


# 5 Eingabe- und Ausgabetechnik bei Rechnersystemen

- 5.1 Architektur von Ein-/Ausgabesystemen 
- 5.2 Geräte zur Texteingabe
- 5.3 Zeigegeräte
- 5.4 Grafikkarten
- 5.5 Anzeigegeräte
- 5.6 Drucker

## Literatur:

H.-P. Messmer, K. Dembowski, PC-Hardwarebuch, 7. Auflage, Addison-Wesley 2003 (Kap. 17)

# Hardware-Evolution

Beispiel Standard-PC-Architektur  
Erster Standard-PC (IBM, 1981):

- Prozessor Intel 8088, 4.77 MHz
- Hauptspeicher 16 KB – 64 KB
- Grafikkarte monochrom
- Reine Textanzeige  
(25 Zeilen zu 80 Zeichen)
- Keine Maus

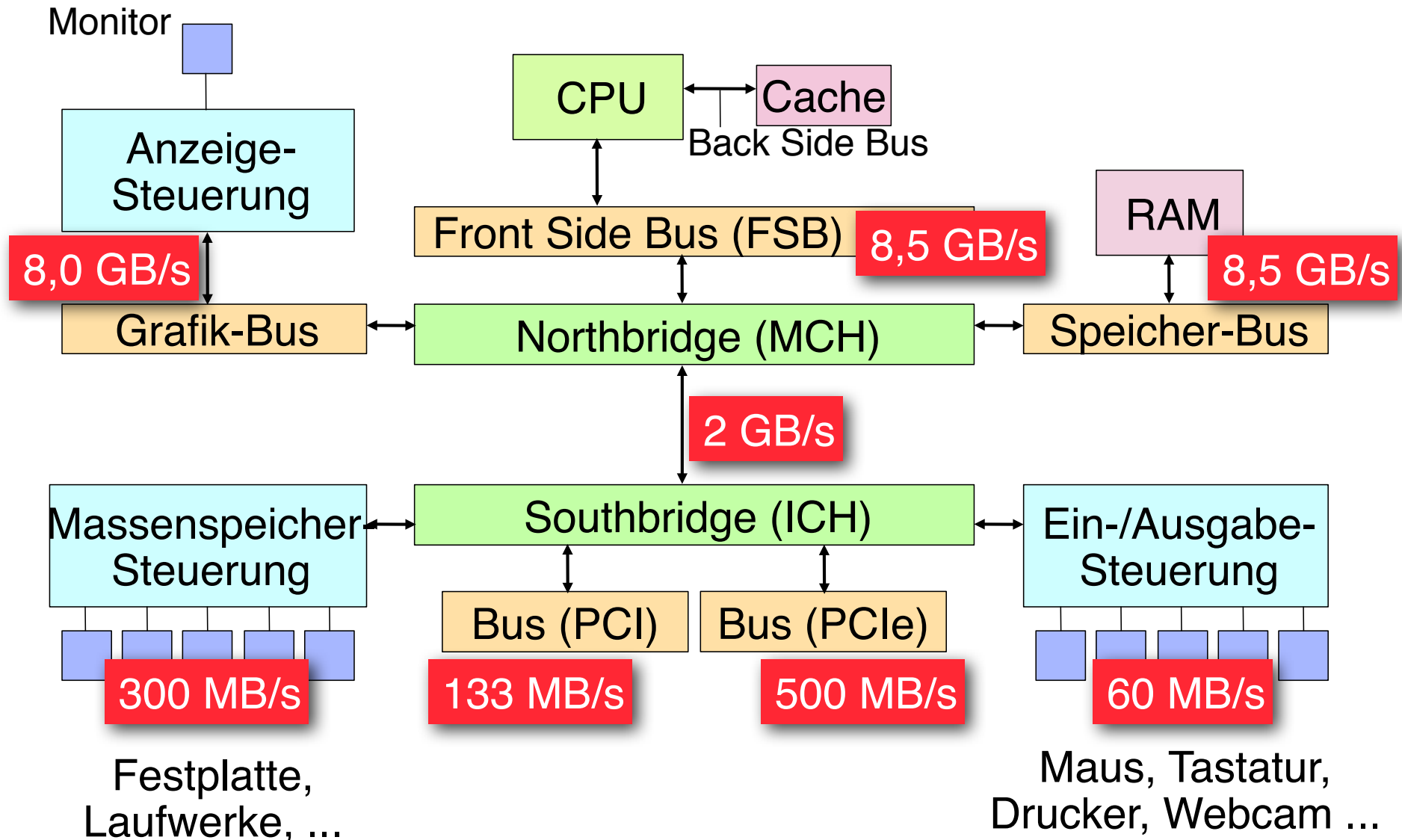
Heute (2010) gängig:

- Prozessoren mit bis zu 3,8 GHz Takt
- mehrere Rechenkerne pro Prozessor
- Hauptspeicher 2 - 8 GB
- Grafikkarten mit 16 Mio. Farben,  
2D- und 3D-Grafikbeschleunigung,  
Grafikspeicher 2-5 GB
- Maus mit Scrollrad, Touchscreen
- Surround-Sound
- Universelle Peripherie-Schnittstellen (USB)



Quelle: Wikimedia

# PC-Architektur und Busgeschwindigkeiten



# Integration von Ein-/Ausgabe im Betriebssystem

Zwei prinzipielle Alternativen zur Überwachung und Aufnahme von Benutzereingaben:

"Polling": Regelmässiges Abfragen der Signale des externen Geräts

- Hohe Auslastung der CPU

- Nur sinnvoll bei schnell und laufend veränderlichen Informationen

- z.B. Mausbewegung

"Interrupt": Unterbrechung der aktuellen Berechnung


- Hardware-Mechanismus zur vorrangigen Behandlung durch das Betriebssystem

- Bei einem Signal am Interrupt-Pin des Prozessors springt dieser an eine bestimmte Speicheradresse, an der der Interrupt-Handler liegt.

- Sinnvoll vor allem bei unvorhersehbaren und vergleichsweise seltenen Eingabeereignissen

- z.B. Mausklick, Tastatureingabe

# 5 Eingabe- und Ausgabetechnik bei Rechnersystemen

- 5.1 Architektur von Ein-/Ausgabesystemen
- 5.2 Geräte zur Texteingabe 
- 5.3 Zeigegeräte
- 5.4 Grafikkarten
- 5.5 Anzeigegeräte
- 5.6 Drucker

## Literatur:

H.-P. Messmer, K. Dembowski, PC-Hardwarebuch, 7. Auflage, Addison-Wesley 2003 (Kap. 17)

# Texteingabe: Geschichte

Eingabe von Text für den Betrieb von Rechenanlagen

Daten und Programme sind Zeichenfolgen

Dominierende Eingabegeräte bis ca. 1970:

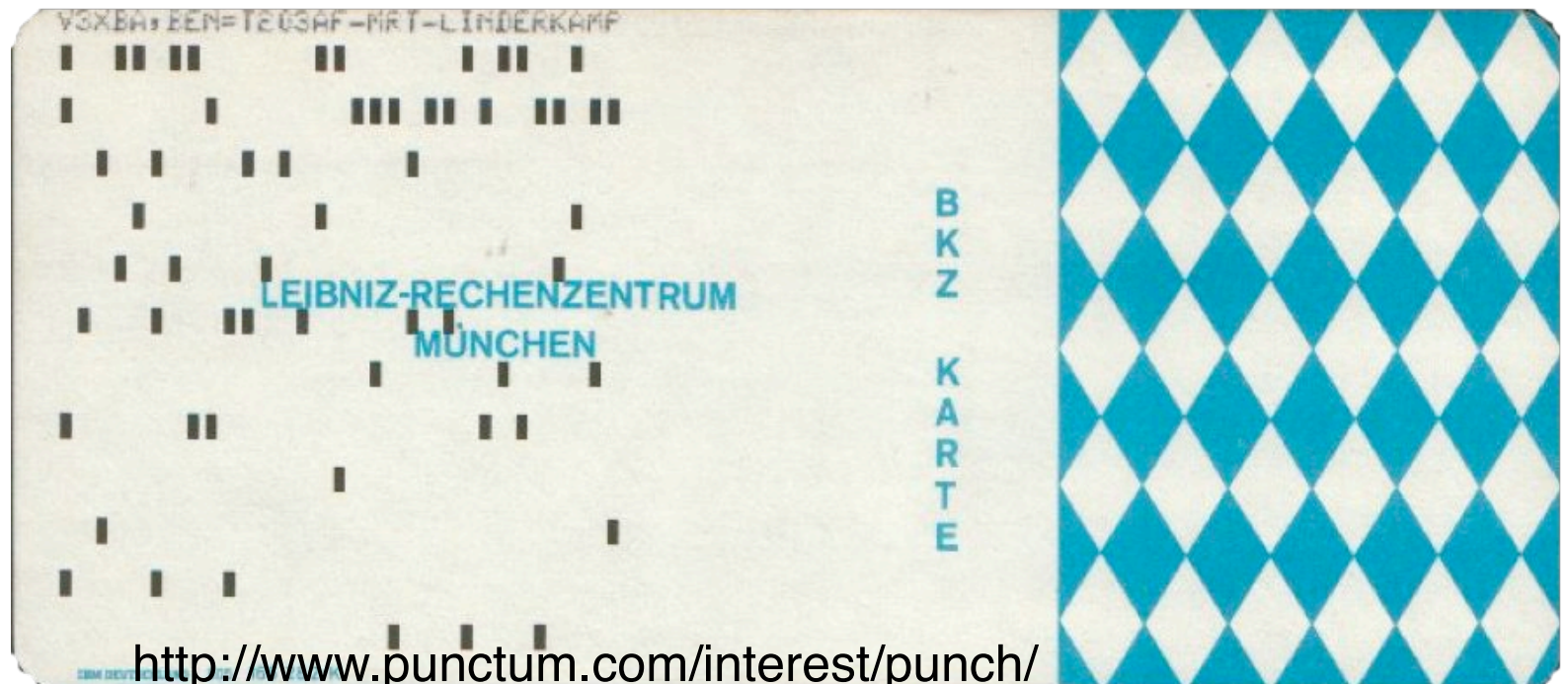
Lochstreifen

Lochkarten

1 Karte entspricht einer Textzeile

Karte (entspricht) Zeile) hat 80 Spalten

Lochung in den Spalten codiert Zeichen



# Heutige Tastatur (aufgeschraubt)

Große Leiterplatte mit Kontaktpaaren

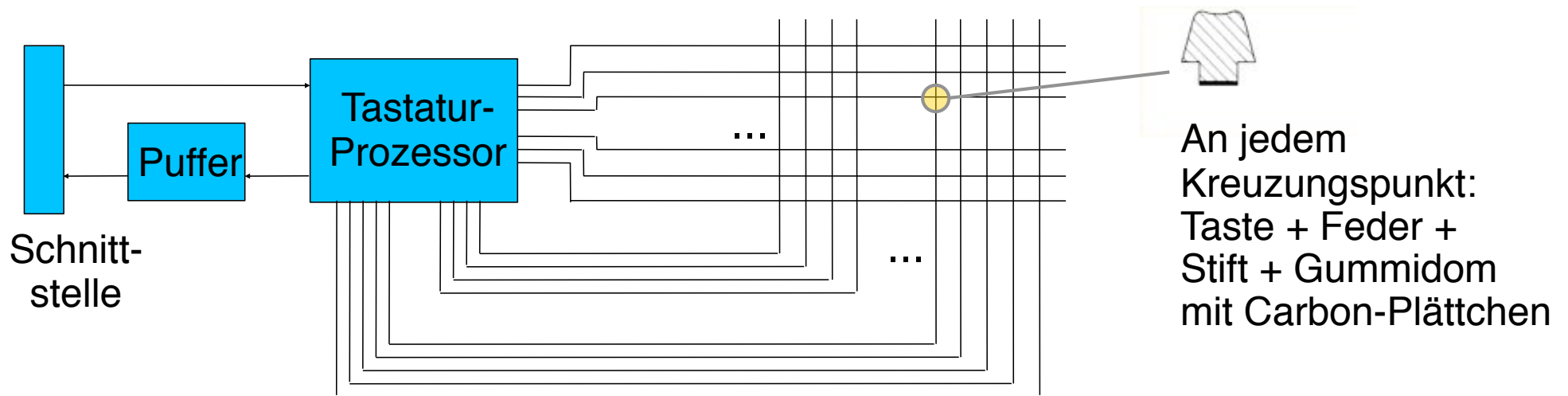
Darüber Gummimatte mit kleinen Domen und leitenden Carbonplättchen

Darüber Tasten mit Federn und Stiften, die die Dome herunterdrücken (Druckpunkt) und damit das jeweilige Kontaktpaar kurzschließen

Bilder: [www.howstuffworks.com](http://www.howstuffworks.com)



# Tastatur: Grundsätzlicher Aufbau



## Scan-Matrix

Zweidimensionales Array von  
Kontaktpaaren

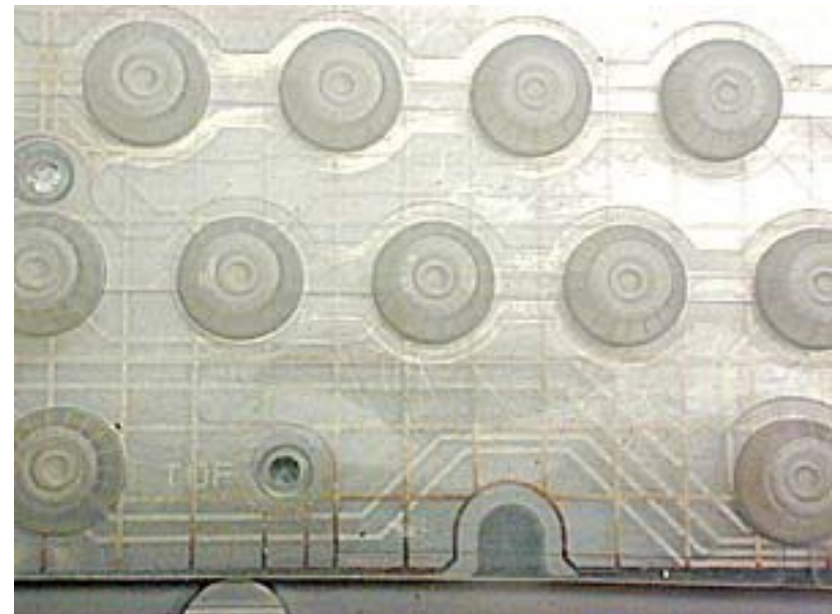
## Tastaturprozessor:

testet laufend aktuellen Zustand

spaltenweise Spannung  
anlegen und dann Widerstand  
zu Zeilen prüfen

Ermittelt Tastaturcode

Sendet Datenstrom zur Schnittstelle



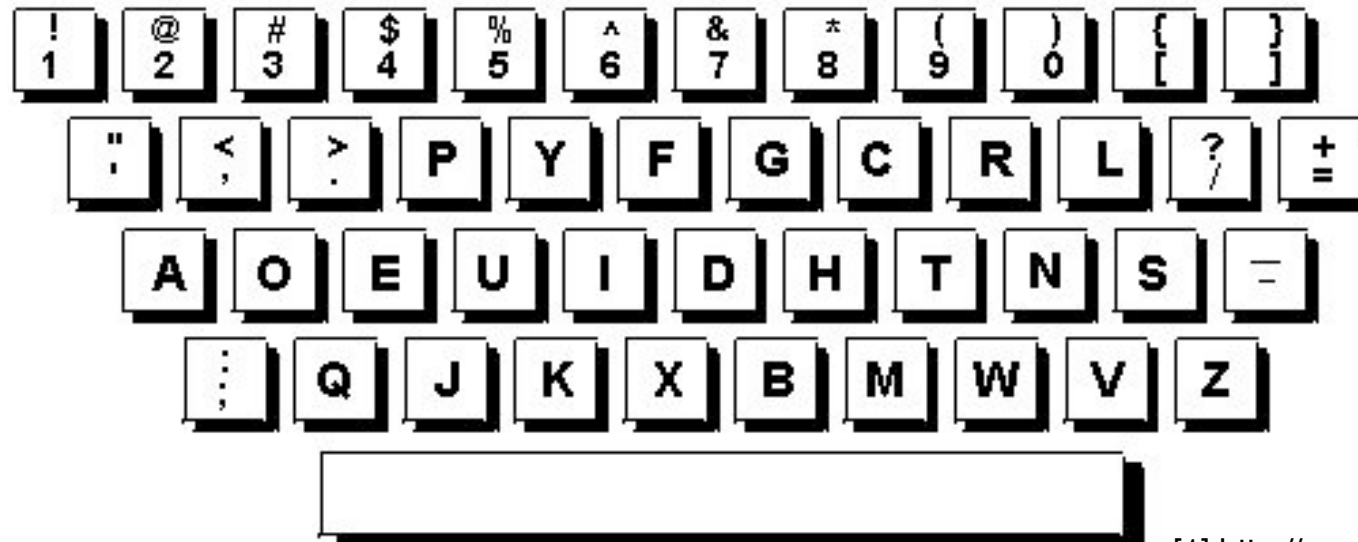


# Dvorak-Tastatur

QWERTY-Layout trägt mechanischer Konstruktion der Schreibmaschine Rechnung


Ergonomischeres Tastatur-Layout:

- Dr. Dvorak (Univ. of Washington, Seattle; 1894-1975)
- Basiert auf ausführlichen wissenschaftlichen Untersuchungen
- Angeblich dem "QWERTY"-Layout (zumindest für Englisch) überlegen
- Allerdings: maßgebliche Studien von Dvorak selbst durchgeführt, ungleiche Testbedingungen [1]
- Alternative Treiber für verschiedene Betriebssysteme verfügbar



[1] <http://www.reason.com/news/show/29944.html>

# 5 Eingabe- und Ausgabetechnik bei Rechnersystemen

- 5.1 Architektur von Ein-/Ausgabesystemen
- 5.2 Geräte zur Texteingabe
- 5.3 Zeigegeräte 
- 5.4 Grafikkarten
- 5.5 Anzeigegeräte
- 5.6 Drucker

Literatur:

Henning Abschnitt 7.1

# Manuelle Zeigegeräte

Manuelle Zeigegeräte ermöglichen die Festlegung von Punkten und Richtungen, allgemeiner also von Vektoren.

Zweidimensionale Eingabe

Dreidimensionale Eingabe (siehe etwas später)

Klassifikationen:

– *direkt* oder *indirekt*:

Integration mit Darstellung oder abgesetztes Gerät  
(Beispiele: Touchscreen = direkt, Maus = indirekt)

– *diskret* oder *kontinuierlich*

(Beispiele: Touchscreen-Zeigefelder = diskret,  
Maus = kontinuierlich)

– *absolute* oder *relative* Positionierung (relativ zur Vorgängerposition)

(Beispiele: Touchscreen = absolut, Maus = relativ)

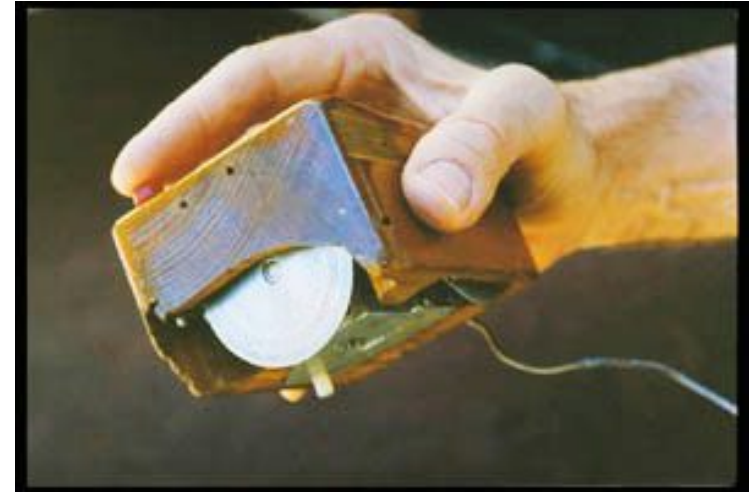
# Maus (1)

## Bekanntestes Zeigegerät

Entwickelt von Doug Engelbart 1964,  
1973 eingesetzt im Xerox "Alto"-System

Auflösung typisch 100...300 Impulse/cm  
(bzw. 250...800 cpi, *counts per inch*)

Klassifikation: indirekt, kontinuierlich,  
relative Positionierung



Quelle: Wikimedia

## Prinzip:

Bewegung der Maus in x- und y-Richtung wird durch Sensoren ermittelt und von Treibersoftware ausgewertet

Meist Darstellung einer aktuellen Position als Mauszeiger (*cursor*) auf dem Bildschirm

Maus kann ihre absolute Position nicht mitteilen

Bewegung der Maus meist klein im Vergleich zur Auslenkung des Mauszeigers auf dem Bildschirm

Geschwindigkeit des Cursors individuell einstellbar

"ballistische" Steuerung: Cursor bewegt sich bei schnellen Bewegungen überproportional schnell

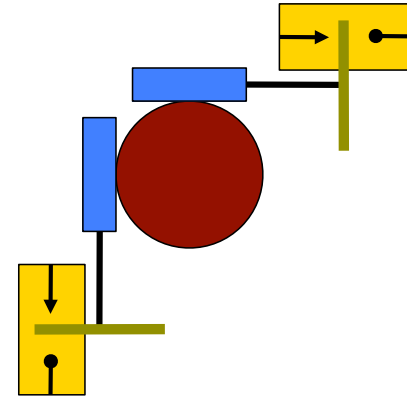
# Maus (2)

## Mechanische Maus:

Kugel nimmt Bewegung auf und überträgt x- und y-Komponente auf Drehwalzen

Drehung der Walzen durch Lochscheiben und Lichtschranken in digitales Signal umgewandelt

Je Scheibe *zwei* Lichtschranken: ermöglicht die Bestimmung der Drehrichtung



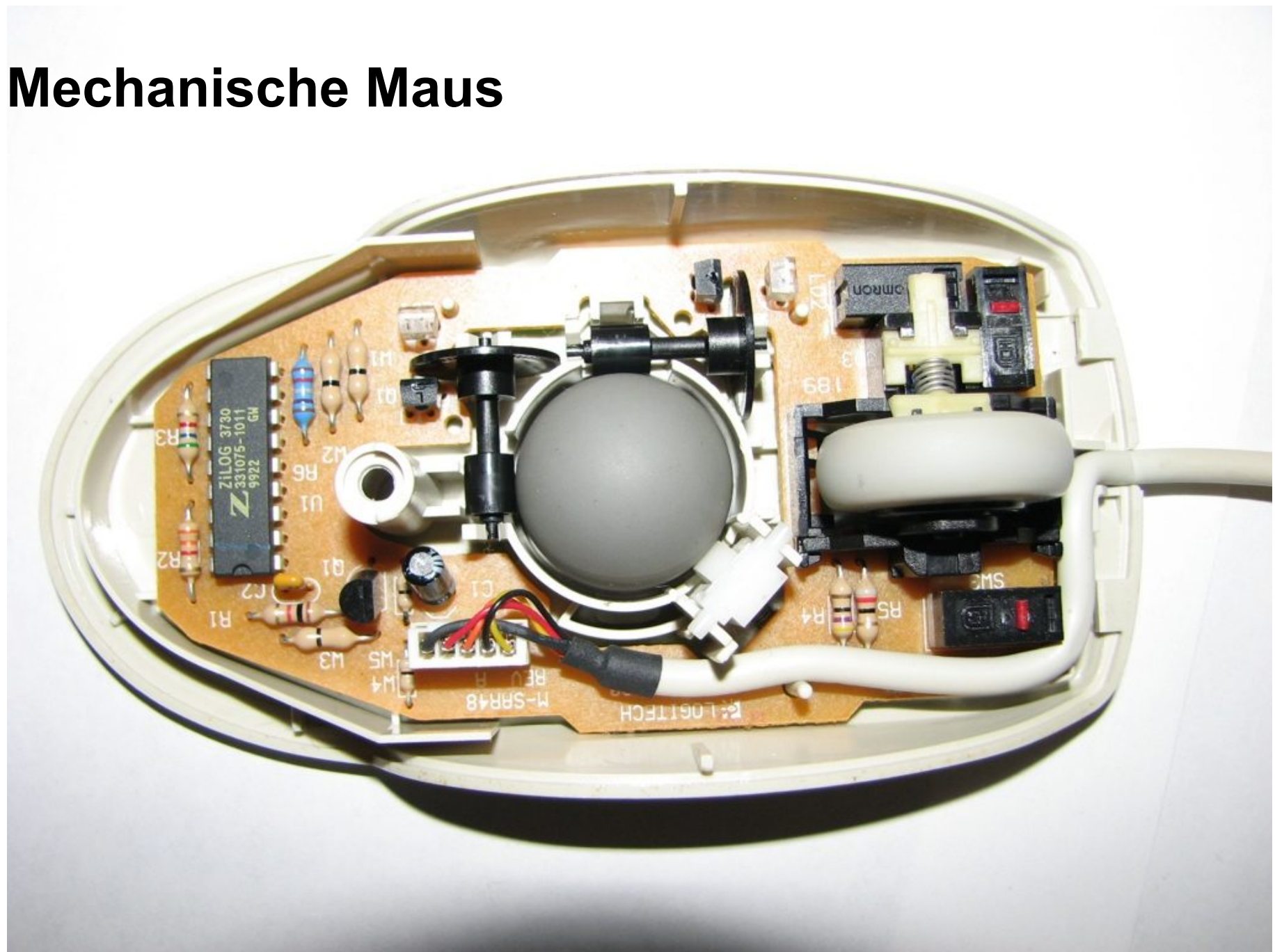
- Optische Maus:

- Kommt ohne Kugel aus – geringeres Verschmutzungsproblem

- Ältere Modelle: Spezielle Unterlage (horizontale/ vertikale Striche) wird beleuchtet und Reflexlicht mit Fotosensoren ausgewertet

- Neuere Modelle: Arbeiten mit beliebiger Unterlage (Bildverarbeitungstechnologie)

# Mechanische Maus



Logitech M-S 48, Quelle Wikipedia

# Touchpad

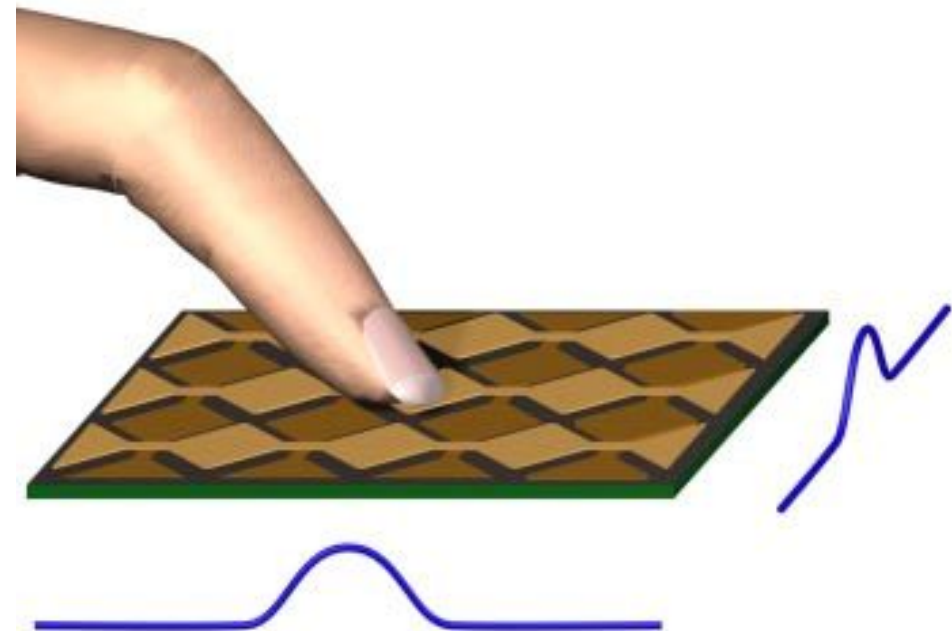
Rechteckige berührungsempfindliche Fläche (z.B. 6 x 8 cm)

Bewegung des Cursors durch Fingerbewegungen beschrieben

Anwendung sehr ähnlich zu Maus

Klassifikation: indirekt, kontinuierlich, relative Positionierung

- Funktionsprinzip:
  - Zweidimensionales Elektrodenraster, bildet Array von Kondensatoren
  - Annäherung eines elektrisch leitfähigen Gegenstands (bzw. des Fingers) verändert die Kapazität
  - Auflösung bis zu 1000 cpi



Quelle: [www.synaptics.com](http://www.synaptics.com)

# Grafiktablett

Position eines (kabellosen) Griffels oder einer Lupe auf einer speziellen rechteckigen Arbeitsfläche wird 200- bis 500mal je Sekunde gemessen



Klassifikation: indirekt, kontinuierlich, *absolute* Positionierung

Techniken zur Positionsbestimmung:

Über Magnetfelder (Standard)

Elektrischer Widerstand oder Kapazität in Leitermatrix

Per Ultraschall (*tracking*)

Auflösung bis zu 1000 Linien/cm (2500 cpi)

Hohe Präzision

Sichere absolute Positionierung

Anwendung:

bei manuellen Zeichenvorgängen mit hoher Genauigkeitsanforderung

zur manuellen Digitalisierung von (Papier-)Vorlagen

„3D-Grafiktablett“: Zusätzliches Messen von Höhe oder Druck am Stift



# 3D-Zeigegeräte

Interaktion im dreidimensionalen Raum

Problem: Betriebssysteme limitiert auf 2D

Integration mit spezieller Software (z.B. 3D-Modellierung)

Mapping auf zwei Dimensionen

Gestenerkennung

Beispiele:

Sensable Phantom

3D-Eingabegerät mit haptischem Feedback

begrenzter Interaktionsraum

meist mit Spezialanwendungen verwendet

Nintendo Wii Remote

2D-Tracking über eingebaute Kamera

Beschleunigungssensoren erkennen 3D-Gesten

Oblong Industries G-Speak (2008)


“3D-Betriebssystem”

Handschuhe mit IR-Leds werden von mehreren Kameras getrackt

Gestenerkennung und 3D-Interaktion



# 5 Eingabe- und Ausgabetechnik bei Rechnersystemen

- 5.1 Architektur von Ein-/Ausgabesystemen
- 5.2 Geräte zur Texteingabe
- 5.3 Zeigegeräte
- 5.4 Grafikkarten 
- 5.5 Anzeigegeräte
- 5.6 Drucker

# Grafikkarten

Grafikkarte wandelt von der CPU berechnete Informationen in eine Form um, die von Monitoren darstellbar ist.

Moderne Grafikkarten enthalten spezialisierte Prozessoren, die die CPU von aufwändigen numerischen Berechnungen entlasten.

Intel Core i7: 731 Mio. Transistoren

Nvidia GeForce GTX 480: ca. 3 Mrd. Transistoren

Low-Level Software-Schnittstellen direkt zur Grafikkarte, vor allem für 3D-Funktionen:

DirectX (Microsoft)

OpenGL (plattformübergreifend)

OpenCL  
für generische  
Berechnungen

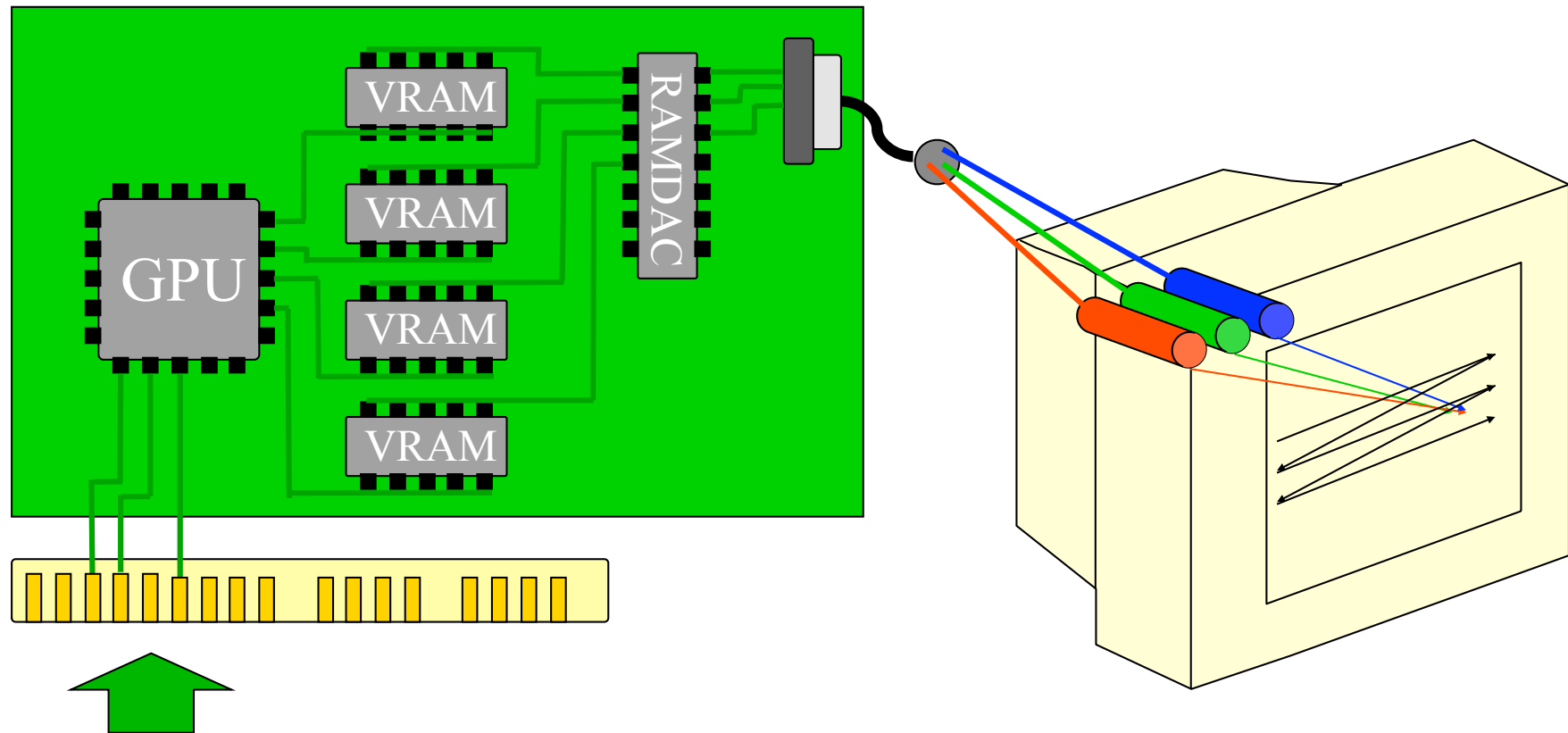


# Aufbau einer Grafikkarte

RAMDAC: RAM Digital to Analog Converter

VRAM: Video RAM (gleichzeitig beschreibbar und lesbar)

GPU: Graphics Processor Unit



Zeichenbefehle von der CPU

Abb.: Milena Velikova

# Grafik-Speicher

## Bildwiederholtspeicher (*frame buffer*):

Speicher, aus dem der RAMDAC das anzuzeigende Bild auslesen kann  
Notwendige Grösse ergibt sich aus Bildgrösse (Auflösung) und Farbtiefe  
z.B. bei Auflösung 1024 x 768 pixel mit 256 Farben (8 Bit/pixel):  
768 kB

## Texturspeicher (*texture buffer*):

Speichert darzustellende Texturen  
Speicher auf Grafikkarte u.U. bei komplexen Szenen nicht ausreichend,  
deshalb "virtueller Texturspeicher" (Ausweichen auf normales RAM)

## Z-Puffer (*z buffer*):

bei dreidimensionalen Darstellungen relevant  
Speichert den aktuellen z-Achsen-Wert (Tiefe) für das "am weitesten  
vorne" liegende Objekt eines Pixels, um effizient Verdeckungseffekte  
ausnutzen zu können

# Grafikstandards: historisch

## **MDA (Monochrome Display Adapter):**

- Schwarz/Weiss, 25(Zeilen) x 80(Spalten) Textmodus, Auflösung 720x350

## **CGA (Color Graphics Adapter):**

- 25(Zeilen) x 80(Spalten) Textmodus,
- 320x200 Pixel mit 4 Farben, 640x200 Pixel mit 2 Farben

## **Hercules Graphics Card:**

- Kombination der Lesbarkeit der MDA-Karte und der Grafikfähigkeiten der CGA-Karte mit noch besserer Auflösung

## **EGA (Enhanced Graphics Adapter):**

- abwärtskompatibel und grössere Auflösung

## **VGA (Video Graphics Array):**

- 640x480 Pixel mit 2,4 oder 16 Farben
- 320x200 mit 256 Farben

## **SVGA (Super Video Graphics Array): 800x600**

## **XGA (Extended Graphics Array): 1024x768**

## **WXGA (Wide XGA): 1280x800**

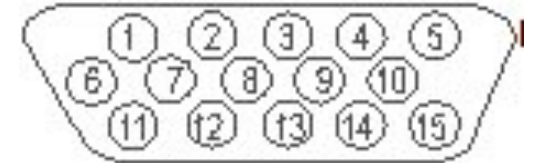
## **HD (High Definition): 1920x1080**

WUXGA, HGC, QVGA, SXGA, WSXGA, UXGA ...

# Digitale und analoge Monitoranschlüsse

## Analoger Monitoranschluss:

Im wesentlichen RGB-Komponenten, Taktsignale  
Verbreitetster Standard: VGA 15 Pin



## Digitaler Monitoranschluss:

Für LC-Displays und andere Digitalmonitore  
Vermeidet "Umweg" über Analogsignal

Verbreiteter Standard: DVI (Digital Visual Interface)

DVI-D: Nur digital

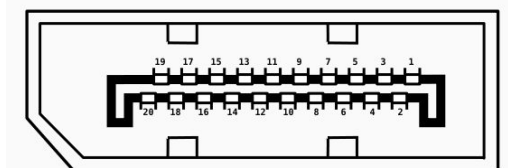
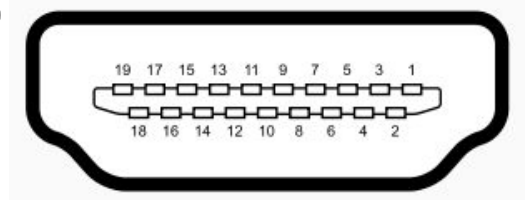
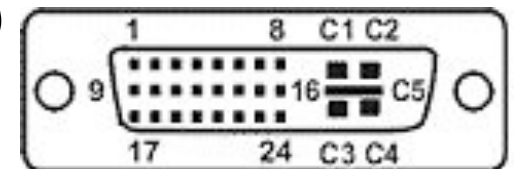
DVI-I: Digital und analog  
(VGA-Signal über einfachen Steckeradapter)

HDMI (High Definition Multimedia Interface)

Signal elektrisch gleich zu DVI

Kopierschutzmechanismus (HDCP)

DisplayPort (zukünftiger Standard)




# 5 Eingabe- und Ausgabetechnik bei Rechnersystemen

5.1 Architektur von Ein-/Ausgabesystemen

5.2 Geräte zur Texteingabe

5.3 Zeigegeräte

5.4 Grafikkarten

5.5 Anzeigegeräte   
Bildschirme, Displays, Beamer

5.6 Drucker



# Kathodenstrahlröhre (*cathode ray tube, CRT*)

Karl Ferdinand Braun 1897

Technologie wie bei  
Röhren-Fernsehgeräten

Vakuum-Glasröhre

Phosphorschicht

glüht bei Erhitzung

drei Zellen (RGB) je Pixel

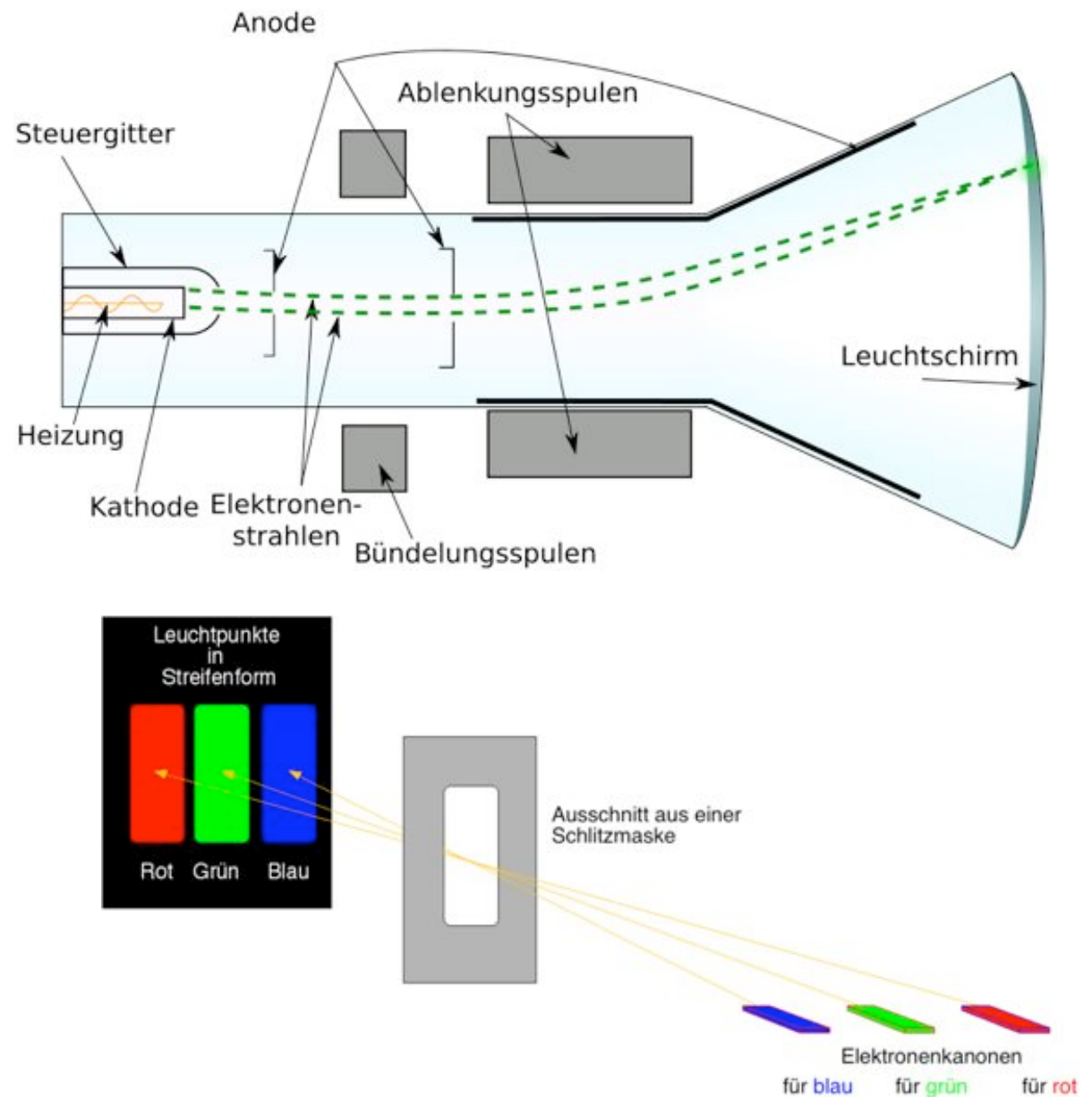
Elektronenstrahlkanonen

3 Strahlen für RGB

Loch- oder Schlitzmaske

für präzise Ausrichtung der  
Strahlen auf die jeweiligen  
Farbelemente

Ablenkungsspulen



# Bildwiederholfrequenz, Interlacing

Bewegungseindruck:

von 25-30 Bildern/s (*frames per second, fps*) aufwärts  
gut ab 50 fps

Zum Zeitpunkt der TV-Einführung:

50 fps technisch nicht realisierbar

Übertragung von 2 verschachtelten Halbbildern mit je 25 bzw. 30 fps:

*Interlacing*

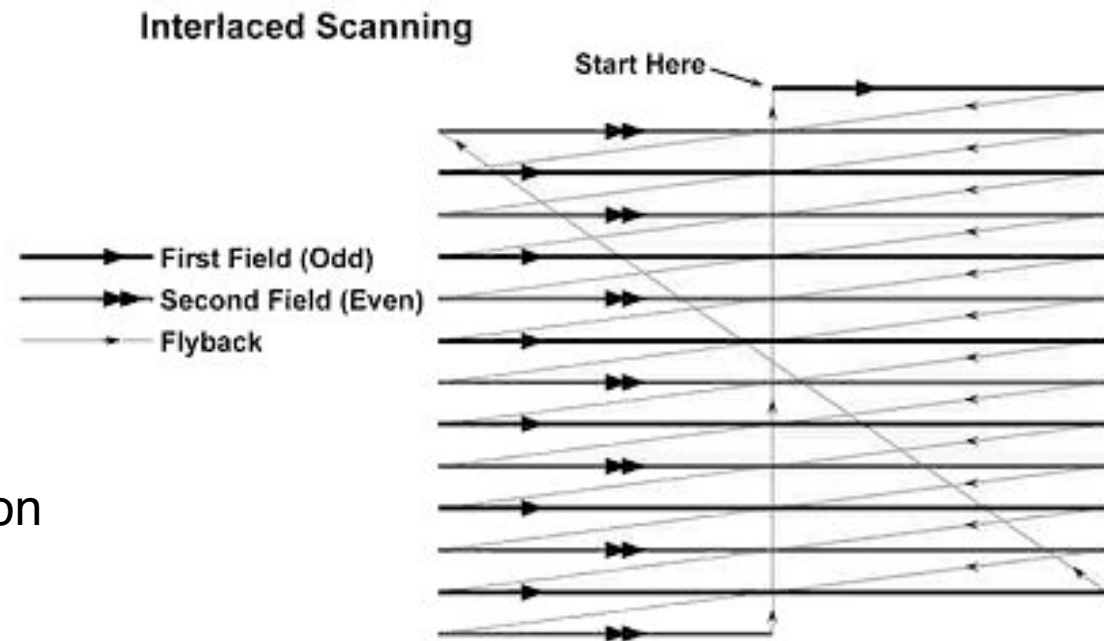
USA: 60 Hz

Europa: 50 Hz

• Computer-Monitore:

– normalerweise  
*non-interlacing*  
*(progressive)*

– Bildwiederholfrequenzen von  
75 Hz aufwärts für  
flimmerfreies Bild



# Anmerkung: De-Interlacing



Interlacing effects have to be filtered from video sources

[www.100fps.com](http://www.100fps.com)

# Liquid Crystal Display (LCD)

Technologie ursprünglich für kleine Anzeigen (seit etwa 1980)

z.B. Uhren, Taschenrechner

Technische Basis für Monitore auf LCD-Basis:

Flüssigkristalle

Polarisationseffekte

Transistor-Aktivmatrix



# Flüssigkristalle

Kristalle:

feste regelmässige Struktur, lichtbrechende Eigenschaften

Reinitzer 1888:

Cholesterinbenzoat hat einen "Zwischen-Aggregatzustand":

fest: Kristallcharakter

"Zwischenzustand": flüssig, dennoch lichtbrechend wie ein Kristall

flüssig: nicht mehr lichtbrechend

Moderne Flüssigkristalle:

Im Bereich üblicher Raumtemperaturen

flüssig

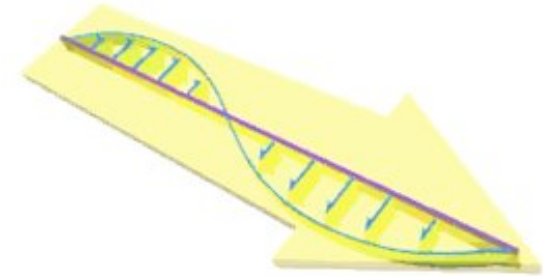
aber mit optischen Eigenschaften wie ein Kristall

Beeinflussbar durch elektromagnetische Felder

# Polarisation

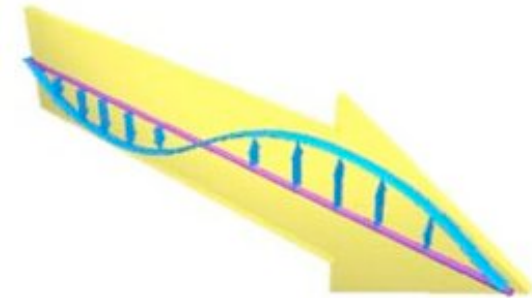
Licht hat (als Welle verstanden)  
Schwingungsebenen

- *Unpolarisiertes* Licht wechselt fortlaufend die Schwingungsebene
- *Polarisiertes* Licht hat nur eine Schwingungsebene

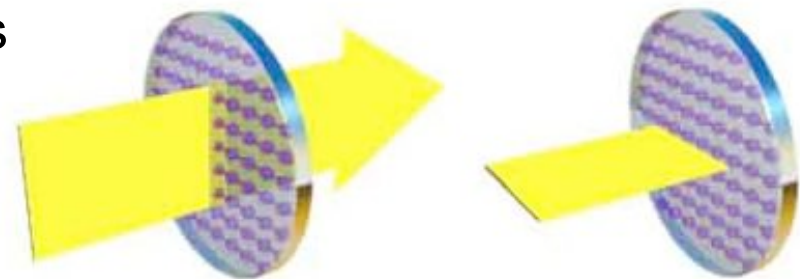


Polarisationsfilter

absorbieren alle Schwingungsebenen aus dem Licht bis auf eine  
liefern als Ergebnis polarisiertes Licht



Flüssigkristalle können als Polarisationsfilter wirken und vor allem die Schwingungsebene polarisierten Lichts verdrehen!



Zum Selberlernen ganz einfach erklärt:  
<http://www.iap.uni-bonn.de/P2K/polarization>

# Prinzip einer Bildschirm-Zelle

Zwei um  $90^\circ$  verdrehte Polarisationsfilter

Blockieren Lichtdurchgang

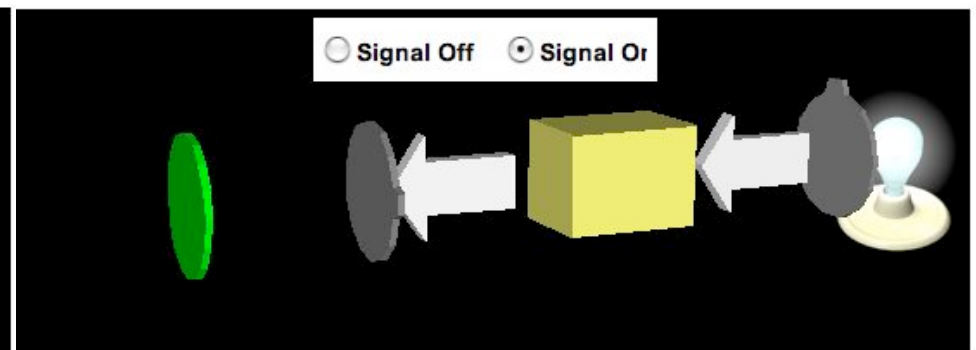
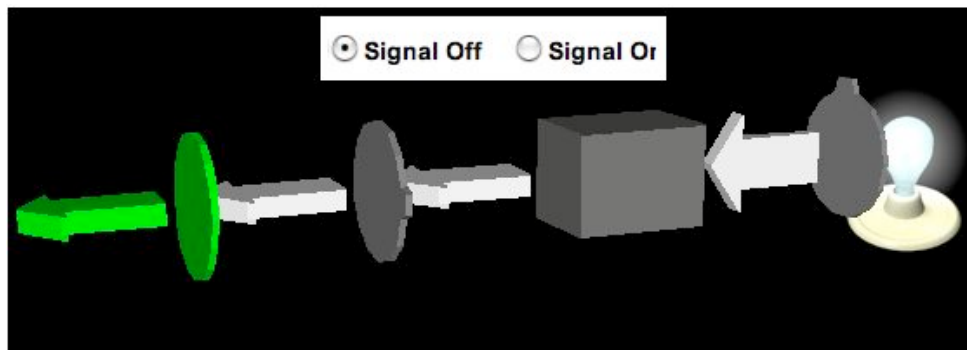
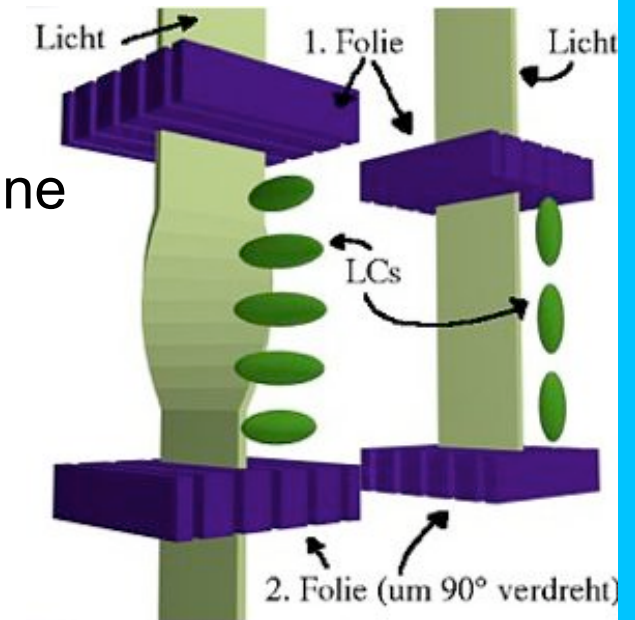
Flüssigkristall-Füllung verdreht Schwingungsebene

Lichtdurchgang ermöglicht

In elektrischem Feld  
richten sich Moleküle im  
Flüssigkristall aus

Verdrehungseffekt  
verschwindet

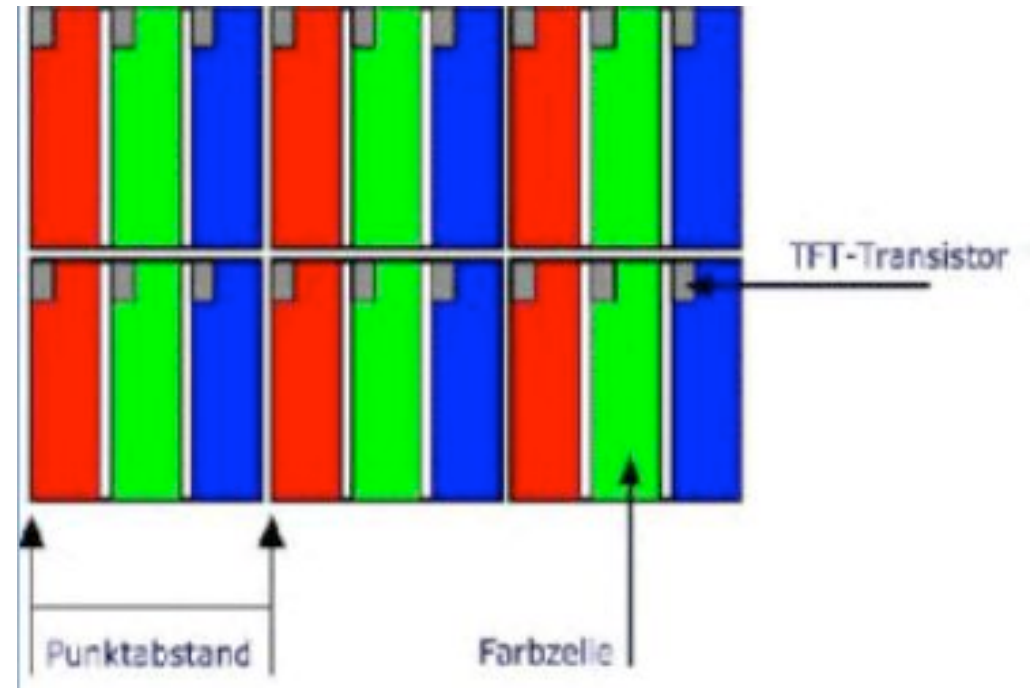
Lichtdurchgang wieder  
blockiert



# Thin Film Transistor (TFT-) Displays

Matrix aus vielen dünnen und durchsichtigen Transistoren  
einzeln ansteuerbar und schaltbar  
je Pixel 3 Transistoren (RGB)  
3 verschiedene Farbfilter auf Oberfläche des Monitors

Extrem hohe Anforderungen an den Fertigungsprozess  
für 21-Zoll-Monitor: 5,7 Millionen Transistoren





# Plasma-Display

## Prinzip:

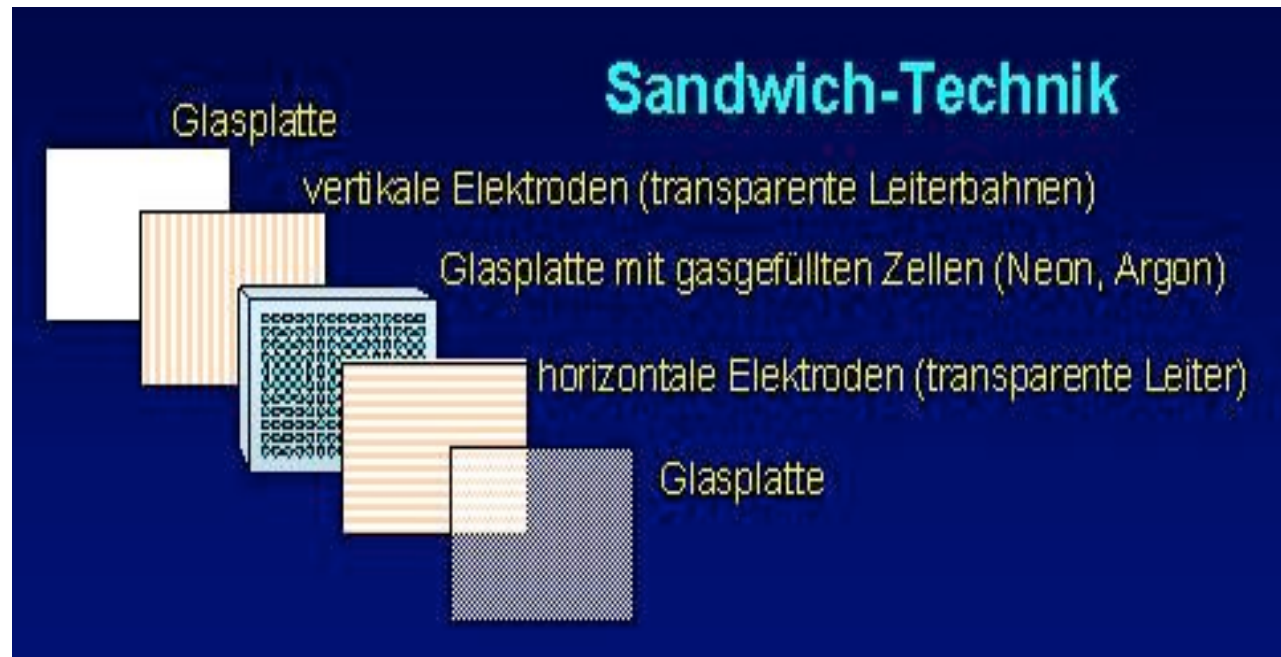
Glasplatte mit vielen (hunderttausenden) kleinen Löchern  
Jedes Loch stellt eine miniaturisierte Leuchtstoffröhre dar

## Vorteile:

Hohe Lichtstärke, grosser Betrachtungswinkel

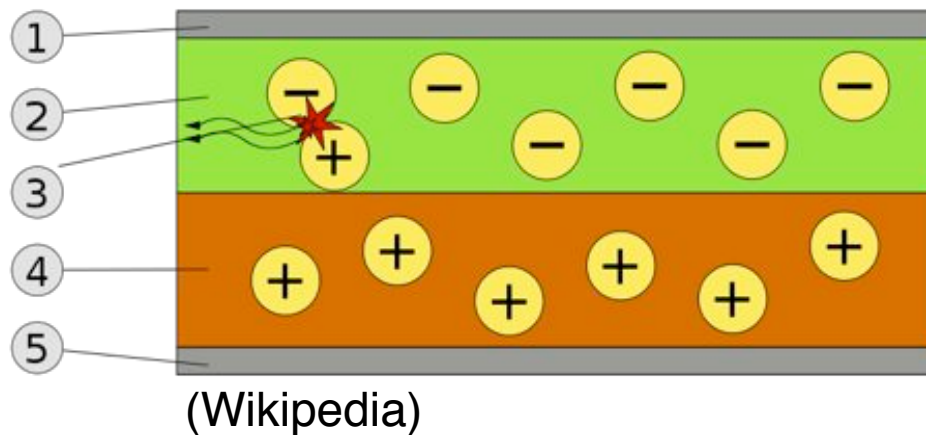
## Nachteile:

sehr hohe Leistungsaufnahme, hohes Gewicht, begrenzte Lebensdauer,  
hoher Preis



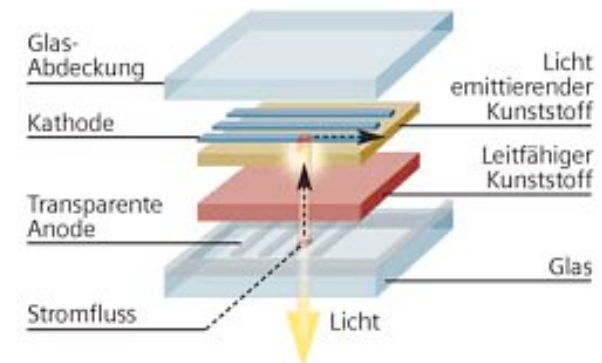
# Organic Light Emitting Diode (OLED)

Besteht aus organischen (kohlenstoffhaltigen) Halbleitern  
Selbstleuchtend, auch als Lichtquelle  
Dünnere Film, flexibel, potentiell druckbar  
Sehr geringer Energieverbrauch



- 1: Kathode
- 2: Emitterschicht
- 3: Rekombination/  
Emission
- 4: Lochleitungs-  
schicht
- 5: Anode

Form der leuchtenden Fläche:  
feste Form oder Leitermatrix



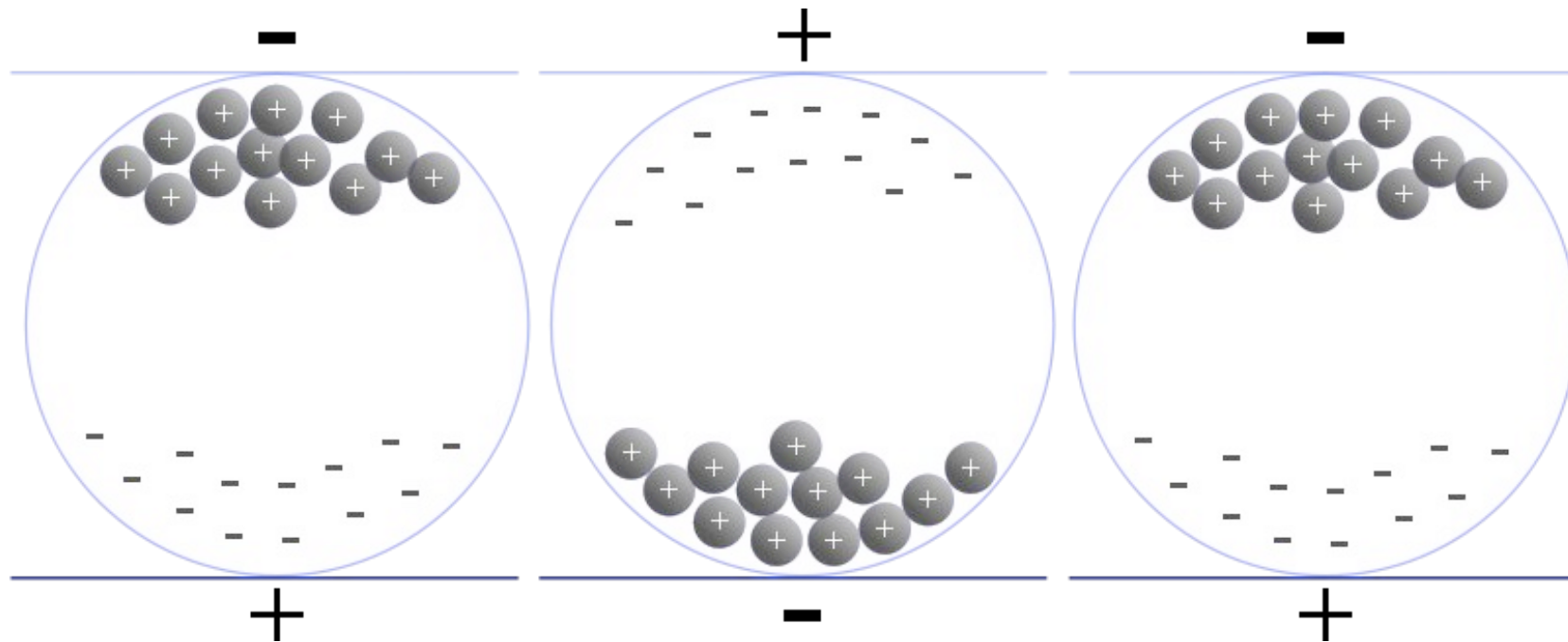
it)

# Elektrophoretische Displays (E-Ink)

Grundprinzip: Wanderung von Farbpartikeln in einer Flüssigkeit

Relativ langsam, kaum lokal änderbar, derzeit schwarz/weiß

Sehr geringer Energieverbrauch, Bild bleibt ohne Energie erhalten



(Wikipedia)

# "Beamer"

## Technologien zur Datenprojektion:

### LCD-Display

schluckt Licht, schlechte Schwarzwerte

### Digital Mirroring Device (DMD)

früher teure Spezialtechnologie für Grossanlagen

heute auch in Kleinprojektoren (Texas Instruments DLP-Technologie)

### Liquid Crystal on Silicon (LCoS, D-ILA)

ähnlich zu DMD, allerdings mit reflektierendem LCD

### Laser-Display-Technologie (LDT)

drei Laserstrahlen

Bild immer scharf

kommerzieller Einsatz sehr zögerlich

# Digital Micromirror Device (DMD)

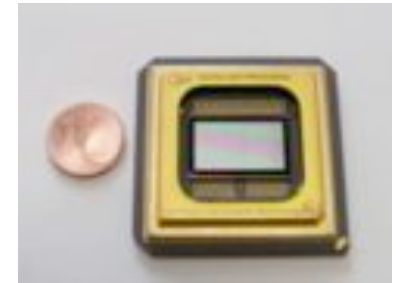
Für jedes Pixel ein kippbarer Spiegel (DMD Chip)

Bildschirm mit Lichtquelle bestrahlt

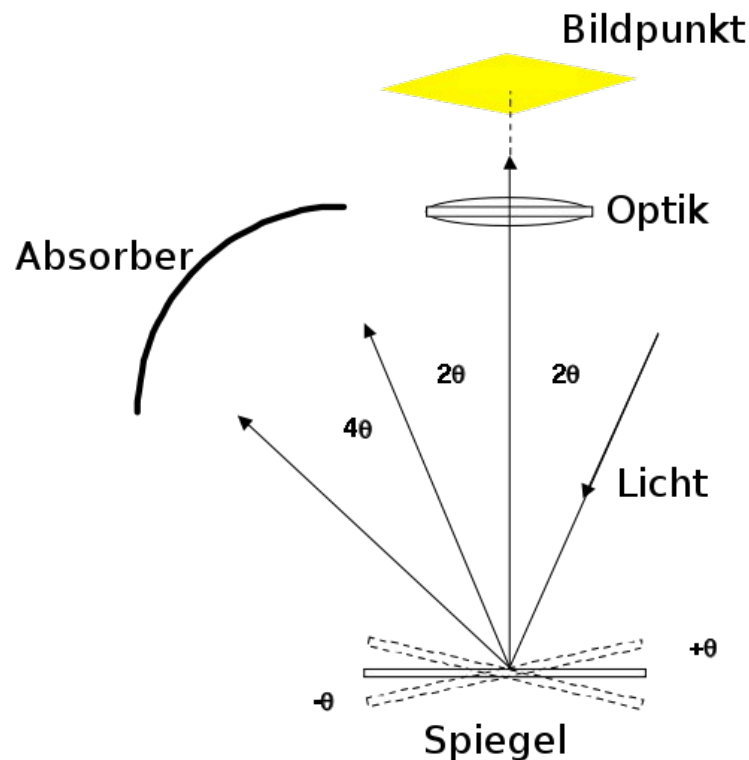
Je nach der Spiegelstellung mehr oder weniger Licht

Bei 1 DMD-Chip: rotierendes Rad mit RGB-Flächen => Farbe

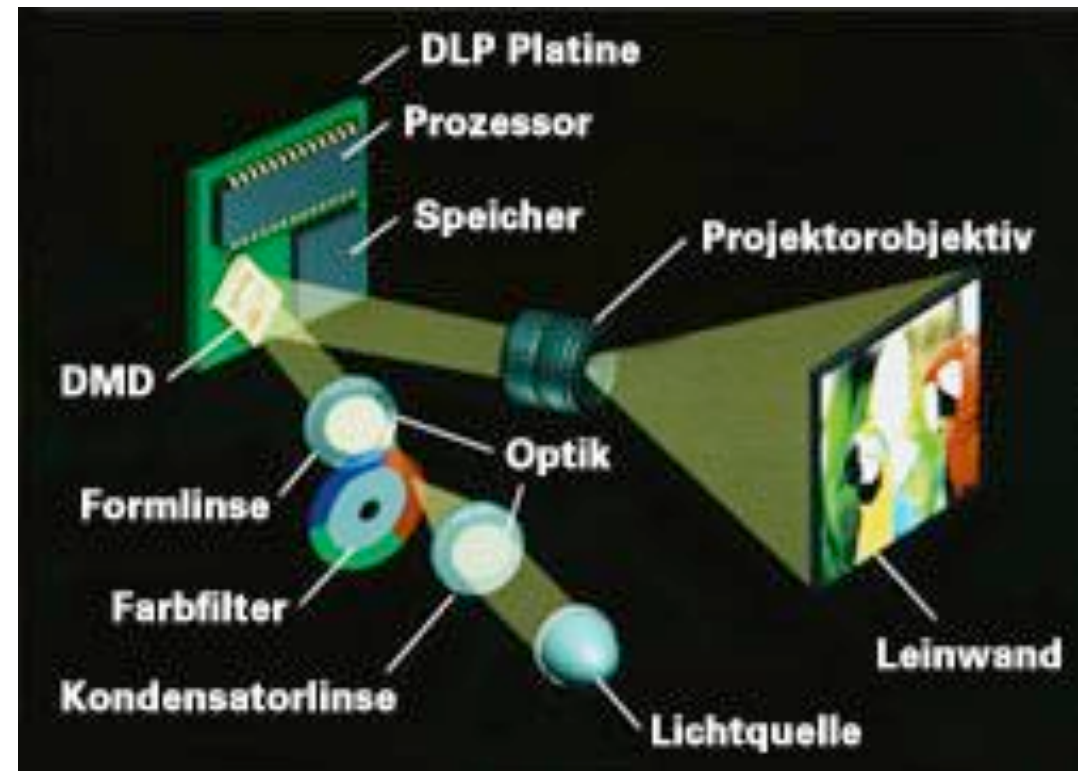
Varianten mit mehreren DMD-Chips (z.B. 3 für RGB)



DLP Chip  
(Texas Instruments)




Quelle: Wikipedia



Quelle: TI (dlp.com)

# 5 Eingabe- und Ausgabetechnik bei Rechnersystemen

- 5.1 Architektur von Ein-/Ausgabesystemen
- 5.2 Geräte zur Texteingabe
- 5.3 Zeigegeräte
- 5.4 Grafikkarten
- 5.5 Anzeigegeräte
- 5.6 Drucker 

Literatur: Henning Kapitel 7.4

# Drucker

- Ein **Drucker** ist ein Peripheriegerät, das digitale Zeichen und Bilder auf Papier darstellt.
- Grobe Klassifikation:
  - papiergebundene Bilderzeugung (*impact printer*)
    - » Bsp.: Nadeldrucker
  - papierunabhängige Bilderzeugung (*non-impact printer*)
    - » Bsp.: Laserdrucker
- Behandlung von Farbe:
  - Schwarz/Weiss-Drucker
    - » anhaltend hohe Verbreitung wegen Bedeutung für Texte (Büro, Bücher, ...)
  - Farbdrucker
    - » grundsätzlich beim Drucken subtraktive Farbmischung, d.h. CMY(K)-Farbmodell

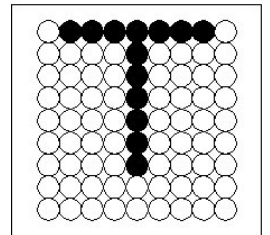
# Ältere Druckertypen mit Farbband

## Typenraddrucker (*character wheel printer*)

ähnlich zu einer Schreibmaschine, Typen schlagen durch Farbband  
Wechsel der Schriftart erfordert Austausch des Typenrades

## Nadeldrucker (*dot matrix printer*)

Drucknadel baut Grafik oder Zeichen pixelweise auf  
Flexibler als Typenraddrucker; schlechte Auflösung (und damit Druckbild)  
Meist unangenehm laut und relativ langsam (max. 1 Zeile/Sekunde)



- Zeilendrucker (*character line printer*)

- Druckt eine ganze Zeile, z.B. mit einer pro Position verstellbaren Typenwalze
- Klassisches Verfahren zum Massendruck in Rechenzentren (ca. 250 Zeilen/Minute), meist gelochtes Endlospapier

- Vorteil der (immer papiergebundenen) Farbbandverfahren:

- Erstellung von Durchschlägen
- Immer noch im Einsatz für Rechnungen, Ausgabe von PIN/TAN-Listen etc.



# Thermodrucker

## Spezialpapier

verfärbt sich unter Hitzeeinwirkung

## Druckvorgang:

Heisse Nadel brennt das darzustellende Bild pixelweise auf das Papier

## Verbreitung:

nur noch gering, z.B. bei Kassensystemen, älteren Faxgeräten

## Problem:

Papier rollt sich stark

Fertige Drucke vergilben schnell

# Laserdrucker: Geschichte

1938: Chester Carlson erfindet "Elektrofotografie", ein Trocken-Druckverfahren, das auf elektrischer Aufladung einer Trommel basiert

Basis für Fotokopierverfahren ("Xerox")

1969-71: Erster Laserdrucker (EARS) wird am Palo Alto Research Center (PARC) entwickelt

Gary Starkweather: Xerox-Fotokopierer, dessen Trommel mit computergesteuertem Laser beschrieben wird

Erster kommerzieller Laserdrucker:

entweder Xerox 9700 (1977)

oder IBM 3800 (1976),  
bereits mehr als 100 Seiten/Minute

1985: Apple LaserWriter

Erster Drucker mit PostScript (Adobe)

Motorola 68000 CPU mit 12 MHz, schneller als  
damals aktuelle Macintosh-Desktop-Rechner

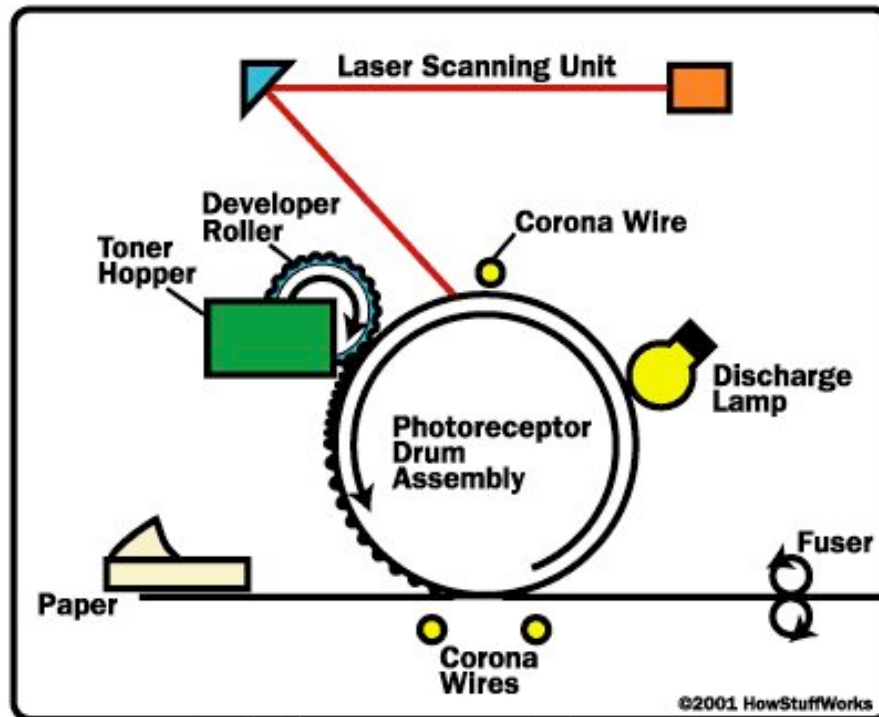
Auslöser des "Desktop Publishing" (DTP)

1992: Hewlett-Packard LaserJet 4, erster 600x600 dpi Laserdrucker



Apple LaserWriter  
([allaboutapple.com](http://allaboutapple.com))

# Laserdrucker: Funktionsprinzip



The basic components of a laser printer



Koronadraht lädt Trommel positiv auf  
Laserstrahl entlädt Stellen der Trommel, an denen gedruckt werden soll  
Tonerstaub wird aufgetragen: positiv geladen, haftet wo belichtetet  
Abrollen der Trommel auf stark negativ geladenes Papier (*transfer corona wire*)  
und Entladung des Papiers (*detac corona wire*)  
Fixierung durch Erhitzung (*fuser*)

# Tintendrucker

## Geschichte:

Seit 1978 Technologie verfügbar (Siemens, Hewlett-Packard)  
Erster kommerzieller Erfolg Hewlett-Packard ThinkJet 1984

## Funktionsprinzip:

Genau gesteuerte Bildung von Tintentröpfchen  
Übertragung auf Papier aus geringem Abstand durch Düse  
Häufigstes technisches Problem: Verkleben der Düsen

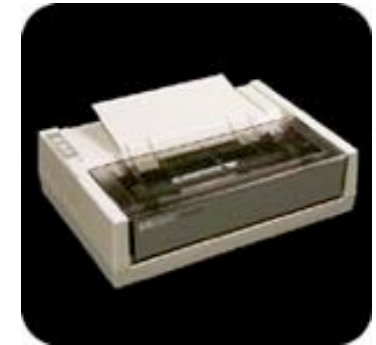
## Tinte (heute fast immer farbig):

Typischerweise vier verschiedene Behälter: CMYK  
zusätzlich abgestufte Farbtöne (helles Cyan, Magenta) für bessere  
Farbwiedergabe

## Mechanismus zur Tröpfchen-Bildung:

mithilfe von Piezo-Elementen  
(Piezo-Effekt: Spannungsabhängige Verbiegung bei Keramikmaterial)  
durch Verdampfung und Rekondensation  
(ältere Drucker auch mit elektrostatischen Effekten und Ultraschall)

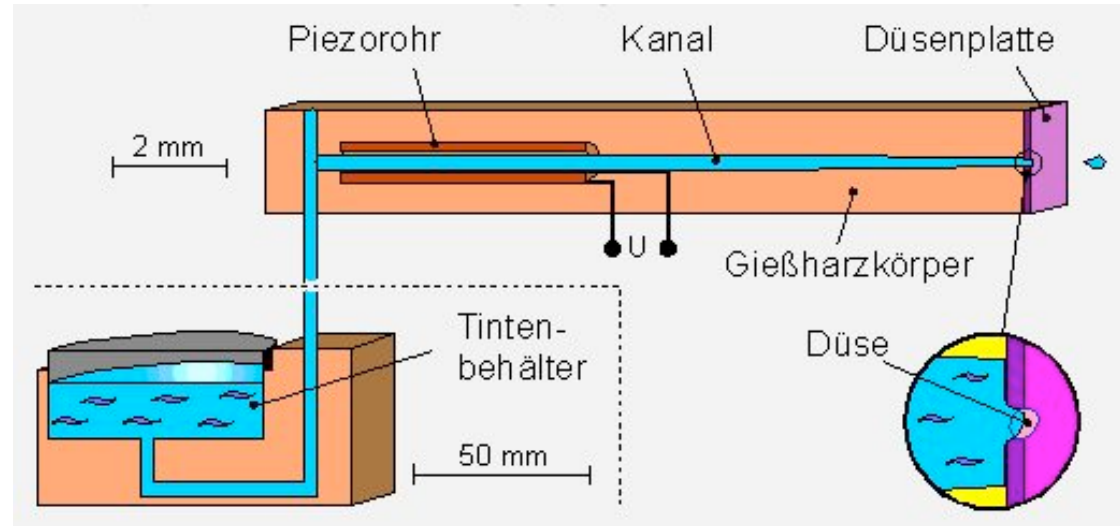
Detailinformationen: <http://www.inksystems.de/info-tintenstrahldrucker.php>



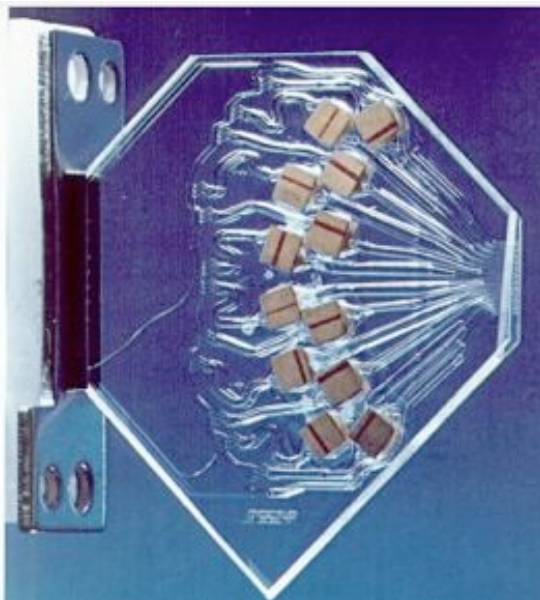
Quelle:  
HP Virtual Museum,  
[hp.com](http://hp.com)

# Evolution der Tintendrucktechnik

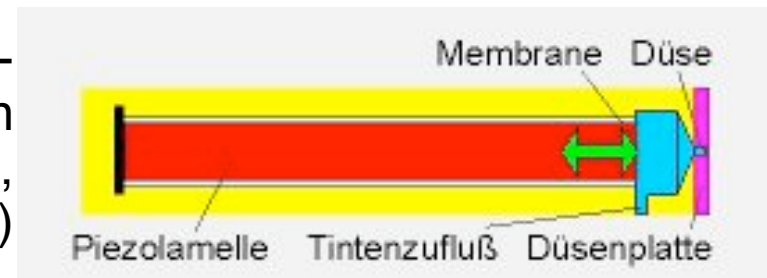
Siemens  
"Drop on Demand"  
(1977)



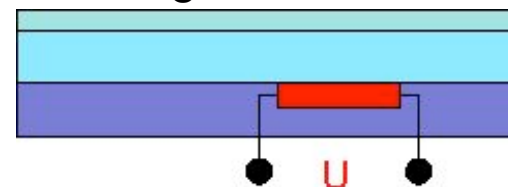
Glasgeätzter  
Piezo-Druckkopf  
(Epson 1985)



Piezo-  
Lamellen  
(Dataproducts,  
1987)



BubbleJet-Zelle  
als integrierte Schaltung  
(Canon, Xerox)



# Thermografische Drucker

- Funktionsprinzip:
  - Farbe liegt auf speziellen Folien oder Druckbändern vor
  - Mechanik positioniert Druckkopf über gewünschter Stelle des Papiers und positioniert passende Farbfolie zwischen Druckkopf und Papier
    - » meist nur eine Farbe je Durchgang über Blatt, d.h. 3 Durchgänge
  - Druckkopf erhitzt sich (je nach gewünschtem Färbungsgrad), Farbe schmilzt oder verdampft und wird auf das Papier übertragen
  - Mischfarben ergeben sich durch Zusammenschmelzen der drei Farben
- Gut geeignet für glänzende Oberflächen, erlaubt genaue Steuerung der Farbmischung
  - besonders geeignet zum Fotodruck
- Thermotransfer-Druck:
  - Farbträger in Kontakt mit dem Papier
- Thermosublimations-Druck:
  - Farbe wird durch Diffusionseffekte über kleinen Luftspalt übertragen

# 3D-Drucker

- Funktionsprinzip:
  - Druckkopf druckt eine dünne Schicht des Objekts
  - Material härtet aus
  - Arbeitsebene fährt einen Schritt nach unten
  - nächste Schicht wird über die vorherige gedruckt
  - Vorgang dauert je nach Größe des Objekts mehrere Stunden



## Verschiedene Techniken:

Heißer Kunststoff wird Schicht für Schicht übereinander gedruckt

Pulver auf der Arbeitsebene wird mit Binder getränkt oder durch Hitze verschmolzen.

Überschüssiges Material wird regelmäßig entfernt.

