**Grundlagen**

* Definition
  + Physische Komponenten eines datenverarbeitenden Systems
* Kategorien
  + Zentraleinheit (je nach Betrachtung)
    - Hardware, die Computer prinzipiell funktionstüchtig macht
    - Komponenten: CPU (Prozessor), Ram (Arbeitsspeicher), Mainboard, Busse, Cache-Speicher, Clock (Systemuhr), BIOS
  + Peripherie
    - Geräte, die an Zentraleinheit angeschlossen werden und Nutzen / Funktionen erweitern
    - Unterscheidung
      * Eingabegeräte / Einlesegeräte
        + z.B.: Tastatur, Maus, Sensoren, Mikrofon
      * Ausgabegeräte
        + z.B.: Bildschirm, Drucker, Lautsprecher
      * Ein-/Ausgabegeräte (Multifunktionsgeräte)
        + z.B.: Drucker mit Scanfunktion, Kopfhörer mit Mikrofon
    - Weitere Unterscheidung
      * Intern: z.B. Grafikkarte, Soundkarte, Netzwerkkarte
      * Extern: z.B. Laufwerke, Webcam, externe Festplatte
* Personal Computer
  + Desktop-PC
    - Computer in Gehäuseform, passend für Einsatz als Arbeitsplatzrechner auf / unter Schreibtischen
    - Allzweckrechner, begrenzt durch limitierte Leistungsfähigkeit
    - erweiterbar
  + Kompakt-Desktoprechner
    - Sehr kleine Bauweise, Größe DVD und nur ca. 10cm hoch
    - Alternative Bauweise: In Bildschirm integriert (All-in-one-Computer)
    - Vorteile: Platzsparend, günstig, energiesparend, transportabel, leise
    - Nachteile: weniger Leistung, kaum/gar nicht erweiterbar, weniger Anschlüsse, Hitzeprobleme
  + Laptops / Notebooks
    - All-in-One-Computer für unterwegs
    - Hybridgeräte: Kombi Laptop & Tablet (z.B. Microsoft Surface Pro)
  + Netbooks
    - Kleiner als Laptops
    - Sparsamer ausgestattet

**Zentraleinheit**

* CPU – Central Processing Unit
  + Auch: Prozessor, Mikroprozessor, Hauptprozessor, zentrale Recheneinheit, zentrale Verarbeitungseinheit
  + Herzstück des Computers, min. einer – max. zwei, Dualcore oder Multicore = mehrere CPU-Kerne in einem Gehäuse (Betriebssystem / Anwendungsprogramme müssen Verteilung Arbeit auf mehrere Prozessorkerne unterstützen)
  + GPU: Graphic Processing Unit – für schnelle Fließkomma- und Vektoroperationen optimiert, aber auch für schnelle Rechenoperationen in Bereichen wie Machine Learning
  + programmierbares Rechen- und Steuerwerk = elektronische Schaltung, kann gemäß übergebener Befehle Aktionen ausführen, hochkomplexe Form integrierter Schaltkreise
* RAM – Random Access Unit
  + Auch: Arbeitsspeicher, flüchtiger Speicher
  + Enthält während Laufzeit gerade ausgeführte verwendete Programme und deren verwendete Daten
  + Moderne Betriebssysteme
    - Virtuelle Speicheradressierung = Abstrahiert von Programmen verwendete Speicheradressen von physikalischen Adressen 🡪 ermöglicht Auslagern nicht benötigter Inhalte auf Festplatte
* System on a chip
  + Früher: Nur in Smartphones und Tablets
  + Heute: z.B. Apple mit M1 / M2 🡪 Multicore-Prozessor + GPU + 8 – 128 GB RAM in einem Gehäuse
    - Hälfte Prozessorkerne für hohe Rechengeschwindigkeit optimiert, andere Hälfte für möglichst niedrigen Akkuverbrauch 🡪 je nach Anwendung & Akkuladestand eine der beiden Kernarten bevorzugt
* ROM – Read Only Memory
  + Früher: Gesamtes Betriebssystem und andere Programme
  + Heute: Ein Programm, das beim Einschalten wichtigste Hardwarekomponenten überprüft und dann Booten von Datenträger startet
  + Benennung
    - Intel: BIOS
    - Ältere Macintosh-Rechner: ROM
  + Heutige Spezialcomputer
    - Fest in ROM eingebaute Betriebssysteme & Anwendungsprogramme
    - z.B. Industrie-PC’s, Embedded Systems = eingebaute Computer (z.B. in Automotoren, Spülmaschinen, Produktionsanlagen)
* Chipsatz
  + Auch: Chipset
  + Fest auf Mainboard verlötet
  + Gruppe von Schaltkreisen mit speziellen Steuerungsaufgaben
    - Vor allem: Steuerfunktion für sämtliche Anschlüsse des Mainboards
  + Qualität der unterschiedlichen Chipsätze hat erheblichen Einfluss auf Performance eines Rechners
* Busse / Schnittstellen
  + Kommunikation zwischen Bestandteilen des Mainboards
  + Anschluss aller Arten von Peripheriekomponenten

**Aufbau und Aufgaben des Prozessors**

* Aufbau
  + Komplexe integrierte Schaltkreise mit mehreren Hundert Millionen Transistoren pro Kern
  + Schaltungen mittels fotolithografischer Verfahren auf Siliziumscheiben aufgebracht 🡪 Fortschritte im Verfahren ermöglichen höhere Integrationsdichte
  + Unterschiedliche Bauformen und Sockel 🡪 Kompatibilität mit Mainboard notwendig
* Technischer Überblick – Schematische Bestandteile
  + ALU (Arithmetic-Logical Unit): mathematische Operationen, logische Verknüpfungen
    - Heute: getrennte ALUs für ganzzahlige Operationen und Fließkommaoperationen
    - Fließkommakomponente = FPU (Floating Point Unit)
    - GPUs schneller beim Berechnen von Fließkommaoperationen, aber stromhungriger und kühlungsbedürftiger
  + Register: einzelne spezialisierte Speicherstellen im Prozessorkern
    - ALU rechnet vor allem mit Werten, die in Register abgelegt sind
    - Nicht zur längerfristigen Ablage von Informationen
    - Nur wenige Register pro Prozessor (z.B. 32 Stück)
  + Steuerwerk (Control Unit): Kontrolle über Ausführung des Programmcodes, initiiert andere Steuerungsfunktionen, Multitasking 🡪 durch Zusammenarbeit mit Mechanismen des Betriebssystems für sauberen Wechsel zwischen Prozessen sorgen
    - Befehlszeiger: spezielles Register, verweist auf Speicheradresse des als nächstes auszulesenden Programmbefehl
    - Stack-Zeiger (Stack Pointer): zeigt aktuelle Position auf Stack
  + Befehlstabelle (Instruction Table): Decodierung Maschinenbefehle im Computerprogramm
    - Jeder aus Programm gelesener Befehl besitzt bestimmten numerischen Wert 🡪 Je nach Befehlsnummer unterschiedliche Schaltungen aktiviert 🡪 Schaltung bewirkt bestimmtes Verhalten des Prozessors
  + Busse (Datenleitungen): Verbindung zu anderen Komponenten des Mainboards
    - Datenbus = Datenaustausch mit Arbeitsspeicher
    - Adressbus: überträgt zugehörige Speicheradressen
    - Steuerbus: Ansteuerung Peripherieanschlüsse
    - Gehört nicht zum Prozessorkern, daher CPU nur ein Bussystem, egal wie viele Kerne
  + Caches: Kleine und sehr schnelle Zwischenspeicher (zwischen Prozessor und RAM) zur Ablage von zeitnah wieder benötigten Daten unter Verwendung einer mehrstufigen Speicherarchitektur
    - Level-1-Cache (L1-Cache): in jedem Prozessorkern einmal untergebracht, gleiche Taktrate wie Kern, sehr klein (circa 32-64 KB)
      * Vornehmliche Verwendung bei Ausführung sehr kurzer Schleifen aus wenigen Befehlen
    - Level-2-Cache (L2-Cache): im Prozessor aber nicht im Kern, pro Prozessor nur ein L2-Cache, Taktrate höher als beim Arbeitsspeicher aber geringer als beim Prozessor, erheblich größer als L1-Cache (z.B. 256, 512 oder 1024 KB)
      * Zwischenspeicherung Daten aus Arbeitsspeicher
    - Level-3-Cache (L3-Cache): bei Multicore-Prozessoren in der Regel integriert, im Prozessor am weitesten von Kern entfernt, langsamere Speicherbausteine als der L2-Cache, erheblich größer als L2-Cache (z.B. 16 oder 64MB)
      * Beschleunigung des Cache-Kohärenz-Protokolls von Multicore-Prozessoren und des Datenaustauschs zwischen Kernen
      * Cache-Kohärenz-Protokoll = Gleicht Caches aller Kerne ab um Datenkonsistenz zu erhalten
    - Arbeitsspeicher: Speicherung gerade ausgeführte Programme und deren Daten
      * Taktrate alt = Taktrate Mainboard, Taktrate neu = 2-,4- oder 8-fache Taktrate Mainboard
    - Festplatte: Auslagerung wenig benötigter Inhalte auf Festplatte, falls Arbeitsspeicher nicht ausreicht = Swapping, Paging
      * Von modernen Prozessoren durch MMU (Memory Management Unit) unterstützt
  + Weiteres:
    - Branch Prediction (Sprungvorhersage): Während Programmausführung vom Prozessor berechnet, wohin nächster Sprung am wahrscheinlichsten führt 🡪 Prozessor entscheidet ob Programmteile / Daten in Cache oder nicht
    - Multiprocessing: Computer mit zwei oder mehr Prozessoren (meist als Server oder Hochleistungsrechner)
    - Multitasking: quasi nebenläufige Ausführung mehrere Tasks, verschiedene Prozesse in sehr kurzen Abständen abwechselnd aktiviert um Eindruck von Gleichzeitigkeit zu erwecken
    - Threading, Multithreading, Hyperthreading: Ein Prozessorkern bildet zwei virtuelle Prozessorkern und arbeitet so zwei Aufgaben (Threads) gleichzeitig ab
* Leistungsmerkmale
  + Integrationsdichte
  + Wortbreite: Wert, der angibt, aus wie vielen Bits ein Maschinenwort des Prozessors besteht (Je breiter ein Maschinenwort, desto mehr unterschiedliche Zustände / Werte kann Prozessor pro Durchgang bearbeiten)
    - Register: Rechenfähigkeit der ALU = mögliche Größe von Ganzzahlen, Genauigkeit von Fließkommawerten
    - Datenbus: Menge an Bits, die gleichzeitig aus Arbeitsspeicher gelesen / in ihn geschrieben werden können (Datenaustausch von Programmen, Datenbreite des Prozessors)
    - Adressbus: maximale Größe von Speicheradressen = wie viel Arbeitsspeicher kann Prozessor adressieren
    - Steuerbus: welche Arten von Peripherieanschlüssen kann Prozessor lesen
  + Taktfrequenz (Clock Rate): Vielfaches des Mainboard-Takts (Front Side Bus Clock Rate) 🡪 Auf Mainboard ist Steckbrücke (Jumper) oder DIP-Schalter mit einstellbarem Multiplikator = Gibt an, mit welchem Vielfachen der FSB-Taktrate der Prozessor arbeitet
    - Übertakten (Overclocking): Erhöhung des Multiplikators über vom Hersteller angegebenen Wert um höhere Taktrate zu erreichen
      * Nachteile: Schnelle Überhitzung möglich, kürzere Lebenszeit, wenig hilfreich bei hoher Komplexität von Befehlen
  + MIPS (Million Instructions per Second): Anzahl Befehle, die pro Sekunde ausgeführt werden können
    - Gemessen durch Benchmark-Tests
  + FLOPS ( Floating Point Operations per Second): Anzahl der pro Sekunde durchführbaren Fließkommaoperationen
    - Besonders wichtig für 3D-Grafik, Audio- / Videoperformance
* Prozessorarchitekturen
  + CISC (Complex Instruction Set Computer): immer mehr und immer komplexere Anweisungen unmittelbar durch einzelne Prozessorinstruktionen verwirklichen
    - Hauptvertreter: Intel, AMD Ryzen & Athlon
    - Heute RISC-Ansätze in CISC Prozessoren
  + RISC (Reduced Instruction Set Computer): Befehlssatz auf wenige besonders schnell und einfach auszuführende Befehle reduziert (Komplexe Funktionen durch Aneinanderreihung einfacher Instruktionen) 🡪 Befehlsausführung beschleunigt, Anordnung in Pipelines (Warteschlagen) möglich um Befehle effizient nacheinander auszuführen
    - Hauptvertreter: PowerPC von Apple
    - Vorteile: Bessere Performance
    - Nachteile: Benötigt mehr Arbeitsspeicher
* Arbeitsweise
  + Schematisch
    1. Aktueller Befehl aus Programm gelesen; Stelle durch Befehlsanzeiger des Prozessors angezeigt
    2. Prozessor schlägt Nummer des Befehls in Befehlstabelle nach, liest passende Anzahl darauffolgender Bytes als Parameter des Befehls; Befehlszeiger rückt hinter letztes Parameterbyte um für nächsten Befehl bereit zu sein
    3. Ausführung Befehl (komplexester Teil) = Daten aus Arbeitsspeicher lesen / in ihn schreiben, Ansteuerung Peripherieschnittstellen, Rechnen in der ALU, Durchführung eines Sprungs im Programm
    4. Falls Sprung 🡪 Befehlszeiger an entsprechende neue Position / Kein Sprung 🡪 Weiter an aus Parameter ermittelten Stelle
  + Sprünge
    - Unbedingter Sprung: Ausführung, sobald entsprechender Befehl gelesen
    - Bedingter Sprung: Ausführung nur, wenn bestimmte Bedingungen zutreffen
      * Bedingungen meist Zustände aus Flag-Register
        + Flags = Status-Bits, deren Werte durch Vergleichsoperationen, Fehler oder direkte Manipulation durch ein Programm gesetzt werden
    - Aufruf von Unterprogrammen
      * Speicherung der Adresse, die auf Sprungbefehl folgt mittels Last-in-first-out-Speicher = Stack
      * Ende des Unterprogramms 🡪 Rücksprungbefehl 🡪 Programm holt obersten Wert vom Stack und springt zur angegebenen Programmadresse
      * Adresse, die zu diesem Zeitpunkt Abschluss des Stacks bildet von Stack Pointer (spezielles Steuerregister) angezeigt
  + Nicht lineare Ausführung von Programmen
    - CPU führt abwechselnd Befehle mehrerer Programme aus
    - Vor Wechsel anderer Prozess wird Zustand aktueller Prozess (= Inhalte der Prozessorregister) gespeichert
    - Wideraufnahme des Prozesses durch Zurücksetzung Inhalte Prozessorregister 🡪 Aus Prozessorsicht Ausführung ohne Unterbrechung
    - Bei Multicore-Prozessoren tatsächlich mehrere Programme gleichzeitig, aber wenn auf dieselbe einmalig vorhandene Ressource zugreifen, müssen sie ggf. aufeinander warten
  + Interrupts: Anfragen von Hardware an Prozessor asynchron 🡪 Prozessor fragt in regelmäßigen Abständen ab, ob ein Gerät auf Antwort wartet
    - Dafür ggf. laufende Prozesse unterbrochen zugunsten Hardwarekommunikation
  + Stack Overflow 🡪 häufiges Sicherheitsproblem
    - Rekursiver Programmcode: ruft sich selbst als Unterprogramm zur Lösung verschachtelter Probleme auf
    - Enthält keine korrekte Abbruchbedingung 🡪 Stack irgendwann voll
    - Sobald Stack Overflow 🡪 Oberste Adresse des Stack durch Startadresse eines schädlichen Programms ersetzt 🡪 nächster Sprung startet Schadsoftware
* Maschinenbefehle
  + Maschineninstruktionen sind immer Rechenschritte = Manipulation numerischer Werte
    - Bsp.: Vergleiche das Register BX mit dem Wert 20: *CMP BX,20*
    - Falls der Vergleichsbefehl >>gleich<< ergeben hat (ein bestimmtes Flag enthält den Wert 0), spring zur Programmadresse C9A4: *JE $C9A4* (JE = Jump if equals)
  + Assembler-Sprache (s.Bsp. oben): Vereinfachende Abstraktion der Maschinensprache (Befehle in Wirklichkeit aus Zahlen)
    - Bsp. Intel-Assembler: *MOV BX, $9A33* (Operation Ziel, Quelle = Operanden Ziel und Quelle mit Operation MOV verknüpft und in Ziel gespeichert)
    - *MOV*-Befehl: Nicht ein Befehl sondern Befehlssammlung mit Gemeinsamkeit bestimmten Wert an bestimmter Stelle abzulegen
    - Assembler-Sprache abhängig von Prozessorhersteller
    - Assembler-Sprache muss in Maschinensprache assembliert werden
  + Übersetzung von Hochsprachen
    - Programm in Hochsprache mittels Compiler übersetzt
    - Programm läuft nur auf Prozessor, für den es kompiliert wurde, weil es Maschinenbefehle für diesen Prozessor enthält
    - Programm läuft nur unter Betriebssystem, unter dem es kompiliert wurde 🡪 Programm nicht nur aus Maschinensprachanweisungen, sondern auch aus Funktionen, die durch Routine des Betriebssystems bereitgestellt werden und vom Programm mittels Systemaufrufen angesprochen werden (z.B. Ein- und Ausgabe)

**Arbeitsspeicher**

* Definition
  + Speicher, der die Aufgabe hat, bestimmte Daten o. Ä. aufzunehmen und für die gerade ablaufende Verarbeitung verfügbar zu halten
* Aufbau
  + Besteht aus Speicherbausteinen = RAM (Random Access Memory)
    - Inhalte des Speichers können gelesen und verändert werden (Gegensatz zu ROM)
    - Auf jedes Byte kann einzeln und in beliebiger Reihenfolge zugegriffen werden (Gegensatz sequenzieller Zugriff, z.B. Magnetbandspeicher)
  + Inhalt der Speicher ist flüchtig 🡪 ohne Strom vollständiger Datenverlust
  + Bauformen der Speicherbausteine
    - DRAM (Dynamic RAM): Benötigt Spannung und muss Inhalt jeder Speicherstelle bei jedem Taktzyklus auffrischen (Refresh);
      * Vorteile: günstig in Herstellung, geringer Stromverbrauch
    - SRAM (Static RAM): Benötigt Spannung, Einsatz nur für Caches
      * Vorteile: erheblich schneller als DRAM
      * Nachteile: Teurer in Herstellung, hoher Stromverbrauch
  + Organisation in einzelnen Speicherzellen von 1 Byte Größe mit jeweils eigener Adresse
* Anschluss an Mainboard über entsprechenden Slot
  + Heute: DIMM-Module (Double Inline Memory Modules)
    - Jeder Pin bildet zwei elektronisch getrennte Einheiten, die zu beiden Seiten der Steckbank separat kommunizieren können = doppelte Leistung
  + Früher: SIMM-Module (Single Inline Memory Modules)
    - Jeder Pin eine Einheit
  + Laptops: SO Dimm (Small outline DIMM), Micro DIMM (noch kleiner)
* Bausteinschnittstellen von RAM-Bausteinen
  + DDR-RAM (Double Data Rate RAM)
  + DDR-SD-RAM (DDR- synchronous dynamic – RAM)
    - Doppelte Datenrate ggü. SD-RAMs
    - Aktuell vierte Generation = DDR4-RAM
* Größe Arbeitsspeicher
  + Wichtiger für Performance des PCs als Speicherbausteintechnologie
    - Büro: 8-16GB
    - Gaming: min. 32GB

**BIOS**

* Allgemeines
  + BIOS = Basic Input / Output System
    - Vermehrt ersetzt durch:
      * EFI (Enhanced Firmware Interface)
      * UEFI (Unified EFI)
  + Chip auf Mainboard mit Firmware (in Hardware gegossene Software) mit Basissteuerlogik des PCs
  + Baustein ist ein ROM (Read-only Memory) = dauerhafter Speicher, der nur gelesen werden kann (bzw. nicht durch normale Schreibzugriffe des Betriebssystems verändert werden kann)
* ROM
  + Entwicklung
    - Ursprüngliches ROM: ab Werk fest verdrahtete unveränderbare Funktionalität
    - PROM (Programmable ROM): kann genau einmal programmiert werden (Ab Werk alle Speicher-Bits Wert 1, besonders hohe Programmierspannung verdampft Metall an den Schaltstellen, die zu 0 werden sollen)
    - EPROM (Erasable PROM): Inhalt kann mit Brenner geschrieben und mit Ultraviolettlichteinwirkung gelöscht werden
    - EEPROM (Electronically EPROM): Löschung kann elektronisch erfolgen
    - Heute Flash-EEPROM: Inhalt kann mit Software verändert werden, kostengünstiger und weniger Strom, Zugriff etwas langsamer als EEPROM
* Elementare Aufgaben
  + Im BIOS gespeicherter Code ist Programm in Maschinensprache, wird beim Starten automatisch auf bestimmter Adresse im Arbeitsspeicher abgebildet, Prozessor führt es aus
  + POST (Power-on Self Test): Nach Start wird wichtigste Hardware getestet
    - Falls größere Probleme ordnungsgemäßen PC-Start verhindern, ertönen bestimmte Abfolgen von Tonsignalen je nach Problem
  + BIOS bietet grundlegende Funktionen zur Kommunikation mit Hardware
    - Früher von Betriebssystemen genutzt
    - Heute umgehen moderne Betriebssysteme Einschränkungen der BIOS-Routinen, kommunizieren über Gerätetreiber direkt mit Hardware
* BIOS-Setup
  + Programm zur Konfiguration der BIOS-Parameter und der Hardware (Beim Einschalten über F1 oder Entf)
  + CMOS-RAM
    - CMOS ursprünglich Bezeichnung einer Fertigungstechnik für Speicherbausteine, heute alle RAMs in CMOS gefertigt
    - Speichert Setup-Einstellungen
    - CMOS-RAM durch Batterie gepuffert (hält nebenbei auch eingebaute PC-Uhr am Laufen)
    - Ausbauen der Batterie löscht CMOS (bei vergessenem BIOS-Passwort bspw.) und setzt Uhr zurück, manche Boards besitzen Clear-CMOS-Jumper 🡪 CMOS löschen ohne Uhr zurückzusetzen
    - *Load Setup Defaults* oder *Load BIOS Defaults* falls im BIOS-Setup gespielt wurde und z.B. Rechner nicht mehr hochfährt
  + Hauptkategorien(abhängig von PC-Generation)
    - Standard CMOS Features
      * Einstellung der Systemuhr
      * Übersicht der installierten Laufwerke
      * Anzeige BIOS Version
      * Einige nicht änderbare Informationen über Prozessor, RAM, etc.
    - Advanced BIOS Features
      * Einstellung, wie Rechner Starten / Booten soll
      * Quick POST statt POST (weniger gründlich, dafür schneller)
      * Bootsequenz: Bestimmt, auf welchen Datenträgern in welcher Reihenfolge nach startfähigem Betriebssystem gesucht werden soll
    - Advanced Chipset Features
      * Genaue Einstellungen für RAM und Chipsatz
    - Integrated Peripherals
      * Ein-/Ausschalten und Konfiguration der Anschlüsse für Peripheriegeräte
    - Power Management Setup
      * Einstellungen, was Rechner bei längerer Pause machen soll (z.B. Monitor ins Stand-by)
      * Einfacher und übersichtlicher im Betriebssystem selbst
    - PNP / PCI Configurations
      * Plug-and-play ein-/ausschalten (heute keine praktische Bedeutung mehr)
    - Load Fail-Safe Defaults
      * Auch: Load BIOS Defaults
    - Load Optimized Defaults
      * Auch: Load Setup Defaults
    - Set Supervisor Password
      * Passworteinstellung für Zugriff auf BIOS
    - Set User Password
      * Passwort für normalen Rechnerstart
    - Save & Exit Setup / Exit Without Saving
      * Speichern und Setup verlassen / Setup verlassen ohne speichern

**Bus- und Anschlusssysteme**

* Schnittstellen zwischen Peripherie und Zentraleinheit
  + Slots für Erweiterungskarten
  + Interne Anschlüsse für Laufwerke
  + Externe Anschlüsse für z.B. Maus, Monitor, Modem, …
* Unterscheidungsmerkmal: Datenübertragung
  + Serielle Datenübertragung
    - Bits werden nacheinander übertragen
  + Parallele Datenübertragung
    - Bits werden über mehrere nebeneinander-liegende Leitungen gleichzeitig übertragen
  + Dateninterpretation der gesendeten Ströme zwischen Sender und Empfänger
    - Festlegung, welche energetischen Ereignisse als Daten interpretiert werden sollen (z.B. Spannungswechsel, Spannungszustände, …)
    - Serielle Leitungen: Festlegung der Reihenfolge, in welcher aufeinanderfolgende Einsen und Nullen zu ganzen Bytes zusammengesetzt werden sollen
  + Kontrollbits: Zwischen aufeinanderfolgenden Daten-Bits übertragen
    - Start-Bit: Beginn neuer Übertragungssequenz, wenn Wert 1 (nur noch selten verwendet)
    - Stopp-Bits: Ende einer Sequenz, wenn Wert 1
    - Prüf-Bit (Parity-Bit): Plausibilitätskontrolle auf unterster Ebene (nur noch selten verwendet)
      * Anzahl der Einser in Daten-Bits gezählt 🡪 Prüf-Bit so gesetzt, dass sich immer eine gerade Anzahl Einser ergibt 🡪 Ungerade Anzahl nach Prüfung = Übertragungsfehler // Gerade Anzahl Einser nicht zwangsläufig fehlerfreie Übertragung
      * Früher: Wichtig bei Datenübertragung über analoge Telefonleitungen mit geringer Qualität 🡪 reduzierte Anzahl der recht häufig vorkommenden Übertragungsfehler
      * Heute üblicher: Übertragungsverfahren verwenden Prüfsummen auf höherer Ebene
  + Leitungskonventionen: Durch drei aufeinanderfolgende Werte ausgedrückt
    - Anzahl Daten-Bits pro Sequenz (regulär 8, selten 5, 7 oder 9)
    - Paritätsprüfung: N = No Parity // P = Parity
    - Anzahl Stopp-Bits (0, 1 oder 2)
    - Beispiel 8N1-Verfahren (ursprünglich für Modemverbindungen entwickelt)
      * 8N1 = 8 Bits, No Parity, 1 Stopp-Bit
      * 01001000 0 01000001 0 01001100 0 01001100 0 01001111 1
        + ASCII-Zeichen-Interpretation: Text „Hallo“
        + 1 hinter letztem Daten-Bit ist Stopp-Bit
  + Aktueller Trend: Serielle Datenleitungen bevorzugt, außer bei Erweiterungskarten über parallele Kartenslots des Mainboards
    - Vorteile serielle Datenübertragung
      * Geringerer Stromverbrauch
      * Überwindung längerer Entfernungen
      * Durch heute übliche hohe Verarbeitungsqualität der Leitungen Transport von Daten mit hoher Frequenz möglich
  + Übertragungsgeschwindigkeit
    - Parallele Leitungen: Angabe in Bytes pro Sekunde (KB/s, MB/s, …)
    - Serielle Leitungen: Angabe in Bits pro Sekunde (bps, Bit/s, Kbit/s, …)
      * Grund: Datenbytes können je nach Übertragungsstandard durch Bit-Folge von 8, 9 oder 10 Bits dargestellt werden
* Hardwareressourcen
  + Verwendung verschiedener Kommunikationsressourcen zur Regelung der geordneten Kommunikation zwischen Prozessor, Arbeitsspeicher und Peripheriegeräten
    - Kanäle für Hardware-Interrupts
    - Speicheradressen, über die Datenaustausch geregelt wird
    - DMA-Kanäle für direkte Übertragung von Daten in und aus Arbeitsspeicher
  + Hardware-Interrupts
    - IRQs (Interrupt Requests): Ordnung der Anfragen verschiedener Geräte und Unterscheidbarkeit dieser für Prozessor
      * Jedes Gerät ein einmaliges und eindeutiges Signal um Kommunikationswunsch anzuzeigen (insgesamt 16 verschiedene Signale, von 0-15 nummeriert)
      * Prozessor untersucht Signale der Reihe nach auf Kommunikationswünsche
      * Moderne PCI-Mainboards: IRQ-Sharing
        + Mehrere Geräte teilen sich denselben IRQ, Unterscheidung der Geräte durch andere Techniken
        + durch PIC (programmierbarer Interrupt Controller) als Komponente auf Chipsatz
      * Ältere ISA-Mainboards: IRQ-Sharing ausgeschlossen
      * Einige IRQs standardmäßig reserviert, bei manchen voreingestellte Belegung veränderbar, manche fest zugewiesen

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| IRQ | Gerät | Änderung möglich | IRQ | Gerät | Änderung möglich |
| 0 | Systemtaktgeber | Nein | 8 | Echtzeituhr | Nein |
| 1 | Tastatur | Nein | 9 | Frei | Ja |
| 2 | Programmierbarer Interrupt-Controller | Nein | 10 | Frei | Ja |
| 3 | Serieller Port COM 2 | Ja | 11 | Frei | Ja |
| 4 | Serieller Port COM 1 | Ja | 12 | PS/2-Maus | Ja |
| 5 | Parallelport 2 | Ja | 13 | Coprozessor | Nein |
| 6 | Diskettenlaufwerk | Ja | 14 | Erster DIE-Controller | Ja |
| 7 | Parallelport 1 | Ja | 15 | Zweiter DIE-Controller | Ja |

* + Speicheradressen
    - I/O-Basisadresse: Markiert Beginn Adressblock, der für Austausch von Konfigurations- und Steuerungsinformationen zwischen Prozessor und jeweiligem Gerät verwendet wird
      * Adressen hexadezimal angegeben, unten im adressierbaren Bereich
      * Adressbereiche im Abstand von 0x20 (dezimal 32 Byte) belegt (z.B. 0x0200. 0x0220, …)
      * Keine wirklichen Adressen im Arbeitsspeicher sondern Geräteschnittstellen, die Prozessor nach gleicher Logik wie Speicheradressen anspricht
  + DMA-Kanäle (Direct Memory Access)
    - Verfahren zur direkten Übertragung von Gerätedaten in und aus Arbeitsspeicher unter Ausschluss des Prozessors
      * Beseitigt Engpass der klassischen Ein- und Ausgabesteuerung
    - Heute Verfahren nicht mehr über DMA-Kanäle (außer Soundkarten, Diskettenlaufwerke) sondern über besseres Verfahren Bus Mastering
* Steckplätze für Erweiterungskarten
  + Viele wichtige Peripheriegeräte als Einsteckkarten realisiert
    - Vorteil: Karten können Anschlüsse nach außen führen (z.B. Grafikkarte, Netzwerkkarte, … Anschluss Monitor, Netzwerkkabel, … )
  + Arten von Kartenschnittstellen
    - PCI (Peripheral Component Interface): Standardkartenanschluss
      * Taktfrequenz 33 MHz, Datenbreite 32 – 64 Bit
      * Konfiguration vie Plug-and-play
    - PCIe (PCI Express): kein Shared Bus für alle Geräte(wie PCI), sondern einzelne Punkt-zu-Punkt-Verbindungen (PCIe-Geräte kommunizieren, ohne Geschwindigkeit anderer Geräte zu beeinflussen)
    - AGP-Anschluss (Accelerated Graphics Port): vor PCIe spezieller Anschluss für Grafikkarten
      * Taktfrequenz min. 66 – 133 MHz, Datenbreite 64 Bit
    - ISA-Anschluss (Industry Standard Architecture): veraltet
      * Taktfrequenz 16,7 MHz, Datenbreite 16 Bit
    - PCMCIA (Personal Computer Memory Card International Association): externer Anschluss für spezielle Einsteckkarten bei Notebooks (keine internen Kartenschnittstellen)
      * Heute zugunsten von USB aufgegeben
* Laufwerkanschlüsse
  + Für Festplatten, CD-ROM-Laufwerke, andere Massenspeicher
  + EIDE (Enhanced Integrated Device Electronics) = ATA (Advanced Technology Attachments), heute PATA (Parallel ATA)
    - In der Regel zwei Anschlüsse für 40-polige Flachbandkabel / Neuerer Standard Ultra DMA mit 80-poligen Kabeln für höhere Datenraten (Primary IDE und Secondary DIE)
      * Korrekter Anschluss: Rote Ader des Kabels an Pin Nr. 1
    - Pro Anschluss Verbindung mit zwei Geräten möglich
      * eins Master = Priorität beim Datenaustausch, eins Slave = muss ggf. auf Daten warten🡪 CD- / DVD-Brenner niemals als Slave, weil Abreißen Schreibdatenstrom Datenträger zerstören kann
      * Unterscheidung Master / Slave unabhängig von Reihenfolge am Kabel, Einstellung erfolgt über einen Jumper oder DIP-Schalter am Gerät selbst
    - Vorteil gegenüber SCSI: erheblich günstiger, im Alltagsbetrieb vergleichbare Leistungsfähigkeit
    - Nachteile (gegenüber SCSI): geringere Belastbarkeit (dadurch ungeeignet für z.B. Server), elektrische Instabilität des Anschlusses führt zu maximaler Kabellänge von 60cm 🡪 keine externen EIDE-Geräte
    - SATA (Serial ATA) = Serielle Variante des EIDE Anschlusses
      * Aktueller Standard: SATA 3.5
      * Bevorzugte Datenträgerschnittstelle auf Mainboards
      * Vorteile
        + Sehr hohe Datenübertragungsraten
        + Längere Kabel (max. 1m), vereinfachte Anschlusstechnik mit dünneren flexibleren Kabeln und kleineren Steckern
        + Hot-Plugging-Fähigkeit (Gerätewechsel im laufenden Betrieb)
  + SCSI (Small Computer System Interface)
    - Ursprünglich für Kleincomputer entwickelt
    - Pro SCSI Schnittstelle Anschluss von 7 Geräten möglich // Neuer Wide-SCSI-Standard erlaubt Anschluss von 15 Geräten
    - Klassischer SCSI-Controller mit 3 Anschlüssen
      * 2 interne für 50-polige Flachbandkabel
      * 1 externer für 25-poliges Centronics-Kabel oder modernes SUB-D-Kabel
      * Nur 2 von 3 Anschlüssen dürfen verwendet werden
      * Geräte nur busförmig (hintereinander in Kette) anschließen
      * Erstes und letztes Gerät in Kette benötigen Terminator (Abschlusswiderstand)
        + Intern für gewöhnlich durch Jumper
        + Extern oft Möglichkeit über durchgeschleiften Anschluss weiteres Gerät anzuschließen 🡪 Terminator oftmals nur großer Stecker auf Anschluss aufgesetzt oder DIP-Schalter
      * SCSI-Controller selbst ist Ende der Kette (nur ein Anschluss genutzt) 🡪 Terminiert durch Jumper oder DIP-Schalter, bessere Controller terminieren sich automatisch
    - Ansteuerung SCSI-Geräte über SCSI-ID = Eindeutige einmalige Nummer, unabhängig von Platz in Kette sondern je höher Nummer desto höher Priorität (Nummern 0-7 oder 0-15)
      * ID-Einstellung abhängig von Geräte
        + Die meisten externen Geräte: Drehschalter mit Auswahlmöglichkeiten oder DIP-Schalter mit zwei Optionen
        + Neuere interne Geräte: Konfiguration meist über Software
        + Früher: Einstellung durch 1-2 Jumper oder bereits festgelegte ID
    - SAS (Serial Attached SCSI) = Serielle Variante des SCSI
      * Kabel identisch mit SATA-Anschlüssen
      * Konfiguration weitgehend automatisch
* USB, FireWire, Light Peak
  + Moderne Serielle Schnittstellen für externe Geräte
    - Benutzung ohne Konfigurationsaufwand
    - Hot-Plugging-Verfahren: Geräte können im laufenden Betrieb ein- und ausgesteckt werden, Betriebssystem lädt automatisch passende Treiber und entfernt diese nach Gebrauch
  + USB-Anschluss (Universal Serial Bus)
    - Datenübertragungsrate: USB 1.0 / 1.1 mit 12 Mbit/s // USB 2.0 mit480 Mbit/s // USB 3.0 mit 4,8 Gbit/s
    - Anschluss von bis zu 127 Geräten (USB-Hubs als Verteilungsgeräte erforderlich)
    - USB-Typen



* + FireWire (IEEE-1394-Schnittstelle
    - Übertragungsgeschwindigkeit: FireWire mit 400 Mbit/s, FireWire 800 mit 800 Mbit/s
    - Anschluss von bis zu 63 Geräten
    - Hauptverwendungszweck ist digitaler Videoschnitt
  + Light Peak / Thunderbolt
    - Datenübertragungsgeschwindigkeit bis zu 10 Gbit/s
* Drahtlose Schnittstellen
  + Infrarot-Schnittstellen
    - Benötigt „Sichtkontakt“ zwischen Gerät und Empfängerstation
    - Arbeiten verhältnismäßig langsam
    - Ohne die Störungen, die bei Funk entstehen (können)
    - Verbreiteter Standard: IrDA
  + Funk-Schnittstellen
    - Mikrowellen im Frequenzbereich von 2,4 GHz (Vorteil dieses Frequenzband: lizenzfrei)
    - Datenfunkstandard für Anschluss von Peripheriegeräten: Bluetooth
      * Maximale Reichweite: 10m
      * Übertragungsrate: 1Mbit/s // EDR-Bluetooth (Enhanced Data Rate Bluetooth) 2-3 Mbit/s

**Peripherie**

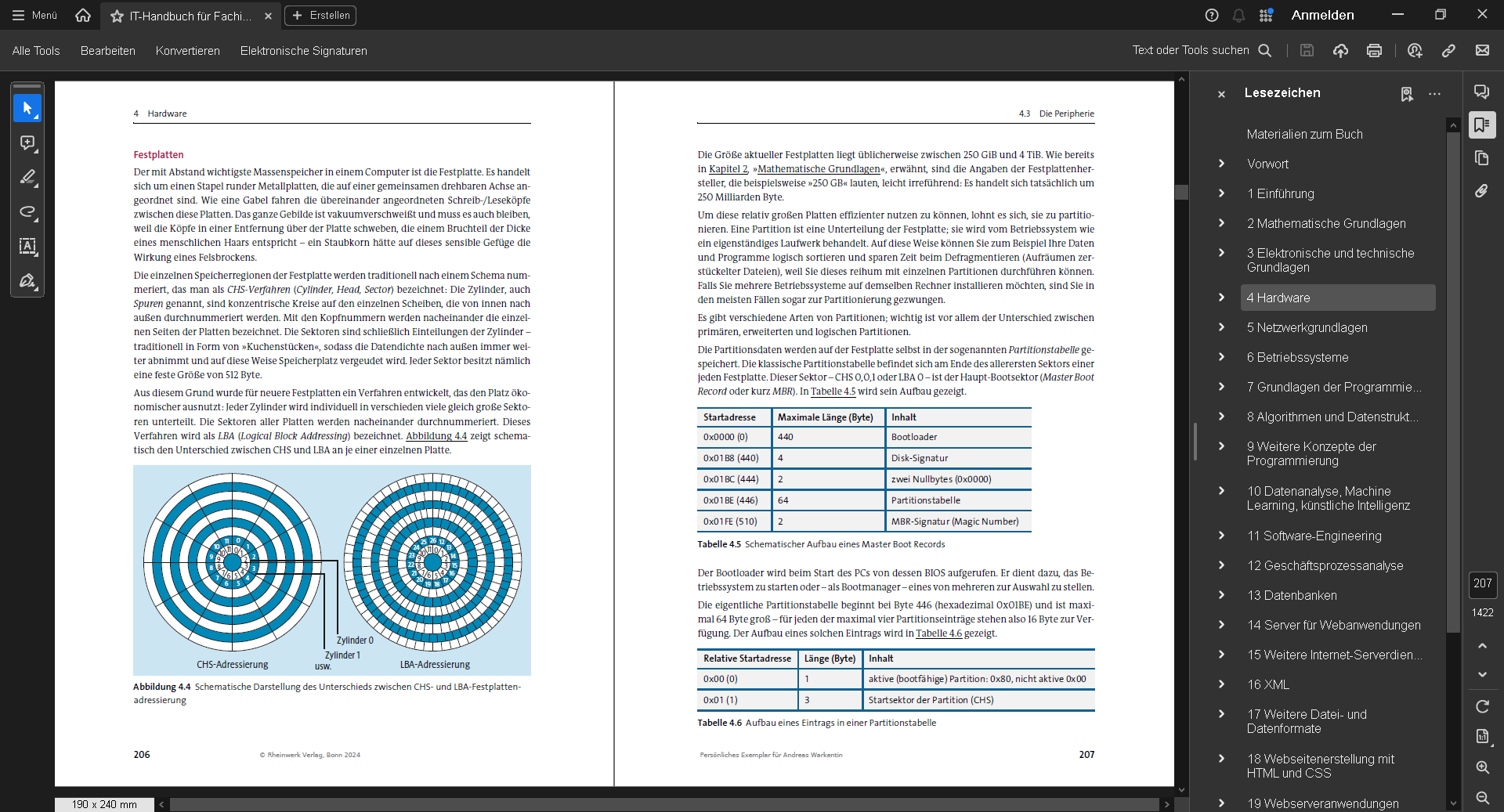
* Geräte, die an Zentraleinheit angeschlossen werden und Nutzen / Funktionen erweitern
* Eingabe, Ausgabe, Ein-/Ausgabe, Datenspeicherung: zusätzlich als Massenspeicher bezeichnet, Netzwerkgeräte
  + Einige verwenden zwei aufeinanderfolgende Stufen von Geräten
    - Untergliederung in analogen und digitalen Teile
    - Bspw.: Töne digital von Soundkarte erzeugt 🡪 analog von Kopfhörer ausgegeben // Analog in Mikro eingegeben 🡪 von Soundkarte in digitales Audio gewandelt
* Wichtig, weil…
  + Erweiterung Funktionalität
  + Erhöhung Benutzerfreundlichkeit
  + Spezialisierte Anwendungen
  + Verbesserte Leistung

**Massenspeicher**

* Einteilung nach physikalischen Schreib- / Leseverfahren
  + Magnetische Datenträger: magnetisierbare Fläche als Datenspeicher
    - Bit-Muster durch magnetische Bereiche mit gegensätzlicher Polarität dargestellt
    - Bsp.: Festplatte, Bandlaufwerke, Diskettenlaufwerke
  + Optische Datenträger: reflektierende Metallfläche von Laser abgetastet
    - Bit-Muster durch hineingebohrte Vertiefungen (Pits) und unveränderte Stellen (Land) 🡪 reflektieren unterschiedlich
    - Bsp.: CD, DVD
  + Magnetoptische Datenträger: Mischverfahren aus beiden
    - Oberfläche wird durch Hitzeeinwirkung von starkem Laserstrahl magnetisch veränderbar, anschließend optisch von Laserstrahl gelesen 🡪 später wiederbeschreibbar
    - Heute nicht mehr in Verwendung
  + Weitere Unterteilung Magnetische Datenträger: Grundkonzepte
    - Datenträger als rotierende runde Scheibe
      * Schreib- / Lesekopf kann sich nach außen und innen bewegen: Region kann gelesen / beschrieben werden, wenn unter Achse des Kopfes vorbeirotiert und Kopf korrekten Abstand vom Mittelpunkt hat = Random Access
      * Festplatte: Laufwerk und Datenträger untrennbare Einheit
        + Höhere Speicherkapazität
        + Schneller
      * Wechseldatenträger: Laufwerk und Datenträger getrennte Einheiten
        + Flexibler
    - Datenträger als Magnetband
      * Langes, dünnes Band unter statischem Schreib- / Lesekopf durchgezogen = Sequenzieller Datenzugriff (Der Reihe nach)
      * Nicht für normale Datenspeicherung geeignet, aber für Backups

**Festplatten**

* wichtigster Massenspeicher im Computer
* Aufbau
  + Stapel runder Metallplatten, auf gemeinsamer drehbarer Achse angeordnet
  + Übereinander angeordnete Schreib- / Leseköpfe fahren zwischen Platten
  + Festplatte vakuumverschweißt, weil Entfernung von Köpfen zu Platten Bruchteil Dicke menschlichen Haares 🡪 Staubkorn hat Wirkung eines Felsbrockens
* Speicherregionen
  + Schema Nummerierung: CHS-Verfahren (Cylinder, Head, Sector)
    - Zylinder (auch Spuren) = konzentrische Kreise auf einzelnen Scheiben, von innen nach außen durchnummeriert
    - Kopfnummern bezeichnen nacheinander einzelne Seiten der Platten
    - Sektoren = Einteilung der Zylinder, traditionell in Kuchenstücken, Größe immer 512 Byte
    - Nachteil: Speicherplatzverschwendung, da nach außen Datendichte abnimmer
  + Schema Nummerierung: LBA-Verfahren (Logical Block Addressing)
    - Jeder Zylinder individuelle in verschieden viele gleichgroße Sektoren unterteilt
    - Sektoren aller Platten nacheinander durchnummeriert



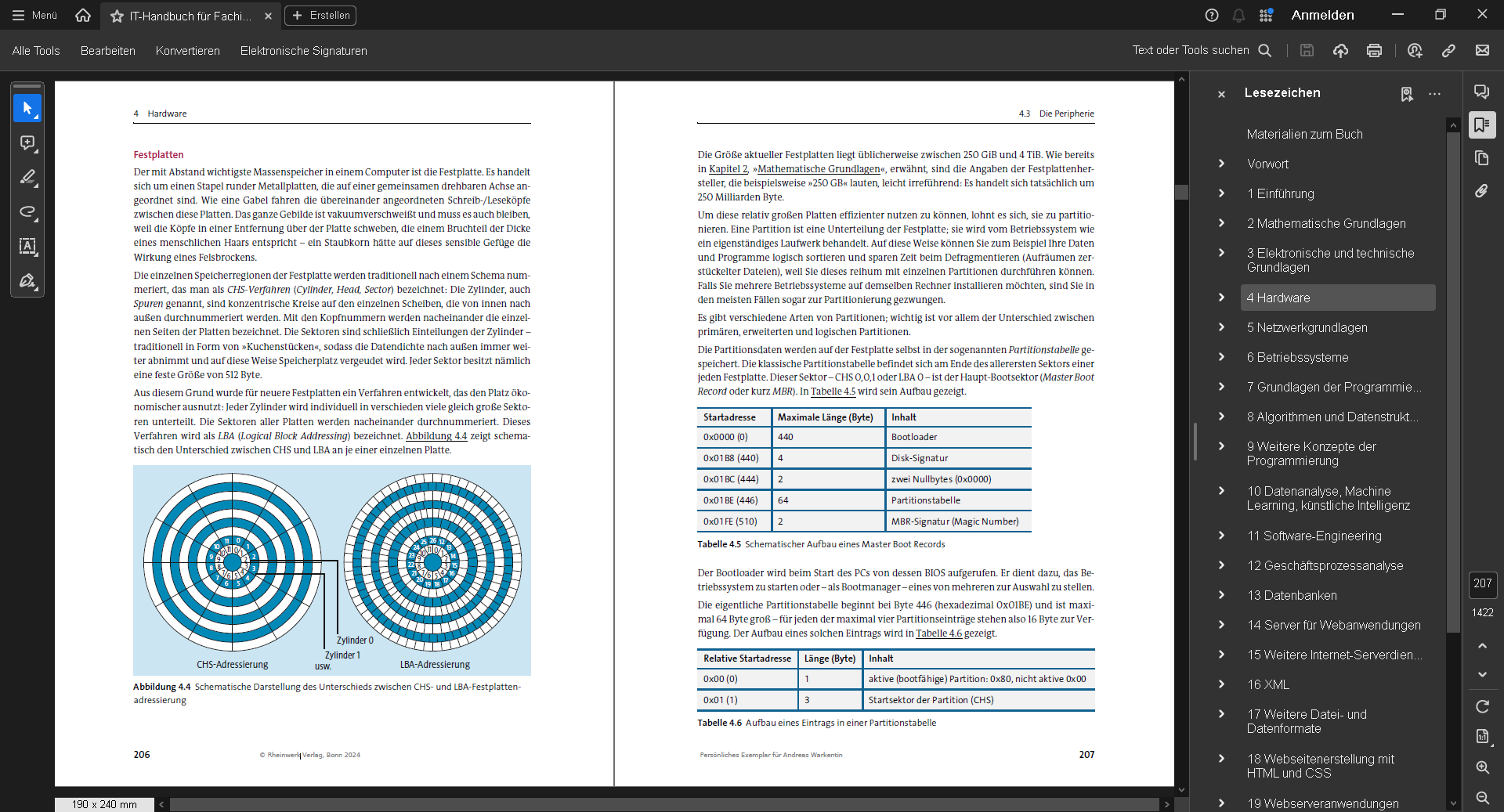
* Geschwindigkeit
  + CAV (Constant Angular Velocity) = konstante Winkelgeschwindigkeit, Platte dreht sich mit konstanter Drehzahl, je weiter Kopf außen desto höher relative Geschwindigkeit zwischen Kopf und Plattenoberfläche
    - Verbreitet: 5.400 U/min, 7200 U/min, 10000 U/min
  + Mittlere Zugriffszeit = durchschnittliche Dauer um Sektor anzusteuern
  + Geschwindigkeit Lese- / Schreibfluss = bis zu 16,0 GBit/s bei neuesten Modellen
  + Interner Cache = Beschleunigung Zugriffe auf Festplatte durch Pufferung Datenstrom, Größe 64 – 256 MB
  + Historischer Review s. IT-Handbuch S. 211

**Weitere Datenspeicher**

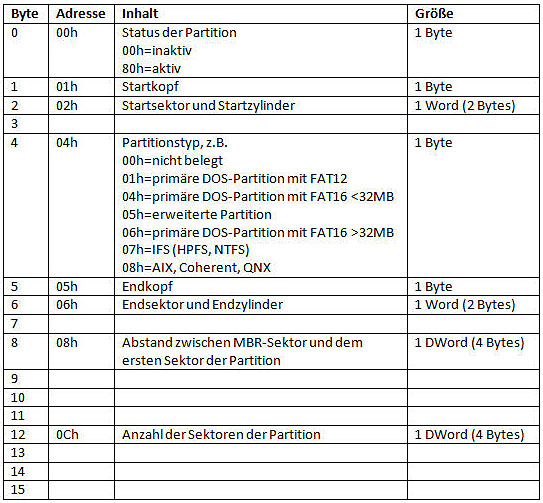
* Hybridlaufwerke (SSHD - Solid State Hybrid Drive):
  + Kombination HDD und SSD: Sowohl magnetische als auch Flash-Speicherkomponenten
  + Vorteile ggü. HDD: schneller, langlebiger, energieeffizienter
  + Nachteile: teurer
* Solid State Drives (SSD):
  + Basieren auf Flash-Speichertechnologie
  + Vorteile ggü. HDD: schneller, langlebiger, energieeffizienter
  + Nachteile: teurer
* Optische Laufwerke:
  + Speicherung von Daten auf optischen Trägern wie CD, DVD, …
  + Heute nur noch geringe Bedeutung
* Flash Card oder Memory Card:
  + Kompaktes, wiederbeschreibbares Speichermedium
  + Kann verschiedene Arten von Daten mittels Flash-Speichertechnologie speichern
  + Anwendung vor allem in Kleingeräten (z.B. Kameras) oder zur Speichererweiterung (z.B. Handy)
* NAS (Network Attached Storage) und SAN (Storage Area Network):
  + Netzwerkbasierte Speicherlösung
  + NAS: Bietet Speicherplatz über lokales Netzwerk
  + SAN: verwendet dedizierte Hochgeschwindigkeitsnetzwerke für Datenaustausch zwischen Speichergeräten und Servern
* Cloud-Speicher:
  + Zugriff auf Daten mittels Internet
  + Daten auf externen Servern gespeichert

**Partition**

* Unterteilung der Festplatte zur effizienteren Nutzung
  + Partitionen von Betriebssystem wie eigenständige Laufwerke behandelt
  + Daten und Programme logisch sortieren
  + Weniger Zeit beim Defragmentieren
  + Unterscheidung Arten von Partitionen: primär, erweitert, logisch
* MBR (Master Boot Record)
  + Kapazität: Festplatten bis max. 2 TB
  + Partitionslimit: max. 4 primäre Partitionen, weitere als erweiterte Partition mit logischen Laufwerken
  + Bootloader: enthält Master Boot Record = enthält Bootloader für Betriebssystem
  + Nachteile: begrenzte Kapazität, begrenzte primäre Partitionen
  + Häufiger mit BIOS genutzt
* GPT (GUID Partition Table)
  + Kapazität: über 2 TB möglich
  + Partitionslimit: nahezu unbegrenzt, über 100 Partitionssentitäten
  + Datensicherheit: speichert redundante Partitionsinformationen, um Integrität der Partitionstabelle zu gewährleisten
  + Vorteile: hohe Kapazität, Datensicherheit
  + Häufiger mit UEFI genutzt
* Primäre Partition
  + Teil der Festplatte, von der Betriebssystem gebootet werden kann
  + Partitionsdaten auf Festplatte selbst in Partitionstabelle gespeichert
    - Ort: Ende des allerersten Sektors jeder Festplatte (CHS 0,0,1 // LBA 0) = Haupt-Bootsektor (MBR – Master Boot Record)



* + - Bootloader
      * Beim Start vom BIOS aufgerufen um Betriebssystem zu starten
      * Alternative als Bootmanager: Eins von mehreren Betriebssystemen zur Auswahl stellen
    - Partitionstabelle
      * Beginn bei 0x01BE, maximale Größe 64 Byte 🡪 maximal 4 Partitionseinträge mit je max. 16 Byte
      * 🡪 Max. 4 verschiedene Betriebssysteme möglich ohne Bootsektor anzupassen
      * Byte 4 legt Partitionstyp fest



* Erweiterte und logische Partition
  + Erweiterte Partition
    - Spezielle Partition, die in weitere = logische Partitionen unterteilt werden kann
    - Enthält keine Dateien, nur Container für logische Partitionen
  + Erweiterte Partition in Tabelle des MBR eingetragen 🡪 an angegebener Adresse befindet sich verkürzte Partitionstabelle mit 2 Einträgen: 1. Verweis auf logische Partition 2. Verweis weitere verkürzte PTabelle
  + Aktuelle Betriebssysteme
    - Max. eine erweiterte Partition, beliebig viele logische Partitionen (Praxis Grenze bei Anzahl Sektoren, weil jede Partition min. einen ganzen Sektor belegt)
    - Microsoft: logische Partition = logisches Laufwerk
* GPT (GUID Partitioning Table): neue Variante Partitionstabelle durch UEFI
  + GUID = Globally Unique Identifier
  + Partitionstyp nicht durch 1 Byte großen Eintrag, sondern durch 128 Bit große eindeutige Zahl
    - Typischerweise hexadezimal in Gruppen notiert
    - Bsp. Basic Data Partition: EBD0A0A2-B9E5-4433-87C0-68B6B72699C7
    - Riesiger Vorrat an möglichen Partitionstypnummern 🡪 praktisch beliebig erweiterbare GPT
  + Vorteile: flexibler, mehr Partitionen als MBR-Tabellen
* Programme zur Partitionierung nach Betriebssystemen
  + MS-DOS u.ä.: Konsolendienstprogramm fdisk
  + Linus: Programm fdisk
  + Windows 10 u.ä.: Datenträgerverwaltung
  + macOS: Festplattendienstprogramm
  + Nachteil Systemprogramme: Änderungen nur, indem bestehende Partition mit allen Daten gelöscht und neue angelegt
  + Alternative kommerzielle Partitionsmanager: bestehende Partitionen vergrößern, verkleinern, zusammenfassen, trennen // vorher Daten sichern, Fehler oder Stromausfall können zu vollständigem Datenverlust führen

**Formatierung**

* Verschiedene Dateisystemformate zur Organisation und Speicherung von Daten auf Speichermedien
* FAT (File Allocation Table)
  + Älteres Dateisystem, basierend auf Tabelle, die die Zuordnung von Dateien zu Speicherblöcken verfolgt
  + Verwendung häufig: USB-Sticks, SD-Karten, ältere Windows-Systeme
  + Varianten: FAT12, FAT16, FAT32
* NTFS (New Technology File System):
  + Primäres Dateisystem für moderne Windows-OS
  + Bietet erweiterte Funktionen wie Dateiverschlüsselung, Komprimierung, Zugriffssteuerungslisten (ACLs), Fehlerkorrekturen
* exFAT (Extended File Allocation Table)
  + Erweiterung von FAT, Unterstützung größere Dateigrößen und Partitionen
  + Verwendung häufig: Flash-Laufwerke, portable Medien
  + Unterstützt Windows und macOS
* HFS+ (Hierarchical File System Plus)
  + Verwendung: ältere Mac-Computer, mittlerweile durch APFS ersetzt
* APFS (Apple File System)
  + Aktuelles Dateisystem von Apple
  + Fortschrittliche Funktionen wie Snapshot-Unterstützung, native Verschlüsselung, effiziente Speichernutzung
* Ext4 (Fourth Extended File System)
  + Weiterentwicklung von ext3
  + Verwendung: Linux-Distributionen
  + Verbesserte Leistung und Skalierbarkeit, unterstützt größere Dateigrößen
* ReFS (Resilient File System)
  + Nachfolger von NTFS, nicht auf allen Windowsversionen verfügbar
  + Verbesserte Robustheit und Datenintegrität insbesondere im Unternehmensumfeld
* ZFS (Zettabyte File System)
  + Erweiterte Funktionen wie Snapshots, Datenintegrität, RAID-Unterstützung
  + Verwendung häufig: Unix-ähnliche Systeme wie Solaris, FreeBSD
* F2FS (Flash-Friendly File System)
  + Speziell für Flash-Speichermedien wie SSD und eMMC entwickelt
  + Optimier Leistung und Lebensdauer von Flash-Speichern durch spezielle Algorithmen
* Btrfs (B-Tree File System)
  + Dateisystem für Linux, basierend auf B-Bäumen
  + Bietet Datenintegrität, Snapshots, RAID-Unterstützung

**Clustergrößen**

* Kleinste zuweisbare Speichereinheit auf einem Speichermedium
* Unterscheidet sich je nach verwendetem Dateisystem
* FAT32-Beispiel
  + Clustergröße abhängig von Partitionsgröße
    - Partitionen bis zu 256 MB beträgt die Clustergröße 4 KB.
    - Partitionen von 256 MB bis 8 GB beträgt die Clustergröße 8 KB.
    - Partitionen von 8 GB bis 16 GB beträgt die Clustergröße 16 KB.
    - Partitionen von 16 GB bis 32 GB beträgt die Clustergröße 16 KB.
    - Für größere Partitionen beträgt die Clustergröße 32 KB.
* NTFS-Beispiel
  + Flexibler, kann bei Partitionierung ausgewählt werden, Auswahlmöglichkeiten abhängig von Partitionsgröße
  + i.d.R. Clustergrößen zwischen 512 Bytes bis mehrere Kilobytes
  + für größere Festplatten größere Clustergrößen empfohlen um Speicherplatz effizienter zu nutzen; ABER: bei kleinen Dateien kann größere Clustergröße zu geringerer Effizienz führen
* Große Cluster
  + Vorteile: höhere Effizienz bei großen Dateien, reduzierte Fragmentierung
  + Nachteile: geringere Effizienz bei kleinen Dateien
* Kleine Cluster
  + Vorteile: höhere Effizienz bei kleinen Dateien
  + Nachteile: geringere Effizienz bei großen Dateien, höhere Fragmentierung

**Daten auf Datenspeicher ablegen**

* Partitionierung des Speichermediums
  + Bei Bedarf: Datenspeicher in mehrere Partitionen unterteilen
  + Jede Partition als eigenständiger logischer Bereich behandelt, kann eigenes Dateisystem haben
* Formatierung des Datenspeichers
  + Formatierung erstellt Dateisystem 🡪legt Struktur und Organisation der Daten auf Speichermedium fest
  + Speicherort Dateisystemtabellen: typischerweise am Anfang des Datenträgers (=Superblock, synonym MFT (Master File Table))
    - Partition nach MBR: Superblock im ersten Sektor der Festplatte, nach MBR selbst
    - Partition nach GUID: Superblock im ersten Sektor der einzelnen Partition
* Allokation von Clustern oder Blöcken
  + Datenspeicher in Cluster (bei FAT-Dateisystemen) oder Blöcke (bei Dateisystemen wie NTFS, ext4) unterteilt
    - Cluster / Block = kleinste zuweisbare Einheit auf Speichermedium
* Schreiben von Daten
  + Daten in Blöcken / Clustern auf Datenspeicher geschrieben
  + Je nach Dateigröße werden diese Blöcke / Cluster entsprechend der Dateigröße zugewiesen
    - Größere Dateien in mehrere aufeinanderfolgende Blöcke / Cluster aufgeteilt
* Dateiverzeichnisse und Metadaten
  + Dateisystem enthält Informationen über Dateien, Verzeichnisse sowie Metadaten wie Erstellungsdatum, Zugriffsrechte und Dateigröße
  + Diese Informationen werden in speziellen Dateiverzeichnissen und Metadatenstrukturen gespeichert
  + Beispiel MFT: auch als zentrale Datenbank vorstellbar, in der diese Informationen (Records) geschrieben werden
* Festlegen von Dateipfaden und Hierarchien
  + Dateien in Verzeichnissen organisiert
  + Dateipfade zur Identifizierung der Speicherorte von Dateien
  + Hierarchische Strukturen zur logischen Organisation der Daten
* Dateizugriff
  + Zugriff auf gespeicherte Daten durch OS und Anwendungen mittels Informationen aus Dateisystem
  + Dateien können gelesen, geschrieben, gelöscht oder verschoben werden
* Dateiaktualisierung und Löschung
  + Bei Aktualisierungen oder Löschungen von Dateien werden die entsprechenden Änderungen im Dateisystem vorgenommen
  + Die freigegebenen Blöcke oder Cluster werden als verfügbar markiert, und die Metadaten werden entsprechend aktualisiert
* Sicherung und Wiederherstellung
  + Regelmäßige Sicherungen, um Datenverlust zu verhindern / minimieren

**RAID-Systeme**

RAID-Systeme (Redundant Array of independent / inexpensive Disks)

* Häufig im Serverbereich anzutreffen
* Zusammenfassung mehrerer physikalischer Festplatten zu einer Einheit
  + Bessere Performance, verbesserte Datensicherheit
  + Größe und Performance der Platten sollten identisch sein
* Bereitgestellt durch Hardware-Komponente RAID-Controller oder als SoftRAID über Treiber des Betriebssystems
* Acht verschiedene RAID-Level (Nummerierung 0-7) plus Kombinationen daraus, Unterscheidung durch Art der Festplattennutzung
* Wichtigste RAID-Level
  + RAID 0: Stripe Set = min. 2 Festplatten, Speicherkapazitäten in Streifen zerteilt, Daten abwechselnd auf verschiedenen Platten gespeichert, Streifen jeder Platte fortlaufend beschrieben
    - Bessere Performance, nicht Sicherheit
  + RAID 1: Mirroring = min. 2 Festplatten, alle Daten einer Festplatte zusätzlich auf zweiter gespeichert
    - Bessere Sicherheit, nicht Performance
  + RAID 5: Stripe Set mit Parity = min. 3 Festplatten, Stripe Set wie bei 0 mit zusätzlichem Bereich auf jeder Platte für Parity (Prüfsummen) zur nachträglichen Fehlerbeseitigung, Parity mithilfe bitweiser XOR-Operation berechnet , Bit-Folge von Platte 1 mit gleich langer Bit-Folge von Platte 2 durch XOR verknüpft und auf Platte 3 gespeichert; nächster Durchgang Daten auf 2 und 3 und Parity auf 1, erhöht Brutto-Speicherbedarf nach Anzahl verwendeter Festplatten um 1/Anzahl Platten
    - Kompromiss zwischen Performance und Sicherheit
  + RAID 6: Advanced Data Guarding = min. 4 Festplatten, Prinzip von RAID 5 aber mit zwei verschiedenen Parity-Werten 🡪 RAID-6-Array verkraftet Ausfall von bis zu zwei Festplatten
    - Bessere Sicherheit, Kompromiss zwischen Performance und Sicherheit
  + RAID 01 (0+1) = min. 3 Festplatten, Daten zuerst in Stripe Set zerlegt, dann auf zwei RAID-0-Arrays (oder ein RAID-0-Array + eine Einzelplatte) verteilt
    - Kompromiss Sicherheit und Performance
  + RAID 10 = min. 4 Festplatten, Daten zuerst gespiegelt, dann auf zwei RAID-1-Arrays gespeichert
* Hot-Swap-Festplatten
  + können im laufenden Betrieb ausgetauscht werden
* Hot-Spare-Festplatten
  + Reservefestplatten, springen automatisch ein, wenn eine Festplatte im Betrieb ausfällt
* Überwachung und Benachrichtigungen
  + Überwachungsmechanismen implementieren, die Zustand der Festplatten überwachen und bei Bedarf zeitnahe Benachrichtigungen senden
* Backup-Strategien
  + RAID kein Ersatz für regelmäßige Backups
  + Backups auf externen Medien o.ä. als Schutz vor fehlerhafter Hardware, Diebstahl, katastrophen
* RAID-Controller
  + Hochwertige Controller bieten bessere Funktionen, Ausfallsicherheit

**JBOD (Just a Bunch Of Disks)**

* Einzelkapazitäten mehrerer Festplatten zusammengefasst zu virtueller / logischer Gesamtkapazität
  + Im Betriebssystem als eine logische Festplatte angezeigt
* Festplatten können unterschiedliche Größen / Kapazitäten haben
* Kein RAID-Controller nötig
* Daten werden nacheinander geschrieben; erste Festplatte wird gefüllt, bevor auf zweiter geschrieben wird
* Lese- und Schreibgeschwindigkeit hängt von Festplatte ab, auf der Daten sind
* Datenverlust nur, wenn bereits beschriebene Festplatte ausfällt
* Ziel: bestmögliche, effizienteste Nutzung von Festplattenkapazitäten (Brutto-Kapazität = Netto-Kapazität)