

**Inhalt:**

- Von-Neumann-Rechner (CPU-Aufbau)
- Mooresches Gesetz / Parallelisierung
- Hardware:
  - ▶ Mainboard
  - ▶ Speicherhierarchie:
    - \* Register
    - \* Cache-Levels
    - \* Hauptspeicher
  - ▶ Schnittstellen
  - ▶ Festplatten
  - ▶ Steckkarten

Ein Computer ist eine durch Programme gesteuerte elektronische Anlage.

- Kleinstcomputer: z.B. in Smartphones, Autos, Haushaltsgeräten
- Personal-Computer: z.B. für Textverarbeitung, Kalkulation, Spiele
- Großcomputer: z.B. für Simulationen in der Klimaforschung, Strömungsberechnung

## Historische Entwicklung

- 1937: Zuse Z1 — Erster mechanischer Rechner mit frei programmierbarem binären Rechenwerk
- 1941: Zuse Z3 — Erster Digitalrechner auf Basis von 2000 Relais (1t Gesamtgewicht)
- 1946: ENIAC — Erster elektronischer Universalrechner auf Basis von 17500 Elektronenröhren (27t Gesamtgewicht)
- 1955: Erste Großrechner (ganze Säle)
- 1960: Erste Minierechner (nur noch Schränke)
- 1977: Erste Mikrocomputer
- 1981: Erste Homecomputer und IBM Personal Computer
- 2007: Erste Smartphones (Apple iPhone)

⇒ Was für eine Entwicklung in 70 Jahren...

## Von-Neumann-Rechner – I

Von-Neumann-Architektur



- 1945 von John von Neumann entwickeltes Konzept für Universalrechner, größtenteils heute noch gültig
- Unabhängig vom zu bearbeitenden Problem
- Prozess der Befehlsverarbeitung erfolgt mittels festgelegter Von-Neumann-Zyklen
- In modernen Prozessoren sind Steuer- und Rechenwerk zusammengefaßt



### Leistungssteigerung bei aktuellen CPUs fast nur noch durch Parallelisierung möglich:

- CPU-Takte jenseits von ca. 4 GHz kaum wirtschaftlich: hoher Stromverbrauch ⇒ Kühlungsproblematik
- Leistungssteigerung einzelner CPU-Kerne dadurch begrenzt ⇒ mehr CPU-Kerne verwenden
- Schon Smartphones haben heute bis zu 8 Kerne
- Großrechner der Top500-Liste haben bis zu 10 Mio. Kerne!

Software muß speziell entwickelt, „parallelisiert“ werden, um solche Hochleistungsrechner auszunutzen

→ Blockkurs „Parallele Programmierung mit MPI und OpenMP“

**Hauptplatine** (engl. *mainboard*) ist **Basis** des Computersystems:

- Prozessor-Steckplatz
- Arbeitsspeicher-Steckplätze
- Chipsatz
- BIOS- bzw. UEFI-Software
- Peripherie-Controller (Tastatur, Maus, USB)
- evtl. Sound-/Netzwerk-/Grafik-Chip
- Sockel für Erweiterungskarten

## Hauptplatine — Chipsatz / BIOS / UEFI

### Chipsatz

- stellt Verbindungen zwischen Prozessor, Arbeitsspeicher und weiteren Onboard-Komponenten her
- klassische Aufteilung:
  - ▶ Northbridge: verbindet CPU mit Arbeitsspeicher und Grafikkartenslots
  - ▶ Southbridge: stellt Festplattencontroller und weitere Steckplätze zur Verfügung, Anbindung an Northbridge
- Aktuelle CPUs haben immer mehr Controller onboard (RAM, PCIe), Trend zu Single-Chip Chipsätzen

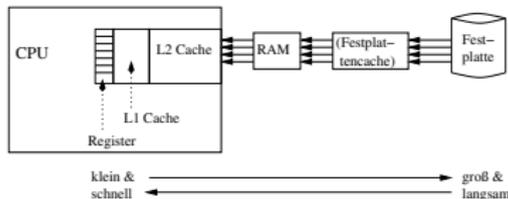
**BIOS** (Basic Input/Output System) / **UEFI** (Unified Extensible Firmware Interface)

- Minimale integrierte Software für den Rechnerstart
- Setupprogramm zur Konfiguration von Chipsatz-Parametern

## Speicherübersicht

- durch Adressen strukturierter Bereich, welcher Binärwörter fester Größe aufnimmt
- idealer Speicher wäre groß, schnell, nicht flüchtig und preiswert (flüchtig heißt, daß bei Stromverlust der Inhalt verloren geht)

Widerspruch führt zu folgender Speicherhierarchie:



- Teil des Prozessors
- ein Prozessor enthält mehrere Register
- Registersatz beschreibt die Menge aller Register
  - ▶ Adressregister: Enthält die Speicheradressen
  - ▶ Befehlszählerregister: Enthält Adresse des nächsten Befehls
  - ▶ Befehlsregister: Speichert aktuellen Befehl
- **ein** Register kann **ein** Binärwort speichern

- Speicher, der Daten vorausschauend (spekulativ) lädt und puffert
- Im Vergleich zum Hauptspeicher sehr viel kleiner, aber auch sehr viel schneller
- Daten stehen im Trefferfall („Cache-Hit“) viel schneller zur Verfügung als bei direktem RAM-Zugriff („Cache-Miss“)
- Mehrstufige Verfahren sind möglich, dabei werden Daten auf mehreren Leveln vorgehalten
- Aktuelle CPUs enthalten Level 1-, Level 2- und Level 3-Caches
- Höhere Level haben größeren, aber langsameren Speicher

- Der Hauptspeicher dient dazu, Daten und Befehle des Programmcodes aufzunehmen (in binärer Form) und dem Prozessor zur Verfügung zu stellen.
- Jede Speicherzelle hat ihre eigene **Adresse**.
- RAM (engl. Random Access Memory) = Speicher mit wahlfreiem Zugriff
- wahlfrei bedeutet, daß jede Speicherzelle über ihre Speicheradresse direkt angesprochen werden kann
- prinzipiell ist jede Speicherzelle gleich schnell zugreifbar
- RAM kann im Gegensatz zum ROM (Read Only Memory) gelesen **und** beschrieben werden

- Synchronous Dynamic Random Access Memory (SDRAM)
  - ▶ SDRAM: PC-133 → 1,0 GB/s
- Double Data Rate SDRAM (DDR-SDRAM)
  - ▶ DDR: PC-3200 (DDR-400 Chips) → 3,2 GB/s
  - ▶ DDR2: PC2-8500 (DDR2-1066 Chips) → 8,5 GB/s
  - ▶ DDR3: PC3-17000 (DDR3-2133 Chips) → 17,0 GB/s
  - ▶ DDR4: PC4-25600 (DDR4-3200 Chips) → 25,6 GB/s

Desktop-CPUs haben zwei Speicherkanäle, Server-CPUs bis zu acht.

Eine Schnittstelle (engl. Interface) ermöglicht die Kommunikation zwischen verschiedenen Hardwarekomponenten.

Arten der Datenübertragung:

- Parallel:
  - ▶ Mehrere Bits werden gleichzeitig übertragen
  - ▶ Dickere Kabel mit mehreren Adern
  - ▶ Begrenzte Kabellänge, da sonst gegenseitige Störung möglich
  - ▶ Langsamere Taktung notwendig
- Seriell:
  - ▶ Bits werden nacheinander übertragen
  - ▶ Dünnere Kabel (leichter zu verlegen, gerade in Servern)
  - ▶ Nur wenige Leitungsadern notwendig
  - ▶ Höhere Taktung möglich

- Parallel (veraltet):
  - ▶ IDE (Integrated Drive Electronics, für bis zu 2 Geräte): max. 133 MB/s für Master- oder Slave-Gerät
  - ▶ SCSI (Small Computer System Interface, Einsatz im Serverbereich, Bussystem für bis zu 16 Geräte): max. 320 MB/s Datendurchsatz

- Seriell:

- ▶ SATA (Serial Advanced Technology Attachment)
- ▶ Dedizierte Punkt-zu-Punkt-Verbindung für jedes Gerät

	SATA 1.5 Gbit/s	SATA 3.0 Gbit/s	SATA 6.0 Gbit/s
Jahr	2002	2005	2008
Rate	150 MByte/s	300 MByte/s	600 MByte/s

- ▶ SAS (Serial Attached SCSI, Server): bis zu 2,4 GB/s

- Magnetfestplatten (Hard Disk Drives — HDD):
  - ▶ arbeiten mechanisch (PC: bis 7200 RPM, Server: bis 15k RPM)
  - ▶ hoher Stromverbrauch → viel Abwärme
  - ▶ hohe Kapazitäten möglich (aktuell bis zu 12 TB)
  - ▶ ca. 100 MB/s bis 250 MB/s Transferrate
  - ▶ ca. 120 bis 340 I/O Operationen pro Sekunde (IOPS)
- Solid-State-Disks (SSDs):
  - ▶ arbeiten rein elektronisch
  - ▶ geringerer Stromverbrauch
  - ▶ Kapazitäten bis ca. 4 TB (ca. zehnfacher Preis)
  - ▶ ca. 500 MB/s bis 3 GB/s Transferrate (zu viel für SATA ⇒ PCIe)
  - ▶ ca. 10.000 bis 500.000 IOPS!

Typische Verwendung: SSDs für Betriebssystem und Programme, HDDs für große Datenmengen.

- Parallel (veraltet):
  - ▶ ISA (Industry Standard Architecture): 1 MB/s bis 5 MB/s
  - ▶ PCI (Peripheral Component Interconnect): max. 533 MB/s
  - ▶ AGP (Accelerated Graphics Port): max. 8 GB/s
- Seriell:
  - ▶ PCIe (Peripheral Component Interconnect Express): max. 16 GB/s
  - ▶ wichtige Bauformen: PCIe x1, x8, x16 (Anzahl der Lanes)
  - ▶ Datenrate (in MByte/s):

	PCIe 1.0	PCIe 2.0	PCIe 3.0
x1	250	500	1000
x8	2000	4000	8000
x16	4000	8000	16000

- ▶ Weitere Versionen mit jeweils verdoppelter Datenrate sind geplant.