



Angewandte Computer- und Biowissenschaften



**HOCHSCHULE
MITTWEIDA**
University of Applied Sciences

Rechner- und Betriebssysteme

Vorlesung Rechnersysteme

Vorlesung 01 – Einführung

Prof. Dr. Tobias Czauderna

hs-mittweida.de

Vorlesung

1. **Einführung**
2. CPU als Kern eines Rechnersystems
3. Speichersystem
4. Ein-/Ausgabe
5. Softwarearchitektur eines Rechnersystems
6. Schutzmechanismen
7. Leistungssteigerung / Ausblick

Einführung

- Überblick
- Grundbegriffe
- Kurze Historie
- Grundprinzip der Informationsverarbeitung
- Aufbau und Funktionsweise von Computern

Überblick

- Grundkenntnisse zu
 - Aufbau und Funktionsweise von Rechnern / Computern
 - Technischen Hauptkomponenten
- Vermittlung von technischem Basiswissen ergänzend zum (Modul-)Teil Betriebssysteme
- Prüfung
 - Schriftliche Prüfung 90 Minuten über beide Teile (Betriebssysteme + Rechnersysteme)
- Fortführung im Modul Rechnerarchitektur im 3. Semester

Grundbegriffe

- W. Coy (1992): Aufbau und Arbeitsweise von Rechenanlagen. Vieweg

Aus der Gerätesicht ist der Rechner vor allem eine Maschine, die aus vielen Einzelteilen aufgebaut ist. Auf der untersten Ebene sind Schaltungen und Register, die aus Steuerwerk und Rechenwerk (ALU) einen Prozessor bilden. Dieser wird mit dem Hauptspeicher und den internen Verbindungsleitungen (Bussen) zur Zentraleinheit, die mit den Zusatzspeichern und Ein-/Ausgabegeräten ein Rechnersystem bildet.

- G. Goldammer (1994): Informatik für Wirtschaft und Verwaltung - Einführung in die Grundlagen. Springer Fachmedien

Ein Rechnersystem ist eine Gesamtheit aus Rechner und peripheren Geräten, wie Bildschirm, Tastatur, Drucker und Speichertechnik.

- B. Bundschuh, P. Sokolowsky (1996): Rechnerstrukturen und Rechnerarchitekturen. Vieweg

So wie dem Gebäude-Architekten bestimmte Materialien wie Holz, Stein, Beton, Stahl, Glas zur Verfügung stehen, aus denen er zunächst Strukturelemente oder Komponenten wie Pfeiler, Bögen, Gewölbe, usw. bildet, sind die Materialien des Rechner-Architekten die integrierten Halbleiter-Bausteine, aus denen gewisse Komponenten realisiert werden, die wir die Hardware-Betriebsmittel nennen. Diese Komponenten - Prozessoren, Speicher, Verbindungseinrichtungen - werden zu einem Rechnersystem zusammengesetzt.

Grundbegriffe

- H. Gehring, R. Gabriel (2022): Wirtschaftsinformatik. Springer Gabler

Ein **Rechnersystem** (engl. computer system) ist eine aus mehreren Funktionseinheiten bestehende Anlage, die der automatisierten Eingabe, Speicherung, Verarbeitung und Ausgabe von Daten dient. Die Verarbeitung erstreckt sich hierbei auf Rechen-, Umformungs-, Speicherungs- und Übertragungsoperationen.

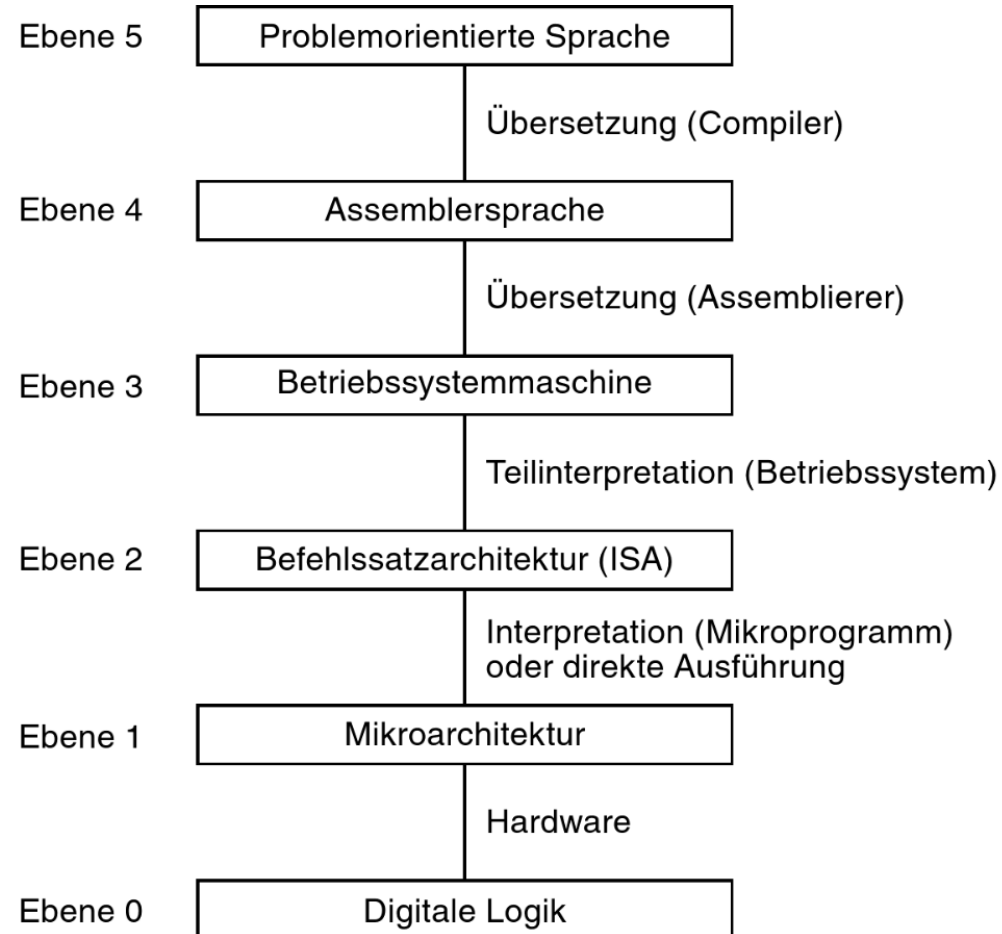
Als Kurzbezeichnungen sind auch Rechner oder Computer (engl. computer) **gebräuchlich**. Je nach hervorgehobenem Aspekt wurden früher die synonymen Begriffe „Elektronische Rechenanlage“, „Elektronenrechner“, „Datenverarbeitungsanlage“, „Datenverarbeitungssystem“, „Elektronische Datenverarbeitungsanlage“ (EDVA), „Informationsverarbeitungssystem“ oder „Digitalrechner“ verwendet.

Grundbegriffe

- Was ist ein Computer?
 - („Rechner“ und „Computer“ werden ab hier synonym verwendet.)
 - Duden: Ein Computer ist eine programmgesteuerte, elektronische Rechanlage oder Datenverarbeitungsanlage.
 - Ein Computer ist ein universell programmierbares Gerät, mit dem sich unterschiedlichste Aufgaben lösen lassen.
 - Ein Computer ist ein Gerät, das mittels programmierbarer Rechenvorschriften Daten verarbeitet.
 - Der (englische) Begriff computer war ursprünglich eine Berufsbezeichnung für Hilfskräfte, die Berechnungen durchführten.

Grundbegriffe

Computersystem mit
Hardwarearchitektur
und
Softwarearchitektur
aus mehreren
Ebenen



Erläuterungen/Beispiele

C, Java, ...

Windows, Linux, ...

ISA (Instruction Set Architecture),
Maschinenbefehle des
Computers

ALU (Arithmetic Logic Unit,
Rechenwerk) mit Registern

Transistoren, Gatter (AND, OR, ...)

Abbildung 1.2: Struktur eines Computers mit sechs Ebenen; wie die einzelnen Ebenen unterstützt werden, steht rechts unter der jeweiligen Ebene (mit dem Namen des unterstützenden Programms)

Kurze Historie

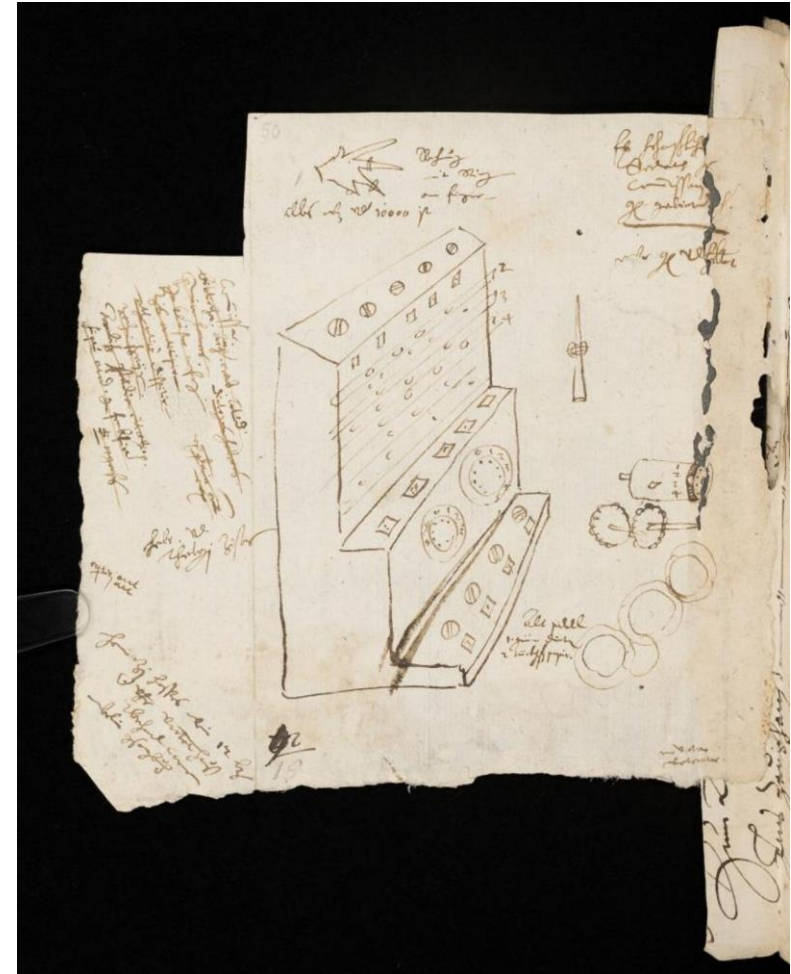
- Mechanische Rechenhilfen / Rechenmaschinen
 - Suan pan, chinesischer Abakus (1100 v. Chr.)
 - Schickard'sche Rechenuhr (1623)
 - Rechenmaschine aus zwei mechanisch vollständig getrennten Komponenten: eine Komponente für Addition und Subtraktion (mit Zehnerübertrag) im unteren Teil, die andere Komponente im oberen Teil für Multiplikation und Division

Kurze Historie

Schickard in einem Brief an Kepler:

„Ferner habe ich dasselbe, was du rechnerisch getan hast, neulich mechanisch versucht und habe eine Maschine gebaut, die aus elf vollständigen und sechs verstümmelten (Zahn-)Rädchen besteht und die eingegebenen Zahlen sofort automatisch verrechnet, addiert, subtrahiert, multipliziert und dividiert. Du würdest hell auflachen, wenn du hier wärest und sehen könntest, wie sie die Linken der Zehner oder Hunderter beim Überschreiten von selber erhöht oder beim Subtrahieren etwas von ihnen weggenommen wird.“

Quelle: <https://uni-tuebingen.de/fakultaeten/mathematisch-naturwissenschaftliche-fakultaet/fachbereiche/informatik/fachbereich/geschichtliches/schickards-rechenmaschine/> (letzter Zugriff 09.04.2024)



Kurze Historie

- Die nullte Generation – Mechanische Computer (1642–1945)
 - Blaise Pascal: hauptsächlich Addition und Subtraktion (ab 1642)
 - Gottfried Wilhelm Leibniz: Grundrechenarten (1672)
 - Charles Babbage: Difference Engine mit Algorithmus (1820er)
 - Charles Babbage: Analytical Engine (1834)
- Die erste Generation – Vakuumröhren (1945–1955)
- Die zweite Generation – Transistoren (1955–1965)
- Die dritte Generation – Integrierte Schaltkreise (1965–1980)
- Die vierte Generation – VLSI (1980–?) -> Personalcomputer
- Die fünfte Generation – leistungsarme und unsichtbare Computer -> Ubiquitous Computing oder Pervasive Computing

Kurze Historie

Jahr	Bezeichnung	Hersteller	Anmerkungen
1834	Analytical Engine	Babbage	Erster Versuch, einen digitalen Computer zu bauen
1936	Z1	Zuse	Erste funktionierende Relais-Rechenmaschine
1943	COLOSSUS	Britische Regierung	Erster elektronischer Computer
1944	Mark I	Aiken	Erster amerikanischer Universalcomputer
1946	ENIAC I	Eckert/Mauchley	Beginn der modernen Computergeschichte
1949	EDSAC	Wilkes	Erster speicherprogrammierter Computer
1951	Whirlwind I	MIT	Erster Echtzeitcomputer
1952	IAS	von Neumann	Die meisten heutigen Maschinen weisen dieses Design auf
1960	PDP-1	DEC	Erster Minicomputer (50 Stück verkauft)
1961	1401	IBM	Sehr beliebter Rechner bei kleinen Firmen
1962	7094	IBM	Beherrschte Anfang der 60er Jahre die wissenschaftliche Rechenwelt
1963	B5000	Burroughs	Erste für eine Hochsprache entwickelte Maschine
1964	360	IBM	Erste als Familie ausgelegte Produktlinie
1964	6600	CDC	Erster wissenschaftlicher Supercomputer
1965	PDP-8	DEC	Erster Minicomputer für den Massenmarkt (50.000 Stück verkauft)
1970	PDP-11	DEC	Vorherrschender Minicomputer der 70er Jahre

Kurze Historie

Jahr	Bezeichnung	Hersteller	Anmerkungen
1974	8080	Intel	Erster 8-Bit-Universalcomputer auf einem Chip
1974	CRAY-1	Cray	Erster Vektor-Supercomputer
1978	VAX	DEC	Erster 32-Bit-Superminicomputer
1981	IBM PC	IBM	Beginn der modernen Personalcomputerära
1981	Osborne-1	Osborne	Erster portabler Computer
1983	Lisa	Apple	Erster Personalcomputer (PC) mit grafischer Benutzeroberfläche (GUI)
1985	386	Intel	Erster 32-Bit-Vorgänger der Pentium-Linie
1985	MIPS	MIPS	Erster kommerzieller RISC-Rechner
1985	XC2064	Xilinx	Erstes FPGA (Field Programmable Gate Array)
1987	SPARC	Sun	Erste SPARC-basierte RISC-Workstation
1989	GridPad	Grid Systems	Erster kommerzieller Tablet-PC
1990	RS6000	IBM	Erste superskalare Maschine
1992	Alpha	DEC	Erster 64-Bit-Personalcomputer
1992	Simon	IBM	Erstes Smartphone
1993	Newton	Apple	Erster Palmtop
2001	POWER4	IBM	Erster Prozessor mit zwei Kernen auf einem Chip (Dual-Core)

Kurze Historie

- Von-Neumann-Maschine (Design und IAS, 1952)
 - Grundlage fast aller digitalen Computer

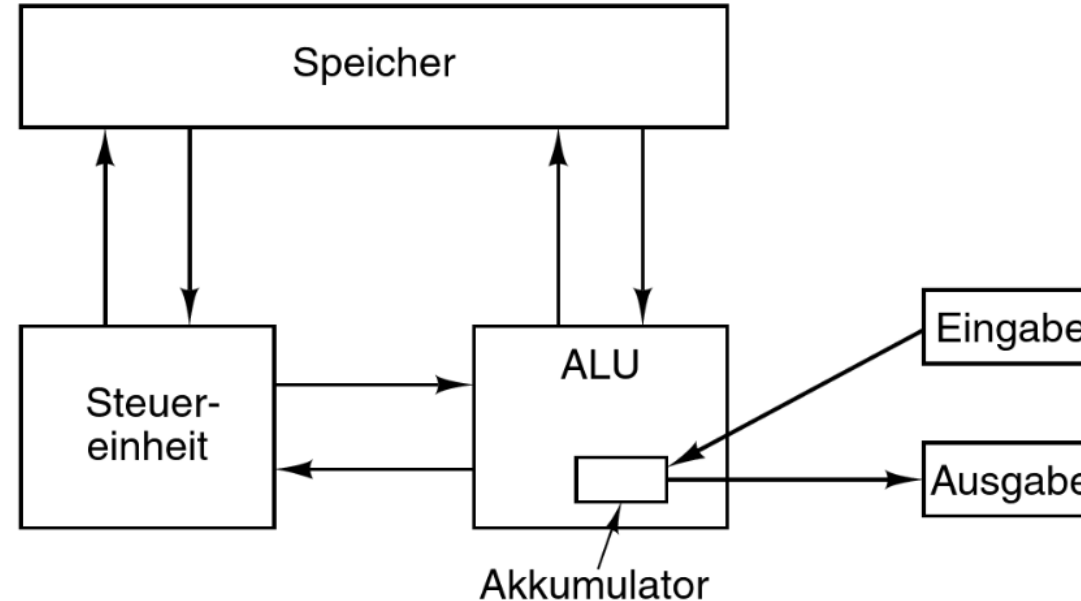


Abbildung 1.4: Die ursprüngliche Von-Neumann-Maschine

Quelle: A.S. Tanenbaum, T. Austin: Rechnerarchitektur. Pearson, 2014

Kurze Historie

- Moore'sches Gesetz (1965)
 - Verdoppelung der Anzahl Transistoren aller 18 Monate

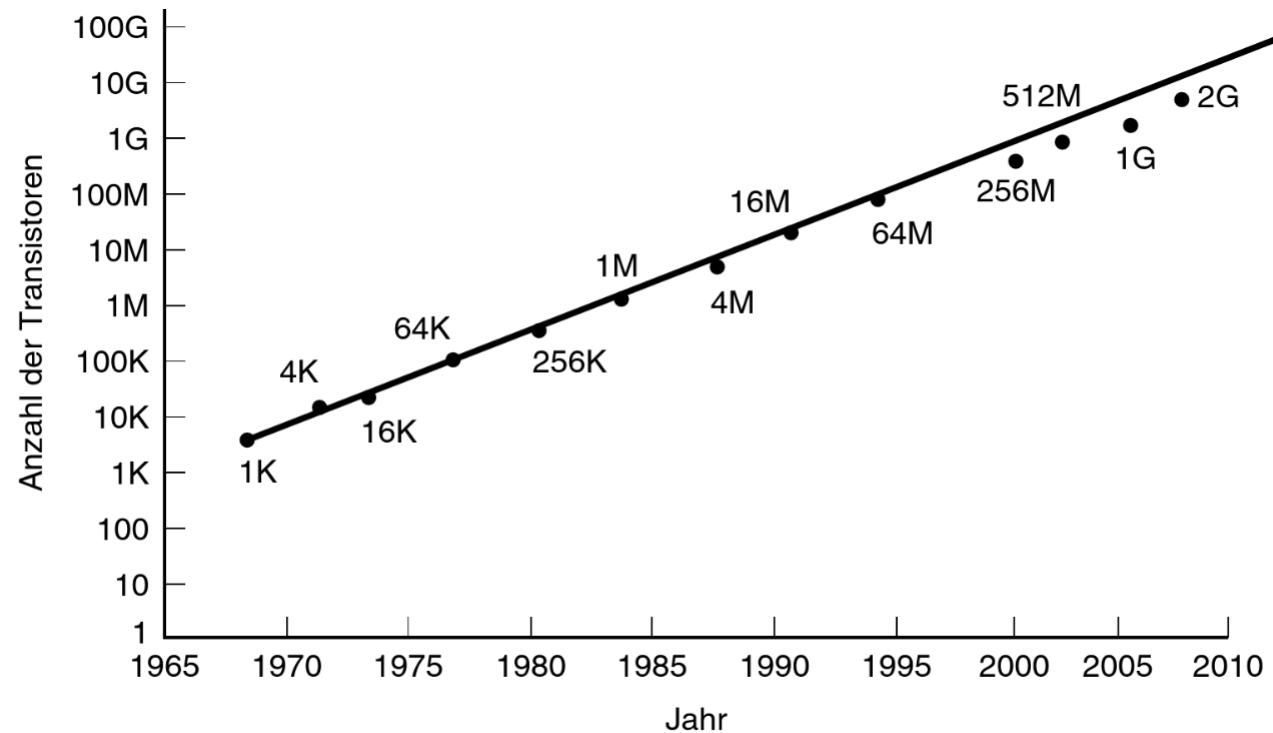


Abbildung 1.6: Gemäß dem Moore'schen Gesetz steigt die Anzahl der Transistoren, die auf einen Chip gepackt werden können, um 60% jährlich. Die Datenpunkte in diesem Bild verkörpern Speichergößen in Bits.

Quelle: A.S. Tanenbaum, T. Austin: Rechnerarchitektur. Pearson, 2014

Kurze Historie

- Moore'sches Gesetz (1965)
 - Verdoppelung der Anzahl Transistoren aller 18 Monate

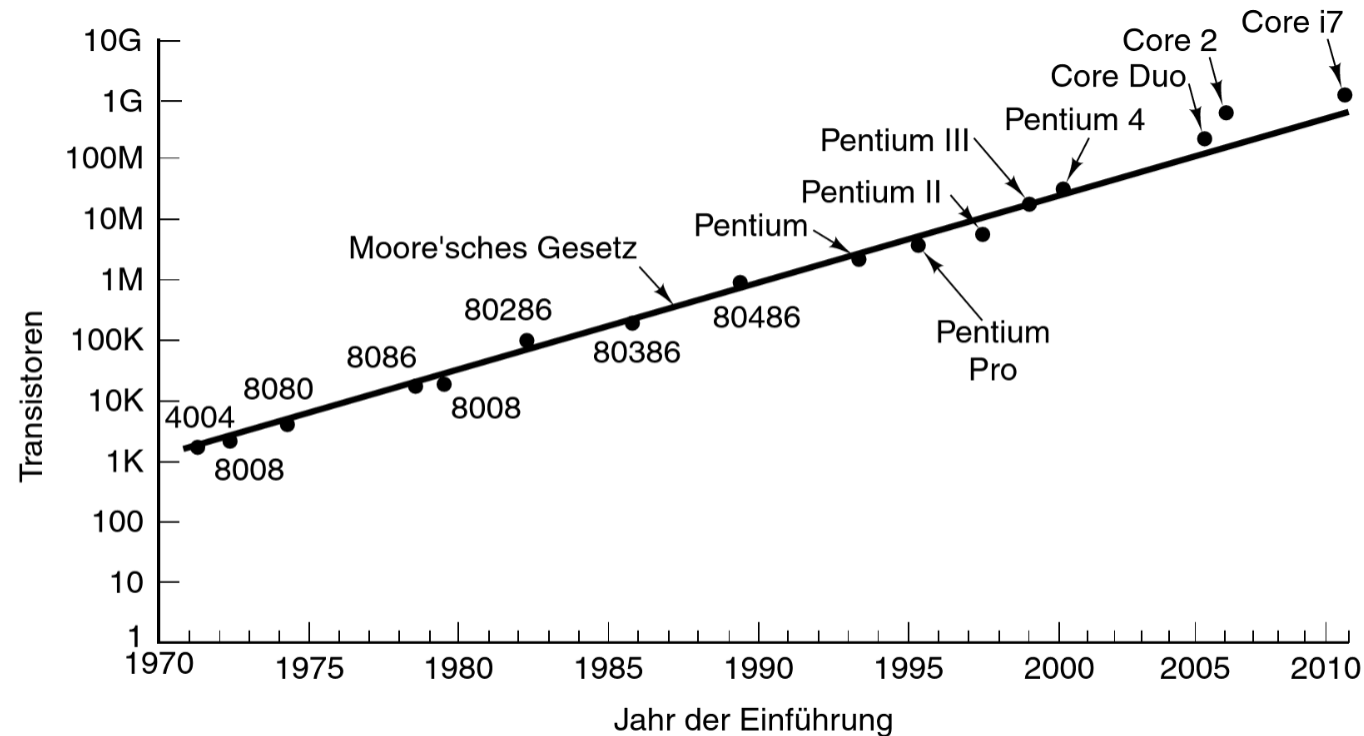


Abbildung 1.9: Das Moore'sche Gesetz für (Intel-)Prozessoren

Quelle: A.S. Tanenbaum, T. Austin: Rechnerarchitektur. Pearson, 2014

Grundprinzip der Informationsverarbeitung

- Eingabe – Verarbeitung – Ausgabe (EVA-Prinzip)
 - Eingabe (Einlesen) von Informationen
 - Verarbeitung der Informationen
 - Ausgabe der Ergebnisse

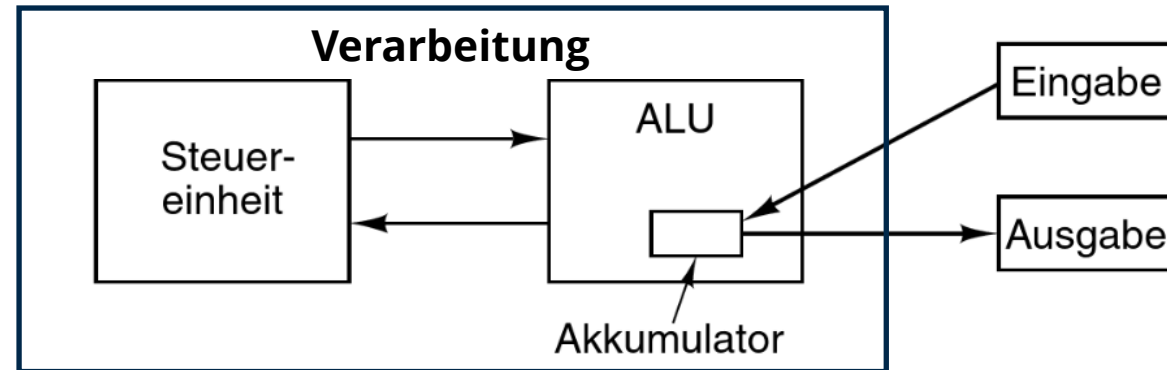


Abbildung 1.4: Die ursprüngliche Von-Neumann-Maschine

Grundprinzip der Informationsverarbeitung

- Eingabe – Verarbeitung – Ausgabe mit Speicher (EVA(S)-Prinzip)
 - Eingabe (Einlesen) von Informationen
 - Verarbeitung der Informationen
 - Ausgabe der Ergebnisse

Verarbeitung auf Basis aktueller und vergangener Informationen -> Gedächtnisbehaftetes System, Speicher mit Daten und Programm

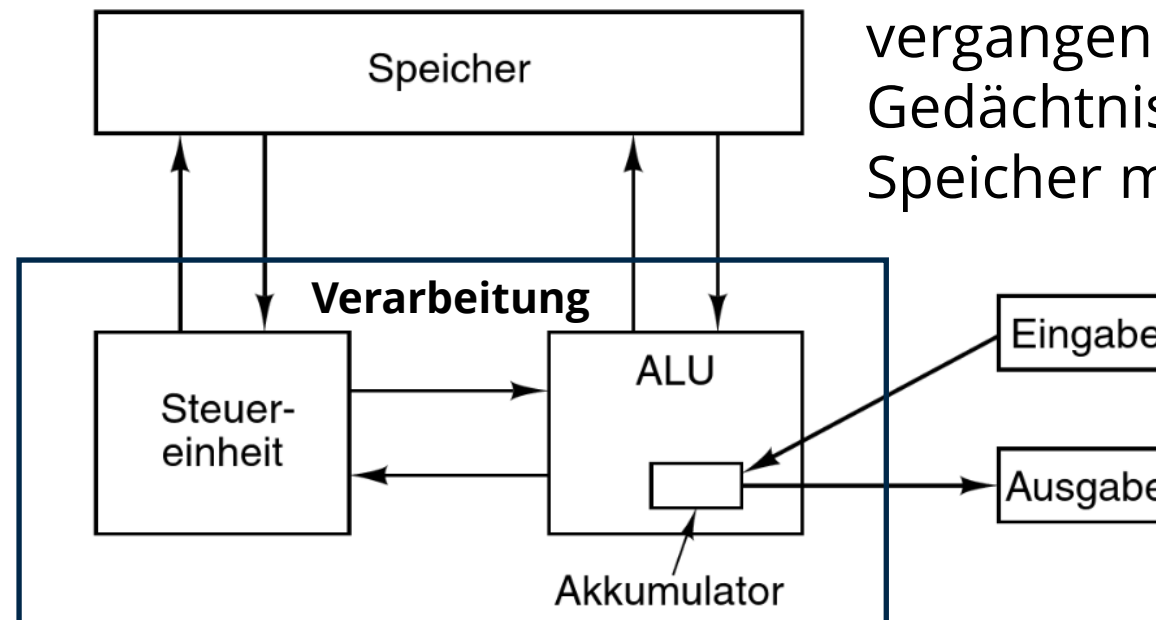
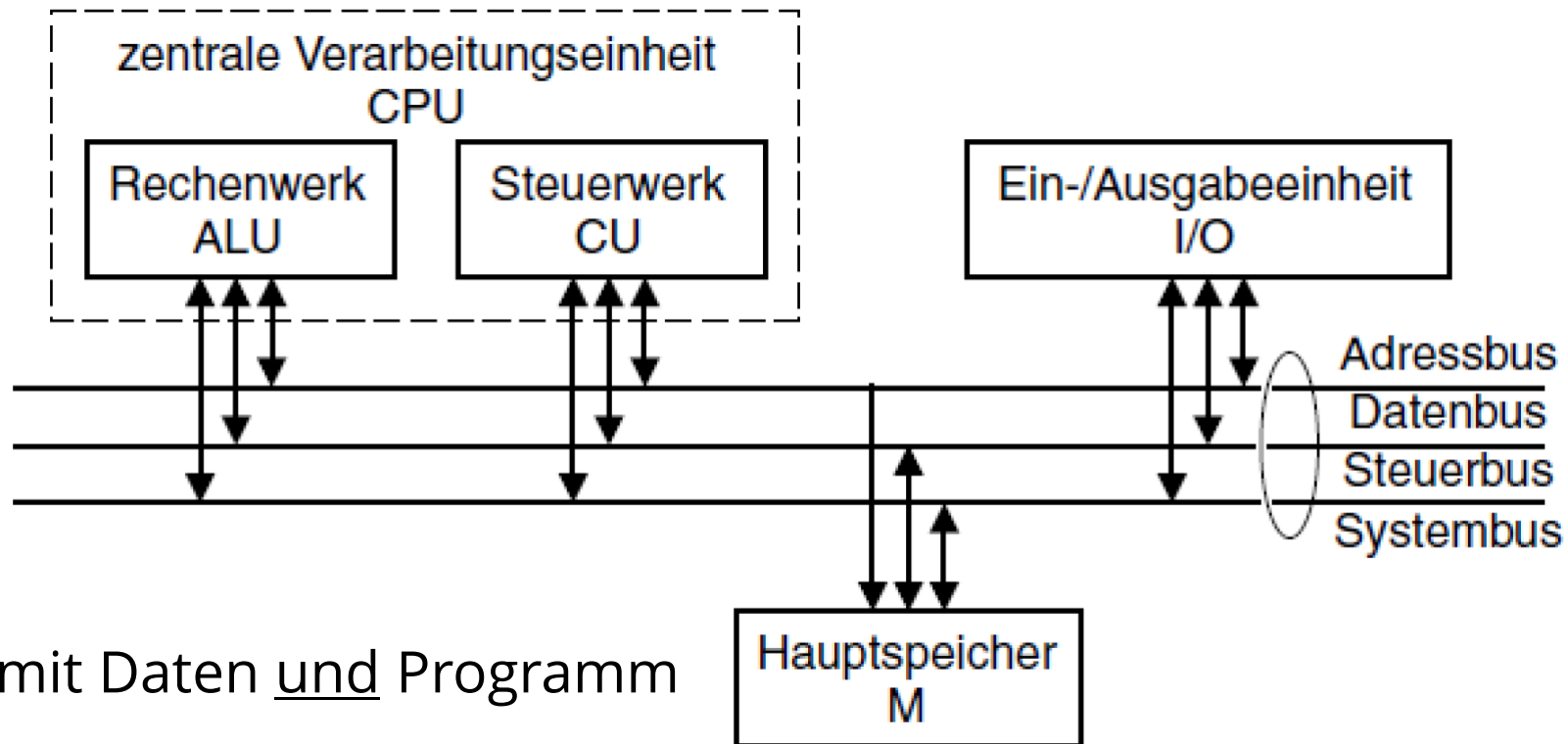


Abbildung 1.4: Die ursprüngliche Von-Neumann-Maschine

Aufbau und Funktionsweise von Computern

- Komponenten des Von-Neumann-Rechners



Speicher mit Daten und Programm

Quelle: U. Schneider: Taschenbuch der Informatik. Hanser, 2012

Aufbau und Funktionsweise von Computern

1. Hauptkomponenten

- Rechenwerk + Steuerwerk = CPU (Prozessor, zentrale Recheneinheit)
- Hauptspeicher
- Eingabe-/Ausgabeeinheit
- Verbindungen (Datenwege, Busse)

2.

- Intern verwendete Signalmenge ist binär codiert
- Worte fester Länge werden parallel verarbeitet
- Verarbeitung erfolgt taktgesteuert
- Rechner arbeitet nach dem Start automatisch

Aufbau und Funktionsweise von Computern

3.

- Programme und Daten werden im (einheitlichen) Hauptspeicher ohne Kennzeichnung gespeichert
- Hauptspeicher besteht aus fortlaufend adressierten Speicherworten, deren Inhalt nur über eine Adresse angesprochen werden kann

4.

- Rechner verarbeitet Programme und Daten sequenziell
- Verarbeitung erfolgt in der Reihenfolge der Abspeicherung der (Programm-)Befehle
- Sequenzielle Verarbeitung kann durch Sprungbefehle oder (datenbedingte) Verzweigungen unterbrochen werden

Aufbau und Funktionsweise von Computern

- Spektrum von Computern

Typ	Preis (Euro)	Beispielhafte Anwendungen
Wegwerfcomputer	0,50	Glückwunschkarten
Mikrocontroller	5	Uhren, Autos, elektronische Geräte
Mobile Computer und Spielkonsolen	50	Heimvideospiele, Smartphones
Personalcomputer	500	Desktop-Computer, Laptop
Server	5.000	Netzwerkserver, Workstation
Großrechner (Mainframe)	5.000.000	Datenverarbeitung in einer Bank
Supercomputer	> 5.000.000	High-Performance Computing (HPC)

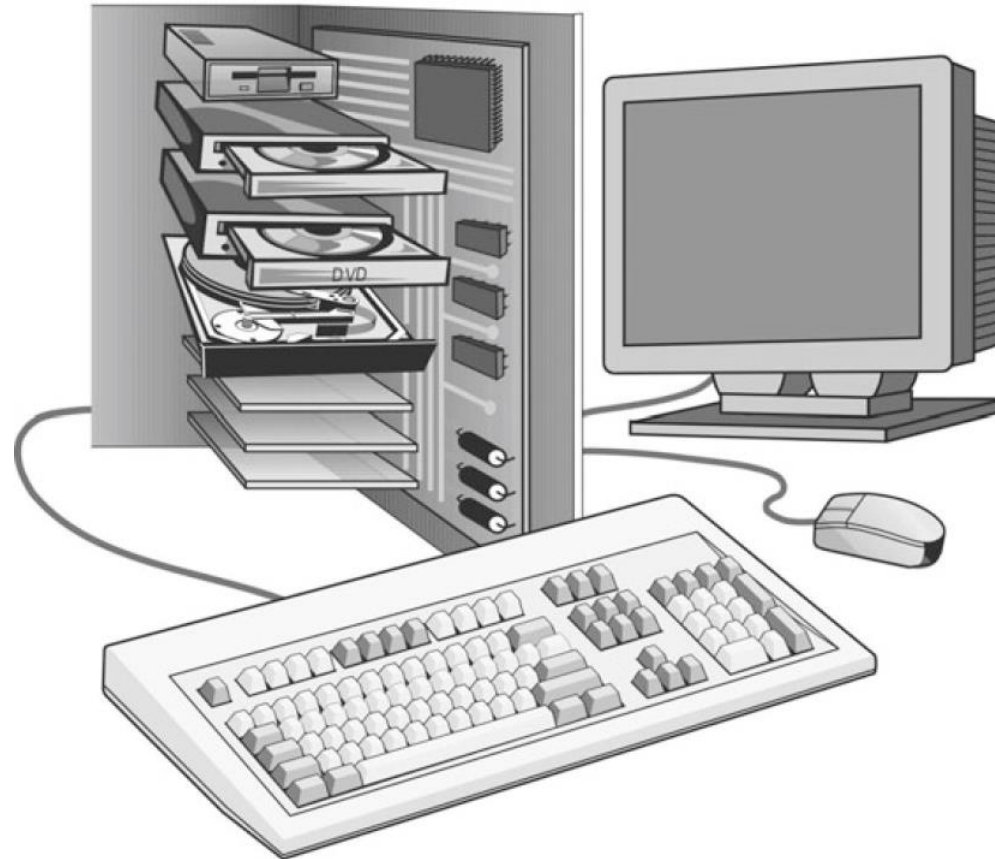
Aufbau und Funktionsweise von Computern

- Spektrum von Computern

Typ	Preis (Euro)	Beispielhafte Anwendungen
Wegwerfcomputer	0,50	Glückwunschkarten
Mikrocontroller	5	Uhren, Autos, elektronische Geräte
Mobile Computer und Spielkonsolen	50	Heimvideospiele, Smartphones
Personalcomputer	500	Desktop-Computer, Laptop
Server	5.000	Netzwerkserver, Workstation
Großrechner (Mainframe)	5.000.000	Datenverarbeitung in einer Bank
Supercomputer	> 5.000.000	High-Performance Computing (HPC)

Aufbau und Funktionsweise von Computern

- Aufbau eines Computers
 - (Eingabe – Verarbeitung – Ausgabe mit Speicher (EVA(S)-Prinzip))

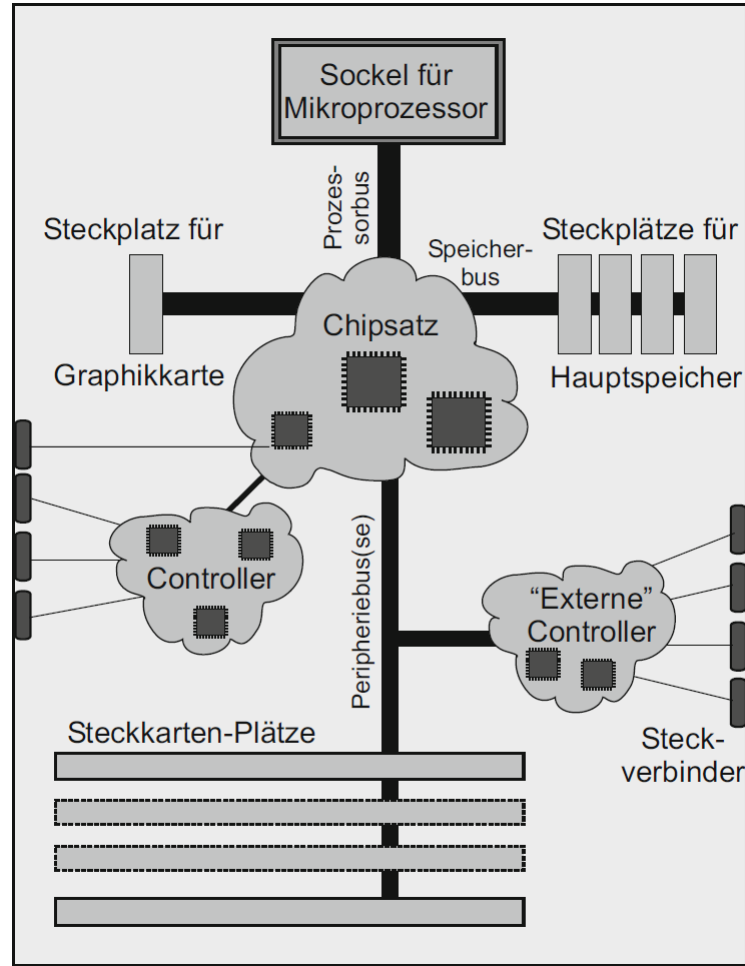


Aufbau und Funktionsweise von Computern

- Aufbau eines Computers
 - Gehäuse mit Netzteil
 - Hauptplatine (Mainboard, Motherboard) mit integrierten Schnittstellen
 - Festplattenlaufwerk(e)
 - Optional: Grafikkarte
 - Optional: Schnittstellenkarten für PCI-Express oder andere Bussysteme
 - Optional: Diskettenlaufwerk
 - Optional: CD-ROM- bzw. DVD-Laufwerk

Aufbau und Funktionsweise von Computern

- Der prinzipielle Aufbau einer Hauptplatine



Aufbau und Funktionsweise von Computern

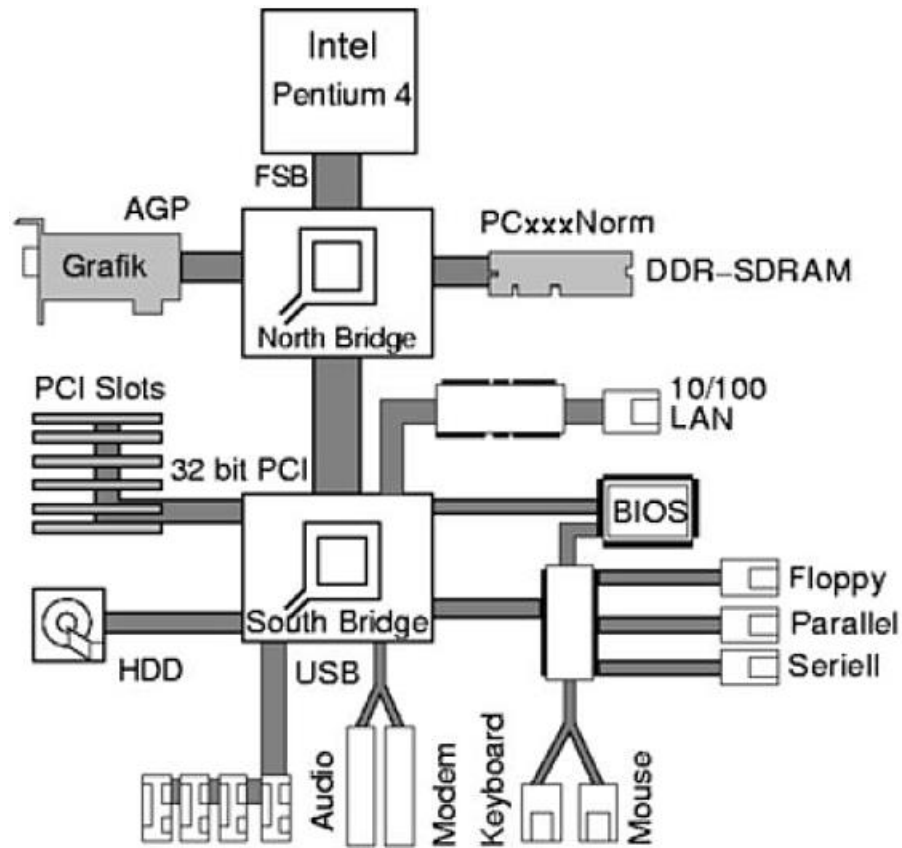
- Im PC-Bereich eingesetzte Mikroprozessoren werden als x86/x64-kompatible Prozessoren bezeichnet, da sie sich auf ersten 16-Bit-Prozessor von Intel, den 8086, aus dem Jahr 1979 zurückführen lassen
- In Chipsätzen integrierte Steuer- und Schnittstellenmodule, aber auch „externe“ Steuer- und Schnittstellenbausteine werden typischerweise Controller genannt
- Frühere Erweiterungskarten: Grafikkarten, Audiokarten (Soundcards) und Netzwerkkarten (LAN-Cards)
- Durch Fortschritt der Integrationstechnik: Erweiterungen direkt auf der Hauptplatine untergebracht (z.B. Controller für Audio und Netzwerk)
- Heutige Erweiterungskarten: für „Altlast“-Schnittstellen (Legacy), die nicht mehr zum Standardumfang PCs gehören und daher nicht mehr vom Chipsatz zur Verfügung gestellt werden (z.B. parallele und serielle Schnittstellen)

Aufbau und Funktionsweise von Computern

- Chipsatz besteht meist aus ein bis drei Chips, die benötigt werden, um den Prozessor mit dem Speichersystem und Ein-/Ausgabebussen zu koppeln
- Diese drei Chips arbeiten (üblicherweise) mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten, deshalb werden Brückenbausteine (Bridges) benötigt, welche vorhandenen Unterschiede ausgleichen
- Chipsatz hat großen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit eines Computersystems und muss optimal auf den eingesetzten Prozessor und die verwendeten Speicher-/Bustypen abgestimmt sein
- Chipsätze verfügen über teilweise sehr unterschiedliche Komponenten, Anschlüsse, Register und Funktionen
- BIOS (Basic Input/Output System) versteckt diese Unterschiede vor dem Betriebssystem, das für viele Prozessortypen und -familien einsetzbar sein soll

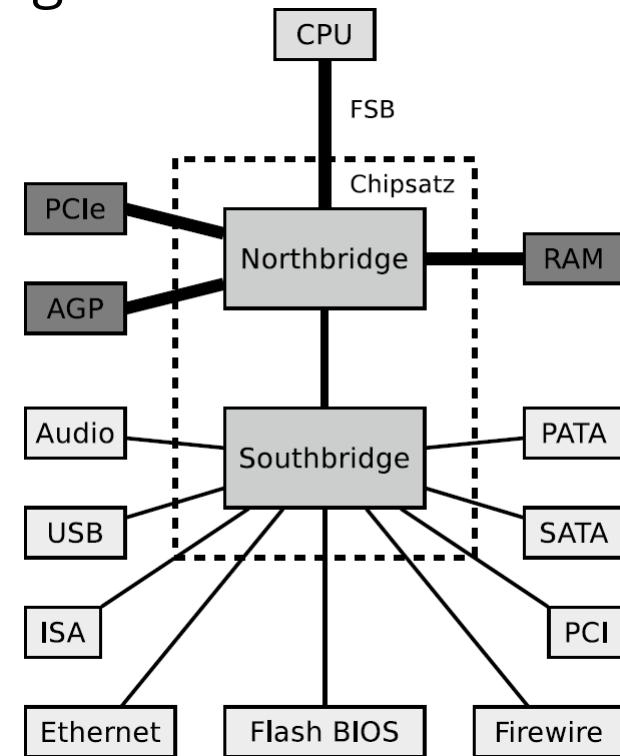
Aufbau und Funktionsweise von Computern

- Intel PC-Struktur mit Pentium 4



Quelle: U. Schneider: Taschenbuch der Informatik. Hanser, 2012

- Anbindung der Komponenten an den Prozessor über Northbridge und Southbridge



Quelle: C. Baun: Betriebssysteme kompakt. Springer Vieweg, 2022

Aufbau und Funktionsweise von Computern

- Northbridge
 - Verbindet den Prozessor mit allen Komponenten, die einen möglichst schnellen Datentransfer benötigen insbesondere Hauptspeicher und Grafikeinheit
 - Da sie sich insbesondere um Steuerung der Zugriffe auf den Hauptspeicher kümmert, wird sie auch als Memory Controller Hub (MCH, Speicher-Controller-Hub) oder bei integrierter Grafik als Graphics Memory Controller Hub (GMCH) bezeichnet
- Southbridge
 - Verbindet den Prozessor oder Hauptspeicher mit einer Reihe integrierter oder externer Controller insbesondere zur Steuerung von Massenspeicher- oder Ein-/Ausgabegeräten
 - Wird daher auch als I/O Controller Hub (ICH, Ein-/Ausgabecontroller-Hub) bezeichnet

Aufbau und Funktionsweise von Computern

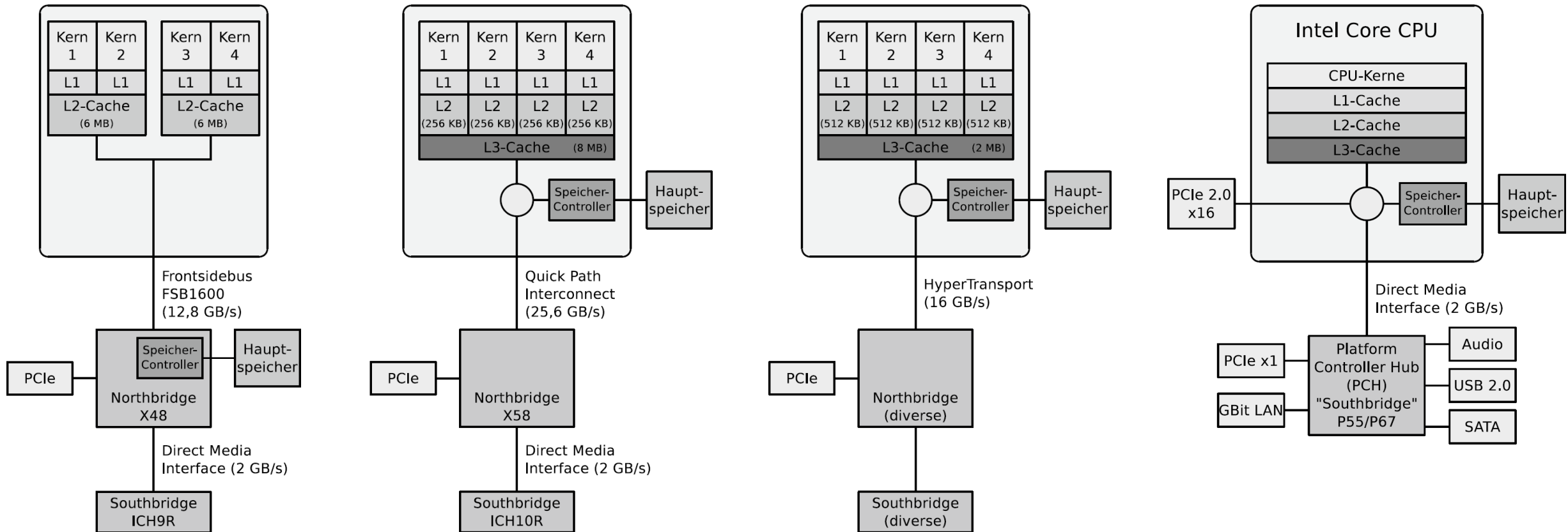
- PCI-Bus-Schnittstelle (Peripheral Component Interconnect)
 - War lange Zeit der am weitesten verbreitete Busstandard für Ein-/Ausgabekarten (PCI-Steckplätze)
 - Paralleler Bus mit Datentransferraten von 532 MB/s bis zu 1 GB/s
 - Wird auf modernen Hauptplatinen nur noch aus Kompatibilitätsgründen als „Erblast“ (Legacy) implementiert
- PCIe-Schnittstelle (PCI-Express)
 - Skalierbare Variante des PCI-Busses
 - Eine oder mehrere bidirektionale serielle Verbindungen, die als Lanes bezeichnet werden
 - Jede Lane stellt eine Nutz-Transferrate von 500 MB/s je Richtung bereit

Aufbau und Funktionsweise von Computern

- Anzahl der Lanes einer Verbindung wird mit einem kleinem vorangestellten x angegeben, es sind Systeme mit PCIe-x1, PCIe-x2 bis zu PCIe-x32 möglich
- Realisiert wurden im PC-Bereich bis heute jedoch nur Systeme mit bis zu PCIe-x16 (Übertragungen mit 16-facher Geschwindigkeit)
- Für den Anschluss von Grafikkarten wurde von Anfang an gleich 16 Lanes verwendet
 - Maximale Übertragungsrate von ca. 8 GB/s in jeder Richtung, also zusammen 16 GB/s
- SATA-Schnittstelle (Serial Advanced Technology Attachment)
 - Für die Anbindung nichtflüchtiger Speichermedien über ein serielles Übertragungsprotokoll
 - Erste SATA-Spezifikationen mit einer Datenrate von 150 MB/s, letzte Spezifikation mit einer Datenrate von 600 MB/s

Aufbau und Funktionsweise von Computern

- Verlagerung der Northbridge in den (Haupt-)Prozessor



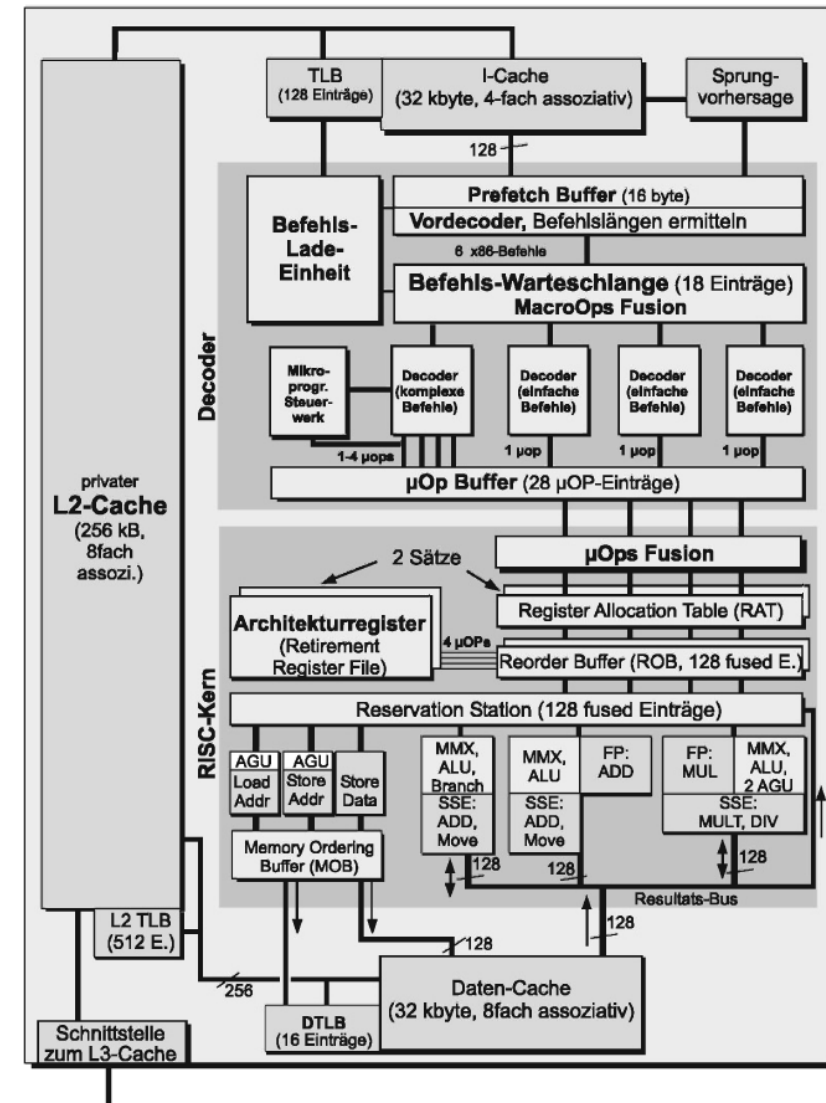
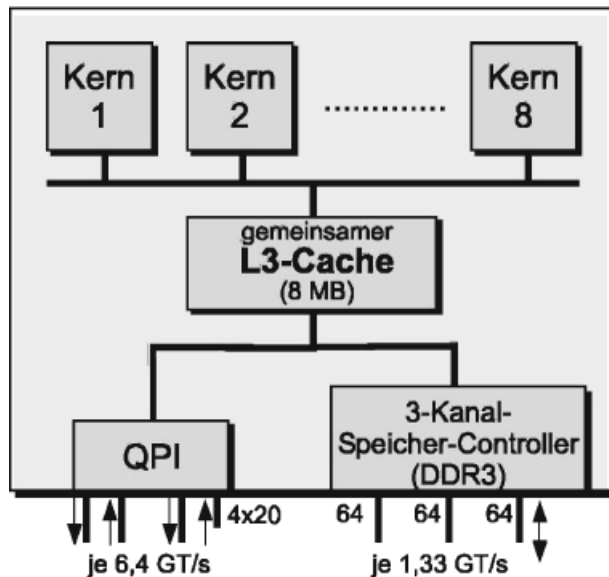
Intel Core 2 Extreme QX9770

Intel Core i7-965 Extreme Edition

AMD Phenom X4 9950

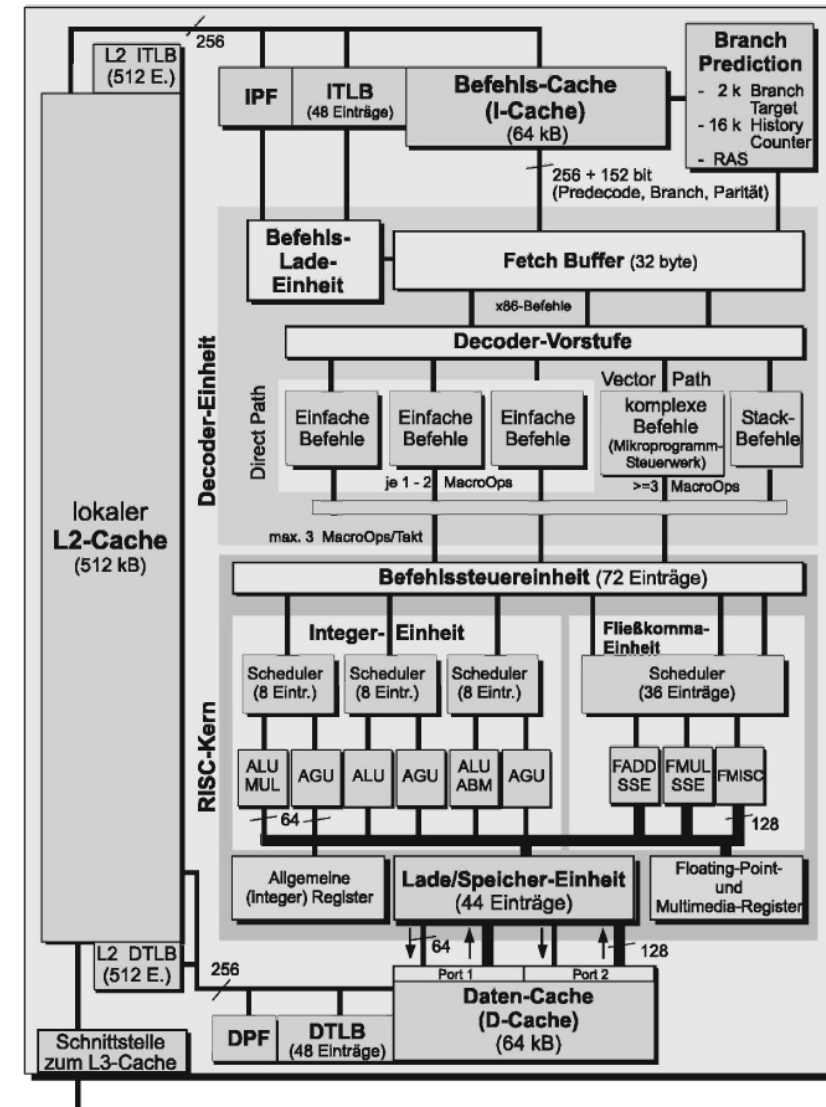
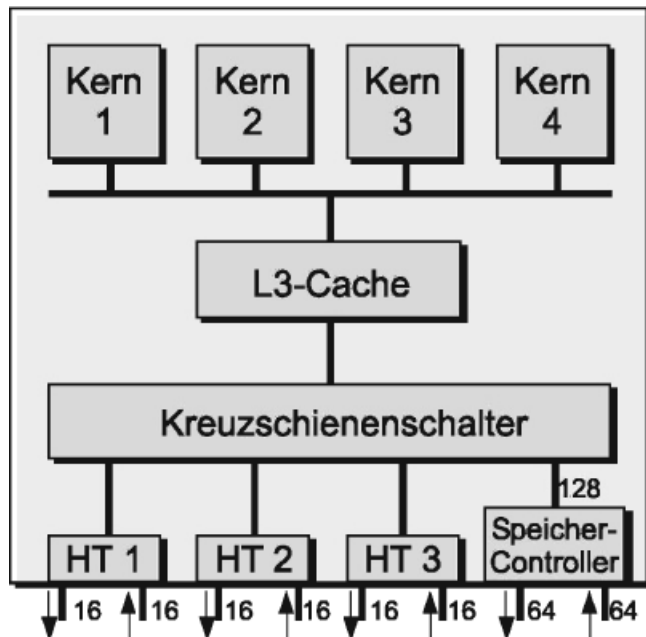
Aufbau und Funktionsweise von Computern

- Die Architektur des Intel Core i7
- Achtkern-Prozessor mit Intel Core i7



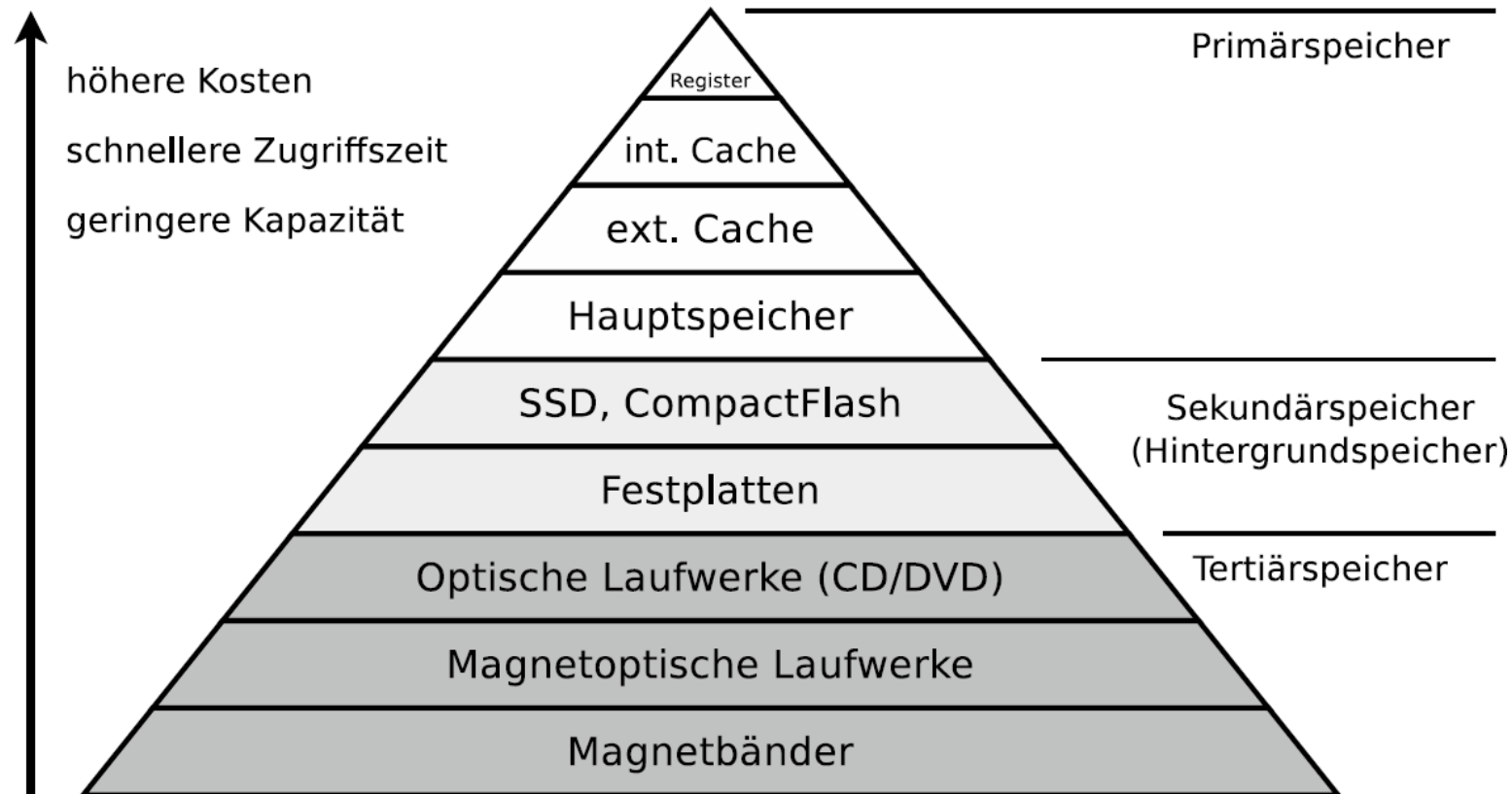
Aufbau und Funktionsweise von Computern

- Die AMD K10-Mikroarchitektur
- AMD-Prozessor mit vier K10-Kernen



Aufbau und Funktionsweise von Computern

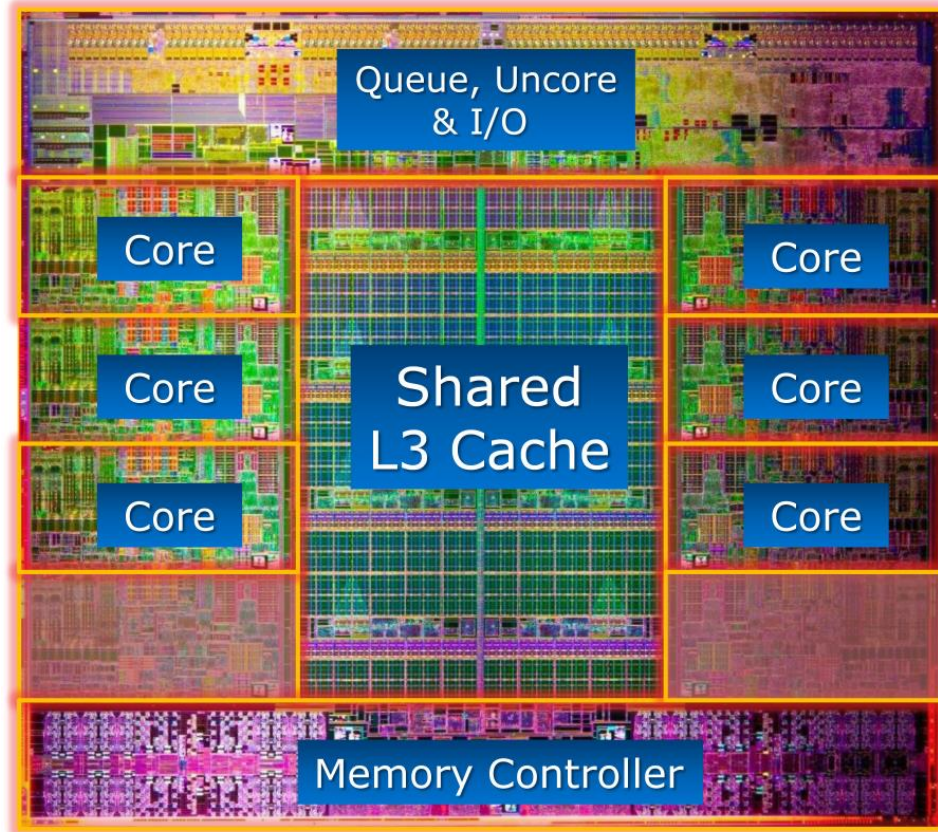
- Prinzip der Speicherhierarchie



Quelle: C. Baun: Betriebssysteme kompakt. Springer Vieweg, 2022

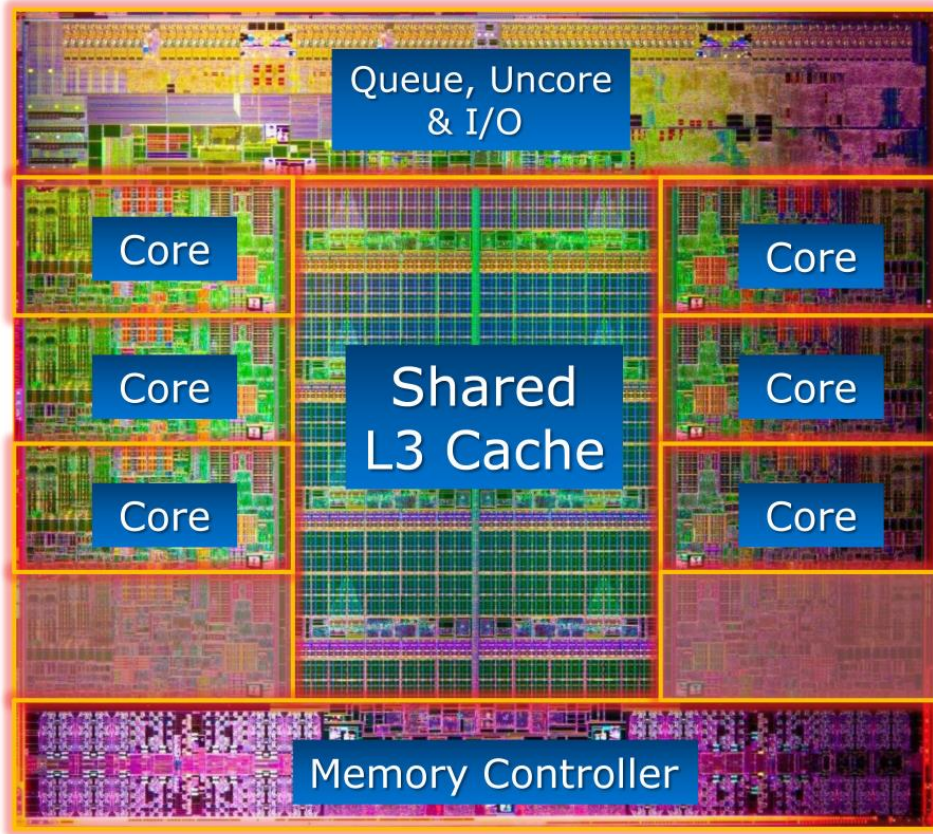
Aufbau und Funktionsweise von Computern

- Intel Core i7-3960X Die



Aufbau und Funktionsweise von Computern

- Intel Core i7-3960X Die



21 mm x 21 mm, 2,27 Milliarden Transistoren

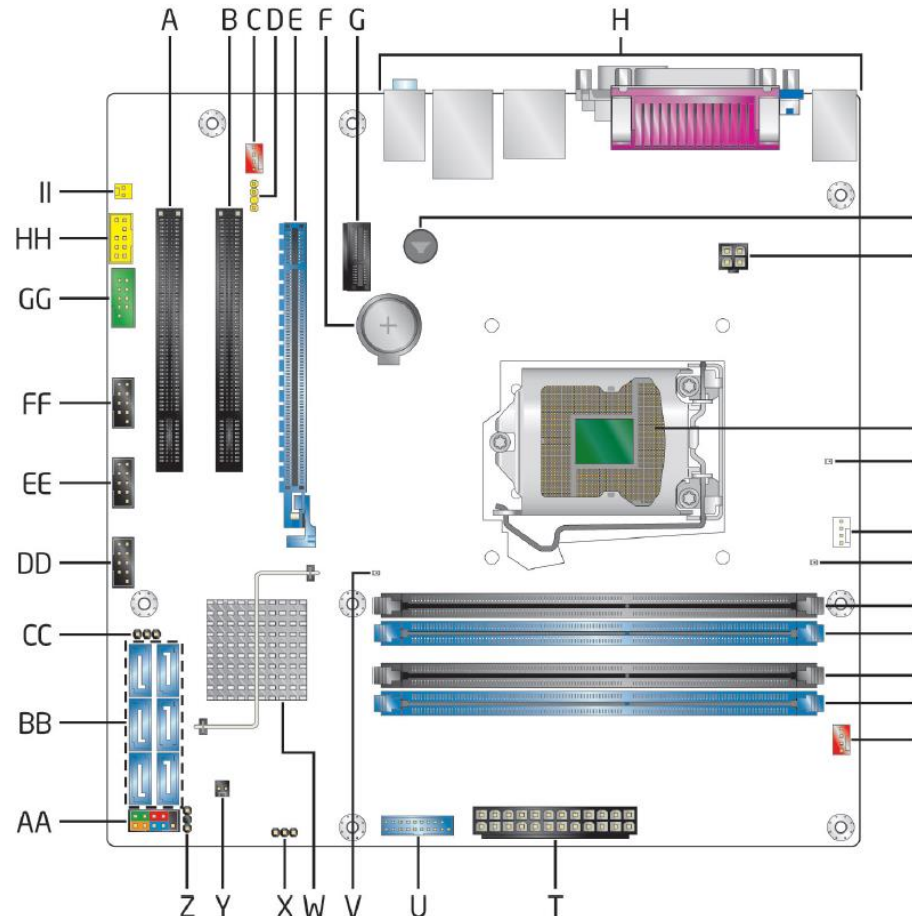


Durchmesser 22,25 mm

Aufbau und Funktionsweise von Computern

- Beispiel: Intel Desktop Mainboard DQ87PG

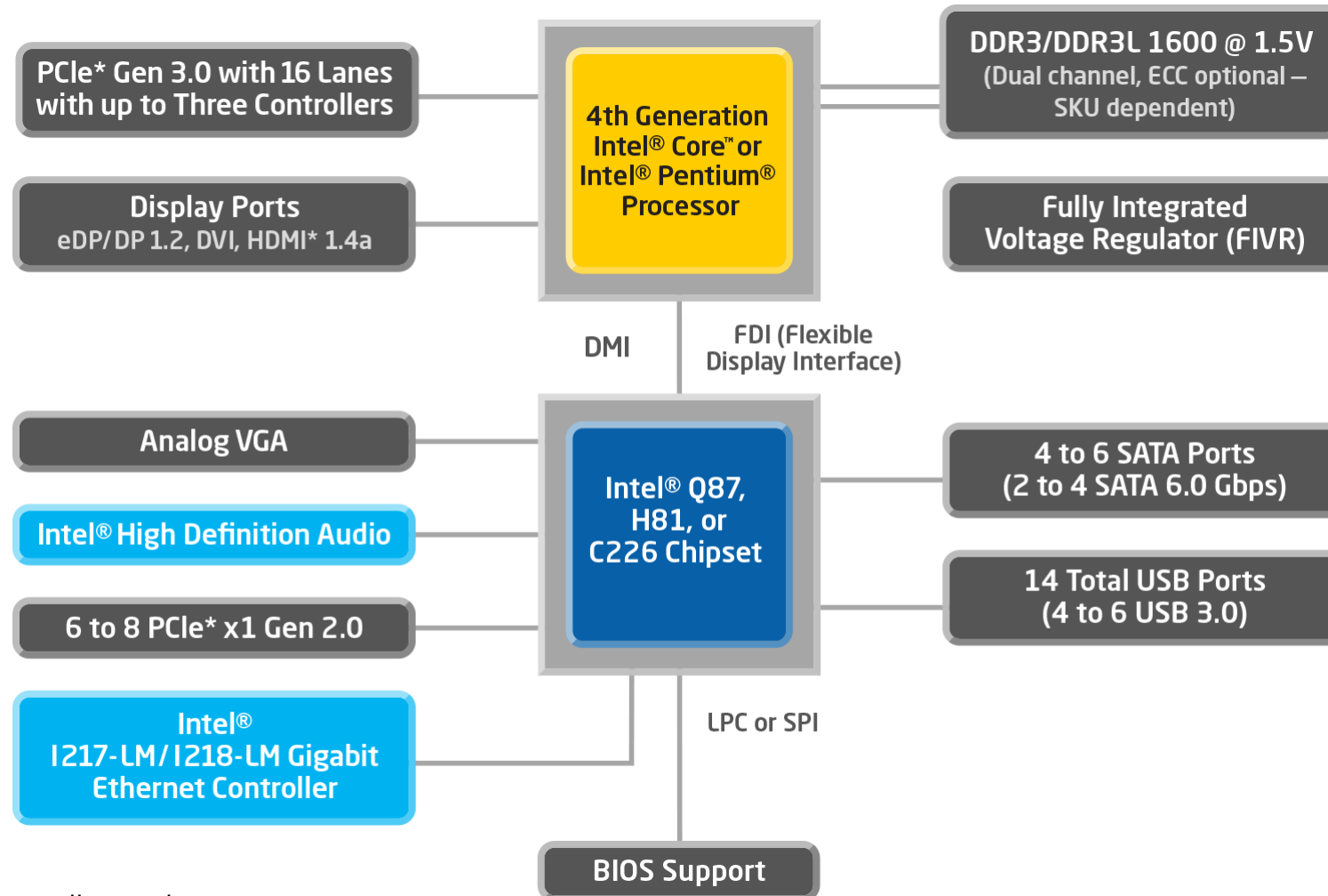
A Conventional PCI add-in card connector
B Conventional PCI add-in card connector
C Rear fan header
D S/PDIF out header
E PCI Express x16 add-in card connector
F Battery
G PCI Express x1 add-in card connector
H Back panel connectors
I Piezoelectric speaker
J 12 V processor core voltage connector (2 x 2)
K LGA1150 processor socket
L Power supervisor LED
M Processor fan header
N Standby power LED
O DIMM 3 (Channel A DIMM 0)
P DIMM 1 (Channel A DIMM 1)
Q DIMM 4 (Channel B DIMM 0)
R DIMM 2 (Channel B DIMM 1)



S Front fan header
T Main power connector (2 x 12)
U Front panel USB 3.0 connector
V Intel Management Engine M state LED
W Intel Q87 Express Chipset
X Intel Management Engine BIOS Extension (Intel MEBX) Reset header
Y Chassis intrusion header
Z Alternate front panel power/sleep LED header
AA Front panel connector
BB SATA 6.0 Gb/s connectors
CC BIOS Setup configuration jumper block
DD Front panel USB 2.0 connector
EE Front panel USB 2.0 connector
FF Front panel USB 2.0 connector
GG Serial port connector
HH Front panel audio connector
II Internal mono speaker header

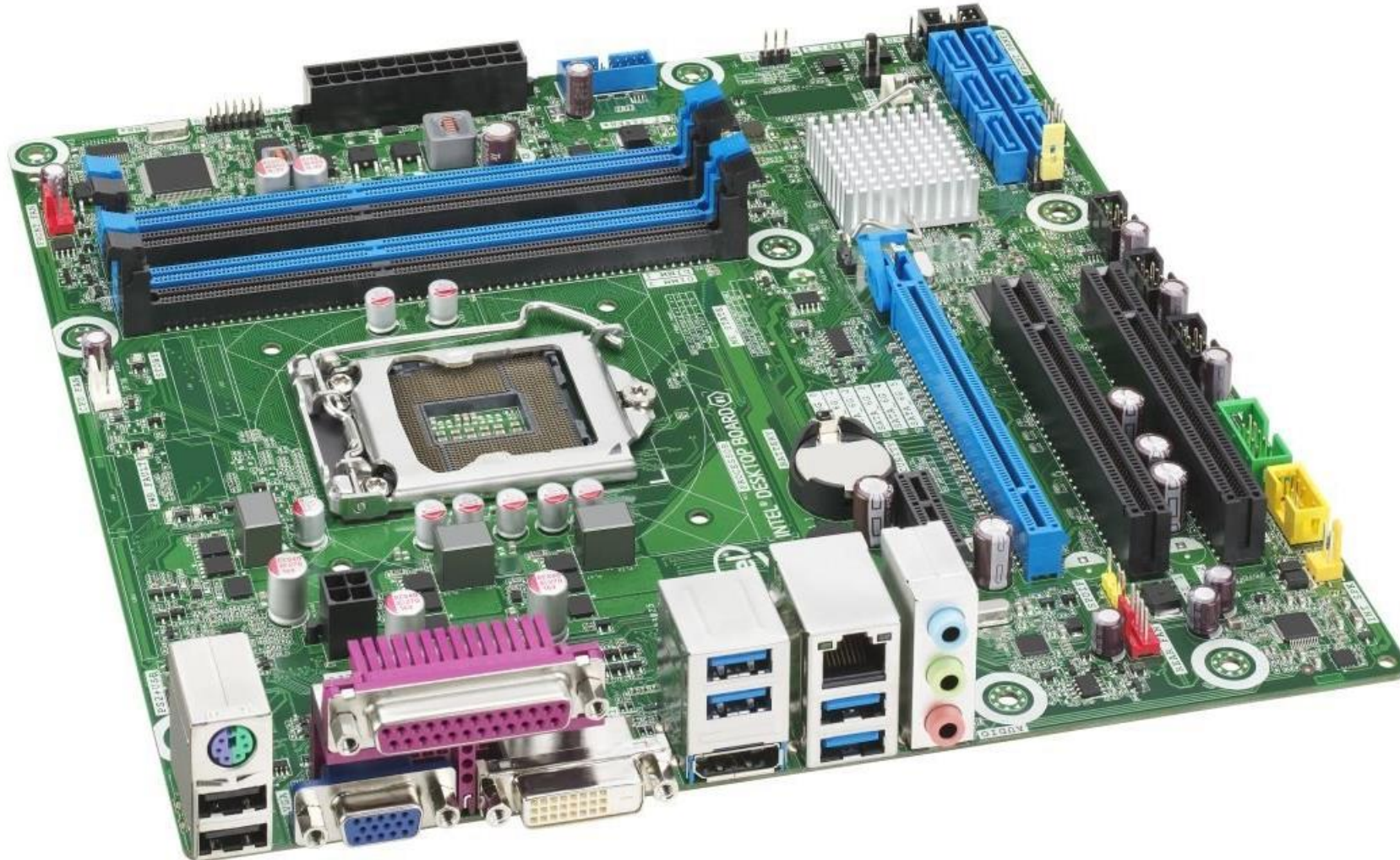
Aufbau und Funktionsweise von Computern

- Intel Core Prozessoren der 4. Generation mit Intel Q87 Chipsatz (Shark Bay)



Aufbau und Funktionsweise von Computern

- Beispiel: Intel Desktop Mainboard DQ87PG



Aufbau und Funktionsweise von Computern

- Beispiel: Intel Desktop Mainboard DQ87PG

