

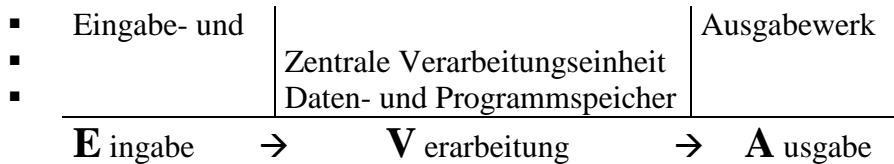
Hardware und Schnittstellen - KOMPAKT

1. Übersicht

Unter **Hardware** versteht man die physischen Bestandteile von Computeranlagen.

Hardware lässt sich immer anfassen

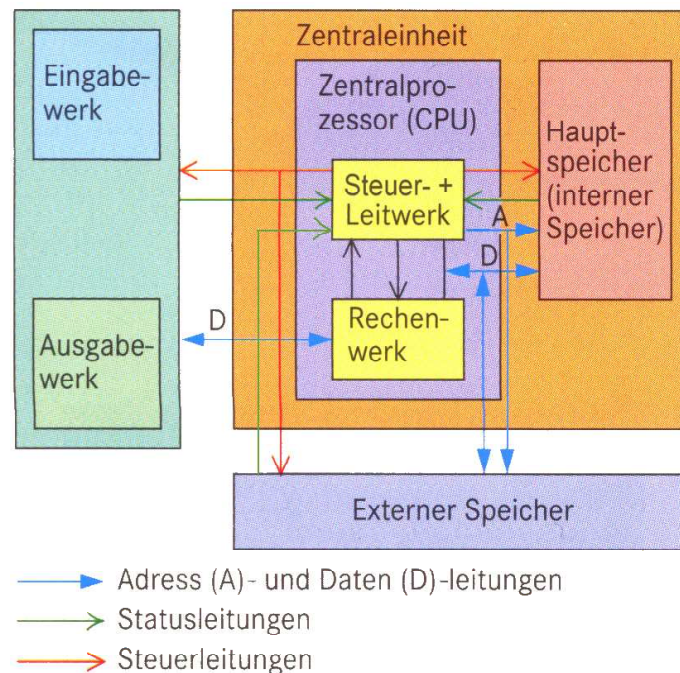
Jeder PC verfügt allgemein über drei wesentliche Einheiten:



→ EVA-Prinzip

Die zentrale Verarbeitungseinheit (= der Prozessor) wird als **CPU (Central Processing Unit)** bezeichnet. Sie ist gewissermaßen das „Gehirn“ des PCs und umfasst

- Steuer- und Leitwerk (control unit)
 - Ablaufsteuerung
 - Auslesen, Interpretieren, Weiterleiten von Programmbefehlen und Daten
- Rechenwerk „ALU“ (arithmetic logical unit)
 - arithmetische und logische Operationen



Kernstruktur einer **von Neumann-Maschine** (1947)

(nach: John von Neumann, ungarisch-amerikanischer Mathematiker, 1903 - 1957)

- Der **Hauptspeicher** (= **Arbeitsspeicher**) enthält das auszuführende Maschinenprogramm und die Daten (temporär).
- Das **Leitwerk** führt die Kommunikation mit der Umwelt (Peripherie) und internen Komponenten des Computers durch.
- Das **Steuerwerk** steuert die Prozessabläufe im Rechner
- Das **Bussystem** dient als Verbindung zwischen diesen Komponenten.

2. Zahlensysteme

Das uns Menschen geläufige Zahlensystem **basiert** auf der Zahl 10. Jede Zahl wird als Summe von Potenzen zur Basis 10 dargestellt:

Dezimalsystem (Basis 10) Symbolvorrat: 0..9

$$185 = \underline{1} * 10^2 + \underline{8} * 10^1 + \underline{5} * 10^0 = 185d = 185_{10}$$

In der Welt der Computer und der Steuerungen spielen andere Zahlensysteme eine wesentliche Rolle:

Hexadezimalsystem (Basis 16) Symbolvorrat: 0..9, A..F

$$185 = \underline{11} * 16^1 + \underline{9} * 16^0 = B9h = B9_{16}$$

Oktalsystem (Basis 8) Symbolvorrat: 0..7

$$185 = \underline{2} * 8^2 + \underline{7} * 8^1 + \underline{1} * 8^0 = 271o = 271_8$$

Binärsystem (Basis 2) Symbolvorrat: 0,1

$$185 = \underline{1} * 2^7 + \underline{0} * 2^6 + \underline{1} * 2^5 + \underline{1} * 2^4 + \underline{1} * 2^3 + \underline{0} * 2^2 + \underline{0} * 2^1 + \underline{1} * 2^0 = 10111001b = 10111001_2$$

Übung:

- 1) Stelle 255d als h, o, b dar → FFh, 377o, 11111111b
- 2) Decodiere CDh, CDo → CDh = 205d, CDo ∅
- 3) Decodiere 00111111b → 00111111b = 63d

3. Der Prozessor

Die Steuerung des PCs erfolgt über elektrische Signale. Das Verhalten des Prozessors wird hierbei von **Programmen** in Form von **Maschinencode** bestimmt.

Maschinensprache = „Sprache“ die auf den zwei Zuständen 0 und 1 basiert

Beispiel:

Maschinencode: 10110000 01100001

Interpretation: Befehl Daten

Mnemonisch: mov al, 61 h (Assemblersprache)

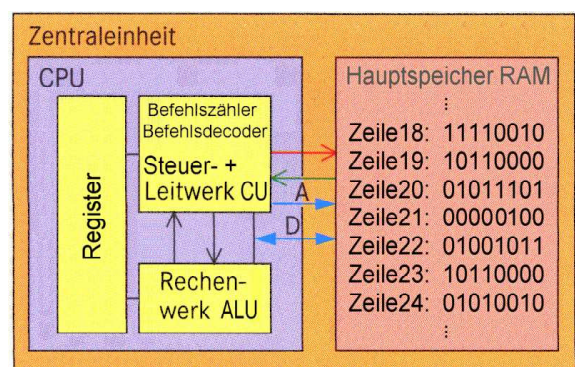
Interpretation: der hexadezimale Wert 61 (97 dezimal) soll ins Register (= Speicherzelle) 'al' (Akkumulator Lowword) geladen werden (bei x86-Prozessoren).

Jeder Prozessor hat seinen eigenen **Befehlssatz**. Das heißt, er „versteht“ nur ganz bestimmte Folgen von Nullen und Einsen.

Befehlsablauf in der von Neumann-Maschine:

Im Folgenden wird die Abarbeitung zweier Befehlszeilen exemplarisch dargestellt:

```
mov al, 5Dh            10110000 01011101
add al, 4Bh            00000100 01001011
```



mov al, 5Dh (10110000 01011101):

CU	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Befehlszähler auslesen und aktuelle Adresse auf Adressbus legen ➤ Befehlszähler erhöhen ➤ Hauptspeicher über Steuerbus zur Bereitstellung des nächsten 8 Bit breiten (Befehls-)wortes anweisen
RAM	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Entsprechende Adresse auslesen und (Befehls-) Wort auf Datenbus legen ➤ Über Statusbus bereitgestellte Daten melden
CU	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Befehlswort abholen und in Befehlsregister schieben (kopieren)
DEC	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Befehl interpretieren → Operand erforderlich
CU	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Befehlszähler auslesen und aktuelle Adresse auf Adressbus legen ➤ Befehlszähler erhöhen ➤ Hauptspeicher über Steuerbus zur Bereitstellung des nächsten 8 Bit breiten (Daten-)wortes anweisen
RAM	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Entsprechende Adresse auslesen und (Daten-) Wort auf Datenbus legen ➤ Über Statusbus bereitgestellte Daten melden
CU	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Datenwort abholen und in Datenregister schieben (kopieren) ➤ Hauptspeicher über Steuerbus zum Freimachen des Datenbusses anweisen
RAM	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Datenbus freimachen ➤ Über Statusbus freien Datenbus melden
DEC	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Befehl ganzheitlich interpretieren ➤ Daten vom Datenregister in das Lowword des Akkumulators schieben (kopieren)

Fetch- und Interpretationsphase

Ausführungsphase

add al, 4Bh (00000100 01001011):

Fetch- und Interpretationsphase analog oben

DEC	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Befehl ganzheitlich interpretieren ➤ ALU anweisen, Daten des Datenregisters zu denen im Lowword des Akkumulators hinzu zu addieren
ALU	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Addition durchführen und Ergebnis im Lowword des Akkumulators ablegen

Ausführungsphase

Die Geschwindigkeit, mit der das Steuer- und Leitwerk Befehle und Daten verarbeiten kann, ist der **Arbeitstakt** (auch System- oder Prozessortakt).

Bei einem PC-System mit einem Systemtakt von 4 GHz werden pro Sekunde von einem Taktgeber 4 Milliarden Schaltimpulse an die CPU gegeben. Die Zeit dazwischen wird **Taktzyklus** genannt. Je nach Art eines Maschinenbefehls werden zu dessen Abarbeitung ein oder mehrere Taktzyklen benötigt.

Externe Systemkomponenten (auch der Hauptspeicher) können durch die notwendige Buskommunikation nur langsamer angesprochen werden. Die Geschwindigkeit ist der **Bustakt**. Dieser ist je nach Gerätetyp unterschiedlich.

Zur Geschwindigkeitsoptimierung steht daher ein zusätzlicher schneller Speicher zur Verfügung, der vom Hauptspeicher gelesene Daten zwischenspeichert, der **Cachespeicher**. Muss innerhalb kurzer Zeit erneut auf diese Daten zugegriffen werden, werden sie ohne Buskommunikation direkt aus dem Cachespeicher gelesen.

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ➤ First Level Cache (L1-Cache): - im Prozessor integriert - sehr schnell (Prozessortakt) - klein | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Second Level Cache (L2-Cache): - in Prozessornähe auf dem Mainboard - oft halber Prozessortakt oder Bustakt - größer |
|---|---|

4. Die Hauptplatine (= **Motherboard** oder **Mainboard**).

Über die Hauptplatine werden alle Komponenten miteinander verbunden:

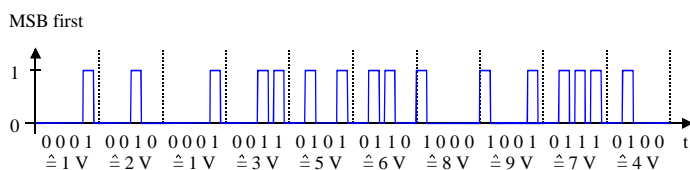
- interne Baugruppen
- externe Geräte (Peripheriegeräte)

Die Verbindung erfolgt über **Hardware-Schnittstellen**. Die Informationsübertragung findet über **Busse** statt:

- **Datenbus** → überträgt Daten zwischen Computerbestandteilen innerhalb eines Computers oder zwischen verschiedenen Computern
- **Adressbus** → überträgt Speicheradressen, von denen die Daten zu lesen bzw. an die die Daten zu schreiben sind
- **Steuerbus** → bewerkstelligt die Steuerung des Bussystems (Interrupt-, Buszugriff-, Taktung-, Reset- und Statusleitungen)

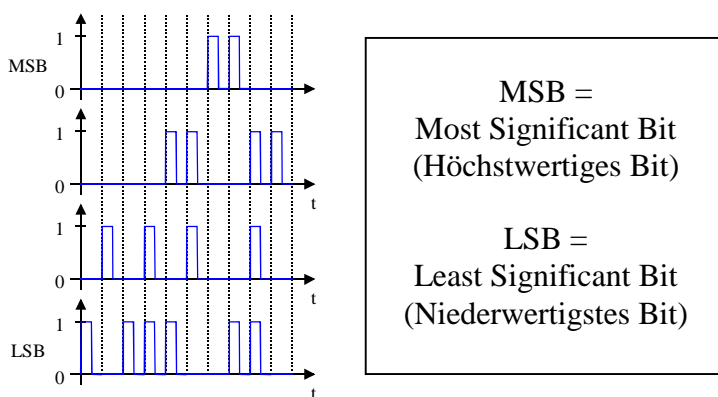
Es werden zwei grundsätzlich unterschiedliche Techniken zur Datenübertragung verwendet:

- **Bitserielle Datenübertragung:** die Binärstellen werden nacheinander über ein einziges digitales Signal als Impulsfolge dargestellt.



- **Bitparallele Datenübertragung:** für jede Binärstelle zu übertragender Daten wird ein digitales Signal benötigt.

In den Beispielen werden mit vier Bits codierte Spannungswerte einmal bitseriell über eine Datenleitung, einmal bitparallel über vier Datenleitungen übertragen. Zur Codierung wurde der BCD-Code verwendet.



Wesentliche Bestandteile des Motherboards neben Schnittstellen und Bussen sind der Chipsatz und das BIOS.

Der **Chipsatz** (bestehend aus Northbridge und Southbridge) unterstützt den Prozessor bei der Steuerung der Kommunikation der Einzelkomponenten untereinander:

- **Northbridge** (dicht an der CPU)
 - synchronisiert den Datentransfer und die Datensteuerung zwischen CPU (Prozessor), Arbeitsspeicher, Cache und AGP oder PCI-Express-Grafikkarte
 - direkte Verbindung zwischen Northbridge und CPU = **Front Side Bus**
- **Southbridge** (dicht an den PCI-Steckplätzen)
 - Datentransfer und die Datensteuerung zwischen peripheren Geräten (PCI-Bus, ISA-Bus, ATA, etc.)

Das **BIOS** (Basic Input- Output- System) ist in einem Speicherbaustein, der Informationen permanent speichert, einem Nur-Lese-Speicher (**ROM = Read only Memory**) gespeichert. Es steht somit dem Steuer- und Leitwerk der CPU unmittelbar zur Verfügung. Die Aufgaben des BIOS umfassen:

- **Power On Self Test (POST):** Direkt nach dem Einschalten des Rechners automatisch durchgeführter Kommunikationstest mit allen angeschlossenen Teileinheiten
- Aufrufbares Benutzerprogramm, mit dem grundlegende Einstellungen der Hardwarekomponenten vorgenommen werden können
- Booten des Computers: Laden und Starten des eigentlichen Betriebssystems

5. Der Arbeitsspeicher (= Hauptspeicher)

Während der Programmausführung hält der Prozessor die Programmdateien im **Arbeitsspeicher**. Direktes Arbeiten des Prozessors mit dem externen Speicher wäre zwar möglich, aber viel zu langsam.

Prinzip des konventionellen Datentransfers: (am Beispiel „Laden von Daten“)

CPU	➤ Externe Adresse des ersten Datenwortes auf den Adressbus legen
	➤ Datenwort über den Steuerbus vom externen Speicher anfordern
EXT	➤ Adresse auslesen, Datenwort von entsprechender Adresse lesen und auf Datenbus legen
	➤ Über Steuerbus bereitgestellte Daten melden
CPU	➤ Datenwort abholen und in Datenregister speichern
	➤ Externen Speicher über Steuerbus zum Freimachen des Datenbusses auffordern
EXT	➤ Datenbus freimachen und freien Datenbus über Steuerbus melden
CPU	➤ Interne Adresse für das erste Datenwort auf den Adressbus legen
	➤ Datenwort aus Datenregister auf Datenbus legen
	➤ Hauptspeicher über Steuerbus zum Abholen der Daten auffordern
RAM	➤ Datenwort abholen und an entsprechende Adresse schreiben
	➤ Über Steuerbus abgeholte Daten melden

Dieser Vorgang wiederholt sich bis alle benötigten Datenwörter vom externen Speicher in den Hauptspeicher kopiert wurden. Hierfür sind viele Taktschritte notwendig, in denen der Prozessor nicht für die Ausführung anderer Befehle zur Verfügung steht, und somit wird die Ausführungsgeschwindigkeit anderer laufender Programme verringert.

Daher steht in modernen PC-Systemen ein direkter Speicherzugriff **DMA** (= **Direct Memory Access**) zur Verfügung. Der **DMA-Controller** übernimmt bei anstehenden Datentransfers zwischen externen Geräten und Hauptspeicher das Bussystem von der CPU. Die CPU kann die Abarbeitung anderer Programme fortsetzen, während der DMA-Controller den Datentransfer abwickelt (bei größeren Datenmengen etwa 10mal schneller als beim konventionellen Datentransfer).

Der Arbeitsspeicher ist ein Schreib-Lese-Speicher: **RAM** (**Random Access Memory**) = Speicher mit wahlfreiem Zugriff. D.h. jede Speicherzelle kann über ihre Speicheradresse direkt angesprochen werden, der Speicher muss also nicht sequenziell oder in Blöcken ausgelesen werden. Bei der Adressierung wird daher zwischen Zeilen- und Spaltenadressen unterschieden.

Das RAM besteht aus Halbleiter-Bausteinen, die ihre gespeicherten Informationen nur bei anliegender Betriebsspannung behalten.

6. Permanentspeicher

Um die Daten nach dem Abschalten nicht zu verlieren, werden diese auf **Permanentspeichern** (= **Hintergrundspeicher**, **Massenspeicher**) gesichert.

Permanentspeicher		
<u>Magnetisch</u>	<u>Optisch</u>	<u>Elektronisch</u>
- Band	- CD	- SD-Card
- Diskette	- DVD	- CompactFlash
- Festplatte	- BlueRay	- USB Stick
⋮	⋮	⋮

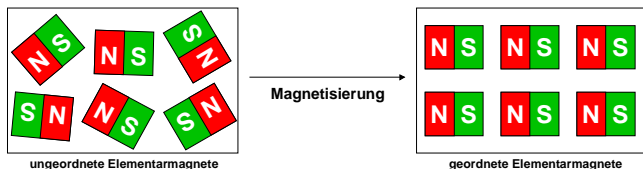
Magnetisches Speicherverfahren

Aufbau:

- Träger: Nicht magnetisierbares Band oder Scheibe bspw. Aus Aluminium-Legierungen
- Beschichtung: Dünner magnetisierbarer Belag bspw. aus Eisenoxid oder Kobalt von etwa 1 µm Stärke

Funktion:

Das Speichern von Daten erfolgt durch gezielte Magnetisierung kleinster – vom **Schreib-Lesekopf** (Magnetkopf = winziger Elektromagnet) angesteuerter – Flächen der Beschichtung, die entsprechend ihrer **Polarität** (Nord/Süd) den binär interpretierten Wert 0 oder 1 annehmen.



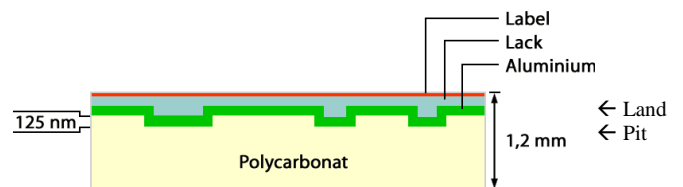
Das Lesen der Daten wurde früher über das **Induktionsverfahren** durchgeführt (ein bewegter Magnet bewirkt in einer umgebenden Spule eine Induktionsspannung). Moderne Verfahren beruhen auf der Messung des aktuellen **magnetischen Widerstandes**, der von der Polarität der Elementarmagnete abhängt.

→ Speicherung in magnetischen Dipolen

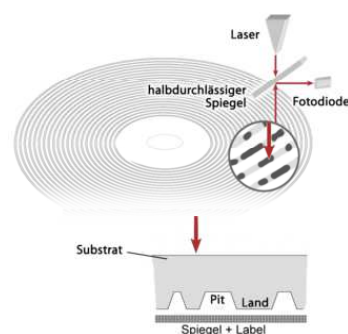
Optisches Speicherverfahren

Aufbau:

- Träger: Durchsichtige Kunststoffscheibe (Polycarbonat) mit mikrometerkleinen Vertiefungen (**Pits**) und Zwischenräumen (**Lands**), die zu einer langen, spiralförmigen Spur angeordnet sind.
- Beschichtung: Die Oberfläche wird mit einem dünnen Aluminiumfilm bedampft und durch einen Lacküberzug geschützt.



Funktion:



Die CD wird (im Bild von oben) mit einem Laserstrahl kontinuierlich abgetastet. Der halbdurchlässige Spiegel lässt den Strahl auf seinem Weg zur CD durch. Dort wird er von einem Land oder einem Pit reflektiert. Auf dem Weg zurück wird er nun über den halbdurchlässigen Spiegel auf eine Fotodiode gespiegelt. Wenn der Laserstrahl von einem Pit reflektiert wurde, so überlagert sich das hin- und rücklaufende Licht derart, dass sich die Lichtwellen nahezu gegenseitig aufheben, man spricht von **destruktiver Interferenz**. Es fällt dann kaum Licht auf die Fotodiode. Kam der reflektierte Laserstrahl von einem Land, führt die Überlagerung von hin- und rücklaufendem Licht stattdessen zu **konstruktiver Interferenz**, hierbei wird die Lichtintensität erhöht.

Je nach dem, ob der Laserstrahl von einem Land oder einem Pit reflektiert wurde, wird folglich die Fotodiode beleuchtet oder nicht. Eine beleuchtete Fotodiode wird leitfähig; bei einer angeschlossenen Spannung kommt im Gegensatz zur unbeleuchteten Fotodiode folglich ein Strom zum Fließen, der als Bit der Wertigkeit 0 interpretiert wird. Aus dem so ausgelesene Datenstrom werden über ein spezielles Decodierungsverfahren die eigentlichen Daten gewonnen.

→ Speicherung in Lands und Pits

Elektronisches (chipbasiertes) Speicherverfahren

Unter einem Chip versteht man in der **Mikroelektronik** den (Halbleiter-) Träger integrierter Schaltkreise (Schaltung mit elektronischen Bauteilen und Verdrahtung). Bei den Speicherchips unterscheidet man zwischen flüchtigen (RAM) und nicht flüchtigen Speichern (ROM und Flash).

Funktion:

Die **Speicherzellen** von RAM-Speichern beruhen im Wesentlichen auf Schaltungen aus zwei gegenseitig rückgekoppelten Transistoren (**Flipflops**). Ob in einer solchen Schaltung eine 1 oder eine 0 gespeichert ist, lässt sich über einen kurzen Setz- oder Rücksetzimpuls festlegen. Bei ausgeschalteter Betriebsspannung gehen diese Informationen jedoch verloren.

Bei Flashspeichern werden Einsen in Form von elektrischen Ladungen auf speziellen Transistoren gespeichert. Auch beim Abschalten der Betriebsspannung bleiben diese Ladungen erhalten. Das Ausräumen dieser Ladungen kann i.A. nur blockweise erfolgen.

Virtueller Speicher

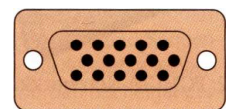
Festplatten können vom Prozessor als **Auslagerungsspeicher** benutzt werden, wenn der Arbeitsspeicher des Computers zur Bearbeitung einer Aufgabe nicht ausreicht.

Der reservierte Bereich der Festplatte wird – solange notwendig – vom Prozessor wie eine Arbeitsspeicher-Erweiterung angesehen, aufgrund der vergleichsweise langen Zugriffszeiten allerdings unter erheblichen Performance-Einbußen.

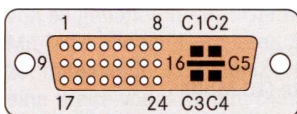
7. Grafikkarten

Für die Aufbereitung und Ausgabe der Bildschirmsignale ist die **Grafikkarte** zuständig. Um Hauptprozessor und Hauptspeicher zu entlasten, befinden sich auf der Grafikkarte ein **Grafikprozessor** und eigener **Videospeicher**.

Ein herkömmlicher Röhrenmonitor erfordert analoge Signale, die über einen 15 poligen **VGA (Video Graphics Array)**-Anschluss geliefert werden. Hierzu müssen die digitalen Signale der Rechnerseite mit Hilfe eines **Digital-Analog-Wandlers (DA Converter)** in analoge Signale umgewandelt werden. Über die 15 Pins des VGA-Anschlusses werden die drei Farbsignale Rot, Grün und Blau (samt zugehöriger Masseleitungen je 2 Pins) sowie verschiedene Synchronisations- und Steuersignale übertragen.



VGA-Anschluss



DVI-I Dual Link:

(integrated = analog und digital)

TFT-Displays lassen sich über einen **DVI (Digital Visual Interface)**-Anschluss auch direkt digital ansteuern. Die gängigste Variante ist der DVI-I Dual Link. Mit ihm werden über 24 Pins die digitalen Daten sowie **Synchronisations- und Steuersignale** übertragen. Des Weiteren stehen 5 Pins zur zusätzlichen analogen Übertragung zur Verfügung.

Die kleinere, etwas günstigere, DVI-I Single Link-Variante besitzt lediglich 18 Pins für digitale Daten, mit der Dual-Link-Variante sind allerdings höhere Bildschirmauflösungen erreichbar.

Die „abgespeckten“ DVI-Varianten DVI-D (Dual Link und Single Link) bzw. DVI-A dienen jeweils ausschließlich zur Übertragung digitaler respektive analoger Signale.

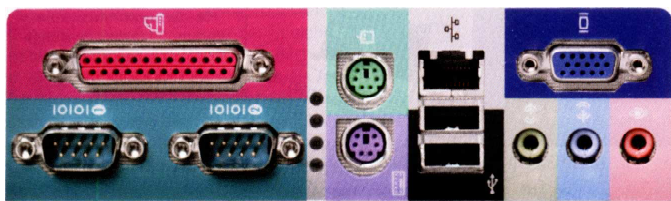
Als Weiterentwicklung der DVI-Schnittstelle unterstützt der **HDMI (High Definition Multi Media Interface)**-Anschluss neben digitalen Videodaten auch digitale Audiodaten sowie die Anwendung digitaler Kopierschutzsysteme.



HDMI-Buchse

8. I/O-Schnittstellen

Zum Anschluss von Peripheriegeräten an den Rechner werden sogenannte **I/O-Schnittstellen** (Input/Output) benötigt. Diese sind auf dem **I/O-Backpanel** des Rechners angeordnet.



Klassisches Backpanel



Komponenten eines modernen Backpanels

Die Schnittstellen werden ständig weiterentwickelt um immer mehr Daten in immer kürzerer Zeit über immer kleinere Anschlüsse und Leitungen übertragen zu können. So wandelt sich das Aussehen des I/O-Backpanels ständig. Neue Anschlüsse erscheinen und veraltete verschwinden nach und nach.

Es wird zwischen **parallelen** und **seriellen Schnittstellen** unterschieden. Bei parallelen Schnittstellen wird für jede übertragende Binärstelle eines Datenwortes ein digitales Signal benötigt. Bei seriellen Schnittstellen werden die Binärstellen nacheinander über ein einziges digitales Signal als Impulsfolge übertragen.

Eine weitere wichtige Unterscheidung liegt in der Richtung der Datenübertragung. Bei **unidirektionalen** Schnittstellen werden Daten nur in eine Richtung und niemals in die andere übertragen. Bei **birektionalen** Schnittstellen kann die Übertragungsrichtung wechseln.

Schnittstellen des I/O-Backpanels :

		unidirektional	bidirektional	seriell	parallel	Verwendung
①, ②	PS/2 (Personal System/2)	X		X		Eingabegeräte z.B. Maus, Tastatur
④, ⑤	COM (Communication Port)		X	X		Allgemeine Kommunikationsgeräte z.B. Modem
⑩	LPT (Line Printer o. Local ~)		X		X	unterschiedliche Peripheriegeräte, hauptsächlich Drucker
③	USB (Universal Serial Bus)		X	X		prinzipiell bis zu 127 Geräten an einem Anschluss z.B. Maus, Drucker, Scanner, Webcam, Digitalkamera, Joystick

*: Die Nummern beziehen sich auf das klassische Backpanel des zugehörigen Arbeitsblattes

Je nach Motherboard finden sich auch folgende Anschlüsse:

- ⑪ RJ-45 (Netzwerk-Anschluss) / nur bei Mainboards mit LAN-on-board (Local Area Network) zur Integration des Rechners in ein Netzwerk
- ⑥ Spk out, ⑦ Line in, ⑧ Mic in (Speaker, Line, Microphone) / nur bei Mainboards mit sound-on-board zur Ein- und Ausgabe von Tonsignalen
- ⑨ VGA (Video Graphics Array) / nur bei Mainboards mit graphics-on-board zum Anschluss eines analogen Monitors

Ist einer der Anschlüsse nicht vorhanden, muss um die entsprechende Funktionalität nutzen zu können, eine entsprechende **Steckkarte** in den Computer eingebaut werden.

9. Peripheriegeräte

Peripheriegeräte lassen sich nach unterschiedlichen Kriterien kategorisieren. Anfolgend findet sich eine tabellarische Kategorisierung nach **Eingabe-** bzw. **Ausgabebene** sowie eine graphische Kategorisierung nach der zuständigen Hardwareschnittstelle.

Eingabe	Befehle und Zeichen	Grafik	Tonsignale	Bildsignale
	- Tastatur - Maus / Trackball - Barcode-Scanner - Spielsteuerung - Gamepad / Joystick	- Scanner - Grafiktablett	- Mikrophon - MIDI-Keybord	- Webcam

Ausgabe	Bildsignale	Tonsignale	Papier
	- Monitor - Flatscreen - Beamer	- Lautsprecher - Kopfhörer	- Plotter - Drucker - Nadel~ - Tintenstrahl~ - Laser~

Ein- /Ausgabe	Befehle	Bildsignale	Tonsignale	Speichergeräte
	- Spielsteuerung mit Kraft-rückmeldung (Force Feedback)	- Touchscreen (Bildsignale und Befehle) - Digitalkamera	- Headset - Modem	- externe Festplatte - USB-Stick - Speicherkartenlesegerät

