Weniger Innovationen?
 - Weniger neue Anwendungen?
 - Viele Tätigkeiten fallen weg?
 - Neue Herausforderungen?

Ende der Miniaturisierung

- Entwicklung der Rechentechnik: immer stärkere Miniaturisierung (heutige Transistoren: <10 nm)
- Ab 10 nm kann die jetzige Herstellung (mittels UV Licht) nicht mehr zum Einsatz kommen
- Bei Transistoren, die nur wenige Atomschichten groß sind, tritt der Tunneleffekt ein: trotz physikalischer Barriere können die Elektronen den geschlossenen Transistor passieren (Quantenmechanischer Effekt)

Quantencomputer

- Computer, dessen Funktion auf den Gesetzen der Quantenmechanik beruht. Im Unterschied zum Digitalrechner arbeitet er nicht auf der Basis der Gesetze der klassischen Physik bzw. Informatik, sondern auf der Basis quantenmechanischer Zustände, was wesentlich über die Regeln der klassischen Theorien hinausgeht
- Richard Feynman (Physik-Nobelpreis 1965 für eine der Formulierungen der Quantenmechanik): “Ich denke, ich kann getrost behaupten, dass niemand Quantenmechanik versteht.”



Informationsdarstellung im Quantencomputer

1. Einleitung

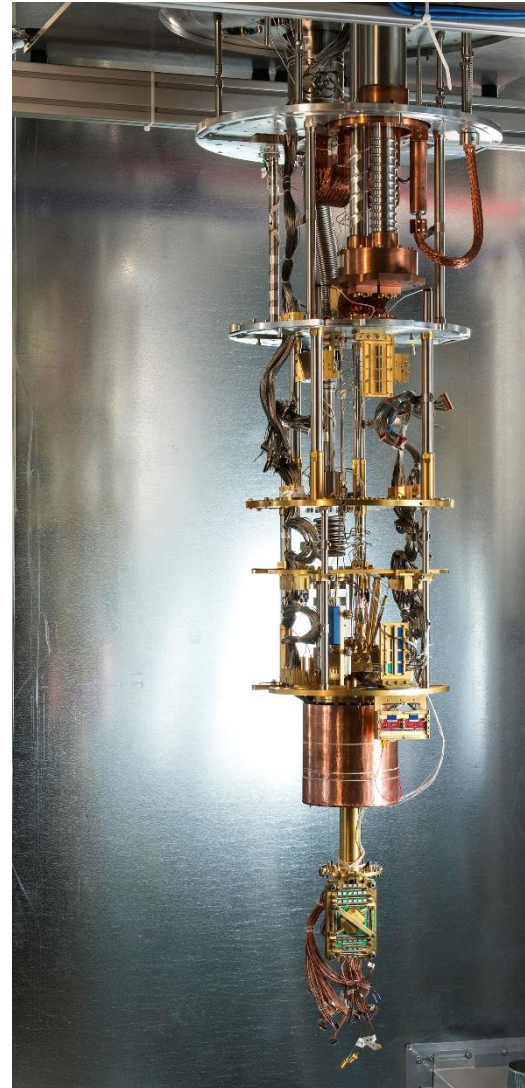
- Klassischer Computer: Bit
- Quantencomputer: Qubit (Quantenbit)
- Zustände Bit: 1 und 0 „entweder oder“
- Zustände Qubit: 1 und 0 „sowohl als auch“ 1/0

Umsetzung Quantencomputer

- Supraleitende Streifenleitungsresonatoren
 - Qubit dargestellt in einer Elektronenwolke innerhalb eines Mikrowellen-Oszillators
 - Temperatur: 15 mK (Millikelvin)
 - Josephson-Kontakt: ein hauchdünner Isolator bietet die Möglichkeit zur Quantentunnelung
- Januar 2022: 5000 Qubits
(Forschungszentrum Jülich)



Der D-Wave Quantenannealer an seinem neuen Standort im JUNIQ-Gebäude am Forschungszentrum Jülich



Kryostat des D-Wave Quantenannealers

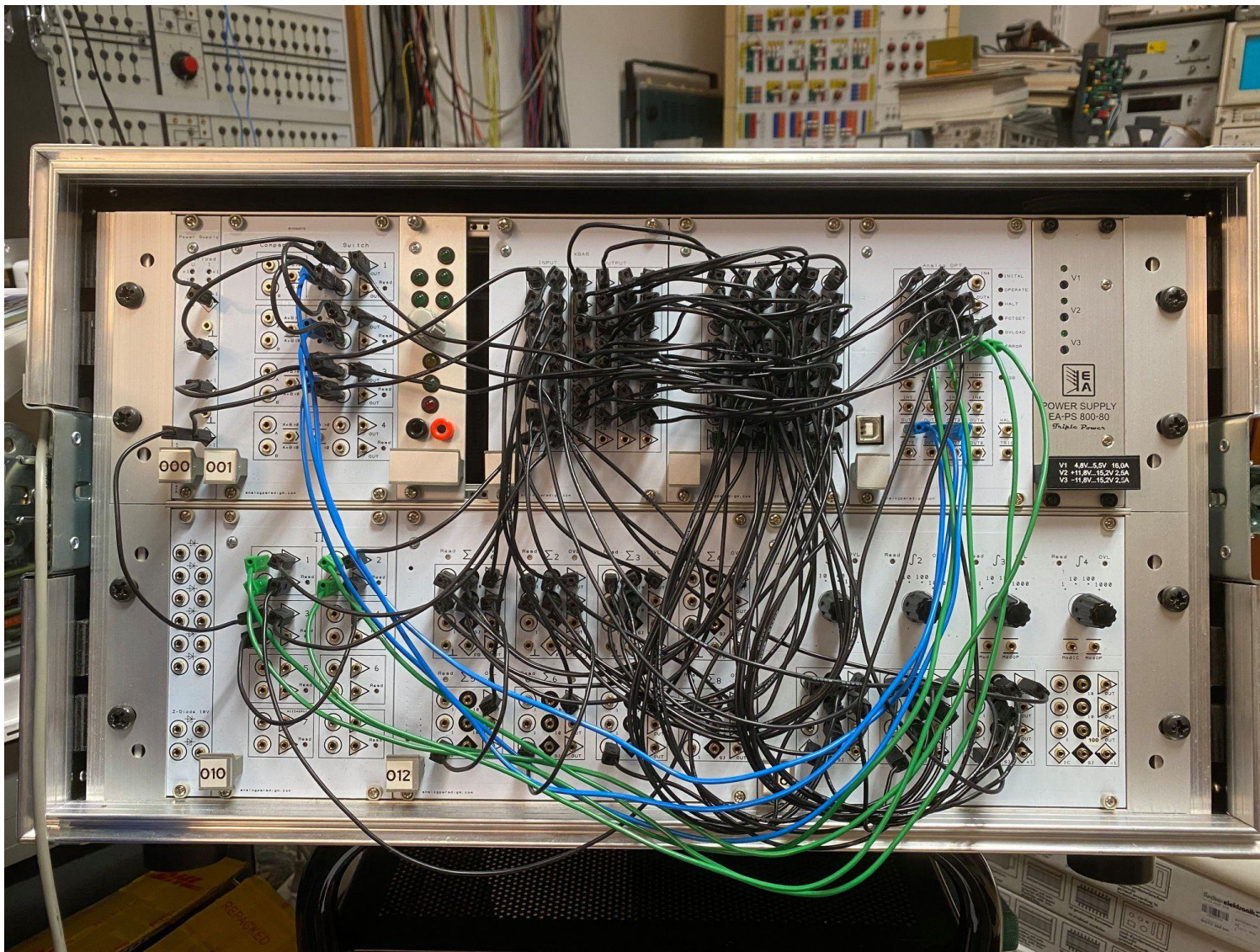
1. Einleitung

- „Das Thema boomt weltweit und wird als Rettung der KI gehandelt, weil digital die Grenzen erreicht sind“ (Zitat aus dem Jahr 2021)
 - Eigenschaften
 - Deutlich robuster
 - Nicht hackbar
 - Deutlich energieeffizienter als gegenwärtig die KI
- Um beispielsweise 88 Milliarden einfache Neuronenmodelle (in einem Künstlichen Netzwerk) zu simulieren, bräuchte ein Digitalcomputer „ein eigenes Kernkraftwerk“, während der Analogrechner so viel Watt benötige wie eine Glühbirne.

- Spezialrechner, die hauptsächlich für das Lösen von Differentialgleichungssystemen geeignet sind
- Basieren auf Modellen, nicht auf klassischen Algorithmen
- Programmierung in der Regel nicht speicherbasiert, sondern durch Strukturänderungen
- Analogelektronische Umsetzung möglich
- Extrem hoher Grad an Parallelität möglich
- In der Regel geringer Energiebedarf
- Einfache Wartung und langer Lebenszyklus

Analogcomputer

- Einsatzmöglichkeiten
 - KI
 - analog-digital Chip (autonomen Fahrzeugen; Mobiltelefon)
 - Simulation
 - Finanzindustrie (Simulation für Anlagestrategien; Monte-Carlo-Simulationen sind aus math. Sicht stochastische Differentialgleichungen)



Model-1 Analog Computer (Basis: Cross Bar Module)

Betriebssysteme heute

In Informationssystemen

- Korrektheit
- Sicherheit
- Verfügbarkeit
- Skalierbarkeit



Betriebssysteme heute

In Verkehrsmanagementsystemen

- Korrektheit
- Sicherheit
- Verfügbarkeit
- Skalierbarkeit
- Echtzeitfähig



Betriebssysteme heute

In Kommunikationssystemen

- Korrektheit
- Sicherheit
- Verfügbarkeit
- Skalierbarkeit
- Echtzeitfähig



Nur aufs Smartphone geachtet?

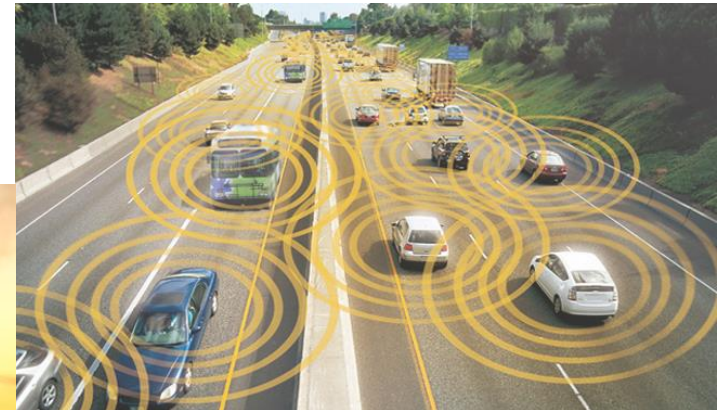


Mann verpasst Erlebnis seines Lebens

Quelle: N24; 05.02.2014

In Fahrzeugmanagementsystemen

- Echtzeitfähig
- Robustheit
- Sparsamkeit



In Smartcards

- Sicherheit
- Korrektheit
- Sparsamkeit

