

Die Flachmänner kommen - Stand und Tendenzen der Flachbildschirmtechnik Teil 2

Die Flachbildschirmtechnik erfährt derzeit eine rasante Entwicklung - im Frühjahr 1997 wird es die ersten Groß-Flachbildschirme im Handel geben.

Nachdem wir uns im ersten Teil der Artikelserie mit viel Theorie beschäftigt haben, wird im zweiten Teil die praktische Realisierung verschiedener LCD-Technologien beschrieben.

Von hellen Flecken und dunklen Punkten

Nachdem wir nun die physikalischen Wechselwirkungen zwischen Flüssigkristallen und elektrischen Feldern sowie Licht kennen, können wir uns leichter den konkreten Aufbau eines nematischen LC-Displays vorstellen. Ein solcher Aufbau ist in Abbildung 8 dargestellt. Zwischen zwei Glasplatten befindet sich ein nematischer Flüssigkristall mit horizontal angeordneten Stäbchen. Auf die Außenflächen der Glasplatten wird jeweils eine Polarisationsfolie aufgebracht. Die Polarisationsrichtungen beider Folien sind gekreuzt, warum, erfahren wir gleich.

Tritt nun von hinten ein Lichtstrahl in diese Anordnung, dann wird er zunächst von der im Bild unteren Polarisationsfolie linear polarisiert. Danach gelangt er nach Durchqueren der optisch als neutral angenommenen Glasplatte in die Flüssigkristallschicht, wo er aufgrund der horizontal liegenden Kristalle stark doppelt gebro-

chen wird. Als Ergebnis erhält man elliptisch polarisiertes Licht, das die zweite Polarisationsfolie fast ungeschwächt passiert. Man sieht also ohne elektrisches Feld einen hellen Bildbereich.

Legt man nun ein elektrisches Feld an, so richten sich die Stäbchen längs zum Feld aus. Damit kann das zuvor linear polarisierte Licht ungehindert die Flüssigkristallschicht durchqueren und trifft, immer noch linear polarisiert, auf die obere Polarisationsfolie, die es aufgrund der nun „falschen“ Schwingungsrichtung nicht hindurchläßt. Man sieht einen dunklen Bildbereich im Display. Die Abbildung 9 verdeutlicht diese Zusammenhänge nochmals.

Die vorsichtige Formulierung „Bildbereich“ sowie die Überschrift dieses Kapitels lassen ahnen, daß dieses Verfahren noch nicht der Weisheit letzter Schluß gewesen sein kann.

Tatsächlich würde eine solche Anordnung aufgrund des Doppelbrechungs- und Dichroismus-Effektes nur unscharfe und ständig die Farbe wechselnde Anzeigen erzeugen, deshalb ist an eine technische

Realisierung einer solchen einfachen Anordnung nicht zu denken.

Kontrast mit Twist

Erst 1971 erfolgte der technologische Durchbruch zur Beherrschung der Technologie. Zwei Forscher entdeckten einen interessanten Effekt, heute als TN-Effekt bekannt. TN bedeutet nicht anderes als Twisted Nematic - gedrehte Zelle.

Das dieser Technik zugrunde liegende Prinzip ist verblüffend einfach: Wieder bringt man zwischen zwei Glasplatten zu diesen parallel angeordnete Flüssigkristalle ein. Dreht man eine dieser Platten um 90 Grad, dann erlebt man den Effekt, daß die Stäbchen der Kristalle direkt am Glas haften bleiben und diese Drehung mitmachen. So entsteht schließlich eine Anordnung der Stäbchen wie in Abbildung 10 dargestellt; die jeweils äußeren Stäbchen sind um 90 Grad gegeneinander verdreht, die Lagen dazwischen bilden eine schraubenförmige Anordnung.

Der Effekt dieser Anordnung liegt nun

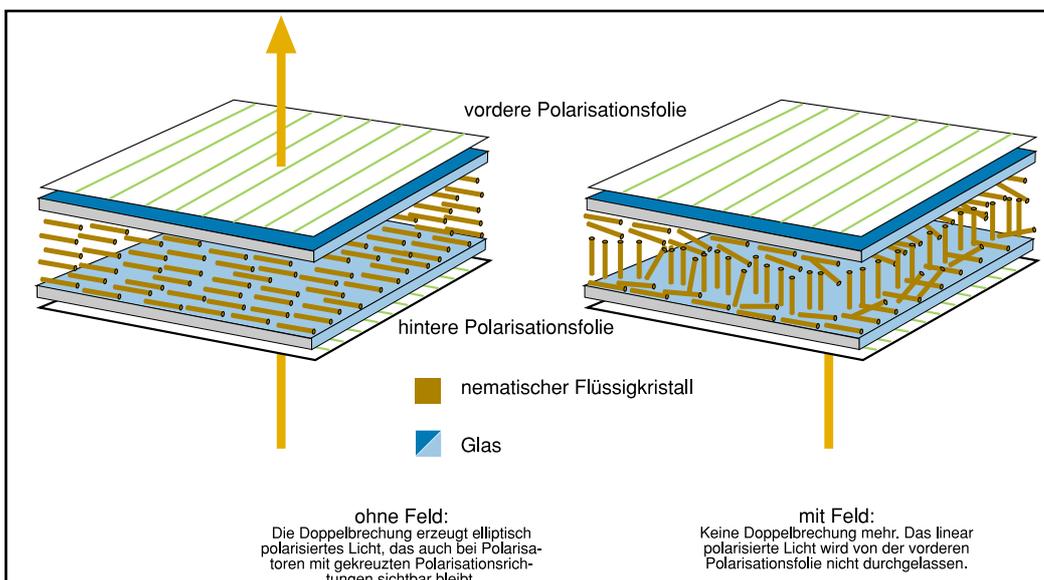


Bild 8: Aufbau der einfachen nematischen Zelle. Grafikidee: Sharp

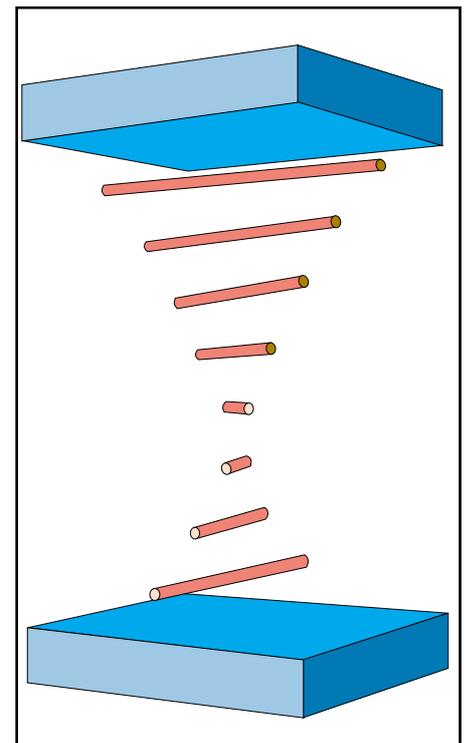
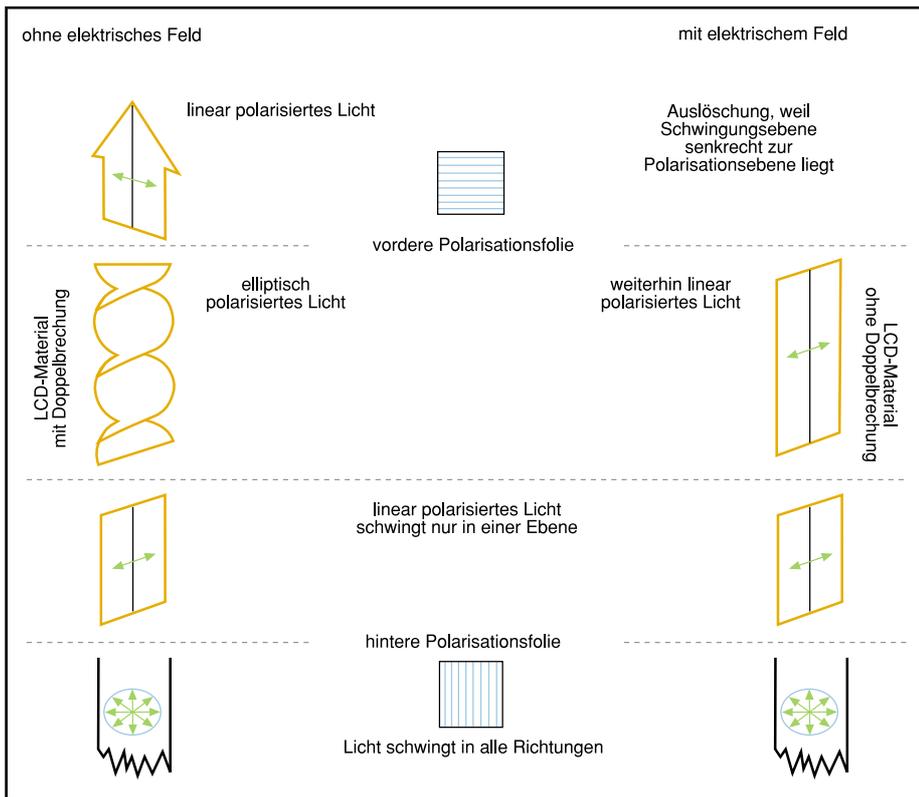


Bild 10: Die Orientierung der Stäbchenmoleküle in der TN-Zelle. Grafikidee: Sharp

Bild 9: Die Funktion der einfachen nematischen Flüssigkristallzelle. Grafikidee: Sharp

darin, daß die Schwingungsebene des linear polarisierten Lichts dieser Schraube folgt. Legt man nun ein elektrisches Feld an diese Zelle, dann richten sich die Stäbchen entlang des elektrischen Feldes aus, und es ist keine Doppelbrechung mehr zu beobachten. Dieser Ablauf ist in Abbildung 11 noch einmal deutlich zu verfolgen.

Wieder sind die Polarisationsfolien um 90 Grad gegeneinander verdreht - nun ebenso wie die Kristalle. Das im unteren Pola-

risator linear polarisierte Licht wird mit der „Schraube“ um 90 Grad gedreht und gelangt so exakt linear durch den oberen Polarisator hindurch - mit besserem Kontrast als in der zuvor beschriebenen Anordnung. Wir sehen im Display eine helle und randscharfe Abbildung.

Bei eingeschaltetem Feld hingegen bleibt die Ebene des polarisierten Lichts unverändert und der obere Polarisator läßt kein Licht hindurch - wir sehen eine randschar-

fe dunkle Abbildung. Nach diesem Prinzip arbeiten auch heute noch zahlreiche LC-Displays, etwa in Meßgeräten. Sie weisen ein für viele Zwecke ausreichendes Kontrastverhältnis von 3:1 auf, obwohl heute erst ab 7:1 eine Anzeige als kontrastscharf empfunden wird.

Noch eine Bemerkung am Rande: Daß man ohne Polarisator tatsächlich buchstäblich nichts oder nur zufällig etwas auf einem Display sieht, konnte man in den

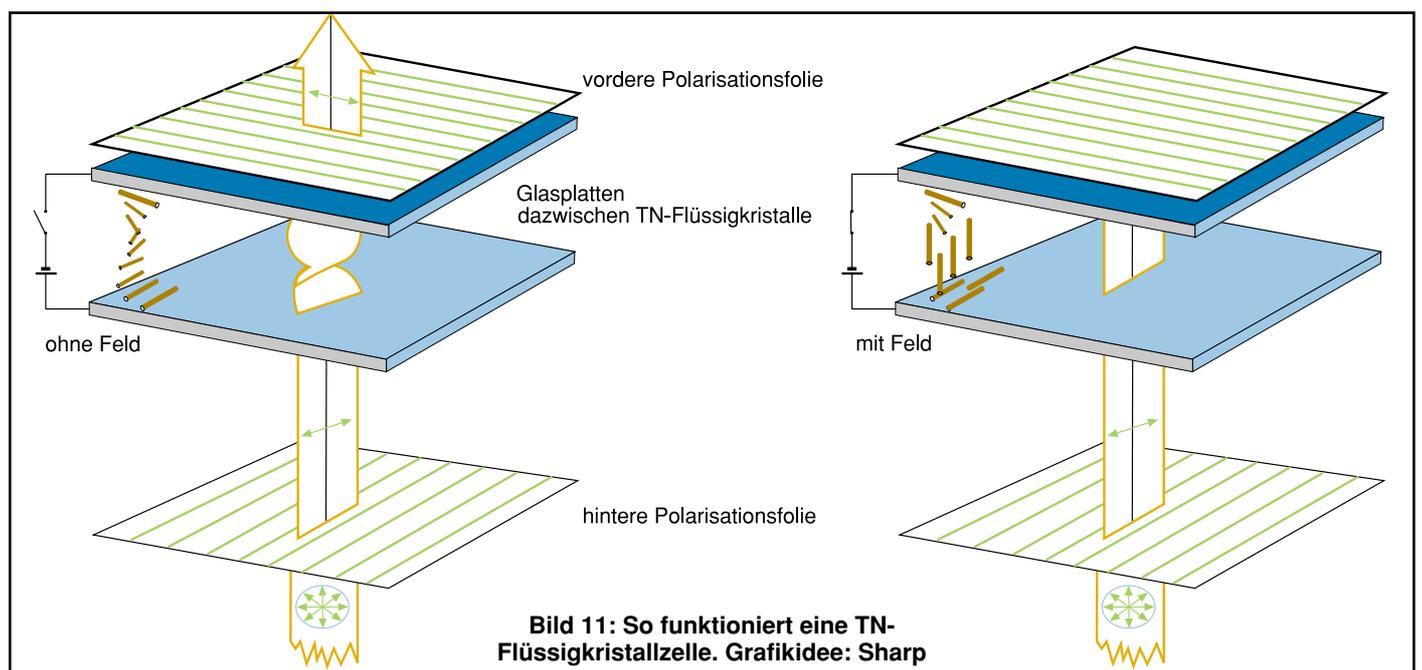


Bild 11: So funktioniert eine TN-Flüssigkristallzelle. Grafikidee: Sharp

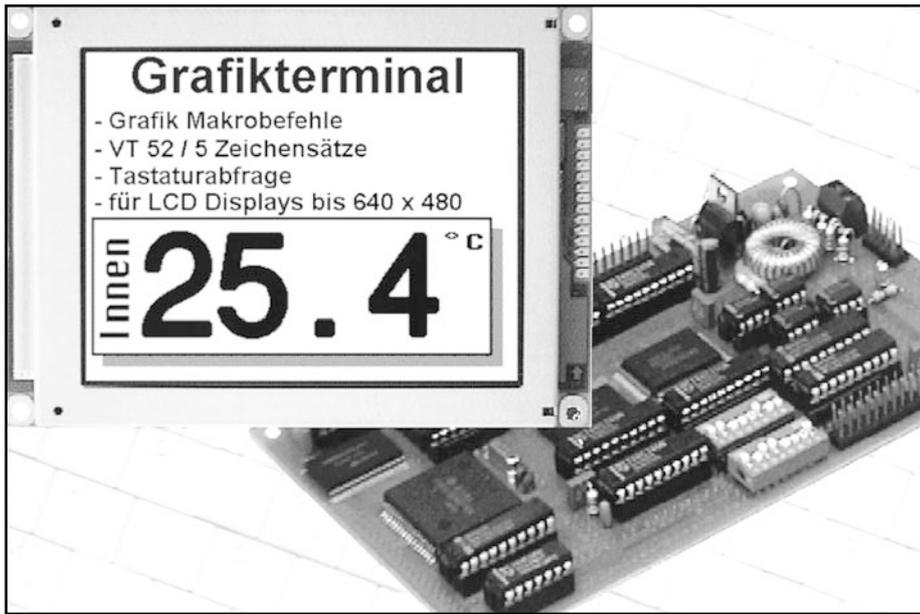


Bild 12: Die klassische, wenn auch inzwischen weit komplexer gewordene LCD-Anwendung: Anzeigeterminals für Meßgeräte. Foto: Data Modul

Anfängen der LCD-Technik ganz praktisch erfahren. Wer das dünne, bläuliche Plättchen, das anfangs den Displays einfach nur beigelegt wurde, achtlos wegwurf, machte einen schweren Fehler - es war ein Polarisator. Montierte man ihn zu weit vom Display entfernt, so war der Ablesewinkel des Displays stark eingeschränkt; ließ man ihn weg, so war Ablesen dem Zufall überlassen, man sah nur matschige Flecke.

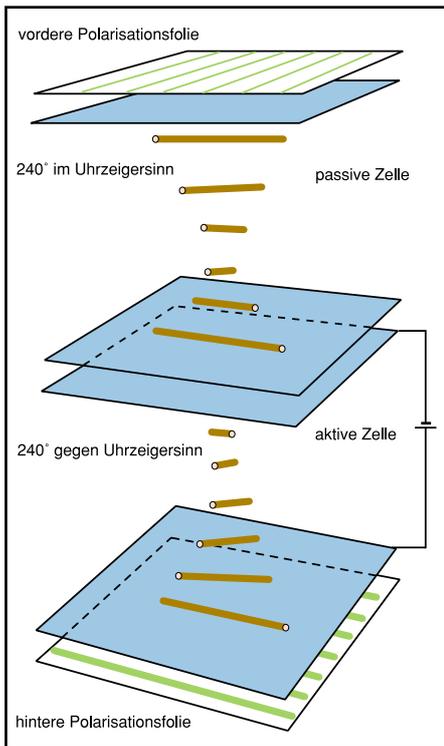


Bild 13: Das Aufbauprinzip eines DSTN-Flüssigkristall-Displays. Grafikidee: Sharp

Und noch einmal im Kreis herum

Ein erhöhter Kontrast konnte später durch die Perfektionierung des Twist-Prinzips erzielt werden, indem die Zelle um weitere 90 bis 180 Grad verdreht wurde, so daß zuletzt mit 270 Grad Gesamtdrehung ein genügendes Kontrastverhältnis von 7:1 erreichbar war. Dem dabei verstärkt durch die Drehung der Polarisationsachse auftretenden Dichroismus tritt man durch Kompensationsmaßnahmen im Bereich der Polarisationsfolien entgegen. Anderenfalls würden die normalen LC-Displays blau auf gelb erscheinen. Auch aus diesem Grunde erscheint ein Displayhintergrund nie reinweiß, sondern immer grau-gelb.

Schwarz auf weiß im Doppelpack

Natürlich wollten zahlreiche Anwender ein absolut kontrastreiches Bild, so die Computerhersteller für Monochrom-Displays oder die Anwender von grafischen Displays in der Industrie (Abbildung 12). Das hieß für die Techniker, weiterzuforschen nach dem Schwarz/Weiß-Display.

Sharp gelang dabei der entscheidende Durchbruch mit der Weiterentwicklung der Twist-Technik, der Double Supertwist Nematic (DSTN). Der Aufbau und die Funktion erschließt sich aus den Abbildungen 13 und 14.

Die Gesamtzelle besteht nun aus zwei kombinierten Zellen, einer aktiven und einer passiven. In der aktiven Zelle, so genannt, weil an sie das elektrische Feld gelegt wird, ist der Flüssigkristall mittels Twist-Effekt um 240 Grad gegen den Uhrzeigersinn gedreht. Die passive Zelle enthält ebenfalls nematisches Material, hier

aber um 240 Grad im Uhrzeigersinn gedreht. Beide Zellen sind dazu so gedreht, daß die Orientierung der Kristalle an der Eingangsseite senkrecht zu der an der Ausgangsseite ist. Die Polarisationsfolien sind ebenfalls um 90 Grad gegeneinander gedreht.

Die Funktionsweise läßt sich anhand Bild 14 genau nachvollziehen: Weißes Licht fällt auf den hinteren Polarisator (im Bild unten) und wird dort linear polarisiert. Dann gelangt es in die aktive STN-Zelle, die - ohne Feld - nun zirkular polarisiertes Licht daraus erzeugt. Dieses Licht ist - wie bei der herkömmlichen STN-Zelle - durch Dichroismus verändert. Der Weg durch die anschließende passive Zelle führt aufgrund der entgegengesetzten Drehung der Kristalle zu einer Kompensation der Farbaufspaltung des weißen Lichts (die Phasendifferenz wird gleich Null). Als Ergebnis liegt linear polarisiertes Licht vor, das die gleiche Schwingungsebene aufweist wie zuvor nach dem Passieren der hinteren Polarisationsfolie. Weil aber der vordere Polarisator um 90 Grad verdreht ist, läßt er wirklich kein Licht durch: Der Bildschirm ist an dieser Stelle schwarz.

Liegt an der aktiven Zelle hingegen ein elektrisches Feld an, dann geht das linear polarisierte Licht aus dem hinteren Polarisator dort glatt hindurch, ohne verändert zu werden. Erst in der passiven Zelle erfolgt nun zirkulare Polarisation. Weil aber zirkular polarisiertes Licht von Polarisatoren nicht zurückgehalten wird, ist der Bildschirm an dieser Stelle bei entsprechender genauer Justage aller Elemente tatsächlich weiß. So ist es kein Problem, Kontraste von 15:1 zu erreichen, was zu einer fast tiefschwarzen Abbildung auf nahezu papierweißem Bildschirm führt.

TSTN - mit Folie zum Erfolg

DSTN-Displays sind nicht ganz so einfach herzustellen, wie der Aufbau plausibel glauben macht. Entsprechend teuer sind sie und auch noch nicht der Weisheit letzter Schluß in puncto Gewicht und Abmessungen.

Um die Displays preiswerter, leichter und noch flacher zu machen, hat Sharp die TSTN-Technologie (TSTN - triple supertwisted nematic LCD) kreiert (Abbildung 15).

Hier finden wir wiederum nur eine STN-Zelle vor. Die Farbstörungen der normalen STN-Technik werden durch zwei Spezialfolien ausgeglichen, die vor und hinter der Zelle - zwischen Polarisator und Glas - aufgebracht sind. Diese bewirken die beabsichtigte Phasendrehung des Lichts und ermöglichen einen nochmals verbesserten Kontrast von 18:1.

Diese Displaytechnik bildet noch heute das Rückgrat von Notebooks mit Mono-

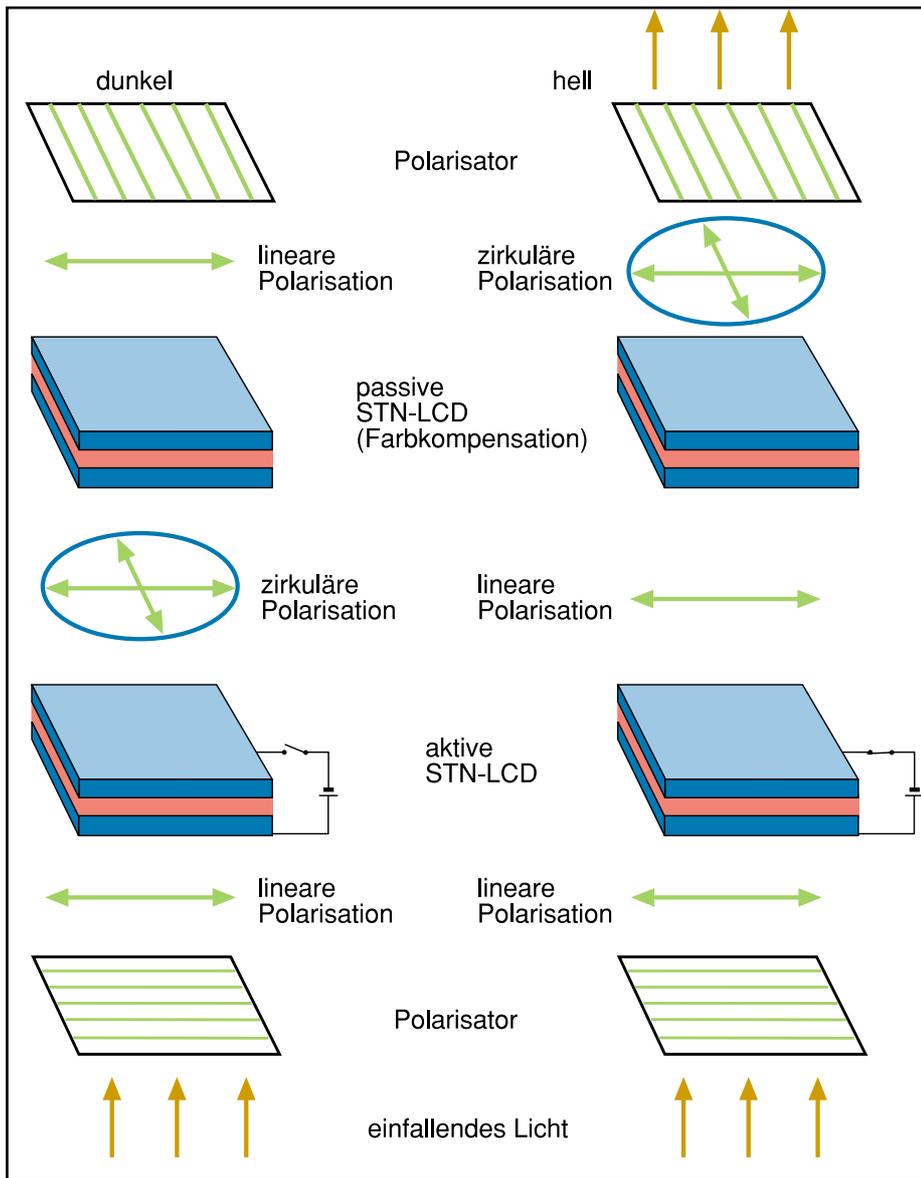


Bild 14: So funktioniert das DSTN-LC-Display. Grafikidee: Sharp

chrom-Bildschirm.

Übrigens - damit wir wissen, in welchen Dimensionen man sich hier bewegt - ein paar Daten moderner Displays: Die typische Dicke der Glasplatten beträgt 1 mm, und der Zwischenraum mit den eingeschlossenen Flüssigkristallen ist nur 5 µm hoch!

Auf den Punkt genau

So mancher fragt sich spätestens an diesem Punkt, wie man denn die definierte Ausgabe von Zeichen und gar Grafiken erreicht, wenn sich zwischen den beiden Glasplatten nichts als Millionen (relativ) ungeordneter Flüssigkristalle befinden?

Die Lösung ist eigentlich einfach: man erzeugt genau an dem Punkt das elektrische Feld, der auch als Punkt auf dem Bildschirm abgebildet werden soll. Die praktische Lösung sieht weit schwieriger aus.

Während bei den einfacheren Displays vom Schlage der 7-Segment-Anzeigen tatsächlich noch jeder Punkt direkt erreicht werden konnte (je gewünschtem Segment eine Elektrode auf der oberen und unteren Glasscheibe aufgedampft), sieht dies bei einem vollgrafischen Farb-VGA-Display mit 921 600 Bildpunkten schon weit komplizierter aus.

Die Lösung bietet die Matrixansteuerung der Bildpunkte. Jeder Punkt liegt an der Kreuzung einer Spalte und einer Zeile, deren Anzahl durch die gewünschte Auflösung, z. B. 480 x 640, bestimmt wird.

Diese Matrix wird aus in die Glasplatten eingebetteten oder auf diese aufgedampften, optisch nicht sichtbaren Leiterbahnen gebildet. Der Rest ist relativ einfach: Man benötigt 640 + 480 Leitungen von einem Decoder bzw. Zeilen- und Spaltentreiber, um an exakt definierte Punkte ein elektrisches Feld mit allerdings noch

relativ hohen Ansteuerspannungen legen zu können. Die Decodierung der etwa vom Computer kommenden Bildsignale übernehmen Spezial-ICs analog den Bildschirmparten unserer Personalcomputer.

Diese Technologie nennt man Passiv-Matrix. Sie bringt jedoch zahlreiche Probleme mit sich. So werden z.B. bei den erwähnten geringen Abmessungen durch das am Kreuzungspunkt der Matrix gebildete elektrische Feld stets auch Flüssigkristalle der näheren Umgebung angeregt - es entstehen Unschärfen und Dichroismus-Erscheinungen.

Aufgrund dieser Erscheinungen ist es ebenfalls sehr schwer, Matrixpunkte definiert abgegrenzt so feinfühlig ansteuern zu können, daß Graustufen-Displays in mehr als 16 Graustufen zufriedenstellend realisierbar sind.

Die notwendige Folge wäre eine Herabsetzung der Auflösung bei gleicher Größe des Displays, ein kaum beabsichtigter Effekt. Und auch der erzielbare Kontrast leidet unter den konstruktiven Kompromissen, die die Hersteller bei dieser Technologie eingehen müssen. So sind bei einer

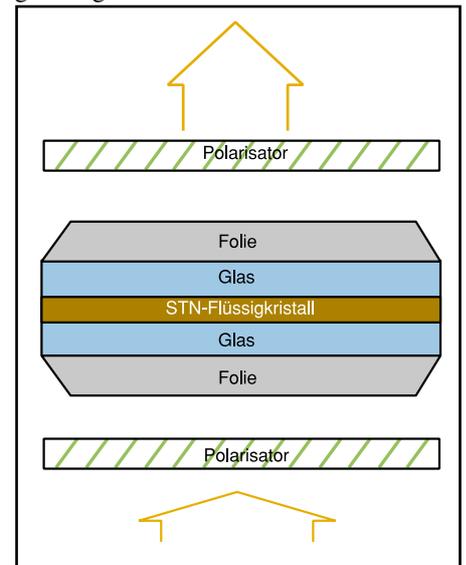


Bild 15: Aufbauschema einer Triple-Supertwisted nematischen Flüssigkristallzelle TSTN. Grafikidee: Sharp

Passiv-Matrix Kontraste von 10 bis 15 : 1 erreichbar.

Erst aktiv angesteuerte Displays ermöglichen die genau definierte Ansteuerung einzelner Bildpunkte und endlich auch die Realisierung einer Farbdarstellung.

Wie dies funktioniert, welche Technologien es außer LCD noch gibt und wie vielfältig bereits die aktuelle, praktische Anwendung vom Camcorder-Display bis zum 100cm-Großdisplay verläuft, erfahren Sie im dritten und letzten Teil unserer Artikelreihe.

Literatur:

Der flache Bildschirm. Firmenpublikation Sharp