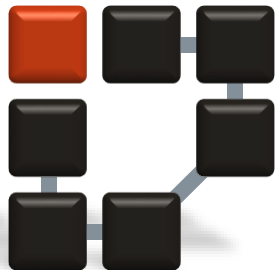


Informatik 1 für Nebenfachstudierende Grundmodul

Hardware von Computersystemen

Kai-Steffen Hielscher
Folienversion: 5. November 2018



Informatik 7
Rechnernetze und
Kommunikationssysteme



**FRIEDRICH-ALEXANDER
UNIVERSITÄT
ERLANGEN-NÜRNBERG**
TECHNISCHE FAKULTÄT

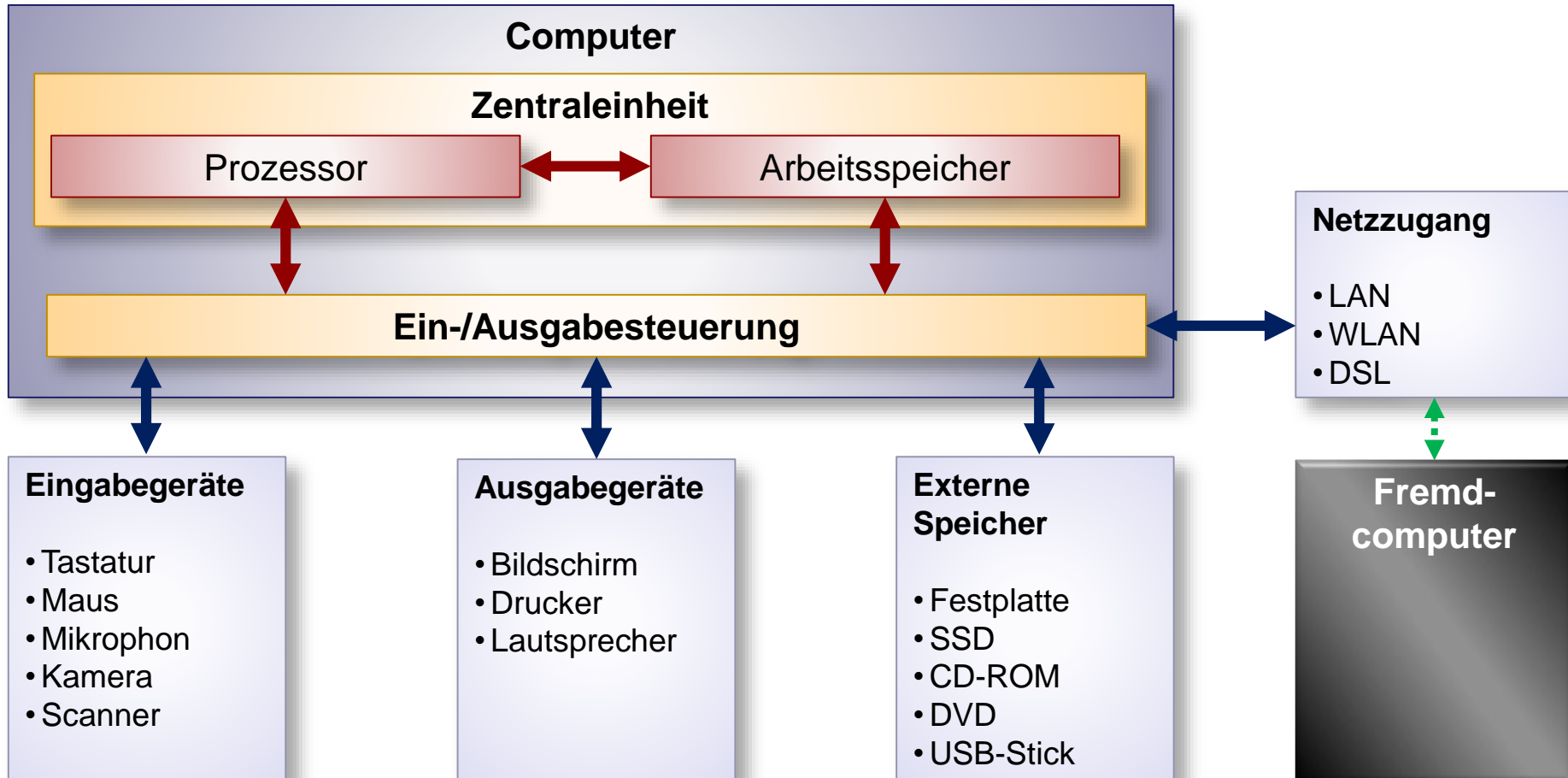
Inhaltsübersicht

- Kapitel 1 - Einführung und Übersicht
 - Was ist Informatik?
 - Grundbegriffe
 - Datendarstellung
 - **Hardware von Computersystemen**
 - Grundsoftware üblicher Computersysteme

Allgemeiner Aufbau von Rechensystemen

- Ein Computersystem besteht aus
 - einer Zentraleinheit und
 - einer Ein-/Ausgabesteuerung.
- In der Zentraleinheit werden die Programme abgearbeitet. Sie enthält
 - den Prozessor - oft CPU (Central Processing Unit) genannt - und
 - den Arbeitsspeicher.
- Die Zentraleinheit kommuniziert über eine Ein-/Ausgabesteuerung mit den Peripheriegeräten. Dazu gehören
 - Eingabegeräte (Tastatur, Maus, Scanner, Joystick...),
 - Ausgabegeräte (Bildschirm, Drucker, Lautsprecher, ...) sowie
 - externe Speichermedien (Festplatte, SSD, CD-ROM, DVD, USB-Stick, ...).
- Für die Kommunikation mit anderen Computer benötigt man außerdem Netzwerkkomponenten (DSL-Modem, WLAN-Controller, Bluetooth, ...).

Allgemeiner Aufbau von Rechensystemen

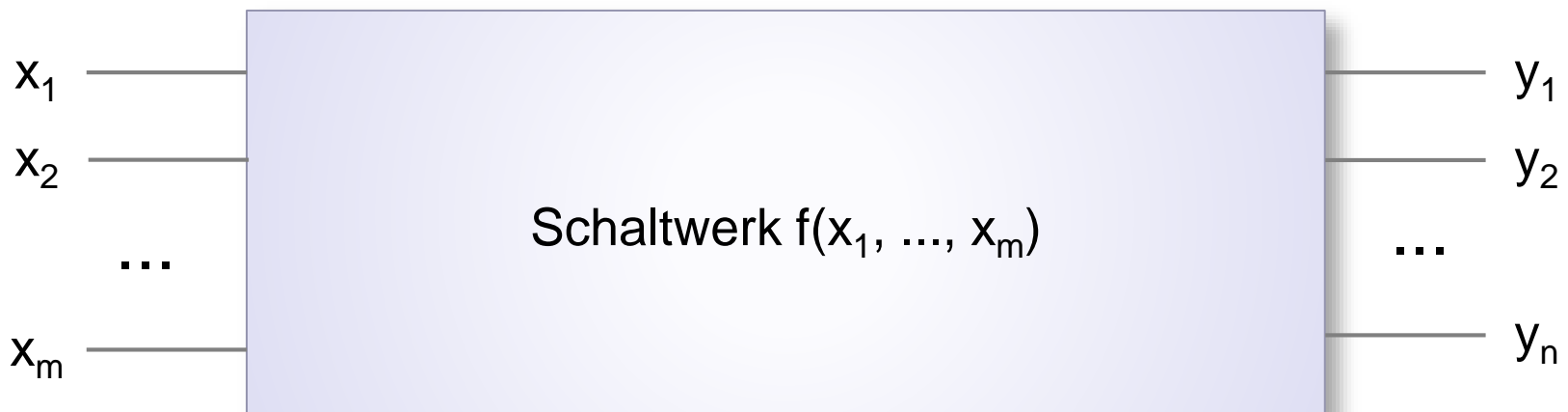


Digitale Logik

- Die digitale Logik befasst sich mit der technischen Realisierung beliebiger **Schaltwerke**

$$f: 2^m \rightarrow 2^n$$

- Ein solches Schaltwerk mit m Eingängen x_1, \dots, x_m und n Ausgängen y_1, \dots, y_n liefert für jede **m-Bit-Eingabefolge** die zugehörige **n-Bit-Ausgabe**.

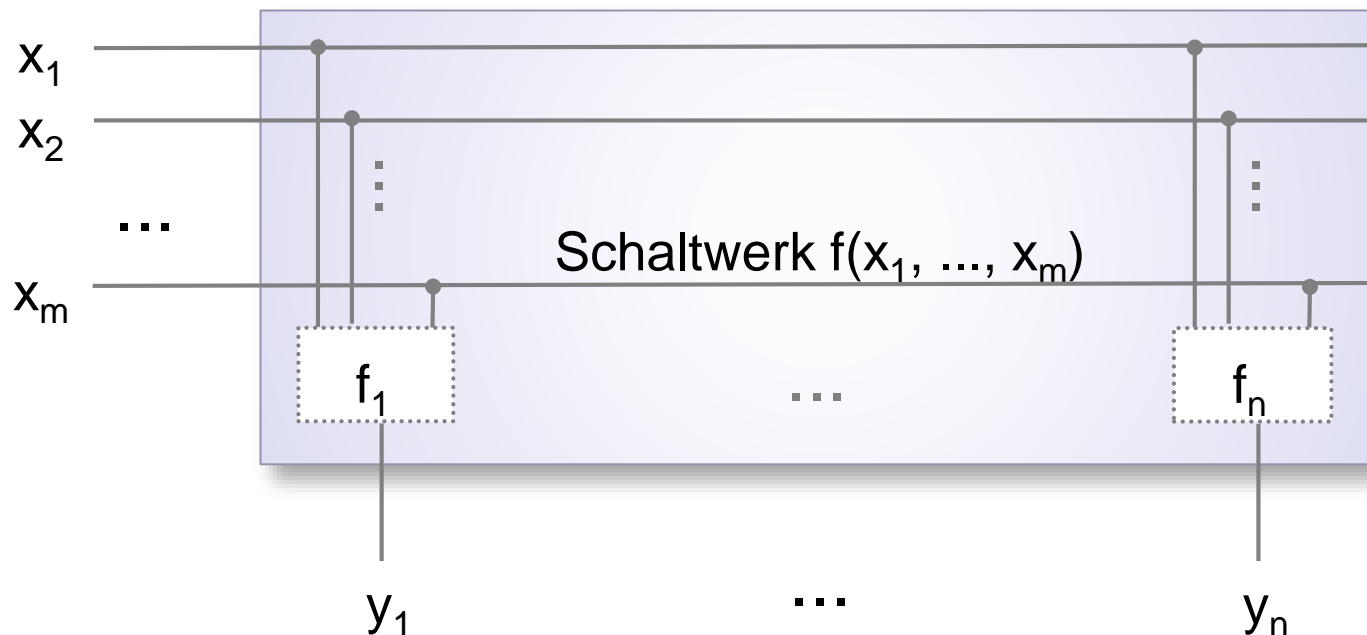


Digitale Logik

- Jedes derartige Schaltwerk kann mit n binären (bool'schen) Schaltfunktionen

$$f_i: 2^m \rightarrow 2 \quad (i=1 \dots n)$$

- realisiert werden, die für jede beliebige m -Bit-Eingabefolge x_1, \dots, x_m entweder 0 oder 1 als Ergebniswert y_i liefern.



Digitale Logik

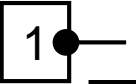

- Somit ist es sinnvoll sich zunächst mit der technischen Realisierung von binären Schaltfunktionen zu befassen, um aus diesen dann komplexe Schaltwerke in Computer aufzubauen.
- Als technisch einfachstes Schaltelement dient der Transistor: legt man eine Spannung zwischen seinem Eingang („Emitter“) und seinem Ausgang („Kollektor“) an, fließt nur dann ein Strom (logische 1) wenn gleichzeitig eine Steuerspannung am Steuereingang („Gate“) vorliegt.


- **Elementarschaltungen** bestehend aus einem Widerstand und zwei in Serie bzw. parallel geschaltete Transistoren ermöglichen die technische Realisierung der bool'schen Schaltfunktionen **NAND** (negiertes UND) bzw. **NOR** (negiertes ODER) mit den **Wahrheitstabellen**

Eingänge		Ausgänge	
x_1	x_2	NAND	NOR
0	0	1	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	0



Digitale Logik

- Es lässt sich zeigen, dass die elementaren bool'schen Schaltfunktion

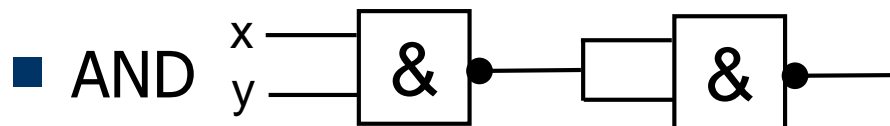
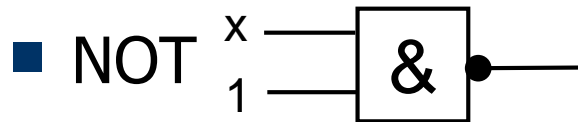
NOT (Symbol: ), **AND** (Symbol: )

und **OR** (Symbol: ) nur durch alleinige

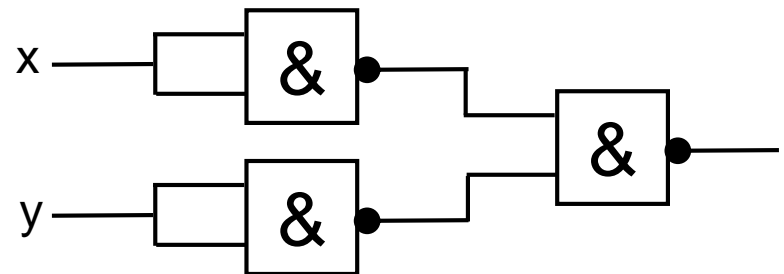
Verwendung der **universellen Schaltfunktionen NAND**

(Symbol: ) bzw. **NOR** (Symbol: ) realisierbar sind.

- Das soll am Beispiel von NAND gezeigt werden:



■ OR

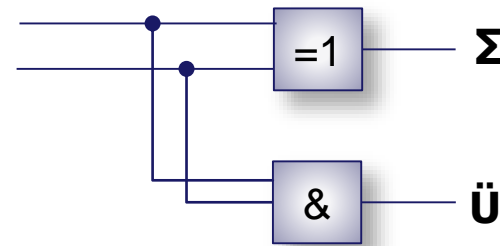


Rechenwerk und Addierer

- Betrachtet man die **grundsätzliche Arbeitsweise** der CPU, erkennt man dass sich die meisten Funktionen technisch über Additions-, Komplement- und Verschiebeoperationen realisieren lassen.
- Das Herz der CPU ist somit das **Rechenwerk** oder die **ALU** (Arithmetisch-Logische Einheit, engl.: Arithmetic Logic Unit).
- Der binäre **Halbaddierer** ist die einfachste arithmetische Komponente und **addiert zwei Binärziffern**. Er besitzt zwei Ein- und Ausgänge und wird durch die folgende Wahrheitstabelle und Prinzipschaltung definiert:

Eingänge		Ausgänge	
A	B	Ü	Σ
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

Wie man sieht, ist die Summe Σ das logische **XOR** (=1), der Übertrag \ddot{U} das logische **UND** (&).



Rechenwerk und Addierer

- Addiert man Binärzahlen Stelle für Stelle, ist jeweils der Übertrag der nächst niedrigeren Stelle als weiterer Eingang zu berücksichtigen.
- Der binäre Volladdierer addiert zwei Binärziffern und berücksichtigt dabei den Übertrag \ddot{U}_v der Vorgängerstelle:

Eingänge			Ausgänge	
\ddot{U}_v	A	B	\ddot{U}	Σ
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	1	0
1	1	1	1	1

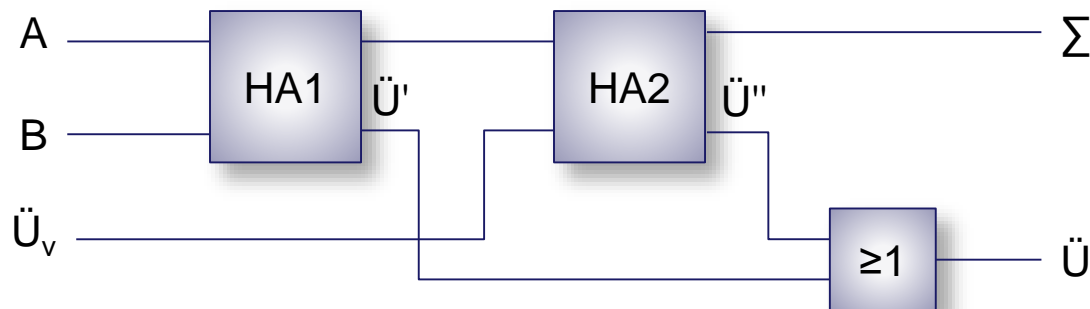
Wie man sieht ist die Summe Σ das logische **XOR** dreier Binärziffern, d.h.

$$(\ddot{U}_v \text{ XOR } A) \text{ XOR } B$$

Der Übertrag \ddot{U} entspricht für den Fall $\ddot{U}_v=0$ dem logischen **UND** der Eingänge A und B, für den Fall $\ddot{U}_v=1$ ergibt sich das logische **ODER** von A und B.

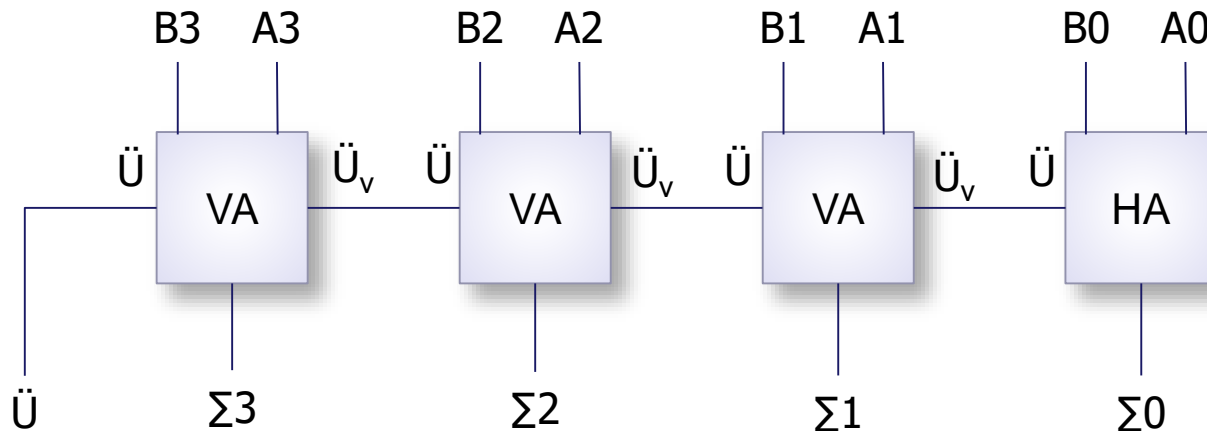
Rechenwerk und Addierer

- Technisch kann der Volladdierer aus der Verknüpfung zweier Halbaddierer HA1 und HA2 realisiert werden:
 - HA1 bildet zunächst die **Zwischensumme** der Eingänge A und B
 - HA2 berechnet anschließend aus der Zwischensumme und dem Übertrag \ddot{U}_v der Vorgängerstelle die **Summe Σ** .
 - Der neue **Übertrag** \ddot{U} ergibt sich aus dem logischen ODER (≥ 1) der Überträge \ddot{U}' und \ddot{U}'' der beiden Halbaddierer HA1 und HA2



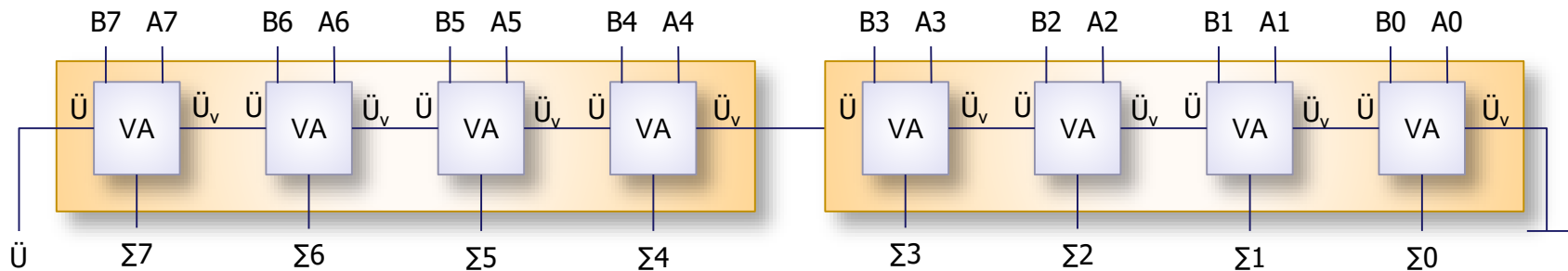
Rechenwerk

- Die Addition zweier 4-Bit Zahlen (4-Bit-Volladdierer) erfordert die Serienschaltung eines Halbaddierers und dreier Volladdierer.



Rechenwerk

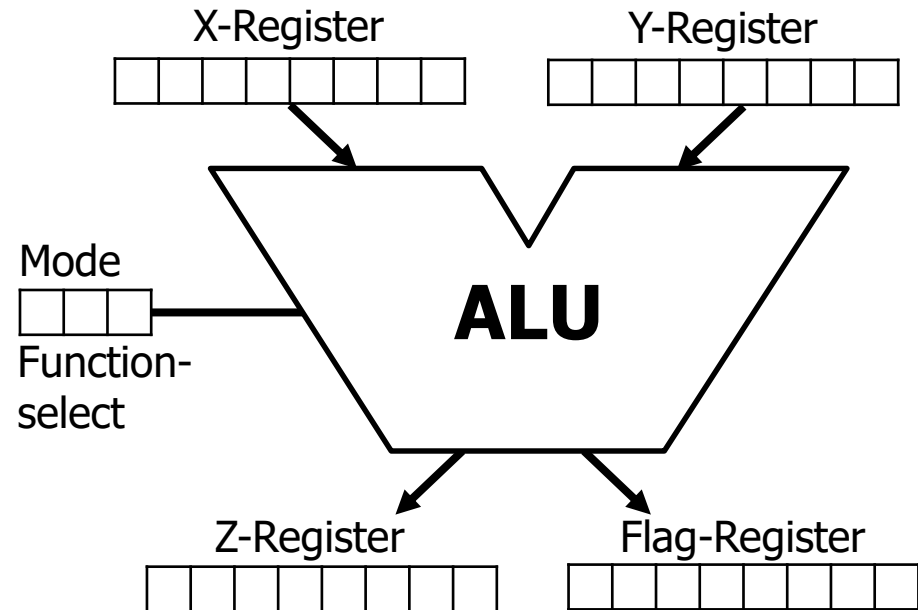
- Die Addition von zwei 8-Bit Zahlen lässt sich mit Serienschaltung zweier 4-Bit-Volladdierer erreichen.



- Anstelle des Halbaddierers der letzten Stelle **Σ₀** wird meist ein Volladdierer eingesetzt, dessen Übertragseingang \ddot{U}_v auf Null gesetzt ist.
- Problem:** Übertragsabbau führt zu langen Laufzeiten bei großen Zahlen!

Arithmetisch-Logische Einheit (ALU)

- Die ALU dient zur Realisierung der Elementaroperationen (Addition, Subtraktion, logische Operationen, Inkrementieren, Dekrementieren, Abfrage auf Null oder Gleichheit, etc.) eines Rechners.
- Üblicherweise wird die ALU im Diagramm als Block dargestellt: zwei Eingabewerte X und Y werden zu einem Ausgabewert Z verknüpft. Die Art der Elementaroperation wird über zusätzliche Steuerbits eingestellt.



Die Werte der Operanden X bzw. Y und des Ergebnisses Z befinden sich in Registern (Gruppe von Speicherzellen).

Arithmetisch-Logische Einheit (ALU)

- Übliche Registerbreiten betragen 8, 16, 32 oder 64 Bit, man spricht dann von einem 8-, 16-, 32- oder 64-Bit-Rechner.
- Bei der Ausführung von Elementaroperationen kann es zu Ausnahmesituationen kommen:
 - Über- bzw. Unterlauf: Bei der Addition bzw. Subtraktion passt das Ergebnis nicht in das Z-Register.
 - Das Ergebnis einer Operation war negativ.
 - Das Ergebnis einer Operation war Null.
- Bei Auftreten einer Ausnahmesituation wird ein entsprechendes Flag (Bit) in einem Flag-Register zum Anzeigen dieser Ausnahme gesetzt.

Komponenten von Rechensystemen

- Computer arbeiten mit Gleichstrom verschiedener Spannungen im Niedervoltbereich (2.8V, 3.3V, 5V oder 12V). Diese werden von einem Netzteil bereitgestellt.
 - Ein gutes Netzteil bietet auch Schutz gegen Überspannungen.
 - Ein sehr gutes Netzteil überbrückt mit Hilfe eines Akkus kurzfristigen Stromausfall.
- Zentraler Bestandteil eines Rechners ist die Hauptplatine (engl. *motherboard*). Auf der Hauptplatine befinden sich
 - der Prozessor,
 - der Arbeitsspeicher des Prozessors, bestehend aus einzelnen Chips oder aus Speichermodulen, sogenannten DIMMs (Dual Inline Memory Module),
 - zusätzliche Controller-Karten für die flexible Ansteuerung peripherer Geräte, die in Sockelleisten eingesteckt sind und
 - verschiedenste elektronische Bauelemente wie z.B. Chips, Widerstände und Kondensatoren, die durch mehrere Ebenen von Leiterbahnen miteinander verbunden sind.

Komponenten von Rechensystemen

■ Front- und Rückansicht eines Computers



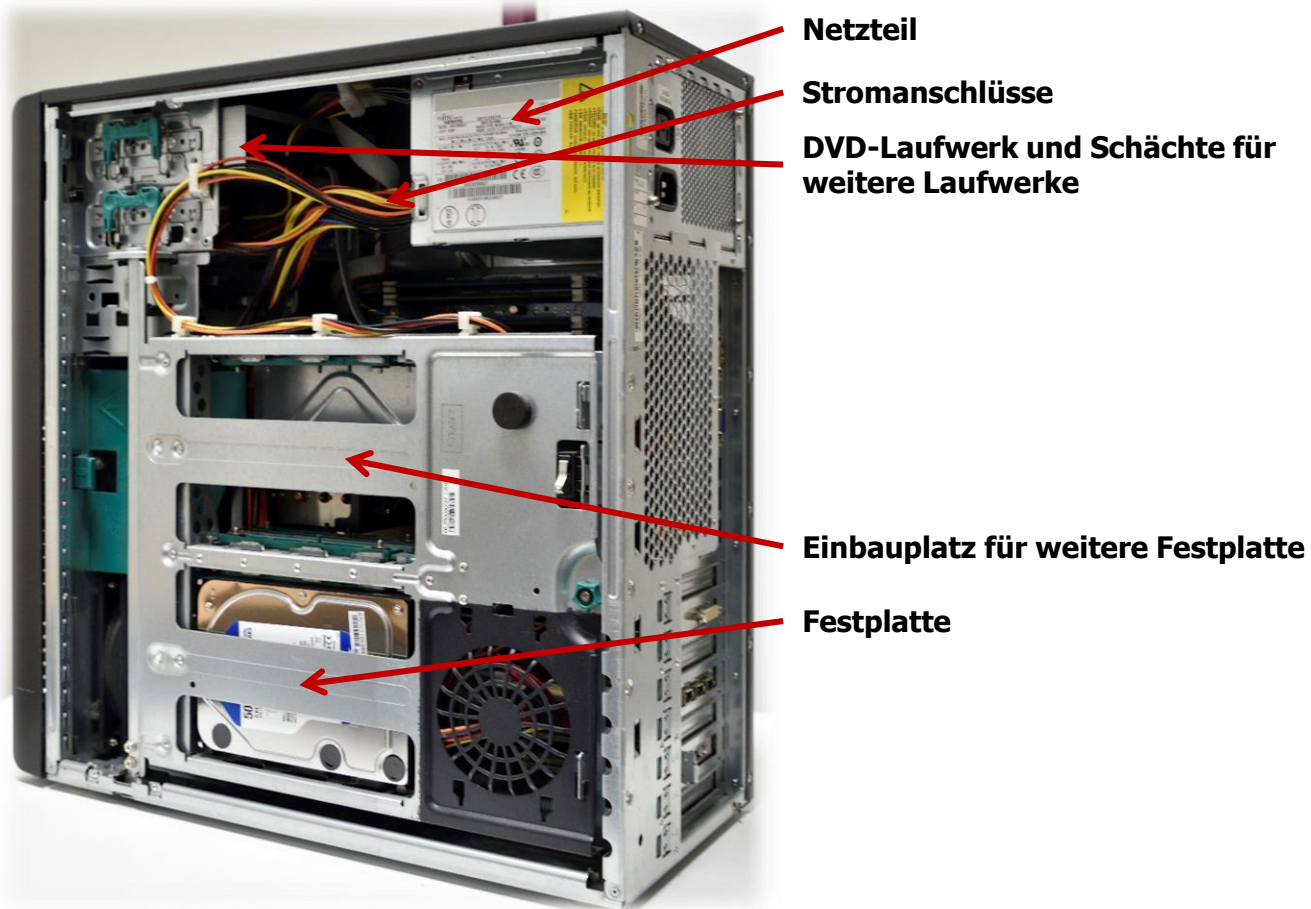
- Luftauslässe
- Netzbuchse für Stromversorgung
- Audio-Buchsen
- Buchsen für Tastatur und Maus (PS/2)
- Serielle Schnittstelle
- Monitoranschluss (VGA)
- USB-Anschlüsse
- Netzwerkanschluss (Ethernet)
- Grafikkarte mit Monitoranschluss (DVI)
- Firewire-Karte (IEEE 1394)
- Anschluss für externe Festplatte (eSATA)
- Slotbleche für ungenutzte Steckplätze



- Statusanzeige
- DVD-Laufwerk
- Ein- /Auswahl-Knopf
- Plätze für weitere Laufwerke
- Lüftungsgitter

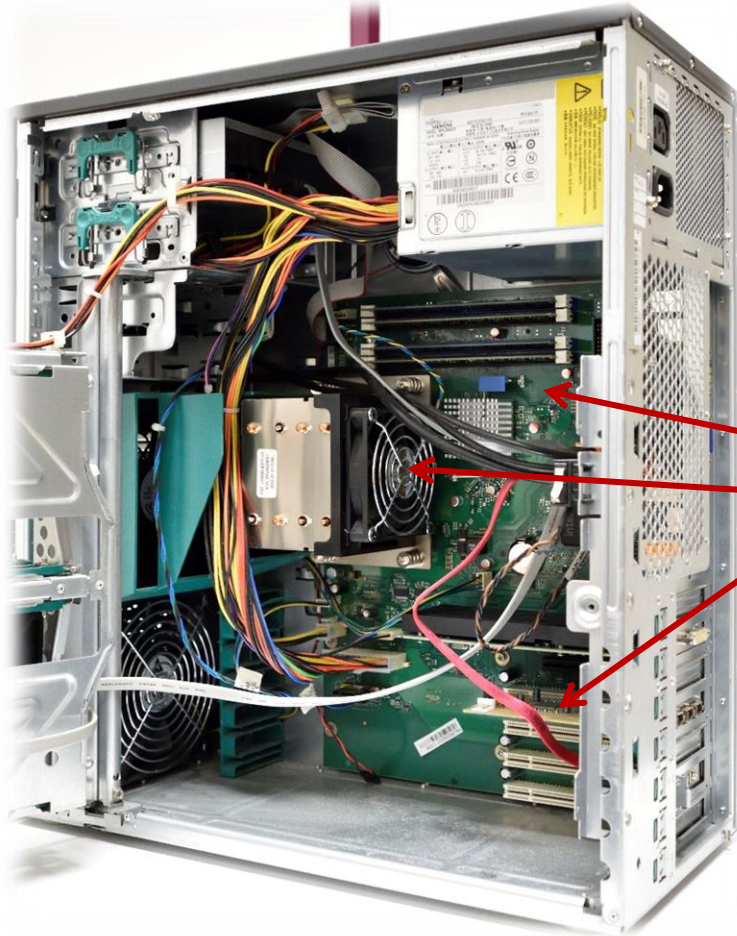
Komponenten von Rechensystemen

■ Innenansicht eines Computers



Komponenten von Rechensystemen

■ Innenansicht eines Computers



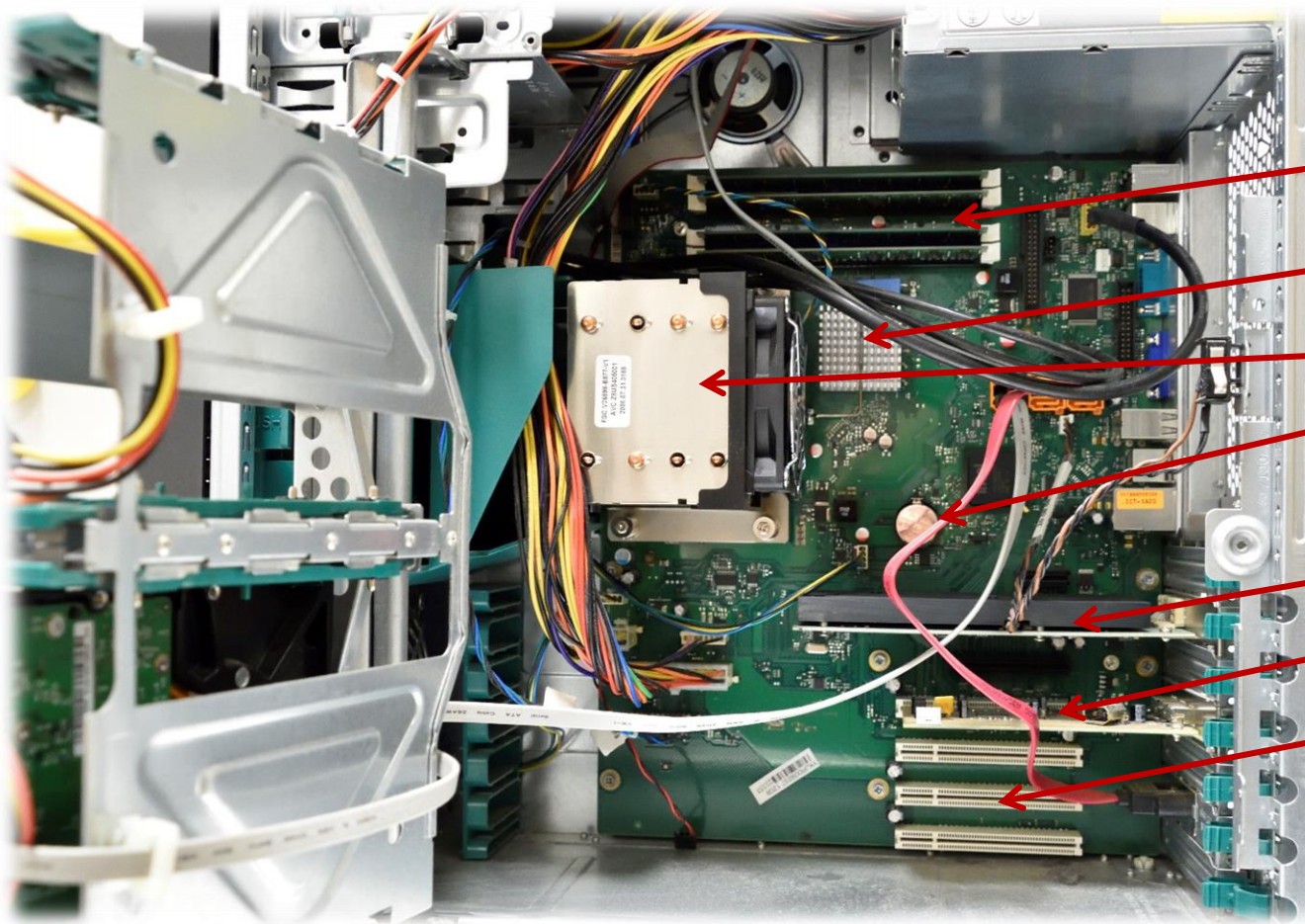
Hauptplatine

Prozessor (CPU) mit Lüfter

Steckkarte

Komponenten von Rechensystemen

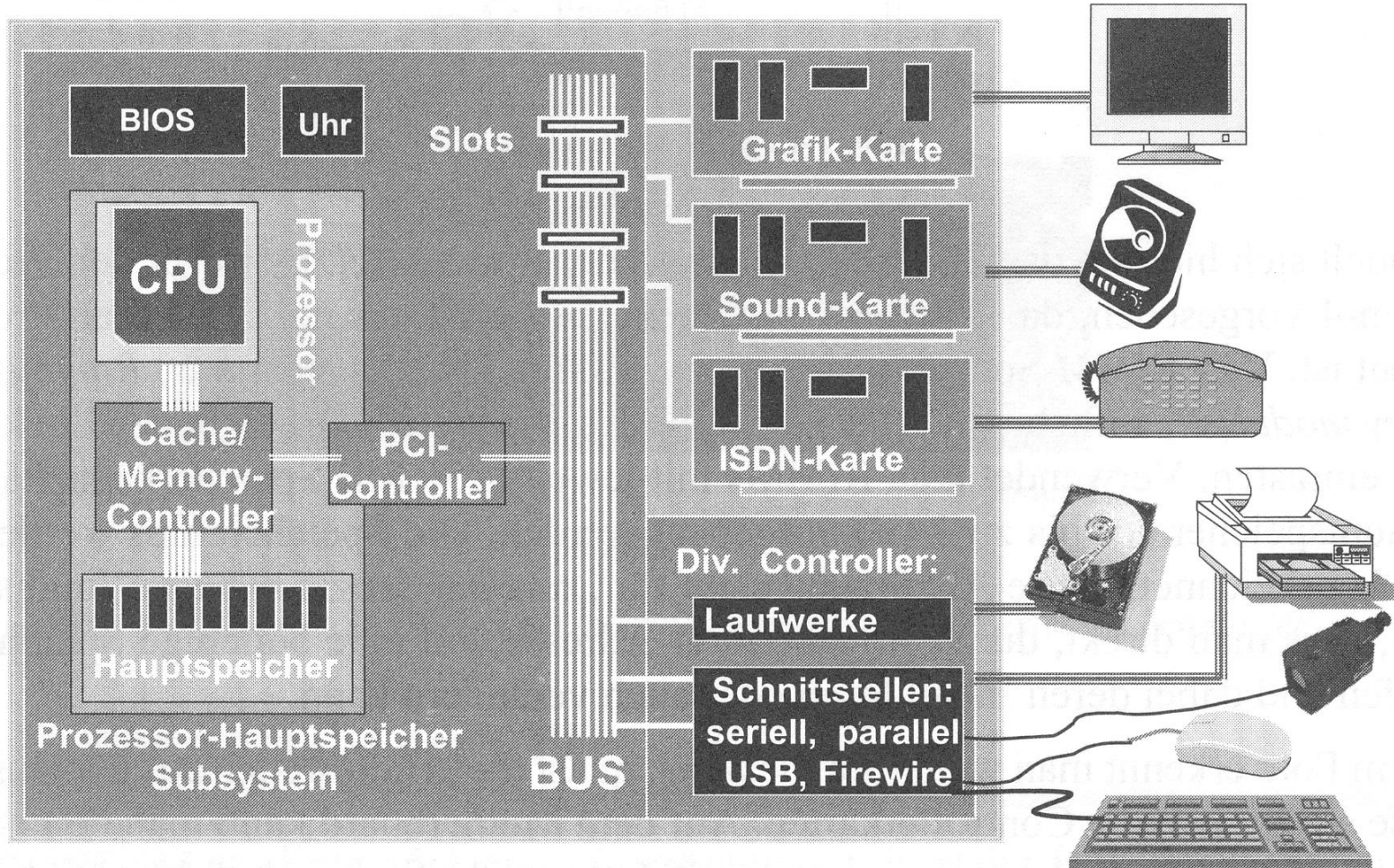
- Detaillierte Innenansicht eines Computers



- Hauptspeicher (DIMMs)
- Ein-/Ausgabe-Controller (Southbridge, ICH)
- Prozessor (CPU) mit Kühlkörper und Lüfter
- Batterie
- Grafikkarte
- Firewire-Karte
- Freie Steckplätze (Slots)

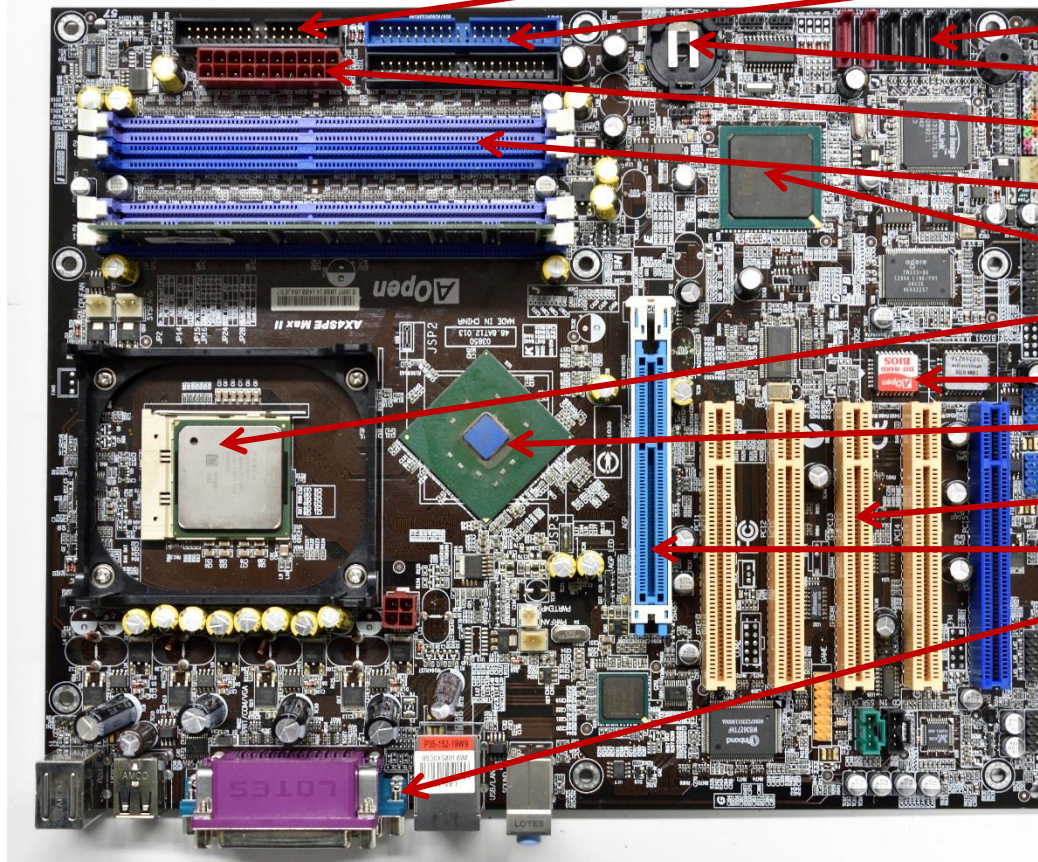
Komponenten von Rechensystemen

Übersicht der Komponenten eines Computers



Komponenten von Rechensystemen

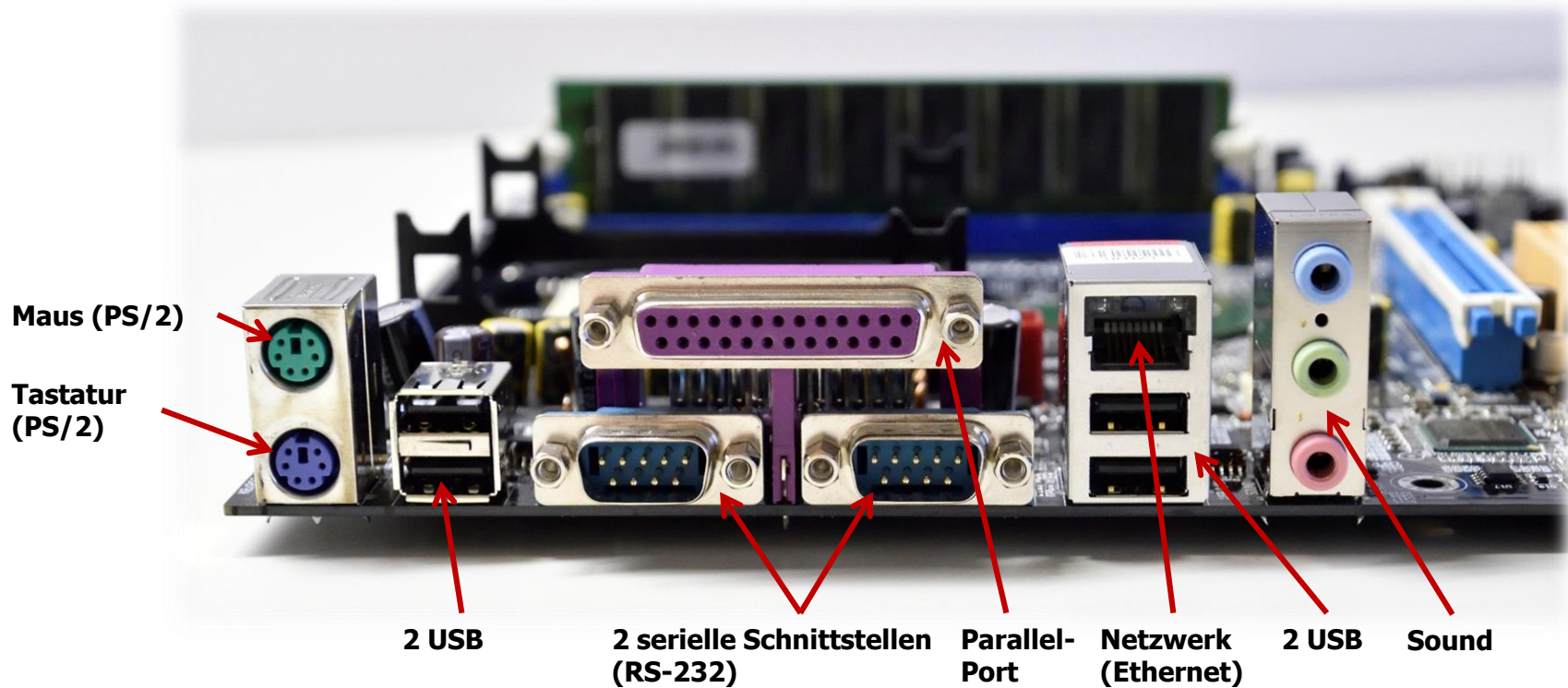
■ Ältere Hauptplatine eines Computers (Mainboard, Motherboard)



- Anschluss für Diskettenlaufwerk
- Anschlüsse für Festplatten (IDE, ATA)
- Anschlüsse für Festplatten (SATA)
- Batteriehalter
- Stromanschluss
- DIMM-Sockel
- PCI-Controller (Southbridge)
- Prozessor (im Sockel, ohne Kühlkörper)
- BIOS
- Memory-Controller (Northbridge, ohne Kühlkörper)
- PCI-Slots
- AGP-Slot
- Externe Schnittstellen

Komponenten von Rechensystemen

- Details der Hauptplatine
 - Externe Schnittstellen



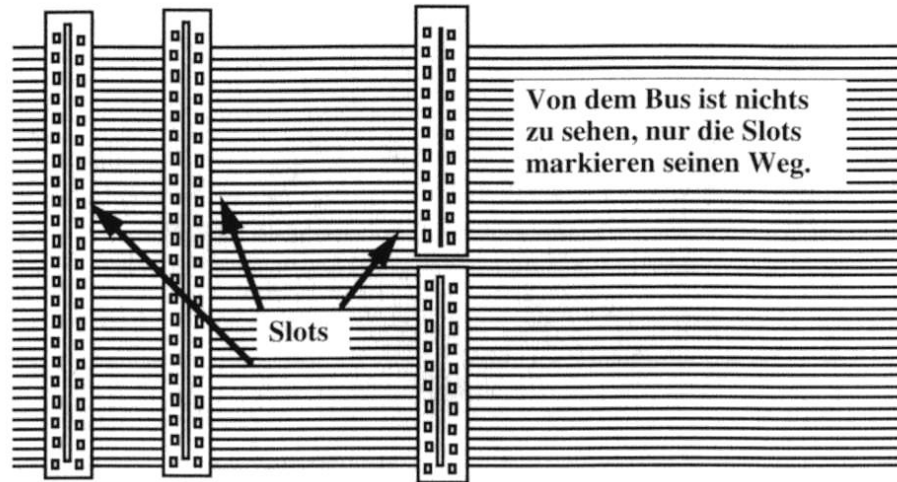
Komponenten von Rechensystemen

- Details der Hauptplatine
externe Schnittstellen mit I/O-Blende



Komponenten von Rechensystemen

- Die Controller-Karten stecken in Sockelleisten (auch Slots genannt).
- Sockelleisten sind mit der Hauptplatte durch einen Bus verbunden.



- Ein Bus besteht aus mehreren Daten- und Steuerleitungen.
- Je nach Typ (AGP, PCI, PCI Express, USB, ...) und Verwendung (Baugruppen, Speicher, Peripherie,) besitzen Busse unterschiedlich viele Leitungen.
- Protokolle dienen zur gesicherten Übertragung von Daten über diese Leitungen.
- Je nach Leistung übertragen Busse 10 MByte pro Sekunde (MBps) bis zu mehr als 63000 MBps.

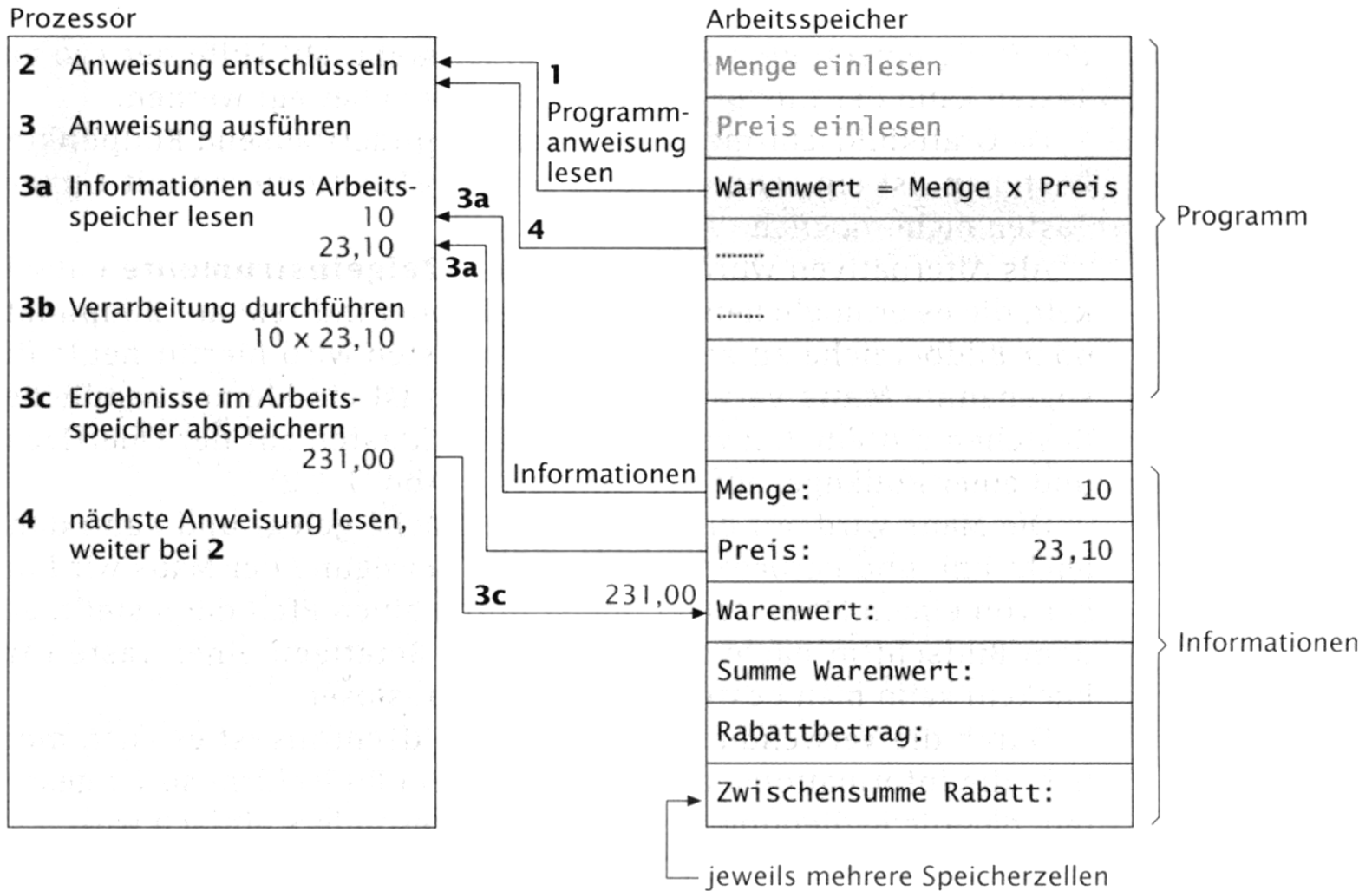
Prozessor und Programm

- Der Prozessor ist das „Herz“ eines Computers und verarbeitet Daten nach dem EVA-Prinzip.
- Dazu besitzt er Hilfsspeicherzellen, sog. Register, und kann Befehle verarbeiten, die aus dem Speicher geholt werden.
- Typische Befehle, die ein Prozessor ausführen kann sind:
 - Move: Bewegen einer Anzahl von Bytes von einer Stelle des Arbeitsspeichers an eine andere.
 - Load: Laden eines Registers aus dem Arbeitsspeicher.
 - Store: Speichern eines Registers in den Arbeitsspeicher.
 - Add: Addition des Inhalts zweier Register oder Arbeitsspeicherbereiche.
 - Weitere Befehle dienen zum Subtrahieren, Multiplizieren, Dividieren oder Verknüpfen mit Hilfe Boolescher Operationen wie AND, OR, XOR oder NOT.
 - Compare: Vergleich des Inhalts zweier Register oder Arbeitsspeicherbereiche.
- Die Befehle selbst sind im Arbeitsspeicher, auch Hauptspeicher genannt, des Computers gespeichert. Eine Folge solcher Befehle heißt Programm.

Prozessor und Programm

- Normalerweise werden Befehle in der im Arbeitsspeicher vorliegenden linearen Reihenfolge konsekutiv ausgeführt.
- Sprungbefehle (Branch bzw. Jump) ermöglichen die Fortsetzung der Befehlsbearbeitung an einer anderen Stelle im Arbeitsspeicher - falls dort ebenfalls ein Befehl gespeichert ist.
- Bedingte Sprünge werten das Ergebnis eines vorher ausgeführten Vergleichsbefehls aus: Je nachdem was der Vergleich ergeben hat, wird die Befehlsbearbeitung entweder normal mit dem nächsten Befehl oder nach einem Sprung an einer anderen Stelle des Arbeitsspeichers fortgesetzt.
- Beispiel: Für eine Rechnungserstellung soll der Warenwert pro Artikelposition aus Menge und Preis berechnet werden. Es wird angenommen, dass der Benutzer über die Tastatur Menge und Preis eingegeben hat und dass sich diese Werte bereits im Arbeitsspeicher befinden. Das Programm als auch die Ein- und Ausgabeinformationen, die bei der Ausführung des Programms benötigt bzw. erzeugt werden, werden im Arbeitsspeicher abgelegt.

Prozessor und Programm



Prozessor und Programm

- Es bleibt festzuhalten: Der Prozessor liest eine Programmanweisung nach der anderen und führt jede Programmanweisung mit den im Arbeitsspeicher aufbewahrten Informationen aus. Zwischenergebnisse und Ergebnisse werden vom Prozessor im Arbeitsspeicher abgelegt.
- Die Idee, Programme und Informationen in einem gemeinsamen Speicher aufzubewahren, stammt von John von Neumann. Computer mit einem Prozessor und einem Arbeitsspeicher für Daten und Programme bezeichnet man ihm zu Ehren als **von-Neumann-Computer**.

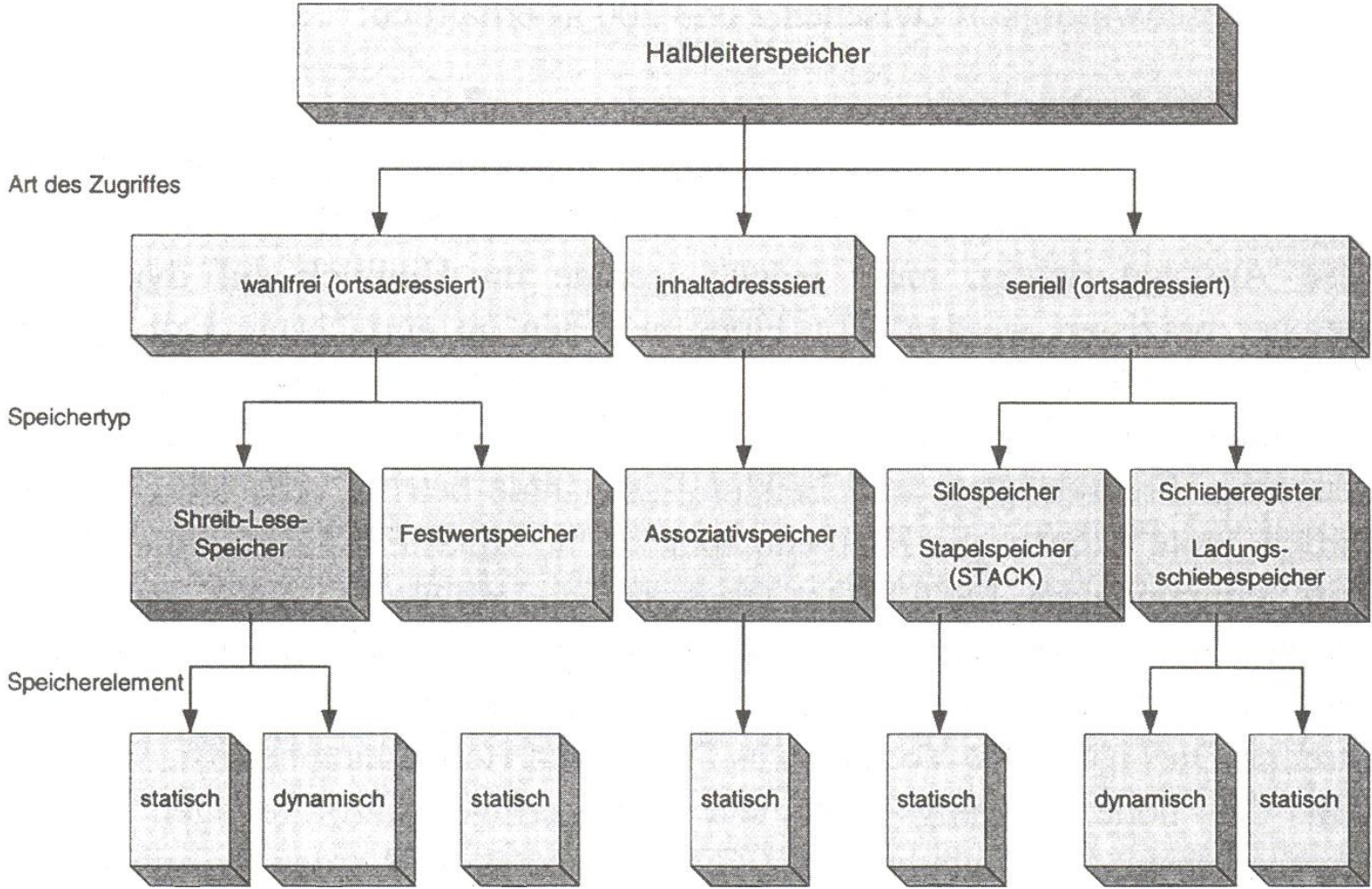
Arbeitsspeicher

- Der Arbeitsspeicher besteht aus speziellen Halbleiter-Bauelementen, den Speicherchips. Die Speicherkapazitäten, d.h. Anzahl von Speicherzellen, vervierfachen sich pro Technologieschritt: 4, 16, 256, 1024, ... MBit
- Auf jede Speicherzelle ($\cong 1$ Bit) des Arbeitsspeichers kann direkt (wahlfrei) zugegriffen werden. Arbeitsspeicherchips heißen deshalb auch RAM-Bausteine (Random Access Memory) .
- Die Adressierung einer einzelnen Speicherzelle erfolgt über eine Matrixstruktur zur Ansteuerung von Zeilen und Spalten.

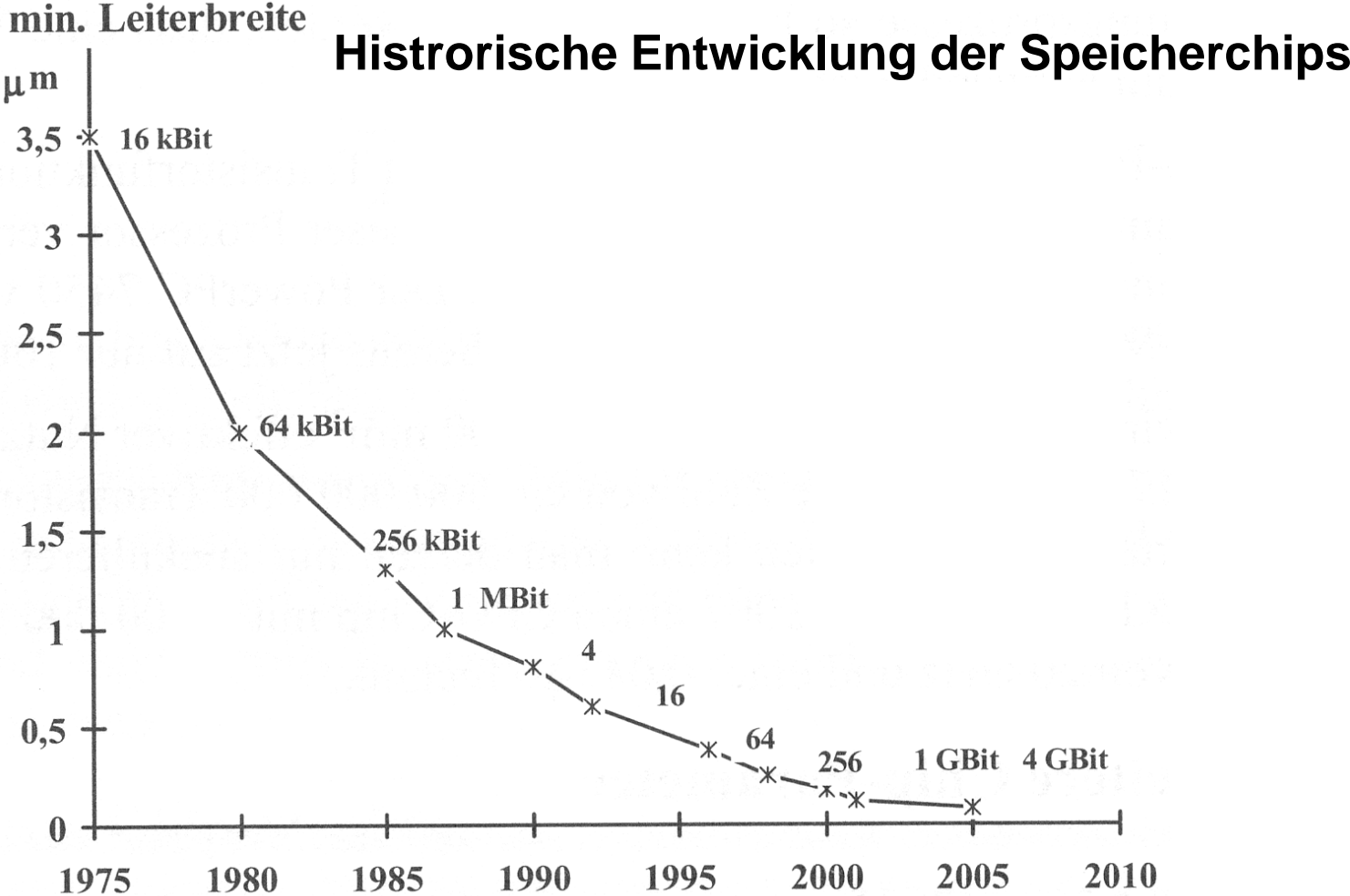
Arbeitsspeicher

- Es gibt verschiedene Arten von Speicherzellen:
 - DRAMs (Dynamic RAM) speichern Informationen nur für kurze Zeit (Speicherzellen sind Kondensatoren deren Inhalt durch kurze Spannungsimpulse aufgefrischt werden müssen). Sie sind preisgünstig zu fertigen und realisieren den eigentlichen Arbeitsspeicher. Man kann die folgenden Varianten unterscheiden:
 - SDRAM (Synchronous DRAM): optimierte Abstimmung der Taktrate des Speichers auf den jeweiligen Prozessortyp
 - DDR-SDRAM (Double Data Rate): Schnellerer SDRAM der auch bei abfallender Taktflanke auf den Speicher zugreifen lässt
 - SRAMs (Static RAM) bestehen aus Flip-Flop-Speicherzellen, die eine ständige Stromversorgung zur Speicherung der Information benötigen. Sie sind relativ teuer, besitzen aber eine ca. 10-fach kürzere Zugriffszeit und werden im Cache verwendet. Das ist, wie wir bereits wissen, ein Pufferspeicher des Prozessors zur Beschleunigung des Zugriffs auf den Arbeitsspeicher.

Arbeitsspeicher



Arbeitsspeicher



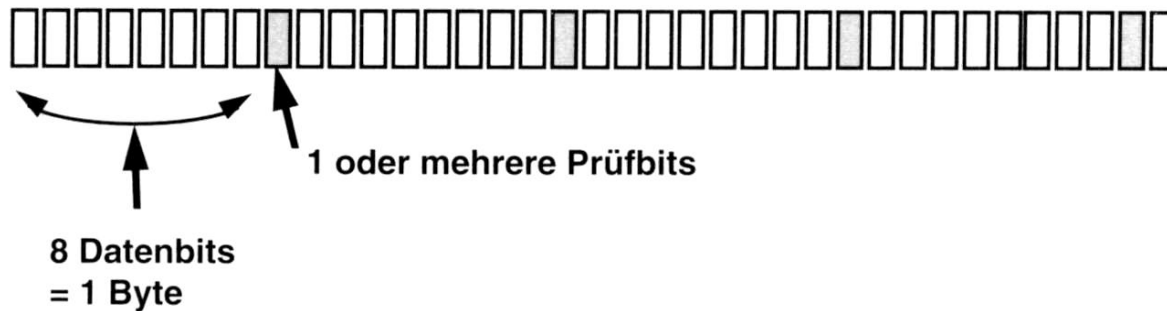
Arbeitsspeicher

- Speicherchips werden heute nicht mehr einzeln, sondern als Speichermodule angeboten. Dabei sind jeweils mehrere Einzelchips in DIMM-Modulen (Dual Inline Memory Module) zusammengefasst.



Arbeitsspeicher

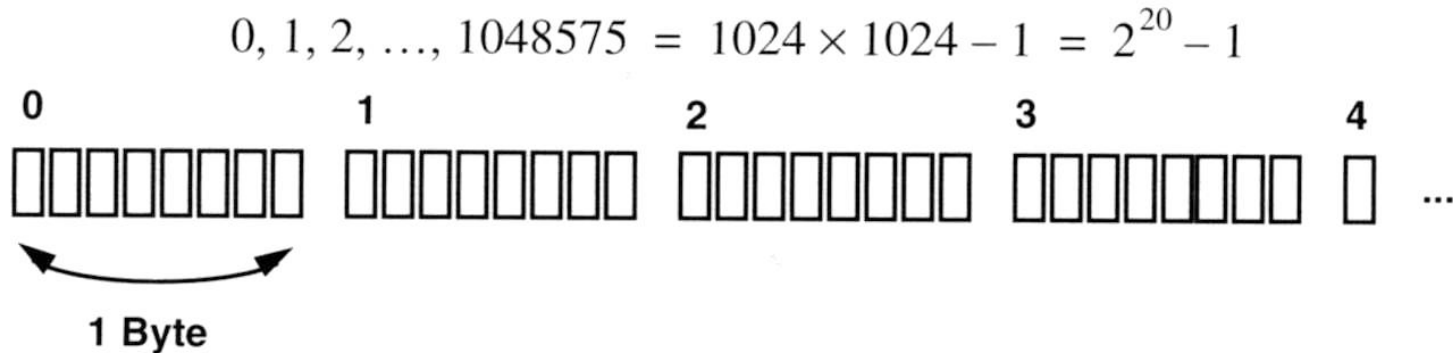
- Der Inhalt des Arbeitsspeichers ändert sich ständig - insbesondere dient er nicht der permanenten Speicherung von Daten.
- Beim Einschalten des Computers werden alle Bits des Arbeitsspeichers getestet und dann auf 0 gesetzt.
- Die Bits des Arbeitsspeichers sind byteweise organisiert.



- Jeweils zu einem Byte gehören ein oder mehrere Prüfbits, um mögliche Speicherfehler zu erkennen. Mit einem Prüfbit kann die Parität der restlichen Bits gezählt werden (Parity Bit). Mit mehreren Bits kann ein zyklischer Kontrollcode gebildet werden (CRC: Cyclic Redundancy Check).

Arbeitsspeicher

- Jedes Byte des Arbeitsspeichers kann über eine Adresse angesprochen werden. Die einzelnen Bytes eines 1 MB großen RAMs werden mit einer 20-Bit-Adresse wie folgt adressiert:



- Analog lassen sich mit
 - 16-Bit-Adressen $2^{16} = 64$ kB
 - 24-Bit-Adressen $2^{24} = 16$ MB
 - 32-Bit-Adressen $2^{32} = 4$ GB
 - 64-Bit-Adressen $2^{64} = 16$ EB (Exa = Giga · Giga)adressieren.

Cache

- Ein Cache ist ein Pufferspeicher, der zur Beschleunigung des Hauptspeicherzugriffs zwischen dem Prozessor und dem Hauptspeicher eingefügt wird. Er wird unmittelbar vor dem Prozessor oder direkt auf dem Prozessorchip angeordnet, wird von der sogen. **Cachemanagement-Schaltung** verwaltet und ist für den Programmierer transparent (unsichtbar).

Memory Management Unit (MMU)

■ Virtueller Speicher

- Zur Erweiterung der direkt adressierbaren *realen* Hauptspeicherkapazität kann im Hintergrund ein Festplattenspeicher, d.h. ein peripheres Gerät, eingesetzt werden. Der Zugriff zu diesem wird so verwaltet, dass er einen Hauptspeicher entsprechend großer Kapazität vorspiegelt. Der so gegebene Speicherraum heißt *virtueller Speicher*, die darauf bezogenen Adressen bezeichnet man als *virtuelle Adressen*.
- Aktuell benötigte Programme- und Verarbeitungsdaten werden durch das Betriebssystem in den Hauptspeicher geladen, nicht mehr benötigte Daten, sofern sie verändert wurden, auf den Hintergrundspeicher zurückgeschrieben (swapping). Über Aufenthaltsort und Zustand der Daten führt das Betriebssystem Tabellen. Dabei unterscheidet man folgende Übertragungs- und Verwaltungseinheiten:
 - Seiten oder Pages, das sind Blöcke fester Länge (typisch $2^9 \dots 2^{13}$ Byte) oder
 - Segmente, das sind Programme und logisch zusammenhängende Datensätze variabler Länge

Memory Management Unit (MMU)

■ Virtueller Speicher

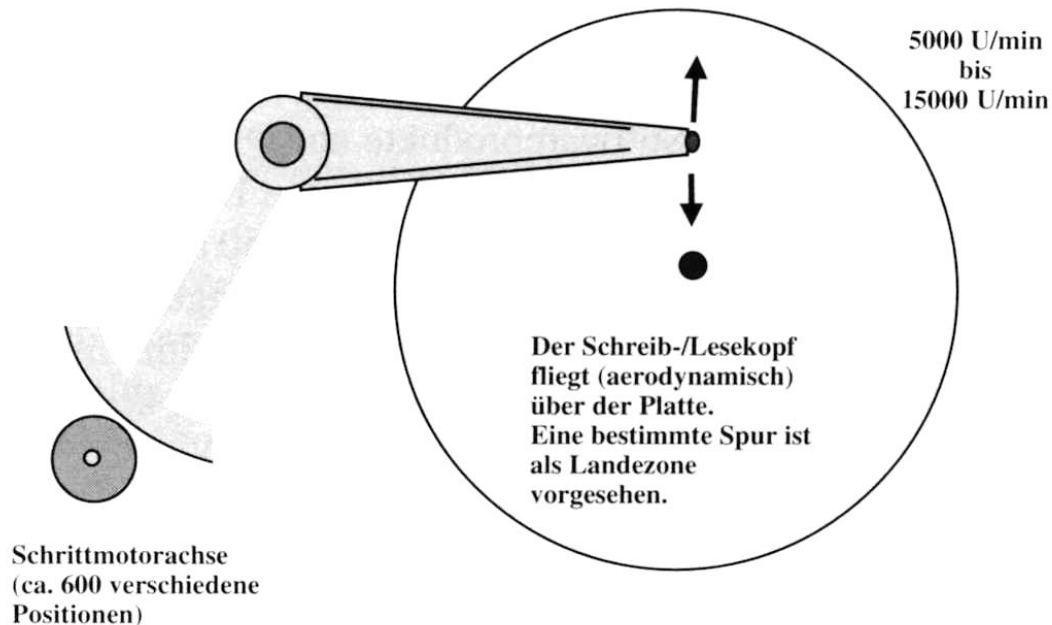
- Um die jeweils freien Bereiche des Hauptspeichers ausnutzen zu können, müssen die Daten *verschiebbar* sein. Dazu werden ihre Adressen als *relativ* interpretiert, d.h. die reale Hauptspeicheradresse ist zu ermitteln, indem zur relativen Adresse eine Basisadresse, die auf den Anfang des zugewiesenen Hauptspeicherbereichs zeigt, addiert wird.
- Die **Memory Management Unit (MMU)** führt die Adressumsetzung zur Laufzeit, also während der Befehlsabarbeitung, durch.

Externe Speichermedien

- Zur permanenten Speicherung von Daten werden Magnetplatten benutzt:
 - Das sind dünne Kunststoff- oder Aluminiumplatten, die mit einem magnetisierbaren Material beschichtet sind.
 - Diese Platten besitzen Durchmesser von 2" (≈ 5 cm), 3 1/2" (≈ 9 cm), 5 1/4" (≈ 13 cm) oder 8" (≈ 20 cm).
- Magnetplatten können als Wechselplatten in Diskettenlaufwerken oder als Festplatten verwendet werden:
 - Der Vorteil der Wechselplattentechnik besteht in der Möglichkeit, Daten in Diskettenarchiven lagern zu können. Disketten werden erst bei Bedarf in das Laufwerk eines Computers eingelegt.
 - Bei Festplattenlaufwerken kann die Platte nicht gewechselt werden. Sie ist in einem luftdichten Gehäuse untergebracht und damit gegen jede Art von Verschmutzung geschützt. Das ermöglicht eine erheblich höhere Speicherkapazität bei geringerer durchschnittlicher Zugriffszeit auf die Daten.
- Bei einigen Laufwerken kann die Festplatte als Ganzes ausgewechselt werden. Dadurch können die Vorteile beider Technologien kombiniert werden.

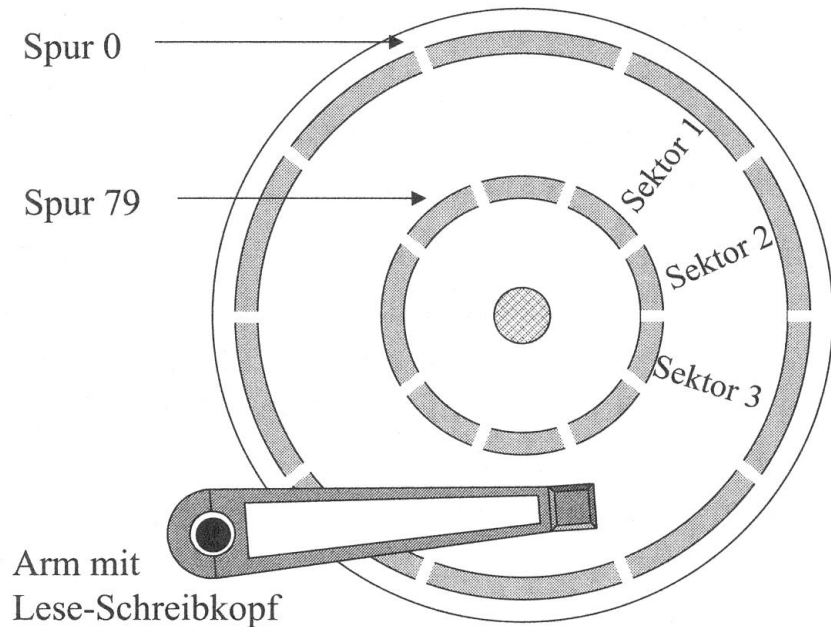
Externe Speichermedien

- Festplatten und Disketten werden in Laufwerken bearbeitet. Diese enthalten einen Motor, der die Platten mit gleichmäßiger Geschwindigkeit dreht.
 - Bei Diskettenlaufwerken sind 360 Umdrehungen pro Minute (rpm: rotations per minute) üblich, bei Festplattenlaufwerken werden 5000 bis 15000 Umdrehungen pro Minute erreicht.
 - Ein **Schrittmotor** im Laufwerk ermöglicht, den **Schreib-/Lesekopf** exakt zu positionieren. In einer bestimmten Position können alle Daten, die auf einer kreisförmigen Spur gespeichert sind, gelesen oder geschrieben werden.



Externe Speichermedien

- Bei Disketten können etwa 40, bei modernen Festplatten bis zu 500 Spuren pro cm Plattendurchmesser beschrieben werden.
- Üblich ist die Angabe in Tpi (Tracks per inch \cong Spuren pro Zoll), d.h. Disketten können mit etwa 100 Tpi und Festplatten mit bis zu 1250 Tpi beschrieben werden.
- Spuren sind wiederum in **Sektoren** unterteilt. Üblich ist die Einteilung in Sektoren mit jeweils 512 Byte.

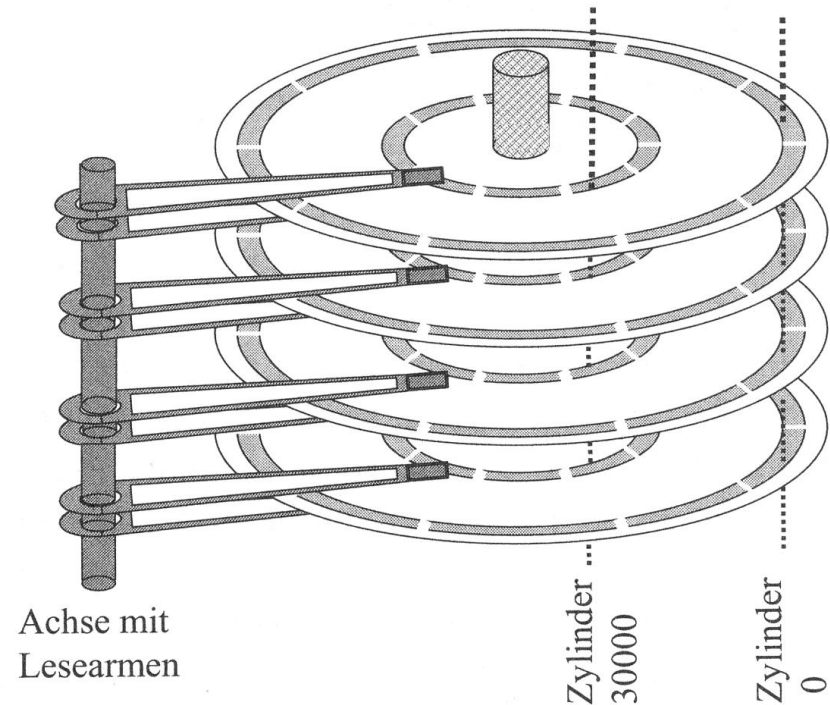


Externe Speichermedien

- Beispiel: Für eine 3 1/2" Diskette ergeben sich folgende konkrete Werte:
 - Anzahl der Oberflächen: 2
 - Anzahl der Spuren pro Oberfläche: 80
 - Anzahl der Sektoren pro Spur: 18
 - Anzahl der Bytes pro Sektor: 512
 - Kapazität: $2 \cdot 80 \cdot 18 \cdot 512 = 1474560$ Bytes = 1,44 MByte

Externe Speichermedien

- Festplatten besitzen mehrere physikalische Platten. Alle Spuren auf den Vorder-/Rückseiten der physikalischen Platten, die in einer Position von den Schreib-/Leseköpfen bearbeitet werden können, heißen Zylinder.
- Kein Speichermedium hat in den letzten Jahren einen rascheren Wandel erlebt als die Festplattenlaufwerke: 14"-Laufwerke wurden rasch durch 5,25-, 3,5"-und 2,5"-Laufwerke ersetzt.
- Basis ist die **Winchester-Technik**, bei der ein extrem leichter Schreib-/Lesekopf auf einem Luft- oder Edelgas-Kissen über die Plattenoberfläche fliegt.

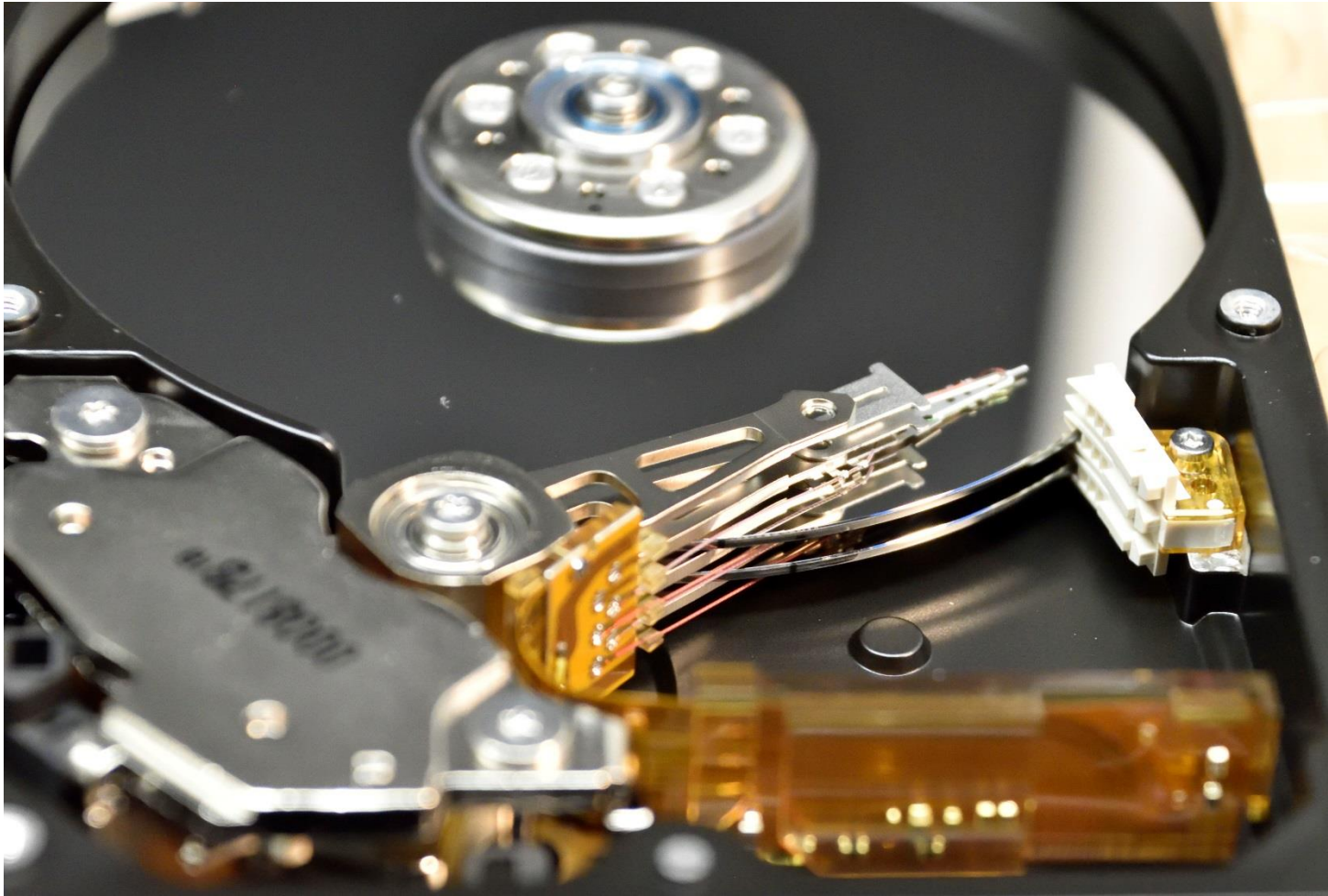


Externe Speichermedien

- Die Winchester-Technik ermöglicht einen sehr kleinen Abstand zwischen dem Schreib-/Lesekopf und der magnetischen Oberfläche und damit eine hohe Speicherdichte und geringe Positionierzeiten.
- Der Abstand zur Platte beträgt dabei weniger als $0,1\mu\text{m}$. Das ist wesentlich weniger als normale Staubpartikel mit etwa 1 bis $10\mu\text{m}$ Größe.
- Der geringe Abstand des Schreib-/Lesekopfes erfordert einen luftdichten Abschluss des Laufwerkes in einem Gehäuse, das mit sauberer Luft oder Edelgas gefüllt ist. Die Präzision des Schreib-/Lesekopfes in dieser Höhe ist mit dem Flug eines Jumbojets in einer Flughöhe von 40 cm vergleichbar.

Externe Speichermedien

- Innenansicht einer Festplatte



Externe Speichermedien

- CD-ROM-Speicher (Compact Disk, Read-Only Memory) sind optische Platten mit einem Durchmesser von 12 cm und sind mit einer Tellur-Selen-Legierung beschichtet. In dieser Schicht werden bereits bei der Herstellung mechanisch Rillen gepresst.
- Auf den dazwischenliegenden konzentrischen Spuren können Daten mit Hilfe von Löchern, sog. Pits, gespeichert werden, die etwa 1 μm groß sind.
- Die Daten werden mit Hilfe eines relativ energiereichen Laserstrahles, der diese Löcher in die Oberfläche einbrennt, geschrieben.
- Gelesen werden die Daten mit einem weniger energiereichen Laserstrahl. Das unterschiedliche Reflexionsverhalten an Stellen, an denen ein Loch eingebrannt ist, im Vergleich zu den Stellen, wo das nicht der Fall ist, wird von Photodioden erkannt.
- CD-ROM-Speicher benutzt man, um bis zu 800 MByte digitale Daten (Texte, Bilder, Audio, Video, Programme, ...) zu speichern. Diese Daten lassen sich mit einer mittleren Zugriffszeit von ca. 150 msec lesen.
- DVD-ROM-Speicher (Digital Versatile Disc) besitzen Kapazitäten von 4,7 GB (DVD-5: einseitige Disc mit 1 Schicht), 8,5 GB (DVD-9: einseitige Disc mit 2 Schichten), 9,4 GB (DVD-10: zweiseitige Disc mit 1 Schicht) und 17 GB (DVD-18: zweiseitige Disc mit 2 Schichten).

Externe Speichermedien

- Von den internen Registern einer CPU bis hin zu optischen Platten existiert heute eine **Hierarchie von Speichermedien**, die den **wahlfreien Zugriff** auf Daten gestatten. Das heißt, dass der Zugriff zeitunabhängig vom Ort des Mediums, auf dem die Daten gespeichert sind, möglich ist. Es folgt ein Vergleich wichtiger **Merkmale** dieser Medien, bezogen auf jeweils eine einzelne Speicherplatte bzw. ein Laufwerk:

Medium	Kapazität Untergrenze	Kapazität Obergrenze	Mittlere Zugriffszeit	Erreichbare Datentransfer- rate in MB/s
Register	16 bit	64 bit	1 ns	12000
Cache	10 kB	1 MB	5 ns	12000
Arbeitsspeicher	64 MB	4 GB	15 ns	4000
Flashkarten	1 MB	200 MB	250 ns	50
Festplatten	10 GB	200 GB	5 ms	80
Optische Platten	100 MB	20 GB	25 ms	10
Disketten	1.4 MB	250 MB	100 ms	0,2

Externe Speichermedien

- Beispiel: Eine maschinengeschriebene DIN A4-Text-Seite fasst rund 3000 Zeichen einschließlich der Leerzeilen und Leerzeichen.
 - notwendige Speicherkapazität: 3 KB
 - ein Buch mit 1000 Seiten benötigt eine Speicherkapazität von 3 MB
- Großplattenspeicher haben eine Kapazität von bis zu 200 GB oder mehr.
 - Speicherung einer ganzen Bibliothek mit 70.000 Büchern

Bildschirm, Tastatur und Maus

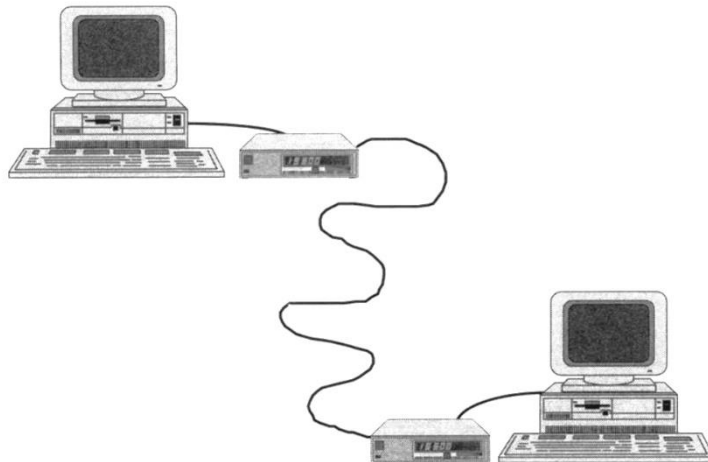
- Bildschirm (Monitor), Tastatur und Maus sind die wichtigsten Geräte, über die der Benutzer mit dem Computersystem kommuniziert.
- Die kleinste Anzeigeeinheit auf dem Monitor heißt Bildpunkt oder Pixel (picture element).
- Zur flimmerfreien Darstellung verwendet man
 - CRT-Bildröhren (Cathode Ray Tube) mit hohen Bildwiederholraten > 70 Bilder/Sekunde oder
 - Flimmerfreie, flache TFT-Bildschirme (Thin-Film-Transistor): jedes einzelne Pixel wird durch einen Transistor direkt angesprochen \Rightarrow hoher Anschaltaufwand
- Im Textmodus wird der Bildschirm in Zeilen und Spalten aufgeteilt, z.B. 25 Zeilen mit jeweils 80 Schreibpositionen.
 - Jede Schreibposition kann ein ASCII-Zeichen mit bestimmten Attributen wie Farbe oder Blinkmodus darstellen.
 - Zur Beschreibung einer Schreibposition sind zwei Bytes nötig, für einen ganzen Bildschirm somit $25 \cdot 80 \cdot 2 = 4000$ Byte.
 - Die Umwandlung der Zeichen und Attribute einer Schreibposition in Bildpunkte übernimmt ein Zeichengenerator.

Bildschirm, Tastatur und Maus

- Im Grafikmodus wird jeder einzelne Bildpunkt direkt angesprochen.
- Die Auflösung einer grafischen Darstellungen hängt von der Anzahl der Pixel und der Anzahl der Farbbits/Pixel ab.
 - Bei niedriger Auflösung von 480 Zeilen und 640 Spalten benötigt man bereits 307200 Pixel.
 - Kann jedes Pixel 256 verschiedene Farbwerte annehmen, ist zur Darstellung eines Pixels ein Byte erforderlich und 307,2 kB für den gesamten Bildschirm.
 - Bessere Grafikeigenschaften erreicht man ab 800·600 Bildpunkten (SVGA-Auflösung), im 16-Bit-Farbmodus (high color), d.h. insgesamt $800 \cdot 600 \cdot 2 = 960$ kB.
 - Hohe Auflösung ist bei 1024·768 Bildpunkten im 24-Bit-Farbmodus (true color, additiver RGB-Modus) möglich, d.h. insgesamt $1024 \cdot 768 \cdot 3 = 2,36$ MB.
- Die Tastatur besitzt Tasten für die Eingabe von Buchstaben, Ziffern und Sonderzeichen, sowie einige Sondertasten zur Computerbedienung.
- Zur exakten Positionierung der Schreibmarke (Cursor) auf dem Monitor und zur Markierung einzelner Pixel dient eine Maus mit 2 oder 3 Drucktasten und einer Rollkugel auf der Unterseite.

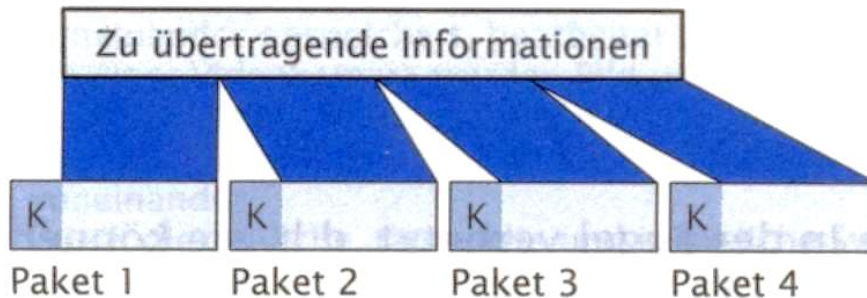
Netzkomponenten

- Computer sind über Kabel oder Funk vernetzt, um mit anderen Rechnern Informationen auszutauschen.
- Die Kabel und Funkstrecken, die die Verbindung herstellen, werden in ihrer Gesamtheit als Netz bezeichnet. Dabei unterscheidet man zwischen
 - einem Intranet, das Computer eines Unternehmens oder einer Organisation miteinander verbindet und
 - dem Internet, das weltweit einzelne Rechner und Intranets verknüpft.



Netzkomponenten

- Die Größe eines Paketes wird so beschränkt, dass die maximale Übertragungsdauer eine bestimmte Zeit nicht überschreitet (wenige Millisekunden).
 - Damit ergeben sich für Übertragungsraten im Mbps-Bereich Paketgrößen im kBit-Bereich, z.B. 250 Zeichen = 2 kBit für ein Paket
- Durch Übertragungsprotokolle wird geregelt
 - nach welchen Regeln zwei oder mehrere Computer geordnet miteinander kommunizieren,
 - auf welche Weise Rechner Zugang zum Übertragungsmedium erhalten,
 - welche Informationen im Fehlerfall wiederholt werden müssen,
 - wie sich Netze vor Überlastsituationen schützen,
 - ...



K = Kopfdaten (*header*)

enthalten:

- Empfänger- und Absenderadresse
- Nummer des Pakets
-

Netzkomponenten

- In Abhängigkeit vom Übertragungsmedium und dem verwendeten Übertragungsprotokoll sind unterschiedliche Netzanschluss-Systeme notwendig:
 - Ein Modem (Modulator/Demodulator) wandelt digitale Daten eines Senders in Signale des Leitungscodes, um diese über das analoge Telefonnetz zu versenden. Man spricht dabei von Modulation. Das Empfänger-Modem transformiert (demoduliert) die analogen Signale wieder in digitale Daten und übergibt sie dem Empfänger. Typische Datenraten reichen je nach Technik von 56 kbps bis 100 Mbps (xDSL).
 - ISDN-Karten verbinden Rechner mit dem digitalen ISDN-Netz. Ein ISDN-Basisanschluß bedient bis zu acht unterschiedliche Endgeräte, von denen zwei gleichzeitig und unabhängig kommunizieren können (z.B. Telefon und Datenkommunikation). Die Übertragungsrate beträgt 2x64 kbps.
 - Die LAN-Karte ist für den Anschluss an ein LAN (Lokales Netz) notwendig, das die Computer verbindet. Die maximale Übertragungsrate liegt je nach System und Ausbaustufe zwischen 10 Mbps und 100 Gbps.