

ESSAY

Im HomeVision Technik-Essay äußern sich Persönlichkeiten aus Industrie, Wissenschaft und Forschung zu spannenden Technik-Themen und geben Ausblicke in die nahe Zukunft.

Die Inhalte geben die Auffassung der Autoren wieder und müssen nicht der Meinung der Redaktion entsprechen.



GRUNDIG CHEFENTWICKLER KONRAD L. MAUL

Konrad L. Maul ist einer der erfahrensten und profiliertesten TV-Entwickler in Deutschland und zugleich ein Grundig-„Urgestein“. Bereits vor seinem Studium der Nachrichtentechnik in Nürnberg absolvierte Maul Anfang der 60er Jahre bei Grundig eine Lehre als Rundfunk- und Fernsehmechaniker, 1971 kam er als Entwicklungsingenieur zurück zu Grundig. Später war er als Gruppenleiter „Digitale Signalverarbeitung“ für das erste 100 Hertz-TV-Gerät verantwortlich, seit 2001 leitet er die gesamte TV-Entwicklung.

Auch privat lässt ihn das Thema nicht los, beschäftigt er sich doch wissenschaftlich mit den physiologischen, psychologischen und neurowissenschaftlichen Hintergründen des Hörens und Sehens, stets auf der Suche nach einer optimalen Reproduktion des Originals. Wenn dann noch Zeit bleibt, widmet sich Maul der Filmkunst und Audio-Features.



Die raffinierten Tricks der Bildverbesserer

Die lange kritisierte LCD-Technik hat auf dem Weg zur naturgetreuen Bildwiedergabe entscheidende Fortschritte gemacht. Grundig Chefentwickler Konrad M. Maul verrät, wie vor allem Bewegungsdarstellung und Schwarzwertwiedergabe dramatisch verbessert werden konnten.

Dem Traum der Menschen von einer naturgetreuen Übertragung und Wiedergabe von Szenen und Ereignissen in den eigenen vier Wänden kommen heutige Fernsehgeräte mit neuester Signalverarbeitung und Displaytechnologie schon sehr nahe. Der flache Bildschirm an der Wand ist Realität geworden. Die großformatige, detailgetreue Wiedergabe, angepasst an die Physiologie des menschlichen Gesichtssinnes durch 16:9 und HDTV ermöglicht eine bisher nicht gekannte Einbezogenheit in das Geschehen auf dem Bildschirm.

Ein wichtiger Schlüssel für diesen technischen Erfolg ist die optimale Abstimmung der einzelnen Elemente der Wiedergabeseite, wie Empfangsteil, digitaler Signalprozessor (Scaler) und Panel. Sehen wir uns daher zunächst die wichtigsten Schlüsselparameter eines Displays an. Dies sind Detailauflösung, Spitzenleuchtdichte (Helligkeit), Schwarzwiedergabe, Kontrast, Bewegungswiedergabe, Betrachtungswinkel, Geometrie (Konvergenz) und Farbraum. Aufgrund des technischen Prinzips (Ablenktechnik, Lochmaske und großvolumiger Glaskörper) ist die Bildröhre nicht für die großformatige SDTV und HDTV Wiedergabe geeignet. Ihre Schwarz- und Bewegungswiedergabe sind jedoch nach wie vor die Referenz für alle anderen modernen Displaytypen.

Die Plasmatechnik kommt aufgrund ihrer Verwandtschaft zum Bildröhrenprinzip der guten Schwarz- und Bewegungswiedergabe der Bildröhre sehr nahe. Da beim Plasmapanel aber die Umsetzung des elektrischen Bildsignals in Helligkeitssignale in digitaler Form erfolgt, d.h. Helligkeitswerte ergeben sich durch die Anzahl der Einschaltzyklen des einzelnen Bildpunktes pro Zeiteinheit, führt dies zu Bewegungsartefakten (False Contour bedingt durch Subfield-Steuerung).

Die Schwachstellen der LC-Displays waren bisher die Bewegungs- und Schwarzwiedergabe. Obwohl man die physikalische Ansprechzeit (Response Time) der Flüssigkristalle unter die Bilddauer gedrückt hatte, war die Bewegungswiedergabe immer noch nicht mit der einer Bildröhre vergleich-

bar. Deswegen wurde weitere Ursachenforschung betrieben.

Die Bildröhre wird als „Impuls-Type“ Display bezeichnet. Was versteckt sich dahinter? Ein Bildpunkt wird während eines Bildes nur einmal kurz angeregt und klingt dann ab. Beim LC-Display hingegen bleibt der Helligkeitswert jedes Bildpunktes über die ganze Bilddauer konstant erhalten. Deswegen spricht man von einem sogenannten „Hold-Type“ Display. In diesen unterschiedlichen Prinzipien musste die schlechtere Bewegungswiedergabe des LC-Displays wohl zu suchen sein.

Ich will dabei versuchen, die Vorgänge aus physikalischer und physiologischer Sicht zu erklären. Lassen Sie uns zunächst den Vorgang anhand des klassischen Weg-Zeit-Diagramms skizzieren. In Abb.1 sehen wir schematisch einen LC-Bildschirm angedeutet. Nehmen wir an, ein weißer Punkt bewegt sich von links nach rechts über den sonst dunklen Bildschirm. Die Wegkoordinate ist also im Vergleich zum klassischen Weg-Zeit-Diagramm in die Horizontale gedreht. Die Zeitachse verläuft von oben nach unten. Bei einer Bewegung aus dem wirklichen Leben würde sich ein Weg-Zeit-Diagramm mit linearem Verlauf ergeben (siehe Abb.2). Das System Auge-Gehirn würde den sich bewegenden Punkt verfolgen und keine Unschärfe bei Bewegung feststellen.

Nehmen wir nun den fernsehtechnischen Fall. Eine Bewegung kann nur mittels aufeinanderfolgender Einzelbilder übertragen werden und zwar in Europa mit 50 Bildern oder Bewegungsphasen pro Sekunde. Wie wir in Abb.3 sehen, bleibt der Punkt nun für die Dauer eines Bildes (T Bild 1) an derselben Stelle stehen und springt im folgenden Bild (T Bild 2) auf die nächste Position. Dieser Vorgang wiederholt sich, bis der Punkt am rechten Bildschirmrand ange- langt ist.

Nehmen wir an der Punkt hat sich in der reellen Vorlage in 5 Sekunden von der linken zur rechten Bildschirmseite bewegt, eine Bewegungsgeschwindigkeit die bei Fernsehaufnahmen nicht ungewöhnlich ist. Wenn wir ein LC-Display mit voller HDTV Auflösung betrachten besitzt

DER RÜCKBLICK

Menno Kleingeld über die Revolution der Settop-Boxen.
→ Ausgabe 3/2008

Lothar Wiemann über die Vorteile Musik von der Festplatte zu hören.
→ Ausgabe 4/2008

Marcel Gonska verät Ihnen alles über den Farbraum bei Flat-TVs.
→ Ausgabe 5/2008

Akustikspezialist Dr. Roland Gauder erklärt Ihnen das „Gesetz der ersten Wellenfront“.
→ Ausgabe 6/2008

→ AUSGABE 8/2008

askjf adflk saldkfj asdkfj askdfj
askdfj asldkfj sldkfj asldkfjals-
kalsdkjfaskdfj asldkfjaskdfjflk

» Das Auge sieht
beim Fernsehen
Scheinbewegung «



dieses 1920 Pixel (Bildpunkte) pro Zeile.

Die Geschwindigkeit des Punktes beträgt dann: $v = s/t = 1920 \text{ Pixel} / 5 \text{ sec} = 384 \text{ Pixel/sec}$

Die Distanz des Punktes von Bild zu Bild ergibt sich aus: $s (\text{Punkt Bild 1 zu Bild 2}) = v (\text{Punkt}) \times t (\text{Bild}) = 384 \text{ Pixel/sec} \times 1/50 \text{ sec} = 7,7 \text{ Pixel}$

Ein typisches 42" (107 cm) HDTVLC-Display besitzt eine waagrechte sichtbare Bildbreite von 930 mm und damit eine Pixelbreite von $930 \text{ mm} / 1920 = 0,48 \text{ mm}$.

Damit ergibt sich $s (\text{Punkt Bild 1 zu Bild 2 in mm}) = 7,7 \text{ Pixel} \times 0,48 \text{ mm} = 3,7 \text{ mm}$.

Der Punkt erscheint uns in die Breite gezogen. Dies ist der Verschmierungseffekt der vom System Auge-Gehirn, das den Punkt verfolgt, wahrgenommen wird.

Betrachten wir uns nun in Abb.4 die Verhältnisse bei der Bildröhre, die wie eingangs erwähnt die beste Bewegungswiedergabe besitzt. Der dem Bildpunkt entsprechende Phosphor leuchtet nur für weniger als eine tausendstel Sekunde auf und klingt dann rasch ab. Dies ist durch die Punkte im Weg-Zeit-Diagramm angedeutet. Interessanter Weise führt die Lücke von Bildinformation zwischen den Bildern zu keinem wahrnehmbaren Effekt. Im Gegenteil, es wird eine kontinuierliche Bewegung wahrgenommen.

Wie ist dies zu erklären? Eine grundlegende Eigenschaft des menschlichen Sehsystems ist die Scheinbewegung, bekannt als „Phi-Phänomen“. Mit diesem Begriff wird die Wahrnehmung einer nicht existenten Bewegung bezeichnet und wurde erstmals 1912 von Max Wertheimer, dem Begründer der Gestaltpsychologie, beschrieben. Das „Phi-Phänomen“ wird im Labor gewöhnlich mit sehr einfachen Mitteln untersucht. Man benötigt lediglich zwei Lichter, die automatisch so geschaltet werden können, dass kurz nach dem Erlöschen des einen das andere Licht angeht. Was man sieht – vorausgesetzt, der räumliche Abstand zwischen den Lichtern und die Zeiti-

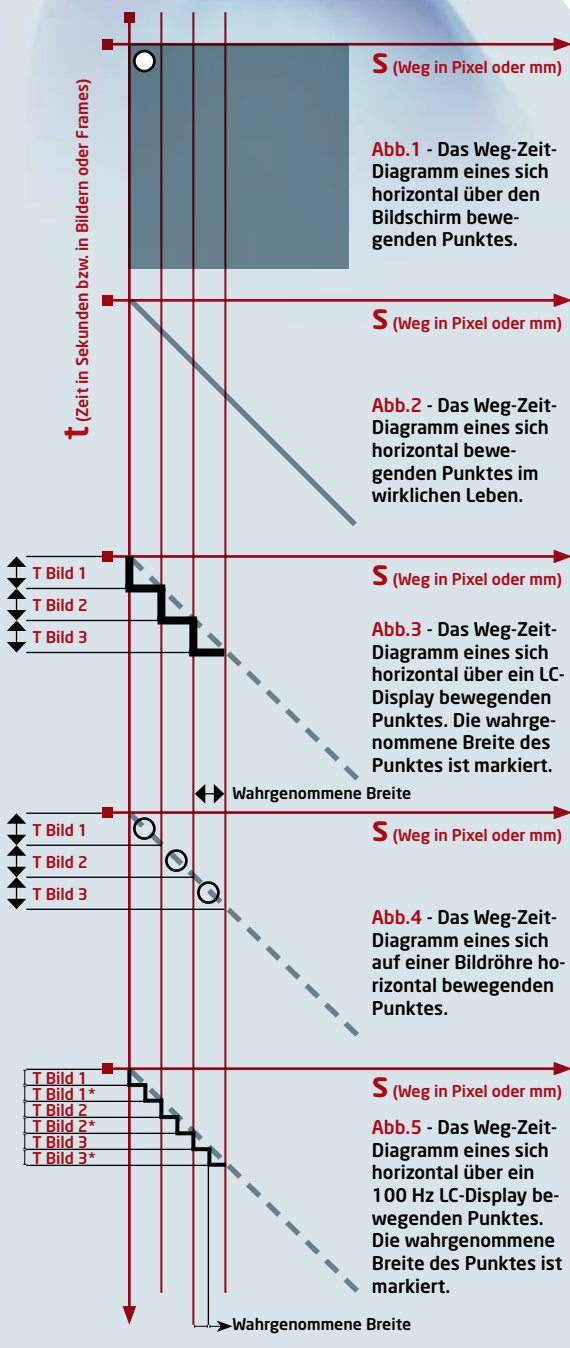
ntervalle zwischen ihrem Aufleuchten stimmen – ist ein „einzelnes“ Licht, das sich scheinbar zwischen den aufleuchtenden Lichtern hin- und herbewegt. Diese Phi-Bewegung lässt sich einfach mit der Annahme erklären, dass das Auge-Netzhaugehirn-System Lücken toleriert, sofern die Sprünge in Raum und Zeit nicht zu groß sind (nach Gregory L., Auge und Gehirn, Psychologie des Sehens).

Damit lässt sich nun ein Erklärungsmodell entwickeln, warum im Fall der Bildröhre das Gehirn gewissermaßen aus den Einzelpunkten der Abb.4 eine kontinuierliche Bewegung „errechnen“ kann, die wir auch bewusst wahrnehmen. Diese Tatsache ist umso interessanter, da unser optisch-elektrischer Wandler im Auge (Netzhaut, Stäbchen, Zäpfchen) sehr träge ist und nur Vorgänge im 20 bis 30 tausendstel Sekunden Abstand unterscheiden (auflösen) kann. Fälschlicherweise wird dies meist als Erklärung angeführt, wenn die Bewegungsempfindung bei Kino und Fernsehen erklärt werden soll. Dieser Effekt ist vielmehr für den „Tiefpasscharakter“ des Systems Auge verantwortlich, wir sehen ab 70 Bildern pro Sekunde kein Flimmern oder Flackern mehr. Deswegen wurde bei den mechanischen Kinoprojektoren die Umlaufblende und bei den Röhrenfernsehgeräten die 100 Hz-Technik eingeführt.

Wie können wir nun die Bewegungsdarstellung des LC-Displays verbessern? Wie wir gesehen haben, toleriert unser Gesichtssinn zeitliche Lücken und interpoliert daraus eine gleichförmige Bewegung. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, das Bild nicht während der ganzen Bilddauer (Frame) zu zeigen - ähnlich wie bei der Bildröhre. Folgende Techniken wurden dazu erarbeitet und auch technisch umgesetzt:

Geschaltete Hintergrundbeleuchtung (Backlight Scanning).

Die bisher umgesetzte Technik der geschalteten Hintergrundbeleuchtung mittels HCFL-Leuchtstoffröhren (Hot Cathode Fluorescence Lamp) wurde nur kurze Zeit eingesetzt. Kosten und Lebensdauer sprachen gegen den generellen Einsatz. Die üblichen in LC-Displays eingesetzten CCFL-



Leuchtstoffröhren (Cold Cathode Fluorescence Lamp) lassen sich nicht in der erforderlichen Frequenz schalten. Der durch diese Dunkelphasen auftretende Helligkeitsverlust muss durch eine höhere Spitzenleuchtdichte der HCFLs ausgeglichen werden.

Erhöhung der Bildfrequenz (z.B. auf 75 bis 100 Hz) und Einfügung von Bildern mit nur schwarzem oder grauem Bildinhalt.

Durch die Erhöhung der Bildfrequenz auf 75 bis 100 Hz wird Zeit gewonnen für die Einfügung von Schwarz- oder Grauphasen. Dadurch kommt man auch hier dem „Impulsverhalten“ der Bildröhre näher. Es ergeben sich die „Stützstellen“ aus denen das Gehirn die gleichförmige Bewegung interpoliert. Aufgrund der Nachteile dieser Technik, wie Helligkeitsverlust und Großflächenflimmern, wurde und wird diese Technik nur in Geräten mit einfacheren IC-Konzepten eingesetzt.

Verdopplung der Bildfrequenz verbunden mit der Berechnung und Einfügung von neuen Bewegungsphasen (Motion Estimation / Motion Compensation).

Dies ist die Königsklasse der Techniken zur Beseitigung der Bewegungsunschärfe bei LC-Displays. Hierbei wird die Bildfrequenz auf 100

er T des Bildes ist aber von 20 Tausendstel Sekunden (50 Hz) auf 10 Tausendstel (100 Hz) verkürzt. Während der Dauer T-Bild 1* in Abb.5 wird eine neu errechnete Bewegungsphase eingefügt.

Nehmen wir wieder an der Punkt hat sich in der reellen Vorlage in 5 Sekunden von der linken zur rechten Bildschirmseite bewegt. Wir betrachten wieder ein LC-Display mit voller HDTV Auflösung also 1920 Pixel (Bildpunkte) pro Zeile.

Die Geschwindigkeit des Punktes beträgt dann: $v = s/t = 1920 \text{ Pixel} / 5 \text{ sec} = 384 \text{ Pixel/sec}$

Die Distanz des Punktes von Bild zu Bild ergibt sich nun mit T Bild 1/100 Sekunde (100 Hz): $s (\text{Punkt Bild 1 zu Bild 1}^*) = v (\text{Punkt}) * t (\text{Bild}) = 384 \text{ Pixel/sec} * 1/100 \text{ sec} = 3,8 \text{ Pixel}$

Setzen wir ein typisches 42" (107 cm) 100 Hz HDTV LC-Display voraus ergibt sich wieder eine Pixelbreite von $930 \text{ mm} / 1920 = 0,48 \text{ mm}$.

Damit erhält man für s (Punkt Bild zu Bild in mm) = $3,8 \text{ Pixel} * 0,48 \text{ mm} = 1,8 \text{ mm}$.

Wir sehen dass der wahrgenommene Verschmierungeffekt im Vergleich zur üblichen 50 Hz Bildfrequenz hal-

bwiedergabe wurden nun Regelschaltungen eingeführt, die abhängig vom Bildinhalt die Hintergrundbeleuchtung dunkel steuern. Dies verbessert zwar die Schwarzwiedergabe, reduziert aber den Kontrastumfang des Bildes, denn die hellen Stellen müssen zwangsläufig dunkler werden wenn die Hintergrundbeleuchtung abgeschwächt wird. Abhilfe wird hier in Zukunft die LED Hintergrundbeleuchtung mit lokaler Dimmung (local dimming) bringen. Da sich zwei Millionen LEDs, also für jedes Pixel eine LED, sowohl aus wirtschaftlichen als auch aus räumlichen Gründen nicht realisieren lassen, teilt man das Bild in LED-Blöcke auf. Beispielsweise wurden in einer Realisierung 64 Blöcke mit je 10 LEDs gewählt also insgesamt 640 LEDs.

Nun kann man unter Auswertung des Bildsignals in dunklen oder ganz schwarzen Bildbereichen die LEDs gezielt „dimmen“ bzw. ganz ausschalten ohne dass in den hellen Bildbereichen die Spitzenleuchtdichte (Helligkeit) zurückgeht.

Zusammengefasst kann gesagt werden, dass bei Einsatz der 100 Hz-Technik kombiniert mit Motion Compensation und der Einführung von lokaler Dimmung die letzten Schwachstellen der LC-Display-Technologie im Vergleich zur guten alten Bildröhre vermieden werden können. Der flache Bildschirm an der Wand ist der naturgetreuen Wiedergabe wieder ein sehr großes Stück näher gekommen. In der ferneren Zukunft kann vielleicht mit 3D-TV fähigen HDTVLC-Displays zur direkten stereoskopischen Wiedergabe ohne die Zuhilfenahme von Shutterbrillen die ideale, naturgetreue Übertragung und Wiedergabe erreicht werden

Konrad L. Maul

» In der Königsklasse ist Motion Compensation absolute Pflicht «

Hz verdoppelt und in die entstandenen Lücken wird eine neu errechnete Bewegungsphase eingefügt. Erst durch den Einsatz von modernen, sehr schnellen und hochleistungsfähigen Videosignalprozessoren konnte diese Technik auch bei HDTV LC-Displays (HDready 1080p) eingesetzt werden.

Sehen wir uns diese Technik im Weg-Zeit-Diagramm der Abb.5 an.

Wie wir schon in Abb.3 gesehen haben bleibt auch in Abb.5 der Punkt für die Dauer eines Bildes (Frame) an derselben Stelle stehen. Die Zeitdau-

biert und damit bei normalen Betrachtungsabständen nicht mehr erkennbar ist.

Schwarzwiedergabe beim LC-Display:

Das LC-Display basiert auf dem Lichtventilprinzip, d.h. die Hintergrundbeleuchtung ist fortwährend eingeschaltet und die Helligkeitssteuerung erfolgt durch die Flüssigkristalle. Dieses Lichtventilprinzip hat aber zur Folge, dass im dunklen Raum noch geringfügiges Restlicht zu sehen ist. Zur Verbesserung der Schwar-

