

# LCD-Monitore – Teil 1: Grundlagen und Technologie

Armin Gärtner

*In der Medizintechnik werden durch die zunehmende Digitalisierung von Diagnose und Therapie immer mehr Flachbildschirme mit LCD-Technik eingesetzt, die die bisherigen Röhrenmonitore weitgehend abgelöst haben. LCD-Bildschirme weisen eine feste physikalische Auflösung und, abhängig von der verwendeten Panel-Technologie, unterschiedlich stark ausgeprägte Winkelabhängigkeit, Reaktionszeiten u. a. Parameter auf. Für den richtigen Einsatz von Flachbildschirmen in der Medizin ist das Verständnis der unterschiedlichen Technologien von wesentlicher Bedeutung. Teil 1 der dreiteiligen Artikelserie behandelt die technologischen Unterschiede der angebotenen Monitorausführungen und gibt auch Empfehlungen für den Einsatz von Büroanwendungen, Teil 2 wird sich mit dem Einsatz in der Medizintechnik beschäftigen und Teil 3 die Anforderungen an Bildwiedergabegeräte nach Röntgenverordnung (RöV) und Qualitätssicherungsrichtlinie beschreiben.*

**Dokumentation:** Gärtner, A.: LCD-Monitore – Teil 1: Grundlagen und Technologie. *mt-Medizintechnik* 128 (2008), Nr. 2, S. 54, 15 Bilder, 2 Tabellen, 15 Lit.-Ang.

**Schlagwörter:** Monitore/Bildwiedergabegeräte

## 1 Begriffe

In der Praxis werden die Begriffe „Bildschirm, Monitor, Display und Bildwiedergabegerät“ häufig synonym verwendet, um ein Anzeigegerät eines Computers zu bezeichnen.

Die Darstellungsqualität von Symbolen und Texten auf LCD-Displays hat sich in den letzten 30 Jahren kontinuierlich verbessert. Im Unterschied zum Papier stellt ein Bildschirm ein selbstleuchtendes Medium dar. Tages- und Kunstlichteinflüsse können die Lesbarkeit (den Kontrast) verändern, zum anderen kann es durch die Glasoberfläche des Bildschirms zu Spiegel- und Blendeffekten kommen. Weiterhin reduziert helles Umgebungslicht den Zeichenkontrast und verringert dadurch die Darstellungsqualität.

### Bildschirm

Ein Bildschirm (auch als Monitor bezeichnet) ist ein Ausgabegerät (**Bild 1**) eines Computers bzw. ein Teil eines Ausgabegerätes zur Darstellung von Zeichen oder Bildern. Als Ausgabegerät für Computer kommen Bildschirme auf Basis von Braun'schen Röhren (CRT = Cathode Ray Tube) seit den 50er-Jahren des vergangenen Jahrhunderts zum Einsatz. Seit Anfang des neuen Jahrhunderts haben die Flachbildschirme in LCD-Technologie begonnen, die Röhrenmonitore weitgehend abzulösen.

### Monitor

Ein Monitor (engl. to monitor, überwachen, lat. mone-re, ermahnen, warnen) bezeichnet allgemein eine technische Einrichtung, um etwas zu überwachen:

- ein elektronisches Anzeigegerät für Computer, Video-Anlagen oder Messgeräte, siehe Bildschirm;
- in der Informatik eine Technik zur Benutzung von begrenzten Ressourcen durch nebenläufige Prozesse respektive ein Computerprogramm zur Überwachung von Zuständen eines Computers bzw. eines anderen Programms;
- im medizinischen Bereich eine technische Einrichtung zur ständigen optischen oder akustischen Überwachung von Vitalparametern in der Intensivmedizin (Patientenüberwachungsmonitor, siehe **Bild 3**).

Die Bildschirmgröße (**Bild 2**) bezieht sich immer auf die Diagonale der Geräteabmessungen und wird in Zoll angegeben; diese ist in der Regel etwas größer als die sichtbare Diagonale. Weitere Kennzeichen eines Monitors sind die maximale Vertikalfrequenz, aus der sich für eine bestimmte Auflösung (z. B. 1024 x 768 Bildpunkte) eine Bildwiederholfrequenz (z. B. 80 Hz) ergibt, die Helligkeit, der Kontrast, die Reaktionszeit sowie besonders bei LCD-Monitoren die Anzahl der Pixel und der maximale Blickwinkel.

Früher war es in Europa durchaus üblich, die Diagonale auch in cm anzugeben. Die Längeneinheit Zoll kommt aus den USA, wo sich die Angabe der Zollgröße in der Regel immer auf den sichtbaren Bereich bezieht. Dies hat besonders bei Röhrengeräten (CRT-Monitoren) immer wieder zu Missverständnissen geführt, da die Angabe in USA z. B. 19" V (von visible) einem 20"-Bildschirm in Deutschland entsprach. Der

Grund hierfür liegt am Glasrand der Röhre. LCD-Displays nutzen den gesamten sichtbaren Bereich zur Bilddarstellung.



Bild 1: IT-Monitor (Quelle: Wortmann)



Bild 2: Diagonale eines Monitors in Zoll



Bild 3: Patientenüberwachungsgerät (Monitor)

### Patientenmonitor (Patientenüberwachungsgerät)

Im klinischen Sprachgebrauch wird mit Monitor ein Patientenüberwachungsgerät (**Bild 3**) zur Aufzeichnung und Darstellung von Vitalparametern bezeichnet. Der Begriff Monitor wird also sowohl für einen IT-Monitor als auch für ein Patientenüberwachungsgerät verwendet.

### Display

Unter einem Display (engl. to display = anzeigen) versteht man ebenfalls ein Anzeigegerät. Umgangssprachlich werden Flachbildschirme auch als Display bezeichnet.

### Bildschirmwiedergabegerät

Als Bildwiedergabegeräte (BWG) werden IT-Monitore bezeichnet, wenn sie zur Befundung und/oder Betrachtung in der Radiologie eingesetzt werden. Der Begriff wird vor allem in der Qualitätssicherungsrichtlinie (QR-SL) und DIN V 6868-57 sowie in der Röntgenverordnung (RöV) verwendet. Die QS-RL definiert die Anforderungen an IT-Monitore für den Einsatz als Bildwiedergabegeräte zur Befundung/Betrachtung.



Bild 4: Befundungsmonitor in der Radiologie

### Definition der verwendeten Begriffe

Im Folgenden wird zunächst unter Monitor immer der IT-Monitor verstanden, der zur Anzeige von Bildern, Texten oder sonstigen Informationen eingesetzt wird. Im Zusammenhang mit der Überwachung von Vitalparametern wird der Begriff Patientenüberwachungsgerät oder Patientenmonitor, im Zusammenhang mit Befundung/Betrachtung der spezielle Begriff Bildwiedergabegerät (BWG) verwendet.

## 2 Flachbildschirme

Flachbildschirme mit LCD-Technologie (LCD = liquid crystal display) haben mittlerweile weitestgehend die Röhrenmonitore (CRT = Cathode Ray Tube) ersetzt. Neben den LCD-Displays werden auch Bildschirme in Plasmatechnik (PDP – Plasma Display Panel) eingesetzt, weitere Techniken sind noch in der Entwicklung wie

- SED (Surface-Conduction Electron-Emitter Display),
- OLED (Organic Light Emitting Diode).

### 2.1 Technologie der LCD-Flachbildschirme

In LCD-Flachbildschirmen werden spezielle Flüssigkristalle eingesetzt, die die Polarisationsrichtung von Licht beeinflussen können, um Zeichen, Symbole und Bilder darzustellen. Dabei wird Hintergrundlicht durch eine Folie polarisiert, passiert eine Flüssigkristallschicht, die es in Abhängigkeit von der gewünschten Helligkeit in der Polarisationsrichtung dreht, und tritt durch einen zweiten Polarisationsfilter wieder aus. Zusammen mit der Treiberelektronik, Farbfiltern und Glasscheiben bilden diese Komponenten das sogenannte **Panel**. **Bild 5** zeigt exemplarisch den Aufbau bzw. die Struktur eines Panels und **Bild 6** das Prinzip der Polarisation.

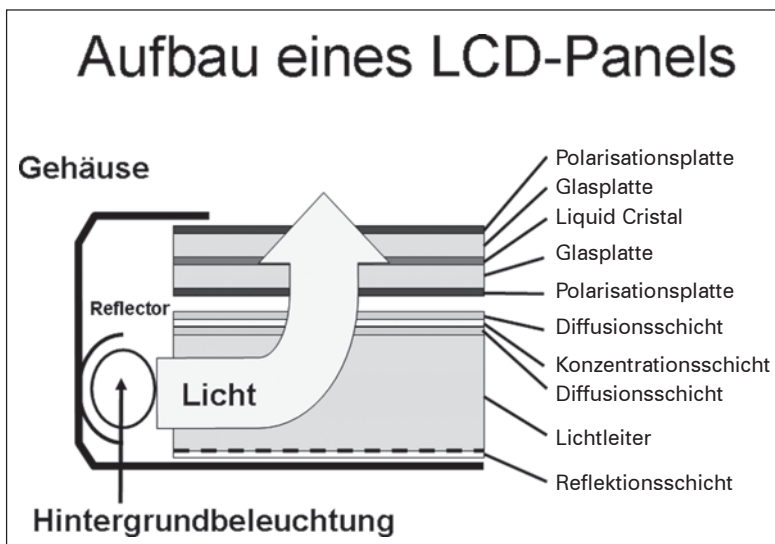


Bild 5: Aufbau LCD-Panel

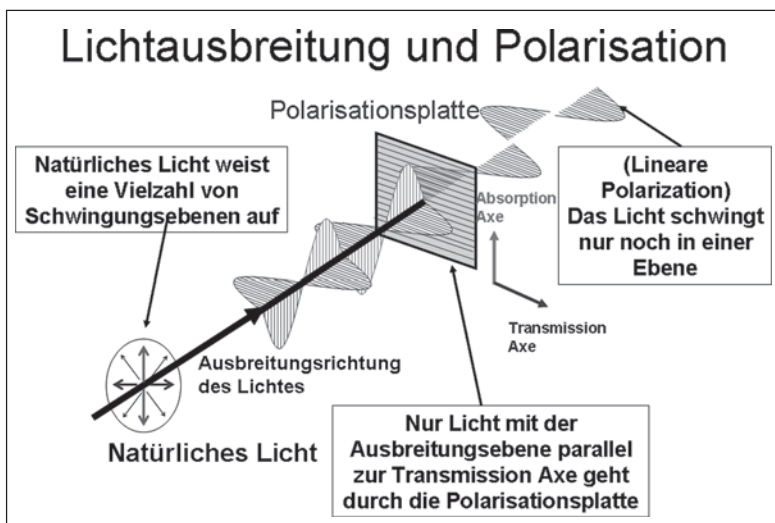


Bild 6: Prinzipdarstellung der Polarisation

Die zurzeit dominierende Flachbildschirmtechnologie stellen die sogenannten Thin Film Transistors, abgekürzt TFT-Bildschirme, dar. Sie enthalten eine Matrix von Dünnschichttransistoren, die auch als Aktivmatrix bezeichnet wird, weil hinter jedem Pixel ein eigener Transistor steckt und angesteuert wird. Ein Dünnschichttransistor ist ein spezieller Feldeffekttransistor,

mit dem großflächige elektronische Schaltungen hergestellt werden können. Im folgenden Text wird daher der Begriff TFT-Monitor oder TFT-Display verwendet. Die Begriffe LCD- und TFT-Monitor werden, obwohl streng genommen unterschiedlich, mittlerweile synonym verwendet.

Um Farbe anzuzeigen, wird jedes Pixel einer TFT-Matrix noch einmal in drei Subpixel unterteilt. Jedes dieser Subpixel besitzt einen Farbfilter, entweder Rot, Grün oder Blau. Der Aufwand, ein solches Farbdisplay anzusteuern, ist dann natürlich dreimal so groß, da dreimal so viele Subpixel notwendig sind. Die unterschiedlichen Leuchtintensitäten der einzelnen Farben (bis zu 256 Nuancen pro Subpixel = 16,77 Millionen darstellbare Farben pro Pixel) werden durch verschiedene Spannungen und dadurch bedingte Abweichungen in der Verdrehung der Kristalle erreicht. Letztendlich wird also die Lichtleitfähigkeit jeder einzelnen Zelle jedes Subpixels gesteuert. Diese Technologie erfordert schon bei VGA-Auflösung (640 x 480) fast eine Million Transistoren. Bei 1280 x 1024 Pixel sind es bereits ca. vier Millionen Transistoren.

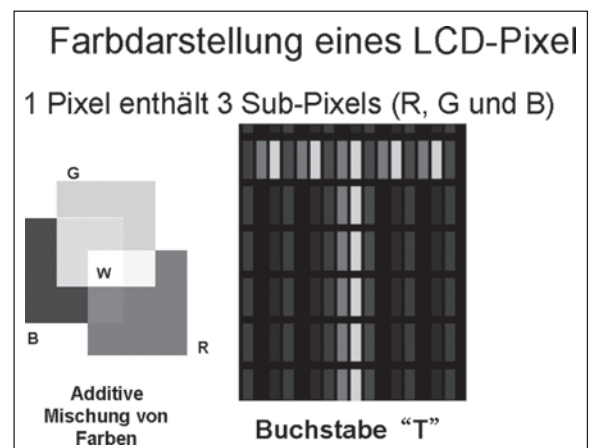


Bild 7: Farbdarstellung R, G, B

Die Begrenzung des seitlichen Einblickwinkels, abhängig vom Panelytyp, stellt ein wesentliches Problem der TFT-Technologie dar. Blickt man von der Seite auf den Monitor, lässt der Kontrast nach und die Farbtreue leidet. Dieser Effekt tritt technologiebedingt besonders bei TN-Panels bereits ab je 80 bis 100 Grad (horizontal und vertikal) auf, siehe Abschnitt 3.4. Ursache sind die nicht immer parallel zueinander ausgerichteten Kristalle. Es entsteht Streulicht, „*fehlgeleitetes*“ Licht, das die Display-Zellen schräg durchdringt. Es kommt zu einer unterschiedlichen Abschwächung des schräg durch die Flüssigkristallschicht laufenden Lichtes. Dies ruft die bekannten Farbverfärbungen und Kontrastveränderungen bei seitlichem Einblickwinkel horizontal und vertikal hervor.

#### Vorteile der Flachbildschirme

- Flachbildschirme sind durch den Entfall von Glasröhren kompakter, sind leichter und können somit auch in mobilen Geräten eingesetzt werden.
- Sie benötigen weniger Strom als CRT-Bildröhren.
- Sie sind flimmerfrei und belasten daher die Augen weniger als CRT-Monitore.

## Nachteile

- Flachbildschirme weisen im Gegensatz zu CRT-Monitoren geringere Reaktionsgeschwindigkeiten auf. Dies kann panelabhängig zu Schlieren bei schnellen Bewegungen und Bildwechslern führen.
- Sie erreichen bisher schlechtere Kontrastverhältnisse als CRT-Bildschirme.
- Sie weisen schlechtere Helligkeitswerte auf.
- Sie besitzen eine feste Auflösung. Niedrigere Auflösungen als die physikalische erscheinen somit unscharf.
- Flachbildschirme können kein „echtes“ Schwarz darstellen, da die Hintergrundbeleuchtung immer aktiv ist.

**Hinweis:** Ein Bildschirmschoner ist auch bei einem TFT-Display immer zu empfehlen, da bei längerem Betrieb mit einem stehenden Bild (z. B. einer Eingabemaske) der sogenannte Memory-Effect oder Image Sticking auftreten kann. Dieser Effekt ähnelt dem Einbrenneffekt bei einem Röhrenmonitor, d. h., auch bei ausgeschaltetem Bildschirm sind dann noch Teile des Bildes als Frame sichtbar. Dies resultiert daraus, dass sich die Kristalle nicht mehr komplett zurückdrehen bzw. träge werden. Dieser Effekt ist irreparabel und hat den Austausch des Panels zur Folge; dieses Phänomen kann herstellerunabhängig festgestellt werden.

### 2.1.1 Grundprinzip der verschiedenen Panels

In den Panels werden Leuchtstoffröhren als Lichtquelle für die Hintergrundbeleuchtung, mittlerweile auch Leuchtdioden (LED) vor allem bei TV-LCD-Displays, eingesetzt. Sie sind meist hinter, manchmal aber auch seitlich oder über der Anzeige angebracht; ihr Licht wird durch Reflexion gleichmäßig auf die gesamte Anzeigefläche verteilt. Vor der Hintergrundbeleuchtung befindet sich ein horizontaler Polarisationsfilter, der nur die horizontal ausgerichteten (polarisierten) Anteile des Lichtes hindurchlässt. Unter Polarisation versteht man hier die Ausrichtung der Schwingungsebene der elektrischen Feldkomponente einer elektromagnetischen Welle.

Aktuell werden drei wesentliche Paneltypen produziert, die sich durch die Art der Ausrichtung der Flüssigkristalle zwischen den Glasplatten unterscheiden:

- TN-Panel,
- IPS-Panel,
- PVA-Panel.

Die Paneltechnologie prägt die Darstellungseigenschaften eines Monitors und damit auch seine Verwendungsfähigkeit. TN-Panels sind die günstigsten, schnellsten und damit auch die verbreitetsten LCD-Panels. Für hochwertige Anforderungen, z. B. im Graphikbereich oder für Befundungsmonitore, werden IPS- oder PVA-Panels eingesetzt.

### 2.1.2 TN-Panel

TN steht für „*Twisted Nematic*“, wörtlich übersetzt: verdreht nematisch. Nematisch bezeichnet einen Zustand oder eine Phase, in der alle stäbchenförmigen Moleküle eines Flüssigkristall-Bildschirms in einer Richtung angeordnet sind. Die Flüssigkristalle werden zwischen gekreuzten Polarisatoren gebracht und

richten sich bei angelegter Spannung am senkrecht zur Glasfläche anliegenden elektrischen Feld aus.

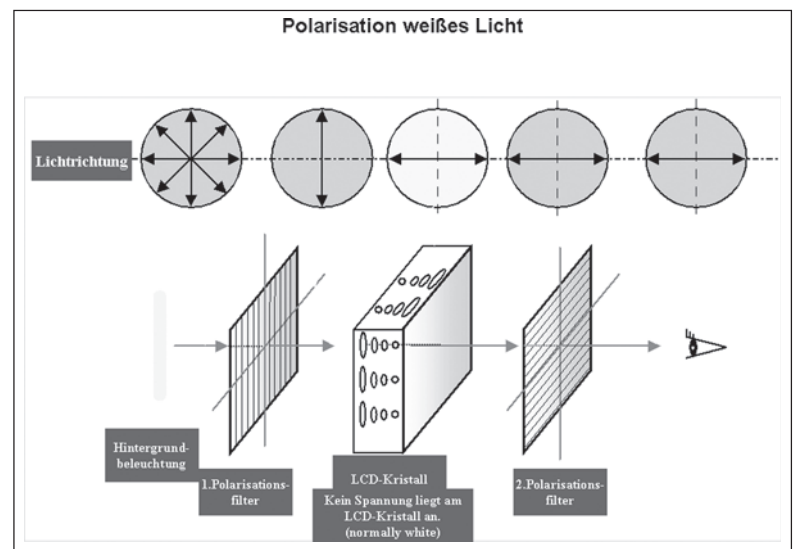


Bild 8: Polarisation weißes Licht

### Detailbeschreibung

Vor dem ersten Polfilter befinden sich die eigentlichen Flüssigkristallzellen (Twisted Nematic = TN-Zelle) und davor wiederum ein Polarisationsfilter, diesmal in vertikaler Ausrichtung. Ohne die TN-Zelle könnte kein Licht durch die beiden Polarisationsfilter dringen, da sowohl die horizontalen wie auch vertikalen Elemente des Lichtes abgeblockt würden. In der TN-Zelle befinden sich jedoch die Flüssigkristall-Moleküle, die innerhalb der Zelle eine Drehung von 90 Grad aufweisen, sofern die Zelle nicht unter Strom steht. Die Kristalle haben die Fähigkeit, das Licht zu leiten und in seiner Polarisation zu steuern. Es „folgt“, vereinfacht erklärt, der Windung der Kristalle, und so dreht sich die Polarisationsrichtung des Hintergrundlichtes um genau 90 Grad. Auf diese Weise kann es durch den zweiten, vertikalen Polfilter hindurchgelangen.

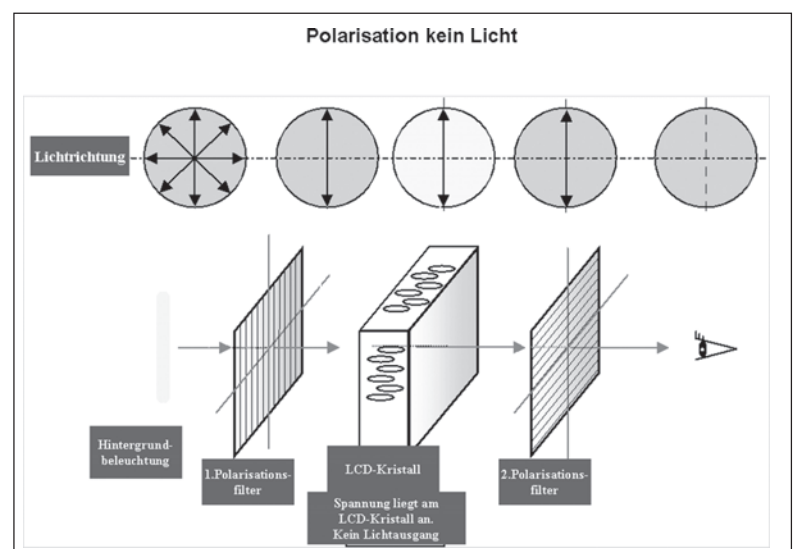


Bild 9: Polarisation kein Licht

Wird dagegen Spannung angelegt, richten sich die LC-Moleküle vertikal aus. Das polarisierte Licht wird dabei nicht mitgedreht, der Polarisator somit blockiert. Das Bild beziehungsweise der Bildpunkt bleibt schwarz. Wird Spannung weggenommen, richten sich die LC-Moleküle aber wieder horizontal aus, und das Licht wird durchgelassen (**Bild 10**).

Da LC-Moleküle sich innerhalb einer Kopplungsschicht nie wirklich perfekt ausrichten und immer einen Fehlwinkel erzeugen, brechen sie eintreffendes Licht diffus und verringern somit den Kontrast und Blickwinkel.

Um dies zu kompensieren, werden Kompensationsfolien eingesetzt, woraus sich die Angabe „TN + Film“ in Datenblättern erklärt. Dieser Film kompensiert die diffuse Brechung des Lichtes und verbessert somit Kontrast wie Blickwinkel. Gegenüber MVA-, PVA-, IPS-Panels sowie den Super-Varianten S-PVA und S-IPS können Kontrast und Blickwinkel von TN-Panels bisher nicht mithalten. TN-Panels haben aber von allen Panels prinzipiell den günstigsten Stromverbrauch durch geringe Leistungsaufnahme.

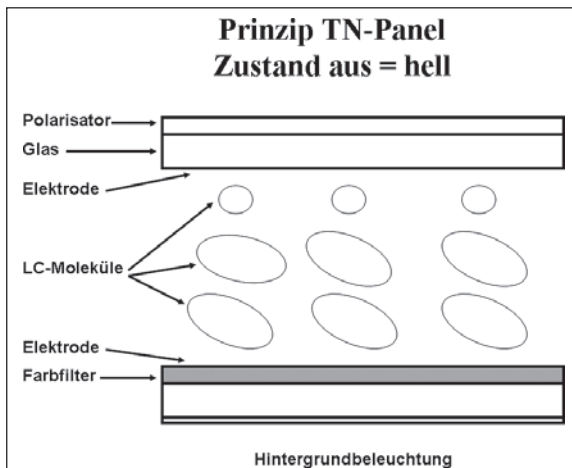


Bild 10: Prinzip TN-Panel

TN-Panels werden vielfältig für Büroanwendungen und z. B. im Spiele-Bereich aufgrund ihrer schnellen Reaktionszeiten gerne verwendet.

**2.1.3 IPS- und S-IPS-Panel**

IPS steht für „In-Plane Switching“; Legt man Spannung an die Elektroden an, richtet das elektrische Feld

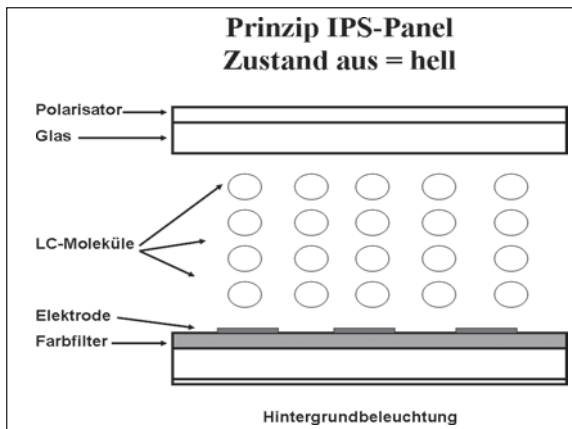


Bild 11: Prinzip IPS-Panel

die Flüssigkristalle parallel (In-Plane) zur Paneloberfläche bzw. Polarisationsrichtung aus, sodass die Kristalle kein Licht durchlassen. Damit bleiben die Bildpunkte schwarz (**Bild 11**).

Der Kontrast ist dadurch wesentlich weniger blickwinkelabhängig als bei TN-Panels. Allerdings wurde erst durch die verbesserte S-IPS- und Dual-Domain-IPS-Technik auch die Blickwinkelabhängigkeit der Farbdarstellung verkleinert. Durch die schwachen Felder waren die Schaltzeiten anfangs sehr lang, aktuelle Varianten können aber durchaus mit schnellen TN-Panels mithalten.

Legt man keine Spannung an, werden die LC-Moleküle um bis zu 90 Grad gedreht, wodurch das Licht mehr oder weniger ungehindert den Polarisator passieren kann.

Da die Elektroden aber wie zwei Kämmen aufgebaut sind, ist eine ziemlich starke Lichtquelle erforderlich; dies erklärt auch den vergleichsweise hohen Stromverbrauch besonders von älteren IPS-Panels. Wegen des höheren Stromverbrauchs sind IPS-Panels nur selten in Notebooks eingebaut.

Durch die genaue homogene Ausrichtung entsteht kein Streulicht, was den großen seitlichen Blickwinkel ermöglicht. Der Nachteil der IPS-Panels besteht darin, dass an den Elektroden der Zellen, die das Spannungsfeld verursachen, das Feld gekrümmt wird. Die Kristalle liegen hier nicht ganz parallel zueinander und erzeugen etwas Streulicht. Dieses wird durch eine schwarze Maske für die inhomogenen Bereiche eliminiert. Allerdings erfordern diese Maske und die Tatsache, dass die Elektroden direkt im Lichtweg liegen, eine starke Hintergrundbeleuchtung. Ein weiterer Nachteil der IPS-Panels bleibt aber bestehen: Sie sind langsamer als TN-Panel, da der Aufbau des speziellen Spannungsfeldes länger dauert. Zukünftige Entwicklungen werden jedoch auch diese Eigenschaft weiter verbessern.

Abhilfe schafften Super-IPS-Panels (S-IPS). Sie basieren auf der IPS-Technologie (In-Plane Switching) und erweitern den Betrachtungswinkel auf mehr als 60 Grad in jede Richtung. Heutige S-IPS-Panels weisen mittlerweile sogar einen Einblickwinkel von 85 Grad in jede Richtung auf, da die stabförmigen Kristalle des Panels in jedem Betriebszustand absolut parallel zueinander ausgerichtet sind. Sie liegen bei dieser Technologie zwischen zwei gleichermaßen horizontal ausgerichteten Polfiltern. Im spannungslosen Zustand sind die länglichen Kristalle im rechten Winkel zu den Polarisationsfiltern ausgerichtet. Durch die polarisierende Wirkung der Kristalle gelangt kein Hintergrundlicht auf die Frontscheibe. Je nach anliegender Spannung kippen die Kristalle immer mehr, bis sie parallel zu den Filtern liegen und dann das meiste Licht durchlassen.

**2.1.4 VA-Panel (MVA, PVA, S-PVA)**

Die Flüssigkristalle in VA-Panels (Vertical Alignment) schalten beim Anlegen des elektrischen Feldes von vertikal zur Glasoberfläche auf horizontal um. Dazu gehörige Technologien umfassen MVA (Multi-Domain VA), PVA (Patterned VA) und ASV (Advanced Super View). Sowohl bei der MVA- als auch bei der PVA-Technologie werden die Flüssigkristalle eines jeden

Bildpunktes in zwei bis vier Teilbereiche eingeteilt und separat angesteuert. Das wiederum sorgt für einen vergleichsmäßig hohen Blickwinkel von 160 Grad und mehr.

### MVA-Panels

MVA steht für „*Multi-Domain Vertical Alignment*“ und wurde 1996 zunächst noch unter der Abkürzung VA (Vertical Alignment, vertikale Ausrichtung) von *Fujitsu* entwickelt. Bei VA-Panels wird eine Zelle in zwei bis drei Domains (Ebenen, daher der Begriff Multi-Domain) eingeteilt und so die Kippvorrichtung der Flüssigkeitsmoleküle gesteuert. Um das zu erreichen, werden an der oberen und unteren Oberfläche des Substrats jeweils Vorsprünge gebildet, welche die LC-Moleküle in eine einheitliche Richtung kippen. Einer der Vorteile der Technologie ist ein hoher Blickwinkel von mindestens 160 Grad horizontal und vertikal (**Bild 12**). Liegt keine Spannung an, richten sich die LC-Moleküle vertikal aus, das Bild bleibt schwarz, entsprechend hoch ist der Kontrast typischerweise mit einem Verhältnis von 400:1 bis 700:1. Legt man Spannung an, drehen sich die Moleküle alle horizontal in eine Richtung. Das Licht wird durchgelassen und das Bild wird weiß.

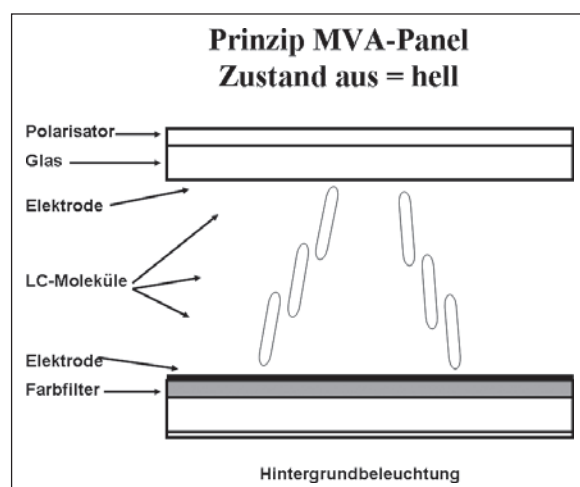


Bild 12: Prinzip MVA-Panel

MVA-Displays sind schnell genug für Video und liefern auch von der Seite ein konstant helles und kontrastreiches Bild ohne Farbverfremdungen.

### PVA-Panels

PVA steht für „*Patterned Vertical Alignment*“. Bei dieser Technologie werden die Flüssigkristalle eines jeden Bildpunktes nicht in zwei bis drei, sondern in vier Teilbereiche eingeteilt und separat angesteuert; dies bietet unter anderem den Vorteil eines leicht höheren Blickwinkels. Außerdem bieten PVA-Panels in der Regel höhere Kontrastraten von bis zu 1.000:1 oder gar mehr.

### S-PVA-Panels

S-PVA (Super-PVA) stellt eine Weiterentwicklung der PVA-Technologie dar. Bei dieser Technologie sind die

Flüssigkristalle im Ruhezustand (schwarzes Bild) vertikal ausgerichtet. Erst wenn Spannung anliegt, werden sie aus der vertikalen Position abgelenkt und lassen das Licht der Hintergrundbeleuchtung durch, so dass ein Bild entsteht.

Durch besondere Farbfilter mit niedriger Dispersion und ein sehr hohes Apertur-Verhältnis (Aufnahmevermögen der Stirnfläche bei der Lichteinkoppelung in einen Lichtwellenleiter) ermöglichen S-PVA-Panels Kontrastverhältnisse von bis zu über 1.000:1 und Helligkeitswerte von bis zu 600 cd/qm oder gar mehr. Mittlerweile findet man für Spezialbereiche Angaben von bis zu 1.800 cd/qm.

Panels mit MVA-, PVA- und IPS-Technologie haben eine deutlich niedrigere Blickwinkelabhängigkeit als TN-Panels. Ihre Farb- und Kontrastwerte sind über das gesamte Bild verteilt sehr konstant; die horizontalen und vertikalen Blickwinkel kommen in der Praxis mit rund 160 bis 170 Grad dem Idealwert von 180 Grad sehr nahe. Die höherwertige Technik bedeutet aber auch einen höheren Preis dieser Monitore.

## 3 Kenngrößen der Flachbildschirme

Flachbildschirme werden durch folgende beispielhafte Angaben charakterisiert:

- Diagonale mit Angabe in Zoll (19")
- Auflösung (19" = 1280 x 1024 Pixel)
- Reaktionszeit
- Kontrast (üblich: 1:400 bis 1:1600)
- Helligkeit (üblich 200 bis 500 cd/m<sup>2</sup>)
- Blickwinkel (z. B. 140° oder 178° horizontal bzw. vertikal)
- Pixeldichte (Anzahl der physikalischen Pixel pro Zoll; steht in direktem Verhältnis zur Größe eines einzelnen Pixels)

### Landscape/Portrait-Darstellung bei LCD-Displays

Die normale Darstellung an einem LCD-Display wird als Landscape bezeichnet. Bei einem um 90 Grad drehbaren Display und einer speziellen Software (z. B. Pivot Pro) kann auf die Portrait-Darstellung umgeschaltet werden; dies bedeutet, dass auf diese Weise eine DIN-A4-Seite 1:1 hochkant dargestellt werden kann. Diese Funktion wird auch als Pivot-Funktion bezeichnet.

Durch diese Technik werden Portraitbetrachtungen möglich, zum anderen können Dokumente einfacher betrachtet werden, da der Nutzer weniger hin und her scrollen muss. Mittlerweile haben alle großen Grafikkartenhersteller in ihre Treiber diese Funktion eingebaut, jedoch fügen auch noch viele Hersteller ihren LCD-Monitoren die passende Software zu dieser Funktion hinzu.

### 3.1 Optimierungen der LCD-Technologie

Folgende Ansätze zur weiteren Optimierung der Darstellungseigenschaften, insbesondere der Reaktionszeiten, werden eingesetzt:

- **Viskosität:** Man versucht der Bewegungsunschärfe entgegenzuwirken, indem man die Schaltzeiten der Displays weiter reduziert, vor allem über die Viskosität der eingesetzten Kristallflüssigkeit.

- **Überspannung:** Bei der *Overdrive-Technik* wird an die LCD-Zelle kurzzeitig eine Spannung angelegt, die höher ist als die für den eigentlichen Helligkeitswert erforderliche Spannung. Dadurch richten sich die Kristalle schneller aus. Das nächste Bild muss hierzu zwischengespeichert werden. Diese Information wird zusammen mit an das jeweilige Display speziell angepassten Korrekturwerten verwendet, um die genaue Zeit berechnen zu können, während der die Überspannung anliegen darf, ohne dass das jeweilige Pixel übersteuert wird. Durch die Zwischenspeicherung wird das Bild etwa zwei bis fünf Takte später angezeigt als vergleichsweise beim CRT-Monitor. Diese Latenz kann sich beim Betrachten von Filmen schon unangenehm bemerkbar machen, wenn der Ton dem Bild vorausseilt. Problematisch ist dies vor allem aber bei Spielen, die eine schnelle Reaktion des Spielers erfordern.
- **Black Stripe Insertion:** Um der Bewegungsunschärfe aufgrund der Erhaltungsdarstellung entgegenzuwirken, können die Pixel bzw. das gesamte Display auch kurzzeitig dunkel geschaltet werden. Ein Nachteil dieser Methode ist, dass die Ansteuerung der Pixel deutlich schneller erfolgen muss, es zum Bildflimmern kommen kann und die effektive Bildhelligkeit sinkt. Daher sind hier Bildwiederholraten von mindestens 85 Hz sowie eine um das Tastverhältnis Auszeit/Leuchtzeit hellere Hintergrundbeleuchtung erforderlich.
- **Blinking Backlight:** Bei der Verwendung von LED zur Hintergrundbeleuchtung von LCD-Displays lässt sich diese Methode einfacher als Black Stripe Insertion realisieren, da hierbei nicht die Pixel schneller angesteuert werden müssen, sondern für Pixelbereiche bzw. das gesamte Display die Hintergrundbeleuchtung für den Bruchteil einer Vollbilddauer ausgeschaltet werden kann.
- **Scanning Backlight:** Hierbei wird das LC-Display nicht mit weißem Licht, sondern nacheinander von roten, grünen und blauen Primärlichtern (häufig per LED) beleuchtet. Da bei LCD-Displays mit zeitsequenzieller Ansteuerung mit den Primärfarben keine Helligkeitsreduzierenden Farbfilter erforderlich und hohe Leuchtdichten vorhanden sind, lässt sich der Helligkeitsverlust durch die Sequenzabfolge leichter kompensieren. Zudem kann ein einzelnes Pixel alle Grundfarben anzeigen, anstatt das Pixel durch das Zusammenspiel von benachbarten Subpixeln zu interpolieren, wodurch die erzielbare Auflösung steigt.

### 3.2 Bildauflösung

#### Rastergrafik

Eine **Rastergrafik** oder **Pixelgrafik** (**Pixel** = picture element) beschreibt ein Bild in Form von computerlesbaren Daten und besteht aus einer rasterförmigen Anordnung von Pixeln (Bildpunkten), denen jeweils eine Farbe zugeordnet ist. Die Hauptmerkmale einer Rastergrafik sind daher die Breite und die Höhe in Pixeln, auch Auflösung genannt, sowie die Farbtiefe.

Heutige Computerbildschirme werden ausschließlich über eine Rastergrafik, die im Framebuffer abgelegt

ist und den gesamten Bildschirminhalt enthält, angesteuert.

Zu den Nachteilen von Raster- gegenüber Vektorgrafiken gehört der meist relativ hohe Speicherverbrauch. Da Rastergrafiken nur aus einer begrenzten Anzahl von Pixeln bestehen, werden geometrische Formen meist nur angenähert, wobei auch der Alias-Effekt treten kann. Dieser kann mittels Antialiasing gedämpft werden. Bei bestimmten geometrischen Verzerrungen einer Rastergrafik gehen Informationen verloren; es können auch Farbtöne erzeugt werden, die vorher nicht vorhanden waren. Bei der Vergrößerung kommt es zu einer „pixeligen“ oder unscharfen Darstellung.

#### Bildauflösung

Unter Bildauflösung versteht man bei Monitoren die Anzahl der Bildpunkte (Pixel), aus denen eine Rastergrafik besteht. In der Regel wird sie durch Breite x Höhe angegeben. Grundsätzlich unterscheidet man zwischen **absoluter** und **relativer Auflösung**.

Bei der **absoluten Auflösung** gibt es zwei verschiedene Angaben:

Die erste Variante gibt einfach nur die Gesamtanzahl der Bildpunkte an; dies ist z. B. in der Digitalfotografie mit der Einheit Megapixel üblich.

Die zweite Variante gibt die Anzahl der Bildpunkte pro Spalte (vertikal) und Zeile oder Linie (horizontal) an, wie bei Grafikkarten und Bildschirmen üblich, z. B. 1024 × 768.

Die zweite Variante hat den Vorteil, dass sie auch das Verhältnis zwischen der Anzahl der Bildpunkte pro Spalte und Zeile angibt, man also eine Vorstellung vom Seitenverhältnis bekommt.

Die **relative Auflösung** gibt die Anzahl der Bildpunkte im Verhältnis zu einer physikalischen Längeneinheit an (z. B. angegeben in dpi, dots per inch; ppi, pixel per inch; lpi, lines per inch). Sie heißt auch Punkt-, Pixel- bzw. Zeilendichte. Alternativ kann die Größe (Kantenlänge, Durchmesser oder Fläche) eines Bildpunktes angegeben werden (z. B. in Mikrometern).

Die physikalische Auflösung eines Flachbildschirms hängt von der Bildschirmdiagonale (Größe des Bildschirms) und der Pixelgröße ab. **XGA** ist die Abkürzung für *Extended Graphics Array*. Sie bezeichnet einen Computergrafik-Standard (VESA 2.0), der bestimmte Kombinationen von Bildauflösung und Farbanzahl (Bittiefe) sowie Wiederholfrequenz definiert. Zum anderen steht XGA für die Auflösung mit Angabe der Bildpunkte (Seitenverhältnis 4:3, 16:9) unabhängig von anderen Parametern.

Die Bildschirme werden üblicherweise in ihrer Standardauflösung (15" mit XGA 1024x768 Bildpunkten, 17" oder 18" mit SXGA 1280x1024 Bildpunkten, 21" mit UXGA 1600x1200 Bildpunkten, 24" mit WUXGA 1920x1600 Bildpunkten) mit für LCDs sinnvollen 60 Hz Bildwiederholungsfrequenz betrieben.

In der Medizin wird speziell für die Mammographie gemäß der Qualitätssicherungsrichtlinie (QSRL) eine Auflösung von 2.560x2048 Pixeln gefordert.

Ein TFT-Monitor kennt nur eine physikalische Auflösung, die er 1:1 wiedergeben kann, da ein Bildpunkt einem physikalisch unteilbaren Pixel entspricht: Er stellt daher nur seine Standardauflösung flächenfü-

lend dar. Diese beträgt bei einem 19-Zoll-Monitor beispielsweise 1280 x 1024 Bildpunkte. Wählt man nun eine kleinere Auflösung wie etwa 800 x 800, so muss der Monitor diese aus seinen einzig möglichen 1280 x 1024 Bildpunkten darstellen.

Das Display präsentiert den Ausschnitt entweder in einem kleineren Bildausschnitt (bei weiterhin scharfer Bildqualität) oder rechnet das entsprechende Bild auf die gesamte Bildschirmfläche hoch. Dabei wird ein größerer Bildpunkt einfach aus mehreren kleinen Punkten erzeugt; diesen Vorgang bezeichnet man als „Interpolieren“, was bei vielen TFT-Monitoren leichte Bildunschärfen und einen sichtbaren Zoom-Effekt erzeugen kann. Durch die Interpolation können Informationen verloren gehen oder Bildartefakte entstehen. Dies hat im ungünstigsten Fall ein schwammiges Bild zur Folge.

Tabelle 1: Auflösungsverhältnisse

Zoll	Diagonale	Bildpunkte	Format	Auflösung
17	43 cm	1280x1024	4:3	1,3 Mpx
19	48 cm	1280x1024	5:4	1,3 Mpx
20	50 cm	1600x1200	16:10	1,93 Mpx
20	50 cm	1680x1050	4:3	1,76 Mpx
22	56 cm	1680x1050	16:10	1,76 Mpx

Faustregel: Eine höhere Auflösung bedeutet mehr Pixel, dies verhilft dem Monitorbild zu einer höheren Detailgenauigkeit. Bei identischer Bildschirmauflösung erscheinen Symbole und Schriften umso größer, je höher die Bilddiagonale ist. So besteht der große Vorteil von 19-Zoll-Monitoren gegenüber 17-Zoll-Monitoren darin, dass dank der größeren Diagonale die Darstellung größer ist und damit Texte besser zu lesen bzw. Bilder zu sehen sind.

### 3.3 Seitenverhältnis

Das Seitenverhältnis wird über die native Auflösung definiert. Native Auflösung eines Monitors heißt, dass dabei ein Bild-Pixel genau jedem dargestellten Bildpunkt auf dem Monitor entspricht. Dies bedeutet wiederum, dass 17- und 19-Zoll-Monitore mit 1280x1024 Bildpunkten über ein Verhältnis (Breite zu Höhe) von 5:4 verfügen. 20-Zoll-Monitore mit 1600x1200 Bildpunkten kommen auf ein Seitenverhältnis von 4:3, Widescreen-Varianten mit der gleich großen Bilddiagonale stellen den Bildschirminhalt in 1680x1050 Pixeln und somit in einem Verhältnis von 16:10 dar. Das Seitenverhältnis von 4:3 bzw. 5:4 ist optimal für einzelne Texte, Bilder, Diagramme sowie für TV-Sendungen, aber weniger geeignet für Breitbildfilme. Das Seitenverhältnis von 16:10 eines TFT-Displays ist für Kinofilme ideal, die im Format 16:9 gesendet werden. Fernsehsendungen im Format 4:3 werden aber von einem seitlichen schwarzen Rand umgeben. Auf Breitbildschirmen können Texte, Tabellen, Diagramme oder Bilder komfortabel nebeneinandergestellt werden.

### 3.4 Betrachtungswinkel (Blickwinkelabhängigkeit)

Der horizontale und der vertikale Betrachtungswinkel eines Displays (auch Ablesewinkel genannt) gehören zu den wichtigsten Qualitätsmerkmalen eines Flach-

bildschirms. Die Gradzahlen bei der Angabe des Blickwinkels drücken den Spielraum aus, in dem man sich vor dem Bildschirm nach links und rechts oder oben und unten bewegen kann, bevor das Bild unscharf wird oder nicht mehr sichtbar ist. Einen solchen Effekt kann man sehr gut bei älteren Flachbildschirmen oder Laptops beobachten, bei denen dieser Betrachtungswinkel noch viel eingeschränkter ist.

Bei LCD-Monitoren wird die Eigenschaft der planen Bildfläche, das Licht großwinkelig zu streuen, durch die verwendeten Polarisationsfilter nachteilig beeinflusst. Erst die neuen Technologien MVA oder IPS ermöglichen Blickwinkel von bis zu 170° horizontal und vertikal. Hierdurch wird auch die bisher nachteilige Schattenbildung verringert, die bei der Betrachtung im flachen Winkel störend auftreten kann. Die Angaben in den Datenblättern zu LCD-Modellen weisen die Angaben für den horizontalen und vertikalen Blickwinkel auf. Der vertikale Blickwinkel sollte möglichst gleich groß dem horizontalen sein, wenn ein TFT-Monitor zur Verwendung im Portrait-Modus eingesetzt werden soll. Durch die Rotation des Panels um 90° wirkt sich im Übrigen ein kleinerer vertikaler Blickwinkel in der Praxis oft nachteilig aus (**Bild 13**).



Bild 13: Blickwinkelabhängigkeit

Je nach Position des Betrachters ändern sich Helligkeit und Farben des angezeigten Bildinhaltes. Je seitlicher der Betrachter steht, desto schräger ist der Blickwinkel. Es sollten Mindestwerte von 160 Grad horizontal und 160 Grad vertikal eingehalten werden. Dabei spielt auch die Farbdarstellung eine wichtige Rolle. Wenn die Farben eines farbenprächtigen Bildes beim Anschauen von allen Seiten stark verblasen, das Schwarz seine Sättigung verliert, dann deutet dies auf ein niedriges Qualitätsniveau des Monitors hin. Qualitativ einfache Geräte zeigen hier schon bei leicht seitlichem Aufblick bräunlich oder bunt schimmernde Dunkelflächen und verlieren an Farbsättigung. Wenn ein Gerät Graustufen in sehr hellen und sehr dunklen Bereichen nicht ordentlich auflöst, kommt es zu auswaschenden Lichtern und absaufenden Schatten: Braut und Schornsteinfeger haben dann keine Zeichnung mehr in ihrer Kleidung und wirken wie mit einem dicken Pinsel gemalt.

Die Angabe des Blickwinkelgrads auf dem Datenblatt gibt daher an, bis zu welchem Winkel eine seitliche Betrachtung ohne Darstellungsverluste möglich ist. Die Winkelangaben in den technischen Daten der angebotenen Monitore stellen auch immer einen Hinweis auf die im Monitor genutzte Display-Technik dar. Werden Blickwinkel (horizontal/vertikal) von 160 Grad



und mehr genannt, so wird mit hoher Wahrscheinlichkeit ein IPS- oder MVA-Panel verwendet. Kleinere Winkel deuten auf die TN-Technik hin, die mittlerweile auch in 19- bis 24-Zoll-Monitoren einbaut wird. TN-Panels weisen bisher die stärkste Blickwinkelabhängigkeit von allen Technologien auf.

### 3.5 Helligkeit/Leuchtdichte Luminanz in $\text{cd}/\text{m}^2$

Die Helligkeit wird bei einem Monitor in Candela/ $\text{m}^2$  angegeben. Dabei entspricht ein Candela der Leuchtkraft einer Kerze vor schwarzem Hintergrund.

Die Helligkeit von TFT-Monitoren ist für Multimediazwecke sehr wichtig; für normale Büroarbeit reicht eine Leuchtdichte zwischen 100 und 140  $\text{cd}/\text{m}^2$ , die mittlerweile jedes TFT-Display erreicht. Filme und Videos benötigen Displays mit hoher Leuchtdichte.

Heutige TFT-Displays mit VA-Panels erreichen eine Leuchtdichte von bis zu 1000  $\text{cd}/\text{m}^2$ ; sie sollte in Dunkelheit reduziert werden können, da ein hell strahlendes Display in dunklen Räumen oder nachts die Augen anstrengt und auf Dauer zu Kopfschmerzen führen kann. Daher ist es ratsam, die Leuchtdichte eines Displays auf ein angenehmeres, d. h. ergonomisches Maß zu reduzieren. In normalen Wohn- und Büroumgebungen liegt eine ergonomische Leuchtdichte bei 100 bis 130  $\text{cd}/\text{m}^2$ , bei Funktionsabteilungen mit heller Ausleuchtung bis zu 200  $\text{cd}/\text{m}^2$ .

### 3.6 Kontrast

Die Kontrastrate oder der Kontrastwert wird als das Verhältnis des hellsten (weiß) zum dunkelsten (schwarz) Pixel angegeben. Eine Kontrastangabe von 600:1 bedeutet beispielsweise, dass ein solches Display weiße Bildinhalte 600-mal heller darstellen kann als schwarze.

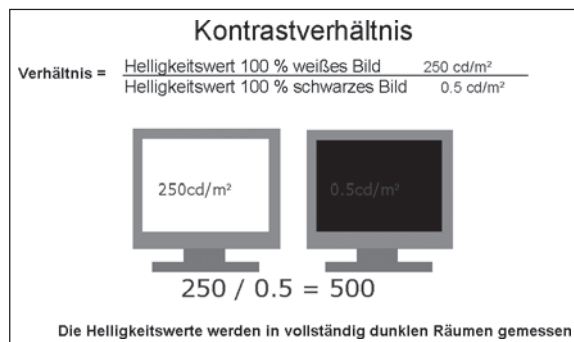


Bild 14: Berechnung des Kontrastverhältnisses

**Bild 14** zeigt, wie das Kontrastverhältnis aus dem Helligkeitswert 100 % weißes Licht zu Helligkeitswert 100 % schwarzes Licht berechnet wird. Da die Spannungsversorgung der Hintergrundbeleuchtung nie ausgeschaltet ist, bleibt ein minimaler Restlichtwert übrig, sodass die „Helligkeit“ eines schwarz geschalteten LCD bzw. schwarzen Bildes nie 0  $\text{cd}/\text{m}^2$  beträgt. Der Kontrast von TFT-Monitoren ist abhängig von der eingesetzten Technologie:

- VA-Panels erreichen den höchsten Kontrast (700:1 – 900:1)
- TN-Panels erreichen einen Kontrast von bis zu 700:1
- IPS-Panels erreichen den geringsten Kontrast mit ungefähr 300:1.

Bei einem Monitor mit ansprechendem Kontrastverhältnis sollte sich die Schrift einer beschriebenen Textseite (schwarze Schrift auf weißem Grund, kleine Schriftgröße) klar und scharf vom Hintergrund zwischen den Textzeilen abheben, ohne dass sich ein grauer Hintergrund zwischen den Textzeilen bildet. Je höher der Kontrast ist, desto feinere Abstufungen werden aufgelöst.

Ein zu geringer Kontrast stört bei allen Anwendungen. Texte oder Tabellen sind in heller Auflösung schlecht lesbar, sodass langes Arbeiten dann schnell zum Ermüden der Augen führen kann. Videosequenzen und Filme leiden ebenfalls unter kontrastschwachen Displays, da ihnen Brillanz fehlt und die Darstellung etwas kraftlos wirken kann.

Herstellerangaben zum dynamischen Kontrast mit Werten von weit über 1000:1 sollte man [Quelle Portek] in der Praxis kritisch betrachten, weil in dunklen Szenen ein TFT-Display das Hintergrundlicht abschaltet, damit sich das Bild nicht durch einen Grauschleier ungewollt aufhellt. Da dieser Effekt aber praktisch nur bei der Wiedergabe von Filmen eine Rolle spielt, ist diese Kontrastangabe für Displays, die im Büro für Office-Anwendungen eingesetzt werden, nur zweit-rangig. Als generelle Regel lässt sich festhalten, dass akzeptable Kontrastwerte bei 200:1 beginnen und auch bei höherer Helligkeit nicht drastisch abfallen dürfen.

### 3.7 Bildwiederholfrequenz

Die Bildwiederholfrequenz stellt die Häufigkeit dar, mit der eine Bildschirmseite pro Sekunde erzeugt und dargestellt wird (gemessen in Hertz). Normale Displays verfügen über eine Bildfrequenz von 60–100 Hz. Für eine flimmerfreie Darstellung muss die Bildfrequenz bei CRT-Monitoren mindestens 70 Hz betragen (die Anforderungen der Berufsgenossenschaften gemäß Bildschirmverordnung an die Bildwiederholfrequenz betragen mindestens 85 Hz). Für eine flimmerfreie Darstellung ist daher die Abstimmung zwischen Graphikkarte und Monitor ausschlaggebend. TFT-Displays liefern aufgrund des anderen Bildarstellungsverfahrens bereits ab 50 Hertz Wiederholfrequenz ein flimmerfreies Bild.

### 3.8 Reaktionszeit/Schaltverhalten

Ein wichtiger Qualitätsaspekt bei Panels ist ihre Reaktionszeit oder ihr Schaltverhalten. Die Reaktionszeit (auch Schaltzeit oder Response time) bezeichnet die Zeit in Millisekunden, die ein Bildpunkt eines TFT-Displays benötigt, um seinen Zustand zu wechseln. Die Reaktionszeit ist nur für TFT-Displays wichtig. Bei Röhrenmonitoren ist die Reaktionszeit aus technischen Gründen nicht relevant, weil diese quasi nicht existiert. Die Reaktionszeit stellt neben dem Panel-Typ das wichtigste Entscheidungskriterium für einen TFT-Display dar.

Es gibt zwei unterschiedliche Messwerte, mit denen die Reaktionszeit für TFT-Displays angegeben wird:

- die BWT (black-white-time oder Schwarz-Weiß-Zeit)
- und die GTG (grey-to-grey oder Grau-zu-grau-Zeit).

Je kleiner die Reaktionszeit eines Displays ist, desto schneller kann das Bild wechseln, ohne dass es ver-

schwimmt (z. B. Schlieren bei schnellen Mausbewegungen in Videospiele).

Die Reaktionszeit eines Panels ermöglicht die Einschätzung, ob ein Flachbildschirm für Videofilme und Spiele geeignet ist. Beide Verwendungsarten erfordern eine möglichst kurze Reaktionszeit. Ist sie zu hoch, kommt es zum Nachleuchten oder zur Schlierenbildung, da die Grafikkarte das Bild schneller ändert, als die einzelnen Flüssigkristalle des Panels folgen können. Die einzelnen Bildpunkte von TFT-Displays müssen bei Videosequenzen schnell zwischen hell und dunkel umschalten können, je schneller, desto besser können dynamische bzw. schnelle Bildinhalte dargestellt werden.

Um die Helligkeit eines Pixels eines Displays zu ändern, muss der Flüssigkeitskristall seine Ausrichtung drehen. Diese Änderung basiert auf einer Drehung der Moleküle, die einige Zeit in Anspruch nimmt. Schnelle Displays benötigen für einen einfachen Bildwechsel in Form eines Schaltvorgangs normalerweise zehn Millisekunden [nach Portek], sodass ein vollständiger Wechsel bei Bildschwenks also ca. 20 Millisekunden dauert.

Ein Monitor muss für jedes angezeigte Bild die gesamten Pixel neu ausrichten. Bei der üblichen Bildwiederholfrequenz von 60 Hz wird ein Bild also 60-mal pro Sekunde erneuert. Wenn die Pixel sich dabei

nicht schnell genug wieder ausrichten, kommt es bei raschen Bildbewegungen entweder zur Schweißbildung – die Pixel laufen der berechneten Anzeige hinterher – oder zur Kantenunschärfe von Objekten. Ein Bild wirkt in diesen Fällen verschwommen und weist Schlieren – sowie Unschärfeeffekte – auf. Dies ist u. a. ein Grund, weshalb derzeit 22-Zoll-Flachbildschirme überwiegend mit TN-Panels ausgestattet werden, die eine schnelle Reaktionszeit aufweisen.

Bei einer Reaktionszeit von beispielsweise 50 ms ist ein TFT-Display in der Lage,  $1:0,050 = 20$  Bilder pro Sekunde zu erzeugen und darzustellen.

Mit Schaltzeiten von 15 ms hingegen erhält man bereits eine Bildwiederholrate von 66,66 Bildern pro Sekunde, die für besonders kontrastreiche DVD oder Spiele schon sehr gut ist. Allerdings benötigen TFT-Displays generell mehr Zeit für den Wechsel zwischen zwei Farben als für den Wechsel zwischen Schwarz und Weiß.

#### Schwarz-Weiß-Messung

Bei der Schwarz-Weiß-Messung wird die Zeit angegeben, die ein Bildpunkt benötigt, um von dunkel nach hell und wieder zurück zu wechseln. Die Reaktionszeit ist dabei die Summe aus der rise- und der fall-Zeit des Displays:



Mitglied im CLINOTEL  
Krankenhausverbund

Akademisches Lehrkrankenhaus der Charité

## kl<sup>in</sup>ikum brandenburg

CLINOTEL ist ein starker, bundesweit tätiger Verbund wirtschaftlich gesunder und innovativer Krankenhäuser in öffentlicher und freigemeinnütziger Trägerschaft ([www.clinotel.de](http://www.clinotel.de)).

Die Städtisches Klinikum Brandenburg GmbH, Akademisches Lehrkrankenhaus der Humboldt-Universität zu Berlin (Charité), ein leistungsstarkes Krankenhaus der qualifizierten Regelversorgung mit Schwerpunktaufgaben, sucht zum schnellstmöglichen Dienstantritt einen/eine

### Medizinphysikexperten/-in

**für folgende Aufgabenschwerpunkte:**

- Wartung und Instandhaltung medizintechnischer Geräte
- Durchführung sicherheitstechnischer und messtechnischer Kontrollen
- Überwachung der Einhaltung gesetzlicher Vorschriften im Zusammenhang mit der Nutzung medizintechnischer Geräte
- Mitwirkung als Medizinphysikexperte/-in bei der Qualitätssicherung in der Strahlentherapie

**Zur Erfüllung aller anstehenden Aufgaben sollten Sie über folgendes Profil verfügen:**

- Abgeschlossenes Studium Medizintechnik
- Zusatzqualifikation Medizinphysikexperte/-in
- Fachkundenachweis Strahlenschutz

Die Vergütung richtet sich entsprechend den persönlichen Voraussetzungen nach einem Haustarifvertrag (Anlehnung TVöD).

Brandenburg an der Havel ist verkehrstechnisch sehr gut an Berlin und Potsdam angebunden. Die ehemalige Kur- und Hauptstadt der Mark Brandenburg hat neben der schönen Altstadt eine sehr schöne Umgebung mit vielen Seen und Wäldern.

Interesse? Bitte schicken Sie Ihre Bewerbung an:

**Städtisches Klinikum Brandenburg GmbH  
Personalabteilung  
Hochstraße 29, 14770 Brandenburg**

### Planung von Medizintechnik in Projekten des Gesundheitswesens

#### DIPL.-ING. MEDIZINTECHNIK

Wir suchen für unser Team kurzfristig eine(n) Diplom-Ingenieur(in) Medizintechnik für die Planung medizintechnischer Einrichtung in Projekten des Gesundheitswesens.


Wir wenden uns an Planer(innen), die selbständig Projekte mit dem kompletten Leistungsspektrum der HOAI übernehmen können.

Wir bieten Ihnen in unserem Team bei viel Freiraum eine abwechslungsreiche Tätigkeit mit interessanten Planungsaufgaben zu attraktiven Vertragsbedingungen.

Wenn Sie sich in dem skizzierten Anforderungsprofil erkannt haben, freuen wir uns auf Ihre Bewerbung.

Diese richten Sie bitte an:  
**Hospitaltechnik Planungsgesellschaft mbH,  
Frau Anke Stepken, Hohenzollernstr. 11,  
47799 Krefeld** oder per E-Mail:  
[Anke.Stepken@ht-hospitaltechnik.de](mailto:Anke.Stepken@ht-hospitaltechnik.de)

Für weitere Informationen steht Ihnen Frau Stepken unter Telefon-Nr. +49 2151 95 97 - 90 zur Verfügung.



HOSPITALTECHNIK  
PLANUNGSGESELLSCHAFT MBH  
HOHENZOLLERNSTRASSE 11  
D-47799 KREFELD  
TELEFON +49 2151 95 97-0  
TELEFAX +49 2151 95 97-10

- **rise:** Ein nicht angesteuerter Farbpunkt (schwarz) wechselt in den voll angesteuerten Zustand (weiß)
- **fall:** Ein voll angesteuerten Farbpunkt (weiß) fällt in den nicht angesteuerten Zustand zurück

Bei jedem dieser Umschaltvorgänge müssen die Flüssigkristalle im LCD die größtmögliche Änderung ausführen. Die fall-Zeit ist immer größer als die rise-Zeit, da jeder Bildpunkt nach dem Ausschalten noch nachleuchtet.

Die rise- und fall-Werte werden meistens in Klammern nach der Gesamtzeit angegeben. Dabei ist es üblich, den rise-Wert als ersten anzugeben, z. B. 16 (6/10). Das Messverfahren zur Reaktionszeit ist in ISO 13406-2 definiert.

Die Herstellerangaben für die Reaktionszeit bei Flachbildschirmen werden meist nur in „grey-to-grey“-Reaktionszeit angegeben, die tatsächliche Schwarz-Weiß-Zeit liegt jedoch weit höher. So erreichen die heute schnellsten Flachbildschirme mit 2 ms angegebener GTG „grey-to-grey“-Reaktionszeit eine tatsächliche BWT „Schwarz-zu-Weiss“-Reaktionszeit von rund 14 ms. Mit Techniken wie Overdrive bzw. dem Einfügen von Schwarzzeilen (bei Normally-White-Bildschirmen) versucht man, das Problem der langen GTG-Reaktionszeiten zu optimieren.

**Overdrive-Technik**

Um die erforderlichen und Zeit in Anspruch nehmenden Schaltvorgänge zu beschleunigen, wird die sogenannte Overdrive-Technik bei LCD-Displays eingesetzt (siehe Kapitel 3.1).

Die Overdrive-Technik beschleunigt das Reaktionsverhalten der verschiedenen Panels und wird vorwiegend bei VA-Panels eingesetzt, während derzeit aktiv beschleunigte TN- oder IPS-Displays seltener angeboten werden.

**4 Anforderungen und Empfehlungen für den allgemeinen Einsatz**

Für den Einsatz im Büro eignen sich normalerweise die TFT-Displays mit TN-Panels. Diese sind kostengünstig zu fertigen, weshalb in den meisten preiswerteren Monitoren ein TN-Panel steckt. Derartige Displays reichen für Standard-Büroanwendungen wie Textverarbeitung, Tabellenkalkulation usw. völlig aus. Grafiker, Designer und Fotografen setzen eher teurere Panels mit MVA-, PVA- oder IPS-Technik ein, die auch für den Einsatz in der Medizin vorzuziehen sind, weil sie Farben besser darstellen, breitere Blickwinkel liefern und sich gut kalibrieren lassen.

Die feste Pixelanzahl bei LCD stört nur dann, wenn man Anwendungen mit unterschiedlichen Auflösungen darstellen muss. Für die gängigen Office-Anwendungen sollte ein Monitor stets in seiner nativen Auflösung betrieben werden. Die native Auflösung eines 19 Zoll Monitors beträgt beispielsweise 1280 x 1024 Pixel (SXVGA).

**Formatabhängige Bildauflösung**

Bei der Auswahl eines Flachbildschirmes spielt nicht nur die Diagonale wie 19 Zoll, sondern auch das Format eine Rolle. Die reine Angabe einer Bildschirm-

diagonale sagt noch nichts über das Format eines LCD-Displays und die damit verbundene Auflösung aus. Format und Pixel nehmen Einfluss auf die Bildauflösung in dpi und damit auch auf die Tauglichkeit eines Flachbildschirmes für die Anforderung an Textverarbeitung (größere Punktdarstellung) und/oder Bildverarbeitung (feinere Punktdarstellung). Für normale Büroanwendungen können beispielsweise 19-Zoll-Flachbildschirme mit dem Format 5:4 eingesetzt werden, die eine Auflösung von 1280 x 1024 Bildpunkten liefern. Bei einer Pixelgröße von 0,294 mm erreichen 19-Zoll-Flachbildschirme mit diesem Format 86 dpi. Diese Auflösung bedeutet eine etwas größere Punktdarstellung bzw. geringere Feinzeichnung, was für normale Textbearbeitung sogar von Vorteil ist. Für die Bildbearbeitung ist diese Auflösung nicht unbedingt von Vorteil und reicht nur für gelegentliche Bildkorrekturen.

Tabelle 2: Auflösung von Flachbildschirmen

Bilddiagonale	Format	Auflösung in Pixeln	Pixelauflösung in mm
17 Zoll	4:3	1280 x 1024	0,264
19 Zoll	5:4	1280 x 1024	0,294
19 Zoll	16:10	1440 x 900	0,285
22 Zoll	16:10	1680 x 1050	0,282

Mittlerweile werden sogenannte Breitbilddisplays (auch als Wide-Display bezeichnet) mit einer Bildschirmdiagonale von 19 Zoll und im Format 16:10 angeboten. Aus dem Format könnte man zunächst auf eine breitere Schirmfläche und damit breitere Arbeitsfläche im Vergleich zu Monitoren im Format 4:3 und 5:4 schließen, was allerdings nicht zutrifft.

Breitbilddisplays mit dem Format 16:10 verfügen gemäß Tabelle 2 nur über eine Auflösung von 1440 (horizontal) x 900 (vertikal) Pixel und bieten damit vertikal eine geringere Auflösung als ein klassischer 17-Zoll-Flachbildschirm im Format 4:3 und einer Auflösung von 1280x1024.

22-Zoll-Displays (auch als Widescreen-Displays bezeichnet) weisen eine Auflösung von 1680 x 1050 Bildpunkten auf. Die derzeit erhältlichen Geräte sind mit der TN-Panel-Technologie ausgestattet, bei denen die Winkelabhängigkeit der TN-Technik nicht unbedingt mit der großen Schirmfläche harmonisiert. Dies kann [Quelle Portek] zu störenden Änderungen der Farbsättigung führen, die man an den Bildrändern sehen kann.

Optimal für Büroanwendungen sind mittlerweile Displays zwischen 20 und 22 Zoll. Sie bilden einen guten Kompromiss aus Bildfläche, Preis und Ergonomie. Wird viel mit Texten gearbeitet, sollte man eher zu einem 22-Zoll-Display greifen.

Auf 20-Zöllern sind Systemschriften deutlich kleiner. Dafür stellt ihr engeres Punktraster Bilder und Grafiken feiner aufgelöst dar. Ab 22 Zoll gibt es schon jetzt nur noch Geräte mit Breitbild im Seitenverhältnis 16:10 (Widescreen-Displays). Auch bei den kleineren Diagonalen laufen die Formate 4:3 und 5:4 langsam aus.

Durch die Breitbildformate hat man auf dem Desktop mehr Platz als bei den „normalen“ Formaten. Beson-

ders bei Anwendungen wie CAD (Computer Aided Design) ist ein Widescreen von Vorteil, da die Arbeitsfläche vergrößert wird. Auch Excel-Tabellen können mit mehr Spalten dargestellt werden. Mehrere Seiten eines Textdokuments können gleichzeitig angesehen werden, auf einem 24-Zoll-Wide-Display werden sie vollständig angezeigt und auch bei „kleineren“ Displays gelingt eine übersichtlichere Darstellung. DVDs und Filme werden im 16:10-Format ohne Verzerrungen dargestellt.

Da das menschliche Sehverhalten mehr in die Breite als Höhe ausgerichtet ist und der Mensch die Welt ebenfalls über die Augen als „Breitbild“ wahrnimmt, ist ein Widescreen-Monitor ergonomischer und augenfreundlicher.

### Digitale Ansteuerung von Flachbildschirmen

Ein Flachbildschirm sollte unbedingt eine digitale DVI-Schnittstelle aufweisen, damit die Grafikkarte Informationen nicht digital-analog umwandeln, der Monitor hingegen wiederum eine analog-digitale Umwandlung durchführen muss. Eine solche vermeidbare Wandlung beeinflusst die Bildqualität grundsätzlich negativ.

Es empfiehlt sich, analoge VGA-Kabel für die VGA-Verbindung PC – Monitor von vornherein wegzulassen. Bei günstigen 19 bis 22-Zoll-Displays fehlt u. U. der digitale DVI-Eingang. Das kann die Bildqualität negativ beeinflussen, wenn das analoge Signal der Grafikkarte unsauber ist. Außerdem sind beim DVI-Anschluss die Bildeinstellungen automatisch richtig abgestimmt.

**Hinweis:** Digitale Kabel haben nur bis zu einer bestimmten Länge gute Datenübertragungseigenschaften, maximal 5 Meter bei guter Kabelqualität.

### Darstellung

Für Grafiken, Schaubilder und Präsentation sollen die Flachbildschirme satte und reine Grundfarben darstellen. Nach Portek stellt die Mischung der Grundfarben zur Darstellung von Farb- oder Grauverläufen für viele Flachbildschirme ein Problem dar.

Die Look-up-Table eines Displays ordnet den Signalpegeln der Grafikkarte Spannungspegel für jedes RGB-Subpixel zu. Wenn diese Zuordnung nicht richtig ausgeführt ist, kann ein Flachbildschirm Verläufe mit Farbstreifen abbilden.

### Helligkeitsangaben in cd/m<sup>2</sup>

Im normalen Büroalltag reichen Helligkeiten von ca. 100 bis 120 cd/m<sup>2</sup> normalerweise aus, höhere Helligkeiten führen dazu, dass die Augen überanstrengt werden und der Betrachter Kopfschmerzen bekommen kann. Viele Displays erreichen Helligkeiten von 200 cd/m<sup>2</sup> und mehr, die im Alltag aus den genannten Gründen nicht benötigt werden. In leicht abgedunkelten Räumen reichen normalerweise selbst Helligkeiten von 80 cd/m<sup>2</sup> aus. Ein Flachbildschirm sollte daher beispielsweise über einen Regelbereich der Helligkeit von mindestens 70 bis 235 cd/m<sup>2</sup> verfügen, um optimal an die Umgebungshelligkeit angepasst zu werden. Kann der untere Helligkeitswert eines Bildschirmes nicht weiter abgesenkt werden, kann

man hilfsweise mit dem Kontrastregler arbeiten. Dies führt aber dazu, dass man damit die Graustufenauflösung beschneidet, sodass sehr helle Farb- und Graustufen nicht mehr differenziert werden. (Bild 15)

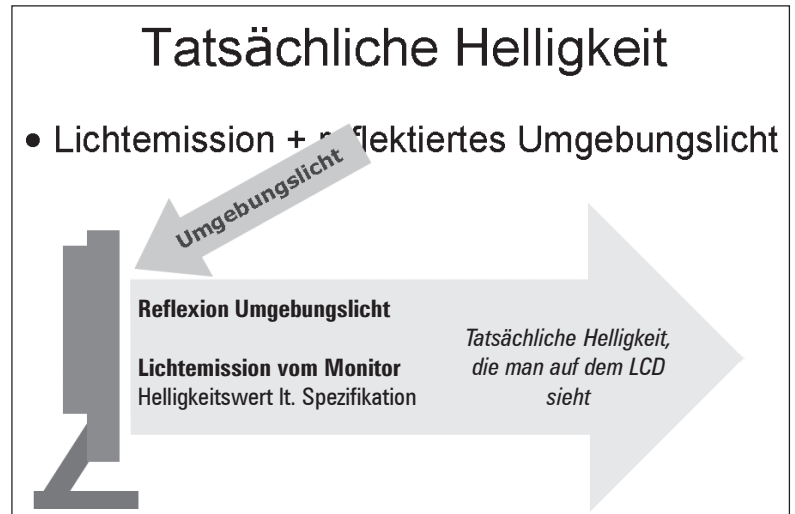


Bild 15: Tatsächliche Helligkeit (Emittiertes und reflektiertes Licht eines Display)

### Reaktionszeiten bei LCD-Monitoren für Office-Anwendungen

Die Panel-abhängige Reaktionszeit bei LCD-Displays spielt bei Office-Anwendungen normalerweise keine große Rolle. Die unter Kapitel 3.8 beschriebene Overdrive-Technologie wird für übliche Büroanwendungen



normalerweise nicht benötigt. Da mittlerweile auch Flachbildschirme mit TN-Panels durch die Weiterentwicklung der Viskosität der Flüssigkeitskristalle deutlich besser geworden sind, reichen nach Porteck die TN-Panels mit der bekannten Blickwinkelcharakteristik für die üblichen Büroanwendungen durchaus aus.

#### Hintergrundbeleuchtung (Backlight)

Die Hintergrundbeleuchtung wird am Displayrand von sogenannten Cold-Cathode-Fluorescent-Lampen (CCFL) erzeugt. Theoretisch wird das Licht von filigranen Leitfolien hinter der Flüssigkeitskristallschicht über die gesamte Schirmfläche gleichmäßig verteilt. Allerdings führen bei der Fertigung und beim Zusammenbau selbst geringe Toleranzen oder Unebenheiten zu einer inhomogenen Ausleuchtung. Normalerweise steigt oder fällt die Lichthelligkeit gleichmäßig über die gesamte Hintergrundfläche, sodass der Nutzer sie mit dem bloßen Auge nicht oder kaum wahrnehmen kann. Ein guter Flachbildschirm sollte die Hintergrundbeleuchtung (Backlight) möglichst gleichmäßig auf die gesamte Bildschirmoberfläche verteilen. Wenn dies nicht der Fall ist, können fleckige oder wolkige Ausleuchtungen des Hintergrundes entstehen, die sich beim Arbeiten mit Texten und Tabellen bemerkbar machen. Der geringere Kontrast zwischen Schrift und Hintergrund in dunkleren Bereichen fällt nicht nur störend auf, sondern strengt zusätzlich beim Lesen die Augen an. Die Hintergrundbeleuchtung sollte gleichmäßig abgeschirmt werden, wenn der Bildschirm ein vollständiges Schwarzbild in einem abgedunkelten Raum anzeigt. Es sollten keine helleren Flecken oder sogar das Backlight in Form eines Kreuzes an den Ecken in die Bildmitte leuchten.

#### Kontrast

Je besser = höher der Kontrast eines Displays ist, desto brillanter sind Bilder und Videos; umso mehr werden die Augen durch die Bildschirmbetrachtung angestrengt.

Der Kontrast zwischen Schriftzeichen und Bildschirmhintergrund, die eingestellte Leuchtdichte (Helligkeit) des Bildschirms sowie die Umgebungsbeleuchtung sind wesentliche Faktoren für das visuelle Wahrnehmen eines zu lesenden Textes. Je höher der Zeichenkontrast ist, desto schneller erkennt das Auge die dargebotenen Informationen. Dies gilt sowohl für Text auf Papier als auch für Bildschirmtext.

#### Ergonomie (OSD)

Das OSD = On-Screen-Display-Menü wird über das Monitor- oder Fernsehbild eingeblendet. Es dient zur Einstellung von wichtigen Gerätegrundfunktionen. Das OSD sollte so gut aufgebaut sein, dass man die Kontrast- und Helligkeitsregelung jederzeit direkt aufrufen kann, ohne allzu lange durch das Menü klicken zu müssen.

#### Monitore und High-Definition Video (HDTV)

Hochauflösende Bilder im High-Definition-Format 720p (1280x720 Pixel) stellen heute alle TFT-Displays dar. Für die optimale Anzeige von 1080p eignen sich aber erst die 24-Zöller mit 1920x1200 Pixeln.

#### Farbmanagement

Für die Bildverarbeitung ist es wichtig, dass ein Display nicht nur satte und leuchtende Farben anzeigt, sondern dabei auch den richtigen Farbton exakt trifft, da sonst Bananen wie Orangen aussehen oder umgekehrt.

LCD-Monitore sollten einen Grauverlauf sauber darstellen können. Dazu muss ein Display den Grafikkartensignalen für jedes rote, blaue und grüne Subpixel die passenden Spannungspegel zuordnen. Der Hersteller von LCD-Displays muss daher die Look-up-Tabellen (LUT) so gut programmieren, dass Grauverläufe weder Streifen, Sprünge noch Farbstiche zeigen

## 5 Zusammenfassung

LCD-Displays mit TFT-Technologie haben sich heute am Markt durchgesetzt und CRT-Monitore weitgehend verdrängt. Mittlerweile werden Geräte mit 24-Zoll-Bildschirmdiagonalen und mehr zu akzeptablen Preisen angeboten; die Entwicklung geht zu immer größeren Bildschirmdiagonalen. Nach wie vor verfügen die angebotenen Paneltechnologien über Unterschiede, die sich in der Praxis bemerkbar machen und die man zur Auswahl des geeigneten Displays heranziehen kann.

#### Literatur und Quellenangaben

- [1] Mino, A.; Unendliche Weiten, Monitore ab 19 Zoll, PC Professionell 5/2007, S.118–127
- [2] Porteck, S.; Artenvielfalt – Der Weg zum richtigen Display, c,t 2006, Heft 26, S. 132–137
- [3] Porteck, S.; Schreibtisch-Akrobaten, c 't 2007, Heft 10, s. 136–141
- [4] Porteck, S.; Würdige Rahmen – Sieben 24"-Displays im Widescreen-Format, c,t 2007, Heft 20, S. 104–107
- [5] <http://de.wikipedia.org/wiki/Bildauf%C3%B6sung>, gefunden 28.4.2007
- [6] <http://de.wikipedia.org/wiki/Bildschirm> gefunden, 5.5.2007
- [7] <http://www.dividano.de/bildaufloesungen.html>
- [8] <http://www.hpfc.de/default.php?url=../tft/index.html>, gefunden 5.5.2007
- [9] Quelle: <http://www.tcodevelopment.com/>, gefunden 28.4.2007
- [10] [http://de.wikipedia.org/wiki/F1%C3%BCssigkristall\\_bildschirm](http://de.wikipedia.org/wiki/F1%C3%BCssigkristall_bildschirm), gefunden 18.5.07
- [11] <http://www.tecchannel.de/client/438426/index3.html> gefunden 26.5.07
- [12] <http://homepage.hispeed.ch/nhoby/maturarbeit.pdf>, gefunden 26.5.07
- [13] <http://www.radiforce.de/pool/files/de/Qualitaetssicherungssoftware.pdf>, gefunden 26.5.2007
- [14] [http://www.radiforce.de/pool/files/de/Exakte\\_Grauwertwiedergabe.pdf](http://www.radiforce.de/pool/files/de/Exakte_Grauwertwiedergabe.pdf), gefunden 26.5.2007
- [15] [http://de.wikipedia.org/wiki/Widescreen\\_%28Bildformat%29](http://de.wikipedia.org/wiki/Widescreen_%28Bildformat%29), gefunden 18.5.07

Dipl.-Ing. Armin Gärtner  
Edith-Stein-Weg 8  
40699 Erkrath  
[armin.gaertner@t-online.de](mailto:armin.gaertner@t-online.de)