

## Nicht mehr in die Röhre gucken

**Ob im Büro, im Supermarkt oder zu Hause, immer mehr werden die klobigen Röhrenmonitore durch Flachbildschirme verdrängt, die mit Flüssigkristallen funktionieren.**

Man möchte kaum noch Platz für einen unförmigen Bildschirm opfern, schließlich gibt es ja Ersatz in Form schicker und unaufdringlicher Flachdisplays. Am weitesten



**Flachmonitore liefern flimmerfreie Bilder und nehmen deutlich weniger Platz weg als Röhrenbildschirme. (Foto: Merck)**

1) Beim Preisvergleich sollte man bedenken, dass wegen der besseren Ausnutzung der Bildschirmfläche einem 17-Zoll-Röhrenmonitor ungefähr ein 15-Zoll-Flachbildschirm entspricht.

verbreitet sind dabei Geräte mit Flüssigkristallanzeige (englisch Liquid-Crystal Displays, LCDs). Sie finden sich bereits seit längerem in allen möglichen Alltagsgeräten mit Anzeige wie Taschenrechner oder Digitaluhren. Die große Beliebtheit der LCDs erklärt sich durch ihre Vorteile gegenüber anderen Display-Technologien. Sie liefern ein strahlungs- und flimmerfreies Bild, ganz im Gegensatz zu Röhren, bei denen regelmäßig das Licht komplett „abgeschaltet“ wird und deren mehr oder weniger wahrnehmbares Flimmern empfindlichen Augen zusetzt.

LCDs besitzen infolge ihrer planaren Oberfläche eine gute Bildgeometrie, ohne Verzerrungen an den Ecken und fast frei von störenden Reflexionen, und liefern (zumindest neuere Modellen mit Aktivmatrix-technologie, s. u.) ein stabiles und kontrastreiches Bild mit hoher Zeichenschärfe. Für Filme und viele Spiele sind sie jedoch nicht ideal; die relativ langen Reaktionszeiten der Flüssigkristalle von 20 bis 30 Millisekunden machen LCDs im Vergleich zur Bildfrequenz eines Kinofilms (noch) zu träge.

Daneben kommen natürlich auch der geringe Platzbedarf, wenig Gewicht und ein sehr reduzierter Energieverbrauch zum Tragen. Bei den Nachteilen der LCD-Bildschirme im Vergleich zu herkömmlichen Röhrenbildschirmen schlägt der immer noch höhere Preis zu Bu-

che<sup>1)</sup> und eine gewisse Abhängigkeit des Bildes vom Blickwinkel, da das Licht fast senkrecht austritt. Letzteres lässt sich aber durch zusätzliche Spezialfolien stark verbessern.

### Flach im Bild

Auch ein LCD-Bildschirm ist zunächst einfach eine Scheibe aus einzelnen Lichtpunkten oder Pixeln, die in einer genau definierten Art und Weise hell oder dunkel sind und sich so als Gesamtkomposition zum Bild zusammensetzen. Beim LC-Bildschirm bestehen diese Lichtpunkte nun aber aus einzelnen Flüssigkristallzellen, durch die polarisiertes Licht geleitet wird.

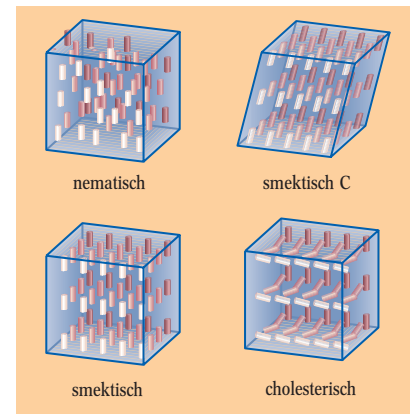
Je nach elektrischer Aufladung wird Licht an einem Bildpunkt hindurch gelassen oder nicht. Dabei muss der Hintergrund des Schirms ausgeleuchtet werden, denn ein LCD ist nicht selbstleuchtend. Farbe lässt sich durch unterschiedliche Filtermasken erzeugen. Man nutzt dabei den Effekt, dass diese flüssig-kristallinen Strukturen, die sich in einem Aggregatzustand zwischen fest und flüssig befinden, ihre optischen Eigenschaften ändern, wenn man eine elektrische Spannung anlegt.

Meist verwendet man organische Verbindungen, deren Moleküle lang gestreckt und verhältnismäßig „gerade“ sind und die starke elektrische Dipolmomente sowie leicht polarisierbare chemische Gruppen besitzen. Deshalb lassen sie sich in Lösungen ausrichten und ordnen. Die Ausrichtung der Moleküle in diesem Zustand erfolgt in drei unterschiedlichen Anordnungsformen. Die hauptsächlich für LCDs verwendete Textur ist die so genannte nematische Phase (Abb.), in der sich die stäbchenförmigen Moleküle innerhalb begrenzter fadenartiger Bereiche bevorzugt mit ihren Längsachsen parallel zueinander ausrichten – etwa wie Spaghetti in einer Packung. Bei einer speziellen Art der nematischen Flüssigkristalle sind die Moleküle in einer Zelle so angeordnet, dass ihre oberste und unterste Schicht um 90 Grad zueinander verdreht ist („twisted nematics“, TN). Legt man nun eine äußere Spannung an diese Kristalle, so werden die Moleküle, abhängig von der Höhe der Spannung, zurückgedreht. Je nach Ausrichtung lassen die Flüssigkristalle dann polarisiertes Licht passieren oder blockieren es.

Die Eigenschaften einer TN-Zelle sind bestimmt durch zwei

Polarisationsfolien an ihrem oberen und unteren Ende sowie durch zwei Orientierungsschichten, die zwischen zwei Glasscheiben aufgebracht sind (s. Abb. rechts). Die beiden Glasplatten, die Begrenzungen dieser TN-Zelle, tragen an ihren Innenseiten transparente Elektroden, die meist aus Indium-Zinn-Oxid bestehen. Zusätzlich befinden sich oberhalb der Elektroden Orientierungsschichten, die durch submikroskopisch feine Rillen dafür sorgen, dass sich die Moleküle des Flüssigkristalls dort parallel anlagern. Ihre Vorzugsrichtung ist die gleiche wie die Durchlassrichtung der Polarisatoren. Zwischen den beiden Elektroden ist eine wenige Mikrometer dicke Flüssigkristallschicht eingebettet. Wegen der 90-Grad-Verdrehung der obersten und der untersten Schicht der Moleküle bleibt den übrigen Molekülen zwischen den Elektroden nichts anderes übrig, als sich sukzessive der Änderung der Vorzugsrichtung anzupassen.

Ohne elektrisches Feld (s. Abb.) wird das durch den oberen Filter polarisierte einfallende Licht durch die spezielle Anisotropie des Materials nach und nach mitgedreht, d. h. es folgt der 90-Grad-Drehung



**Verschiedene Texturen flüssiger Kristalle**

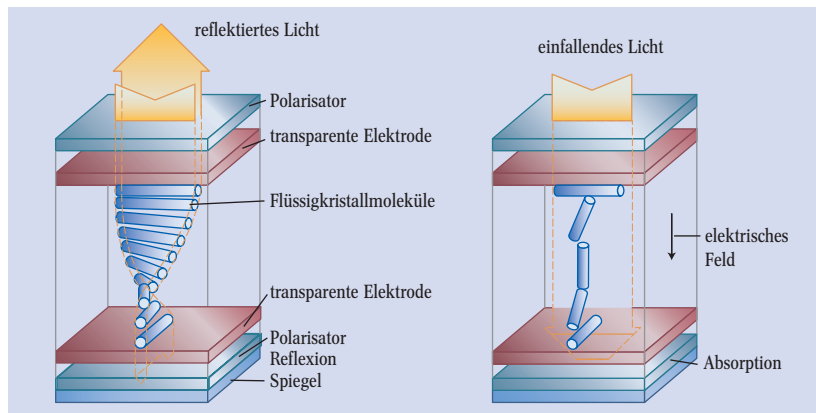
der Moleküle und kann so den ebenfalls um 90 Grad gedrehten unteren Filter passieren und damit den Bildschirm wieder verlassen. Wird allerdings ein elektrisches Feld angelegt, so richten sich die Moleküle teilweise auch am Feld aus und nicht mehr nur an der Orientierungsschicht. Die vorgegebene Orientierung der Moleküle wird zerstört und damit auch die notwendige Drehung des polarisierten Lichts. Das Licht kann dann das Bildelement durch den unteren Polarisator nicht verlassen, es wird dort absorbiert, und das betreffende

Christine Weber,  
science & more  
redaktionsbüro,  
cw@science-and-  
more.de

Element bleibt dunkel. Für jeden Bildpunkt gibt es diesen Aufbau quasi drei Mal, je einmal für Rot, Grün und Blau – ganz analog zu den Leuchtpunkten bei den Röhrenmonitoren. Und natürlich gilt auch hier: Je kleiner der Abstand, desto besser die Auflösung des Monitors.

kennt das von den „Geisterspuren“, die entstehen, wenn man etwa den Mauszeiger auf solchen Bildschirmen sehr schnell bewegt.

Was auf Dauer auch bei eher statischen Bildern noch stört, sind häufig auftretende Bildfehler, die sich u. a. in mangelndem Kontrast



Funktionsweise eines LCD, ohne Feld (links) und mit Feld (rechts)

Sehr einfache, kleine und billige LCDs wie z. B. für Armbanduhren werden reflektierend hergestellt. Selbstleuchtend ist ein LCD ja nie, bei der Reflexionsmethode spart man sich aber die Hintergrundbeleuchtung des Schirms. Dazu wird einfach am unteren Ende der TN-Zelle nach dem Polarisator noch ein Spiegel angebracht und die Zelle umgedreht: Licht fällt dann von außen auf den oberen Polarisator und ohne elektrisches Feld geht das Licht durch bis zum Spiegel, der es zurückwirft. Der Bildpunkt ist hell. Die dunklen Ziffern auf der Uhr erscheinen dann dort, wo eine Spannung anliegt und kein Licht bis zum Reflektor gelangt.

### Besser aktiv

Je nach Art der Ansteuerung der einzelnen Pixel wird nun noch zwischen so genannten Aktiv- und Passivmatrixschirmen unterschieden. Der wesentliche Unterschied zwischen beiden ist, dass bei aktiven LC-Schirmen jedes einzelne Pixel mit einem eigenen Dünnschichttransistor direkt angesteuert werden kann; bei passiven Schirmen geschieht dies über ein Gitter aus Spalten- und Zeilenleitungen. Passivmatrix-Displays kommen praktisch nur noch in älteren Notebooks und bei Bilddiagonalen unter 13 Zoll vor. Diese Art der Ansteuerung birgt nämlich etliche Nachteile, denn die Reaktionszeit, d. h. die Zeit, die für den Aufbau eines neuen Bildes benötigt wird, ist wegen der langen Wege extrem lang; man

bemerkbar machen. Die Ansteuerung eines einzigen Pixels ist bei dieser Methode nämlich praktisch unmöglich, die benachbarten Bildpunkte werden sich ebenfalls „angesprochen“ fühlen und teilweise ihre verdrehte Ordnung aufheben.

Diese Probleme werden bei Aktivmatrixschirmen umgangen. Mittels Dünnschicht-Transistortechnik (Thin Film Transistor – man spricht hier von TFT-Displays) lassen sich einzelne Pixel direkt und exakt ansteuern. Das einzelne Pixel kann bei dieser Technik mittels Transistoren und Kondensatoren, die eine genau definierte Spannung bis zum nächsten Bild halten, sogar so exakt versorgt werden, dass es möglich ist, nur bei einem Teil der Moleküle einer TN-Zelle die Verdrehung rückgängig zu machen. Dies bewirkt, dass auch nur ein Bruchteil des Lichts durch die Zelle hindurch gelassen wird, sodass sich auch Graustufen realisieren lassen, was bei Passivdisplays unmöglich ist.

Mittlerweile überwiegen die Vorteile der LC-Displays gegenüber ihren Nachteilen. Sofern man den Bildschirm nicht (nur) für Filme oder Spiele nutzen will und keine extremen Bildschirmgrößen und Helligkeiten benötigt, wie z. B. bei „Riesenleinwänden“ auf Messen (hier eignen sich die lichtstarken, aber extrem teuren Plasmabildschirme besser) stellt sich wohl nur noch die Frage: Wenn Sie noch keinen Flachbildschirm haben, wann kaufen Sie sich endlich einen?

CHRISTINE WEBER