

5 Eingabe- und Ausgabetechnik bei Rechnersystemen

5.1 Architektur von Ein-/Ausgabesystemen



5.2 Geräte zur Texteingabe

5.3 Zeigeegeräte

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 (2009) gängig:

Prozessoren mit über 3,5 GHz Takt

mehrere Rechenkerne pro Prozessor

Hauptspeicher 1 - 8 GB

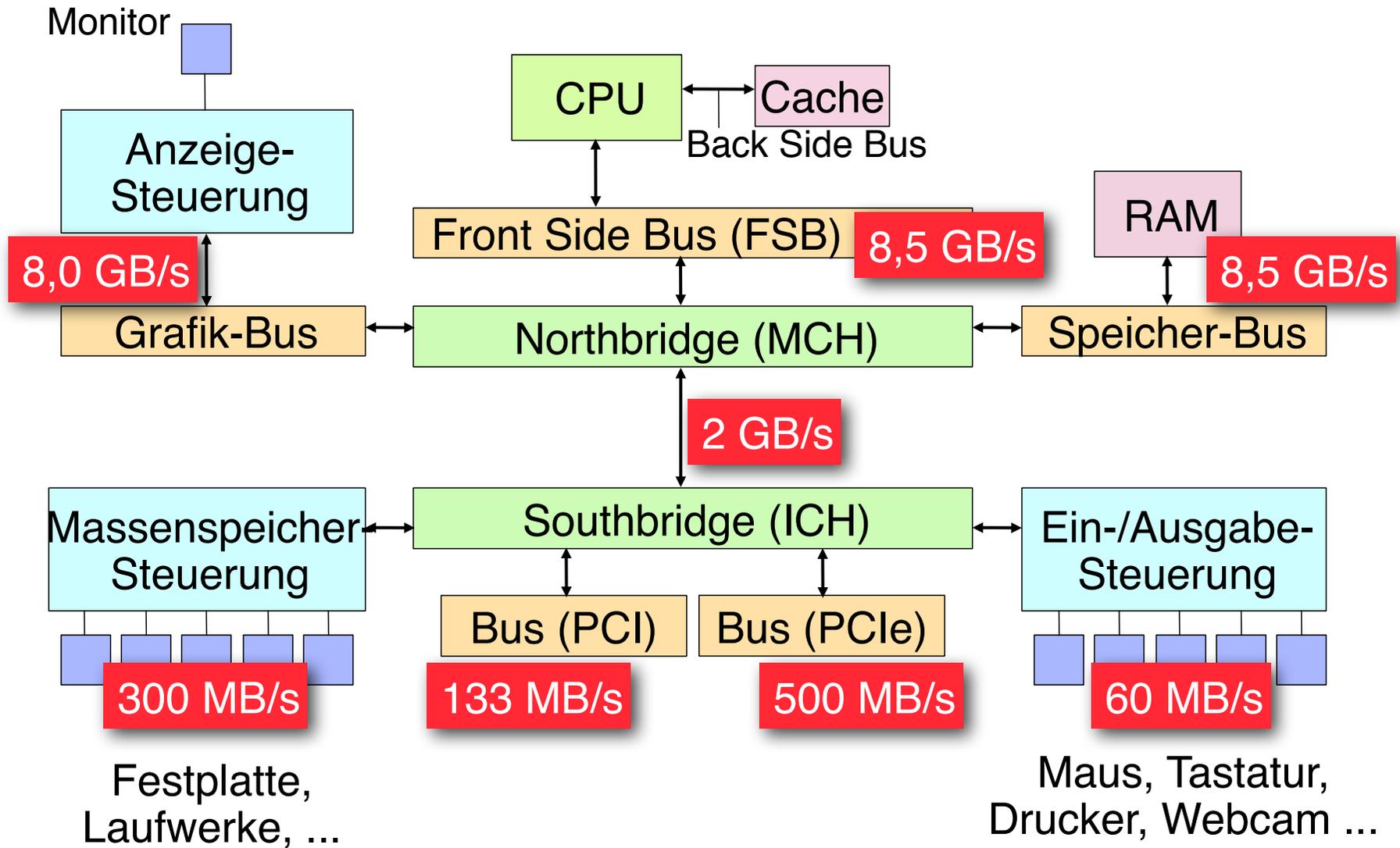
Grafikkarten mit 16 Mio. Farben,
2D- und 3D-Grafikbeschleunigung,
Grafikspeicher 1-2 GB

Maus mit Scrollrad, Touchscreen

Surround-Sound



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 ist schon immer wesentlich für den Betrieb von Rechenanlagen

Daten und Programme sind Zeichenfolgen

Erster Abstraktionsschritt nach der Binäreingabe: Text

Assemblerprogramme, höhere Programmiersprachen

Dominierende Eingabegeräte bis ca. 1970:

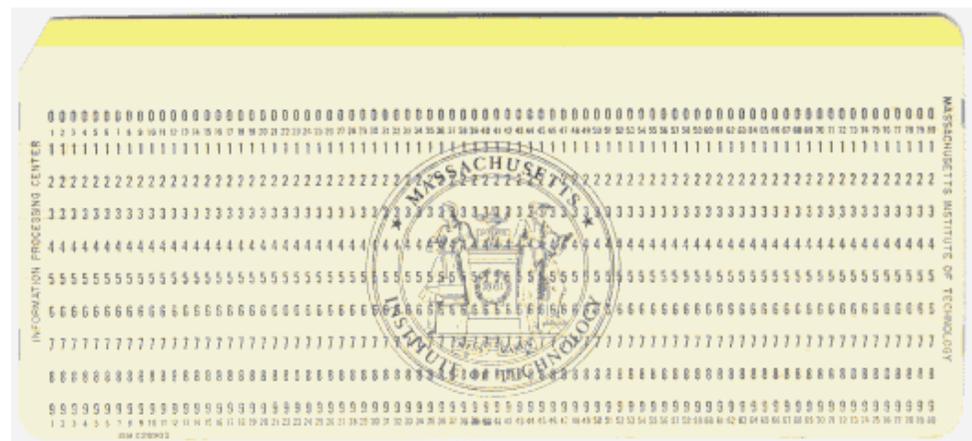
Lochstreifen

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

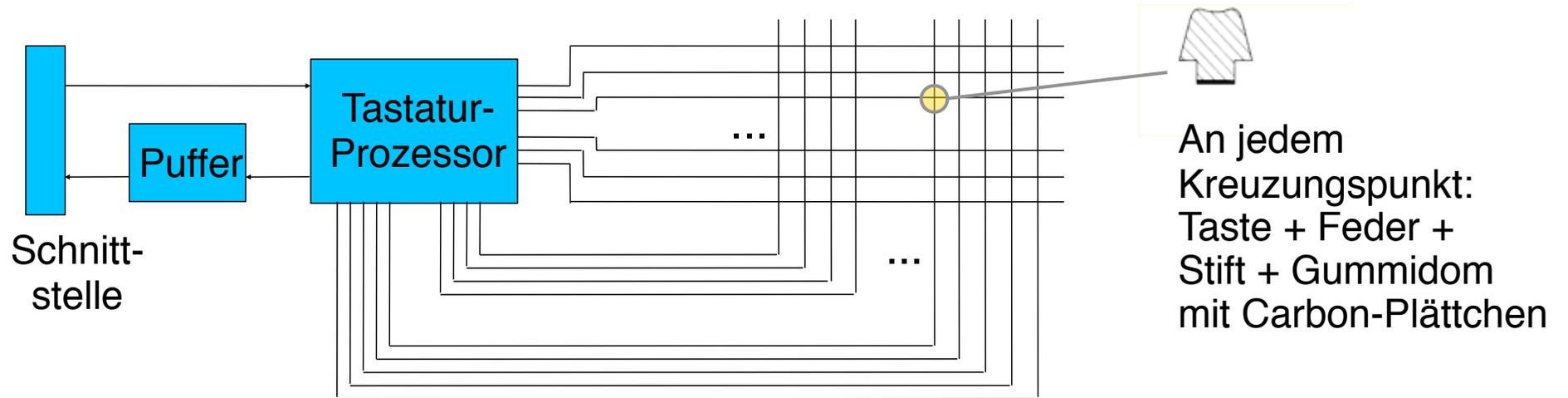
Darüber Gummimatte mit kleinen Domen und leitenden Carbonplättchen

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

Bilder: www.howstuffworks.com



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 Zeigeegeräte 
- 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



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

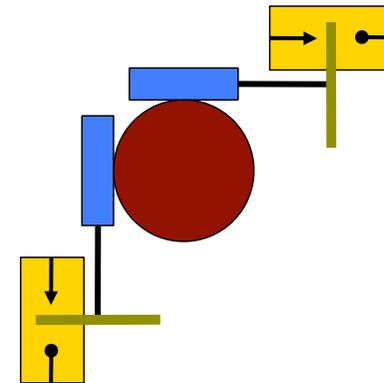
Maus (2)

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)

Touchpad

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

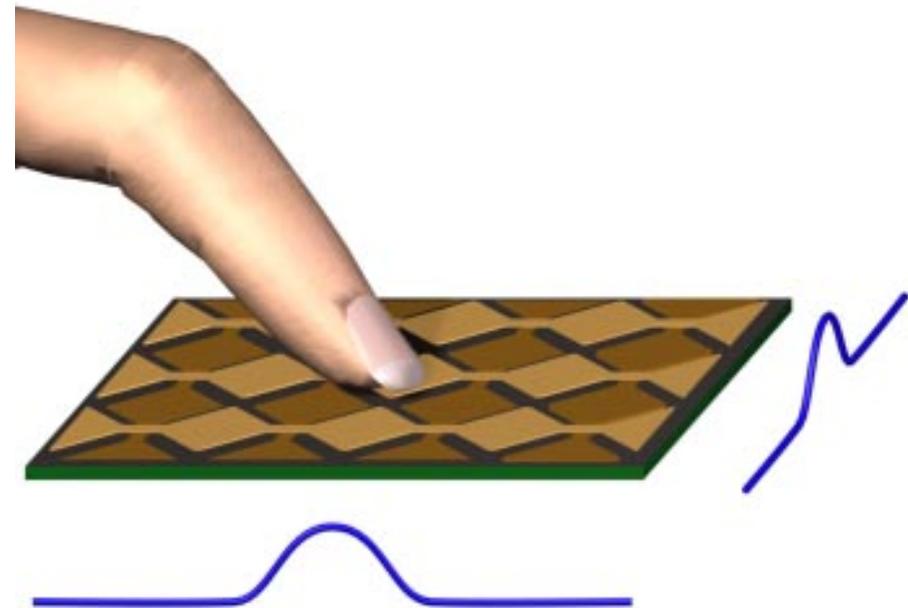
Bewegung des Cursors durch Fingerbewegungen beschrieben

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

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:

Elektrischer Widerstand oder Kapazität in Leitermatrix

Per Ultraschall (*tracking*)

Über Magnetfelder (Standard)

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 295: 2 x 1.4 Mrd. Transistoren

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

DirectX (Microsoft)

OpenGL (plattformübergreifend)

OpenCL für generische Berechnungen

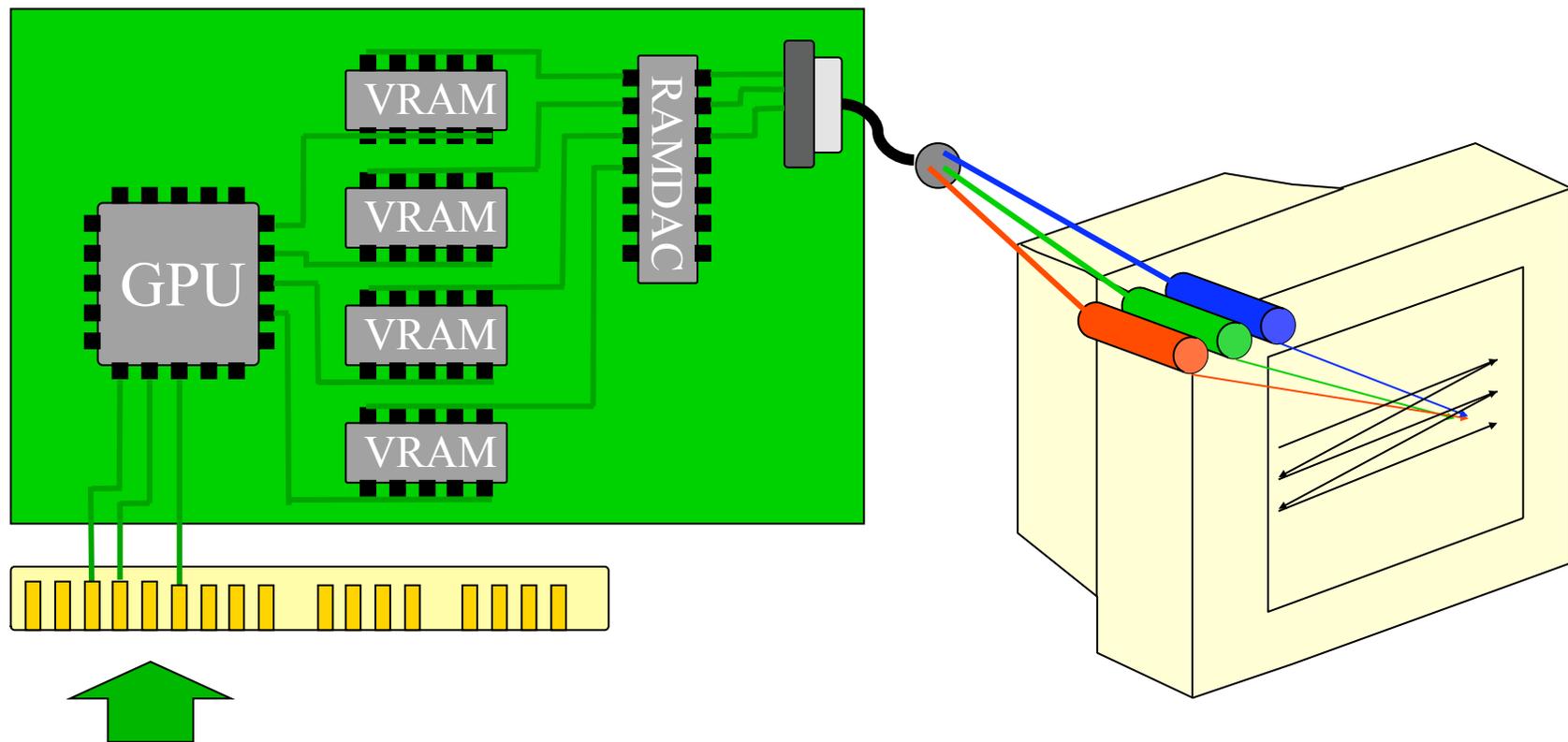


Aufbau einer Grafikkarte

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

Bildwiederholungspeicher (*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:

- eine 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

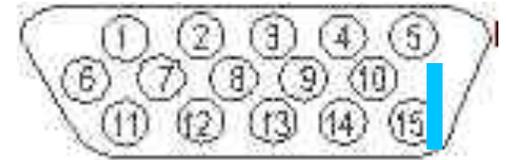
HD (High Definition): 1920x1080

WUXGA, WXGA, HGC, MDA, CGA, EGA, VGA, QVGA, SVGA, XGA, SXGA,
SXGA, WSXGA, 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

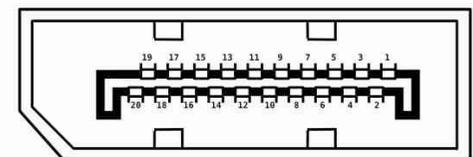
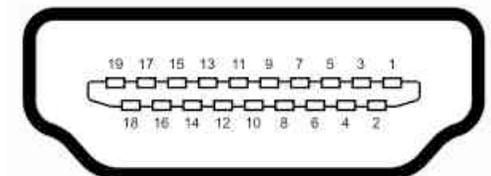
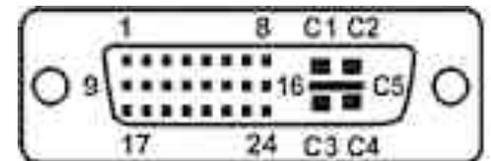
(VGA-Signal über einfachen Steckeradapter)

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

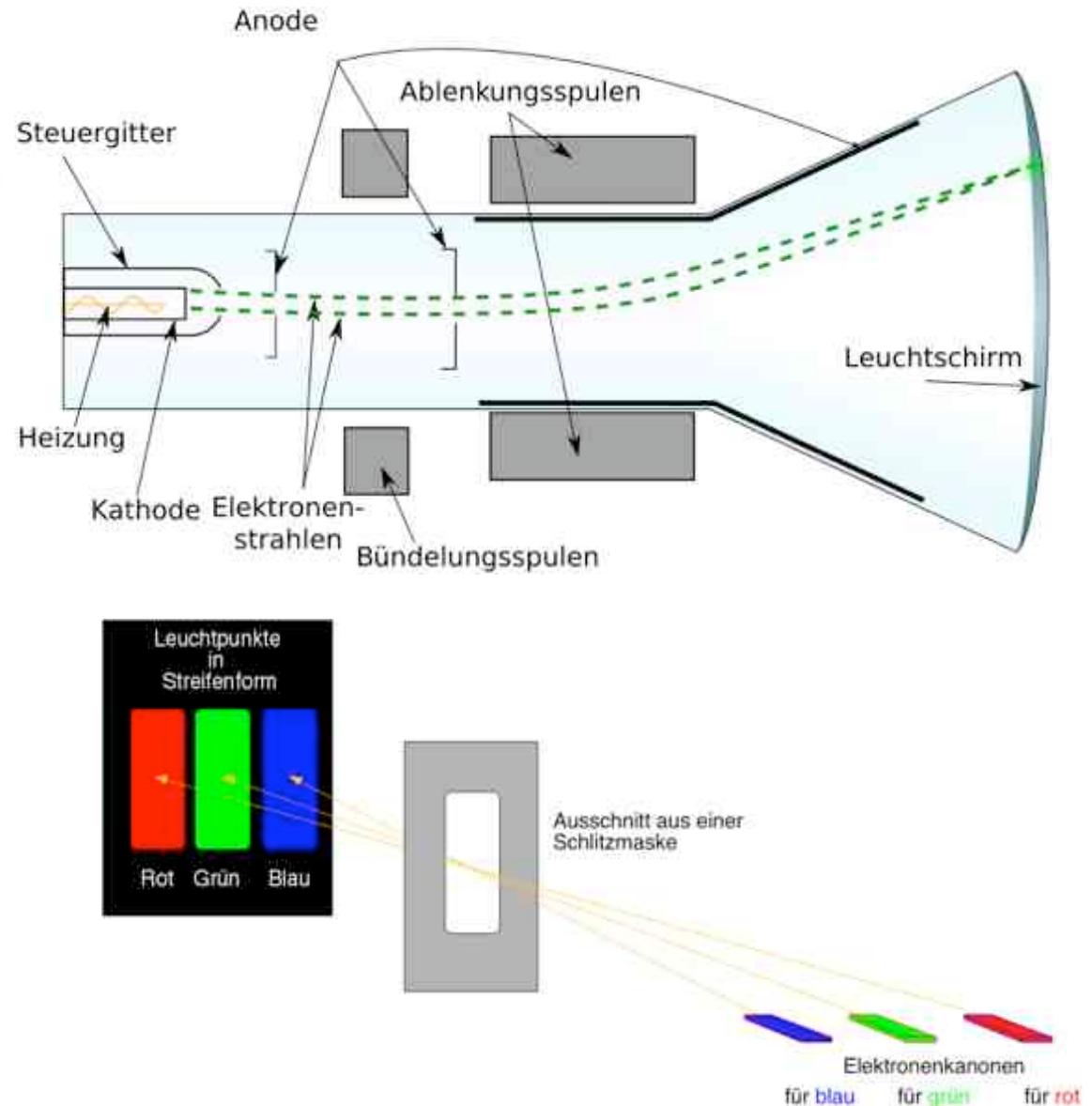
Elektronenstrahlkanonen

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

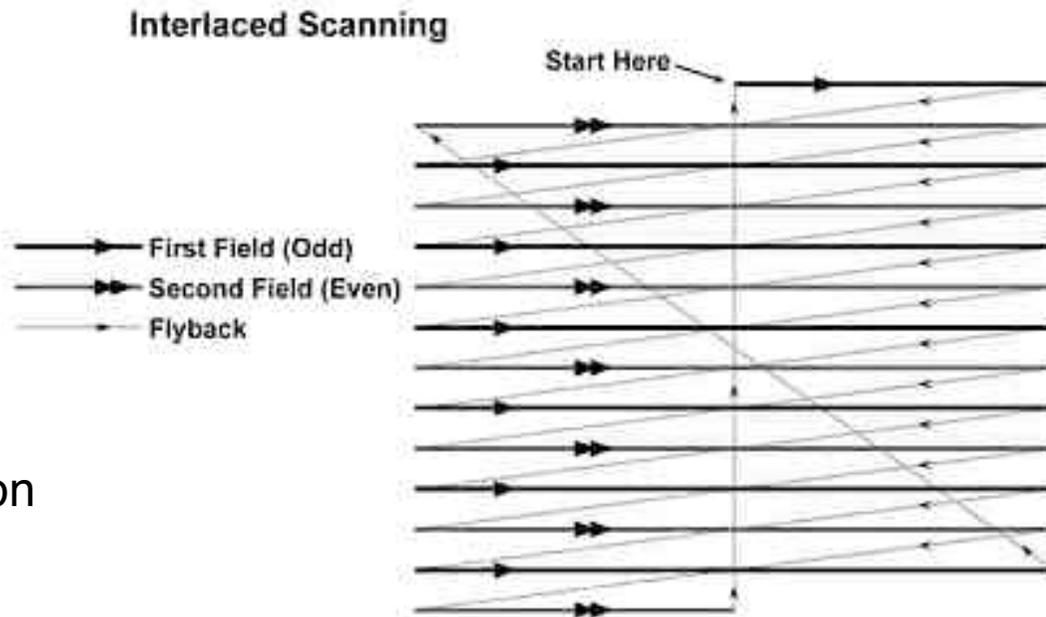
Übertragung von 2 verschachtelten Halbbildern mit je 25 bzw. 30 fps:
Interlacing

USA: 60 Hz

Europa: 50 Hz

• Computer-Monitore:

- normalerweise *non-interlacing* (*progressive*)
- Bildwiederholfrequenzen von 75 Hz aufwärts für flimmerfreies Bild



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

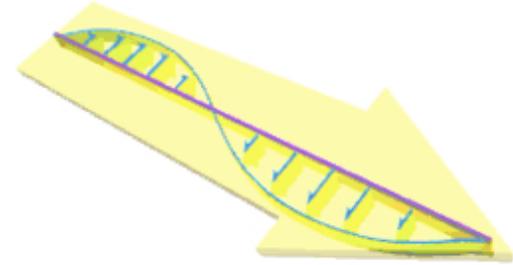
aber mit optischen Eigenschaften wie ein Kristall

Beeinflussbar durch elektromagnetische Felder

Polarisation

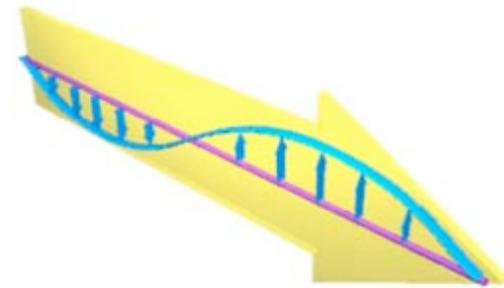
Licht hat (als Welle verstanden)
Schwingungsebenen

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

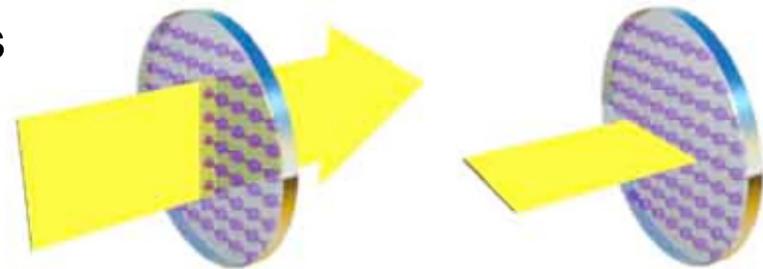


Polarisationsfilter

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° verdrehte Polarisationsfilter

Blockieren Lichtdurchgang

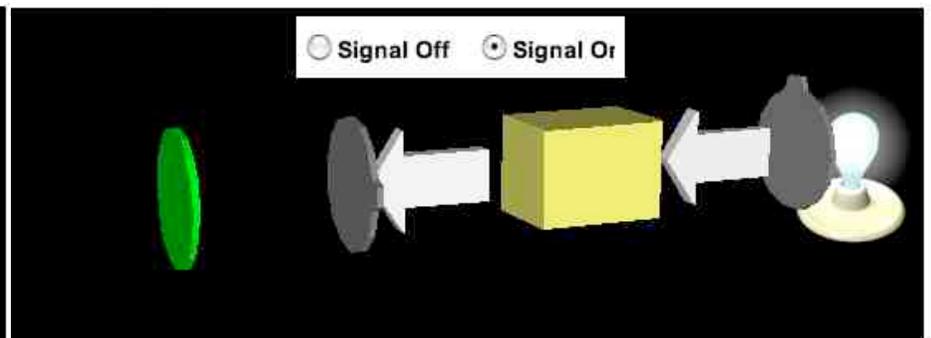
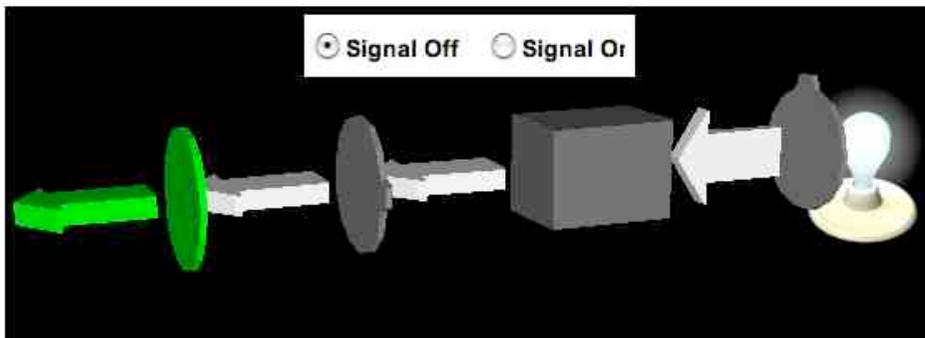
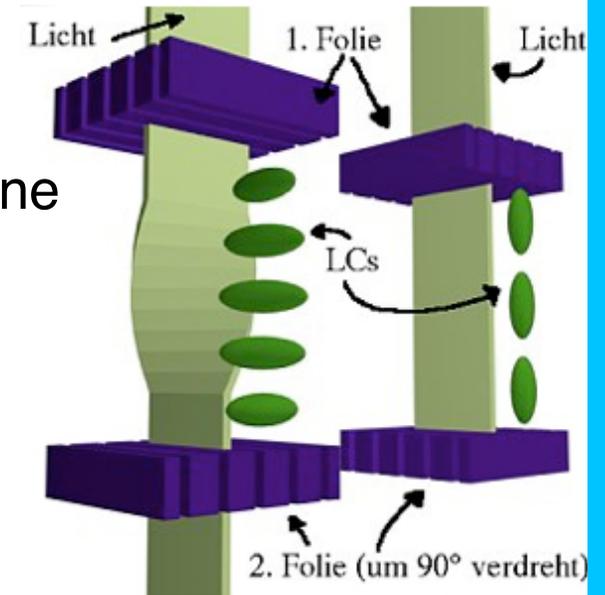
Flüssigkristall-Füllung verdreht Schwingungsebene

Lichtdurchgang ermöglicht

In elektrischem Feld
richten sich Moleküle im
Flüssigkristall aus

Verdrehungseffekt
verschwindet

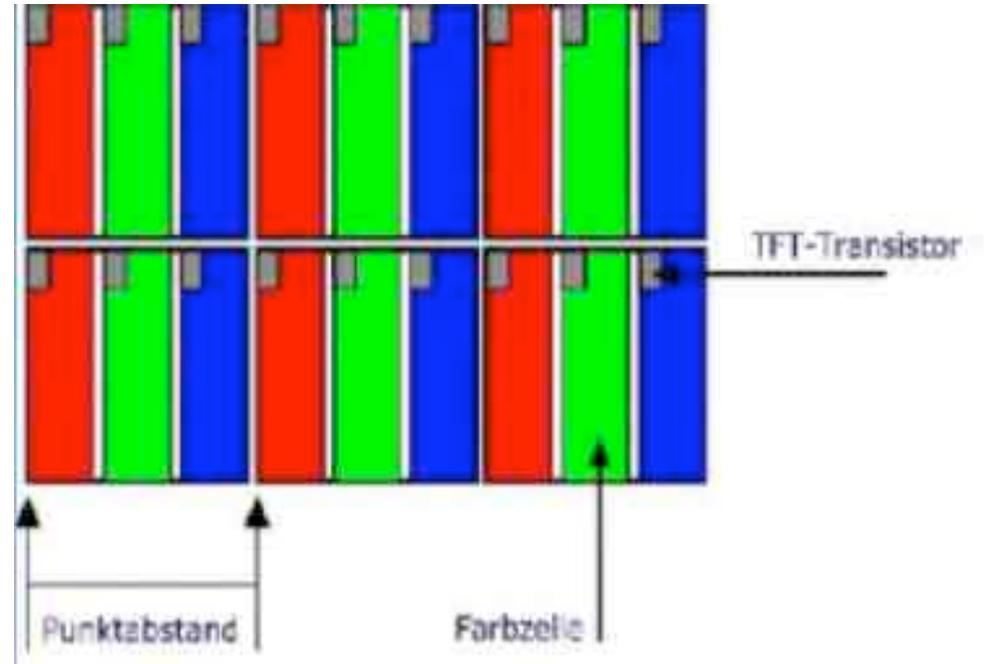
Lichtdurchgang wieder
blockiert



Thin Film Transistor (TFT-) Displays

Matrix aus vielen dünnen und durchsichtigen Transistoren
einzelansteuerbar 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:

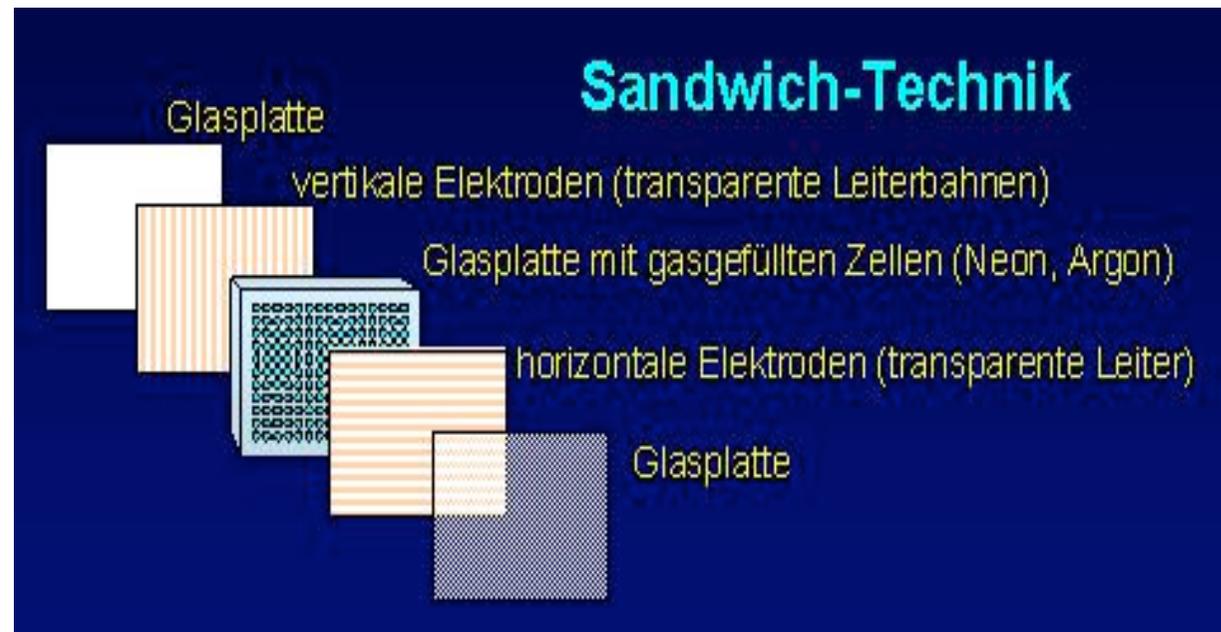
Glasplatte mit vielen (hunderttausenden) kleinen Löchern
Jedes Loch stellt eine miniaturisierte Leuchtstoffröhre dar

Vorteile:

Hohe Lichtstärke, grosser Betrachtungswinkel

Nachteile:

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



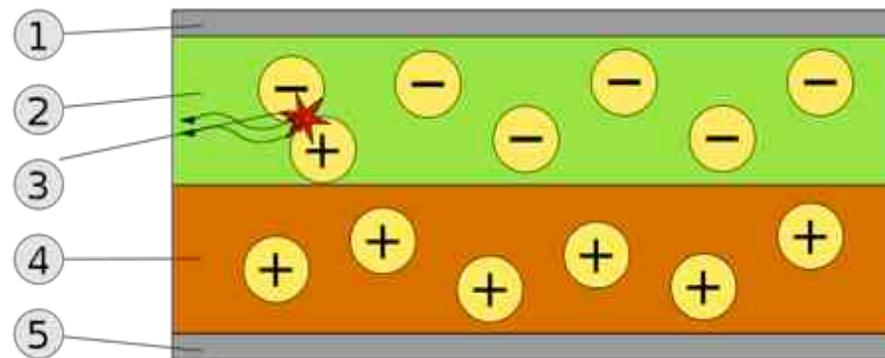
Organic Light Emitting Diode (OLED)

Besteht aus organischen (kohlenstoffhaltigen) Halbleitern

Selbstleuchtend, auch als Lichtquelle

Dünnere Film, flexibel, potentiell druckbar

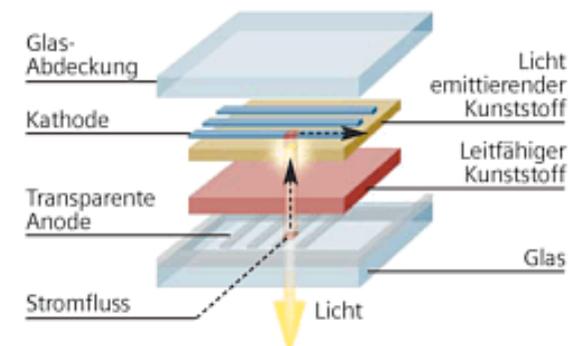
Sehr geringer Energieverbrauch



(Wikipedia)

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

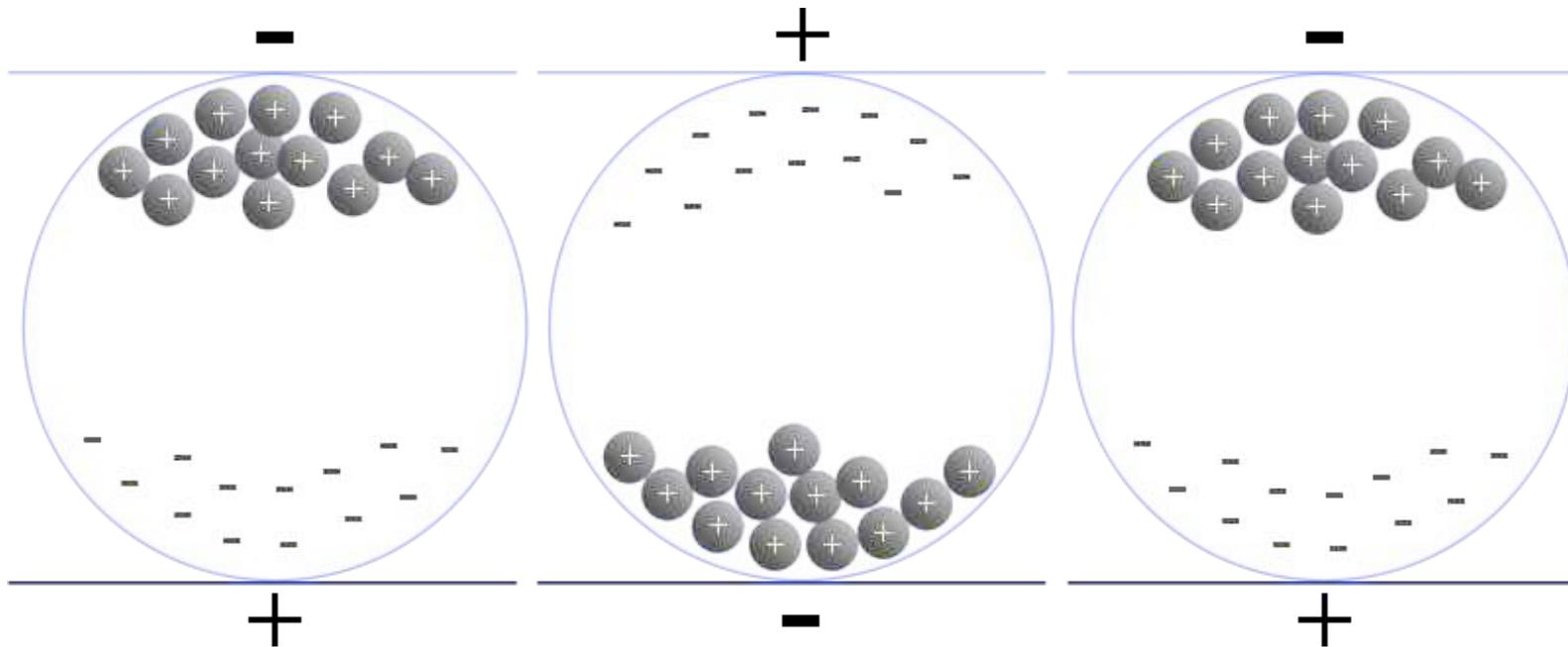
Form der leuchtenden Fläche:
feste Form oder Leitermatrix



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 Mirroring Device (DMD)

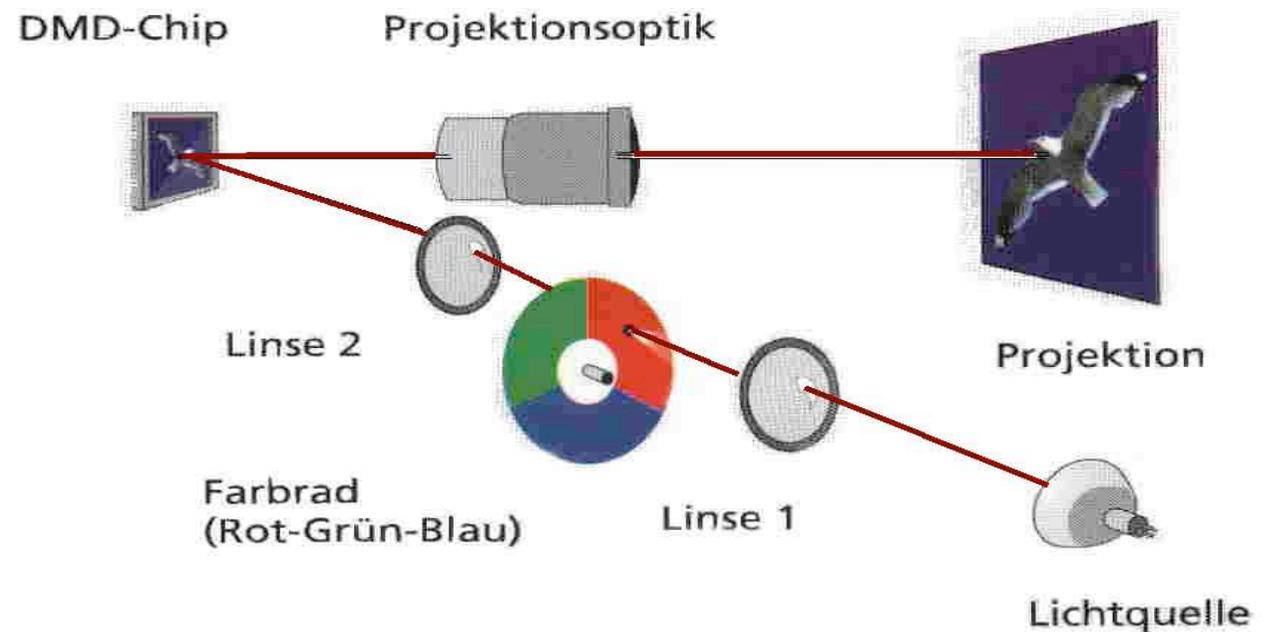
Für jedes Pixel ein kippbarer Spiegel (DMD Chip)

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)



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, ...)
 - Farbdruker
 - » grundsätzlich beim Drucken subtraktive Farbmischung, d.h. CMY(K)-Farbmodell

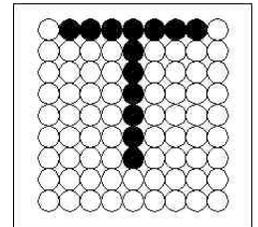
Ältere Druckertypen mit Farbband

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)

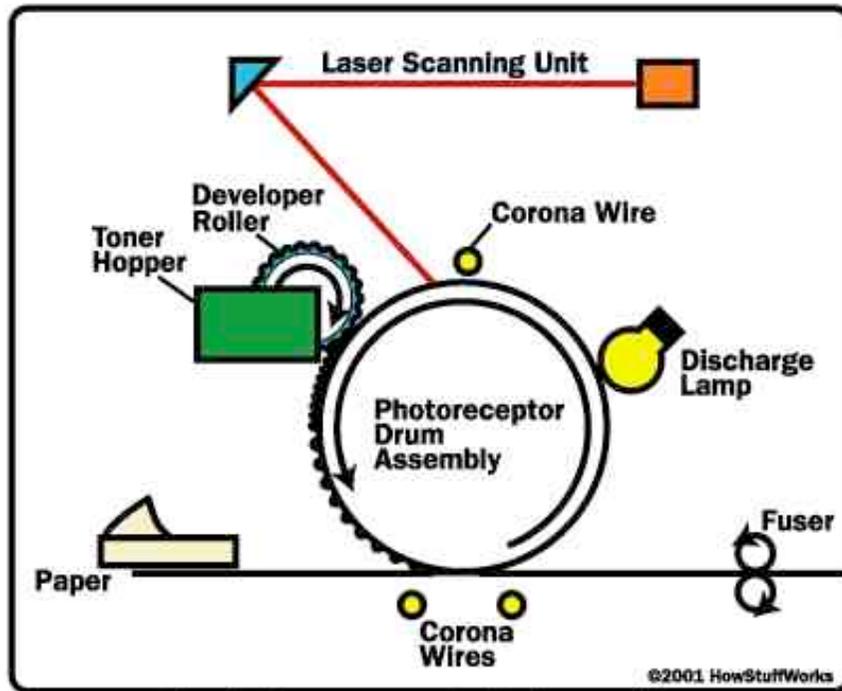
Motorola 68000 CPU mit 12 MHz, schneller als
damals aktuelle Macintosh-Desktop-Rechner

Auslöser des "Desktop Publishing" (DTP)

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



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

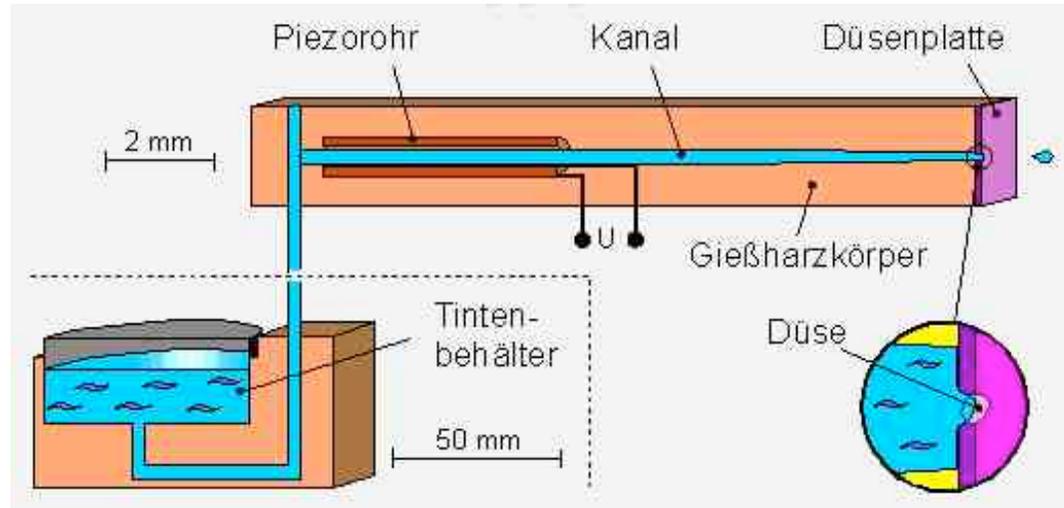
Mechanismus zur Tröpfchen-Bildung:

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

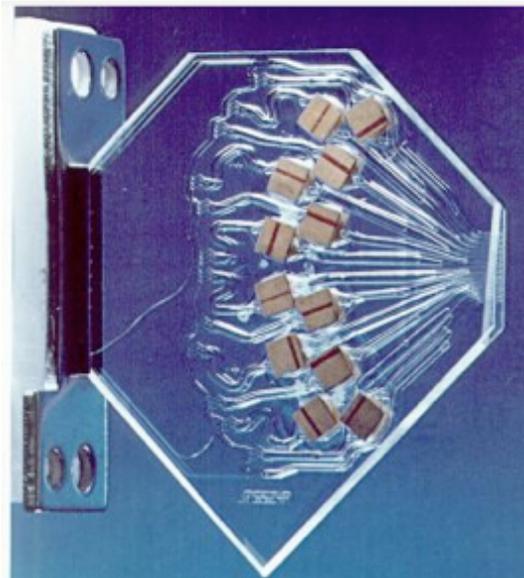
Detailinformationen: <http://www.inksystems.de/info-tintenstrahldrucker.php>

Evolution der Tintendrucktechnik

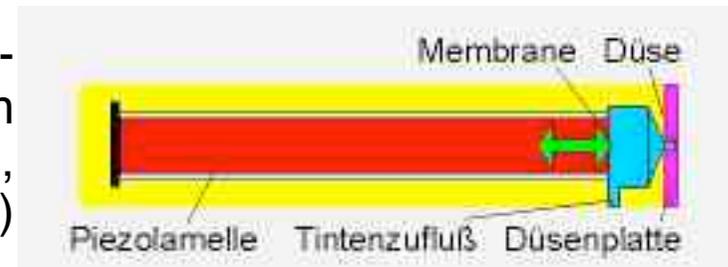
Siemens
"Drop on Demand"
(1977)



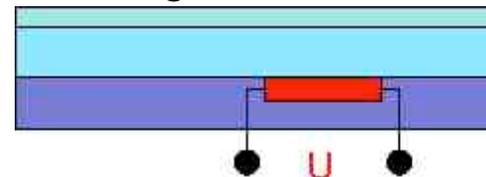
Glasgeätzter
Piezo-Druckkopf
(Epson 1985)



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.

