

1. Die PAL-Norm

Als das Fernsehen noch in den Kinderschuhen steckte, wurden nur die Helligkeitswerte des Fernsehbildes gesendet, aber keine Farben – die Ära des Schwarz-Weiß-Fernsehens. Beendet wurde diese Ära durch die PAL-Fernsehnorm. PAL (Phase-Alternation-Line) wurde 1962 von Walter Bruch bei der Telefunken GmbH in Hannover entwickelt. Aber erst 1967 wurde das PAL-Farbfernsehen durch den berühmten Druck des damaligen deutschen Vizekanzlers Willy Brand auf den roten Knopf anlässlich der Internationalen Funkausstellung in West-Berlin im August in Betrieb genommen. Aus Gründen der Kompatibilität zu früheren Schwarzweiß-Fernsehgeräten wird im Sendesignal das Farbsignal im Schwarzweiß-Signal „versteckt“. Weil bereits die Bildhelligkeit (schwarz-grau-weiß) übertragen wird, muss nicht mehr die vollständige Farbinformation übertragen werden; es reichen die Farbdifferenzsignale für Rot und Blau.

Ein Farbdifferenzsignal wird gebildet aus dem Helligkeitssignal der entsprechenden Farbe minus des sowieso vorhandenen schwarz-weißen Helligkeitssignals (R-Y, B-Y). Aus den drei Signalen R-Y, B-Y und Y werden im TV-Tuner-Empfangsteil die drei Farbsignale R, G und B wieder zusammengesetzt. Das PAL-Farbsystem benutzt üblicherweise ein Videoformat mit 625 Zeilen (brutto) pro Bild und hat eine Bildübertragungsrate von 25 Bildern pro Sekunde. Diese werden allerdings nur halbbildweise übertragen, d. h. es wird erst ein Bild mit allen ungeraden und dann ein Bild mit allen geraden Zeilen übertragen, was eine Halbbildfrequenz von 50 Hz ergibt, das sogenannte Zeilensprungverfahren -. Vorteil ist die geringe Datenrate dieser Übertragungsart. Bei modernen Flachbildschirmen, deren Panels mit Vollbildsignalen angesteuert werden, hat dies ein zwingendes De-Interlacing (Umwandlung der PAL-Videohalbbilder in Vollbilder, mehr dazu später) zur Folge.

PAL hat die grundlegenden Konzepte des US-Sendesystems NTSC übernommen. Wie bei NTSC wird die Quadraturamplitudenmodulation für die Farbübertragung verwendet. Als Verbesserung treten die für NTSC typischen Farbartschwankungen nicht mehr auf, allerdings wird dies mit deutlichem Mehraufwand bei der Schaltung erkauft. Es kann jedoch bei beiden Systemen zu Cross-Colour und Cross-Luminance-Störungen kommen, die sich als störendes farbiges Muster, auch als Moiré-Effekt bekannt, oder in Form farbiger Schlieren äußern können. Diese Bildstörungen treten besonders bei feinen Strukturen im Bild auf (karierte Stoffe, feine Strukturen in unterschiedlichen Farben wie z.B. Tapeten an der Wand). Mit speziellen Kammfiltern kann ein Teil dieser Störungen eliminiert werden.

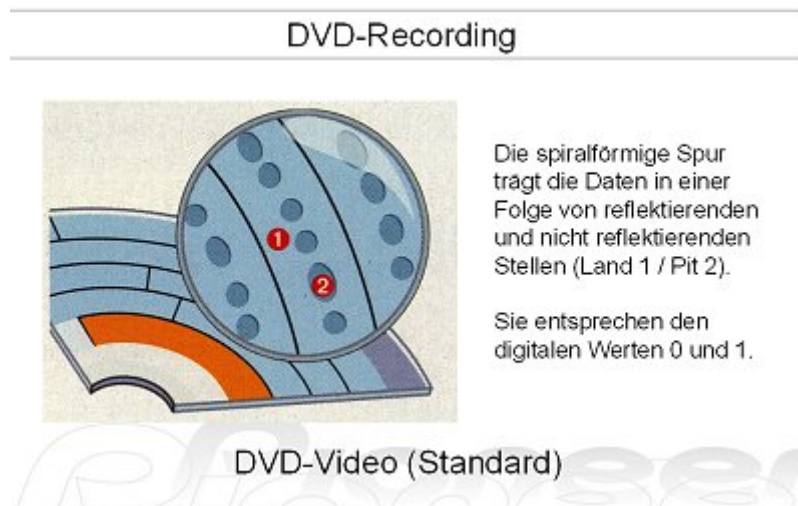
Insgesamt ist die PAL Fernsehnorm für die heutigen Full HD- oder HD ready Displays ein veraltetes System, das bezüglich Auflösung und der Anlieferung als Halbbildsignal in keinsten Weise mehr der aktuellen Technik entspricht. Um eingehende SD PAL-Signale in zumindest passabler Bildqualität darzustellen, muss einiger Aufwand seitens der signalverarbeitenden Elektronik im Bildwiedergabegerät

getrieben werden. Mittels spezieller Filterschaltungen werden Farbstörungen und Bildrauschen eliminiert, hinzu kommen leistungsfähige De-Interlacing-Schaltungen für die Umwandlung der PAL Halbbilder in Vollbilder.

2. Die DVD und ihre Derivate

Die verschiedenen Formate:

So sieht eine DVD-Video im Detail aus:



Mit freundlicher Genehmigung von Pioneer

DVD-Video: Die DVD-Video ist der erste Video-Datenträger, der gemeinsam von Hard- und Softwareanbietern spezifiziert wurde. Die DVD hat mit 12 cm den identischen Durchmesser wie eine CD. Erstmals wurden mit der DVD sogenannte Regionalcodes (Beispiele: Code 1 USA und Kanada sowie US-Außenterritorien, Code 2: Europa/nicht alle Länder, Grönland, Südafrika, Ägypten, naher Osten, Japan). Verzeichnisstruktur und Dateinamen einer DVD sind standardisiert und in den Regelwerken des DVD Forums festgelegt. Die Videodaten einer DVD liegen im Normalfall als MPEG-2-komprimierter Datenstrom vor. Das ältere MPEG-1-Format wird ebenfalls unterstützt, hat aber keine praktische Bedeutung. PAL-DVDs bieten eine Auflösung von 720x576 Bildpunkten mit 25 Hz, während NTSC-DVDs 720x480 Bildpunkte und 29,97 Hz aufweisen- Der Ton einer DVD-Video kann in PCM, Dolby Digital oder DTS vorliegen. Die DVD-Video war das erste Format, das durch Menüs auf der Disc dem Anwender direkten Zugriff z.B. auf gewünschte Szenen oder auf verschiedene Tonspuren (englisch oder deutsch) ermöglichte. Ebenfalls konnten nicht nur mehrere Tonspuren, sondern auch noch Zusatzmaterial wie gelöschte

Szenen oder Audio-Kommentare von Schauspielern und dem Regisseur untergebracht werden.

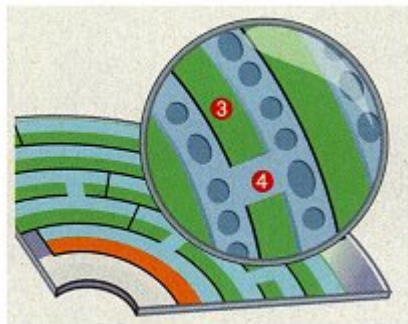
Neben den gekauften DVD Video-Discs hat man die Möglichkeit, selber DVDs zu brennen. Nicht nur mittels des inzwischen obligatorischen DVD-Brenners im PC, sondern auch mittels Standalone-DVD-Recordern.

DVD-R: Eine DVD-R ist ein einmal bespielbares DVD –Medium, ähnlich einer CD-R, auf die man auch nur einmal Daten brennen kann. Ein DVD-R-Rohling weist eine Kapazität von 4,7 GB auf und verfügt im Gegensatz zu den meisten DVD Video-Discs (Dual Layer-Scheiben) über lediglich einen Layer. DVD-R ist das standardisierte Video-Recording-Format des DVD-Forums für nur einmal beschreibbare Medien. Ein großer Vorteil des DVD-R-Formats liegt darin, dass a) sehr viele DVD-Recorder auf diesem Format aufnehmen können und b) sehr viele DVD-Player (auch eine große Anzahl älterer Modelle) in der Lage sind, DVD-Rs abzuspielen.



DVD-RW ist das offiziell vom DVD-Forum für DVD-Video-Recording abgesegnete Aufnahmeformat. DVD-RW ist geeignet, um den digitalen Kopierschutz CPRM zu unterstützen. CPRM macht es TV-Sendern möglich, Aufnahmen auf eine einzige Kopiengeneration zu beschränken. Wird CPRM seitens des Senders aktiviert (was momentan noch nicht praktiziert wird), ist auf einem Gerät mit CPRM eine Kopie möglich, aber nicht von der ersten Kopie (Kopie der ersten Generation) eine erneute Kopie (Kopie der zweiten Generation). Recorder, die nicht über CPRM verfügen, werden die Aufnahme komplett verweigern. Von dieser Problematik betroffen sein dürften vor allem +RW-Recorder (Erläuterung zum Format folgt weiter unten), da CPRM hier nicht integriert wurde. Unten ein Schema, wie auf eine DVD-RW aufgezeichnet wird:

DVD-Recording



Eine Führungsrille (Groove 3) leitet den Laser beim Schreiben der Daten.

Die Land-Pre-Pit-Zonen (4) synchronisieren den Datenstrom.

Pioneer (DVD-RW)

Mit freundlicher Genehmigung von Pioneer

Kennzeichen des DVD-RW-Formats sind zwei verschiedene mögliche Aufnahme-Betriebsarten:

Die erste Betriebsart ist der DVD-RW Video Mode: Die mit konstanter Bitrate aufgenommenen Daten werden wie auf einer DVD-R abgelegt (VOB-Dateien). Solche DVDs können auf vielen Geräten abgespielt werden, in vielen Fällen selbst dann, wenn es sich um DVD-Player handelt, die nicht explizit für DVD-RW geeignet sind. Der Grund für die Kompatibilität liegt - ähnlich wie beim +RW-Format - in der verwendeten Ordnerstruktur, die vom Aufbau her stark einer DVD-Video ähnelt. Der Hauptvorteil des Video Modes ist daher auch die breite Kompatibilität zu einem Großteil der aktuell verkauften DVD-Player. Der Nachteil liegt in der Abwesenheit von Editiermöglichkeiten.



DVD-RW VR-Modus

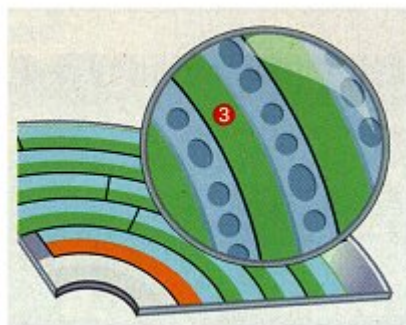
Erweiterte Aufnahme- und Editiermöglichkeiten bringt der DVD-RW Video Recording Mode, „VR Mode“ abgekürzt, mit. Hier wird eine völlig andere Datenstruktur verwendet, daher lassen sich solche Disks auch nicht auf dem PC auslesen. Vorteil ist eine je nach Gerät sehr feine Einstellmöglichkeit für die gewünschte Kompression, vielfältige Editiermöglichkeiten und "Playlists" wie bei MP3. Mittels des VR Mode ist es ohne weiteres möglich, ein "echtes" DVD-Menü selbst zu kreieren. Auch stellt es kein Problem dar, die Inhalte in verschiedener Form zu bearbeiten, Szenen zu entfernen und neu zusammen zu fügen

(DVD) +RW



Der Begriff "DVD+RW" in Verbindung mit dem original Schriftzug für den Begriff "DVD" ist offiziell eigentlich nicht gebräuchlich, denn dieses Format hat nicht den Segen des DVD-Forums. Daher kann es streng genommen nur als "+RW" bezeichnet werden. Hinter diesem Format für wiederbeschreibbare Discs steht die DVD+RW Alliance. (www.dvdrw.com). So arbeitet +RW:

DVD-Recording



Statt der Land-Pre-Pit-Zonen (siehe DVD-RW) taktet den Datenfluss eine hochfrequente modulierte Führungsrille (Groove 3).

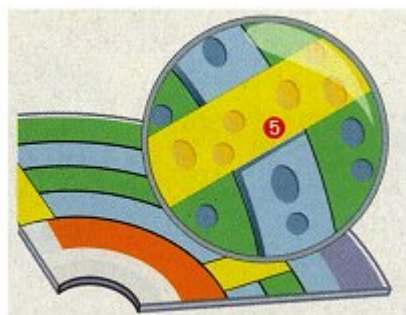
Philips (+RW)

Mit freundlicher Genehmigung von Pioneer

Das hinter +RW stehende System zeigt technisch eine nahe Verwandtschaft mit dem DVD-Video-Format, da die Videodaten in den gleichen Strukturen auf der DVD abgelegt werden (Video_ts-Ordner, VOB-Dateien/Video Objects)). Der Vorteil liegt auf der Hand: Eine große Anzahl an DVD-Playern können +RW-Discs einlesen. Mitbegründer des +RW-Standards ist Philips. Wegen dieses Hintergrunds wird bei +RW-Recordern auf die Aufnahmefähigkeit für DVD-R verzichtet und stattdessen neben +RW nur +R (einmal beispielbar) als Aufnahmeformat unterstützt.

DVD-RAM

DVD-Recording



Hier beschreibt der Laser Land und Groove.

Steuerinformationen für die Synchronisation liegen in den Header-Bereichen (5).

Panasonic (DVD-RAM)

Mit freundlicher Genehmigung von Pioneer

DVD-RAM, genauso wie DVD-RW, ebenfalls offizielles DVD-Recording-Format des DVD-Forums - dies sieht man auch am Schriftzug (siehe Bild) mit dem original DVD-Logo. Allerdings ist eine Einschränkung zu machen: Vom DVD-Forum ist dieses Format nur für den PC-Bereich und nicht für DVD-Video-Recorder vorgesehen. Der Vorteil von DVD-RAM-Discs (laut Panasonic bis zu 100.000 mal wiederbespielbar): Dieses Format arbeitet wie eine Festplatte mit verschiedenen Sektoren und bietet aufgrund der schnellen Zugriffszeiten die Möglichkeit, dass man, während der DVD-Recorder weiter auf die DVD-RAM aufnimmt, sich bereits den Anfang der Aufnahme anschauen kann (Time-Shift). Ebenfalls kann man auf eine DVD-RAM eine Sendung aufzeichnen, während man sich eine andere Sendung, die auf derselben DVD-RAM gespeichert ist, anschaut. Ein Nachteil des DVD-RAM-Formats ist bedauerlicherweise, dass nicht allzu viele DVD-Player in der Lage sind, mit diesem Format zurecht zu kommen. Hauptsächlich verschiedene Panasonic-Modelle spielen DVD-RAMs ab. Dies hat auch seinen Grund, denn Panasonic ist Hauptinitiator dieses Formats für DVD-Videorecorder. Als einziges DVD-Recording-Format wird bei DVD-RAM auch "Caddy" eingesetzt, der ähnlich wie bei Sony's Mini Disc die DVD-RAM vor Staub und Kratzern schützen soll. So arbeitet DVD-RAM:

Mittlerweile gibt es viele DVD-Recorder, die auf mehrere Formate aufzeichnen können und somit flexibel einzusetzen sind.

3. PAL Speedup und Layerwechsel bei der DVD

Zwei „Reizthemen“ haben viele Liebhaber der DVD von Anfang an brennend interessiert:

1. PAL Speedup

Die Laufzeit der PAL-DVD ist grundsätzlich kürzer als die einer NTSC-DVD und zwar genau um 4 %. Stammt das Bildmaterial auf der DVD aus einer Filmabtastung, wird für die Encodierung der Vollbildmodus, d.h. Progressive Modus, des MPEG-Encoders verwendet. Hierbei wird das Filmmaterial im YUV-Vollbild-Format auf der DVD abgelegt - und zwar mit 24 Frames per Second (= fps), dem Original-KinofORMAT. Jedes Bild des Kinofilms wird somit als Ganzes codiert. Bei NTSC kann man via 3/2-Pulldown nahezu exakt die Bildwechselfrequenz des NTSC-Bildes, also 60 Hz, erreichen. Beim Auseinandernehmen des Vollbildes in Halbbilder wird das erste Halbbild dreimal, das zweite hingegen nur zweimal (daher 3/2) wiedergegeben. Bei PAL verfährt man anders: Man lässt den Film um 4 Prozent schneller laufen, anstatt mit 24 fps wird er mit 25 fps abgetastet. Auch hier entspricht jedes Vollbild wieder genau einem Bild des Ausgangs-Filmmaterials. Nun ist der Rest der Rechnung sehr einfach, denn man fertigt aus den 25 Vollbildern genau 50 Halbbilder - und damit ist man bei 50 Hz, der PAL-Bildwechselfrequenz.

2. Layerwechsel

Eine DVD-9 (die meist gebräuchliche DVD für die Speicherung von Spielfilmen momentan) ist eine DVD, bei der sich zwei Schichten (=Layer) auf einer einzigen DVD-Seite befinden. Nachdem der Laser des DVD-Players den ersten Layer komplett ausgelesen hat, muss sich der Laser umfokussieren, um am Beginn des zweiten Layers wieder einsetzen zu können. Dieser Layerwechsel macht sich bei vielen DVD-Playern durch ein Stehen bleiben des Bildes und einen hörbaren Tonaussetzer bemerkbar, besonders dann, wenn der Layerwechsel auf der DVD ungünstig (z.B. mitten in einer Szene) platziert ist. Je nach DVD-Player-Modell kann das Stehen bleiben des Bildes und der Tonaussetzer unterschiedlich lang ausfallen.

Ein unsichtbarer Layerwechsel funktioniert bei DVD-Playern mit ausreichend dimensionierten Pufferspeicher (zum Daten speichern während der Umfokussierung) und einem Laufwerk mit hoher Auslesegeschwindigkeit.

4. Anamorph, Widescreen, Cinemascope und Pan & Scan Die verschiedenen Kinobildformate auf DVD

Mit Einführung der DVD-Technologie setzte sich der Trend durch, die Spielfilme im Original-Kinoformat zu veröffentlichen. Denn im Gegensatz zum Fernsehformat, welches (bis auf die in 1,85:1/16:9 ausgestrahlten Sendungen) ein Seitenverhältnis von 4:3 (1,33:1) aufweist, sind Kinofilme weitaus breiter.

Das war nicht immer so: Bis in die fünfziger Jahre hinein wurden fast alle im Filme mit einem Seitenverhältnis von 1,37:1 gedreht, dass fast mit dem Fernsehformat identisch ist. Als in den fünfziger Jahren dann das Fernsehen zum Massengeschäft wurde, suchten die Filmgesellschaften nach neuen Wegen, die „Couchpotatoes“ wieder zurück in die großen Kinosäle zu holen. Neben dem Farbfilm sollte vor allem die Einführung eines größeren, räumlicher wirkenden Bildformats das Kino wieder attraktiv machen. Zwei Formate haben sich etabliert und sind heutzutage üblich: Zum einen ein Bildverhältnis von 1,85:1 und "Cinemascope", welches mit einem Seitenverhältnis von 2,35:1 nochmals breiter ist.

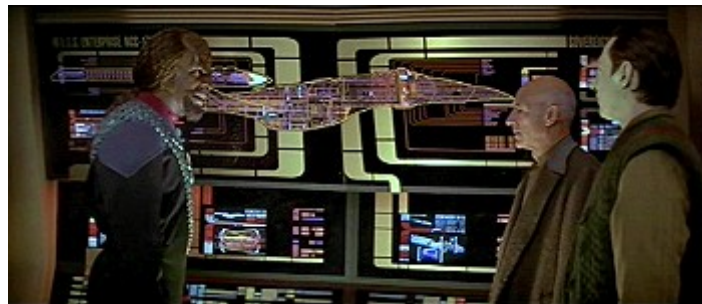


1,85:1



2,35:1

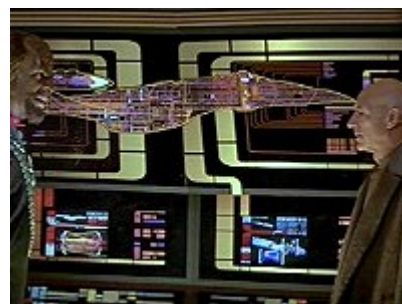
Um den Unterschied zwischen Letterbox, Pan & Scan sowie einem anamorphen Bild zu verdeutlichen, nehmen wir einen Bildausschnitt in Cinemascope. Auf der Kinoleinwand würde dieser folgendermaßen aussehen:



Der Transfer des Kinobildes auf das Fernsehformat gestaltet sich nicht ganz einfach. Denn auf den immer noch am weitesten verbreiteten 4:3-Geräten lässt sich das Bild im Original-KinofORMAT zwar abbilden. Doch dann wird nur ein Teil der verfügbaren Fläche genutzt, da in den Bereichen ober- und unterhalb des Kinobildes keine Bildinformationen vorhanden sind und die Mattscheibe an dieser Stelle einfach schwarz bleibt. Während das Seitenverhältnis 2,35:1 mehr in die Breite geht, ist das gewohnte 4:3 aus dem Fernsehen fast quadratisch. Will man den gesamten Bildinhalt des Cinemascope-Formats in 2,35:1 auch auf einem 4:3-TV abbilden, so muss dieses Format so verkleinert werden, dass es in den 4:3-Rahmen passt. Dabei entstehen die sogenannte "schwarzen Balken". Vielfach ist der Irrglaube verbreitet, dieses seien wirklich Balken, die über das Bild gelegt werden, doch im Grunde genommen ist es genau anders herum: Das 4:3-Bild ist viel zu hochformatig, um Cinemascope abbilden zu können. Daher wird bei der Letterboxvariante entsprechend nur ein Teil der Bildfläche überhaupt genutzt. Für Besitzer von 4:3-Geräten ist dies oft unbefriedigend: Das Bild erscheint klein und sieht so aus, als ob oben und unten die Balken Bildbereiche abschneiden würden - so lautet das vorschnelle Urteil.



1. Letterbox



2. Pan & Scan

Weil viele Videoverleiher und Fernsehsender befürchten, dass sich die Zuschauer durch die schwarzen Balken gestört fühlen, wird das Bild für den Videotransfer oft nachträglich bearbeitet: Die einfachste Methode besteht darin, einfach einen Ausschnitt mit Seitenverhältnis 4:3 aus dem Kinoformat herauszuschneiden. Dabei wird um den Preis der flächenfüllenden Darstellung bewusst ein Teil des Bildes weggeschnitten.

Im unglücklichsten Fall führt dies dazu, wie in Bild 2 sichtbar, dass ein wichtiger Teil des Bildes verloren geht und die Handlung nicht mehr zu 100% nachvollziehbar wird. Um dies zu verhindern, wird daher in der Praxis bei der Bearbeitung des Bildmaterials für den Videotransfer permanent beobachtet, welcher Teil des Bildes weggeschnitten werden kann und teilweise zusätzlich auch in dem Originalbildrahmen herumgeschwenkt. Deswegen wird dieses Verfahren auch als Pan & Scan (steht sinngemäß für Schwenken und Abtasten) bezeichnet. Pan & Scan stellt leider einen faulen Kompromiss dar. Denn im Extremfall gehen bei einem Cinemascope-Film mehr als 40 % der sichtbaren Bildfläche verloren. Und der Rest, der verbleibt, besteht dann oftmals nur noch aus hektisch wackelnden Schwenks zwischen Köpfen, die den gesamten Bildschirm ausfüllen. Noch schlimmer wird es, wenn das Bild nicht nur beschnitten, sondern gleichzeitig noch leicht vertikal gestreckt wird. Dann sehen die Gesichter aus wie die außerirdischen Köpfe in "Coneheads). Zum Glück wird dieser extreme Schnitt nur sehr selten gemacht.

Alternative sind "letterboxed"-Filmübertragungen. Doch auch das kann mitunter nur eine Mogelpackung sein: Zwar sind bei vielen Filmen schwarze Balken zu sehen, doch ist dies noch keine Gewähr dafür, dass auch wirklich im Kinoformat gesendet wird: Denn gerade Cinemascope-Filme werden vielfach von ihrem Ursprungsformat 2,35:1 auf 1,85:1 zurechtgestutzt.

Bei der DVD ist das echte Kinoformat tonangebend. Um noch ein Quäntchen mehr an Bildqualität aus dem Film herauszuholen, haben viele DVDs ein weiteres Feature parat, das man als "anamorph-Codierung" oder "16:9-Optimierung" bezeichnet. Der Name deutet es bereits an: Ziel ist die Bildoptimierung für die Wiedergabe auf 16:9-Fernsehern, heute die mit Abstand meist verbreitete Art der Bilddarstellung, auch im mobilen Bereich wie z.B. im Auto gibt es immer mehr 16:9-Displays.

Denn das normale Letterbox-Verfahren mit den schwarzen Balken hatte bis dato einen Nachteil: Dadurch, dass nur ein Teil des Bildes für den Film genutzt wird, wurde ein Großteil der insgesamt 576 Bildzeilen, die das PAL-System für die Bilddarstellung verwendet (480 bei NTSC), für die schwarzen Balken oben und unten vergeudet, so dass nur eine Bildauflösung von 432 (360 bei NTSC) Zeilen nutzbar war. Daher hat man sich bei der DVD ein Verfahren aus dem Kino abgeguckt, das auch auf normalen 16:9-Fernsehern und sogar auf 4:3-Geräten mit Formatumschaltung funktioniert: Um den fast quadratisch auf der Kinorolle gespeicherten Film auf der

breiten Leinwand wiedergeben zu können, wird das Bild auf der Rolle seitlich zusammengestaucht. Zur Wiedergabe im Kino wird dann vor den Projektor einfach eine Vorsatzlinse gesteckt, auch "Anamorphot" genannt, die das Bild wieder in die richtigen Proportionen bringt.



3. anamorph gestrecktes Bild



4. gestauchtes Bild (16:9)

Beim DVD-Mastering geschieht genau das gleiche: Bereits beim Mastering der DVD wird das Bild von einer horizontal gestreckten Filmvorlage aufgenommen oder im nachhinein elektronisch gestreckt (Bild 3) und mit einer Zeilenauflösung von 576 Zeilen auf DVD transferiert. Betrachtet man dieses Bild auf einem 4:3-Fernseher, so ist das Bild natürlich viel zu hoch - die Eierköpfe sind wieder zu sehen. Staucht man das Bild mit der Zoomfunktion eines 16:9-Fernsehers oder mit der Formatschaltung an einem 4:3-Fernseher wieder zusammen, bekommt es die richtigen Proportionen zurück. Allerdings mit dem entscheidenden Vorteil, dass jetzt alle 576 Bildzeilen ausgenutzt werden können. Die Bildqualität ist nicht zuletzt deswegen deutlich besser, da wegen des geringeren Zeilenabstands die Zeilenstruktur des Fernsehbildes nur noch schwer auszumachen ist.

Die anamorph-Codierung funktioniert natürlich auch bei NTSC und kann auf diese Art und Weise die Bildauflösung von 360 Zeilen bei normalen Letterbox-Fassungen auf die vollen nutzbaren 480 Bildzeilen erhöhen. Selbst bei NTSC mit der geringeren Bildauflösung ist die Zeilenstruktur mit anamorphen DVDs fast nicht mehr auszumachen.

Um auch wirklich den Vorteil der hohen Bildauflösung nutzen zu können, ist es wichtig, dass auch der DVD-Spieler das anamorphe Bild von der DVD korrekt ausgibt. Jedes Gerät besitzt hierzu einen Schalter oder einen Menüpunkt im Setup, unter dem man das Bildformat einstellen kann. Denn wenn der Player auf 4:3 eingestellt ist, rechnet der DVD-Player das anamorphe Bild für die Darstellung auf einem 4:3-Fernseher um, indem das Bild von der Videoelektronik des Players wieder zusammengestaucht und jede vierte Bildzeile entfernt wird. Zum Schluss fügt die Elektronik ober- und unterhalb des Bildes wieder schwarze Balken ein. Das endgültige Ergebnis dieser Prozedur ist ein normales Letterbox-Bild.

5. DVB-T: Technik und Praxis

Die Digitalisierung der Medienwelt vollzieht sich in schnellen Schritten: Nachdem die CD die herkömmliche Langspielplatte abgelöst hat und sich die DVD zeitlich später, aber noch wesentlich schneller als Medium für Videoprogramme durchsetzt, macht diese Entwicklung auch vor dem Rundfunk- und TV-Bereich nicht halt. Es gibt eine Vielzahl digitaler Fernseh- und Radioprogramme über Satellit, des Weiteren mittlerweile beinahe flächendeckend via Kabel (DVB-T). Das analoge Kabelfernsehen steht in Deutschland vor dem kompletten Aus.

Neben dem in der Unterhaltungselektronik ganz allgemein vorherrschenden Trend zur Digitalisierung sprechen durchaus handfeste Gründe für den Umstieg von Analog auf Digital: Zum einen ist der analoge TV-Empfang nur selten unter Idealbedingungen realisierbar. Während auf der einen Seite Hindernisse zwischen Sender und Empfänger häufig keinen ordentlichen Empfang ermöglichen, sorgen selbst bei freier Sicht gerade im Sommer Überreichweiten anderer Sender für Interferenzen. Sofern man nicht in einem Grenzgebiet wohnt, wird man außerdem via Antenne meist mit gerade einmal drei Programmen vorlieb nehmen müssen, was neben der Frequenzknappheit auch mit den hohen Kosten zu tun hat, die die privaten TV-Sender zunehmend nicht mehr bereit sind, zu zahlen. Denn diese haben im Gegensatz zu ARD und ZDF keinen Auftrag zur Grundversorgung, der mit aus Gebührengeldern finanzierten kilowattstarken Sendern erfüllt werden kann, sondern möchten natürlich in erster Linie Gewinne erwirtschaften. Da die Kosten für die terrestrische Ausstrahlung pro Zuschauer weitaus höher liegen als via Satellit, wo mit einem einzigen Transponder ganz Europa abgedeckt werden kann, ziehen sich die Privatsender zunehmend aus der terrestrischen Übertragung zurück. Denn der Ende der achtziger Jahre vor allem durch das ASTRA-System ausgelöste Boom des Satelliten-TV hat den normalen Antennenempfang inzwischen nahezu bedeutungslos werden lassen.

Mit dem terrestrischen Digitalfernsehen DVB-T ändern sich die Voraussetzungen: DVB steht hierbei für "Digital Video Broadcasting" und das T für "terrestrial", also die Ausstrahlung über erdgebundene Sendestationen. Die DVB-Technik ist nicht ganz neu, denn sie ist bereits der Standard für Digital-TV über Kabel und Satellit. Die Video und Audio-Signale werden nach dem auch bei der DVD eingesetzten MPEG2-Standard komprimiert. Dadurch reduziert sich die erforderliche Datenmenge und es lassen sich anstelle nur eines analogen TV-Programms auf einem Kanal mehrere digitale Programme ausstrahlen. Hierbei wird auch nicht mehr jedes Programm auf einer eigenen Frequenz ausgestrahlt, sondern mehrere Programme digital komprimiert und über ein "Playout-Center" in einem Multiplex-Bitstream ausgestrahlt. Die nutzbare Datenrate pro TV-Kanal liegt hier abzüglich mitgesendeter Fehlerkorrekturdaten in der Regel bei 14.75 Mbps. Der DVB-Empfänger zieht sich dann aus dem Multiplex-Signal die Informationen über die im Signal enthaltenen Programme und sucht sich das gewünschte wieder heraus, um dieses zu

decodieren. In der bisherigen Übertragungspraxis sieht es so aus, dass pro Kanal meist vier Programme übertragen werden. Es können aber nicht nur Videodaten, sondern auch reine Audiosignale und Datendienste übertragen werden.

DVB-T wurde gegenüber DVB-S (Satellit) und DVB-C (Kabel) noch weiter verfeinert. Denn während beim Empfang über Kabel und Satellit meist ein recht sauberes Signal am Receiver anliegt, wird das terrestrische Signal auf seinem Verbreitungsweg vielfach durch Interferenzen oder Reflexionen gestört, die zu "Geisterbildern" führen. Um diesen Problemen Herr zu werden, wird bei DVB-T das optimierte Übertragungsverfahren COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex) eingesetzt. Dieses verteilt die Dateninformationen auf viele dicht nebeneinanderliegende Trägerfrequenzen, so dass bei Störungen auf einer Frequenz der Großteil der Informationen erhalten bleibt. Außerdem sorgt eine mitgesendete Fehlerkorrektur dafür, dass Signalstörungen bis zu einem gewissen Maße ausgeglichen werden können. Während beim herkömmlichen analogen Fernsehen sich auf der gleichen Frequenz ausgestrahlte Programme störten, selbst wenn auf diesen das gleiche Programm ausgesendet wird, so ist DVB-T für den Gleichwellenbetrieb ausgelegt. Dies bedeutet, dass das identische Signal von verschiedenen Sendern auf der gleichen Frequenz gesendet und vom Empfänger ausgewertet werden kann und so schlechte Empfangsbedingungen ausgeglichen werden können.

Die Optimierungen für DVB-T sorgen nicht nur dafür, dass DVB-T im Idealfall selbst mit einer ganz normalen Stabantenne zu empfangen ist, ohne dass die Qualität darunter leidet, was bei terrestrischem Analog-Empfang nur unter extrem günstigen Empfangsbedingungen möglich war. Quasi als Nebeneffekt ergibt sich daraus auch die Möglichkeit, DVB-T selbst mobil und bei hohen Geschwindigkeiten auf der Autobahn empfangen zu können. Neben dem Empfang von DVB-T im Auto oder der Bahn sind auch portable LCD-Fernseher und Notebooks mit DVB-T-Empfängern inzwischen weit verbreitet. Sogar DVB-T mit dem Handy ist bereits realisiert und funktioniert problemlos. Ein Grund für die einfache Realisierung: Bei DVB-T kann die Sendeleistung im Vergleich zum Analog-TV deutlich reduziert werden. Das bedeutet allerdings auch, dass im Zweifelsfall der Empfang über Ländergrenzen hinweg nicht mehr in dem Umfang möglich ist wie beim analogen Fernsehen.

Die derzeitigen Planungen in Deutschland sehen gemäß der 1997 von Bund und Landesregierungen gestarteten "Initiative Digitaler Rundfunk" so aus, dass spätestens bis zum Jahre 2010 die digitale TV-Ausstrahlung komplett das analoge Fernsehen ablösen soll. Auch wenn in Werbebroschüren gerne von "digitaler Qualität" fabuliert wird, so bedeutet DVB zunächst nicht unbedingt eine bessere Qualität gegenüber dem Analog-Fernsehen. Denn im Gegensatz zu den USA, wo aufgrund politischer Vorgaben der Umstieg vom analogen NTSC auf das digitale ATSC gleichzeitig auch die Möglichkeit von HDTV, also höheren Auflösungen als die herkömmlichen 480 Zeilen bei NTSC vorsieht und neben z.B. 720 oder 1080 Zeilen

sogar progressive Darstellung möglich ist, hat es die Politik in Deutschland versäumt, solche Vorgaben zu machen und befindet sich damit auch im Einklang mit dem Großteil der TV-Sender, für die technische Innovationen vor allem Investitionen bedeuten, die niemand bereit ist, zu tätigen.

DVB in Europa bedeutet also zunächst einmal Fernsehen in herkömmlicher PAL-Auflösung mit 576 Zeilen, wobei hier zumindest die Option auf Digital-Ton im Dolby Digital 5.1-Format gegeben ist. Außerdem ermöglicht es die Digitaltechnik, TV-Programme im anamorphen 16:9-Format auszustrahlen. Damit lässt sich sogar das Problem bei Filmen sehr einfach beheben, die im TV gerade bei den Privatsendern häufig nur im beschnittenen Pan & Scan-Format ausgestrahlt werden. Solche Filme könnten theoretisch im korrekten 16:9-Format ausgestrahlt werden, welches sich dann auf einem 16:9-Fernseher nutzen lässt, gleichzeitig wäre aber niemand gezwungen, auf einem 4:3-Gerät die fälschlicherweise gerne als "schwarze Balken" bezeichneten Ränder des 16:9-Bildes sehen zu müssen, da ein DVB-Receiver ebenso wie ein DVD- oder Blu-ray-Player auch die Möglichkeit gibt, das Bild auf das Anzeigegerät anzupassen. Wer sein Gerät auf 4:3 einstellt, wird dann auch nur einen Ausschnitt des Bildes im 4:3-Format sehen.

Die Digitaltechnik hat den Vorteil, dass im Gegensatz zum Analog-Empfang Rauschen und Interferenzen im Bild nicht zu bemerken sind. Es gibt aber auch Nachteile: So ist die Qualität des Bildes abhängig von der Kompressionsrate und der Qualität des auf der Senderseite verwendeten Encoders. So war es bei DVB-T zu beobachten, dass die Sender die Digitaltechnik primär dazu nutzen, möglichst viele Programme auf einem Kanal unterbringen zu können und dabei teilweise mit sehr niedrigen Bitraten arbeiten, die im Ergebnis ein unscharfes und von Kompressionsartefakten gekennzeichnetes Bild zur Folge haben, welches von der Qualität unter dem Niveau des herkömmlichen Analog-TV liegt. Mittlerweile jedoch liegt die Qualität des DVB-T-Bildes in vielen Fällen auf einem akzeptablen Niveau.

Mittlerweile haben sich digitale DVB-T-Empfangseinheiten bei stationären wie auch bei mobilen Systemen auf breiter Front durchgesetzt.

6. Die analogen Videoanschlüsse



Die Scart-Buchse

Der Multifunktionsanschluss in der analogen SD-Ära war die Scartbuchse. Der Scart-Multifunktionsstecker bot zwei große Vorteile: Zum einen gibt der DVD-Player an das Bildwiedergabegerät bereits beim Einschalten ein Signal, das diesen automatisch auf den belegten Anschluss umschaltet, so dass die zusätzliche Umschaltung des Fernsehers über die Fernbedienung entfällt. Außerdem liefert der DVD-Player über Scart auch direkt ein Umschaltersignal, wenn eine "anamorphe" DVD einliegt, die die volle Auflösung von 16:9 - Geräten ausnutzen kann. Diese automatische Umschaltung funktioniert zwar bei den europäischen DVDs, bei denen der Player ein Bild in der PAL-Fernsehnorm ausgibt, auch ohne Scart, weil es hierfür in der Austastlücke des Bildes eine spezielle Reservierung gibt. Doch bei US-DVDs klappt dies nicht, weil diese ein Bild in der NTSC-Norm ausgeben und NTSC eine solche Kennung nicht unterstützt. In diesem Fall liefert wiederum nur der Anschluss über Scart das automatische Umschaltersignal.

Zuspieler können bis zu drei wählbare Signale via Scart weiterleiten:

- Ein normales Videosignal (einfach "Video", "Composite" oder "FBAS" genannt)
- Ein S-Video-Signal (Auch als "S-VHS" oder als "Y/C" bezeichnet)
- Ein RGB-Signal (RGB heißt "Rot Grün Blau")

FBAS - Composite ist die Anschlussart, die jeder Bildzuspieler verstehen sollte. Allerdings ist, wie so oft im Leben, der einfachste Weg nicht auch der beste. Bei der Composite Video-Verbindung (häufig auch in Form gelber Cinch-Verbindungen möglich) schleichen sich unschöne Effekte ein, da bei Composite die Farb- und Helligkeitsanteile des Bildes nicht getrennt übertragen werden und sich dies in Form von "Perlenketten" an den Rändern von Objekten unschön bemerkbar macht. Während dies bei VHS-Recordern wegen der ohnehin dürftigen Bildqualität nicht auffällt, sticht dieser Effekt bei den besseren Bildern einer DVD selbst unkritischen Betrachtern ins Auge. Besser ist der Anschluss via S-Video. Hier werden die Helligkeits- und Farbanteile des Bildes getrennt übertragen, so dass die bei Composite auftretenden Störungen des Bildes hier nicht auftauchen. S-Video bietet zudem ein deutlich detailreicheres und schärferes Bild. RGB ist in technischer Hinsicht die praktikabelste Lösung zur analogen Scart-Verbindung zwischen Zuspeler und Bildwiedergabegerät. Über drei separate Leitungen plus Sync-Signal in der Scart-Verbindungen kann das Bild somit ohne große Umwege direkt an die Röhre des Fernsehers weitergeleitet werden.

Weitere Video-Buchsen

Video-Composite:



Der Anschluss über den normalen Video-Cinch-Out (erkennbar an der gelben Farbe, siehe Bild), den jeder DVD-Player in einfacher oder doppelter Ausfertigung mitbringt, sollte nur im äußersten Notfall geschehen. Denn auch hier wird lediglich ein normales Videosignal übertragen, das nur eine deutlich schlechtere Bildqualität ermöglicht. Nützlich sein kann eine Composite-Signalübertragung nur bei langen Übertragungslängen -weil das gesamte Videosignal in einem und nicht auf getrennten Bahnen übertragen wird, kann es nicht zu Laufzeitunterschieden zwischen den verschiedenen Signalanteilen kommen. Wenn man auf die Composite-Verbindung zurückgreift, sollte man auf jeden Fall ein ordentliches Kabel verwenden, gerade bei großen Längen. Wichtig: Diese Buchse überträgt NUR Bild- und keine Tonsignale. Für eine zusätzliche Tonübertragung muss eine separate Audioleitung gelegt werden.

S-Video-Hosidenbuchse

Genau wie S-Video über Scart überträgt auch die S-Video-Hosidenbuchse das S-Videosignal. Hierfür verfügen die Geräte über einen kleinen runden Anschluss mit mehreren winzigen Pins, der ein wenig an einen DIN-Stecker im Miniformat erinnert, über den viele ältere Geräte aus den siebziger Jahren verbunden wurden. Über diese Hosidenleitung wird allerdings ebenso wie bei Composite nur das Bild übertragen, so dass der Ton noch separat über Cinch-Buchsen an den Fernseher weitergeleitet werden muss. Während bei Videoprojektoren die Hosiden-Buchse zum Standard gehört, verfügen viele Fernseher entweder über gar keinen solchen Anschluss oder nur in Form einer Buchse an der Front des Fernsehers, so dass Scart in vielen Fällen die bessere Lösung ist. Wer sich ein S-Video-Hosidenkabel zulegt, sollte aber auch auf die Qualität achten - vor allem sollte das gute Stück solide verarbeitet und gut abgeschirmt sein.

Komponenten-Verbindung (YUV) - Interlaced und Progressive-tauglich



Das Komponentensignal, auch als YUV bekannt, stellt eine qualitativ sehr überzeugende analoge Videoverbindung dar. Da bei diesem Signal weniger Umwandlungen (die die Bildqualität beeinträchtigen) innerhalb des DVD-Players erforderlich sind, ist der Signalweg auch am kürzesten und der Bildeindruck prinzipiell am besten. Zusätzlich bietet sich über den Komponentenausgang auch die Möglichkeit, Vollbilder anstatt der sonst üblichen Halbbilder auszugeben. Man spricht dann von "Progressive Scan", übersetzt heißt das "Vollbild-Darstellung". Mehr dazu im weiteren Verlauf des Textes.

7. Konzeptvergleich Plasma- und LCD-Technik

Flüssigkristall- und Plasmabildschirme – Ein kurzer Technologievergleich

Die Flüssigkristall- und die Plasmatechnologie sind die beiden miteinander konkurrierenden physikalischen Technologien bei den immer beliebteren Flachbildschirmen - mittlerweile sind die "Flachmänner" so beliebt, dass Röhrengeräte und auch nach dem Rückenprojektionsverfahren arbeitende Fernsehgeräte nur noch Randerscheinungen im Marktgeschehen sind.

Solange Schirme dunkel sind, kann man bei oberflächiger Betrachtung keinen

Unterschied ausmachen. Wenn man einen neuwertigen Flachbildschirm liegend transportiert und er defekt wird, spricht alles dafür, dass es ein Plasmabildschirm ist. Denn mechanische Schwingungen der elektronische Baugruppen im Innern des Geräts übertragen sich auf das Panel, wodurch Plasmazellen reißen und funktionsuntüchtig werden. Zugegeben, dieser Test ist wenig empfehlenswert. Daher ist es so wichtig, einen Plasmaschirm immer aufrecht stehend zu transportieren und das mögliche Spiel nach allen Seiten zu minimieren.

Plasmabildschirm

Plasmabildschirme werden auch durch PDP (plasma display panel) abgekürzt. Der erste funktionsfähige Schirm stammt aus dem Jahr 1964. Plasmaschirme arbeiten nach einem Prinzip, das dem der Leuchtstoffröhren ähnelt. Der Bildschirm besteht aus zwei Glasplatten oder -panelen. Zwischen ihnen befinden sich viele kleine Zellen. Jede Zelle ist mit einem Edelgasgemisch von Neon und 3%- 5% Xenon gefüllt; bisweilen wird auch Helium beigemischt (die genauen Mischverhältnisse und spezielle Beimengungen geben die Hersteller natürlich nicht absolut präzise Preis). In den Zellen werden unter dem Einfluss dort bestehender elektrischer Felder kleine Gasentladungen gezündet, durch die das Gas an diesen Stellen elektrisch leitet. In der Zelle entsteht ein Plasma: neben neutralen Atomen gibt es freie Ionen, Elektronen und angeregte Atome. Während der Entladung einer Zelle leuchtet diese blitzartig auf.

Die lokalen elektrischen Felder in den Zellen werden mit Hilfe eines Gitters aus waagerechten und senkrechten Leiterbahnen jeweils an deren Kreuzungen erzeugt. Jede Kreuzung entspricht einem Bildpunkt (Pixel). Zur Farbdarstellung werden drei Leiterbahnsysteme verwendet mit drei Bildpunkten pro Kreuzung, wobei die drei Bildpunkte in den Grundfarben rot, grün und blau aufleuchten; die wirklichen Farben des gezeigten Bildes werden dann durch additive Farbmischung erzeugt, also etwa gelb durch Mischung aus rot und grün.

Zur Erzeugung eines Bildes wird jede Zelle einzeln durch einen zugehörigen Transistor gezündet. Die Grundfarben in den Kammern werden durch unterschiedliche Leuchtstoffe erzeugt. Eine Zelle blitzt auf, sobald der zugehörige Leuchtstoff von der durch das Plasma erzeugten unsichtbaren Ultraviolettstrahlung, kurz UV-Strahlung, getroffen wird. Die Leuchtstoffe wandeln somit die unsichtbare UV-Strahlung in sichtbares Licht um. Das ist der nämliche Vorgang wie in einer Leuchtstoffröhre. Man kann sich also einen Plasmaschirm als einen Schirm vorstellen, hinter dem viele kleine Leuchtstoffröhrchen zusammen ein Bild wiedergeben.

Das Gas zwischen den beiden Glasplatten hat nur eine geringe Dichte. Deshalb genügen niedrige Plasmatemperaturen. Die Zündungsspannungen liegen im Bereich von einigen hundert Volt.

Welche Vorteile hat der Plasmabildschirm?

Bezüglich der Bautiefe sind LCD-TVs und Plasma-Fernseher sehr gering gehalten. Für den Plasma sprechen das bezüglich der Bildhelligkeit angenehme, leicht gedämpfte und nicht zu grelle Bild, die authentische Farbwiedergabe und der im Vergleich zu vielen LCD-Panels bessere Schwarzwert. Die einfachsten Schirme können 256 Graustufen und insgesamt 16,7 Millionen Farbnuancen wiedergeben, während aufwändige Geräte z.B. bei über 68 Milliarden Farben und 4.096 Grauabstufungen angelangt sind. Der Plasmabildschirm ist auch unempfindlich gegen Magnetfelder. Durch das tiefe, natürliche Bild ist ein hochwertiger Plasmabildschirm für den Filmliebhaber in vielen Fällen erste Wahl.

Der – eigentlich größte – Nachteil von Plasmabildschirmen existiert nur noch als Vorurteil im Kopf weniger gut informierter Verbraucher: Nur noch alte oder sehr einfache Plasmabildschirme sind mit einem hohen Stromverbrauch, etwa 300 W bis 580 W wenig kosten- und umweltfreundlich. Durch mehr Effizienz bezüglich der Leuchtkraft haben moderne Plasmapanels keinen auffällig hohen Energieverbrauch mehr, was bereits viele unabhängige Untersuchungen ergeben haben.

Ein großer Nachteil liegt in der Einbrenngefahr. Da TV-Produktionen immernoch meist im Format 4:3 gesendet werden, die Schirme jedoch bereits das zukünftig übliche Seitenverhältnis von 16:9 haben, bleiben links und rechts zwei vertikale Balken schwarz. Dort altert der Bildschirm dann weniger. Nach relativ kurzer Zeit drohen dann den ganzen Schirm ausfüllende Kinofilme links und rechts heller zu werden. Und: Z.B. die Logos von TV-Sendern oder ein immer identisches Bild wie z.B. bei Computerspielen können hässliche Spuren in Form von eingebrannten Elementen hinterlassen. Gerade innerhalb der ersten drei Monate sind Plasmabildschirme sehr empfindlich gegen das Einbrennen. Aus diesem Grunde ist es auch nicht empfehlenswert, z.B. gebrauchte Plasmaschirme, die auf Messen in Betrieb waren, zu kaufen. Oftmals lief den ganzen Tag eine Sequenz auf dem Panel, und es haben sich verschiedene Elemente eingebrannt. Bei weniger "harten" Fällen können eingebrannte Elemente durch spezielle Testbildsequenzen wieder zumindest in großen Teilen eliminiert werden.

Flüssigkeitskristallbildschirme (LCD)

LCDs – Liquid Crystal Displays – kamen und kommen immer noch in einfacher Form bei vielen elektronischen Uhren und bei Taschenrechnern vor. Erst bei Notebooks und nun mehr und mehr bei Fernsehgeräten sind aufwändigere LC-Technologien auf dem Vormarsch. Flüssigkristalle scheinen ein Widerspruch in sich zu sein: Der typische feste Körper hat einen streng periodischen räumlichen, also kristallinen Aufbau: legt man einen Festkörper in eine Schüssel, füllt er sie – im Gegensatz zu einer Flüssigkeit – nicht automatisch aus.

Seit 1904 weiß man von der Existenz von Flüssigkeiten, die einerseits fluide sind, andererseits die typische kristalline Eigenschaft der Doppelbrechung von Licht haben. Dies liegt daran, dass sich die stäbchenförmigen Moleküle der kristallartigen Flüssigkeit ausrichten und bei hindurchfallendem Licht die Schwingungsebene der Lichtwellen ändern (Polarisation).

In Verbindung mit Polarisationsfolien, die vom normalen, unpolarisierten Licht beim Durchgang nur Licht einer bestimmten Polarisationssebene passieren lassen, wird damit Lichtdurchlässigkeit und -undurchlässigkeit, also hell und dunkel, erzeugt. Ändert man die Ausrichtung der Moleküle im Flüssigkristall, deren elektrische Ladung innerhalb eines Moleküls ungleich verteilt ist, durch elektrische Felder, kann man von hell auf dunkel schalten.

Damit wird prinzipiell folgendes Verfahren möglich. Man schließt die Flüssigkristalle zwischen zwei unterschiedlich polarisierenden Paneelen ein. Diese werden so ausgewählt, dass die Schwingungsebenen, die Polarisationssebenen, der beiden Paneele senkrecht aufeinander stehen. Fällt normales, also unpolarisiertes Licht auf die erste Paneele, wird es so polarisiert, dass es die zweite nicht mehr passieren kann. Dies entspricht dem Zustand dunkel. Wird dann die Flüssigkristallschicht elektrisch manipuliert, ändert sich die Polarisation zwischen den Paneelen, dann kann das eingedrungene Licht nunmehr nun auch die zweite Paneele passieren: Es wird hell.

Diesen Vorgang kann man sich nun zu Nutze machen. Direkt über und unter der durch die Glasschichten eines Bildschirms begrenzten Flüssigkristallschicht liegen Leiterbahnen aus durchsichtigem Material, die sich matrixartig kreuzen. Damit entsteht ein Gitter aus parallelen Leiterbahnen, deren Kreuzungen die hellen und dunklen Lichtpunkte ausmachen, aus denen die Abbildung besteht, die ein so konstruierter LC-Bildschirm wiedergibt. Bei sogenannten Aktivmatrix-Schirmen besitzt jeder Bildpunkt ein eigenes aktives Element, einen Transistor, genauer einen Dünnschichttransistor (thin film transistor, TFT), der erlaubt, die die jeweiligen elektrischen Felder bestimmenden Spannungen genau zu regeln und zu schalten. Bei einer passiven Matrix – verwendet für kleinere Bildschirme, etwa bei Notebooks – existiert eine Hintergrundbeleuchtung.

Zur Darstellung von Farben werden – ganz ähnlich wie beim Plasmabildschirm – jeweils drei Zellen von Flüssigkeitskristallen zusammengefasst, welche die Grundfarben rot, grün und blau wiedergeben. Unter der Flüssigkristallschicht befinden sich für jeden farbigen Bildpunkt (Pixel) drei Dünnschichttransistoren, die als Folienschichten auf das Glas aufgedampft werden. Sie erzeugen sehr kleine Bildpunkte, was eine hohe Bildschirmauflösung bedeutet. Jeder der Transistoren lässt sich einzeln ansteuern, auch in unterschiedlichen Stärken bzw. mit unterschiedliche vielen Impulsen.

Die Reaktionszeiten aktueller LCDs können von 16 ms bis zu 2 ms reichen.

LED Backlight-Technologie

Einführung

Mittlerweile hat sich der LCD-Fernseher flächendeckend durchgesetzt. Im Vergleich zu den großen Stückzahlen, in denen LCD-TVs verkauft werden, ist der Anteil an Plasma-Displays recht gering. Für wahre Filmliebhaber jedoch ist der Plasmaschirm aufgrund seines besseren Schwarzwertes immer noch die verlockendere Alternative. Doch dank LED Backlight soll auch dieser Plasma-Bonus bald der Vergangenheit angehören. Was die LED Backlight-Technik bei LCDs bewirken soll, steht in diesem kleinen Special.

CCFL-Displays

LC-Displays bieten sehr scharfe Bilder – aber kein perfektes Schwarz und keine höchstmöglich reinen Farben. Auch wenn CCFL-Displays inzwischen einen beachtlichen Standard erreicht haben, sieht man gerade in sehr dunklen Filmsequenzen deutlich, dass zwar ein recht dunkles Grau, aber kein echtes, sattes Schwarz geboten wird. Auch die Farbneutralität und die Farbbrillanz sind zwar sehr gut, aber noch nicht optimal. Ebenso verhält es sich mit der Kontrastdynamik, auch hier finden sich noch Schwächen, die sich in einer nicht ganz zureichenden Durchzeichnung dunkler Bildbereiche zeigen.

Der Grund für diese visuellen Einschränkungen liegt an der von Leuchtstoffröhren (Kaltkathodenstrahlern, kurz CCFL) erzeugten weißlichen Hintergrundbeleuchtung. Hierbei wird das erzeugte Licht mittels einer Kunststoffschicht mit lichtleitender Funktion gleichmäßig auf dem Display verteilt. Anschließend werden verschiedene Farb- und Polarisationsfilter passiert und letztendlich die Flüssigkristallzelle – die Folge ist dann der entsprechend beleuchtete Bildpunkt (Pixel) auf dem Display. Schwächen dieser Technik zeigen sich beispielsweise bei der Farbwiedergabe. Für ein reines Weiß muss sich das Licht in gleichen Teilen aus Rot, Grün und Blau zusammensetzen – mit CCFL kaum in Perfektion möglich. Sichtbares Manko war daher die nicht ganz natürliche Darstellung von Grüntönen (z.B. sehr gut bei Fußballübertragungen am Rasen sichtbar). Ein weiterer Nachteil der CCFL-Technik: Die Leuchtstoffröhren können auf Grund ihres technischen Aufbaus nur gemeinsam gedimmt werden. Das bedeutet, dass je nach einkommendem Signal das Bild hell oder dunkel geschaltet werden kann. Mit dem Herunterfahren der Beleuchtungsstärke können die LCD-TVs dann in dunklen Szenen zwar ein tieferes Schwarz erzeugen. Doch sobald wieder ein helleres Bildelement hinzukommt, müssen wieder alle Leuchtstoffröhren hochgefahren werden – und aus dem Schwarz wird eher wieder ein Grau. Des Weiteren leidet beim gemeinsamen Dimmen der Hintergrundbeleuchtung die Darstellung feiner Kontrastunterschiede in dunklen Bildbereichen – gut sichtbar ist, dass das Bild dann "absumpft" und Strukturen verloren gehen.

LED-Backlight

Die Industrie hat sich daher etwas einfallen lassen: Anstatt der nur im Gesamten dimmbaren CCFL-Hintergrundbeleuchtung wurden unabhängig voneinander ansteuerbare Leuchtdioden (LEDs) verwendet, die sich auch in anderen Industriezweigen (z.B. Lichteinheiten in der Automobilindustrie mehr und mehr durchsetzen. Durch die gezielte Ansteuerung einzelner LEDs kann man erreichen, dass die gewünschten Bildinhalte komplett schwarz erscheinen, während andere Bereiche weiterhin eine hohe Leuchtkraft aufweisen – die Folge: Durch LED-Backlight werden neue Höhenflüge bezüglich des maximalen Kontrastverhältnisses erreicht. Dadurch, dass die LEDs in den schwarzen Bildbereichen auch tatsächlich aus sind, erscheint das Schwarz sichtbar tiefer und satter. Das Problem mit der nicht ganz reinen Farbwiedergabe bei der CCFL-Hintergrundbeleuchtung besteht bei RGB LED-Backlight auch nicht mehr, da roten, grünen und blauen Leuchtdioden deutlich besser für eine präzise Farbwiedergabe geeignet sind. An Stellen, an denen z.B. reines Rot gefragt ist, werden die blauen und grünen LEDs komplett gedimmt, um so eine reinere Farbdarstellung zu erreichen. Um weißes Hintergrundlicht bereit zu stellen, agieren eine blaue, eine rote und eine grüne LED zusammen. Das Weiß erstrahlt natürlich, dadurch wird der Farbraum effektiv erweitert, Farben wirken intensiver und realistischer. In der tatsächlichen Praxis wirkt sich die LED Backlight Technologie noch nicht bei allen von uns in Augenschein genommenen Flachbild-LCD-TVs so wie gewünscht aus, was auch daran liegt, dass es beileibe nicht nur RGB Backlight-LCDs gibt, sondern auch LCDs mit Pseudo White LED-Backlight. Mehr dazu im nächsten Abschnitt.

RGB-Backlight und Pseudo White-Backlight

Bei LED-Backlight gibt es technologische Unterschiede. Verschiedene Panelanbieter setzen auf sogenannte "Pseudo-White" LEDs, die keine satteren Farben bescheren - dieser Benefit ist nur bei RGB-Backlight vorhanden. Die preiswerter herzustellenden LED Backlight-Panels mit Pseudo White-LEDs sind nur in der Lage, ebenso wie CCFL-Geräte den normalen Farbraum darzustellen. Die Reinheit und die Dynamik der Farben ist bei Pseudo White LED-Backlight nicht besser als bei CCFL-Displays.

EDGE LED Backlight

Damit aber nicht genug - "richtiges" LED Backlight mit gitterförmig angeordneten LEDs ist aufgrund der Vielzahl der benötigten LEDs bezüglich der Herstellung sehr teuer. Gerade beim - wie wir eben gelernt haben - besseren RGB Backlight sind die Kosten immens. Die Abweichungen einer einzelnen Fertigungscharge bei LEDs sind zu groß, als dass man bedenkenlos alle LEDs aus einem Fertigungsablauf verwenden könnte. Damit die geforderte farbliche Neutralität erreicht wird, müssen die LEDs kostenaufwändig vorselektiert werden. Und: Schon für Notebook-Displays in kleinen Diagonalen ab 11 Zoll benötigt man viele LEDs, so kann man sich dann

vorstellen, wie groß die Kosten z.B. bei einem 52 Zoll-LCD-TV sind. Ausweg aus der Kostenfalle ist EDGE LED Backlight. Bei dieser Technik vertrauen die beiden Initiatoren Luminus Devices Inc. und Global Lighting Technologies (GLT) auf lediglich 10 seitlich angebrachte LEDs (daher EDGE LED) bei einem 52 Zoll-Display (130 cm Diagonale). Ohne EDGE LED braucht man einige hundert LEDs. Vorteil der EDGE LED-Technik: Die Farbtemperatur des Weißbildes lässt aufgrund der geringen Anzahl gleicher LEDs einfach abstimmen. Spezielle Microlinsen mischen das farbige Licht eigens entwickelter, besonders heller RGB-LEDs zur korrekten Farbtemperatur und regeln die gleichmäßige Verteilung hinter der Schirmfläche.

Welche Vorteile haben LC-Bildschirme aufgrund ihrer Technologie?

LCD-Fernsehgeräte erzeugen meist ein ausgesprochen scharfes Bild. Die Zahl der Pixel kann wie beim Plasma bis zu 1.920 x 1.080 gehen (Versuchsträger liegen bereits darüber), Full HD-Modelle sind mittlerweile bereits ab 32 Zoll Bildschirmdiagonale erhältlich und sind preislich nicht mehr im abgehobenen Rahmen (ab ca. 550 EUR). Full HD Plasmas sind rarer gesät und erst ab 42 Zoll erhältlich. Die LCD-Geräte sind leicht, strahlen keine Röntgenstrahlen ab und erzeugen kaum Magnetfelder. Auch werden sie nicht durch nahe Magnetfelder (Oberleitungen, Transformatoren oder elektrische Maschinen) beeinträchtigt. LCD-Schirme haben keinerlei Probleme wg. Einbrenneffekten, gerade derjenige, der viel PC-Präsentationen über seinen Flachbildschirm laufen lässt und vielleicht auch mal gern ein Rennspiel o.ä. spielt, ist mit einem LCD-TV besser bedient.

Probleme gibt allerdings auch hier: Durch den systembedingten Restlichteinfall ist selbst bei überragenden Geräten der Schwarzwert noch immer nicht optimal und unter Plasma-Niveau. Abhilfe bringt hier die LED Backlight-Technologie. Bezüglich der Farbwiedergabe erzielen manche sehr sauber konstruierte LCD-Schirme mittlerweile sehr gute Ergebnisse, generell aber ist die natürliche Farbdarstellung nach wie vor ein Problem vieler CCFL- und sogar mancher LED Backlight-LCDs. Besonders einfache oder ältere Modelle leiden unter zwei weiteren Krankheiten: Durch zu langsame Reaktionszeiten des Panels sind unschöne Nachzieheffekte zu sehen. Und: Der Betrachtungswinkel ist nicht groß genug, so dass Personen, die relativ weit außen sitzen, keinen optimalen Bildeindruck mehr genießen können.

Fazit:

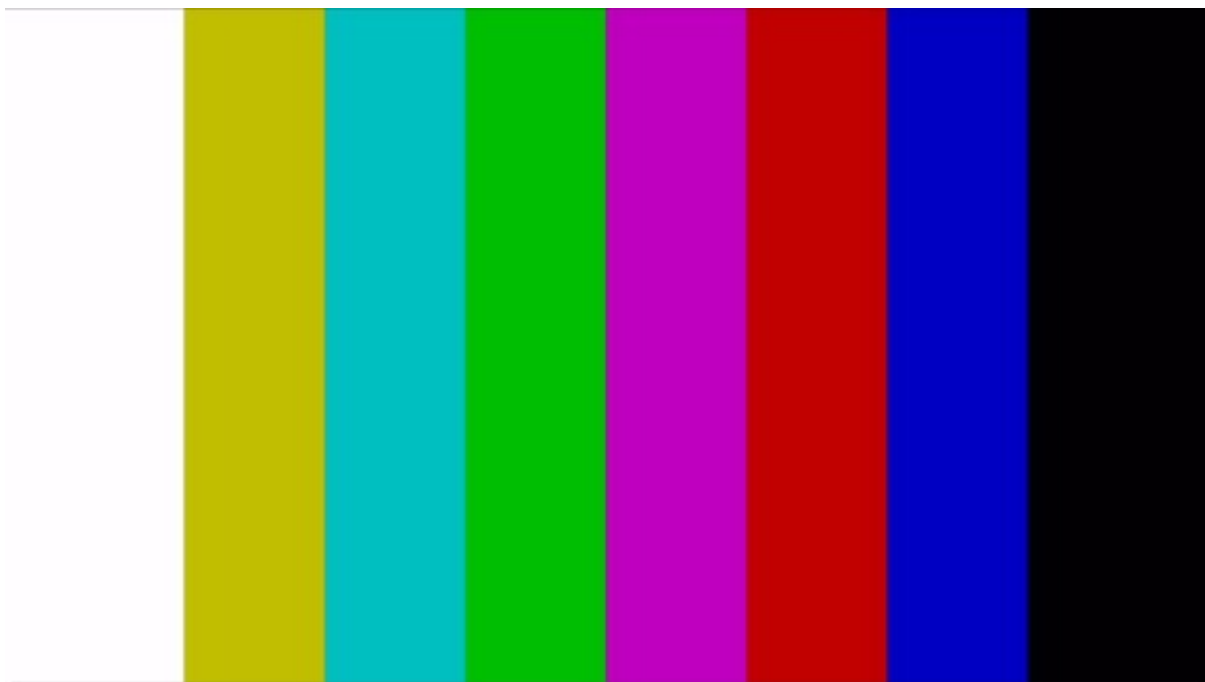
Beide Flachbildschirm-Formen haben ihre Berechtigung, denn aktuell kokettieren beide Techniken mit ihren Vorteilen, weisen jedoch auch einige nicht wegzudiskutierende Nachteile auf. Wer einfach einen kostengünstigen TV mit gutem Bild sucht, wird ebenso wie derjenige, der für einen vertretbaren Preis einen Full HD-Schirm erwerben möchte, beim LCD-Gerät landen. Derjenige, der bereits ist, für ein überragendes, kinoähnliches Bilderlebnis in größeren Bilddiagonalen auch mehr Geld auszugeben, wird sich hingegen an modernen Highend-Plasmas orientieren.

8. LCDs – geschaffen für den mobilen Einsatz

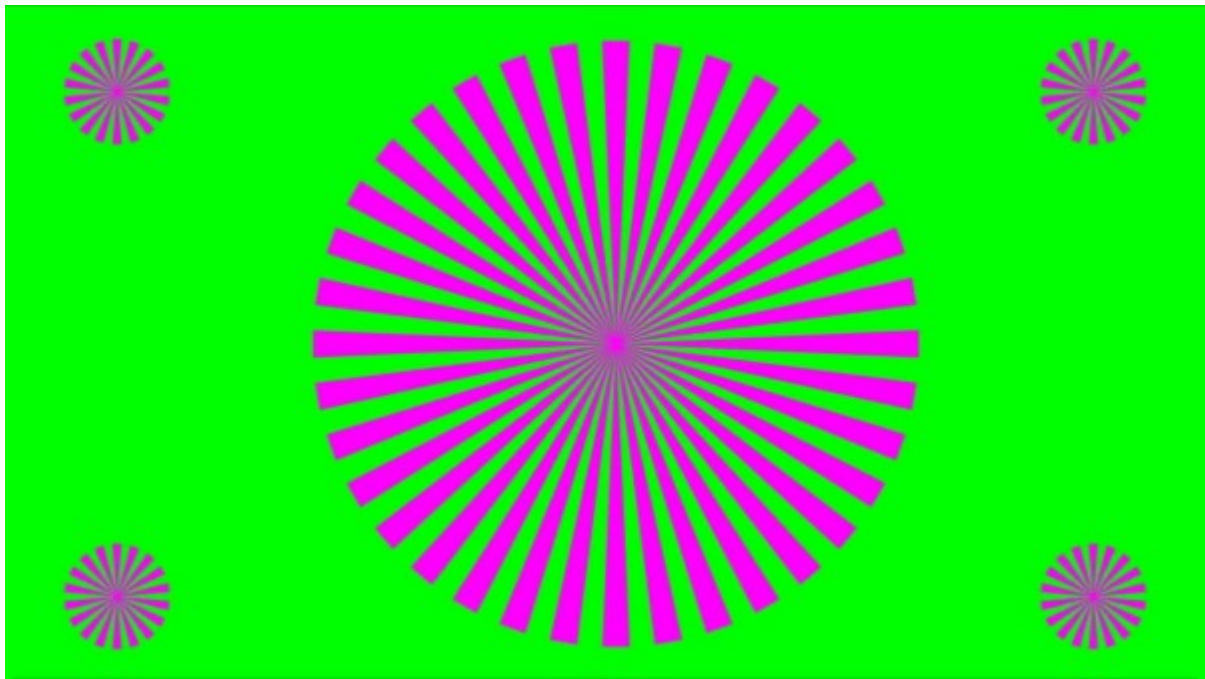
Für den mobilen Einsatz – ganz gleich, ob im Fahrzeug, im Zug oder im Flugzeug – spielen Plasmaschirme keine Rolle. Hier greift man ausschließlich auf LC-Displays zurück, die man heute in praktisch jeder Größe herstellen kann. Setzt man LC-Displays mobil ein, z.B. im Auto oder im Flugzeug, ist es sehr wichtig, dass die Panels und die angeschlossene Elektronik drastischen Temperaturunterschieden trotzen. Von – 45 bis + 45 Grad sollten die Komponenten einwandfrei funktionieren.

Natürlich sind gerade bei einem LC-Display, das in einem Auto oder einem Flugzeug untergebracht ist, die Ansprüche an eine hervorragende Bildqualität hoch, aber auch stationäre Displays, die auch auf vielen öffentlichen Plätzen (z.B. an Bahnhöfen, in Shopping Malls oder an Flughäfen) zu finden sind, ist eine herausragende Bildgüte wichtig. In unserer heutigen Zeit, in der viel gereist wird, verbringt man einen Großteil seiner Zeit im Auto, im Zug oder im Flugzeug. Dadurch wird die Unterhaltung „an Bord“ zu einem immer wichtigeren Qualitätsmerkmal. Und wenn man nicht unterwegs ist, wartet man am Airport oder Bahnhof bzw. verbringt Zeit im Hotel – dann ist es auch dem Wohlbefinden zuträglich, wenn das am Aufenthaltsort vorhandene Display mit einer hohen Bildgüte brilliert.

Mit entsprechenden Testbildern wie auf der Burosch/Rhode&Schwarz DVD-Professional oder auf der AVEC Test-DVD können LC-Displays korrekt eingestellt werden.



Sehr wichtig ist die akkurate Farbwiedergabe – ein häufiges Problem von LC-Displays ist ein unnatürliches Grün. Auch das Weiß überstrahlt gern, zudem weist das Rot oft einen Magentastich auf. Damit das Panel eine möglichst reine Farbwiedergabe mit stimmigen Farbübergängen darstellt, ist das obige Testbild notwendig für eine akkurate Kalibrierung.



Die sich bewegenden, farbigen Siemenssterne stellen eine besondere Herausforderung an LC-Displays dar. Nicht nur, dass der Farbkontrast Magenta-Grün selten präzise erfasst wird – die Bewegungen der Siemenssterne legen Schwächen bei der Panelreaktionszeit schonungslos offen. Es kommt zu sichtbarem Verschmieren des Bildes, die Farben laufen ineinander über. Hinzu kommt, dass bei Bewegung die einzelnen Segmente der Sterne nicht mehr scharf genug erkennbar sind. An den einzelnen Segmenten können sich überdies nicht gewollte, unschöne Treppenstufen bilden. Dies ist meist die Folge, wenn er interne De-Interlacer unzureichend arbeitet.



Sehr wichtig ist ein ausgezeichneter Kontrast. Diesen kann man mit Hilfe vieler Burosch-Real-Testbilder exakt überprüfen. Auf dem oben gezeigten Bild ist es wichtig, dass die minimal unterschiedlichen Weißtöne korrekt zur Geltung gebracht werden. Die Umrisse des Kleides der Dame müssen trotz des weißen Hintergrundes klar erkenntlich sein. Der Kopf sollte sich deutlich vom Hintergrund abheben, so dass eine ausgezeichnete Bildtiefe entsteht.



Eine Herausforderung an ein LC-Display stellt die Wiedergabe von Hauttönen dar. Gerade mobile Displays neigen oftmals dazu, unnatürliche Farbstiche zu produzieren, welche die visuelle Harmonie einschränken. Die Haut darf weder zu blass noch zu rötlich oder gelblich erscheinen. Daher sind Testbilder wie das oben gezeigte ausgesprochen nützlich.



Dieses Real-Testbild ist sozusagen multifunktional und eignet sich sehr gut zur finalen Abstimmung eines LC-Displays. Man ist in der Lage, die Bildschärfe zu beurteilen, die Konturen des Gesichts und von Augen, Nase und Mund müssen klar erkennbar sein. Allerdings darf es nicht zu Doppelkonturen kommen.



Dieses Testbild weist nicht wenige Tücken auf, über die viele LC-Displays stolpern. Die erste Hürde, die zu nehmen ist, ist die korrekte Farbwiedergabe. Das Rot darf weder zu intensiv noch zu blass erscheinen. Zudem müssen die grünen Blättchen oben auf den Erdbeeren farblich richtig zum Ausdruck kommen. Das Grün darf weder zu viele Blauanteile noch zu viele Rotanteile aufweisen. Es darf nicht zu gelblich und nicht zu bräunlich erscheinen. Die nächste Hürde: Eine stimmige Gesamtschärfe. Die Erdbeeren dürfen nicht bezüglich ihrer Konturen zu weich gezeichnet erscheinen, es dürfen sich aber genauso wenig Doppelkonturen bilden. Die Fähigkeit des LC-Displays, hochfrequente Bilddetails wiederzugeben, kann mittels dieses Real-Testbildes ebenfalls überprüft werden – denn die kleinen Haare und die Poren der Außenhaut der Erdbeeren sind ein harter Prüfstein. Bilden sich um Bild Inhomogenitäten in Form von Rauschmustern, so sind diese hier auch gut zu sehen. Dann sollte im Zuge weiterer Abstimmungsarbeiten das Panelrauschen minimiert werden.



Auch dieses Real-Testbild ist sehr gut geeignet, um ein LC-Display korrekt zu kalibrieren. Man kann das Durchzeichnungsvermögen in dunklen Bildbereichen sowie in hellen Bildbereichen beurteilen. Die Federstruktur muss in jedem Bildbereich gut sichtbar sein und sich plastisch vom Hintergrund abheben. Das Innere des Schnabels sollte man gut erkennen können. Der gesamte Adler muss sich im Sinne einer perfekten Plastizität komplett vom Bildhintergrund abheben.



Dieses Real-Testbild zeigt, wie fein das Display im hochfrequenten Bildbereich detaillieren kann. Auch gibt es Auskunft darüber, wie gut kleine Kontrastdifferenzen herausgearbeitet werden.



Dieser Karostoff ist nicht umsonst auf einem Testbild verewigt worden, denn eine korrekte Wiedergabe ist nicht einfach. Es dürfen keine störenden Flimmer- und Moirée-Effekte auftauchen, zudem muss das Bild gleichmäßig scharf durchmodelliert sein.



Ein wunderschönes Realtestbild, um verschiedenste Fähigkeiten des LC-Displays zu überprüfen, ist das oben gezeigte Früchtestillleben. Hier ist auf folgendes zu achten: Das gesamte Bild muss scharf und klar erscheinen. Die fein gezeichneten Oberflächen der Früchte müssen detailliert erkennbar sein. Besonders die Erdbeeren und die Birne eignen sich sehr gut zur Kontrolle. Im Bereich der blauen Trauben kann man darauf achten, wie gut das Durchzeichnungsvermögen in dunkleren Bildbereichen ist. Auch die Trauben, die in den unteren visuellen Ebenen angeordnet sind, müssen erkennbar sein. Die Farben der dargestellten Früchte müssen rein und mit authentischer Sättigung dargestellt werden. Es darf kein milchiger Schleier über dem Bild liegen, der die Farben blass erscheinen lässt.



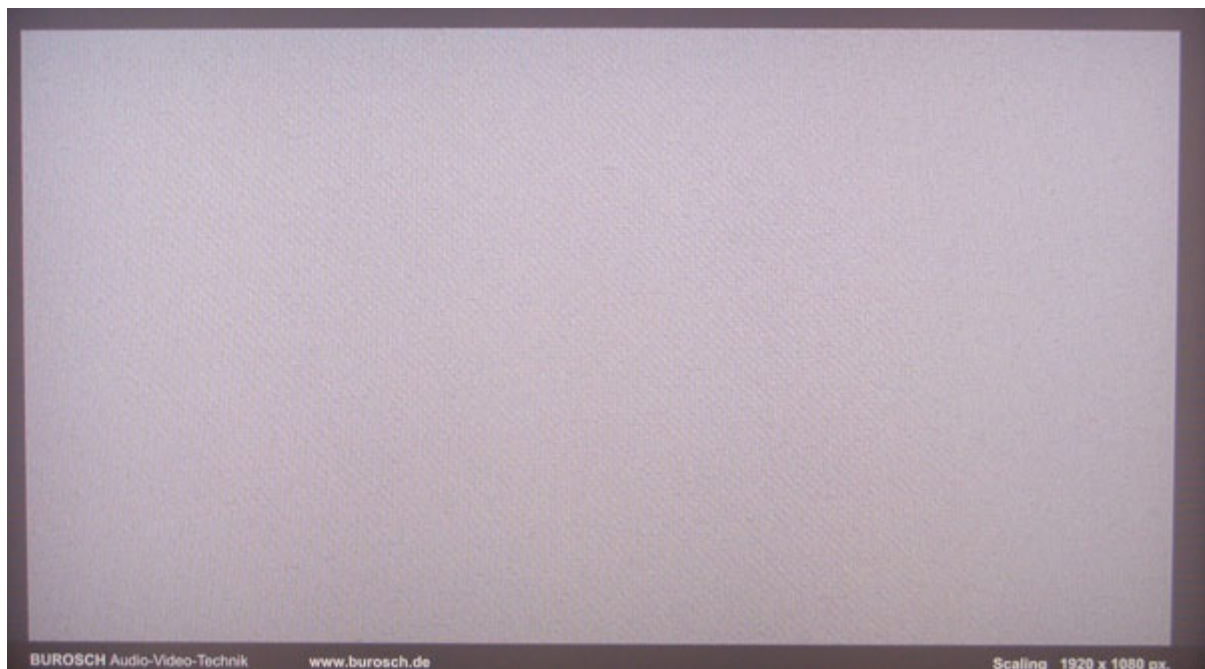
Dieses Realtestbild zeigt ebenfalls sehr klar die Bildgüte des LC-Displays auf. Einzelheiten an den Felsen müssen sowohl in den dunklen als auch in den hellen Bildbereichen erkennbar sein, Die Wolkenformation am Himmel muss sich plastisch vom Himmel und dessen natürlichen, kräftigen Blau abheben. Das Boot muss mit seinen Insassen pixelfrei und scharf erkennbar sein. Die Vegetation rechts im Bild sollte in sattem, natürlichen und differenzierten Grün mit allen Details sichtbar sein.

Fazit: Mittels entsprechender Testbilder kann man ein LC-Display, ganz gleich, ob für den mobilen oder den stationären Einsatz, akkurat kalibrieren. Wichtig ist dabei, dass eine gleichmäßige Bildhelligkeit, eine feinfühlig Kontrastdarstellung, eine hohe, aber gleichzeitig natürliche Bildschärfe sowie eine größtmögliche Farbneutralität garantiert sind.

9. Höhere Auflösung – Vorteil für LCD- Technik im Vergleich zum herkömmlichen Röhren-TV?

Die uns früher bekannten Röhren-Fernsehgeräte boten eine Auflösung, die dem ausgestrahlten PAL-Fernsehsignal entsprach. 720 x 576 Pixel wurden dargestellt. Aufgrund der „Passgenauigkeit“ von eingehendem PAL-Signal und nativer Auflösung des Röhrenfernsehgerätes war es klar, dass die Bildqualität im Rahmen der systembedingten Möglichkeiten als ansprechend zu bezeichnen war. Heute allerdings nahezu alle LC-Displays eine vom PAL-Signal abweichende Auflösung auf. Bei den Home-LCDs aus der Unterhaltungselektronikindustrie hat sich mittlerweile die sogenannte Full-HD-Auflösung von 1.920 x 1.080 Bildpunkten durchgesetzt. Ein PAL-Signal von 720 x 576 Pixeln muss also erst auf die 5x so hohe Bildschirmauflösung skaliert werden. Es dürfte klar sein, dass selbst ein hervorragender Scaler die Unzulänglichkeiten des Ausgangssignals nicht kompensieren kann – das Bild erscheint nicht allzu scharf, zudem sind Rauschmuster sichtbar. Dass das PAL-Signal eine unterdurchschnittliche Qualität hat, wurde auf den niedrig auflösenden Röhren-TVs nicht sichtbar, sehr wohl aber auf einem hochauflösenden LCD. Nicht nur die geringe Auflösung, auch andere Signalschwächen wie Bildrauschen und unstimmige Farbübergänge werden hier offenbart. LC-Displays für den mobilen Einsatz weisen unterschiedliche Auflösungen auf. Hier ist zu beachten, dass das eingehende Bildsignal in hoher Qualität auf die Auflösung des verbauten LCD-Panels umskaliert werden muss. Sind die Bildsignale in hoher Auflösung – beispielsweise in Full HD 1.920 x 1.080 Pixel - so ist die Darstellung auf einem niedriger auflösenden LC-Display, welches z.B. im Auto oder im Flugzeug zum Einsatz kommt, problemlos in sehr guter Qualität möglich. Es ist immer einfacher, aus mehr Bildinformationen weniger zu machen als umgekehrt. Mehr dazu findet sich im nächsten Abschnitt „Scaling“.

10. Scaling: Rechenleistung und Präzision

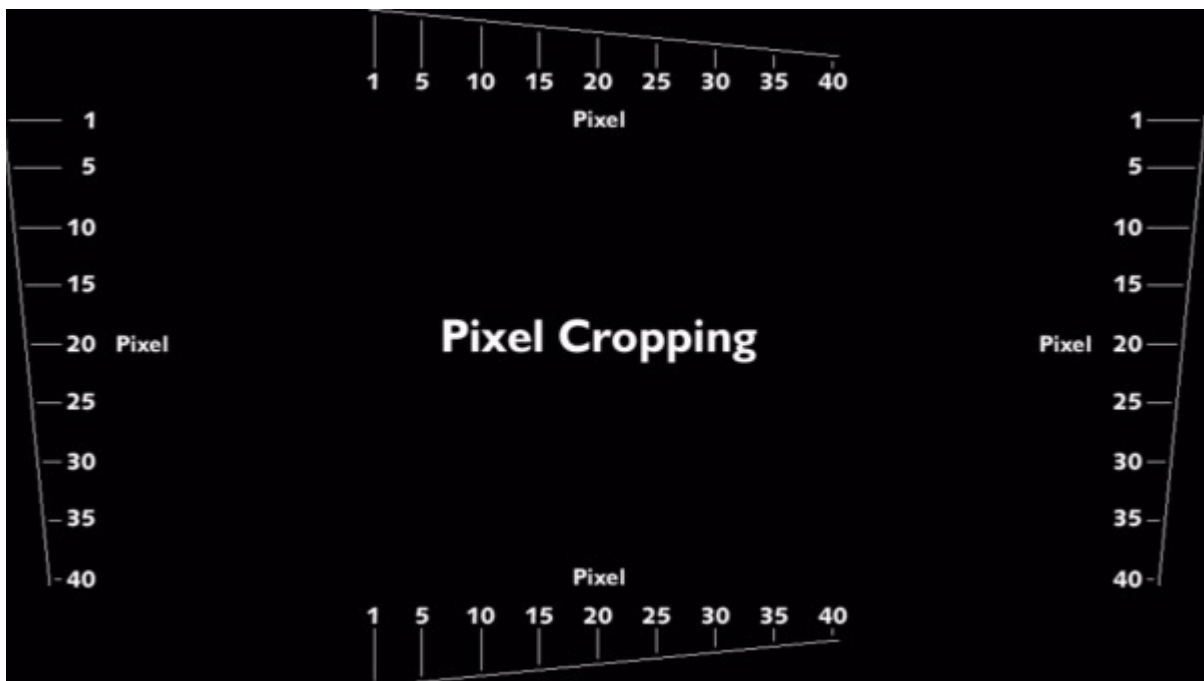
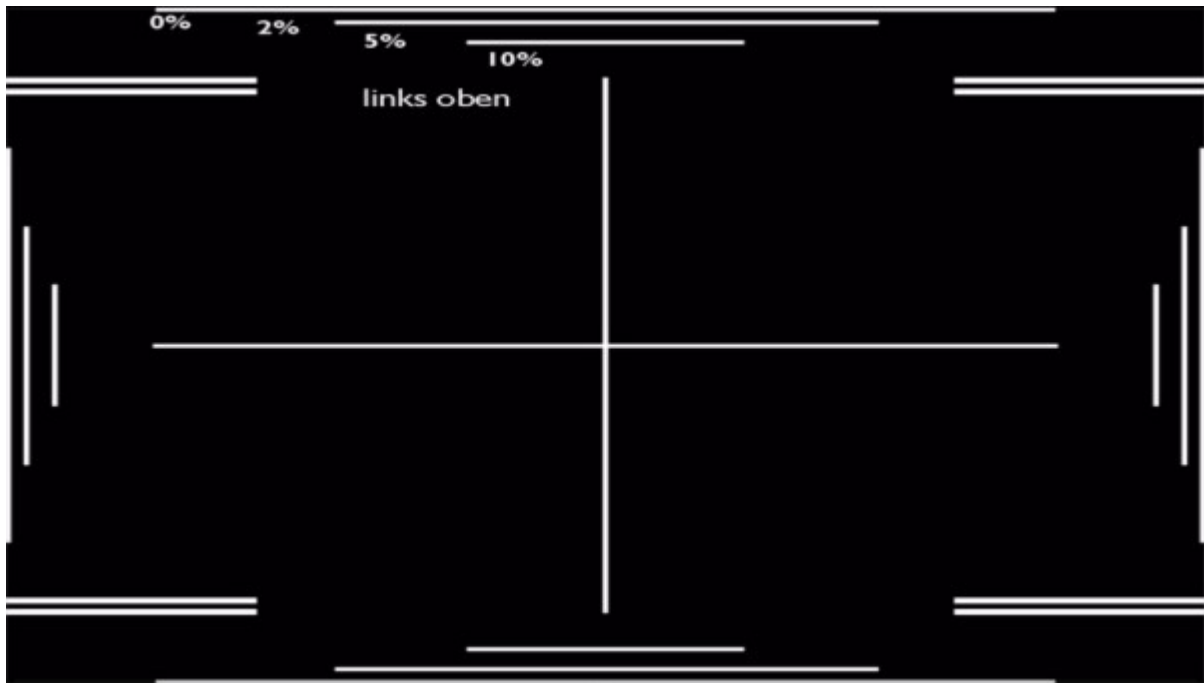


Mittels entsprechender, auf Vektorbasis erstellter (mathematisch erstellter) Burosch Testbilder ist es möglich, die Güte des Scalings zu beurteilen. Nur, wenn ein gleichmäßig scharfes, störungsfreies Bild ohne Flimmereffekte oder Artefakte vorhanden ist, arbeitet der Skaler korrekt

Unter „Scaling“ oder auch unter der Skalierung eines Bildes versteht man die Anpassung der tatsächlichen Pixelzahl des Bildes an die native Auflösung des Displays. Beispiel: Ein PAL-Signal, von einer PAL-DVD oder vom PAL-Fernsehen kommend, hat eine Auflösung von 720 x 576 Pixeln. Ein modernes Full-HD-Display für den Hausgebrauch weist eine ungleich größere Auflösung von 1.920 x 1.080 Pixeln auf. Das Scaling sorgt nun dafür, dass die 720 x 576 Pixel auf dem Full HD-Bildschirm formatfüllend angezeigt werden. Dass es beim Scaling Einbußen in der Bildqualität gegenüber dem Einspeisen eines nativen Full HD-Signals gibt, dürfte klar und verständlich sein. Schließlich offeriert ein Full HD-Bildschirm das Fünffache an Auflösung. Somit muss der Scaler die wenigen vorhandenen Bildpixel „fit“ machen für die enorme native Pixelanzahl des Displays. Da es sich bei einem TV- oder einem DVD-Signal um bewegte Bilder handelt, ist das Hochskalieren von SD-Signalen ein komplexer Prozess, da gleichzeitig schnell und enorm präzise gearbeitet werden muss. Daher benötigt eine effektiv arbeitende Skalierungseinheit einen enorm leistungsstarken Prozessor. Wird schlecht skaliert, zeigt sich dies in Bildflimmern sowie in Rauschartefakten. Das gesamte Bild erscheint unscharf, besonders Objekte im hochfrequenten Bildsignalbereich erscheinen unsauber gezeichnet und sind teilweise kaum erkennbar. Hochwertige Scaler produzieren ein gleichmäßig scharfes

Bild mit hoher Detailtreue. Wie enorm große Unterschiede es zwischen den einzelnen Scalern gibt, beweist eine simple Versuchsreihe. Wir schließen einen hochwertigen Blu-ray- oder DVD-Spieler an einen normalen Full-HD-Flachbildschirm der Mittelklasse an. Zunächst wird ein 576i- oder 576p-Signal in den Flachbildschirm eingeführt, der DVD- oder Blu-ray-Spieler gibt das Signal ohne Skalierungsarbeit weiter. Also obliegt die Skalierungsarbeit der Bildsignal-Verarbeitungselektronik des Flachbildschirms. Das Ergebnis wird in den meisten Fällen ein unscharfes Bild mit deutlichen Rauschartefakten sein. Lässt man den hochwertigen Blu-ray- oder DVD-Spieler die Skalierung übernehmen und sendet man das fertig skalierte Signal an den Flachbildschirm, so erscheint das Bild deutlich klarer und rauschärmer.

Komplexer wird die Thematik, wenn man mit LC-Displays arbeitet, die keiner gängigen Standardauflösung entsprechen. Beispiel sind aktuelle HD ready LCDs. Sie weisen eine Auflösung von 1.366 x 768 Bildpunkten auf. Dies entspricht weder der 720p HD-Norm (1.280 x 720 Pixel) noch der Full-HD-Norm (1.920 x 1.080 Pixel). Somit muss der Flachbildschirm grundsätzlich intern skalieren, da kein Blu-ray- oder DVD-Zuspieler eine Ausgabe von 1.366 x 768 Pixeln unterstützt. Und selbst wenn – dann müsste der Zuspeler skalieren, es gibt kein Medium mit 1.366 x 768 Pixeln Auflösung. 1.280 x 720 Pixel liegt sehr nah an den 1.366 x 768 Pixeln nativer Auflösung des Displays. Daher sind nur geringe Anpassungen seitens des internen Scalers notwendig. Trotzdem muss es nicht immer besser sein, die 1.280 x 720er Auflösung zu verwenden. Wenn man den DVD- oder Blu-ray-Player auf 1.920 x 1.080 Pixel Full-HD skalieren lässt, hat der Scaler im Flachbildschirm die Aufgabe, aus deutlich mehr Pixeln ein Bild mit deutlich weniger Pixeln (1.366 x 768) anzufertigen. Dies ist deutlich einfacher, als aus einem Bild mit weniger Pixeln ein Bild mit deutlich mehr Pixeln zu skalieren. Allerdings funktioniert auch dieser Prozess nur dann, wenn ein hochwertiger, leistungsstarker Scaler verbaut ist.



Die beiden hier gezeigten Testbilder sind in Bezug auf die Scaling-Problemematik auch von großem Interesse, denn oftmals wird durch die Skalierung der ursprüngliche Bildinhalt oben, unten und seitlich beschnitten. Dies führt, je nach Größe der fehlenden Anteile, zu einem deutlichen Verlust an Bildinformationen. Mittels

spezieller Burosch Testbilder kann man überprüfen, wie groß der Anteil der fehlenden Bildinformationen prozentual bzw. bezüglich der Anzahl der Pixel ist.

11. Progressive Scan - der lange Weg zum perfekten Vollbild

Halb- und Vollbilddarstellung in PAL und NTSC

Herkömmlicher 35 und 70 Millimeter Film wird mit 24 Bilder pro Sekunde belichtet. Man reduziert das Flimmern, indem man den Film mit 48 Bildern pro Sekunde auf die Kinoleinwand projiziert. Jedes Bild wird dabei 2 mal abgebildet also nach folgendem Schema:

A/A B/B C/C D/D

Herkömmliche CRT-Fernseher hingegen arbeiten nach dem Zeilensprung- oder "Interlaced"-Verfahren, also mit Halbbildern. Flachbildschirme – also LCD- oder Plasmageräte, die sich mittlerweile auf breiter Front durchgesetzt haben – benötigen für die Ansteuerung des Panels Vollbildsignale – allerdings gibt es genug Quellen, die nur Halbbilder anliefern. Das normale DVB-T-Tunersignal, analoges SD-Fernsehen sowie die DVD basieren immer noch auf dem Halbbildverfahren, somit ist ein akkurates De-Interlacing nach wie vor elementar wichtig,

Früher waren CRT-TV's Standard. Daher musste man, sollten Kinofilme auf normalem Equipment dargestellt werden, die Vollbilder der Originalvorlage in Halbbilder umfunktionieren - was nicht allzu einfach zu realisieren ist, denn Kinofilme kommen auf 24 Vollbilder pro Sekunde, während PAL 50 Halbbilder pro Sekunde zu 25 Vollbildern zusammensetzt . Die 24 Vollbilder der Kino-Vorlage kann man also nicht einfach zu Halbbildern machen, dann käme man auf 48 Halbbilder pro Sekunde - unbrauchbar. Möchte man daher einen Kinofilm für PAL optimieren, muss man zu einem Trick greifen: Es werden bei einer PAL-DVD anstatt der 24 Bilder 25 überspielt, das 50 (die PAL-Bildwiederholfrequenz in Hz) ein Vielfaches von 25 ist und die 25 Vollbilder dann einfach auf 50 Halbbilder verteilt werden können (genannt 2:2-Pulldown). Aufgrund dieser Tatsache läuft der Film minimal schneller, was bei einer PAL-DVD zu einer um 4 % kürzeren Laufzeit führt.

Bei NTSC mit einer Bildwiederholfrequenz von 60 Hz ist der 2:2-Pulldown untauglich. Hier muss eine andere Art des Pulldowns her, um auf eine zu den 60 Halbbildern (Video Fields) kompatible Anzahl von Einzelbildern pro Sekunde zu kommen - nicht einfach, wenn man von 24 Film-Einzelbildern pro Sekunde (fps, Frames per second) ausgeht. Das erste Film-Einzelbild (Film-Frame), nennen wir es A, wird dreimal wiederholt und wird bei der Video-Übertragung aufgenommen auf Halbbild 1 (Field 1) und Halbbild 2 (Field 2) des ersten Videoeinzelbildes (Video-Frame) sowie auf Halbbild 1 (Field 1) des zweiten Videobildes - also dreimal. Der zweite Film-Frame B

wird nur zweimal wiederholt und auch nur zweimal aufgenommen, daraus ergibt sich das Halbbild 2 des zweiten Video-Frames und das Halbbild 1 des dritten Video-Frames - Durch diese Vorgehensweise im 3:2-Rhythmus (Fachbegriff 3:2 Pulldown) wird nach sechsmaligem Wiederholen dieser Sequenzen aus den 24 Frames, die ein Film pro Sekunde erzeugt, 30 Video-Frames (fps, Frames per second) bzw. 60 Video-Fields.



Wichtig ist nicht nur das saubere De-Interlacing von Film- sondern auch von Videomaterial. Daher gibt es von Burosch auch bewegte Realfilmsequenzen, die mit Videokameras gedreht wurden, wie hier im oberen Bild Panoramaaufnahmen von Esslingen. Sehr interessant ist es, die Struktur der Hausdächer während der langsamen Kamerafahrt zu betrachten: Flimmern die einzelnen Dachziegel, so arbeitet der De-Interlacer nicht akkurat. Ruckelt der Bewegungsablauf, so ist ebenfalls von einem unzureichenden De-Interlacing auszugehen. Bilden sich Nachzieheffekte, so erscheint das Bild unscharf, Details sind nicht mehr präzise auszumachen.



Auch dieser Teil aus der Realfilm-Sequenz mit dem Stadtbild von Esslingen sagt viel über die Qualität der signalverarbeitenden Elektronik aus. So muss die Struktur des Holzes auch während der langsamen Kamerafahrt klar erkennbar sein. Flimmern darf ebenso wenig vorkommen wie Unschärfeeffekte.

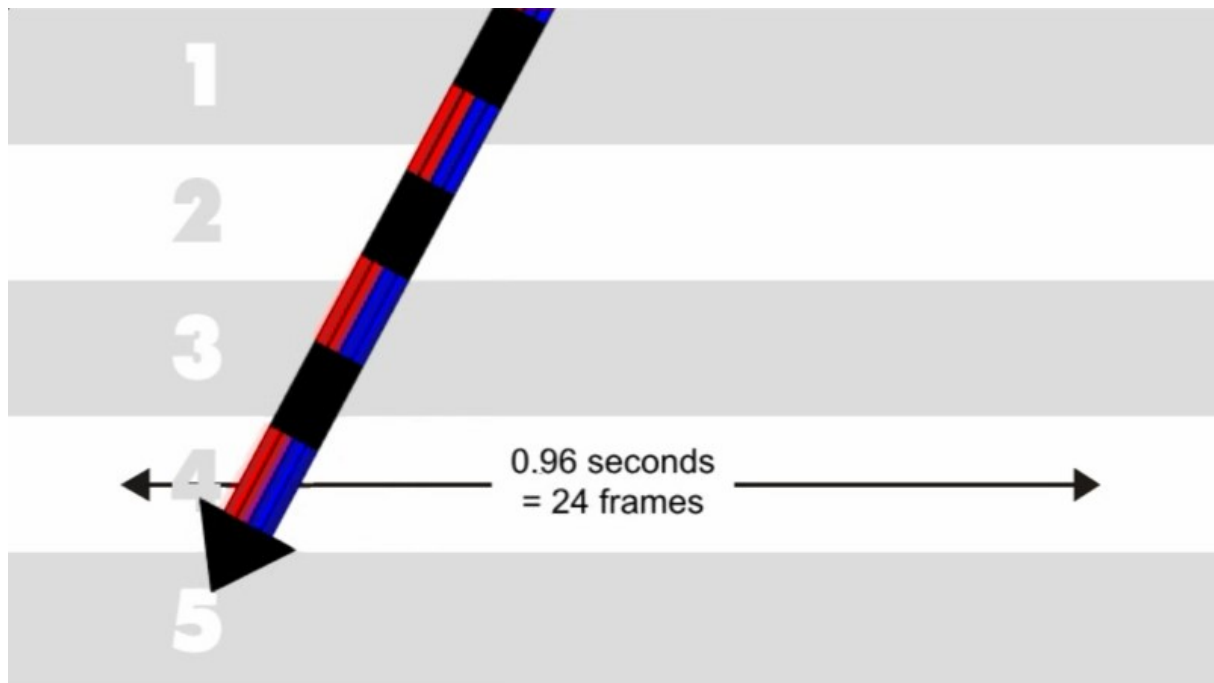
Grundsätzlich wird beim Interlaced (Zeilensprung) - Verfahren) in PAL und in NTSC nicht das ganze Bild auf einmal angezeigt, sondern zunächst ein Halbbild mit den geraden Zeilen und anschließend ein zweites Halbbild mit den ungeraden Bildzeilen. Durch den schnellen Wechsel der Halbbilder fällt dies allerdings beim Betrachten eines TV-Bildes nicht direkt auf. Nur die gut sichtbaren horizontalen Linien stören auf den ersten Blick. Wer genauer hinschaut, kann bei Interlaced-Bilddarstellung besonders bei Bewegungen Mängel wie z.B. nicht absolut saubere Konturen. Jedes Halbbild stellt ein eigenes Bild dar. Ist nun keine Bewegung im Bild, so merkt das Auge nichts, sozusagen "in Ruhe" kann aus den zwei Halbbildern ein komplettes Bild erstellt werden, da sich in den Bildinhalten von Halbbild 1 zu Halbbild 2 nichts ändert. Sind aber schnelle Bewegungen (wie z.B. der Tritt des Fußballspielers gegen den Ball, ein vorbeirasendes Formel 1-Auto) oder Kameraschwenks (z.B. ein schneller Schwenk ins Publikum bei einem Rockkonzert) zu beobachten, so ist es nicht mehr möglich, aus den beiden Halbbildern ein komplettes, von den Konturen her deckungsgleiches Bild darzustellen, da die Bewegung innerhalb der beiden Halbbilder fortschreitet und so die Schaffung eines klaren Bildes vereitelt. Das Ergebnis ist sichtbar in Form von unsauberen Konturen und einem unruhigen Bild mit störenden Streifenmustern. Zur Lösung dieser Probleme ist Progressive Scan genau das richtige Mittel, denn hier entfällt die mangelbehaftete Halbbildwiedergabe. Übrigens: In der Computertechnik ist die Vollbildwiedergabe schon lange Standard.

Progressive Scan : Probleme in der Praxis

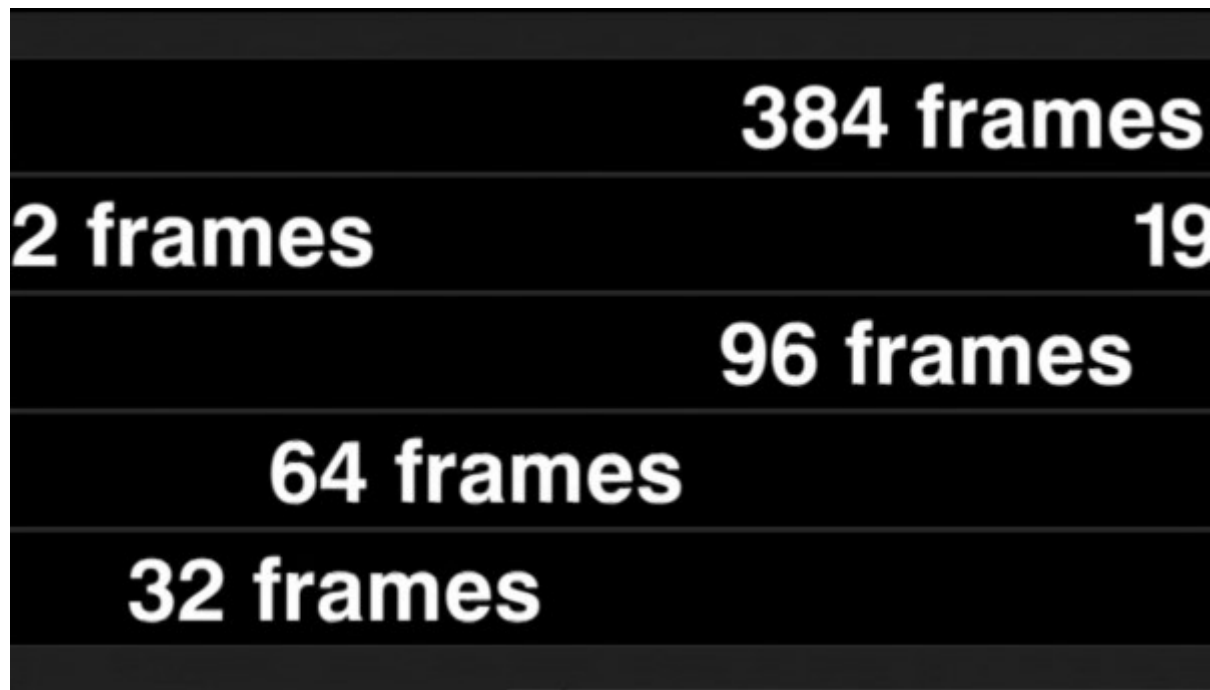
Der DVD- oder Blu-ray-Player muss die auf der DVD enthaltenen Halbbilder zu Vollbildern zusammensetzen. Alternativ kann auch die Videoelektronik des Bildwiedergabegeräts genutzt werden.

Erinnern wir uns: Zur Umsetzung des Vollbild-Filmmaterials wurden die (durch ein etwas schnelleres Abspielen) auf 25 erhöhten Vollbilder pro Sekunde auf 50 Halbbilder verteilt. Nun muss der DVD-Player die beiden Halbbilder, die ursprünglich zusammen ein Vollbild ergeben, wieder zusammensetzen - sozusagen das Ursprüngliche wiederherstellen.

Ohne Schwierigkeiten schafft jeder Progressive Scan-Player die Darstellung nur bei 100 % korrekt gemasterten DVDs - gemeint ist damit: Beim Erstellungsprozess, dem "Mastering" der DVD, achten die Verantwortlichen darauf, dass die DVD für Progressive Scan-DVD-Player die richtigen Informationen bereit hält bzw. dafür sorgt, dass der Progressive Scan-DVD-Player das Material auf der DVD problemlos richtig erkennt und schnell geeignet bearbeiten kann. Wer nun denkt, dass dies kein größeres Problem ist, da eigentlich die meisten DVDs - mit nur wenigen Ausnahmen - korrekt erstellt sein müssten, der irrt. Der Grund: Die Mastering-Ansprüche beziehen sich auf eine fehlerfreie Interlaced-Signalausgabe, weil damals, als die DVD auf den Markt kam, CRT-TVs Standard waren. Das heißt: Eine Disc, die beim Anschauen via Interlaced keinerlei Fehler verursacht, kann einen Progressive Scan-DVD-Player vor schwere Aufgaben stellen, da es bei der Interlaced-Signalausgabe nur wichtig ist, dass im Endeffekt 50 Halbbilder für die Interlaced-Weiterverarbeitung herauskommen. Noch schwieriger wird für den DVD-Player die Aufgabe des De-Interlacings, wenn DVDs mit echtem Videomaterial eingelegt werden. Z.B. Fernsehserien, Live-Konzerte und Reisedokumentationen werden von Videokameras aufgezeichnet, die nach dem Interlaced-Verfahren arbeiten. Dies hat zur Folge, dass schon das Ursprungsmaterial in Interlaced vorliegt und es dem Player folglich nicht möglich ist, zwei ursprünglich zu einem Vollbild gehörende Halbbilder wieder zusammensetzen. Hier gibt es nur Halbbilder, die nicht aus ein und der selben Momentaufnahme (es sei denn, es sind Bilder ohne Bewegung, die über einen gewissen Zeitraum ohne Veränderungen dargestellt werden) kommen, was die Progressive-Aufbereitung deutlich erschwert. Um Video-Quellmaterial akkurat zu bearbeiten, muss der Player die fehlenden Bildinformationen aus diesem Grunde selber errechnen - denn: Insgesamt hat PAL 576 Bildzeilen, jedes Halbbild besteht aber verständlicherweise nur aus der Hälfte der Zeilen, da ja mit einem Halbbild die geraden und mit dem anderen die ungeraden Bildzeilen dargestellt und dann zu einem Bild zusammengefügt werden. Also muss der Player jedem Halbbild 288 Zeilen hinzufügen, und das 50 mal pro Sekunde, was durch eine Interpolation aus dem vorhandenen Bildmaterial geschieht. Solche Interpolationsvorgänge sind nicht unbedingt unproblematisch. In der Praxis ergeben sich, je nach Qualität der Interpolation, große Qualitätsunterschiede im Bild.



Bei einem erstklassigen De-Interlacing gleitet das Pendel, ganz gleich, in welcher Geschwindigkeit es sich gerade befindet, mit gleichmäßiger, ruckelfreier Bewegung durchs Bild.. Die schwarze Linie steht ruhig und flimmert nicht. Die Struktur des Pendels muss klar erkennbar bleiben und nicht verwischen – dies wäre eine Folge von Nachzieheffekten, die durch ein nicht überzeugendes De-Interlacing hervorgerufen werden



Arbeitet der De-Interlacer korrekt, werden die Laufschriften unabhängig von der Geschwindigkeit bewegungsscharf und klar dargestellt. Die Kontur der einzelnen Buchstaben ist korrekt erkennbar. Es kommt weder zu Doppelkonturen noch zum „Ausfransen“ der Buchstaben-Umrissen. Auch Nachzieheffekte (ein Teil der weißen Füllung der Buchstaben „verfolgt“ die Schrift) sind ein Zeichen unzureichenden Displays. Aber: Bei einem LCD-Gerät kann es auch trotz exzellentem De-Interlacing zu Nachziehern kommen. Diese haben ihre Begründung in der zu langsamen Reaktionszeit der Flüssigkristalle im LC-Display.

Schlecht interpolierte Bilder wirken unsauber, unnatürlich und ungenau, die Gesamtbildschärfe des Bildes sinkt. Wie stark die Bildschärfe durch die Interpolation eingeschränkt ist, hängt von der Güte ab, in der der Player den Vorgang durchführt. Was geschieht bei Bildsequenzen, in denen für einige Zeit keinerlei Bewegung zu erkennen ist? Bei solchen Bildsequenzen (z.B. mehrere Sekunden lang wird ein und die selbe Einstellung gezeigt, z.B. Palmen auf einer Insel oder eine Blume bzw. ein Tier im Detail), kann man die Halbbilder auch durch schlichtes Zusammenfügen zu Vollbildern machen - hier ist kein Unterschied vorhanden zwischen Halbbild 1 und Halbbild 2, es bewegt sich nichts. Sobald jedoch Bewegung im Bild enthalten ist, ist es aus mit dem Zusammenfügen - denn sonst taucht der berüchtigte Kammeffekt wieder auf, und einer der Hauptvorteile der progressiven Bilddarstellung - nämlich diesen unschönen Effekt zu vermeiden - ist dahin.

Um ein fehlerfreies Bild nach der Progressive Scan-Bildsignalverarbeitung zu garantieren, ist ein aufwändiger Chip notwendig. Eine schnelle und präzise Untersuchung des vorliegenden Quellmaterials, die eine pixelgenaue Analyse

beinhaltet, nutzt der Player für die akkurate Bilddarstellung. Vorteil: Der Chip kann mit diesen Voraussetzungen schnell und genau die geeignete Form des De-Interlacings anwenden, je nach dem, ob Video- oder Filmmaterial vorliegt. Zudem sorgen zwei verschiedene Progressive-Modi bei Blu-ray- und DVD-Playern für eine optimale Anpassung - je nach dem, ob der Player selber die komplette Quellmaterialanalyse vornimmt (dabei analysiert der DVD-Player permanent das Bildmaterial, was sehr rechenaufwändig ist, soll das Ergebnis stimmen) oder auf der DVD die Progressive-Flags korrekt gesetzt sind und der Player sich sozusagen auf die Informationen auf der DVD verlassen kann (in der Praxis prüft er diese aber nochmals genau nach und rekonstruiert so exakt den Filmverlauf).

12. HDMI – die Schnittstelle fürs HD-Zeitalter



HDMI-Logo



HDMI-Eingang

HDMI-Ausgang



HDMI ist der „Motor“ der HD-Ära. Wichtig sind hochwertige Kabel, die eine verlustfreie Signalqualität garantieren. Gerade beim Einsatz z.B im Fahr- oder Flugzeug, wo längere Wegstrecken zurückgelegt werden müssen, ist eine hochwertige Kabelqualität von großem Interesse

Das High Definition Multimedia Interface ist der anschlussseitige Motor der HD-Ära. Doch in der Praxis gestaltet sich der Umgang mit der digitalen Audio-/Videoschnittstelle als relativ kompliziert. Zu viele unterschiedliche HDMI-Versionen, von 1.0 bis zu 1.3 sind vertreten. HDMI überträgt Bild- und Tondaten, somit ist nur noch ein einziges Kabel für die audiovisuelle Signalübertragung nötig, ähnlich wie es zu Zeiten der analogen Signalübertragung mit dem Scartkabel war.

Während man beim Scartkabel nur auf die Belegung achten musste (Voll belegt oder nicht?), ist die HDMI-Ära von deutlich komplexeren Zusammenhängen geprägt, die vor allem in den verschiedenen Spezifikationen und Formaten begründet liegen. HDMI 1.0 startete im Dezember 2002. Die Version 1.1 wurde im Mai 2004 vorgestellt, darauf folgte im August 2005 HDMI 1.2. Im Dezember des gleichen Jahres kam HDMI 1.2a an den Start. Seit Juni 2006 gibt es HDMI 1.3.

Welche Verbesserungen bzw. erweiterten Features brachten die einzelnen HDMI-Versionen? HDMI 1.1 brachte die Unterstützung für DVD-Audio (nicht SACD!).

HDMI 1.2 umfasste den Support für 1-Bit-Audioformate (z.B. den Direct Stream Digital/DSD von der SACD) und sorgte für eine bessere HDMI-Unterstützung bei PCs. Nun war es möglich, mittels des weit verbreiteten Type A HDMI-Anschlusses auch PC-Komponenten miteinander zu verbinden. PC-Quellen erhielten die Möglichkeit, ihren nativen RGB-Farbraum zu nutzen. Der YCbCr-Farbraum der Unterhaltungselektronikindustrie wurde parallel ebenfalls unterstützt.

Hauptmerkmal der Version 1.2a waren CEC (Consumer Electronics Control)-Funktionen, die den Austausch von Steuerbefehlen zwischen verschiedenen Geräten ermöglichen.

Sehr viele Neuerungen erhielten mit HDMI 1.3 Einzug. So wurde die Geschwindigkeit erhöht. Die Single-Link-Bandbreite beträgt nun 340 MHz (10.2 Gbps), damit auch zukünftig nahezu jeder denkbare visuelle HD-Standard unterstützt werden kann - und zwar bezüglich Auflösung, Farbraum und Frame-Rate. Hinzu kommt, dass auf HDMI 1.3 weitere HDMI-Versionen fußen können, die nochmals höhere Übertragungsgeschwindigkeiten ermöglichen. Neu hinzu kam auch "Deep Color": HDMI 1.3 unterstützt 10, 12 und 16 bit als Farbtiefe (RGB oder YCbCr) - ein wichtiger Unterschied zu den maximal 8 bit Farbtiefe früherer Spezifikationen. Ein stimmiges Rendering von über 1 Milliarde Farben kann so sichergestellt werden. Hinzu kommt die Möglichkeit zur Darstellung breiterer Farbräume: "x.v.Color™" entfernte noch bestehende Limitationen hinsichtlich der Farbraum-Darstellung und ermöglicht es, dass Displays prinzipiell jede Farbe anzeigen können, die das menschliche Auge wahrnimmt. Neu bei HDMI 1.3 ist eine HDMI Mini-Buchse: Kleine transportable Geräte wie HD-Camcorder oder Digitalkameras können somit auch direkt mit anderen HDMI-Komponenten verbunden werden. Integriert in HDMI 1.3 wurde auch eine LipSync-Funktion, die das zeitgleiche Eintreffen von Audio- und Videosignal sicherstellt - und zwar automatisch. Sehr wichtig ist auch dieses Feature von HDMI 1.3: Alle neuen HD-Tonformate, also die verlustbehaftet komprimierten Dolby Digital Plus und DTS-HD High Resolution Audio ebenso wie die verlustlos komprimierten Formate Dolby TrueHD und DTS-HD Master Audio können mittels HDMI 1.3 übertragen werden.

Des Weiteren stellt sich die Frage: Gibt es Differenzen zwischen den aktuellen Spezifikationen HDMI 1.3, HDMI 1.3a oder HDMI 1.3b? Bezüglich der Funktionalität und der Features gibt es keine Differenzen zwischen diesen HDMI-Versionen. Sie sind alle geeignet, die neuen HD-Tonformate zu übertragen (Dolby Digital Plus, Dolby TrueHD, DTS-HD Master Audio und DTS-HD High Resolution Audio) und auch für alle aktuellen Arten von Bildsignalen bis hoch auf 1.080p/24 Hz geeignet.

Alle HDMI-Versionen sind kompatibel zueinander. Es gibt „Aktiv- und Passiv“-HDMI. Was ist der Unterschied? Hier handelt es sich nicht um unterschiedliche Normen, sondern nur um HDMI-Kabel mit unterschiedlichen Eigenschaften. Ein HDMI-Kabel, das aktiv ist, verfügt über eingebauten Signal-Repeater, was für eine gleichbleibende Signalstärke auch bei langen Kabelstrecken sorgt. Ein passives HDMI-Kabel, welches das ursprüngliche Signal nicht verstärkt, könnte ab einer bestimmten Länge für einen nicht mehr korrekten Signaltransport verantwortlich sein.

13. HDTV: Höhere Auflösung für ein besseres Bild

HDTV steht für "High Definition Television", also "Hochauflösendes Fernsehen". Während die Auflösung von NTSC bei 720 x 480 Bildpunkten und die des europäischen PAL-Systems bei 720 x 576 Bildpunkten liegt, ist die Auflösung von HDTV um ein vielfaches höher. Unter HDTV versteht man heute Bildauflösungen mit den Bezeichnungen "720p" (1280 x 720 Pixel bei progressiver Wiedergabe) oder "1080i" (1920 x 1080 Pixel bei Interlaced-Wiedergabe). HDTV ist ein reines 16:9-Format und entspricht damit mehr den menschlichen Sehgewohnheiten als herkömmliches 4:3-TV. Bildformate mit einem Seitenverhältnis von 4:3 sind bei HDTV nicht vorgesehen. Bei der Übernahme von 4:3-Material oder Werbung erscheinen links und rechts schwarze Balken. HDTV bietet in 1920 x 1080 eine gegenüber PAL fünfmal so hohe Auflösung. Bei 1280 x 720 ist die Auflösung immerhin noch um den Faktor 2.2 höher. Selbst XGA mit 1024 x 768 Pixeln übertrifft die PAL-Auflösung immer noch um den Faktor 1.9. Meistens wird HDTV in den Ländern, wo es bereits eingesetzt wird, in der Auflösung von 1920 x 1080 mit 60 Halbbildern gesendet. Eher seltener kommt 1280 x 720 (720p) zum Einsatz. 1080p ist bislang nur im Film-Bereich im Einsatz, wird dort aufgrund der Bildwiederholungsrate von 24 Frames pro Sekunde auch meist als "24p" bezeichnet. Die höhere Auflösung ergibt vor allem mehr Detail. Während man beim Betrachten von normalem PAL-Fernsehen immer auf den ersten Blick erkennt, dass man nur Bilder sieht, die aus der weiten Ferne übertragen werden, besitzt HDTV einen regelrechten Live-Charakter. Wer eine Digitalkamera mit 8 Megapixeln oder mehr

besitzt, sollte einfach mal zur Veranschaulichung ein paar Photos machen und diese betrachten. Denn die Auflösung der Digitalkameras ist längst auf HDTV-Niveau, nur eben, dass es sich bei HDTV zusätzlich um bewegte Bilder handelt. Der visuelle Effekt von HDTV lässt sich wesentlich besser demonstrieren als beschreiben. Selbst ein technischer Laie sollte im Direktvergleich den Unterschied zwischen einem normalen Fernsehbild und einer HDTV-Ausstrahlung erkennen. Während die Tonformate DVD-Audio und SACD schon eher etwas für Leute mit sehr feinem Gehör sind, bedarf es keiner besonders stark ausgeprägten Sehschärfe, um auf Anhieb die Vorteile von HDTV erkennen zu können.

14. Blu-ray und HD DVD – Disc-Formate fürs HD-Zeitalter



Blu-ray oder HD DVD, so lautete die „Preisfrage“ zu Beginn des HD-Zeitalters

Aufgrund des enormen Speicherbedarfs von HD-Material in der Auflösung 1.920 x 1.080 Pixel war die herkömmliche DVD mit ihrer relativ geringen Speicherkapazität natürlich nicht mehr zu gebrauchen – also wurden mit der HD-DVD und der Blu-ray gleich zwei neue Disc-Formate aus der Taufe gehoben. Die Industrie konnte sich nicht auf ein Format einigen, so war die Verunsicherung beim Konsumenten groß, für welches HD-Format man sich entscheiden sollte. Die Wiedergabegeräte für beide Medien, Blu-ray und HD DVD, sind in der Lage, auch herkömmliche DVDs wiederzugeben, ebenso Audio-CDs. Zunächst sah es so aus, als ob sich die Hard- und Software-Industrie auf die Blu-ray-Disc, mit Speicherkapazitäten von 30 und 50 GB gesegnet (zu Beginn), einigen würde. Doch es kam anders, die mit Kapazitäten von 15 und 30 GB bezüglich des Speicherplatzes kleinere HD DVD wurde von einigen Hollywood-Studios als das bessere Medium angesehen. Dies war der Beginn des HD-Formatestreits, der insgesamt gut anderthalb Jahre andauerte. Beide Medien setzen auf eine 12 cm Disc, die mittels eines blauen Lasers mit ultrakurzer Wellenlänge ausgelesen wird. Ansonsten unterscheiden sich beide HD-Discformate fundamental und setzen auf völlig unterschiedliche Ordnerstrukturen - während die HD DVD auf der bekannten DVD aufbaut, ist bei der Blu-ray alles vollkommen neu. Während bei der HD DVD das Thema Interaktivität bereits von vorneherein sehr groß geschrieben wurde (HD DVD Player mit Netzwerkschnittstelle zur Nutzung webbasierter Inhalte, wie z.B., Gewinnspiele, Abruf von speziellem Bonusmaterial via Internet, Teilnahme an Umfragen etc.), gab es so viel Interaktivität bei der Blu-ray nicht von Beginn an. Erst später kamen Blu-ray-Profile mit erweiterten interaktiven Profilen hinzu (BD Live).

Bei beiden Formaten können nahezu die identischen Video- und Audio-Codecs eingesetzt werden. Die Video-Codecs MPEG2, VC-1 und MPEG4-AVC (H.264) sind bei beiden Formaten obligatorisch. MPEG2 ist der bereits bei der DVD eingesetzte Kompressions-Codec, der sich in den letzten Jahren bewährt hat und auch die geringsten Hardware-Ressourcen beansprucht, für die störungsfreie HDTV-Wiedergabe aber sehr hohe Bitraten von mehr als 15 Mbps benötigt. VC-1 ist die standardisierte Variante von Microsofts Windows Media-Codec. Praktisch sämtliche HD-DVD-Titel nutzen VC-1 für die Video-Kompression. MPEG4-AVC ist das in Europa bereits beim HDTV-Fernsehen eingesetzte Kompressionsformat. Sowohl VC-1 als auch MPEG4-AVC erfordern deutlich niedrigere Kompressionsraten als MPEG2. Derzeit liegt der Vorteil von VC-1 darin, dass der Codec im Vergleich zu MPEG4-AVC eine geringere Prozessor-Leistung für die Decodierung erfordert. Im Vergleich zum Satelliten-HDTV ist mit den modernen Codecs eine noch etwas bessere Qualität realisierbar, da höhere Bitraten genutzt werden können und zugleich das Encoding in mehreren Schritten möglich ist.

Bei den Tonformaten gesellen sich zu dem von der DVD bekannten Dolby Digital und DTS die moderneren Codecs Dolby Digital Plus, Dolby TrueHD und DTS HD hinzu. Dolby Digital Plus ist eine verbesserte Variante von Dolby Digital mit einer Bitrate von bis zu 6 Mbps, während Dolby TrueHD auf dem "Meridian Lossless Packaging" basiert, einem verlustfreien Kompressionsformat, welches bereits der Standard hinter DVD-Audio (24 Bit/96 kHz-Sampling) ist. Mit Dolby TrueHD sind Bitraten von maximal 18 Mbps möglich. DTS HD gibt es mit 24 Bit/96 kHz einmal als "DTS HD High Resolution Audio"-Codec und als "DTS HD Master Audio" Lossless-Codec, von dem DTS ebenso wie Dolby eine originalgetreue Reproduktion des Original-Sound-Masters verspricht. Bei den ersten Blu-ray Discs von Sony kommt außerdem unkomprimierter PCM-Ton im Mehrkanal-Format zum Einsatz, der allerdings recht hohe Bandbreiten beansprucht.

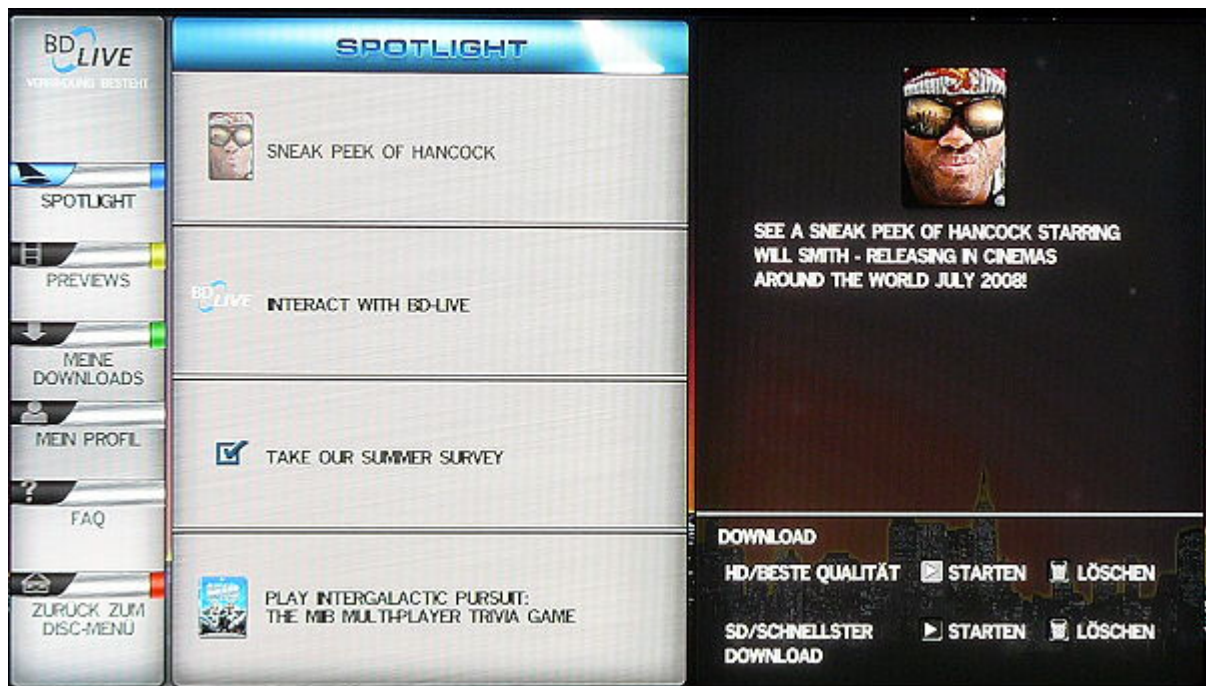
Während alle Blu-ray Disc-Player und HD-DVD-Player die bereits genannten Video-Codecs unterstützen müssen und Produzenten, daher die vollkommene Wahlfreiheit haben, welches Format sie einsetzen, gibt es bei den Audio-Codecs Unterschiede zwischen den Formaten, die zwingend auf der Disc sein müssen (Mandatory) und solchen, die optional zum Einsatz kommen können. Möchte ein Anbieter eine Disc mit einem optionalen Audio-Codec produzieren, so muss auf dieser mindestens ein weiterer Mandatory-Codec vorhanden sein. Dieses Prinzip gibt es bereits bei der DVD, wo DTS immer nur ein optionaler Codec gewesen ist, also eine DVD mit DTS immer noch mindestens einen Dolby Digital, PCM oder MPEG-Audio-Track haben muss.

Bei der Blu-ray Disc sind Dolby Digital, DTS und PCM (mit Unterstützung von bis zu 7.1-Sound) vorgeschriebene Audio-Codecs. Dolby Digital Plus, Dolby TrueHD sowie DTS HD High Resolution Audio mit einer Bitrate von maximal 6 Mbps und DTS HD Master Audio mit maximal 24,5 Mbps sind lediglich optional. Bei der HD-DVD sind Dolby Digital, Dolby Digital Plus, DTS, PCM und MPEG Stereo vorgeschriebene Audio-Codecs. Dolby True HD ist auch vorgeschrieben, kann vom HD-DVD-Player aber auch mit nur zwei Kanälen ausgegeben werden. DTS HD ist bei der HD-DVD auch ein optionaler Audio-Codec, wird aber im Vergleich zur Blu-ray Disc mit niedrigeren Bitraten von maximal 3 Mbps (DTS HD High Resolution Audio) und 18 Mbps (DTS HD Master Audio) eingesetzt. Selbst diese Bitraten liegen aber deutlich über den 1.509 Mbps, die bei der DVD für DTS möglich waren.

Beide Homevideo-Systeme der nächsten Generation verwenden ein gegenüber der DVD verändertes System zur Darstellung von Menüs und anderen Funktionen. Bei der Blu-ray Disc wird dies durch BD-Java erreicht, einer speziellen Software von Sun Microsystems, die als Virtual Machine auf dem Blu-ray Disc-Player läuft. Die ersten Blu-ray Discs werden noch mit einer einfacheren Programmierung (HDMV) ohne besonders auffällige Neuheiten auskommen müssen.

Bei der HD-DVD wird iHD verwendet, eine Script-Sprache, die eng mit Systemen für die Darstellung von Internetseiten wie z.B. HTML verwandt ist. Diese ist von Programmierern wesentlich einfacher zu handhaben als BD-J, dass zwar mehr Freiheiten zur Gestaltung bietet, dadurch aber auch wesentlich komplexer ist.

Kennzeichen von Blu-ray Discs und auch von HD-DVDs sind neue Features wie z.B. Menüs, die sich parallel zum weiterlaufenden Film einblenden lassen, visuelle Audio-Kommentare mit Bild in Bild-Funktion oder neue Features wie z.B. zusätzliche Tonspuren, die sich über das Internet laden lassen. Möglich sind bei beiden Systemen auch Inhalte auf den Discs, die erst über das Internet freigeschaltet werden. Dies macht z.B. die Veröffentlichung einer TV-Serie Episode für Episode möglich oder könnte sogar als Pay per View-System genutzt werden, um einen Film erst nach Bezahlung zum Abspielen zu aktivieren.



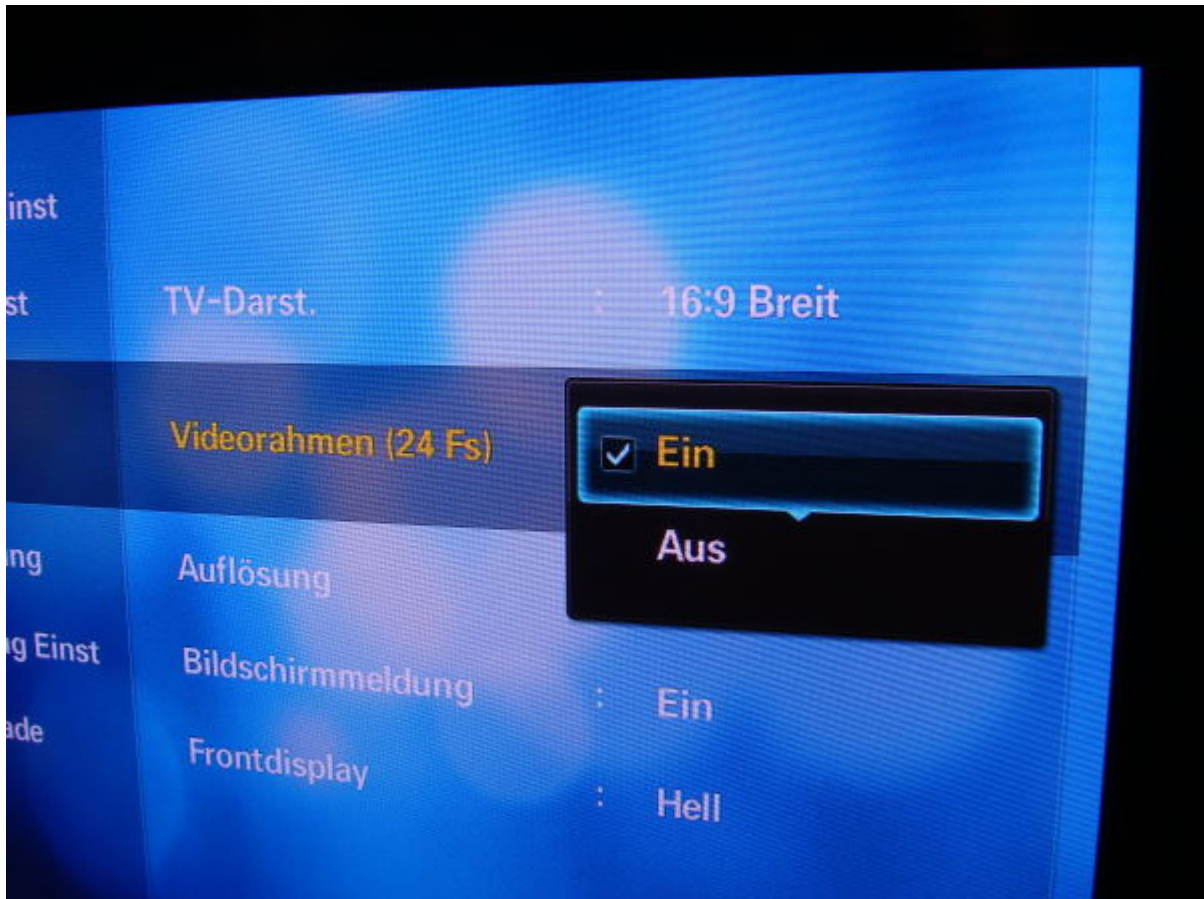
Spezielle BD Live Menüs



Blu-ray-Player mit BD Live

Mittlerweile ist dank „BD Live“ auch die Blu-ray-Disc interaktiv: Die Grundvoraussetzung zur Nutzung von BD-Live ist ein Internetzugang über ein Netzwerk. Typisch ist bei den ersten Blu-ray Discs ein eigener Menüpunkt, der Zugriff auf spezielle BD-Live-Dienste gibt. Ebenso ist es aber möglich, BD-Live-Funktionen in vorhandene Bereiche zu integrieren ohne man erst manuell eine Verbindung herstellen muss. Die aus dem Internet heruntergeladenen Daten werden abgespeichert und je nach Programmierung ist auch nicht bei jedem Zugriff ein erneuter Download erforderlich. Als Speicher für BD-Live-Daten werden gerne externe Speichermedien wie z.B. SD-Karten oder Memory Sticks verwendet, auf denen Zugriffsprofile abgespeichert werden.

15. Die 1.080p-Signalausgabe und ihre Problematik



Die Bildsignalausgabe mit 24 Frames (= 24 Hz) pro Sekunde mit 1.920 x 1080 Pixeln Progressive (1920 x 1080p/24) garantiert die höchstmögliche Bildqualität

Moderne HD-Medien setzen auf eine native Auflösung von 1.920 x 1.080 Pixel. Die Bildsignalausgabe erfolgt mit 24 Hz in Vollbildern, daher heißt der Standard 1.080p/24. Doch ganz so einfach läuft es in der Praxis bedauerlicherweise nicht, denn es gibt die Signalausgabe in 1.920 x 1.080p mit 60 Hz Bildwiederholfrequenz und die Signalausgabe in 1.920 x 1.080p mit 24 Hz Bildwiederholfrequenz. Was ist nun besser? Hier kann man direkt anführen, dass das Film-Ausgangsmaterial auf der Blu-ray in 1.080p/24 vorliegt, Filmkameras nehmen mit 24 Frames/Sekunde auf, und auf den neuen HD-Medien findet sich das Material im ursprünglichen Format. Zur Weiterverarbeitung von Bildwiedergabegeräten waren und sind oftmals aber 50 oder auch 60 Hz gebräuchlich, nicht 24 - was zur Einführung von 1.080p/60 führte.

Der Pulldown

Doch ein 1.080p/60-Signal hat visuelle Nachteile. Die 24 Hz Bildwiederholffrequenz müssen auf die 60 Hz (NTSC-Bildwiederholffrequenz) gebracht werden. 60 ist jedoch kein Vielfaches von 24, was zum Ergebnis hat, dass eine "krumme" Umwandlung im HD DVD- oder Blu-ray-Player stattfindet: Der so genannte 3:2 Pulldown, bei dem die Bildrate von 24 auf ca. 30 erhöht wird. Als erstes das Filmsignal um einen minimalen Betrag verlangsamt (ca. 0,1 %, oder für 1.001 Sekunden Originalmaterial werden 1.000 Sekunden des Filmmaterials abgespielt). Insgesamt läuft das Filmmaterial nun mit einer Geschwindigkeit von 23,976 Bildern pro Sekunde was heißt, dass nun vier Einzelbilder im ursprünglichen Filmsignal fünf Einzelbilder in der halben NTSC-Bildfrequenz (ca. 30 Hz) gegenüberstehen. Die vier Einzelbilder des Filmmaterials werden nun interlaced, was zur Folge hat, dass nun fünf Bilder zur Verfügung stehen. Ein Vollbild wird also in zwei Halbbilder zerlegt. Aus jedem Bild des ursprünglichen 24p Kinomaterials werden abwechselnd drei oder zwei Halbbilder erzeugt.

Das erste Vollbild wird drei Halbbilder lang gezeigt, das zweite Vollbild zwei Halbbilder lang, das dritte Vollbild wieder drei Halbbilder lang etc. Dieser 3:2 Pulldown ist kaum zu bemerken, so lange man schnelle Bewegungen wahrnimmt oder keinerlei Bewegung im Bild ist. Bei langsam ausgeführten Bewegungen oder langsamen Kameraschwenks hingegen merkt man das "Zerpflücken" des Ausgangsmaterials deutlich: Die Bewegungsabläufe wirken nicht ganz flüssig, da das Bild sichtbar ruckelt. Nun kommt noch ein weiterer Prozess hinzu: Während des Pull Downs wird das Bild de-interlaced, das heißt, der Blu-ray- oder HD DVD-Player muss, möchte er das Bild in 1.080p ausgeben, zuvor erneut de-interlacen. Auch dies heißt Zeit- und Arbeitsaufwand, was sich in einer weitere Verzögerung innerhalb des Videosignals bemerkbar macht, was, gerade im Falle eines nicht enorm hochwertigen De-Interlacers im HD DVD- oder Blu-ray-Player zu weiteren Beeinträchtigungen bezüglich der Bildqualität führt. Lösung für die 3:2 Pulldown-Problematik wäre der so genannte "Reverse Pulldown", bei dem, kurz erklärt, die durch das Pulldown-Verfahren gemachten Signalveränderungen wieder rückgängig gemacht werden. So könnte man wieder ein reines 1.080p/24-Signal generieren.

Kein 1.080/50

Alternativ wäre es möglich, 1.080p/50 (50 Hz ist die PAL-Bildwechselfrequenz) zu erzeugen, einfach mittels des so genannten "PAL Speed-Ups", hier lässt man die ursprünglich 24 Frames des Filmmaterials einfach mit fünf Prozent höherer Geschwindigkeit laufen, so kommt man bequem auf 25 Frames, die man dann, ebenso bequem, auf 50 Hz verdoppeln kann - ohne die Ruckel-Problematik des 3:2 Pulldowns. Daher kannten wir die "Ruckelei" von den bisherigen "normalen" PAL DVDs auch nicht, denn hier wurde einfach der PAL Speed-Up durchgeführt, und Bildruckeln gab es höchstens dann, wenn der bordinterne De-Interlacer in DVD-

Player oder Bildwiedergabegerät seiner Arbeit nicht schnell und präzise genug nachkam. Also wäre 1.080p/50 durchaus eine Lösung - aber wiederum verschiedene Masterings (50 Hz und 60 Hz für PAL und NTSC) wie bei der DVD wollten Hersteller und Filmstudios nicht nochmals in Erwägung ziehen - kein Hertz-Chaos mehr, sondern eine einheitliche Lösung, und was liegt eigentlich näher, als hier das ursprüngliche Format zu verwenden, in dem das Material vorliegt - und das sind 24 Frames pro Sekunde.

Bildsignalausgabe in 1.080p/24

Nun sind wir beim Thema 1.080p/24 Direktsignalausgabe: Der Blu-ray-Player sollte im Sinne einer optimalen Bildgüte das Signal in diesem Format ausgeben können - mittlerweile sind alle neueren Geräte dazu in der Lage. Doch durch die technischen Spezifikationen von Disc und Player gestaltet sich dies in der Praxis doch nicht so einfach, so dass eine hochwertige, leistungsstarke bordinterne Elektronik beim Player nötig ist, um eine 1.080p/24-Bildsignalausgabe zu ermöglichen.

Welches Bildwiedergabegerät?

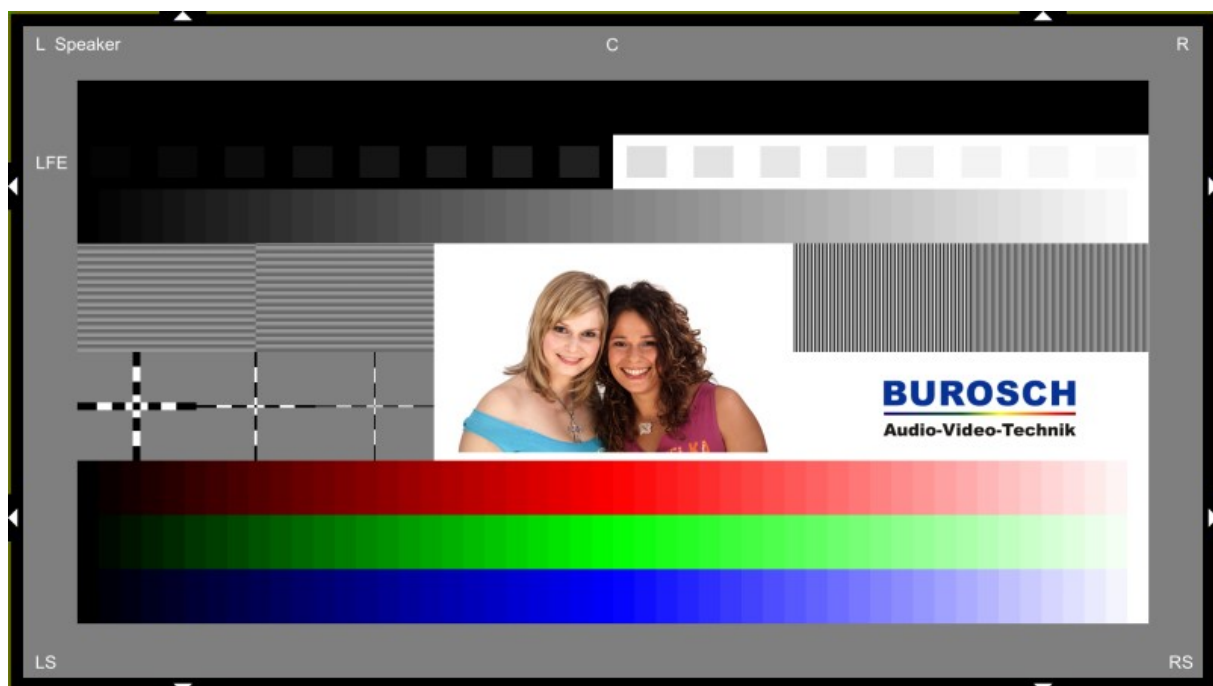
Nun stellt sich die Frage nach dem passenden Bildwiedergabegerät. Natürlich muss dieses 1.080p/24-Signale entgegen nehmen können. Was passiert bei dieser Art der Signalverarbeitung? Das 1.080p/24-Signal wird aus dem Player herausgeleitet und vom Flachbildschirm entgegen genommen. Intern dann wird die Frequenz von 24 Hz auf das mindestes Doppelte von 24 Hz verändert. Oftmals wird verdreifacht oder sogar verfünffacht, um ein möglichst fließendes, flimmerfreies Bild zu generieren.

Die 1.080p/24-Problematik bei preisgünstigen Panels

Bei vielen LCD-Panels sind die Frequenzen, mit denen das LCD-Panel angesteuert wird, eingeschränkt und fest definiert, vor allem 60 H sind zur Ansteuerung gebräuchlich. Dies hat zur Folge, dass der LCD-TV intern umrechnen muss und somit kein "echtes" 24p zum Panel gelangt, sondern dass der bezüglich der Bildqualität unangenehme Pulldown nur ins Bildwiedergabegerät verlagert wird.

16. Testbilder in der HD-Ära – DIVAS für die digitale Welt

LC-Displays, ganz gleich, ob für den Einsatz zu Hause, an öffentlichen Plätzen, im Auto, im Zug oder im Flugzeug, müssen gerade in der heutigen High Definition-Ära exakt kalibriert werden, damit alle zugespielten Signalarten, von SD bis hin zu HD, exzellent dargestellt werden können. Eine sehr effektive und zudem einfache, verständliche Kalibrierung bietet das DIVAS-Testbild von Burosch.



In acht Schritten zum perfekten Bild: DIVAS von Burosch als Multifunktionstestbild für die digitale Welt. Mit diesem Testbild mit allen 8 wichtigen Parametern benötigt der Anwender nur ein Werkzeug zur kompletten Bild- und Ton-Kalibrierung. Zusätzlich zur visuellen Kalibrierungsmöglichkeit gibt es auch eine akustische Kalibrierung. Die Laufschrift im oberen Testbildbereich markiert die einzelnen zu kontrollierenden und einzustellenden Bildelemente. Der Anwender soll in der vorprogrammierten Abfolge vorgehen für ein optimales Resultat. Das Testbild ist explizit fokussiert auf das Anforderungsprofil moderner Flachbildschirme für den stationären und den mobilen Einsatz.

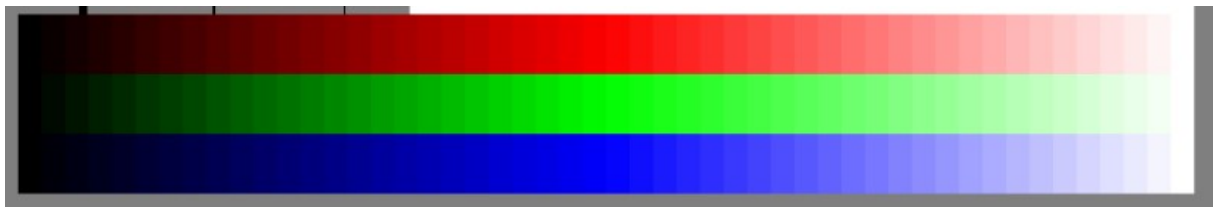
Das Besondere an dieser Neuentwicklung ist Folgendes: Die Grausteppe umfasst 50 Steps und umfasst ebenso wie die R-G-B-Farbtreppen die gesamte Bildschirmbreite. Das menschliche Auge kann maximale 2 Prozent Luminanz- oder Chrominanz-Unterschiede feststellen. Durch das Ausnutzen der gesamten Bildbreite sind nun 50 Graustufen in 2 Prozent-Abstufungen möglich (ebenso Farbstufen, R-G-B). Damit entsprechen die Graustufen- und Farbtreppen dem maximalen Auflösungsvermögen des menschlichen Auges. Bei einer akkuraten Einstellung des

Bildwiedergabegerätes sollten alle 50 Stufen der Grau- und Farbtreppe wiedergegeben werden, um den ganzen Luminanz- und Farbraum darstellen zu können. Besonders die letzten Stufen sollten noch sichtbar sein.

Die einzelnen Bildsegmente dienen zur Einstellung von:

- Helligkeit, Kontrast, Farbe/Weißabgleich, Bildschärfe, Interlaced/Progressive, Overscan, Hauttöne, 5.1 Ton

Details zu den einzelnen Einstell-Stationen



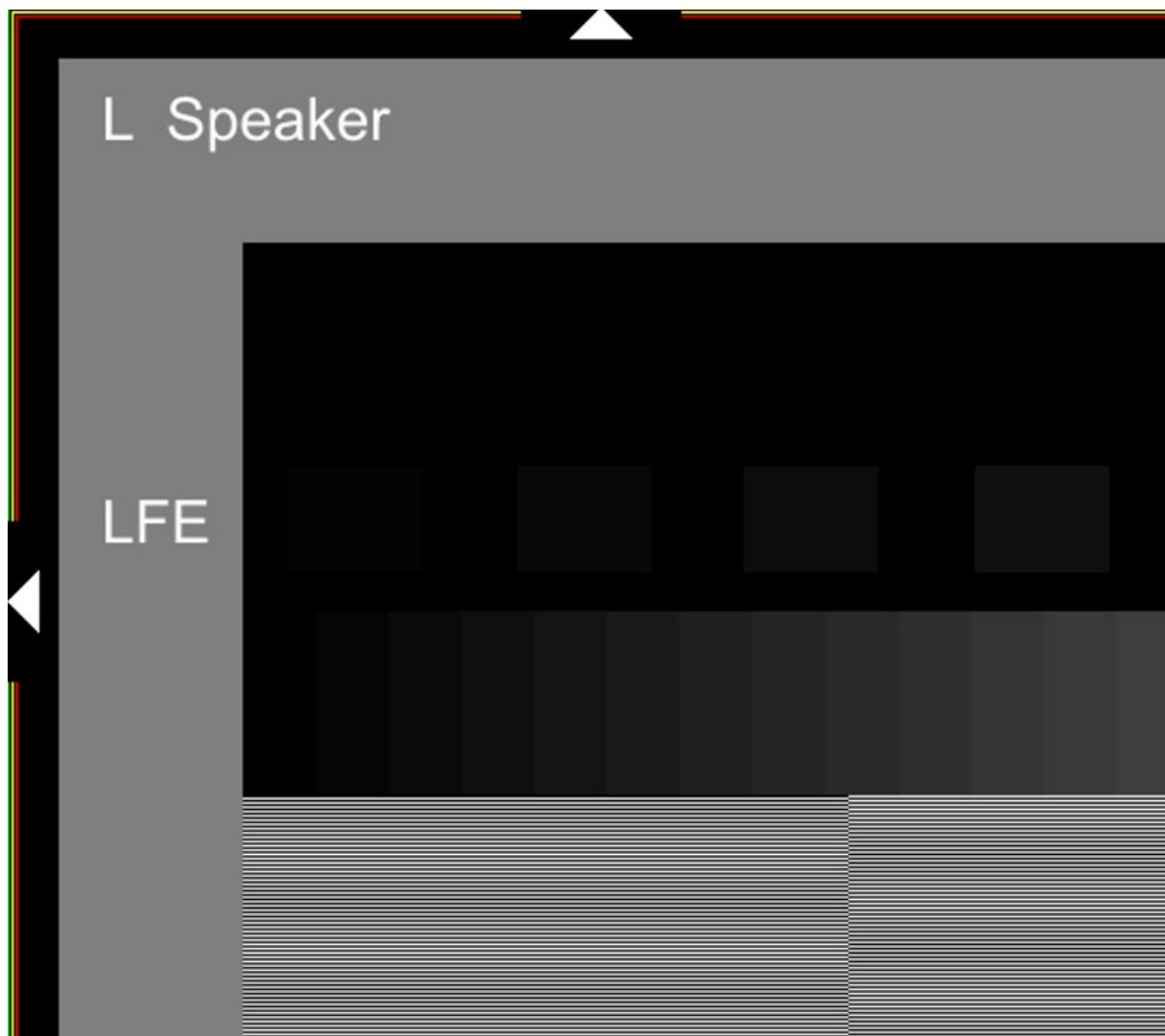
R-G-B-Farbtreppe mit 50 Steps – perfekt auf die Empfindlichkeit des menschlichen Auges abgestimmt. Hier kann man exakt überprüfen, ob das Bildwiedergabegerät in der Lage ist, feine Farbdifferenzen akkurat abzubilden. Auch die Farbtreue kann beurteilt werden.



Kalibrierungsmöglichkeit in Form eines realen Testbildes im Zentrum von DIVAS. Hier können verschiedene elementar wichtige Faktoren beurteilt werden. Die Wiedergabe von Hauttönen in allen Nuancen, das Durchzeichnungsvermögen des Displays, die Farbtreue im Gesamten, die Detailtreue und die Gesamtbildschärfe.



Dieser Teil des „Faces“-Bildes im Zentrum von DIVAS ist besonders interessant bezüglich der Fähigkeit des Displays, kleine Kontrastdifferenzen sauber darzustellen. Der Haaransatz der dunkelhaarigen Lady muss sich facettenreich durchstrukturiert präsentieren, dabei aber gleichzeitig natürlich wirken. Ist der Kontrast mittels Farb- und Grautreppe akkurat justiert, zeigt sich dies automatisch auch bei diesem Realtestbild. Die Haare müssen auch im Bereich des Ansatzes klar erkennbar sein. Vorn rechts vom Gesicht müssen die blonden Strähnen sich deutlich vom dunkler braunen Resthaar abheben.



Overscan-Check: Im Idealfall sollten die Eckenzeilen (12 kleine weiße Dreiecke) komplett sichtbar sein, ferner ist eine außen herumlaufende, grüne und 1 Pixel breite Linie sichtbar (Overscan-Funktion). Bei der Zuspiegelung von Full-HD-Material auf ein Full-HD-LC-Display darf bei korrektem Signalweg kein Overscan entstehen, da das Signal Pixel per Pixel auf dem Display angezeigt wird. Sehr interessant ist die Größe

des Overscans, wenn das Bildwiedergabegerät das eingehende Signal skalieren muss, um es auf die native Auflösung des Panels anzupassen. In diesem Falle verursacht ein schlechtes Scaling einen deutlichen Overscan, ein exzellentes Scaling nur einen geringen Overscan, das heißt, es ist praktisch das komplette Bild sichtbar.



Effektive Möglichkeiten zur Einstellung des Kontrastes. Hochwertige LC-Displays sollten in der Lage sein, eine akkurate Durchzeichnung heller und dunkler Bildbereiche abzuliefern. Aber nicht nur das: Die Abstufung von Step zu Step auf der Grautreppe sollte homogen und in sich schlüssig sein. Sehr wichtig: Bei dieser 50-Stufen-Kontrasttreppe auf dem DIVAS Testbild wurde die Genauigkeit des menschlichen Auges exakt berücksichtigt. Man kann bei der 50-Stufen-Grautreppe zudem die Güte von Schwarzwert und Kontrast begutachten. Gerade der Schwarzwert ist bei konventionellen CCFL-Panels ein Problem, da die Hintergrundbeleuchtung nur im Gesamten gedimmt werden kann. Dies beeinflusst auch die Kontrastdynamik. Alternativ bieten sich noch die kleinen kontrastierenden Quadrate zur Bestimmung der Kontrastfähigkeit an. Auch diese Quadrate sind in 2 Prozent-Abstufungen gehalten und sind ein optimales Werkzeug zur Optimierung von 1. Helligkeit und 2. Kontrast



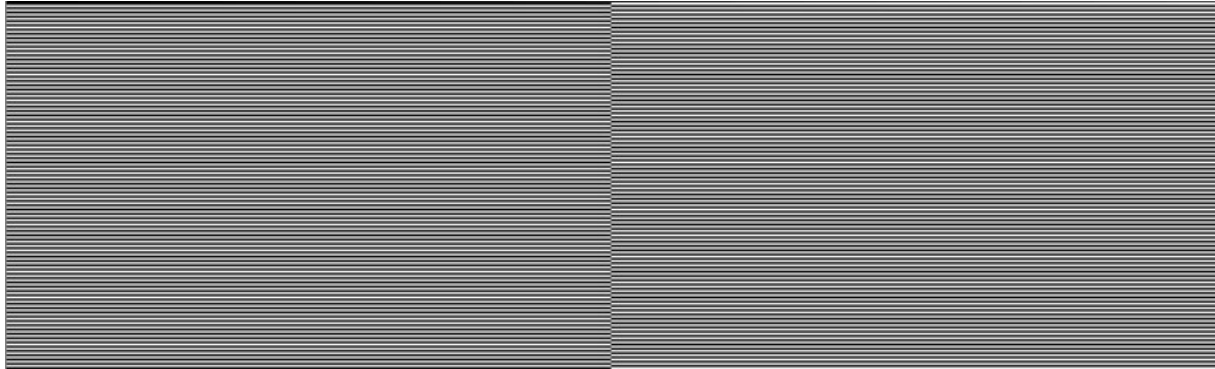
Sehr gut in den dunklen Bereichen kann man erkennen, wie tief der Schwarzwert des Displays ist. Gerade CCFL-LCD-Displays haben aufgrund der nicht segmentiert dimmbaren Hintergrundbeleuchtung hier Schwierigkeiten. Die Hintergrundbeleuchtung lässt sich nur im Gesamten dimmen, was dazu führt, dass kein tiefes, echtes und authentisch wirkendes Schwarz, sondern nur dunkles Grau wiedergegeben werden kann. Gerade die drei Steps links im Bildausschnitt werden von vielen CCFL-Panels nur unvollkommen erfasst. Abhilfe schafft hier ein auf LED Backlight Basis arbeitendes Panel. Hier gibt es einzeln dimmbare LED Hintergrundbeleuchtungselemente, die besseren Kontrast und einen deutlich verbesserten Schwarzwert realisieren.



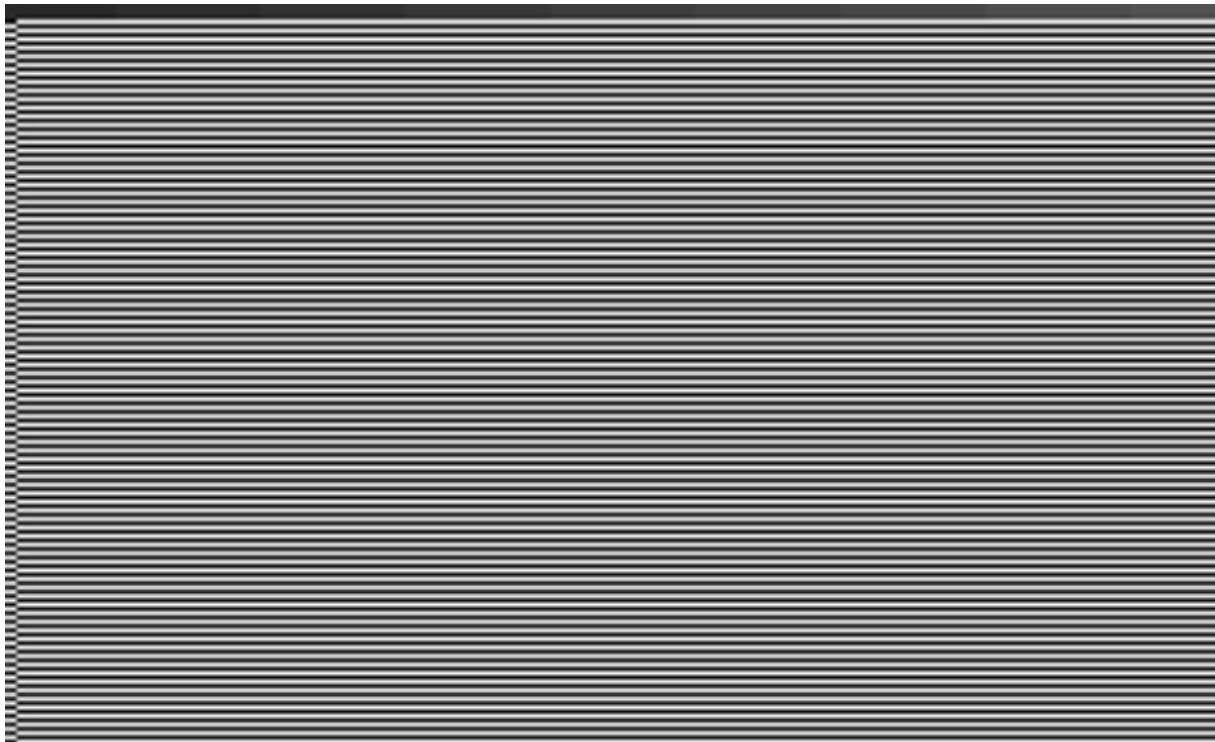
Häufig werden bei LC-Displays extreme dynamische Kontrastumfänge erreicht – in Weißbereichen überstrahlt das Bild dann sehr gern. Nachvollziehen kann man derartige Effekte mit den Hellgrau/Weiß-Zonen vom DIVAS-Testbild. Ein Überstrahlungseffekt zeigt sich darin, dass das Weiß zu gleißend und zu aggressiv wirkt und sich somit zu sehr in den Vordergrund schiebt. Gerade während des Verlaufs eines Films zeigen sich derartige Überstrahlungseffekte darin, dass das Bild inhomogen wirkt, bei stark kontrastierendem Bildinhalt leidet dann die Wiedergabe der dunklen Bildanteile. Diese wirken dann detailarm und unterbetont.



Diese Fadenkreuze sind ebenfalls im DIVAS Testbild integriert und bieten vielfältige Optimierungsmöglichkeiten für das Bildwiedergabegerät. Im Idealfall sollten die Linien der Fadenkreuze gleich breit sein und keine Doppelkonturen aufweisen. Sind Doppelkonturen vorhanden, deutet dies auf eine falsch, d.h. zu hoch eingestellte Bildschärfe hin. Findet Versatz innerhalb der Fadenkreuze statt, kann dies bei einem Display, welches nicht die Full-HD-Auflösung nativ mitbringt, auf ein unzureichendes internes Scaling hinweisen.



Interlaced/Progressive: Der linke Bereich der Testzone umfasst 1 Pixel breite horizontale Linien bzw. horizontal versetzte Schwarzweiß-Linien. Diese Testsequenz ist speziell dazu gedacht, wenn Interlaced-Signale z.B. 1.080i am Bildwiedergabegerät anliegen. Ist das De-Interlacing falsch justiert bzw. liegt ein Einstellungsfehler in der zuspieldenden Kette vor, sind nicht 1 Pixel breite Schwarzweiß Linien sichtbar, sondern das linke Bildelement flimmert vollflächig weiß, das andere vollflächig schwarz. So sieht der Anwender sofort, dass das De-Interlacing fehlerhaft bzw. falsch eingestellt ist. Ebenso kann bei korrekter Darstellung der Bildelemente von einem fehlerfreien De-Interlacing ausgegangen werden



Das Interlaced/Progressive Testbild nochmals im Detail. Jede Linie muss klar zu erkennen sein – scharf und deutlich, ohne Flimmern oder ohne zu starke Weichzeichnung – letztere hat zur Folge, dass die Fläche wie einheitliches Grau wirkt und die einzelnen horizontalen Linien verschwimmen.

Das DIVAS Testbild ist für alle Arten von Displays unabhängig von ihrer physikalischen/nativen Bildauflösung optimal geeignet. Als visuelle Referenz für die komplette Beurteilung der Bildqualität eignet es sich für Auflösungen von 240 x 320 Pixeln bis hin zum Full HD-Format von 1.920 x 1.080 Pixeln.

Der umlaufende Ton ist für die Kalibrierung eines 5.1-Setups gedacht.

Nach der Durchführung der Kalibrierung hat man nun ein bezüglich aller relevanten Eigenschaften optimales Bild.