

A1. Eingabe- und Ausgabetechnik bei Rechnersystemen

A1.1 Architektur von Ein-/Ausgabesystemen

A1.2 Geräte zur Texteingabe

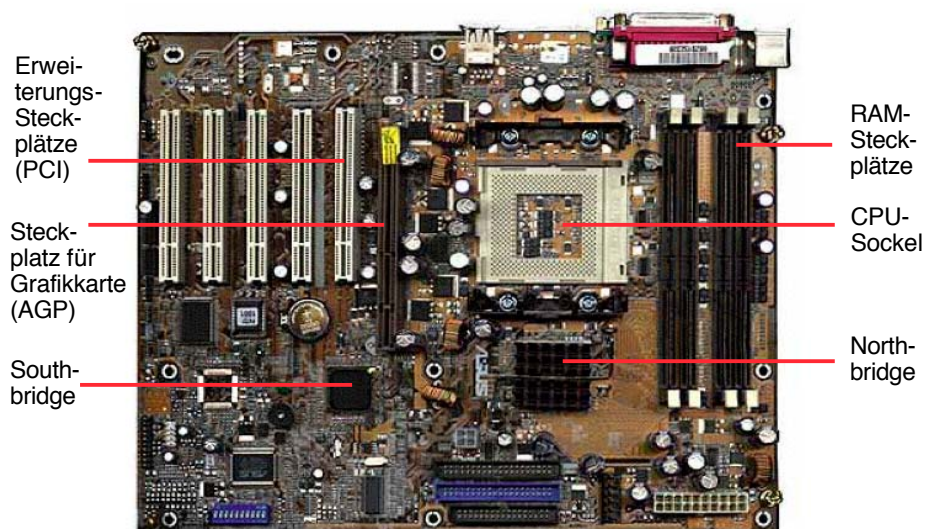
A1.3 Zeigegeräte

A1.4 Grafikkarten ←

A1.5 Anzeigegeräte

A1.6 Drucker

PC-Mainboard



Accelerated Graphics Port (AGP)

- Spezialinterface zum Anschluss von Grafikkarten
 - Seit 1997 Standard auf PC-Mainboards
 - Technisch verwandt zum PCI-Bus
 - Verschiedene Varianten (1x, 2x, 3x, 4x, 8x), untereinander inkompatibel
- Physikalisches Interface:
 - In der einfachsten Variante 266 MB/s, in der aufwändigsten (8x) bis zu 2,1 GByte/s
 - Übertragung von Polygon- und Texturdaten, z.B. bei Spielen
 - Hoher Stromverbrauch bei modernen Hochleistungskarten
- Speichernutzung:
 - Grafikkarte hat eigenen Speicher
 - Für grosse Texturen kann teilweise normaler RAM mitverwendet werden (*AGP aperture size*), z.B. 256 MB

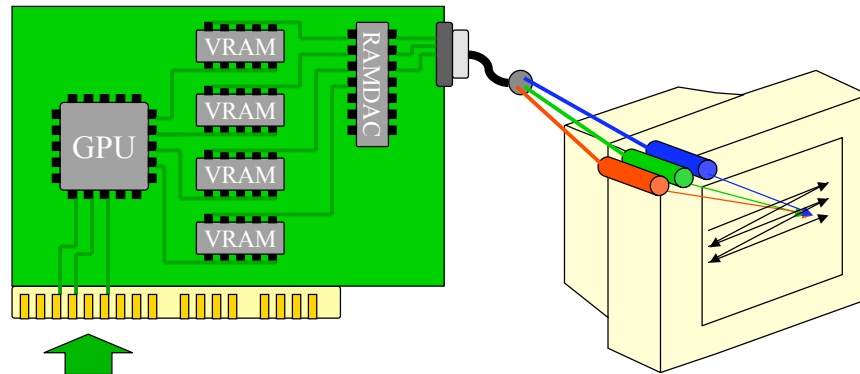
Grafikkarten

- 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.
 - Pentium 4: 55 Mio. Transistoren
 - ATI Radeon 9700 Pro: 110 Mio. Transistoren
- Low-Level Software-Schnittstellen direkt zur Grafikkarte, vor allem für 3D-Funktionen:
 - DirectX (Microsoft)
 - OpenGL (plattformübergreifend)



Aufbau einer Grafikkarte

- RAMDAC: RAM Digital to Analog Converter
- VRAM: Video RAM (gleichzeitig beschreibbar und lesbar)
- GPU: Graphics Processor Unit



Zeichenbefehle von der CPU

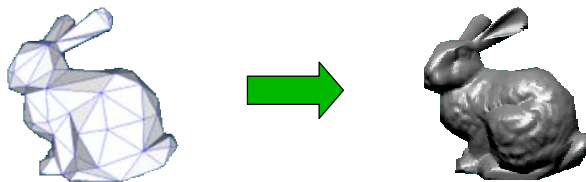
Abb.: Milena Velikova

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

Anwendungsbeispiel Texturen in 3D-Grafik

- Belegen von Flächen (Polygonen) mit vordefinierten Texturen
- Berechnung der Beleuchtung
- "Bump Mapping":
Überlagerung der Textur mit "rauer" Oberflächenstruktur



Grafikstandards

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

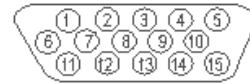
SVGA (Super Video Graphics Array):

- 640x200, 640x350, 640x480 mit 256 Farben
- grössere Auflösung von 800x600 und 1024x768

Digitale und analoge Monitoranschlüsse

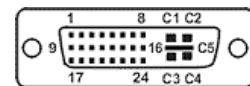
- Analoger Monitoranschluss:

- Im wesentlichen Rot-/Grün-/Blau-Komponenten + Taktsignale
- Verbreitetster Stecker-Standard: VGA 15 Pin



- Digitaler Monitoranschluss:

- Geeignet für moderne LCD-Displays und andere Digitalmonitore
- Vermeidet "Umweg" über Analogsignal
- Verbreitetster Stecker-Standard: DVI
 - » DVI-D: Nur digital
 - » DVI-I: Digital und analog (VGA-Signal über einfachen Steckeradapter)
 - » siehe <http://www.ddwg.org>



A1. Eingabe- und Ausgabetechnik bei Rechnersystemen

A1.1 Architektur von Ein-/Ausgabesystemen

A1.2 Geräte zur Texteingabe

A1.3 Zeigegeräte

A1.4 Grafikkarten

A1.5 Anzeigegeräte

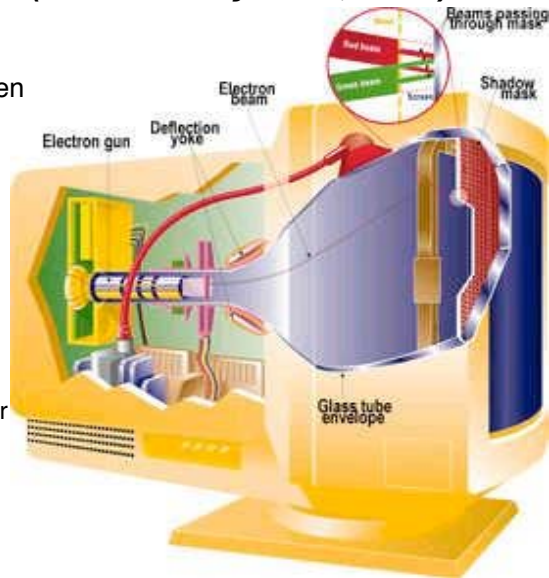


Bildschirme, Displays, Beamer

A1.6 Drucker

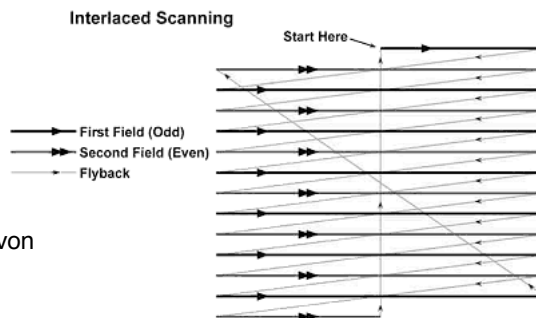
Kathodenstrahlröhre (*cathode ray tube, CRT*)

- Karl Ferdinand Braun 1897
- Technologie wie bei heutigen Standard-Fernsehgeräten
- Vakuump-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
 - Polarisations-effekte
 - Transistor-Aktivmatrix

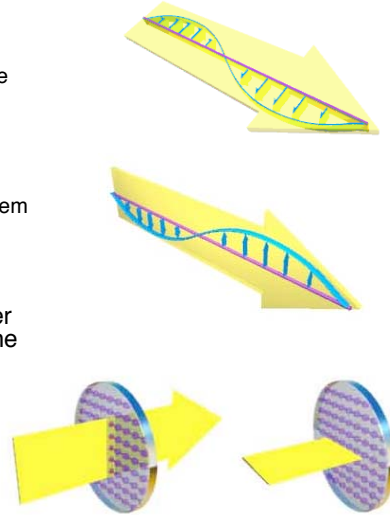


Flüssigkristalle

- 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

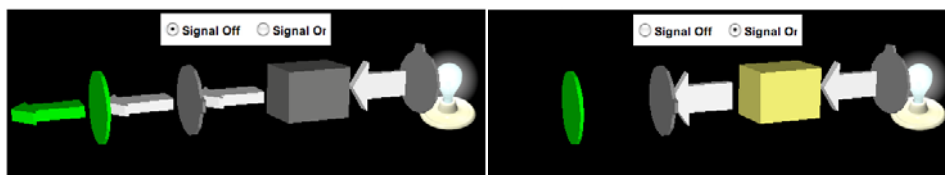
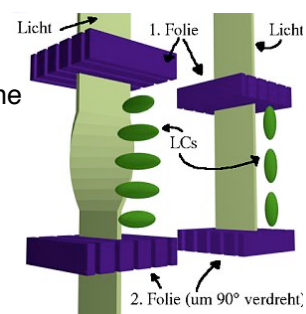
Polarisation

- 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>



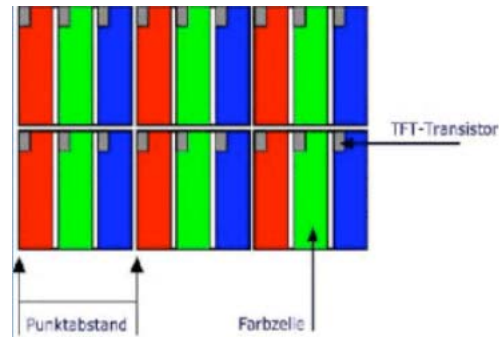
Prinzip einer Bildschirm-Zelle

- 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
 - 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



Vorteile/Nachteile CRT vs. LCD

	CRT:	LCD-TFT:
Gewicht	hoch	niedrig
Preis	niedrig	hoch
Energieverbrauch	hoch	niedrig
Elektrosmog	ja	nein
Betrachtungswinkel	gross	relativ klein
Helligkeit	sehr gut	gut
Schärfe	akzeptabel	sehr gut
Flimmern	gering	keines
Platzverbrauch	hoch	gering

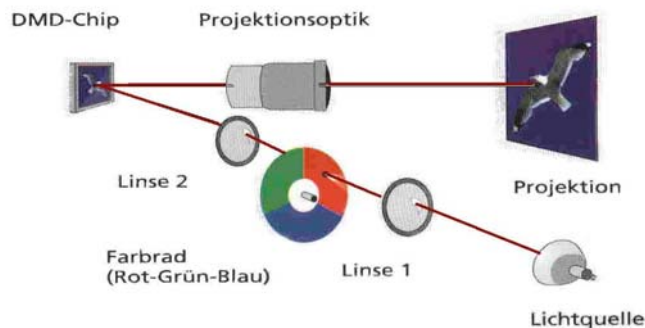
Plasma-Display

- 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



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)

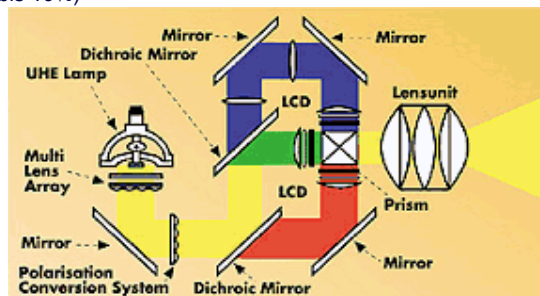


"Beamer"

- Technologien zur Datenprojektion:
 - LCD-Display
 - » niedrige Lichtdurchlässigkeit, geringe Haltbarkeit (ca. 3 Jahre)
 - Polysilizium-LCD
 - » verbesserte Version der LCD-Technologie, höhere Lichtdurchlässigkeit
 - Digital Mirroring Device
 - » früher teure Spezialtechnologie für Grossanlagen
 - » heute auch in Kleinprojektoren (Texas Instruments DLP-Technologie)
 - Direct-Drive Image Light Amplifier (D-ILA)
 - » sehr teuer und schwer, für Grossanlagen
 - » extrem gute Bildqualität
 - Laser-Display-Technologie (LDT)
 - » drei Laserstrahlen
 - » zukunftsweisende neue Technologie

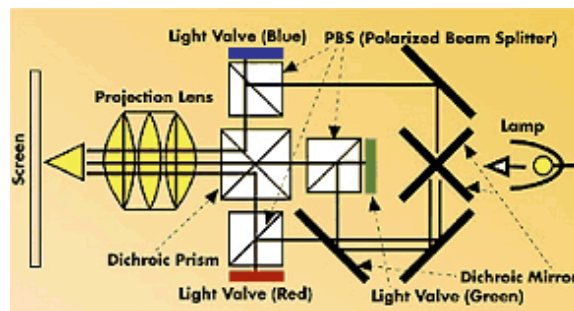
Polysilizium-LCD-Technik

- Transistoren auf drei LCD Displays (RGB)
 - Ein Polysilizium-LC-Display pro Farbton
- Licht
 - durch Spiegel in drei Grundfarben aufgespalten
 - durch LC gestrahlt
 - mittels einem Prismas wieder zusammengefügt.
- weltweit die am weitesten verbreitete Beamer-Technik
 - hohe Lichtdurchlässigkeit (8 bis 10%)
 - leuchtende Farbwiedergabe
 - guter Kontrast, Schnelligkeit.



Direct-Drive Image Light Amplifier (D-ILA)

- Ähnlich zur Polysilizium 3-LCD-Technik
 - aber reflektierende statt transparenter LCD-Displays
 - hinter jedem Pixel liegt ein Spiegel
 - Ansteuertechnik hinter der lichtführenden Schicht, dadurch hohe Lichtausbeute
 - Im Gegensatz zu DMDs keine mechanisch bewegten Teile (Mikrospiegel, Farbrad)



A1. Eingabe- und Ausgabetechnik bei Rechnersystemen

- A1.1 Architektur von Ein-/Ausgabesystemen
- A1.2 Geräte zur Texteingabe
- A1.3 Zeigegeräte
- A1.4 Grafikkarten
- A1.5 Anzeigegeräte
- A1.6 Drucker ←

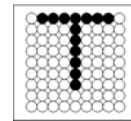
Literatur: Henning Kapitel 7.4

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

- Typenradrunder (*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 Typenradrunder; schlechte Auflösung (und damit Druckbild)
 - Meist unangenehm laut und relativ langsam (max. 1 Zeile/Sekunde)
- Zeilendrucker (*character line printer*)
 - Drückt 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

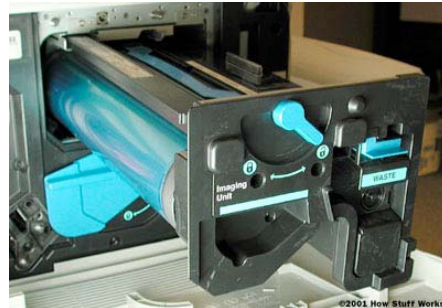
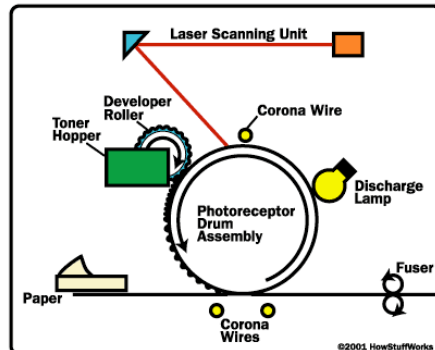
- Spezialpapier
 - verfärbt sich unter Hitzeeinwirkung
- Druckvorgang:
 - Heisse Nadel brennt das darzustellende Bild pixelweise auf das Papier
- Verbreitung:
 - nur noch gering, z.B. bei Kassensystemen, älteren Faxgeräten
- Problem:
 - Papier rollt sich stark
 - Fertige Drucke vergilben schnell

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, damals aktuelle Macintosh-Desktop-Rechner
 - Auslöser des "Desktop Publishing" (DTP)
- 1992: Hewlett-Packard LaserJet 4, erster 600x600 dpi Laserdrucker



Laserdrucker: Funktionsprinzip



- 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*)

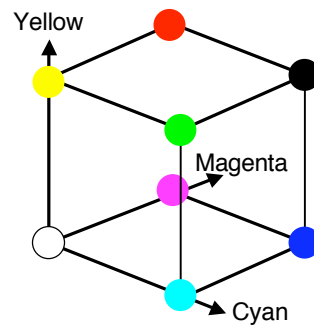
Laserdrucker: Details

- Oft LED-Zeilen statt Laserstrahl
 - geringere Ozonbelastung
- Toner: auf Wachs- oder Kunststoffbasis
- Fixierung:
 - Infrartheizung, Heizspulen oder Xenonröhre
- Details der Bilderstellung:
 - Rolle der Ladungen variiert in verschiedenen konkreten Technologien
 - Vorladung des Papiers verschieden gehandhabt
- Auflösung:
 - Einfache Haushalt-/Bürogeräte: ab 300, meist schon 1200 dpi
 - Professionell derzeit: 2400 dpi
- Druckgeschwindigkeiten:
 - Einfache Haushalt-/Bürogeräte: ab ca. 4 Seiten/Minute
 - Hochleistungsdrucker: 100 bis zu 10.000 Seiten/Minute
- Farblaserdrucker bis vor kurzem noch teuer

Laserdrucker: Seitenbeschreibung

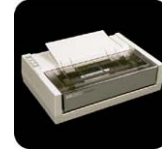
- Laserdrucker enthalten Speicher zur Zwischenspeicherung der darzustellenden Seiten
- Seiten werden in einer *Seitenbeschreibungs-Sprache* (*page description language*) zum Drucker übertragen, dort gespeichert und interpretiert (gerendert)
 - Hewlett-Packard PCL (*printer command language*)
 - Adobe PostScript
 - Prinzipiell immer Vektorgrafik-Sprachen
- Raster Image Processor (RIP):
 - Umrechnung der Vektorgrafik-basierten Information in Bitmap-Daten
- Graphical Device Interface (GDI):
 - Rasterbild bereits vom druckenden Computer erzeugt

Subtraktives Farbmodell: CMY(K)



- Meistverwendetes Modell zur Ausgabe auf reflektierenden Ausgabemedien (z.B. Farbdrucker)
- Anschaulich: Farbfilter subtrahieren Farbwerte
- Für Drucker oft vierte Komponente "schwarz" (black), deshalb CMYK
 - Tintensparnis, präziseres Bild, vermeidet "Durchnässen" des Papiers

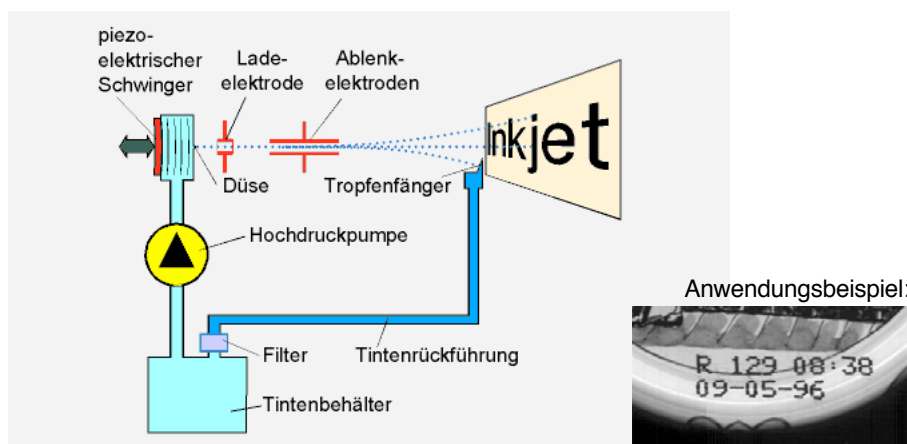
Tintendrucker



- 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 drei oder vier verschiedene Behälter: CMY oder CMYK
- 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)
- Praktischer Aspekt:
 - Tinten-Ausdrucke auf Transparentfolie gut geeignet für Durchlicht
- Detailinformationen: <http://www.inksystems.de/info-tintenstrahldrucker.php>

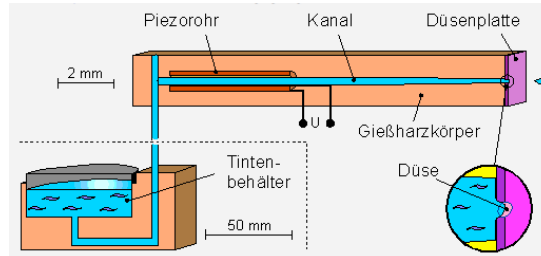
Echter Tintenstrahldrucker

- Tinte wird mit hoher Geschwindigkeit auf praktisch beliebige Gegenstände gespritzt
- Beispiel "Continuous Jet"-Verfahren:

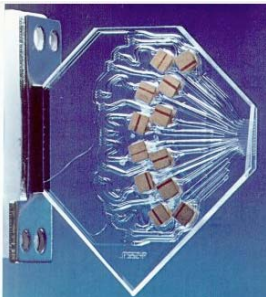


Evolution der Tintendrucktechnik

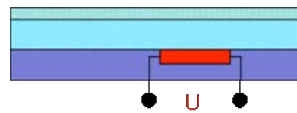
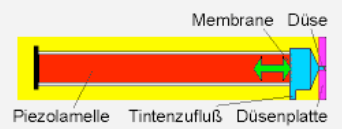
Siemens
"Drop on Demand"
(1977)



Glasgeätzter
Piezo-Druckkopf
(Epson 1985)



Piezo-
Lamellen
(Dataproducts,
1987)



BubbleJet-Zelle
als integrierte Schaltung
(Canon, Xerox)

Ludwig-Maximilians-Universität München

Prof. Hußmann

Medientechnik – A1 - 72

Thermografische Drucker

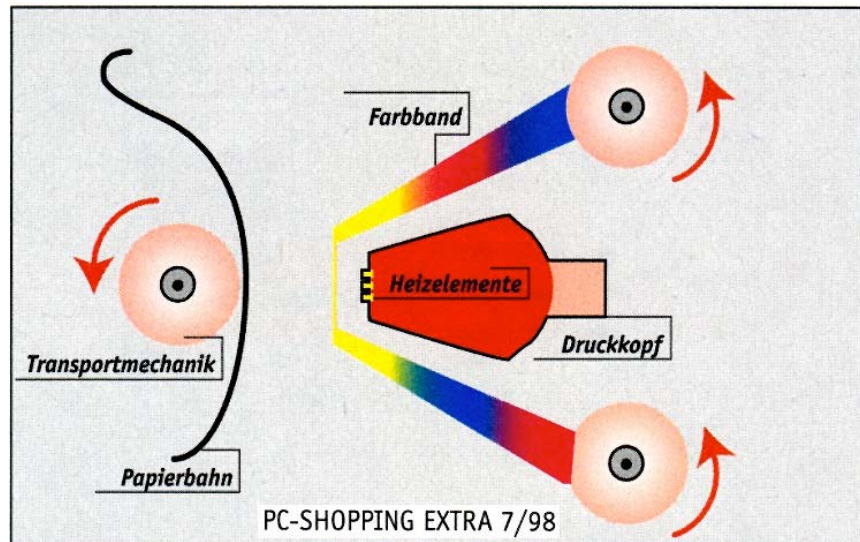
- Funktionsprinzip:
 - Farbe liegt auf speziellen Folien oder Druckbändern vor
 - Mechanik positioniert Druckkopf über gewünschter Stelle des Papiers und positioniert passende Farbfolie zwischen Druckkopf und Papier
 - » meist nur eine Farbe je Durchgang über Blatt, d.h. 3 Durchgänge
 - Druckkopf erhitzt 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

Ludwig-Maximilians-Universität München

Prof. Hußmann

Medientechnik – A1 - 73

Funktionsweise Thermosublimationsdrucker



Exkurs: Geschäftsmodelle im Drucker-Bereich

- **"Razor and blades business model"**
(auch: "bait and hook model", "tied products model", Koppelproduktmodell)
 - Angeblich erfunden von King C. Gillette, amerikanischer Hersteller von manuellen Rasierapparaten und Klingen
 - Prinzip: Verkaufe ein Grundprodukt zu extrem günstigem Preis (praktisch zu Herstellungskosten, manchmal sogar mit Verlust) und erziele den Gewinn durch Verbrauchsartikel, die für die Verwendung des Hauptprodukts nötig sind.
 - Weit verbreitet im Markt für Drucker (Tintenstrahl- und Laserdrucker)
 - » Grund für die Inkompatibilität der Systeme verschiedener Hersteller
 - Juristisch zweifelhaft, z.B. bei Autoersatzteilen existieren in den USA Gesetze, die dieses Geschäftsmodell ausschließen