

TFT - Flachbildschirme

Der TFT-Flachbildschirm (Aufbau, Wirkungsweise, Testberichte)

Bert Schöneich, Manfred Biastoch

September 2001

Inhalt

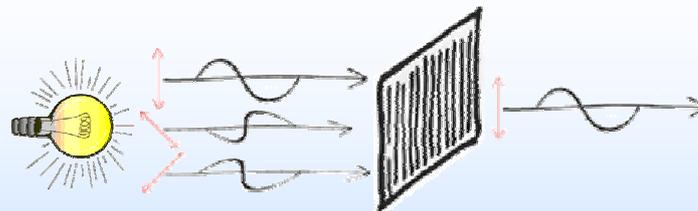
- physikalische Grundlagen
 - die Polarisation des Lichtes
- Wirkungsweise
 - Funktionsweise des TFT-Flachbildschirmes
 - Aufbau eines TFT-Flachbildschirmes
 - ein Bildpunkt
- technische Details
 - Pixelfehler
 - analoge / digitale Schnittstelle
 - Auflösung
 - Bildwiederholfrequenz
 - Hintergrundbeleuchtung
- Ausstattungshinweise
 - Ausstattung (möglich)
 - Empfehlung (privater PC)
- Testberichte (Bert Schöneich, Holger Leich, Hartmut Lüdecke)
- Zusammenfassung: Nachteile / Vorteile
- Literaturhinweise

Quellen des Vortrages und Begriffe

- Quellen des Vortrages:
 - Der Teil des Vortrages, der sich mit Aufbau und Wirkungsweise eines Flachbildschirmes beschäftigt, entstand mit Hilfe der im Anhang aufgeführten Literatur. Die Zeichnungen stammen teilweise aus diesen Quellen.
 - Der Teil “technische Details” und “Ausstattungshinweise” entstand in Zusammenarbeit mit Manfred Biastoch.
- Begriffe:
 - TFT = “Thin Film Transistor” (dt. “Dünnsfilm-Tranistor”)
 - LCD = “Liquid Crystal Display” (dt. “Flüssigkristall-Bildschirm)
 - Pixel = Bildpunkt
 - Display = Bildschirm
 - Jitter = Bildschwanken
 - DA-, AD-Wandlung = analog-digital-, digital-analog-Wandlung

physikalische Grundlagen

Polarisation des Lichtes



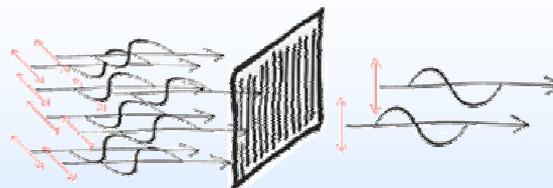
Polarisationsfilter

Licht mit in allen
Richtung schwingenden
Lichtwellen

Gefiltertes Licht, das
nur noch in einer
Richtung schwingt

- eine Lichtwelle schwingt in einer bestimmten Ebene, sie ist "polarisiert"
- normales Licht besteht aus vielen Lichtwellen
- diese Lichtwellen schwingen in unterschiedlichen Ebenen
- ein Polarisationsfilter lässt nur Lichtwellen durch, die in einer Ebene schwingen

Polarisation polarisierten Lichtes



Polarisationsfilter

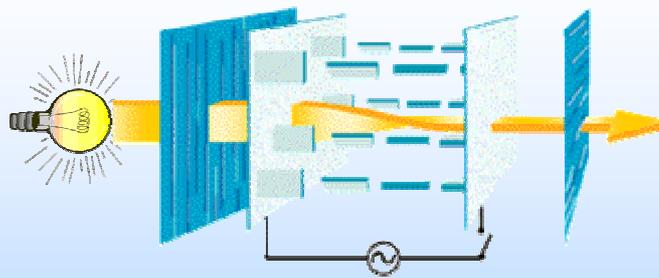
Polarisiertes Licht, das
nur in einer Ebene
schwingt

Reduzierte Lichtmenge

- trifft polarisiertes Licht auf einen Polarisationsfilter, wird es je nach dem Winkel zwischen seiner Polarisationsebene und der des Polarisationsfilter mehr oder weniger stark durchgelassen
- je paralleler die Ebenen zueinander sind, um so mehr Licht kann passieren
- stehen die Ebenen rechtwinklig aufeinander, wird kein Licht durchgelassen

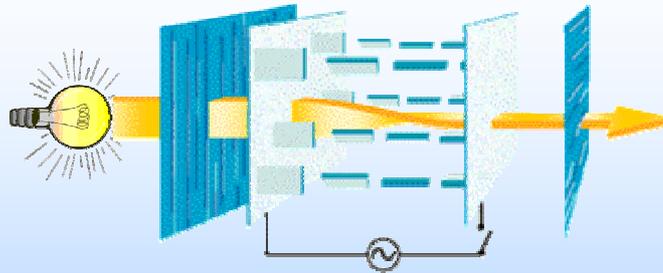
Wirkungsweise

Funktionsweise des TFT-Bildschirmes



- das Licht wird in einem ersten Polarisationsfilter polarisiert
- die (nun einheitliche) Polarisationsebene des Lichtes wird mehr oder weniger stark gedreht
- das Licht wird im zweiten Polarisationsfilter in Abhängigkeit von dieser Drehung mehr oder weniger stark durchgelassen

Funktionsweise des TFT-Bildschirmes



- das Drehen der Polarisations Ebene des Lichtes übernehmen Flüssigkristalle
- die Polarisations Ebene des Lichtes folgt der Ausrichtung der Flüssigkristalle
- diese drehen sich in Abhängigkeit von einer anliegenden Spannung
- liegt keine Spannung an, sind die Molekülketten um 90 Grad gedreht
- dann passiert das Licht den zweiten Polarisationsfilter, dessen Ausrichtung senkrecht auf der des ersten steht, ungehindert

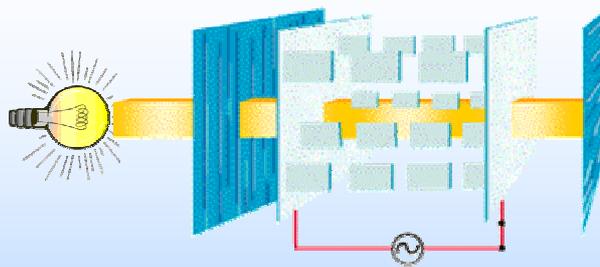
09/05/2005

Bert Schöneich DESY Zeuthen



9

Funktionsweise des TFT-Bildschirmes



- liegt Spannung an, sind die Flüssigkristalle gerade ausgerichtet
- die Polarisations Ebene des Lichtes wird nicht gedreht
- dann passiert das Licht den zweiten Polarisationsfilter, dessen Ausrichtung senkrecht auf der des ersten steht, NICHT
- Zwischenwerte der Ausrichtung und damit des Durchlassens des Lichtes sind möglich
- die Steuerung der Spannung übernehmen Transistoren

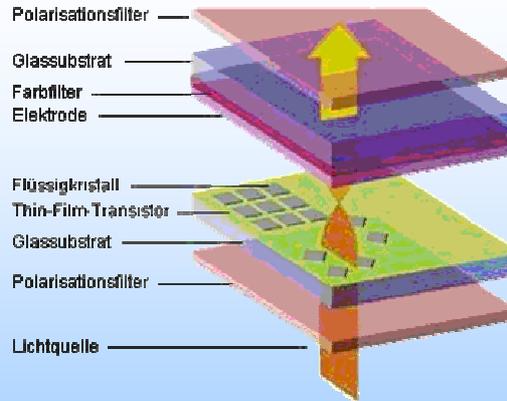
09/05/2005

Bert Schöneich DESY Zeuthen



10

Aufbau eines TFT-Flachbildschirmes (1)



- Lichtquelle: liefert das Licht
- erste Polarisationsfilter: filtert das Licht, so daß es nur in einer Richtung schwingt
- Flüssigkristallschicht: dreht die Polarisationsebene des Lichtes

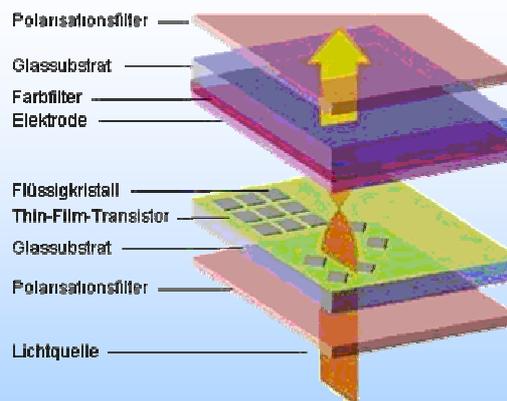
09/05/2005

Bert Schöneich DESY Zeuthen



11

Aufbau eines TFT-Flachbildschirmes (2)



- Farbfilter: Licht wird rot, grün oder blau, Polarisation unverändert
- zweiter Polarisationsfilter: filtert das Licht, so daß es nur in einer bestimmten Menge das Filter passiert
- Betrachter: die Farben mischen sich, der Punkt erscheint farbig und hell/dunkel

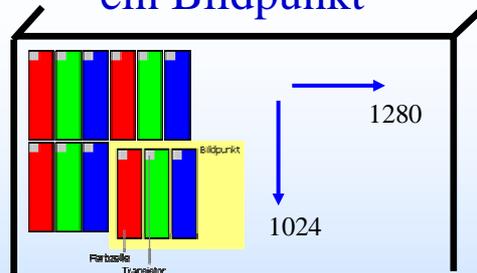
09/05/2005

Bert Schöneich DESY Zeuthen



12

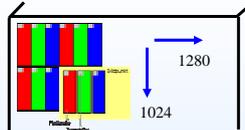
ein Bildpunkt



- ein Punkt (Bildpunkt) eines TFT-Flachbildschirmes besteht aus drei “Farbzellen” (rot, grün und blau)
- ein Transistor steuert die Flüssigkristalle, die das Licht einer Farbzelle regeln
- die “Farbe” wird durch über den Farbzellen befindlichen Farbfilter erzeugt (pro Punkt drei Filter)
- Auflösung 15-Zoll-TFT-Display: 1280x1024 Bildpunkte:
3840x1024 Farbzellen und Transistoren (fast 4 Millionen Transistoren),
Punkteabstand: 0,30 mm

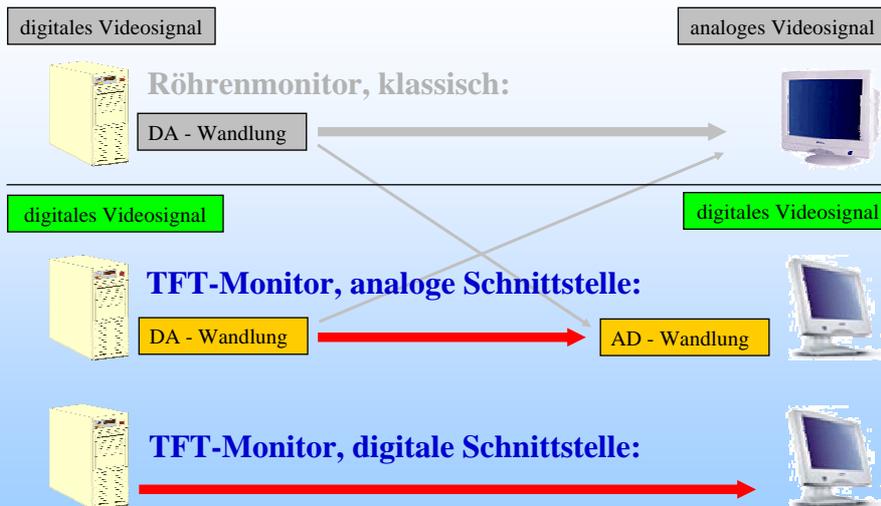
technische Details

Pixelfehler



- Pixelfehler sind störende Farbpunkte auf dem Flachbildschirm
- fällt ein Transistor aus, ist diese Farbzelle entweder ständig hell oder ständig dunkel, es kommt zu Fehlern in der Farbdarstellung (eine Farbe eines Bildpunktes fällt aus oder leuchtet ständig)
- störend, wenn sich Pixelfehler an einer Stelle häufen
- es gibt keinen Standard, wieviel Pixelfehler erlaubt sind, ehe der Flachbildschirm als defekt gilt (3 bis 5 sind normal)
- Pixelfehler entstehen bei der Produktion, sie sind nachträglich nicht zu beseitigen
- sie entstehen nicht nachträglich, es sei denn, der Schirm wird mechanisch belastet (zerstört), sie können sich also nicht vermehren
- Flachbildschirm u.U. vor (!) dem Kauf in einem Funktionstest kontrollieren, ob zu viele Pixelfehler vorhanden sind, eine Reklamation ist schwierig

Schnittstelle - analog ↔ digital



Schnittstelle - analoge Ansteuerung

Vorteile:

- kompatibel mit Standard-VGA Grafikkarten vorhandener PC's
- kein Neukauf einer Grafikkarte notwendig
- preiswert, da Massenprodukt
- große Modellvielfalt (viele Anbieter)

Nachteile:

- Signalverlust durch DA- und AD-Wandlung
- Clock und Phase des TFTs müssen (umständlich) auf das Analogsignal synchronisiert werden, sonst tritt Pixel-Schwanken (Jitter) auf
- Störempfindlichkeit der Kabel
- höhere Kosten für die Wandlung des Signals im Bildschirm
- keine Aufrüstung auf digital möglich

Schnittstelle - digitale Ansteuerung

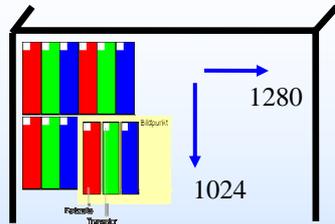
Vorteile:

- kein Signalverlust durch DA- und AD-Wandlung
- leicht bedienbar, da Geometrie-, Clock- und Phaseneinstellung entfallen
- geringere Kosten, da weniger Elektronik

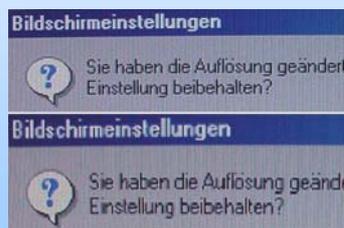
Nachteile:

- derzeit noch drei Standards (P&D, DFP und DVI)
- geringe Modellvielfalt (wenige Anbieter)
- Grafikkarte mit Digitalanschluß notwendig
- teurer, da noch kein Massenprodukt

Auflösung



- technisch bedingte optimale Auflösung:
 - fest durch die Bildpunkte
 - immer ein Maximum
 - Pixel, z.B. 1280x1024
 - elektronische Ansteuerung einfach



- Ändern der Auflösung:
 - nur Verkleinern möglich (z.B. von 1280x1024 auf 640x480)
 - Umrechnung aus der optimalen Auflösung notwendig (günstig, wenn ganzzahliger Faktor)
 - Punkte werden größer und unschärfer

Bildwiederholfrequenz

- Bildwiederholfrequenz zur Zeit unkritisch, da die hohe Nachleuchtdauer der Bildpunkte ein Flimmern vermeidet
- die Bildwiederholfrequenz kann klein sein, der Bildaufbau kann langsam erfolgen
- Standard der Nachleuchtdauer zur Zeit bei 45 - 50 msec

- Bildwiederholfrequenz in Zukunft kritischer, da die Nachleuchtdauer der Bildpunkte sich deutlich verringern wird
- dann muß die Bildwiederholfrequenz hoch sein, der Bildaufbau muß schnell erfolgen
- Spitzenwerte der Nachleuchtdauer zur Zeit bei 18 msec

- kurze Nachleuchtdauer wichtig für die Darstellung von Bewegungen (Videos, Spiele - Massenmarkt)

Hintergrundbeleuchtung

- erfolgt durch Leuchtstoffröhren
- Hersteller geben für die Hintergrundbeleuchtung eine minimale Lebensdauer an (ca.10.000 Stunden, entspricht einer Nutzung von wöchentlich 40 Stunden während 5 Jahren)
- minimale Lebensdauer gibt an, wann die Helligkeit der Leuchtstoffröhren auf die Hälfte ihres Ursprungswertes abgesunken ist (50%)
- dann müssen die Leuchtstoffröhren ausgetauscht werden, was einfach durchzuführen sein sollte



Ausstattungshinweise



Ausstattung (möglich)

- Diagonale des Bildschirms
- Auflösung / Bildwiederholfrequenz
- maximaler horizontaler / vertikaler Sichtwinkel
- Einstellen der Parameter
- Standsicherheit / Beweglichkeit (drehen mit einer Hand)
- Lautsprecher / Mikrofon integriert oder/und Kopfhörer- und Mikrofonanschluß
- USB-Hub
- Güteklasse (Anzahl der Pixelfehler)
- analoger / digitaler Anschluß
- Hintergrundbeleuchtung auswechselbar
- Video-In
- Quer- und Hochformat durch Drehen des Bildschirms (Darstellung von A4 Seiten)
- Wandbefestigung
- vor dem Kauf auf Pixelfehler testen

Ausstattung (Empfehlung für privaten PC)

- analoger Anschluß
- Diagonale des Bildschirms: 15 Zoll
(entspricht 17 Zoll Röhrenbildschirm)
- Auflösung: 1.024 x 768
- Lautsprecher integriert
- USB-Hub
- Kopfhöreranschluß
- Hintergrundbeleuchtung auswechselbar
- Preis zwischen 700,- und 1.000,- DM (zur Zeit, August 2001)
- (vor dem Kauf auf Pixelfehler testen)

Testberichte



Test 1 (Schöneich)

- technische Daten (gelten für alle Testberichte):
 - Acer FP751
 - 17 Zoll Display (so groß wie ein 19 Zoll Röhrenbildschirm)
 - 2 Lautsprecher eingebaut
- Einstellungen des Flachbildschirmes:
 - 1280 x 1024
 - 60 Hz
 - 65536 Colors
 - Small Fonts
- persönliche Daten:
 - Brillenträger, Gleitsicht- und Bildschirmbrille
 - Augenprobleme durch Allergie (Entzündung)
 - ca. 8 Stunden pro Arbeitstag am Bildschirm
- Testdauer: eine Woche, Juli 2001



Test 1 - Ergebnisse (positiv, 1)

- plug and play funktioniert, bei laufendem PC wurde der alte 17' Röhrenbildschirm abgezogen und der Flachbildschirm angeschlossen
- 1280*1024 und small fonts gut, bei dieser Einstellung arbeiten die alten Anwendungen, wie die Access-Datenbank ZEUHA und die grafische Bedienoberfläche von PITZ ohne jedes Problem. Auch die kleinen Fonts sind sehr gut lesbar, weit besser als auf einem Röhrenbildschirm.
- Der Bildschirm ist vollkommen flimmerfrei.
- Die Bildschirmfläche ist ausreichend groß.
- Senkrechte und horizontale Linien sind gerade und parallel (leeres Excel-Sheet).
- Sofort (!) nach dem Einschalten des Schirmes war eine Entspannung der Augen spürbar. Sie hielt bis zum Testende an. Das Brennen in den Augen verschwand.
- Die notwendigen Einstellungen (Frequenz, Farben) sind einfach und auf verständliche Weise durchführbar.
- Die eingebauten Lautsprecher vermindern die Anzahl der Kabel.



Test 1 - Ergebnisse (positiv, 2)

- Die Benutzung der Bildschirmbrille war nicht mehr notwendig. Durch die stabil stehende Schrift und die auch aus der Entfernung lesbaren kleine Fonts reichte die Gleitsichtbrille aus (kein Brillenwechsel erforderlich). Vermieden wurde dadurch das bei doch erfolgreichem Arbeiten mit der Gleitsichtbrille zu nahe Herangehen an den Bildschirm, oder das Absetzen derselben und ein daraufhin erfolgreiches "Hineinkriechen" in den Schirm.
- Eine Funkuhr und ein handy neben dem Bildschirm zeigten ungestörten Empfang (fehlende oder deutlich geringere Störstrahlung als bei einem Röhrenbildschirm)
- Farb- und Helligkeitsverzerrungen treten bei den an einem Schreibtisch möglichen Blickwinkeln nicht störend in Erscheinung (!)
- Die Echtheit der Farben ist ausreichend für die getesteten Arbeiten (Nutzeroberflächen für PITZ, ACCESS, Systemarbeiten).
- Durch die kleine Bautiefe des Schirms nimmt der Platz auf dem Schreibtisch spürbar zu.



Test 1 - Ergebnisse (negativ)

- Nach dem erstmaligen (!) Einschalten des Bildschirms erschienen die Farben sehr "bonbonartig".
- Die Anpassung der Farbeinstellung ist zwar leicht durchführbar, erfordert aber einige Geduld, um den richtigen Farbton zu treffen.
- Die Echtheit der Farben ist nicht ausreichend für hochwertige fotografische Arbeiten z.B. im grafischen Design mit 'echten' Fotos u.ä..
- Aus extremen Blickwinkeln ist eine deutliche Verzerrung der Farb- und Helligkeitsdarstellung sichtbar.
- Durch die Ausstattung des Bildschirms mit einem normalen Netzstecker ist eine weitere Netzsteckdose notwendig. Ein Anschluss an die freie Gerätesteckdose des PC ist nicht möglich.
- (Die Kabel werden in den Fuß des Bildschirms geleitet. Dieser ist nicht demontierbar. Dadurch kann der Bildschirm nicht an die Wand gehängt werden, was für Ausstellungen u. ä. günstig wäre.)

Test 1 - Ergebnisse (keine Aussage)

- kein echter Langzeittest
- Die Lautsprecher konnten nicht getestet werden, da in dem PC keine Soundkarte vorhanden war.

Test 1 - Fazit

- Der getestete Bildschirm ist sehr gut einsetzbar.
- Er ist leicht zu bedienen, die Darstellung auf ihm ist sehr stabil, sehr scharf und ausreichend farbecht.
- Er ist für Brillenträger sehr zu empfehlen. Es besteht die spürbare Entlastung der Augen auch bei 8 Stunden Bildschirmarbeit am Tag.
- Vor allem den gesundheitlichen Gründen sollte er der Standard-Bildschirm für alle Arbeitsplätze werden, an denen längere Zeit ununterbrochen mit Blickkontakt zum Bildschirm gearbeitet wird.

Test 2 (Leich)

- hervorragende Brillanz (Bildschärfe, Kontrast und Helligkeit): selbst bei heller Umgebung (nachmittags bei Sonneneinstrahlung ins Zimmer) ist das Bild sehr gut und blendfrei. Mein Röhrenmonitor liefert bei solchen Bedingungen ein deutlich schlechteres Bild und zeigt Blendeffekte.
- das Bild ist völlig flimmerfrei
- die Bildqualität ist auch deutlich besser als bei Laptop-Bildschirmen mit vergleichbarer Auflösung (z.B. Gateway Solo, 15", 1280 x 1024, True Color)
- Im Ergebnis ermüden die Augen deutlich weniger als bei Arbeit mit Röhrenmonitor
- Ich empfehle diesen Monitor bzw. seine mögliche Weiterentwicklung (18", True Color, evtl. digitales Interface) als Ersatz für Röhrenmonitore für Anwendungen im CAD-Bereich bzw. für Nutzer, die täglich mehrere Stunden am Bildschirm arbeiten, um eine deutliche Verbesserung der Arbeitsbedingungen herbeizuführen.
- Vor allem auch für Brillenträger sollte ein Austausch der Monitore so schnell wie machbar erfolgen.
- den Aussagen des Testes 1 (Schöneich) wird zugestimmt

Test 2 (Lüdecke)

- Das Gerät hat auch bei mir einen sehr positiven Eindruck hinterlassen. Insbesondere die Farbbrillanz und die scharfen Konturen bis in die Bildschirmecken fielen auf.
- Arbeiten mit I-DEAS 3D
 - Das dynamische Rotieren von 3D-Objekten erfolgt ruckfrei und in Echtzeit.
 - Kleiner, aber nicht wesentlicher Mangel: Beim Rotieren im line-style zeichnen sich auf den Linien die Pixel ein wenig ab, so daß man den Eindruck eines leichten Flimmerns hat. Im shaded-style ist dies nicht der Fall.
- Für mich ein weiterer nicht zu unterschätzender Vorteil ist der deutlich geringere Platzbedarf auf dem Schreibtisch. Dadurch ist es mir möglich, frontal auf den Bildschirm zu sehen, und nicht, wie beim Röhrenmonitor, ständig den Kopf gedreht halten zu müssen.
- Fazit: Eine Nutzung dieses Flachbildschirms ist sehr wünschenswert und sollte alsbald ermöglicht werden.
- den Aussagen des Testes 1 (Schöneich) wird zugestimmt

Zusammenfassung (Nachteile / Vorteile)

Zusammenfassung - Nachteile 1

- **Eingeschränkter Blickwinkel**
Der Blickwinkel, aus welchem das Bild ohne Einschränkung sichtbar ist, ist bei Flachbildschirmen kleiner. Sobald der Betrachter nicht frontal, sondern seitlich versetzt auf den Bildschirm blickt, verändern sich Farbe, Helligkeit und Kontrast.
- **Farbdarstellung**
Durch die Art der Farberzeugung bedingt (Farbfilter) wirkt die Darstellung von Farben gegenüber jener durch einen Röhrenmonitor weniger natürlich: Feine farbliche Nuancen, wie sie im graphischen Bereich eine Rolle spielen, werden von herkömmlichen Monitoren realistischer dargestellt.

Zusammenfassung - Nachteile 2

- **Vorgegebene Auflösung**
Flachbildschirme stellen meist nur eine Auflösung sauber dar (ein 15"-TFT Flachbildschirm z.B. 1024 x 768), welche durch die Anzahl der Transistoren vorgegeben ist. Verlangt eine Anwendung eine andere Auflösung, muss der Monitor interpolieren und das Bild erscheint schwammig.
- **Reaktionszeit**
Flachbildschirme haben längere Reaktionszeiten als Röhrenmonitore. Bei raschen Bild- und Kontrastwechseln (z.B. bei Computer-Spielen bzw. beim Scrollen von Text) kann das Bild ruckeln. Bei hochwertigen Bildschirmen ist das Problem heute aber weitgehend gelöst.
- **Pixelfehler**
Es gibt bisher keinen verbindlichen Standard, ab wieviel Pixelfehler ein Flachbildschirm als fehlerhaft gilt.

Zusammenfassung - Vorteile 1

- **Flimmerfrei**
Flachbildschirme sind absolut flimmerfrei (weniger Stress für die Augen)
- **Hohe Bildqualität**
Flachbildschirme erzeugen ein scharfes, helles und kontrastreiches Bild, welches bis an die Ränder und in die Ecken verzerrungsfrei ist. Sie eignen sich dank ihrer Leuchtstärke auch für sehr helle Räume.
- **Platzsparend**
Flachbildschirme benötigen nur etwa ein Drittel bis ein Viertel der Stellfläche von Röhrenmonitoren (d.h. 10 bis 15 cm, u.U. Wandbefestigung)
- **Unempfindlich gegen Störfelder**
Flachbildschirme sind unempfindlich gegen elektromagnetische Felder. Deshalb: keine verzerrten Farben und kein lästiges Flickern.

Zusammenfassung - Vorteile 2

- **Emissionsfrei**
Flachbildschirme erzeugen keine messbare elektromagnetische Strahlung. Das heisst: keine Belastung des Benutzers und keine Störung anderer Geräte.
- **Niedriger Stromverbrauch und geringe Wärmeentwicklung**
Flachbildschirme benötigen nur 20 bis 40 Watt Strom, geben entsprechend wenig Wärme ab.
- **Grosse Bildfläche**
Flachbildschirme haben eine grössere sichtbare Bildfläche als Röhrenmonitore des "gleichen" Durchmessers. Ein 15" Flachbildschirm entspricht in etwa einem 17" Röhrenmonitor.
- **Niedriges Gewicht**
Flachbildschirme sind nur ca. 5 kg schwer.

Literaturhinweise

- <http://www.computer-tutorial.de/inout/monitor5.html>
- <http://marvin.sn.schule.de/~dvt/lpe12/1244lcd.htm>
- http://www.compaq.de/produkte/monitor/tft/tft_technik.htm
- http://computerchannel.de/knowhow/tftdisplay/tftdisplay_1.phtml
- <http://www.explain.ch/monitor.htm>
- <http://netcenter.excite.zdnet.de/technik/artikel/disp/9712/tft-wc.htm>
- http://www.excite.zdnet.de/produkte/artikel/prph/199902/tft02_00-wc.html
- <http://www.tft-displays.com/Technik/technik-1.htm>
- <http://www.flatscreens.ch/Listen/Technik.htm>
- <http://www.tomshardware.de/display/99q3/990706/index.html>