

# Teil IV Displays

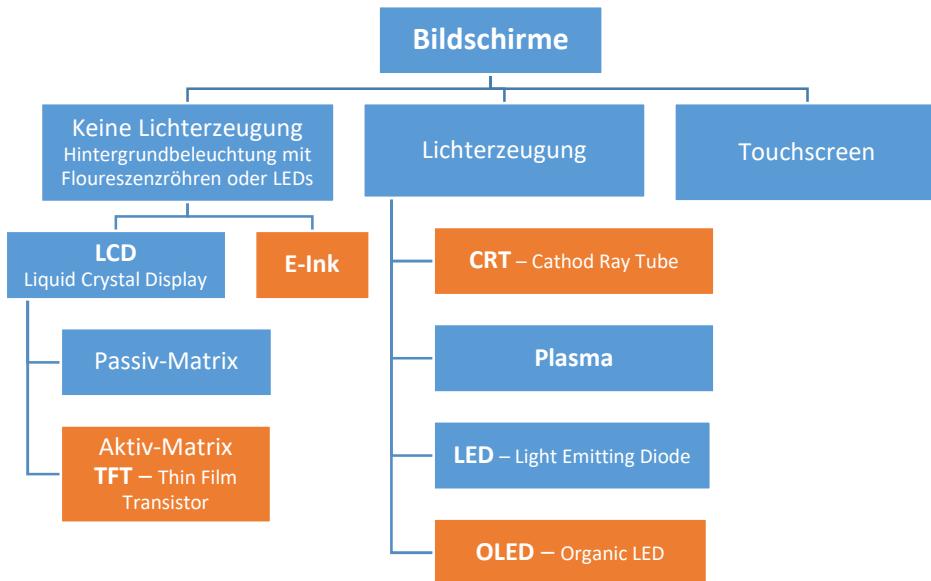
---

1.	Übersicht Bildschirme.....	2
2.	Computermonitore.....	2
2.1.	CRT Monitor .....	3
2.2.	LCD – Liquid Crystal Display .....	7
2.2.1.	Einordnung der Technologie.....	7
2.2.2.	TFT – Thin Film Transistor-Bildschirm.....	8
2.3.	Weitere Bildschirmtechnologien .....	14
2.3.1.	Plasma-Technologie.....	14
2.3.2.	OLED-Bildschirme (Organische Leuchtdiode).....	16
2.3.3.	E-Ink-Displays.....	18
3.	Touchscreens.....	19
3.1.	Optische Touchscreens .....	19
3.2.	Resistive Touchscreens .....	20
3.3.	Kapazitive Touchscreens .....	21
3.3.1.	Oberflächen-kapazitive Touchscreens.....	21
3.3.2.	Projiziert-kapazitive Touchscreens .....	21
3.4.	3D-Touch .....	22
4.	Exkurs: Strahlungsarmut und Ergonomie.....	23

# 1. Übersicht Bildschirme

Ein **Bildschirm** (auch Display, Monitor) ist ein Ausgabegerät zur Darstellung von Zeichen oder Bildern. Es ist somit eine Anzeige im technischen Sinne. Die Darstellung ist, im Gegensatz zum Videoprojektor, direkt auf dem Gerät sichtbar.

## Bildschirmkategorien:



Bei einem **Computermonitor** handelt es sich um einen Bildschirm zum Anschluss an einen Computer. Es gibt verschiedene Display-Techniken zur Darstellung von Information, die in der IT mehr oder weniger von Bedeutung sind. **Touchscreens** basieren auf einer anderen Technologie (zB. TFT) und stellen eine eigene Kategorie dar.

# 2. Computermonitore

## Monitortypen

- **CRT – Cathod Ray Tube** (Kathodenstrahlbildschirme)
- **TFT – Thin Film Transistor** (Dünnfilmtransistorbildschirme; Flachbildschirme)
- **OLED – Organic LED** (Organische Leuchtdioden)

## Monitor + Grafikkarte = Grafikeinheit

Der Monitor und die Grafikkarte sind ein zusammengehörendes Gespann; der beste Monitor taugt nichts, wenn er an eine schlechte Grafikkarte angeschlossen ist; umgekehrt gilt diese Regel genauso. Ein Monitor soll nicht nur die Daten der eingebauten Grafikkarte problemlos bewältigen, sondern besser noch über eine Leistungsreserve verfügen.

Aktuelle Grafikkarten sind den meisten gebräuchlichen Monitoren technisch überlegen, und demnach **gibt der Monitor und nicht die Grafikkarte die machbare Bildqualität vor**.



CRT-Monitor



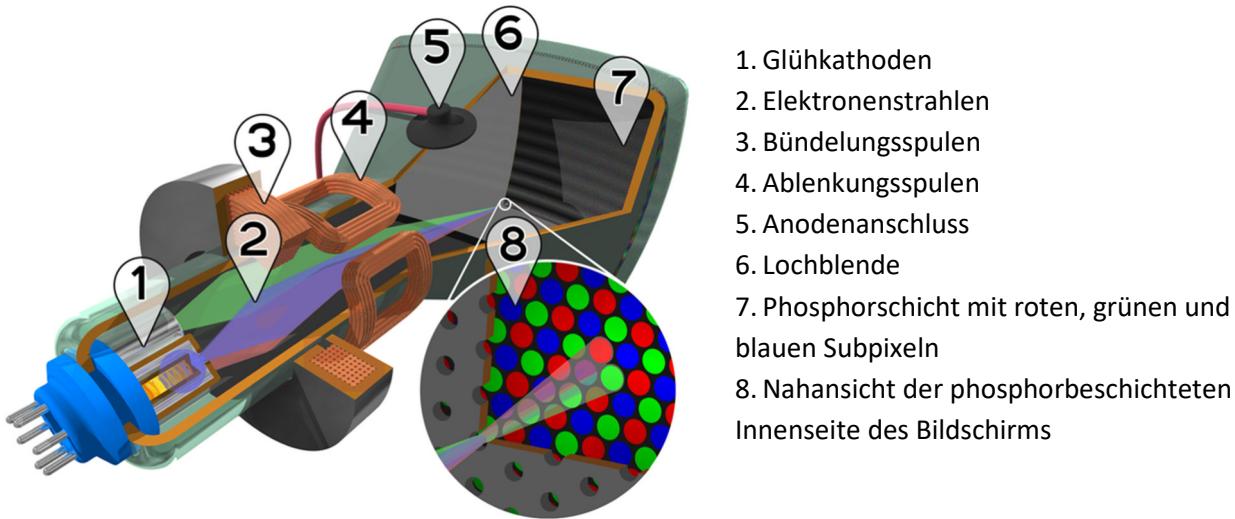
4K TFT-Monitor



Dell UP3017Q – Der erste OLED Monitor

## 2.1. CRT Monitor

### Funktionsweise



CRT-Monitore arbeiten mit **Kathodenstrahlröhren** (Braun'sche Röhre, CRT = Cathode Ray Tube).

Die **drei Kathoden**<sup>1</sup> sind **negativ geladene Elektroden**, die auf Grund einer hohen angelegten **Beschleunigungsspannung** (bis 25 kV) Elektronen Richtung **positiv geladener Anode** aussenden – umso mehr, je heller der Bildpunkt werden soll. Diese (farblosen) Elektronen treffen durch eine **Maske** (Lochmaske, Streifenmaske, Schlitzmaske), die etwa 20 mm hinter dem Bildschirm angebracht ist, auf eine speziell **beschichtete Glaswand**, die, wenn sie von Elektronen getroffen wird, kurz aufleuchtet – ein leuchtender Punkt wird sichtbar. Der Strahl wird dabei von einem Magnetfeld, das **von 2 Spulen** (eine für die vertikale, eine für die horizontale Ablenkung) erzeugt wird, **abgelenkt** und damit **zeilenweise über den Bildschirm geführt**. Diese Bewegung wird immer wieder durchgeführt.

Die Geschwindigkeit, mit der der Strahl eine Zeile durchläuft, heißt **Horizontalfrequenz**. Die vertikale Ablenkfrequenz ist die **Bildwiederholfrequenz**.

Der **Startpunkt** des Elektronenstrahls ist stets in der **linken oberen Ecke der Bildröhre**. Man unterscheidet zwei Arten des Bildaufbaus:

- „**Non-Interlaced-Mode**“; „**Progressive Scan**“: hier wird Zeile für Zeile geschrieben und nach dem Durchlauf der letzten Zeile (der Bildschirm wurde vollgeschrieben) wird der Strahl dunkel und wieder an den Startpunkt gesetzt.
- Im „**Interlaced-Mode**“ wird ein Bild in zwei Schritten aufgebaut. Im ersten Durchlauf wird die 1., 3., 5., ... Zeile geschrieben, dann erfolgt der Strahlrücklauf zur zweiten Zeile, dann wird die 4., 6., ...

---

<sup>1</sup> Bei Farbmonitoren ist jedes Pixel der Leuchtschicht in drei Leuchtpunkte aufgeteilt, die so genannten **Tripel**. Je ein Leuchtpunkt ist für die Farben **Rot, Grün und Blau** zuständig, alle anderen Farben werden durch **additive Mischung** aus diesen drei Grundfarben erzeugt.

Zeile geschrieben. Das menschliche Auge setzt diese beiden Bilder unmerklich zu einem einzigen zusammen.

Das Material der inneren **Bildschirmbeschichtung** ist sehr unterschiedlich beschaffen. Die Leuchtstoffe selbst werden oft **Phosphore** genannt. Es handelt sich dabei jedoch nicht um das chemische Element Phosphor, sondern um Verbindungen, die **Fluoreszenz** zeigen und durch Elektronenbeschuss zum Leuchten angeregt werden.

Bei den ersten (grünen, orangen) Monitoren mit geringen Bildwiederholraten, leuchtete das Material lange nach, um ein Flimmern zu verhindern. Dabei bestand auch die Gefahr des Einbrennens, wenn der Strahl mit zu hoher Intensität zu lange auf eine bestimmte Stelle fiel (**Bildschirmschoner** waren in diesem Fall für die Lebensdauer wichtig)! Später waren CRT-Monitore **davon nicht mehr betroffen**, sofern man mit normalen Kontrasten und Helligkeiten arbeitete.

## CRT-Eigenschaften

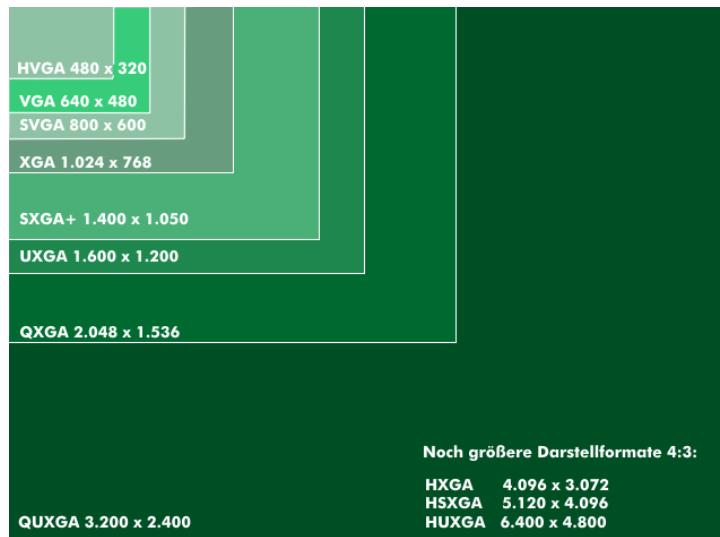
### Bildschirmdiagonale

Das augenscheinlichste Merkmal eines Monitors (im Wesentlichen auch verantwortlich für den Preis) ist die Größe des Bildschirms, die in ihrer **Diagonale in Zoll angegeben** wird. Die kleinsten üblichen Diagonalen sind ca. 10“ (Laptops), die größten über 30“. Wie groß ein Monitor sein soll, hängt **von den Anwendungen** ab, für die er gebraucht wird. Allein zur Textverarbeitung reicht ein kleinerer Monitor, für ausgeprägte grafische Programme sollte es ein größerer sein.

**Die Bildschirmgröße ist nicht gleich der Bildgröße!**

### Auflösung

Die Auflösung (Anzahl der Bildpunkte) allein ist wiederum **kein Wert an sich**. Ein Monitor mit 14“ Bildschirmdiagonale und einer Auflösung von 2048x1536 Bildpunkte ist denkbar ungeeignet. Die Bildpunkte und damit Icons und Schriften sind bereits so klein, dass sie kaum mehr lesbar sind.



Die Auflösung wird folgendermaßen angegeben:

**Bildpunkte in horizontaler Richtung x Bildpunkte in vertikaler Richtung.**

CRT-Monitore können in der Regel in unterschiedlichen Auflösungen betrieben werden.

Das Standardseitenverhältnis bei CRT-Monitoren ist **4:3**.

## Bildwiederholfrequenz (vertikale Frequenz)

gibt an, **wie oft das Bild in der Sekunde aufgebaut wird**. Zu einem ergonomischen Arbeitsplatz gehört ein Monitor, der nicht flimmert. Empfehlungen sehen eine Bildwiederholfrequenz von min. 75 Hz vor. Neue EU Bildschirmrichtlinien hoben diese Grenze auf 85 Hz an (seit TCO 03, siehe unten).

**Merke:** Bildflimmern wird bei großen Monitoren eher wahrgenommen als bei kleineren. Wählt man die Bildfrequenz zu hoch, so kann das zu Unschärfe führen und den Monitor über seine Leistungsgrenzen hinaus belasten.

**Je höher die Auflösung eingestellt wird, desto niedriger die Bildwiederholfrequenz!**

## Zeilenfrequenz (horizontale Frequenz)

**Maß für die Geschwindigkeit, mit der der Elektronenstrahl eine Zeile durchläuft in kHz.** Die Zeilenfrequenz ermöglicht bei einer bestimmten Auflösung eine bestimmte Bildwiederholrate.

$$\text{Zeilenfrequenz} = \text{Zeilenzahl (vertikale Auflösung)} \times \text{Bildwiederholfrequenz}$$

**Beispiel:** Was bedeutet das für einen Monitor mit der Auflösung 1280x1024 und einer vertikalen Frequenz von 75Hz? **(1.024 x 75 = 76.800 Hz = 76,8 kHz)**

Die beiden **Frequenzen** (horizontal und vertikal) sind also **voneinander abhängig**, und zwar über die Zeilenzahl.

## Pixeltakt (Pixelfrequenz, Dot Clock) – (Video)Bandbreite

Die Bandbreite ist die **Grenzfrequenz des Videoverstärkers im Monitor** und damit ein Maß für die vom Monitor pro Sekunde ansteuerbaren Bildpunkte (Anzahl der Pixel / Sekunde) **in MHz**.

Für ein möglichst **scharfes und kontrastreiches Bild wird eine Bandbreite (Pixelfrequenz) des 1,5- bis 2-fachen der Pixelfrequenz der Grafikkarte benötigt.**

$$\text{Pixeltakt} = \text{Zeilenfrequenz} \times \text{horizontale Auflösung}$$

$$\text{Pixeltakt} = \text{Auflösung} \times \text{Bildwiederholfrequenz}$$

**Beispiel:** Berechne den Pixeltakt eines Monitors mit Auflösung 1.280 x 1.024 und vertikaler Frequenz 75Hz! **(1.280 x 1.024 x 75 = 98,3 MHz)**

Hier bleibt die Zeit für die Zeilensprünge unberücksichtigt. Sie wird öfters mit einer Reserve (Overhead) von 5-10% berücksichtigt.

$$\text{Pixeltakt} = \text{Zeilenfrequenz} \times \text{horizontale Auflösung} \times 1,1$$

$$\text{Pixeltakt} = \text{Auflösung} \times \text{Bildwiederholfrequenz} \times 1,1$$

## Lochmaskenabstand

Der Lochmaskenabstand bestimmt den **Abstand zwischen zwei Öffnungen der Lochmaske in Millimeter (mm)**. Je geringer dieser Abstand ist, desto höher ist die Auflösung bei gegebener Bildschirmdiagonale.

Bsp: Lochmaske 0,21 mm

## Leuchtdichte (Helligkeit)

Die **Leuchtdichte L** (engl. luminance) ist das fotometrische Maß für das, was Menschen als **Helligkeit** wahrnehmen in cd/m<sup>2</sup>, zB 260 cd/qm<sup>2</sup>. Das Candela ist die **Lichtstärke I** (*luminous intensity*), die von einer Lichtquelle in eine bestimmte Richtung abgestrahlt wird.

Eine Lichtquelle erscheint also umso heller, je kleiner ihre Fläche im Vergleich zur Lichtstärke I ist. (Das Lumen ist der Lichtstrom (*luminous flux*), der von einer punktförmigen Lichtquelle ausgeht, die eine gleichmäßige Lichtstärke von einem Candela besitzt.)

## Kontrastverhältnis

Das Kontrastverhältnis gibt den **relativen Helligkeitsunterschied zwischen dem höchsten Weißwert und dem Schwarzwert** in einem bestimmten Umgebungslicht an. Das **Kontrastverhältnis** ist der **Quotient aus der maximal und der minimal darstellbaren Leuchtdichte** zB eines Monitors. Ein hohes Kontrastverhältnis sorgt für kontrastreichere, brillantere Bilder.

**Beispiele** für Kontrastwerte:

Röhrenmonitore 500:1; 800:1

TFT-Monitore 5.000:1

Beamer 2000:1; 15.000:1

Wird bei Bildschirmen ein **dynamischer Kontrast** angegeben, so handelt es sich um BS, die die Hintergrundbeleuchtung in Abhängigkeit vom angezeigten Bild variieren können (zB bei TFTs).

## Anschlüsse

Der **VGA-Anschluss** ist ein analoger Bildübertragungsstandard.

Der Ausgang der Grafikkarte ist stets eine Buchse (Kontaktpins unsichtbar).

Der Eingang am Anzeigegerät kann je nach Typ beiderlei Geschlechts sein.

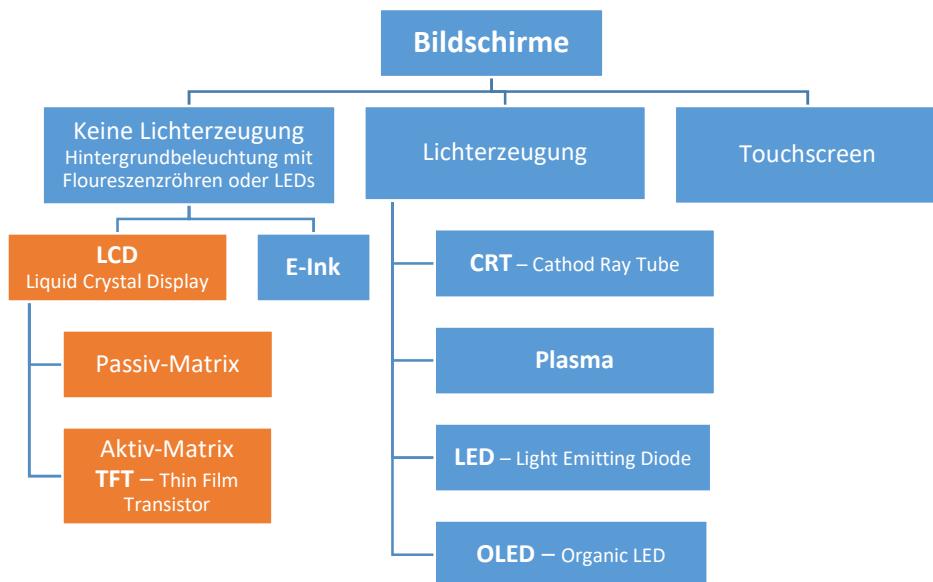
In der Regel (alle modernen Röhren- und TFT-Monitore) ist dieser aber ebenfalls eine Buchse, sodass ein Verbindungskabel zwei Steckerenden (Kontaktpins sichtbar) benötigt. Viele Anzeigegeräte haben auch ein fest angebrachtes Kabel, wobei dieses mit einem Stecker endet und an die Buchse der Grafikkarte passt.

Abzugrenzen von VGA sind die digitalen Standards **DVI, HDMI und Display Port**.



## 2.2. LCD – Liquid Crystal Display

### 2.2.1. Einordnung der Technologie



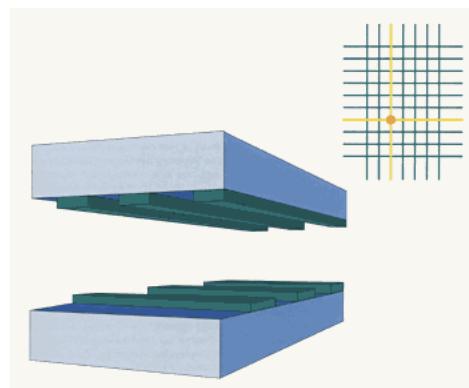
### Ansteuerung

Bei im Computerbereich eingesetzten LC-Displays können nach der Art der Ansteuerung der LCD-Zellen **Aktiv-Matrix-Displays** und **Passiv-Matrix-Displays** unterschieden werden.

#### Passiv-Matrix

**Matrixansteuerung der Bildpunkte:** Jeder Punkt liegt an der Kreuzung einer Spalte und einer Zeile, die in Form durchsichtiger Leiterbahnen in die Gläser der Flüssigkristallzelle eingebettet sind.

Die älteren Passiv-Matrix-Displays werden lediglich mit den beiden oben erwähnten Elektroden angesteuert, dh. es findet **keine elektrische Ladungsspeicherung** statt. Daher kehren die Moleküle des Flüssigkristalls mit der Zeit wieder in ihren Ursprungszustand zurück, und die **Zelle** muss in regelmäßigen Zeitabständen **erneut angesteuert** werden.



#### Aktiv-Matrix (TFT – Thin Film Transistor)

Bei Displays mit einer hohen Anzahl von Zellen erfolgt deshalb eine elektrische **Ladungsspeicherung über** einen zusätzlichen **Kondensator** in jeder Zelle. Zur direkten Ansteuerung eines jeden Kondensators existiert in jeder Zelle **ein Transistor** (ein so genannter Thin-Film-Transistor – TFT), der die angelegte Spannung auf den Kondensator durchschaltet. Da bei dieser Anordnung jede Zelle des Displays ein aktives Bauelement enthält, werden diese Displays als **Aktiv-Matrix-Displays** bezeichnet. Aufgrund der Tatsache, dass mit Hilfe des Kondensators größere Ladungen über einen längeren Zeitraum gespeichert werden können, steigt die mittlere Leuchtdichte einer Zelle und damit der Kontrast des Displays.

Die aktuellen LCD Monitore werden fast ausschließlich als TFT-LCDs realisiert.

## Vorteile gegenüber CRTs

Im Gegensatz zu CRTs ist bei Flachbildschirmen die **Bildgröße gleich der Bildschirmgröße**: es gibt üblicherweise keinen Rand. Dadurch liefert ein 15“ LC-Display ein fast genauso großes Bild wie ein 17“ CRT.

### Vorteile gegenüber Röhren:

- keine geometrischen Verzerrungen
- Unempfindlichkeit gegenüber magnetischen Störungen
- gleiche Schärfe auf der ganzen Darstellungsfläche
- geringeres Gewicht sowie geringe Einbautiefe (Platz sparend)
- energiesparend (keine Heizer!)
- kein Flimmern, trotz einer Frequenz von 60Hz
- emissionsfrei (kein „Elektrosmog“)

## 2.2.2. TFT – Thin Film Transistor-Bildschirm

### Grundsätzliche Funktionsweise einer LCD-Zelle

**Exkurs:** Eine Flüssig-Kristall Zelle (LCD-Zelle) funktioniert ähnlich wie eine **Polaroid-Sonnenbrille**: Hält man zwei Polaroidgläser übereinander und beginnt, sie gegeneinander zu verdrehen, so sieht man zunächst immer weniger und dann gar nichts mehr.

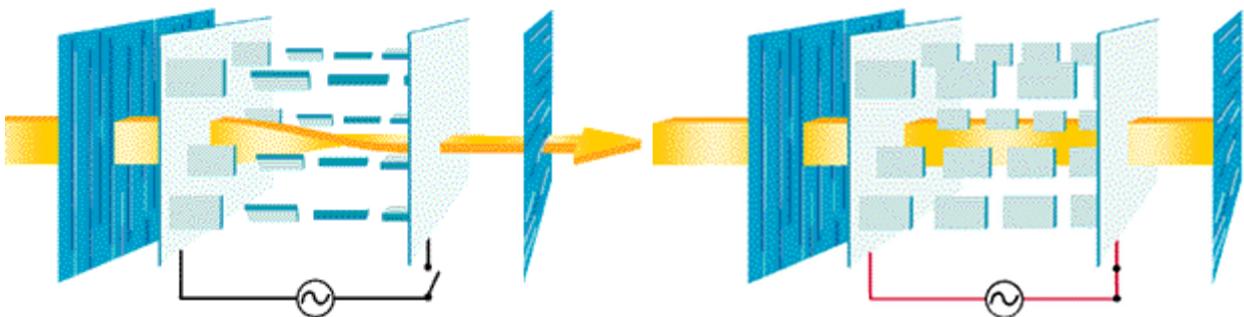
Dieser Effekt kommt deshalb zustande, weil Polaroidglas **nur für Lichtwellen durchlässig ist, die in einer bestimmten Ebene schwingen**.

Werden **zwei solcher Gläser übereinander gehalten und um 90 Grad gegeneinander verdreht**, so kann ein Teil des Lichts zwar noch durch das erste Glas hindurchgelangen, jedoch nicht mehr durch das zweite, denn dieses steht nun „quer“ zu den ankommenden **Lichtwellen und filtert sie heraus**.

### Eine LCD-Zelle funktioniert nach dem gleichen Prinzip:

Sie besteht aus **zwei** gegeneinander **um 90°** verdrehten **Polarisationsfiltern**, durch welche kein Licht hindurchgelangen kann. Dazwischen befindet sich eine **Schicht aus Flüssigkristallen**, welche die natürliche Eigenschaft hat, die **Schwingungsebene (die Polarisation)** von Licht zu drehen.

Wenn **keine Spannung** anliegt, sind die Molekülketten um 90 Grad gedreht (twisted). Die Flüssigkristall-Schicht ist gerade so dick, dass das Licht, welches durch den ersten Polarisationsfilter hindurchgelangt, **um 90° zurückgedreht wird** und damit auch durch den zweiten Polarisationsfilter gelangen kann. Das **Hintergrundlicht** wird somit durch diese Umlenkung **durchgelassen** und für den Betrachter sichtbar.



keine Spannung liegt an

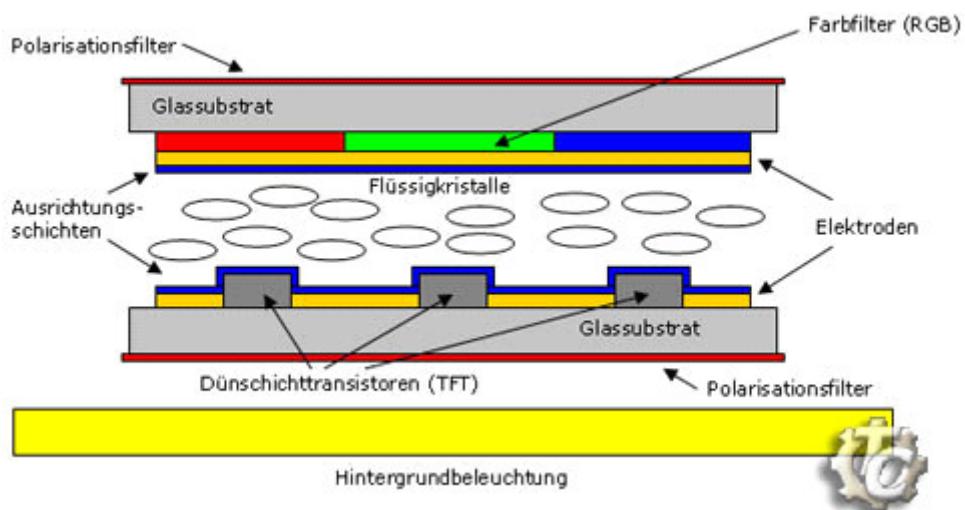
Spannung liegt an

Durch **Anlegen einer Spannung** werden die **Flüssigkristalle** aus ihrer natürlichen Position weggedreht und richten sich **gerade** aus. Je nach **Spannung** wird das polarisierte Licht am zweiten Polarisationsfilter absorbiert. Damit kann das **Licht** an dieser Stelle des TFT Bildschirms **zunehmend schlechter austreten**, der Bildpunkt wird dunkel.

### Der Aufbau der Bildpunkte eines TFT-LCDs

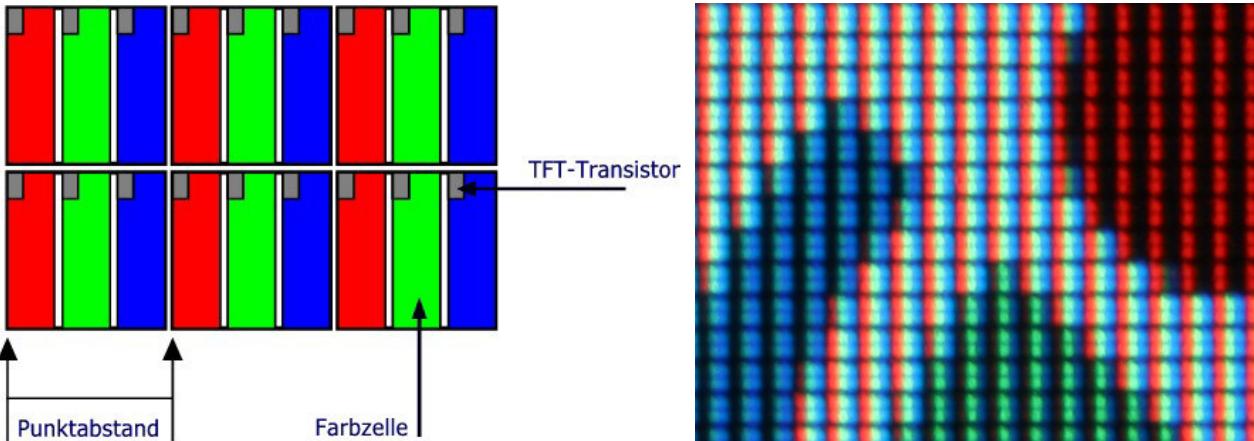
Die Spannung wird bei jeder LCD-Zelle durch einen **Kondensator** erzeugt (10-20V), und ein **TFT-Element** (Dünnschichttransistor) ist für die Steuerung der Zelle zuständig. Der **TFT** darf nicht das Lichtventil verdecken, deshalb hat er nur ca. **1/10 der Größe des Lichtventils**. Für jeden **Bildpunkt** gibt es diesen Aufbau **dreimal**, für **Rot, Grün und Blau** – analog zu den Leuchtstoffen bei den Röhrenmodellen.

Das **Licht** für das LCD-Display entsteht im hinteren Teil des Bildschirmgehäuses durch kleine **Fluoreszenzröhren**, wie sie im größeren Maßstab zur Raumbeleuchtung benutzt werden (= **Hintergrundbeleuchtung**). Werden für die Hintergrundbeleuchtung **LEDs** (energiesparender, höhere Leuchtdichte) verwendet, so spricht man auch von **LED-Displays**.



Die **Farbfilter** für Rot, Grün und Blau, sind nebeneinander auf das Glassubstrat aufgebracht. Jeder einzelne **Bildpunkt** (Dot) setzt sich aus **drei** dieser **Farbzellen** oder **Bildelemente** zusammen. Man hat somit bei einer Auflösung von zB. 1280 x 1024 genau **3 x 1280 x 1024 TFTs und Bildelemente**. Moderne TFT-Displays haben **Reservetransistoren** bei jeder Farbzelle, um das Problem „**toter Pixel**“ zu reduzieren. Farbstörungen werden durch zwei spezielle Folien (= **Film**) ausgeglichen, die vor und hinter der Zelle angebracht sind.

Der **Punktabstand** beträgt heute weniger als 0,25 mm. Je kleiner der Abstand, desto höher die mögliche Auflösung. TFT-Bildschirme sind **für genau eine Auflösung optimiert**, andere Auflösungen müssen interpoliert werden.



Die **Bildwiederholrate** spielt bei **Aktiv-Matrix-TFTs** eine untergeordnete Rolle. In LCDs wird kein Elektronenstrahl über eine Phosphorschicht geführt, sondern jeder einzelne Pixel von einem eigenen Transistor angesteuert. Da die Pixel zudem einen kleinen internen Speicher besitzen, erlischt der Bildpunkt nach Wegfall der Ansteuerung nicht sofort; so bleibt das Bild auch bei niedrigen Frequenzen stabil.

Wenn das Bild bei 60 Hz flimmert, ist das LCD in der Regel nicht richtig synchronisiert. Um es zu synchronisieren, ist die Frequenz und Phase in **Gleichklang mit den Signalen der Grafikkarte** zu bringen (On-Screen-Menü).

## Probleme mit TFTs

Probleme ergeben sich aus dem Fertigungsprozess der Panels, wobei **Pixelfehler** nicht ausgeschlossen werden können (siehe [Pixelfehlerklassen](#)).

Ein weiteres (kleines) Problem von TFT-Displays entsteht **durch die Polarisationsfilter**. Die Polarisationsfilter lassen nur horizontal einfallendes Licht durch. Hierdurch soll eine **gleichmäßige Helligkeitsverteilung** erreicht werden, so dass der Monitor in der Mitte des Bildes nicht heller erscheint als an den Rändern. Das wirkt sich allerdings auch auf die **Betrachtung des Monitorbildes** aus, das nur dann **optimal** ist, wenn man **genau mittig vor dem Monitor sitzt**. Verändert man seine Lage, so dass man **von der Seite** auf den Monitor schaut, **verändert sich das Bild in Farbe, Helligkeit und Kontrast**.

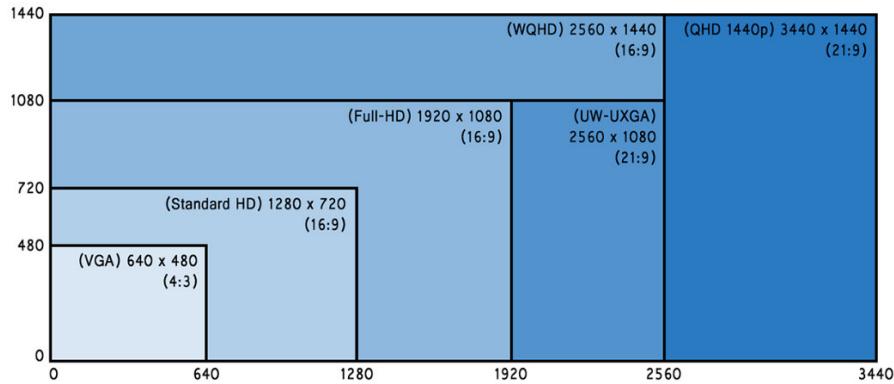
Auch die korrekte **Darstellung der Farbe SCHWARZ** ist ein Problem, da mit einer Hintergrundbeleuchtung gearbeitet wird und schwarz durch Abdunkeln des Bildpunktes entsteht. Tatsächlich kommt immer ein wenig Restlicht durch das Panel, wodurch die Anzeige von tiefem Schwarz nicht möglich ist.

## TFT-Eigenschaften

Grundsätzlich gelten sämtliche Eigenschaften der CRT-Bildschirme auch für die TFTs, wie zB.

- die **Bildschirmdiagonale** in Zoll (1 Zoll = 2,54cm = 1 inch)
- die maximale **Auflösung**, zB. (1680 x 1050 Bildpunkte (Pixel))

Achtung: TFTs sind für **genau eine Auflösung** optimiert, andere Auflösungen müssen interpoliert werden, was zu Unschärfe führt.



- der **Punktabstand** in mm, zB 0,233 mm
- die maximale **Bildwiederholfrequenz**, in der Regel 60 Hz
- der Standard für Strahlungsarmut und Ergonomie, zB. **TCO 06**
- Das **Kontrastverhältnis**, zB. 5.000:1
- die **Leuchtdichte** (Helligkeit) in Candela/qm<sup>2</sup> (260 cd/qm<sup>2</sup>)

Zusätzlich sind hier jedoch noch folgende Eigenschaften erwähnenswert:

- die Bildaufbauzeit
- der Betrachtungswinkel
- die Anschlüsse (VGA, DVI, HDMI Display Port)
- Anzahl der Transistoren/Pixelzelle
- die Pixelfehlerklasse
- das Seitenverhältnis (Standard: **16:9** und 21:9).

## Bildaufbauzeit (Reaktionszeit)

Hiermit ist die **Reaktionsgeschwindigkeit der Flüssigkristalle** gemeint. Die Reaktionszeit gibt die Zeit in **Millisekunden** an, in der ein **Leuchtpixel von Weiß auf Schwarz** umschaltet. Schnelle Bewegungen verursachen bei einem TFT bei mehr als 16-20 Millisekunden bereits deutliche Schlieren. Eine **möglichst kleine** Reaktionszeit ist darum besonders für Gamer wichtig. Heutige LCD-Flüssigkristalle haben Schaltgeschwindigkeiten von etwa **2 – 30 ms**.

Sollten in Beschreibungen **2 Werte** angegeben sein (**rise/fall**), so muss man beide Werte **zusammenzählen**. Bei vielen Herstellern wird auch die englische Bezeichnung **Response Time** verwendet.

Hersteller geben die Schaltgeschwindigkeit verstärkt in der **Grau zu Grau-Norm** an.

Hintergrund: Eine kleinere Schaltgeschwindigkeit erweist sich als verkaufsfördernd.

Achtung: Ein TFT mit beworbenen 8 ms bei Grey To Grey-Ansteuerung ist nicht schneller als ein TFT mit 16 ms bei „Black To White“.

## Betrachtungswinkel

Angegeben in **Grad**.

**Bsp.:** (170°/170°) (Horizontal/Vertikal)

Bei Flachbildschirmen spielt der Betrachtungswinkel eine wesentliche Rolle, da es in Abhängigkeit von diesem zu Farbverfälschungen kommen kann. Der Blickwinkel ist als der Winkel definiert, bei dem noch ein Kontrast von 10:1 verbleibt, was nicht sehr gut ist und was letztendlich zu den wenig aussagefähigen Betrachtungswinkeln führt, die manchmal mit 170° und mehr angegeben werden.

## Anschlüsse

**VGA-Anschluss** (siehe CRT-Eigenschaften)

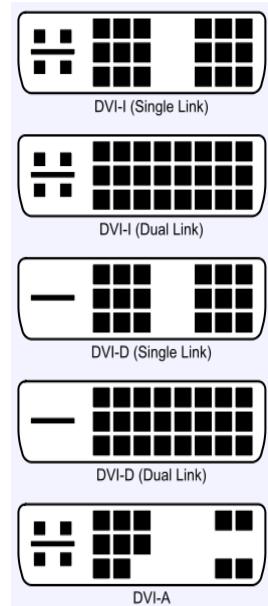
TFT-Bildschirme wurden va. in den Anfangsjahren mit VGA-Anschlüssen ausgestattet. Hauptgrund war die Möglichkeit der Weiterverwendung existierender Grafikkarten. Heute werden die Flachbildschirme jedoch häufig mit digitalen Anschlüssen versehen (DVI, HDMI).

### DVI – Digital Visual Interface

DVI ist zu einem Standard für den Anschluss von TFT-Monitoren an die Grafikkarte eines Computers geworden. Im Bereich der Unterhaltungselektronik gibt es Fernseher, die über einen DVI-Eingang Signale von digitalen Quellen, etwa Computer oder DVD-Player, verarbeiten.

Abhängig von der Pinbelegung eines DVI-Anschlusses kann dieser **analoge (DVI-A)**, **analoge und digitale (DVI-I)** oder **nur digitale (DVI-D)** Signale übertragen. Zudem ist es möglich zwei digitale Signale zugleich zu übertragen (Dual-Link), womit höhere Auflösungen möglich sind.

Mit einem Adapter können also VGA-Geräte auch an DVI-Ausgängen betrieben werden, sofern die entsprechenden Signalleitungen auch mit einem analogen Signal versorgt werden (nur bei DVI-I und DVI-A der Fall).



**Mini-DVI:** hauptsächlich von Apple verwendet, über Adapter auch mit dem DVI- und dem VGA-Standard kompatibel (auch **MICRO-DVI**)

### HDMI – High Definition Multimedia Interface



HDMI ist eine Schnittstelle für die **volldigitale Übertragung von Audio- und Video-Daten** in der Unterhaltungselektronik. Sie **vereinheitlicht** existierende Verfahren, erhöht gegenüber diesen die Qualitätsmerkmale und bietet weiterhin auch ein zusammenhängendes Kopierschutz-Konzept (HDCP). HDCP (High Definition Content

Protection) ist ein Hardware-Chiffrierverfahren welches digitale Bildsignale vor dem Kopieren schützen soll.



HDMI ist **abwärtskompatibel** zu DVI-D (Digital Visual Interface), der bis zur Einführung von HDMI einzigen weitverbreiteten digitalen Schnittstelle für Videodaten.

## DisplayPort

DisplayPort ist ein durch die Video Electronics Standards Association (**VESA**) genormter, universeller und lizenzzfreier Verbindungsstandard für die Übertragung von **Bild- und Tonsignalen**. Anwendungsbereiche sind der Anschluss von Bildschirmen und Fernsehgeräten an Computer, DVD-Spieler und ähnliche Geräte.



## Transistoren/Pixelzelle

Um eine gleichmäßige Helligkeit zu erreichen, arbeiten einige Hersteller mit mehreren Transistoren pro Pixelzelle. Das Problem: Je mehr TFTs, desto komplexer das Herstellungsverfahren, desto geringer die Ausbeute. Hinzu kommt, dass das Display **mit der steigenden Zahl an Transistoren immer dunkler** wird, weil das Licht durch den ganzen Schichtaufbau hindurchtreten muss und nur dort leuchtet, wo sich kein Transistor befindet.

Vorteile ergeben sich bei **Transistordefekten**, da auch nur ein funktionierender Transistor eine korrekte Ansteuerung noch immer möglich macht.

## Pixelfehlerklasse

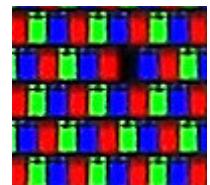
Bei fast allen TFT-Monitoren werden **Pixelfehler** produktionsbedingt nicht ausgeschlossen. Ein 15-Zoll-Display besteht alleine aus ca. 2,4 Mio Zellen (1024x768x3). Es ist selten, dass bei dieser hohen Anzahl an Zellen, auch alle funktionieren. Zellen die nicht richtig funktionieren weisen Fehler, in Form von zB **ständig leuchtenden** oder **schwarzen Pixeln** auf. Über die **ISO 13406-2** werden dem Kunden mit **definierten Pixelklassen**, Garantie-ähnliche Zusagen gemacht.

Mit der Zuordnung zu einer Fehlerklasse verpflichten sich Monitorhersteller, dass die Klasse in der Serienfertigung eingehalten wird. **Fehlertyp 1** (leuchtende Pixel) stören mehr als schwarze (**Fehlertyp 2**). Ein defekter Sub-Pixel der in rot, grün oder blau leuchtet, ist dagegen kaum störend (**Fehlertyp 3**). Infolge der unterschiedlichen Typen, ist die **tolerierte Fehleranzahl begrenzt**.

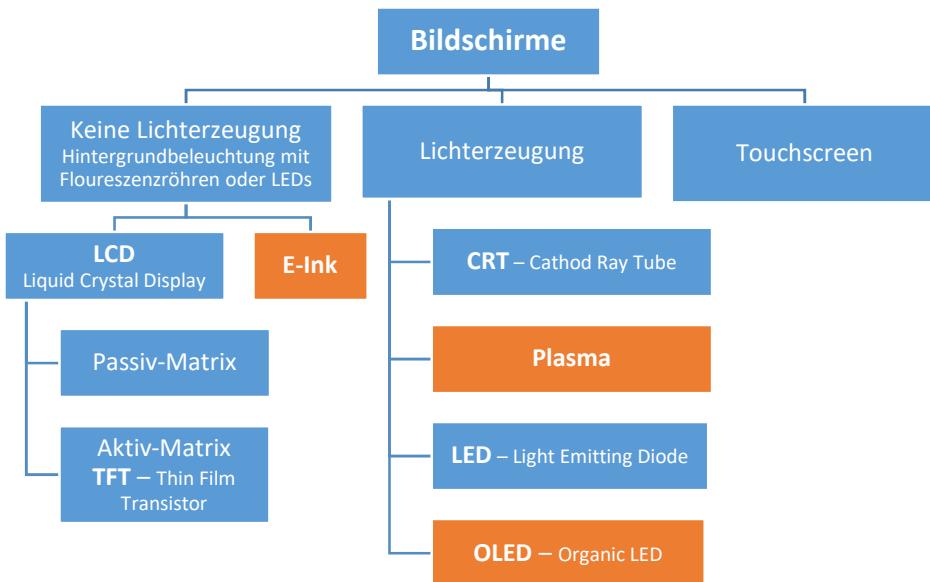
Pixelfehlerklasse	Fehlertyp 1 - ständig leuchtender Pixel	Fehlertyp 2 - ständig schwarzer Pixel	Fehlertyp 3 - defekter Subpixel, ständig leuchtend oder ständig schwarz
I	0	0	0
II	2	2	5
III	5	15	50
IV	50	150	500

Die genannten Zahlen beziehen sich **auf eine Million Bildpunkte**. Für einen gängigen 19-Zoll-TFT mit 1280x1024 Pixeln muss man die Werte noch mit ca. 1,3 multiplizieren, in Klasse II sind also 6 defekte Sub-Pixel erlaubt.

Zum **Aufspüren von Pixelfehlern** werden spezielle Programme benötigt. Diese füllen das Display mit einer einheitlichen Farbe (Weiß, Rot, Grün, Blau und Schwarz). Findet man auf der Fläche kleine Punkte, handelt es sich um Pixelfehler. Wichtig ist, vor dem Test den Bildschirm zu säubern, da bereits winzige Staubkörnchen das Licht des Monitors reflektieren und so versehentlich als Pixelfehler erkannt werden.



## 2.3. Weitere Bildschirmtechnologien

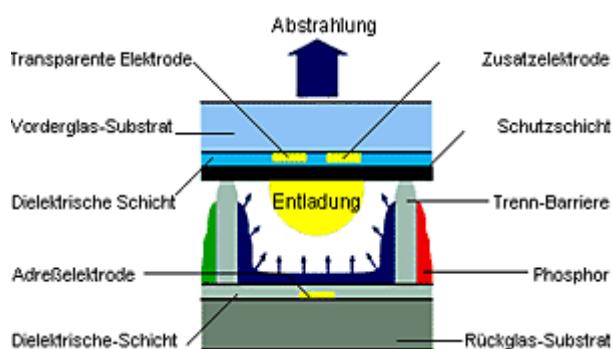


### 2.3.1. Plasma-Technologie

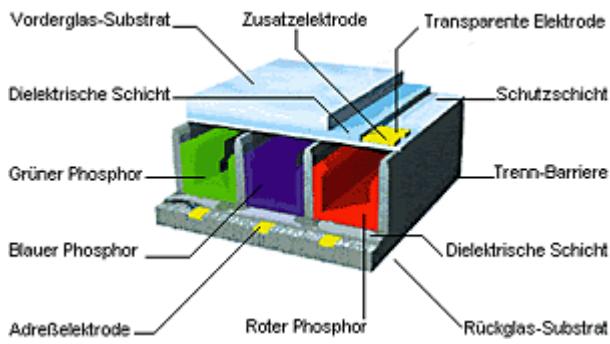
Ein **Plasmabildschirm** (englisch **PDP** für *Plasma Display Panel*) ist ein Farb-Flachbildschirm, der das verschiedenfarbige Licht mit Hilfe von Leuchtstoffen erzeugt, die durch **das von Gasentladungen erzeugte Plasma angeregt** werden.

Plasmabildschirme werden hauptsächlich als große (ab 42 Zoll Bildschirmdiagonale) Fernseh-Anzeigegeräte eingesetzt. Hier konkurrieren sie mit Flüssigkristallbildschirmen („LCD“) und OLEDs.

Plasma-Technologie unterscheidet sich von anderen Display-Systemen insofern, als hier in jedem Pixel (Bildpunkt) **Licht erzeugt** wird. Zwischen den flachen Glaspanelen bewirken aufgeladene Elektroden winzige Explosionen eines Neon-Xenon-Gasgemisches, die eine ultraviolette Lichtstrahlung verursachen, die ihrerseits durch verschiedene Leuchtstoffe (Phosphore) rotes, grünes und blaues Licht an der Bildschirmrückseite erzeugen.



Im Gegensatz zu den herkömmlichen Kathodenstrahlröhren, bei denen ein Bild in eine rasche Abfolge von Bildpunkten auf dem Bildschirm zerlegt wird, werden sämtliche Plasma-Displaypixel **gleichzeitig „erhellt“**. Das Plasmabild entsteht daher spontan und ist **äußerst scharf** (256 Abstufungen und insgesamt 16,7 Millionen Farben). Die Kammern werden dazu in kurzen Abständen gezündet – je länger eine Kammer gezündet ist, umso heller leuchtet sie. Das Bild erstreckt sich gleichmäßig bis in alle Ecken des Bildschirms – ganz ohne Verzerrung oder Flimmern.



+

- Präzise **Bildqualität** – keine Helligkeitsunterschiede zwischen der Mitte des Bildschirms und den Randbereichen
- Guter **Betrachtungswinkel** ( $160^\circ$  und mehr) – klarere Sicht einer größeren Zuschauerzahl auf den Bildschirm
- Unempfindlich gegenüber magnetischen Störungen
- Hohes **Kontrastverhältnis**, zB. 5.000.000 : 1

-

- **eingeschränkte Lebensdauer** (ca. 60.000 h ~ 20 Jahre), da nach und nach die Farben nicht mehr korrekt dargestellt werden können
- extrem **hoher „maximaler“ Stromverbrauch** (300 – 500 Watt) – der Stromverbrauch hängt vom dargestellten Bild ab (helle Bilder brauchen mehr Strom), durchschnittlich verbraucht ein Plasmabildschirm so viel Strom wie ein LCD-Bildschirm
- **Herstellung kleiner, hochauflösender Bildschirme nicht möglich;** → jeder Bildpunkt mindestens drei Kammern → hauptsächlich als große (ab 42") Fernsehgeräte eingesetzt
- **Einbrenngefahr**
- Seit 2014 praktisch **nicht mehr produziert**

## 2.3.2. OLED-Bildschirme (Organische Leuchtdiode)

Einstieg: [http://www.oled-forschung.de/videos/OLED\\_IAP\\_deutsch.mpg](http://www.oled-forschung.de/videos/OLED_IAP_deutsch.mpg)  
[http://www.oled-forschung.de/videos/OLED\\_Taste.mpg](http://www.oled-forschung.de/videos/OLED_Taste.mpg)

Die OLED-Technologie hat 30 Jahre nach der Entdeckung **den kommerziellen Durchbruch geschafft**. Der Umsatz mit OLED-Displays ist von 500 Mio. US-\$ im Jahr 2004 auf knapp 31 Mrd. US-\$ 2019 gestiegen.

In der Natur gibt es viele Beispiele für **Lumineszenzeffekte**. Der bekannteste Lumineszenzeffekt ist das Glühwürmchen, das sein gelbliches Licht ein- und ausschalten kann. Forscher haben die dahinter stehenden Grundlagen analysiert und festgestellt, dass einige natürliche Polymere Halbleitereigenschaften haben und somit für den Transport elektrischer Ladungen geeignet sind. Solche **konjugierte Polymere** können mittlerweile künstlich und genau spezifiziert hergestellt werden.



Erste wissenschaftliche Berichte über die **Elektrolumineszenz in organischen Materialien** datieren aus dem Jahr 1953. Die Geschichte des Elektrolumineszenz-(EL-)Displays begann aber erst 1987, als Kodak und kurz darauf Pioneer sich entschlossen, in diese Zukunftstechnologie zu investieren. Richtig in Schwung kam die Entwicklung, nachdem 1990 entdeckt wurde, dass sich konjugierte Polymere für den Einsatz in organischen Leuchtdioden eignen.

**Inzwischen sind zahlreiche organische Materialien bekannt, die beim Anlegen einer Spannung leuchten, ob gelb, grün, rot oder blau – alle Farben sind möglich.**

Die OLED-Technik wird für Bildschirme in **Smartphones, Tablet-Computern** sowie auch in großflächigen **Fernsehern** und **Computermonitoren** eingesetzt. Weitere Einsatzgebiete sind die großflächige **Raumbeleuchtung** und **intelligente Bedienelemente** (Displays in Tasten). Aufgrund der Materialeigenschaften ist auch eine Verwendung als **biegsamer** bzw. **transparenter** Bildschirm möglich.

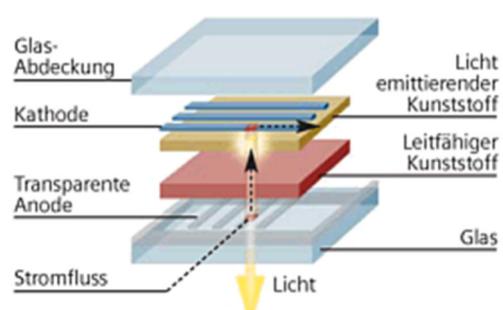
### OLED-Struktur

Video vom Fraunhofer Institut das erklärt wie OLEDs im Detail funktionieren:

<http://www.oled.at/technik.htm>

Das **Grundprinzip der OLEDs**:

Auf eine **transparente Elektrode** wird eine **dünne leuchtende Schicht** aufgetragen – ein Tausendstel eines Menschenhaars genügt (etwa 100-200 nm). Darauf kommt eine **zweite Elektrode**. Fließt Strom durch dieses Sandwich, leuchtet der Kunststoff.



## Wie funktioniert ein AMOLED Display?

AMOLED bedeutet **Active Matrix Organic Light Emitting Diode**. Bei AMOLEDs werden die einzelnen Pixel über eine Aktive Matrix gesteuert. Jeder Pixel verfügt über eine eigene Stromverbindung und wird dadurch zum Leuchten gebracht.

Im Vergleich zu Flüssigkristall-(LCD)-Bildschirmen weisen OLED-Bildschirme **Vorteile** auf, weil ihnen ein anderes Funktionsprinzip zugrunde liegt. Flüssigkristalle wirken wie eine Jalousie, die das Licht, das aus dem Hintergrund eingestrahlt wird, für den Betrachter im Vordergrund an- und ausschaltet. Dagegen benötigen OLED-Displays **keine Hintergrundbeleuchtung**, da die Dioden das Licht beim Anlegen einer elektrischen Spannung selbst emittieren. Ein dunkler Bildpunkt wird bei einem LCD-Display daher lediglich abgeschattet, bei einem OLED-Display wird er einfach ausgeschaltet.

Ein OLED-Display ist daher:

- **energieeffizienter** als ein voll hinterleuchtetes LCD-Display. Vor allen Dingen dann, wenn der Bildinhalt wenig helle Bilder zeigt, wie es häufig bei Filmen der Fall ist
- **kontraststärker** als ein herkömmlich hinterleuchtetes LCD-Display. OLED-Displays erreichen Kontrastwerte von bis zu 1.000.000:1.
- **sehr dünn**, da auf die Hintergrundbeleuchtung verzichtet werden kann (kann auch auf biegsame Materialien aufgetragen werden). Die Hersteller haben bereits drei Millimeter dünne OLED-Bildschirme gezeigt
- **sehr umweltfreundlich**, da die OLED-Funktionsschichten nur wenige Nanometer dünn sind und keine umweltkritischen Substanzen enthalten
- **nicht blickwinkelabhängig**
- **sehr schnelle Reaktionszeit** unter 1 Mikrosekunde (rund 1000-mal schneller als schnelle LCD → 1 Millisekunde)
- können **gedruckt** werden



Als Nachteil des OLED-Displays sei die **Einbrenngefahr** erwähnt, zB. rechts: eingebrannte App-Symbole beim iPhone X. Auch stellen die **vergleichsweise geringe Lebensdauer** (temperaturabhängig), die **hohen Herstellkosten** (große OLED-Bildschirme sind daher teurer als entsprechend große LCD-Bildschirme) und die im Gegensatz zu Leuchtdioden **geringe Lichtausbeute** nach wie vor ein Problem dar.

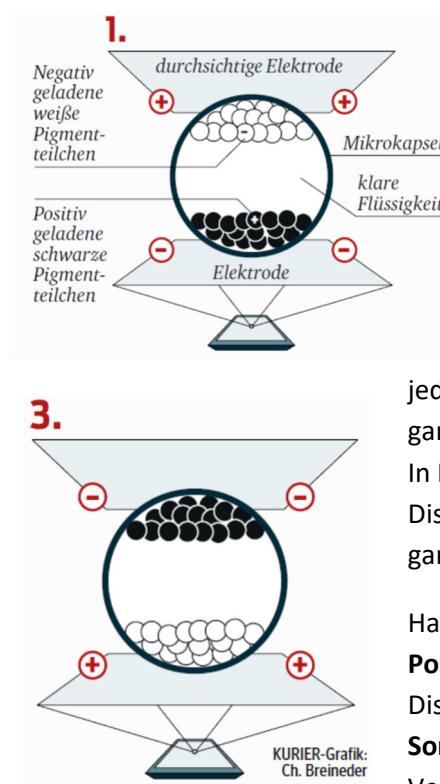
### 2.3.3. E-Ink-Displays

Als **Elektronisches Papier** werden Anzeigetechniken bezeichnet, mit denen versucht wird, das Aussehen von Tinte bzw. Farbe auf Papier nachzubilden. E-Paper-Displays reflektieren das Licht wie normales Papier, es sind also passive (nichtleuchtende) Anzeigen. Im allgemeinen Sprachgebrauch findet man auch den Begriff **E-Ink** als synonyme Bezeichnung für Elektronisches Papier.

Die erst 1996 erfundene Displaytechnologie etablierte sich durch den Erfolg des Amazon-Lesegeräts Kindle als **Standard bei E-Book-Readern**. Durch den langameren Bildaufbau und die eingeschränkte Farbdarstellung blieben E-Paper-Displays ein Nischenprodukt. Mittlerweile wird die Technologie bei **Smartwatches**, **elektronischen Preisschildern** und sogar in **Notebooks** eingesetzt.

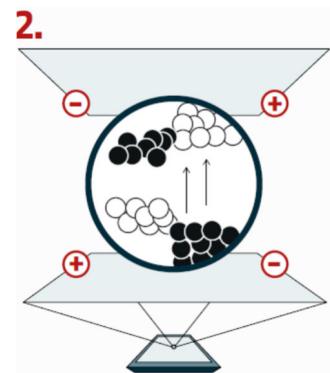


### Funktionsweise



Elektronische Tinte besteht aus Millionen winziger **Mikrokapseln**, deren Durchmesser etwa dem eines menschlichen Haars entspricht. Jede Mikrokapsel beinhaltet geladene **schwarze und weiße E-Tintenpartikel**, die in einer klaren Flüssigkeit schwimmen.

Wenn **elektrische Spannung** angelegt wird, bewegen sich die jeweiligen **Partikel nach oben**. Die Oberfläche jeder Mikrokapsel kann so ganz schwarz, ganz weiß oder halb/halb „gefärbt“ werden. In Kombination der Millionen Kapseln pro Display können so **Schriftzeichen** oder auch **Bilder** dargestellt werden.



Haben sich die Partikel einmal eingerichtet, **verharren sie in dieser Position**. Das macht elektronisches Papier extrem **energiesparend**. Die Displays sind auch **blickwinkelunabhängig** und auch **in grellem Sonnenlicht lesbar**. Ein Nachteil ist, dass der Aufbau einer Seite im Vergleich zu LCD-Bildschirmen dadurch geringfügig länger dauert.

### Beleuchtung

Da E-Ink-Displays nicht durchscheinend sind, ist keine Hintergrundbeleuchtung der Bildschirme möglich. Deshalb werden **am Displayrand LEDs verbaut**, deren Licht durch eine vor dem Display liegende Lichtleitfolie verteilt wird.

### 3. Touchscreens

Ein **Touchscreen** ist ein kombiniertes Ein- und Ausgabegerät, bei dem durch Berührung von Teilen eines Bildes der Programmablauf eines technischen Gerätes, meist eines Computers, direkt gesteuert werden kann. Die technische Umsetzung der Befehlseingabe ist für den Nutzer unsichtbar und erzeugt so den Eindruck einer unmittelbaren Steuerung eines Computers per Fingerzeig.

Das Bild, welches durch das (darauf oder darunter befindliche) **Touchpad berührungssempfindlich** gemacht wird, kann auf verschiedene Weise gesteuert werden.

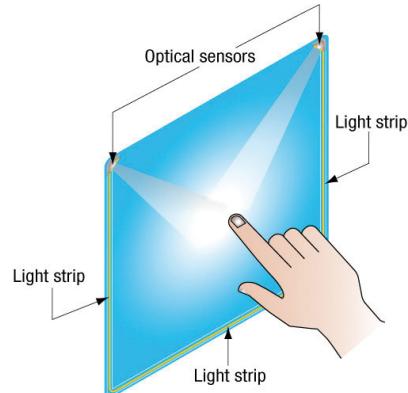
Ein **Multi-Touch-Screen** ist eine besondere berührungssempfindliche Oberfläche für die Eingabe von Daten mit Hilfe von **Gesten**. Der kapazitive oder optische Touchscreen **erkennt gleichzeitig mehrere Berührungen**, meist mit den Fingern, womit mehr Bedienmethoden zum Einsatz kommen können als bei Systemen, die nur einen einzigen Berührungspunkt gleichzeitig erfassen können.



Fertige Fingerspreiz-Geste zum Heranzoomen von Text

#### 3.1. Optische Touchscreens

Die ersten Touchscreens waren noch gewölbte Röhren-Bildschirme, vor denen eine plane Fläche eines **Lichtschrangengitters** gespannt wurde. Die Strahlen – jeder einzelne zwischen einem Paar aus LED und Sensor – liefen zeilen- und spaltenweise zwischen Spalten oder Lochreihen in der Brüstung des Bildschirm-Gehäuserahmens und wurden durch eine Fingerspitze optisch unterbrochen. Damit wurde eine Auflösung in der Größenordnung von 5 mm erreicht, was zur Auswahl grober Schaltflächen eines am Bildschirm angezeigten Menüs ausreicht (siehe Bild). Sie wurden der Robustheit wegen an **Bildschirmen von Geldausgabe- oder Fahrscheinautomaten verwendet**.



Optischer Touchscreen eines PCs (1983, HP 150)

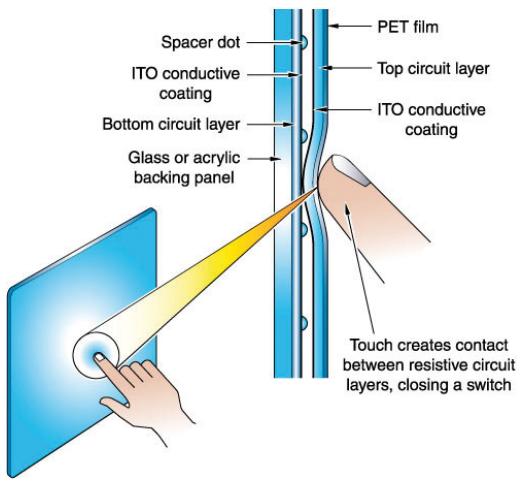
## 3.2. Resistive Touchscreens

Resistive Touchscreens reagieren auf Druck, der zwei elektrisch leitfähige Schichten stellenweise verbindet. Die Schichten bilden so einen **Spannungsteiler**, an dem der elektrische Widerstand gemessen wird, um die Position der Druckstelle zu ermitteln.

Sie bestehen aus einer äußeren Polyesterschicht und einer inneren Glas- oder Kunststoffscheibe, die durch sehr kleine **Abstandhalter** (auch spacer dots genannt) getrennt sind.

Um die Position der Druckstelle zu ermitteln, wird an einer der leitfähigen Schichten **Gleichspannung**

angelegt. Die Spannung fällt von einem Rand der Schicht zum gegenüberliegenden Rand hin gleichmäßig ab. An der Druckstelle ist die Spannung beider Schichten gleich, weil sie dort verbunden sind. Die zweite leitfähige Schicht ist die Verbindung dieser Stelle nach außen. Zwischen dem Rand dieser zweiten Schicht und den beiden gegenüberliegenden Rändern der ersten Schicht sind zwei Spannungen messbar. Wenn die beiden Spannungen gleich sind, ist der Druckpunkt genau in der Mitte zwischen den beiden Rändern der ersten Schicht. Je höher eine Spannung im Verhältnis zur anderen ist, desto weiter ist der Druckpunkt vom jeweiligen Rand entfernt.



Funktionsprinzip resistiver Touchscreens

### Vor- und Nachteile resistiver Touchscreens

#### Vorteile:

- Bedienung mit jedem **Stylus** möglich
- Auch mit Handschuhen bedienbar
- Bessere Lesbarkeit bei Sonneneinstrahlung als mit kapazitiven Touchscreens
- Kostengünstig herstellbar

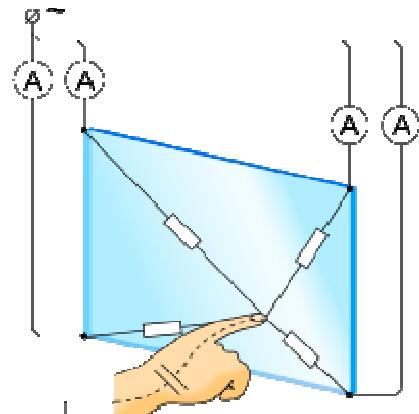
#### Nachteile:

- Nur eingeschränktes Multitouch (Two-touch)
- Gestenbedienung nur sehr eingeschränkt möglich
- Meist ungenauer als kapazitive Touchscreens
- Verschleiß durch die mechanische Belastung beim Betätigen
- Unerwünschtes Auslösen beim Transport durch Kontakt mit anderen Gegenständen möglich

### 3.3. Kapazitive Touchscreens

#### 3.3.1. Oberflächen-kapazitive Touchscreens

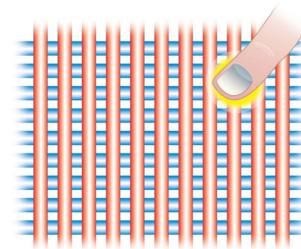
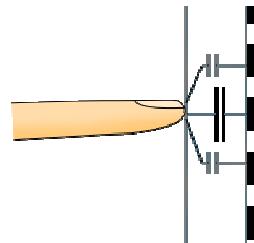
Ein Oberflächen-kapazitiver Touchscreen ist eine mit einem durchsichtigen Metalloxid beschichtete Folie (meistens auf Glas auflaminiert). Eine an den Ecken der Beschichtung angelegte Wechselspannung erzeugt ein konstantes, gleichmäßiges **elektrisches Feld**. Bei Berührung entsteht ein geringer Ladungstransport, der im Entladezyklus in Form eines Stromes an den Ecken gemessen wird. **Die resultierenden Ströme aus den Ecken stehen im direkten Verhältnis zu der Berührungsposition.** Der Controller verarbeitet die Informationen.



Oberflächen-kapazitive Touchscreen

#### 3.3.2. Projiziert-kapazitive Touchscreens

Diese Bauart nutzt zwei Ebenen mit einem leitfähigen Muster (meistens Streifen oder Rauten). Die Ebenen sind voneinander isoliert angebracht. Eine Ebene dient als Sensor, die andere übernimmt die Aufgabe des Treibers. Befindet sich ein **Finger am Kreuzungspunkt zweier Streifen, so ändert sich die Kapazität des Kondensators**, und es kommt ein größeres Signal am Empfängerstreifen an. Der wesentliche Vorteil dieses Systems ist, dass der Sensor auf der Rückseite des Deckglases angebracht werden kann (die Erkennung wird „hindurchprojiziert“, daher der Name). So erfolgt die Bedienung auf der praktisch verschleißfreien Glasoberfläche. Ferner ist die Erkennung von Gesten und mehreren Berührungen (also Multi-Touch) möglich. Diese Touch-Variante wird inzwischen von praktisch allen Smartphones und Tablet-Computern verwendet.



Projiziert-kapazitiver Touchscreen  
(Streifen)

Kapazitive Touchscreens können nur mit dem bloßen Finger, leitfähigen Eingabestiften oder speziell angefertigten Hilfsmitteln, nicht aber mit einem herkömmlichen Eingabestift oder dicken Handschuhen bedient werden.

Anwendungsbeispiele finden sich bei Tabletcomputern, Smartphones bzw. Handys mit Touchscreen, Electronic Organizern, PDAs, tragbaren Media Playern, Spielkonsolen und Gastronomiekassen.

#### Weitere Technologien

- **Induktive Touchscreens**

Induktive Touchscreens haben gegenüber den anderen beiden Verfahren den Nachteil, dass sie sich nur über spezielle Eingabestifte (mit einer integrierten Spule) nutzen lassen, eine Technik, die von Grafiktablets übernommen wurde.

- **Infrarot (Gitter)-Touchscreens (IR)**

LEDs erzeugen ein Gitter aus X- und Y-Infrarotstrahlen, die oberhalb des Displays projiziert und von Photorezeptoren am gegenüberliegenden Rand wahrgenommen werden.

### 3.4. 3D-Touch

**3D Touch** ist eine Funktion von Smartphones des Herstellers Apple (iPhones), die mit dem iPhone 6s in die Produktreihe eingeführt wurde. Sie bietet dem Anwender die Möglichkeit, durch **verschieden starken Druck** auf das berührungsempfindliche Display drei verschiedene Funktionen auszuführen.

Die Druckempfindlichkeit kann bei den Geräten in den Einstellungen individuell für den Benutzer angepasst werden.

## 4. Exkurs: Strahlungsarmut und Ergonomie

Es interessieren beim Monitor nicht nur die rein technischen Daten, sondern auch seine Wirkung auf den Menschen. Die **Ergonomie** ist ein Begriff aus der Arbeitswissenschaft und bedeutet allgemein die Anpassung von Arbeitsmitteln, Arbeitsplätzen und Maschinen an die anatomischen, physiologischen und psychischen Bedingungen des arbeitenden Menschen. So sollte ein Bildschirm in einer bestimmten Höhe von den Augen aus gesehen stehen und in einer bestimmten Entfernung. Licht sollte nicht von vorne oder von hinten auf den Bildschirm fallen. Die Lautstärke in einem Arbeitsraum darf bestimmte Grenzen nicht überschreiten.

### Güte- und Prüfsiegel

In Schweden hat man frühzeitig Untersuchungen zur Strahlungsbelastung und Ergonomie an Bildschirmarbeitsplätzen durchgeführt. Daraus resultierten die **MPR-Empfehlungen** (Mess- und Prüfungsrat) für einen strahlungsarmen Monitor (Low Emission). Die erste MPR-Empfehlung von 1987 (MPR-I) ist mittlerweile überholt; ebenso die aktuellere und strengere **MPR-II-Empfehlung** aus dem Jahre 1990.



Güte- und Prüfsiegel erteilen Auskunft über bestimmte Qualitätskriterien wie Betriebssicherheit, Strahlungsarmut, Ergonomie, Umweltverträglichkeit. Ihre Aussagekraft ist sehr unterschiedlich, da ihnen verschiedene Messmethoden und Kontrollmöglichkeiten zugrunde liegen. Bei Kaufentscheidungen sollte man darauf achten, wer sie vergibt und wie ihre Einhaltung kontrolliert wird. Obligatorische Pflicht für Hersteller ist das **CE-Zeichen**, das vergibt der Hersteller als Selbsterklärung. Alle anderen Zeichen sind freiwillig nutzbar. Die Prüfung nach **GS-Zeichen** bezieht sich auf Arbeitssicherheit, Ergonomie und Gesundheitsschutz und ist im Produktsicherheitsgesetz geregelt.



Das **strenge Symbol**, welches weltweit für die Einhaltung der genannten Empfehlungen steht, ist das der schwedischen Angestelltengewerkschaft **TCO** („Tjänstemannens Central-Organisation“). Die TCO-92-Empfehlungen sind strenger als die MPR-II-Empfehlungen (zusätzliche Anforderungen an Energiespar-schaltungen, elektrische Sicherheit und Brandschutz) und werden heute nicht mehr vergeben. Mittlerweile gibt es (TCO-95), (TCO-99), TCO-03 und TCO-06-Empfehlungen. Neuere Empfehlungen werden an den **Stand der Technik angepasst** sind immer strenger als ältere Regelungen.

Das **TCO-06-Gütesiegel** für Multimediamultisysteme garantiert zB. folgende Eigenschaften:

- Hohe sichtergonomische Anforderungen an das Schirmbild, die eine hohe Bildqualität und Farbwiedergabe garantieren.
- Gute Qualität auch bei der Wiedergabe von bewegten Bildern durch kurze Bildaufbauzeit, eine gute Schwarzskala und höhere Anforderungen an die Graustufen.
- Erhebliche Reduzierung magnetischer und elektrischer Felder
- Niedriger Energieverbrauch im Standby-Modus
- Reduzierte Emission von bromierten und chlorierten Flammschutzmitteln und Schwermetallen in die Natur.
- Der Bildschirm ist für das Recycling vorbereitet, was die Materialwiedergewinnung erleichtert.

**Beachte:** MPR und TCO sind Empfehlungen, **keine verbindlichen Standards!** Aber sie stellen doch einen Hinweis auf die Verwendung aktueller und Umwelt schonender Technik dar.



## Energiesparmodi

**Bildschirmschoner** sind zwar schön anzusehen, **sparen** aber **keine Energie**. Der Monitor ist ein besonders hoher Stromverbraucher (besonders CRT), daher: je größer der Bildschirm, umso höher der Stromspareffekt bei Abschaltung bei Nichtgebrauch (**Hardware Bildschirmschoner**).



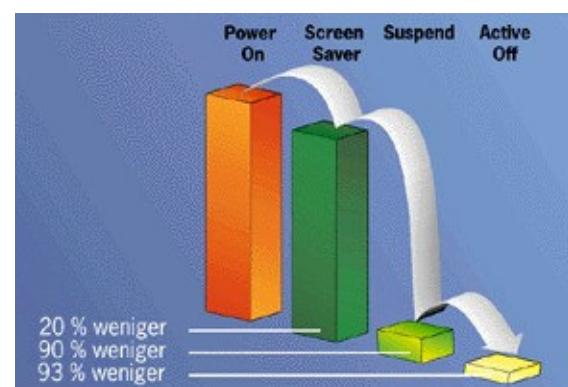
Ab einer Viertelstunde Arbeitspause schont man den Bildschirm, wenn man ihn abschaltet.

Energiesparschaltungen sind in PCs allgemein Standard (nicht nur in Monitoren): TCO, Energy-Star, Blauer Engel.



Ein **Monitor** muss **zweistufig heruntergefahren** werden können.

Im **Suspend-Modus** werden einige Komponenten abgeschaltet, wobei der Monitor innerhalb von 3 Sekunden reaktiviert werden kann, im **Active-Off-Modus** wird nur noch ein Minimum der Komponenten mit Strom versorgt. Durch Maus oder Tastatur Eingabe wird der Monitor dann wieder voll versorgt.



## Wiederholungsfragen zum Kapitel 4 Displays

1. Gib eine Übersicht über die Computerbildschirme!
2. Erkläre die Funktionsweise eines CRT-Monitors!
3. Wodurch unterscheidet sich der Interlaced-Mode vom Non-Interlaced-Mode?
4. Wie entstehen die Farben beim CRT-Monitor?
5. Was passiert bei geringen Bildwiederholfrequenzen?
6. Welche Zeilenfrequenz hat ein Monitor mit der Auflösung 1280x1024 und einer vertikalen Frequenz von 85Hz?
7. Wofür steht die Bandbreite eines CRT-Monitors?
8. Berechne den Pixeltakt eines Monitors mit Auflösung 1.600 x 1.200 und vertikaler Frequenz 85Hz!
9. Wie hängen bei einem CRT-Monitor die Faktoren Auflösung in Bildwiederholfrequenz zusammen?
10. In welcher Einheit wird die Auflösung angegeben? Nenne ein Beispiel!
11. Wofür steht das Kontrastverhältnis eines Bildschirms?
12. In welcher Einheit wird die Helligkeit eines Monitors angegeben?
13. Gib eine Übersicht über die Bildschirmschnittstellen zur Grafikkarte!
14. Welche Vorteile bietet ein LCD-Monitor gegenüber einem CRT-Monitor?
15. Grenze die beiden grundsätzlichen Arten der Ansteuerung von LCD-Bildschirmen voneinander ab!
16. Erkläre die Funktionsweise einer LCD-Zelle!
17. Wie ist bei TFT-Monitoren ein Bildpunkt aufgebaut?
18. Wie entstehen die Farben beim TFT-Monitor?
19. Warum spielt bei TFTs die Bildwiederholfrequenz eine untergeordnete Rolle?
20. Nenne typische TFT-Eigenschaften!
21. Nenne typische Werte für die Bildaufbauzeit!
22. Warum wird von den Herstellern dieser Wert häufig als Grau-zu-Grau-Wert angegeben?
23. Welche Probleme können bei TFT-Monitoren auftreten?
24. Erkläre das Prinzip der Pixelfehlerklassen!
25. Was bedeuten die Abkürzungen HDMI und HDCP?
26. Erkläre die Funktionsweise eines Plasmabildschirms!
27. Welche grundlegende Gemeinsamkeit haben ein Plasmabildschirm und ein CRT-Monitor?
28. Erkläre die Vor- und Nachteile der Plasmatechnologie!
29. Warum hat OLED die Darstellung visueller Information revolutioniert?
30. Auf welchem Prinzip beruht die OLED-Technologie?
31. Erkläre den Aufbau und die Funktionsweise einer OLED-Zelle!
32. Welche wichtigen Vorteile bieten OLED-Displays?
33. Erkläre die Funktionsweise eines E-Ink-Displays!
34. Wo werden E-Ink-Displays eingesetzt?
35. Wodurch ist ein Touchscreen gekennzeichnet?
36. Welche unterschiedlichen Touchscreen-Technologien kennst du?
37. Wofür werden optische Touchscreens heute verwendet?
38. Welche Touchscreen-Technologie kommt vorwiegend in Smartphones zum Einsatz?
39. Welche Vor- und Nachteile bieten resistive Touchscreens?
40. Erkläre die Funktionsweise eines projiziert-kapazitiven Touchscreens!
41. Welche Touchscreens lassen sich nur mit dem blanken Finger bedienen?
42. Was versteht man unter dem Begriff „Ergonomie“?
43. Wozu dienen in diesem Zusammenhang Prüf- und Gütesiegel?
44. Nenne aktuelle Gütesiegel für Computerbildschirme!
45. Nenne einzelne Forderungen der TCO-06!