

## So funktionieren Displays

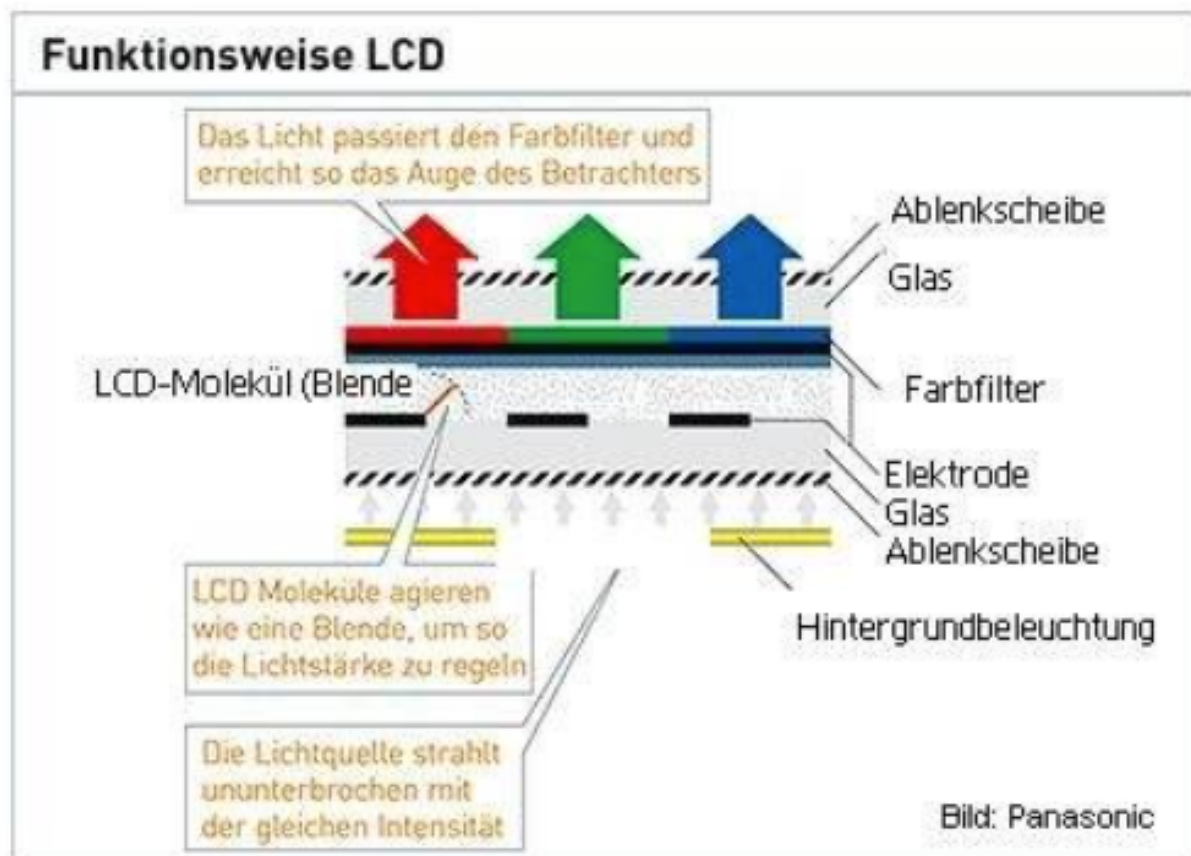
**Handy, Notebook, Heimkino – für jeden Einsatzzweck braucht ein Display andere Stärken. Wir zeigen die Vielfalt der Bildschirm-Techniken, nennen die Vorteile und wagen einen Blick in die Zukunft.**

Von Eckdaten wie Auflösung und Bildbreite lässt sich nicht automatisch auf die Qualität des Displays für einen bestimmten Einsatzzweck schließen. Der wichtigste Faktor ist die Technologie, in der es gefertigt wurde. Um Klarheit zu schaffen, nehmen wir LCD-, Plasma- und LED-Technik unter die Lupe.

(Bildquelle: Data Modul AG)

### LCD – Entwickelt für Büroräume

Platzsparend, ergonomisch, scharfes Bild – diese Vorteile zeichnen das LCD aus (Liquid Crystal Display; Flüssigkristallbildschirm). Es wurde ursprünglich für den Einsatz in Büroräumen entwickelt, hat sich aber inzwischen auch im Wohnzimmer durchgesetzt. Die erste funktionstüchtige Anzeige dieser Art gab es 1968.



### Flüssigkristalle erzeugen das Bild

Die LCD-Technologie basiert auf lichtdurchlässigen Flüssigkristallen. Diese liegen zwischen zwei polarisierenden Glasplatten, die um 90 Grad gegeneinander gedreht sind

und deren Innenseiten mit einer transparenten Elektrodschicht überzogen sind. Die Flüssigkristalle befinden sich in Kammern, jede davon ist ein Pixel. Jeder Pixel wird separat elektrisch angesteuert. Je nachdem, welche Spannung anliegt, richten sich die Flüssigkristalle aus und lassen so mehr oder weniger Licht durch. So lässt sich jede Helligkeitsabstufung zwischen Schwarz und Weiß erzeugen.

Für Farbe sorgt ein Filter, der vor den Kristallen angebracht ist. Er weist jedem der drei Subpixel eines Pixels eine der Grundfarben Rot, Grün und Blau zu. Je nachdem, welchen Farbton ein Bildpunkt einnehmen soll, werden die entsprechenden Subpixel angesteuert. In der Regel kommt dabei die TFT-Technik (Thin Film Transistor) mit Aktiv-Matrix zum Einsatz: Eine Matrix von Dünnschichttransistoren steuert die einzelnen Subpixel an.

Langsamer, aber günstiger im Stromverbrauch ist die Passiv-Matrix. Sie ist häufig in mobilen Kleingeräten wie Handys zu finden. Die Steuerelektronik befindet sich hier nur am Display-Rand und steuert die Pixel zeilen- und spaltenweise an.

## **LEDs für optimale Beleuchtung**

Das Gros der LCDs nutzt Kaltkathoden-Fluoreszenzlampen (CCFL) zur Hintergrundbeleuchtung. Mehr Kontrast und Schärfe bei geringerem Stromverbrauch bieten weiße LEDs, die derzeit in Mobilgeräten Einzug halten.

Für den professionellen Grafikeinsatz sind sogar schon LCDs mit RGB-LEDs verfügbar. Diese erweitern den Farbraum um mehr als 50 Prozent gegenüber CCFLs und weißen LEDs. Allerdings sind weiße und insbesondere RGB-LED-Lösungen derzeit noch sehr teuer.

## **Vorteile: Günstig und HD-fähig**

LC-Displays bieten ein sehr gutes Preis-Leistungs-Verhältnis bis zu einer Bilddiagonalen von etwa 40 Zoll. Auch in puncto Brillanz und Leuchtkraft können sie hier noch mit den Plasmas mithalten. Sie ermöglichen hochauflösende Bilder in Full-HD-Qualität (1920 x 1080 Pixel). Lange Standbilder brennen bei LCDs nicht ein. Es bleiben allenfalls Geisterbilder, diese verschwinden aber, wenn das Display länger ausgeschaltet ist.

## **Nachteil: Kein optimales Bild**

Insgesamt betrachtet ist die Bildqualität der LCDs gut – vorausgesetzt, sie erhalten das Filmmaterial in der passenden physikalischen Auflösung. Muss die Auflösung jedoch interpoliert werden, geht das zu Lasten der Bildqualität. Kontrast und Farbraum sind bei LCDs eingeschränkt, da diese mit gleichbleibender Hintergrundbeleuchtung arbeiten. Deshalb haben LCDs Probleme, ein tiefes Schwarz darzustellen. LCDs sind anfällig für Nachzieheffekte. Außerdem kommen häufig Pixelfehler vor. Das passiert, wenn Transistoren ausfallen – und davon hat ein Display mit einer Auflösung von 1280 x 1024 immerhin 3.932.160 (1280 x 1024 x 3 Subpixel).

## **Einsatz und Trend**

LCD ist der gängigste Display-Typ und wird dies aufgrund seiner geringen Herstellungskosten auch in den nächsten Jahren bleiben. Die Technik kommt in vielen Displays zum Einsatz – von Digitaluhren über Handys bis hin zu LCD-Beamern, Monitoren und Großbildschirmen etwa für Gaststätten.

Tipp: Beim Kauf eines LCD-Fernsehers sollten Sie beachten, dass Verkaufsräume meist besser ausgeleuchtet sind als Wohnzimmer. Das kommt LCDs zugute, denn sie sind für helle Räume konzipiert. Wer seinen LCD dann im abgedunkelten Wohnzimmer betreibt, um Kino-Feeling zu erleben, muss damit rechnen, dass Hell-Dunkel-Kontraste und Leuchtintensität der Farben nicht so hoch sind wie erwartet.

# LDC: Panel-Typen

In der LCD-Technik gibt es unterschiedliche Display-Typen (Panels). Welches Panel der Hersteller in seinem Gerät einsetzt, ist abhängig vom Einsatzzweck und vom Preis.

## **TN-Panel – ideal für Spieler**

Die TN-Technik (Twisted Nematic) gibt es bereits seit 1971. Sie ist günstig in der Herstellung und bietet kurze Reaktionszeiten. Je kürzer die Reaktionszeit, also das Entladen und Neuorganisieren der Pixel, desto weniger Nachzieheffekte (Schattenbildung) haben Sie bei raschen Bildwechseln. TN-Panels haben allerdings auch Nachteile gegenüber anderen Display-Typen: Sie ermöglichen nur 16,2 Millionen Farben und sind kontrastärmer. Der horizontale Betrachtungswinkel ist mit bis zu 150 Grad am kleinsten. Dabei sehen bereits ab einem Blickwinkel von 45 Grad die Farben blasser aus.

## **MVA- und PVA-Panels – höherer Kontrast, bessere Farben**

Zur Gruppe der VA-Panels gehören die MVA- und die PVA-Displays. Sie steuern die einzelnen Pixel besser an. Diese Panels können bis zu 16,7 Millionen Farben wiedergeben und ermöglichen einen Blickwinkel von etwa 160 Grad. Allerdings ist ihre Reaktionszeit kürzer als die der TN-Panels.

## **S- wie Super-Panels**

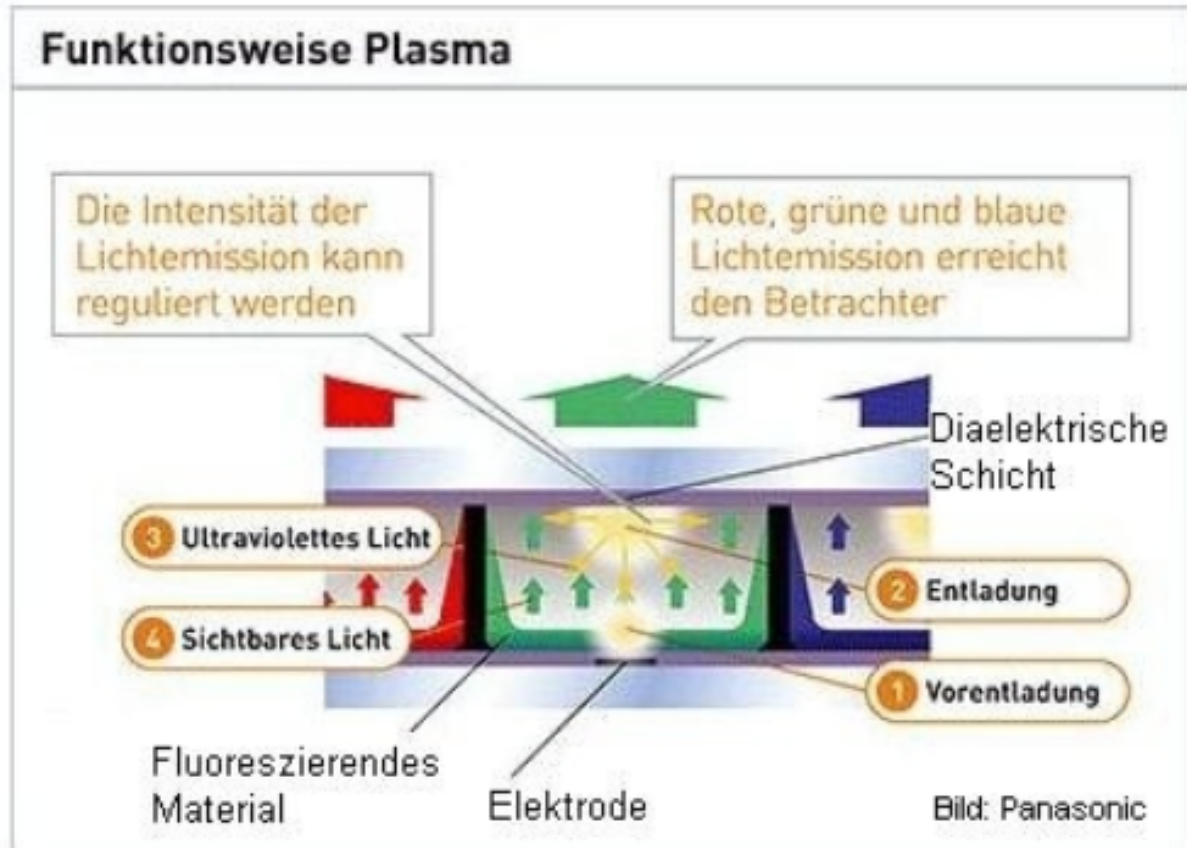
Zur Oberliga der Panels gehören die S-PVA- und S-IPS- (beziehungsweise IPS-Alpha) Panels. Sie haben die Ansteuerung der Pixel am besten im Griff. Die Displays erreichen einen Blickwinkel von etwa 180 Grad. Sie sind deutlich kontrastreicher und farbbintensiver als TN-Panels. Sie stehen diesen in puncto Reaktionszeiten kaum noch nach. Allerdings verbrauchen diese Techniken mehr Strom. Daher sind sie selten in mobilen Geräten anzutreffen.

## **Zusatzfunktionen verbessern die Panels**

Auch Geräte mit gleichem Panel-Typ können in der Bildwiedergabe stark voneinander abweichen. Denn insbesondere bei teuren Markengeräten integrieren die Hersteller zusätzliche Steuerungsmechanismen und Filter, die die Wiedergabequalität erheblich erhöhen können. So verbessern etwa zusätzliche Kompensatorfolien den Kontrast. Und Techniken wie Overdrive (Überspannung) verkürzen die Reaktionszeit, indem sie eine LCD-Zelle kurzfristig mit Überspannung ansteuern, so dass sich die Flüssigkristalle schneller ausrichten.

# Plasma – Fürs Heimkino gemacht

Die Plasma-Technologie wurde mit dem Ziel entwickelt, das Kino-Erlebnis ins Wohnzimmer zu bringen. Plasma-Displays entfalten ihre Leuchtkraft optimal in abgedunkelten Räumen. Für den kommerziellen Durchbruch der Technik sorgten die Olympischen Winterspiele 1998 in Nagano.



## Edelgas erzeugt das Bild

Die Plasma-Technik basiert auf einem fluoreszierenden Gemisch aus den Gasen Helium, Neon und Xenon. Das Gemisch ist in Kammern eingeschlossen, die zwischen zwei Glasscheiben liegen. Jeder einzelne Bildpunkt (Pixel) besteht aus drei Kammern, und zwar je eine für die Subpixel Rot, Grün und Blau.

In den Glasscheiben sitzen transparente Elektroden, dünne Pixelrippen und Phosphorschichten. Die Elektroden werden je Subpixel elektrisch geladen und erzeugen dabei je nach Steuerspannung winzige Explosionen des Gases (Plasma-Entladungen). Diese setzen unsichtbares, ultraviolettes Licht frei. Diese UV-Strahlung trifft auf die je nach Kammer rote, grüne oder blaue Phosphorschicht in der hinteren Glasplatte und regt diese an, Licht auszusenden.

## Optimierte Bildqualität

Bei Plasma-Displays gibt es nicht die Panel-Vielfalt wie bei LCD-Bildschirmen. Auflösung und Display-Größe bestimmen maßgeblich den Preis. Allerdings haben einige Plasma-Hersteller eigene Verfahren, um die Bildwiedergabe des Panels zu verbessern.

So setzt Panasonic beispielsweise Verfahren ein, um Nachzieheffekte zu minimieren. Und Hitachi hat die Alis-Technik (Alternate Lighting of Surfaces) entwickelt, um weichere Farbübergänge und schärfere Kanten bei den sichtbaren 1024 Zeilen des 1080i-Signals von HDTV zu verbessern.

## **Vorteil - Brillante Bilder**

Plasmas liefern bessere Kontrastverhältnisse, natürlichere Farben und sattere Schwarztöne als LCDs, da bei Plasma-Displays nur diejenigen Subpixel leuchten, die für die Bildwiedergabe erforderlich sind, während bei LCDs die Hintergrundbeleuchtung alle Pixel erfasst. Plasmas präsentieren daher auch bei seitlichem Betrachtungswinkel ein farbintensiveres und kontrastreicheres Bild als LCDs. Des Weiteren ist der Nachzieheffekt geringer, da das Gasgemisch schneller auf den elektrischen Impuls reagiert als die Flüssigkristalle der LCDs.

## **Nachteile: Verbrauch und Altern**

Plasma-Bildschirme verbrauchen mehr Strom als LCDs: Der Aufwand, die einzelnen Zellen zum Leuchten zu bringen, ist höher als der für die Hintergrundbeleuchtung der Panels. Allerdings hängt beim Plasma der Verbrauch entscheidend von der Helligkeit des Filmmaterials ab. Ein weiterer Nachteil von Plasma-Displays ist die Gefahr des Einbrennens von Standbildern, das sich anders als die Geisterbilder der LCDs nicht mehr beheben lässt. Die Plasma-Hersteller minimieren dies jedoch durch Verfahren, bei denen das Bild in regelmäßigen Abständen um einige Pixel verschoben wird.

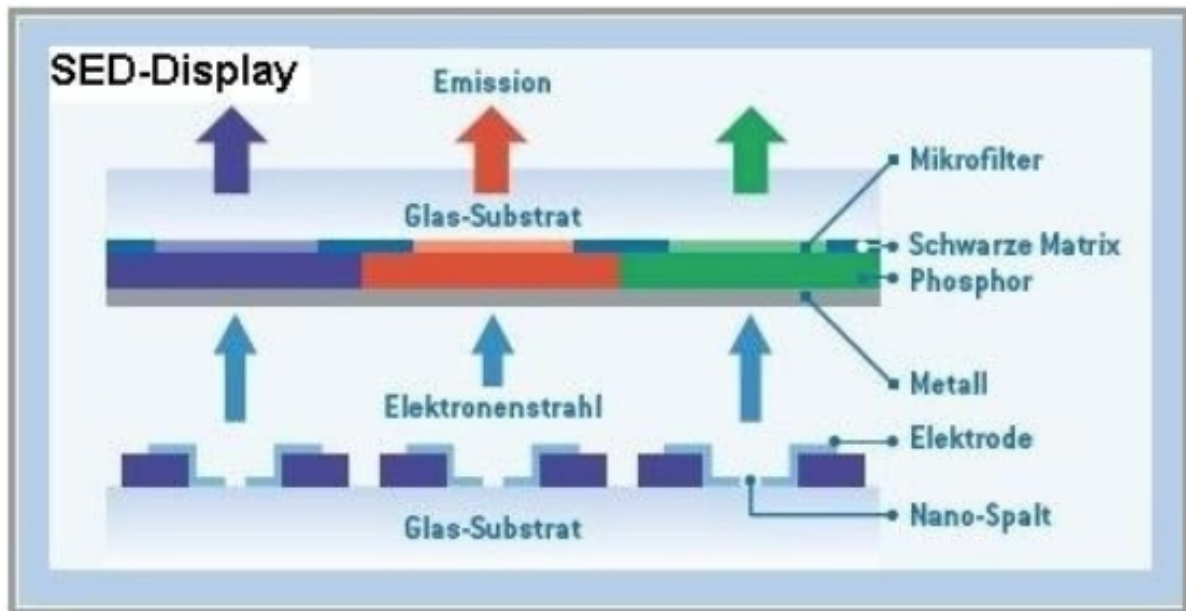
Ein weiterer Nachteil ist, dass die Leuchtstärke im Laufe der Zeit nachlässt, da der Phosphor in den Pixelzellen altert. Doch das Problem relativiert sich, denn die Hersteller geben inzwischen für Plasmas eine Lebensdauer von 60.000 Stunden an. Das heißt: Erst nach 20 Jahren bei acht Stunden täglicher Laufzeit würde die Leuchtkraft der Plasmazellen erkennbar abnehmen. Nach Angaben der Industrie kann sich dann die Leuchtkraft bei voll erleuchtetem Display (100 Prozent weiß) um bis zu 50 Prozent reduziert haben.

## **Einsatz und Trend**

Die Plasma-Technologie kommt am ehesten bei großen Bildschirmen zum Einsatz. Allerdings erobern LCDs vermehrt auch diesen Sektor. Derzeit können sich ab einer Bilddiagonale von 40 Zoll die Plasma-Bildschirme in puncto Preis-Leistungs-Verhältnis gegen die LCD-Konkurrenz durchsetzen.

Übrigens: Plasma-Displays sind für abgedunkelte Räume konzipiert. In den meist gut ausgeleuchteten Verkaufsräumen können sie ihre Farbbrillanz nicht so gut ausspielen wie die LCD-Displays.

# SED-Technik: Konkurrenz durch neue Röhren



Der alte Röhrenbildschirm hat ausgedient. Nicht wegen der Bildqualität, denn hier sticht er LCDs und Plasmas auch heute noch aus – sondern vor allem wegen seiner großen Stellfläche. Canon entwickelt daher seit 1986 die SED-Technik (Surface-Conduction-Electron-Emitter-Display).

Anders als die herkömmlichen Röhrenboliden mit einem Elektronenstrahl setzt SED auf eine große Anzahl Emittoren (Strahler). Die Miniröhren sind wie die Pixel auf einem LCD-Panel nebeneinander angeordnet, wobei für jede eine eigene Elektronenquelle zur Verfügung steht. Auch bei der SED-Technik setzt sich jeder Bildpunkt aus drei Subpixeln der Farben Rot, Grün und Blau zusammen. Der Bildpunkt entsteht in einer Vakuumzelle, in der eine Elektrode unter einer Spannung Elektronen auf eine Phosphorschicht auf einer Glasplatte schießt, die dann entsprechend ihrer chemischen Zusammensetzung in einer Farbe leuchtet.

## Vorteile: Große, brillante Displays

SEDs setzen auf eine große Anzahl von Elektronenstrahlen. Dadurch können sie in Großformatbildschirmen eingesetzt werden. Zudem treten anders als beim Einstrahler-Röhrenfernseher keine Bildfehler auf. Die Geräte profitieren vom raschen Bildaufbau, der Leuchtkraft, Kontraststärke und Farbintensität der Röhrentechnik.

## Nachteil: Gefahr der Implosion

Bei SEDs besteht wie bei herkömmlichen Röhrenbildschirmen die Gefahr der Implosion, also des Zusammenfalls der Vakuumzellen. Anders als bei den klassischen Röhren bedeutet das allerdings keine Gefahr für den Anwender, sondern ist nur ein Geräteschaden.

## Einsatz und Trend

SEDs sollen hauptsächlich in Fernsehern und Monitoren eingesetzt werden. Es gibt sie aber noch nicht in Serienproduktion. Und damit ist so bald auch nicht mehr zu rechnen. Wenn sie auf den Markt kommen, müssen sie sich zudem erst einmal gegen die

etablierten Techniken LCD und Plasma durchsetzen. Inwieweit sie damit Erfolg haben werden, bleibt Spekulation.

# **OLED - biegsam und leuchtstark**

Die OLED-Technik funktioniert folgendermaßen: Auf eine transparente, biegsame Folie oder auf Glas wird ein transparenter Leiter (Elektrode) aufgebracht. Auf das Trägerelement aus Kunststoff oder Glas kommt dann eine hauchdünne Leuchtschicht, die aus halbleitenden organischen Materialien (Kunststoffen) besteht. Auf diese wird nun eine zweite Elektrode aufgebracht. Sobald Strom zwischen den beiden Elektroden fließt, leuchtet diese Schicht. Die Farbe des ausgesendeten Lichts hängt vom chemischen Aufbau der organischen Leuchtschicht ab. Mitte der 1980er Jahre gelang es Kodak, erstmals ein OLED (Organic Light Emitting Display) aus kleinen Molekülen herzustellen. Weitere Mitspieler sind unter anderem Canon, Epson und Philips.

## **Zwei Verfahren**

Der OLED-Pionier Kodak hat die Small-Molecule-OLEDs (SM-OLEDs) entwickelt. Hierbei werden kleine Leuchtmoleküle im Vakuum auf den Träger aufgedampft. Die Herstellung in Vakuum-Kammern ist jedoch teuer und gerade bei großen Displays so aufwendig, dass sie sich hier noch nicht rechnet. Zudem werden bei der Verdampfung zahlreiche Moleküle zerstört.

Erfolgversprechender ist daher die P-OLED-Technik (Polymer), entwickelt vom Unternehmen Cambridge Display Technology. Dieses Verfahren basiert auf langkettigen Kunststoffmolekülen. Sie lassen sich in Flüssigkeit lösen und kostengünstig auf die Elektrode auftragen. Hierbei sind verschiedene Verfahren möglich: Beim Spin-Coating wird das Trägersubstrat in schnelle Drehung versetzt. Kommt die Lösung darauf, verteilt sie sich durch die Rotation gleichmäßig auf der Fläche. Ein anderes Verfahren ist der Tintenstrahldruck, bei dem die Polymere auf das Trägersubstrat aufgedruckt werden.

## **Vorteile: Flexibel und schnell**

Die OLED-Technik bietet aufgrund der kurzen Schaltzeit von unter einer Millisekunde eine hervorragende Darstellung bewegter Bilder. Zudem erzielt sie einen hohen Kontrast und ermöglicht einen nahezu uneingeschränkten Ablesewinkel. Das Display eröffnet zukünftig zahlreiche neue Einsatzmöglichkeiten – es lässt sich zum Beispiel zusammenfalten und wie eine Zeitung verstauen.

OLEDs lassen sich auch auf transparenten Trägern einsetzen. Forschern der Technischen Universität Braunschweig ist es 2006 gelungen, auch die Ansteuerung transparent zu gestalten. So können beispielsweise farbige Navigationsanzeigen dem Autofahrer direkt auf die Windschutzscheibe projiziert werden.

## **Nachteil: Teure Produktion**

Derzeit ist die OLED-Fertigung noch teuer. In kleinen Displays hat die Technik aber schon Einzug gehalten, etwa bei den MP3-Playern Creative Zen V.



## 3D-Display: Bilder, zur Realität erweckt

3D-Anwendungen sind bereits auf dem Markt. Doch bis dato erforderten sie vom Betrachter besondere Hilfsmittel wie 3D-Handschuh und 3D-Brille. Denn auf herkömmlichen Displays kann zwar durch Perspektive, Schattenwurf und Bewegung ein gewisser Eindruck von Dreidimensionalität hervorrufen – nicht aber tatsächliche Räumlichkeit.

Dies sollen nun 3D-Displays schaffen und so Realitäts-Feeling ohne Hilfsmittel ermöglichen. Zur Technik: Um einen 3D-Effekt beim Betrachter hervorzurufen, werden zwei unterschiedliche Bilder generiert – je eines für das rechte und das linke Auge. Das Objekt wird also aus zwei unterschiedlichen Blickwinkeln dargestellt.

### Autostereoskopische Displays

Über ein normales Display wird eine Glasplatte gelegt. Deren Oberseite besteht aus vielen kleinen Wölbungen, wodurch sich ein Linseneffekt ergibt. Die Wölbungen sind so ausgerichtet, dass vom linken und rechten Auge unterschiedliche Pixelspalten gesehen werden. Dazu wird das Bild so aufgeschlüsselt, dass die erste Spalte des linken Teilbildes neben der des rechten Teilbildes liegt. Dabei werden die ungeraden Spalten (1, 3, 5, ...) dem rechten und die geraden Spalten (2, 4, 6, ...) dem linken Teilbild zugeordnet.



### Erweiterter Blickwinkel

Nachteil des autostereoskopischen Verfahrens ist der eingeschränkte Blickwinkel. Diesen verbessert die X3D-Technik, indem sie dem Betrachter acht Ansichten bietet. So kann dieser durch eigene Bewegung Objekte aus verschiedenen Blickwinkeln betrachten. Einen anderen Weg schlägt Lightspace Technologies ein. Der Monitor Depthcube z1024 enthält 20 LCD-Panels. 19 davon sind lichtdurchlässig, eines wird als der eigentliche Bildschirm

genutzt. Das 3D-Bild, das ein Beamer liefert, wird dabei scheibchenweise aufgebaut, immer auf einem anderen Panel. So entsteht eine räumliche Tiefe von etwa 10 Zentimetern.

## **Einsatz und Trend**

3D-Monitore sind noch rar. Die Herstellung ist teuer und aufwendig, zudem ist der Blickwinkel noch stark eingeschränkt. Im Computersektor werden echte 3D-Monitore wahrscheinlich auch in den nächsten Jahren noch nicht gebräuchlich sein, vermehrt durchsetzen dürften sie sich aber in Nischen wie der Medizintechnik.

# E-Paper, das digitale Papier

Bereits seit über 30 Jahren versuchen Forscher, elektronisches Papier (E-Paper) zu entwickeln, das die Handlichkeit von Papier mit Multimedia-Inhalten verknüpft. Allen voran das Massachusetts Institute of Technology (MIT), die Forscher von Xerox Parc sowie die Konzerne Philips und Sony. Die Firma E-Ink in Cambridge, Massachusetts, brachte als Erste elektronische Tinte zur Marktreife.



## Die Technik

Vor kurzem stellte LG-Philips LCD das erste E-Paper im A4-Format vor, das farbige Darstellung ermöglicht. Basis ist ein biegbares Display. Dieses enthält Tinte, die in einer flüssigen Schicht gelagert ist. Auf einer Metallfolie befinden sich Transistoren sowie ein Farbfilter. Die Tinte wird durch die Transistoren angesteuert und kann bis zu 4.096 Farben darstellen. Dabei soll die Pixeldichte der Qualität gedruckter Seiten nahe kommen, und das Bild soll auch auf dem gebogenen Display ohne Einschränkungen betrachtet werden können.

## Vor- und Nachteile

Das E-Paper verbraucht nur Strom, wenn der Bildinhalt geändert wird. Dadurch eignet es sich für den mobilen Einsatz, als Zeitung für unterwegs. Allerdings benötigt es für einen Bildwechsel momentan noch etwa 300 Millisekunden. Für Bilder und Filme ist das E-Paper aufgrund der geringen Farbdarstellung nur bedingt geeignet.

## Einsatz und Trend

Derzeit macht das E-Paper herkömmlichen Zeitungen und Zeitschriften noch keine Konkurrenz. Denn es ist bisher nur bedingt alltagstauglich. Zudem gibt es seitens LG-Philips LCD auch noch keine Auskünfte darüber, wann die E-Paper-Technik marktreif sein wird. Auch andere Hersteller, etwa Sony, arbeiten noch daran.

