

BUROSCH

Audio-Video-Technik



Display Response Time Analyzer DRTA

Bedienungsanleitung

Display Response Time Analyzer (DRTA)

Inhaltsverzeichnis:

1	Neue Norm ISO 9241-300	3
2	Einleitung: Allgemeines Grundwissen über LCDs	4
2.1	Temperatureinfluss	5
2.2	Hintergrundbeleuchtung von LCDs	8
2.2.1	CCFL (Cold Cathode Fluorescent Lamp).....	8
2.2.2	LED (Light Emitting Diode).....	8
2.2.3	EL-Folie	8
2.3	Bewegungsunschärfe und Motion Compensation.....	9
2.4	Schwarzwiedergabe beim LCD	14
2.5	Schaltzeiten eines LCDs.....	15
2.6	Blickwinkelabhängigkeit beim LCD.....	18
2.7	CRT und LCD im Vergleich	20
2.8	Vorteile der LCD Technik.....	21
2.9	Nachteile der LCD Technik.....	21
2.10	Unterschied zwischen LCD und Plasma Technologie.....	23
2.11	Ermittlung von realen Schaltzeiten	24
3	Display Response Time Analyzer (DRTA)	25
3.1	Technische Informationen	25
3.1.1	Beschreibung	26
3.1.2	Funktionsprinzip	26
3.1.3	Betriebsparameter	26
3.1.4	Messung	27
3.1.5	Drehpotentiometer „Analog Light Sensor Gain“.....	27
3.1.6	Lieferumfang	27
3.1.7	Schaltplan.....	28
3.1.8	Platinenlayouts	29
3.2	Blockschaltbild des Systems	30
3.3	Messaufbau	31
3.4	Allgemeines	32
3.4.1	Features	32
3.5	Bedienungsanleitung	33
3.5.1	Messablauf der Referenzsequenz	36
3.6	Praktisches Messbeispiel	39
3.7	Fazit	41
4	Impressum.....	42

Display Response Time Analyzer DRTA

1 Neue Norm ISO 9241-300

Dieser neue Standard verdrängt die bisher geltende Norm ISO 13406-2 für Messungen der Schaltzeiten an Flüssigkristallbildschirmen. Die Norm ISO 9241-300 wurde hauptsächlich aufgrund der neuen Erkenntnisse der Displaytechnik eingeführt und wird auf internationaler Ebene eingehalten.

Gemäß dem internationalen Standard ISO 13406-2 wird für die Angabe der Schaltzeit lediglich der Schwarz-Weiß-Schwarz-Wechsel gemessen. Allerdings entstehen die wenigsten bewegten Bilder durch pure Schwarz-Weiß-Schwarz-Wechsel. Die meisten Bildübergänge sind durch unterschiedlichste Grau- und Farbtöne gekennzeichnet. Demzufolge ist die Messvorschrift nach ISO 13406-2 eher realitätsfern.

Am 1. August 2008 ist deshalb die Norm ISO 9241-300 offiziell eingeführt und rechtsverbindlich geworden. Somit ist diese Norm rechtlich bindend und wird von uns selbstverständlich berücksichtigt und eingehalten.

Die Messvorschrift ISO 9241-300 definiert die Messung von Schaltzeiten auch unterschiedlicher Grauwert-Gruppierungen. So werden also nicht nur die Schaltzeiten von 100% Weiß auf komplett Schwarz und umgekehrt angegeben, wie es bisher in der Norm ISO 13046 üblich war, sondern ebenfalls die weit mehr aussagekräftigen Reaktionszeiten zwischen mehreren Grauepegeln untereinander. Laut dieser Norm darf die Schaltzeit, unabhängig von den Pegeln die Resonse Time von 10 Millisekunden nicht überschreiten.

Das in dieser Dokumentation beschriebene Schaltzeiten-Messgerät Display Response Time Analyzer (kurz: DRT-Analyzer) ist im Stande, Messungen nach dem neuen Standard ISO 9241-300 durchzuführen.

Mit einer sehr hohen Genauigkeit und Präzision ist unser DRT-Analyzer derzeit das Maß aller Dinge, wenn es um die professionelle Beurteilung von Reaktionszeiten an modernen LC-Displays geht.

Display Response Time Analyzer DRTA

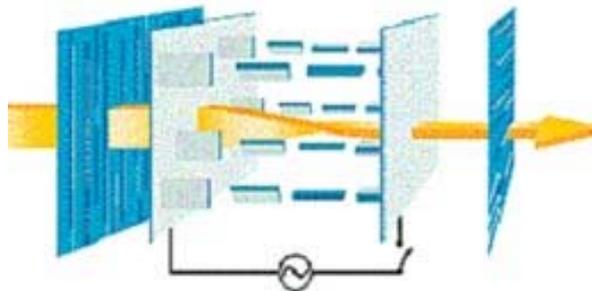
2 Einleitung: Allgemeines Grundwissen über LCDs

Eine Flüssigkristallanzeige (engl: Liquid Crystal Display, LCD), ist ein Bildschirm oder eine Anzeige (englisch Display), dessen Funktion darauf beruht, dass Flüssigkristalle die Polarisationsrichtung von Licht beeinflussen, wenn ein bestimmtes Maß an elektrischer Spannung angelegt wird.

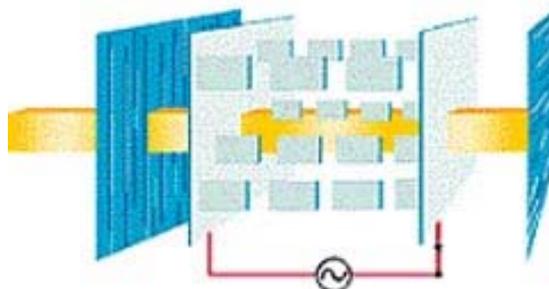
Ein LC-Display besteht grundsätzlich aus zwei Glasplatten, die mit einem Abstand von wenigen Mikrometern zusammengeklebt werden. In diesem dünnen Spalt befindet sich die Flüssigkristallsubstanz.

Auf den beiden äußeren Seiten ist jeweils ein Polarisator aufgebracht. Der Polarisator besteht aus einer gereckten Kunststoff-Folie, welche das ein- bzw. austretende Licht polarisiert.

Die Flüssigkristallsubstanz besitzt die Eigenschaft, ihre Ausrichtung zu ändern, wenn eine elektrische Spannung bzw. ein elektrisches Feld angelegt wird. Dadurch wird es möglich, Licht durch die Zelle durchzulassen oder nicht durchzulassen. Erste Abbildung zeigt eine LCD-Zelle im ausgeschalteten Zustand, Abbildung 2 eine LCD-Zelle im eingeschalteten Zustand.



schematische Darstellung: LCD-Zelle im ausgeschalteten Zustand



schematische Darstellung: LCD-Zelle im eingeschalteten Zustand

Display Response Time Analyzer DRTA

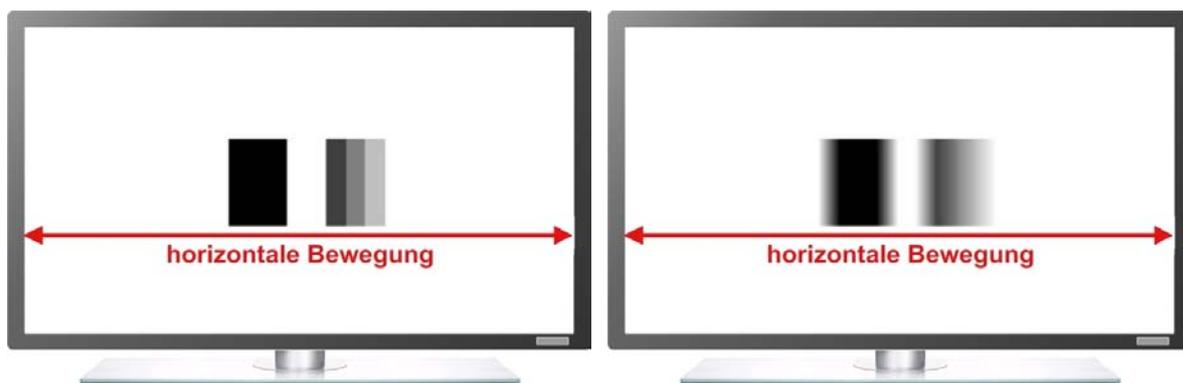
2.1 Temperatureinfluss

Nicht außer Acht zu lassen sind die Umgebungstemperaturen, die einen beträchtlichen Einfluss auf die Wiedergabe bewegter Szenen hat.

Bei niedrigen Temperaturen von ca. +10 bis -20°C treten bei herkömmlichen LC-Displays Artefakte auf, die durch die Eigenschaften eines Flüssigkristall Displays sehr schwer zu beheben sind. Ein wichtiges Thema sind beispielsweise die Schaltzeiten eines solchen Displays bei sehr niedriger Umgebungstemperatur.

Flüssigkristalle reagieren bei niedrigen Temperaturen wesentlich träger als bei Umgebungstemperaturen im Bereich von +10°C bis +30°C, was sich negativ auf die Farbdarstellung und hauptsächlich auf die Schaltzeiten auswirkt. So werden Bewegungsunschärfen deutlich sichtbarer als bei Zimmertemperatur.

Folgendes Beispiel verdeutlicht die extremen Bewegungsunschärfen, die bei sehr niedrigen Temperaturen im Display auftreten können. Obiger, horizontal hin und her bewegter Block zeigt eine symbolische Darstellung einer links-rechts Bewegung bei Zimmertemperatur (ca. +20°C) und der rechte Block bei niedrigen Temperaturen von bis zu 0°C. Im direkten Vergleich wie unten dargestellt verändert sich die Kantendarstellung der bewegten Blöcke. Der Block bewegt sich in horizontaler Richtung von links nach rechts. Sie sehen die schlechte Bildqualität deutlich in Abhängigkeit der Temperatur.



Horizontale links-rechts Bewegung: Temperatureinfluss bei Displays:

LC-Displays sind generell je nach Anwendungszweck und Umgebungstemperatur individuell verschieden konstruiert. Beispielsweise sind Fernsehgeräte in der Unterhaltungselektronik für Zimmertemperatur (ca. 20 bis 25°C) entwickelt. Genauso gibt es LC-Displays, die extra für eine kalte Umgebung konstruiert sind.

Hinweis: Weitere professionelle Testsignale bzw. Referenz Signale zur visuellen sowie messtechnischen Beurteilung von Displays und die entsprechenden technischen Informationen dazu finden Sie auf unserer Internet-Homepage www.burosch.de

Display Response Time Analyzer DRTA

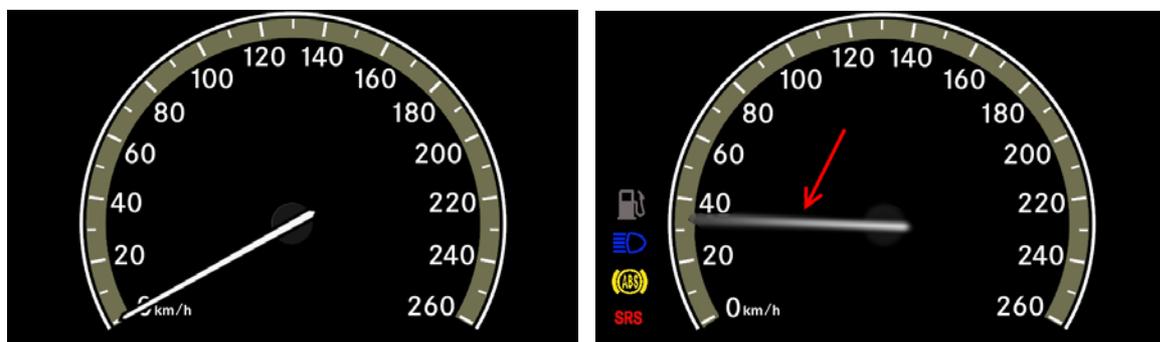
In der Unterhaltungselektronik spezifizieren die Hersteller einen Betriebstemperaturbereich von -10°C bis $+40^{\circ}\text{C}$ für den Einsatz sowie für die Lagerung.

Das beste Beispiel, wo jedoch Bewegungsunschärfen bei Kälteeinfluss negativ zur Geltung kommen können, ist in der Automobilbranche. Hier schwanken die Temperaturen viel extremer. Der Temperaturbereich von -40°C bis $+85^{\circ}\text{C}$ ist hier ein sehr wichtiger Aspekt und muss vom entsprechenden Displayhersteller eingehalten werden. Bei neuen Fahrzeugen ist die LCD Technologie nicht mehr wegzudenken. Die Automobile sind heutzutage überwiegend mit einem LCD als Informationsanzeige für Fahrer und Beifahrer ausgerüstet. Die Tachometernadel, wie etwa in neuen Fahrzeugen ist hier eins von vielen Beispielen, wo Bewegungsunschärfen bei Kälteeinfluss leicht erkennbar sind. Durch die elektronische Ansteuerung dieser Tachometernadel kann diese zum Beispiel bei Vollbremsungen typische Unschärfen bei sehr niedrigen Betriebstemperaturen aufweisen.

Beim Kaltstart können durchaus am LCD im Fahrzeug durchaus unangenehme Artefakte auftreten, wie etwa mangelnde Farbdarstellung oder Unschärfen in der Bewegung am LCD. Dieses Problem der Bewegungsunschärfe und der falschen Farbdarstellung in kaltem Zustand versuchen Displayhersteller mit dem Einsetzen eines so genannten „Self-Heating Backlights“ in den Griff zu bekommen. Diese Art der Hintergrundbeleuchtung soll ein relativ rasches Erreichen der Betriebstemperatur ermöglichen.

Die linke Abbildung zeigt ein Tachometerbild im Ruhezustand, die zweite zeigt eine Tachometersimulation etwa bei raschen Geschwindigkeitsänderungen bei kalter Umgebung. Bitte achten Sie auf die Unschärfe der Tachometernadel (mit rotem Pfeil gekennzeichnet), wie sie besonders bei sehr kalten Temperaturen auftreten kann.

Bei den folgenden Tachometerabbildungen handelt es sich um Simulationen. Diese sollen lediglich eventuelle Fehler aufzeigen.



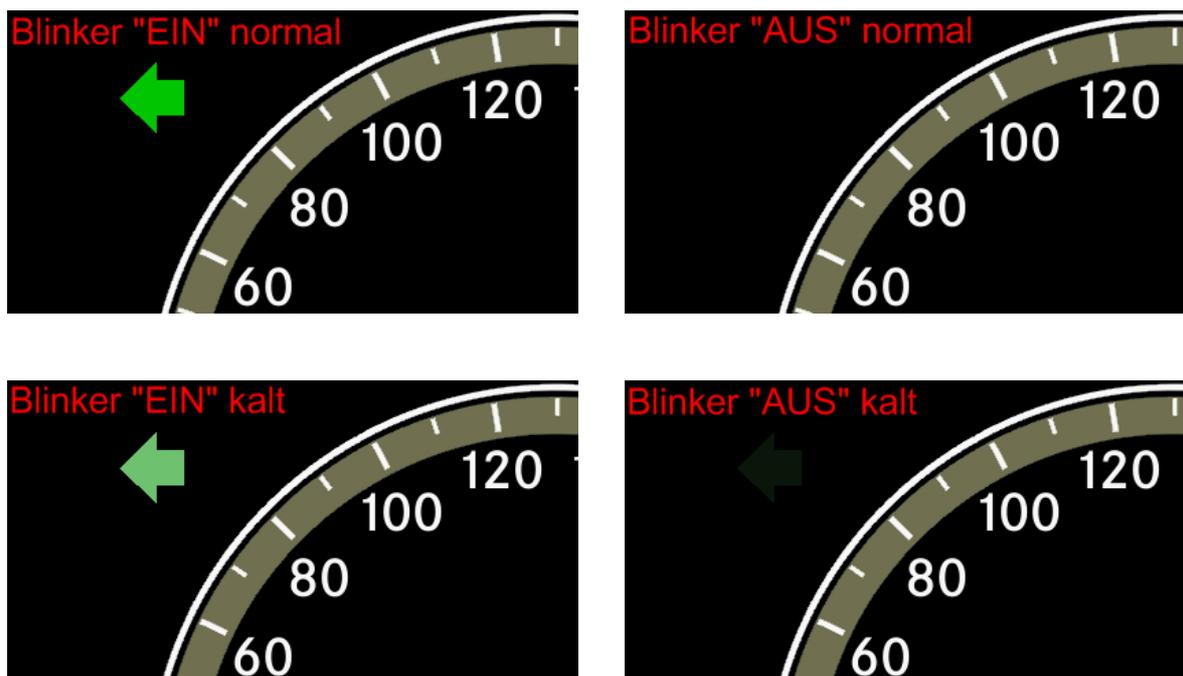
Symbolische Darstellung der Tachometernadel bedingt durch den Temperatureinfluss im Fahrzeug

Display Response Time Analyzer DRTA

Ein weiteres Beispiel, wo die Kälte eine große Rolle spielt, ist die Farbdarstellung. Man kann diesen Effekt ebenso an einem Beispiel aus der Automobilindustrie zeigen, nämlich am Blinker. Bei Kälteeinfluss wird die Blinkfrequenz in der Regel langsamer. Desweiteren kann zum Beispiel das „Grün“ des Blinkers an Helligkeit oder Sättigung verlieren und reagiert wesentlich träger als bei optimaler Betriebstemperatur. Dies führt zum Verlust von maximalem Schwarz im Aus-Zustand des Blinkers.

Die folgenden Abbildungen zeigen Vergrößerungen des Blinkers im „Ein“-Zustand bei normaler oder optimaler Umgebungs- bzw. Betriebstemperatur sowie bei kalter Temperatur.

Bitte achten Sie auf die unterschiedlichen Farbtemperaturen besonders im „Ein“-Zustand.



Symbolische Darstellung der unterschiedlichen Bildqualität abhängig von der Temperatur

Display Response Time Analyzer DRTA

2.2 Hintergrundbeleuchtung von LCDs

Je nach Größe und Einsatzzweck können verschiedene Hintergrundbeleuchtungen (Backlights) verwendet werden:

2.2.1 CCFL (Cold Cathode Fluorescent Lamp)

Kaltkathodenröhre - Die CCFL Röhre erzeugt ein helles, weißes Licht. Zum Betrieb ist ein Inverter notwendig, welcher eine Wechsel-Hochspannung von 400-600 V erzeugt. Die Taktrate der Wechselfrequenz liegt typisch bei 30 bis 50kHz und verursacht meist erhebliche EMV Störungen.

CCFL Röhren werden aufgrund der hohen Helligkeit normalerweise vor allem bei größeren Displays eingesetzt. Bei sehr großen Displays werden auch mehrere Röhren verwendet.

Lebensdauer: ca. 10.000 bis 50.000 Stunden

2.2.2 LED (Light Emitting Diode)

LEDs werden entweder als Matrix zur direkten Beleuchtung des LCDs oder als LED-Streifen mit einem Lichtleiter als Hintergrundbeleuchtung eingesetzt.

LEDs sind in verschiedenen Farben verfügbar (gelb-grün, weiß, blau, orange, rot usw.) und erlauben eine hohe Variabilität (z.B. Mischen von Farben usw.).

Die Helligkeit von LEDs ist kleiner als bei CCFL-Röhren, weshalb aus konstruktiven und wirtschaftlichen Gründen eine LED-Hintergrundbeleuchtung nur bis Displaygrößen von ca. 7 Zoll nach dem heutigen Stand der Technik eingesetzt wird.

Lebensdauer: ca. 10.000 bis 20.000 Stunden (für weiß und blau)

ca. 100.000 Stunden (für gelb und grün)

2.2.3 EL-Folie

Die EL-Folie besteht aus einem Phosphor-Layer, der Licht emittiert, wenn eine Wechselspannung angelegt wird. Die Folie ist sehr dünn, was konstruktive Vorteile beim Design eines LCD-Moduls bringt. Die notwendige Wechselspannung wird mit einem Inverter erzeugt, was wiederum EMV-Probleme verursachen kann.

Es sind verschiedene Farben erhältlich (blau, türkis, grün, gelb, rot, weiß usw.).

Lebensdauer: ca. 3.000 bis 10.000 Stunden

Display Response Time Analyzer DRTA

2.3 Bewegungsunschärfe und Motion Compensation

(Quelle: Konrad L. Maul / Grundig / Datum: 31.07.2008)

Die lange kritisierte LCD Technik hat auf dem Weg zur naturgetreuen Bildwiedergabe entscheidende Fortschritte gemacht. Grundig Chefentwickler Konrad M. Maul verrät, wie vor allem Bewegungsdarstellung und Schwarzwertwiedergabe dramatisch verbessert werden kann. Dem Traum der Menschen von einer naturgetreuen Übertragung und Wiedergabe von Szenen und Ereignissen in den eigenen vier Wänden kommen heutige Fernsehgeräte mit neuester Signalverarbeitung und Displaytechnologie schon sehr nahe. Der flache Bildschirm an der Wand ist Realität geworden. Die großformatige, detailgetreue Wiedergabe, angepasst an die Physiologie des menschlichen Gesichtssinnes durch 16:9 und HDTV ermöglicht eine bisher nicht gekannte Einbezogenheit in das Geschehen auf dem Bildschirm.

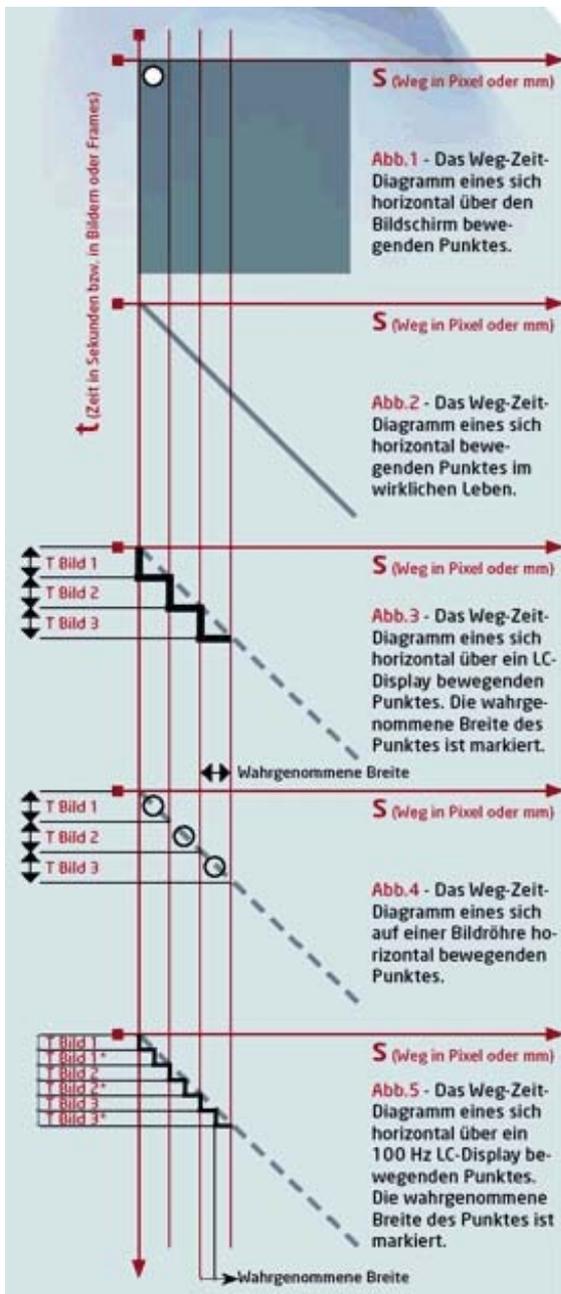
Ein wichtiger Schlüssel für diesen technischen Erfolg ist die optimale Abstimmung der einzelnen Elemente der Wiedergabeseite, wie Empfangsteil, digitaler Signalprozessor (Scaler) und Panel. Sehen wir uns daher zunächst die wichtigsten Schlüsselparameter eines Displays an. Dies sind Detailauflösung, Spitzenleuchtdichte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

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

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

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

Display Response Time Analyzer DRTA



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

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

Nehmen wir an der Punkt hat sich in der realen Vorlage in 5 Sekunden von der linken zur rechten Bildschirmseite bewegt, eine Bewegungsgeschwindigkeit die bei

Fernsehaufnahmen nicht ungewöhnlich ist. Wenn wir ein LC-Display mit voller HDTV Auflösung betrachten besitzt dieses 1920 Pixel (Bildpunkte) pro Zeile.

Display Response Time Analyzer DRTA

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

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

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

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

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

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

Wie ist dies zu erklären? Eine grundlegende Eigenschaft des menschlichen Sehsystems ist die Scheinbewegung, bekannt als „Phi-Phänomen“. Mit diesem Begriff wird die Wahrnehmung einer nicht existierten Bewegung bezeichnet und wurde erstmals 1912 von Max Wertheimer, dem Begründer der Gestaltpsychologie, beschrieben. Das „Phi-Phänomen“ wird im Labor gewöhnlich mit sehr einfachen Mitteln untersucht. Man benötigt lediglich zwei Lichter, die automatisch so geschaltet werden können, dass kurz nach dem Erlöschen des einen das andere Licht angeht. Was man sieht – vorausgesetzt, der räumliche Abstand zwischen den Lichtern und die Zeitintervalle zwischen ihrem Aufleuchten stimmen – ist ein „einzelnes“ Licht, das sich scheinbar zwischen den aufleuchtenden Lichtern hin- und herbewegt. Diese Phi-Bewegung lässt sich einfach mit der Annahme erklären, dass das Auge-Netzhaut-Gehirn-System Lücken toleriert, sofern die Sprünge in Raum und Zeit nicht zu groß sind (nach Gregory L., Auge und Gehirn, Psychologie des Sehens).

Damit lässt sich nun ein Erklärungsmodell entwickeln, warum im Fall der Bildröhre das Gehirn gewissermaßen aus den Einzelpunkten der Abb.4 eine kontinuierliche Bewegung „errechnen“ kann, die wir auch bewusst wahrnehmen. Diese Tatsache ist umso interessanter, da unser optisch-elektrischer Wandler im Auge (Netzhaut, Stäbchen, Zäpfchen) sehr träge ist und nur Vorgänge im 20 bis 30 tausendstel Sekunden Abstand unterscheiden (auflösen) kann. Fälschlicherweise wird dies meist als Erklärung angeführt, wenn die Bewegungsempfindung bei Kino und Fernsehen erklärt werden soll. Dieser Effekt ist vielmehr für den „Tiefpasscharakter“ des

Display Response Time Analyzer DRTA

Systems Auge verantwortlich, wir sehen ab 70 Bildern pro Sekunde kein Flimmern oder Flackern mehr. Deswegen wurde bei den mechanischen Kinoprojektoren die Umlaufblende und bei den Röhrenfernsehgeräten die 100 Hz-Technik eingeführt.

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

Geschaltete Hintergrundbeleuchtung (Backlight Scanning).

Die bisher umgesetzte Technik der geschalteten Hintergrundbeleuchtung mittels HCFL-Leuchtstoffröhren (Hot Cathode Fluorescence Lamp) wurde nur kurze Zeit eingesetzt. Kosten und Lebensdauer sprachen gegen den generellen Einsatz. Die üblichen in LC-Displays eingesetzten CCFL-Leuchtstoffröhren (Cold Cathode Fluorescence Lamp) lassen sich nicht in der erforderlichen Frequenz schalten. Der durch diese Dunkelphasen auftretende Helligkeitsverlust muss durch eine höhere Spitzenleuchtdichte der HCFLs ausgeglichen werden.

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

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

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

Dies ist die Königsklasse der Techniken zur Beseitigung der Bewegungsunschärfe bei LC-Displays. Hierbei wird die Bildfrequenz auf 100 HZ verdoppelt und in die entstandenen Lücken wird eine neu errechnete Bewegungsphase eingefügt. Erst durch den Einsatz von modernen, sehr schnellen und hochleistungsfähigen Videosignalprozessoren konnte diese Technik auch bei HDTV LC-Displays (HDready1080p) eingesetzt werden.

Display Response Time Analyzer DRTA

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

Wie wir schon in Abb.3 gesehen haben bleibt auch in Abb.5 der Punkt für die Dauer eines Bildes (Frame) an derselben Stelle stehen. Die Zeitdauer des Bildes ist aber von 20 Tausendstel Sekunden (50 Hz) auf 10 Tausendstel (100 Hz) verkürzt.

Während der Dauer T-Bild 1* in Abb.5 wird eine neu errechnete Bewegungsphase eingefügt.

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

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

Die Distanz des Punktes von Bild zu Bild ergibt sich nun mit T Bild 1/1000 Sekunde (100 Hz): $s (\text{Punkt Bild1 zu Bild1*}) = v (\text{Punkt}) * t (\text{Bild}) = 384 \text{ Pixel/sec} * 1/100 \text{ sec} = 3,8 \text{ Pixel}$.

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

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

Wir sehen dass der wahrgenommene Verschmierungseffekt im Vergleich zur üblichen 50 Hz Bildfrequenz halbiert und damit bei normalen Betrachtungsabständen nicht mehr erkennbar ist.

Display Response Time Analyzer DRTA

2.4 Schwarzwiedergabe beim LCD

(Quelle: Konrad L. Maul / Grundig / Datum: 31.07.2008)

Das LC-Display basiert auf dem Lichtventilprinzip, d.h. die Hintergrundbeleuchtung ist fortwährend eingeschaltet und die Helligkeitssteuerung erfolgt durch die Flüssigkristalle. Dieses Lichtventilprinzip hat aber zur Folge, dass im dunklen Raum noch geringfügiges Restlicht zu sehen ist. Zur Verbesserung der Schwarzwiedergabe wurden nun Regelschaltungen eingeführt, die abhängig vom Bildinhalt die Hintergrundbeleuchtung dunkel steuern. Dies verbessert zwar die Schwarzwiedergabe, reduziert aber den Kontrastumfang des Bildes, denn die hellen Stellen müssen zwangsläufig dunkler werden wenn die Hintergrundbeleuchtung abgeschwächt wird. Abhilfe wird hier in Zukunft die LED Hintergrundbeleuchtung mit lokaler Dimmung (local dimming) bringen. Da sich zwei Millionen LEDs, also für jedes Pixel eine LED, sowohl aus wirtschaftlichen als auch aus räumlichen Gründen nicht realisieren lassen, teilt man das Bild in LED-Blöcke auf. Beispielsweise wurden in einer Realisierung 64 Blöcke mit je 10 LEDs gewählt also insgesamt 640 LEDs.

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

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

Display Response Time Analyzer DRTA

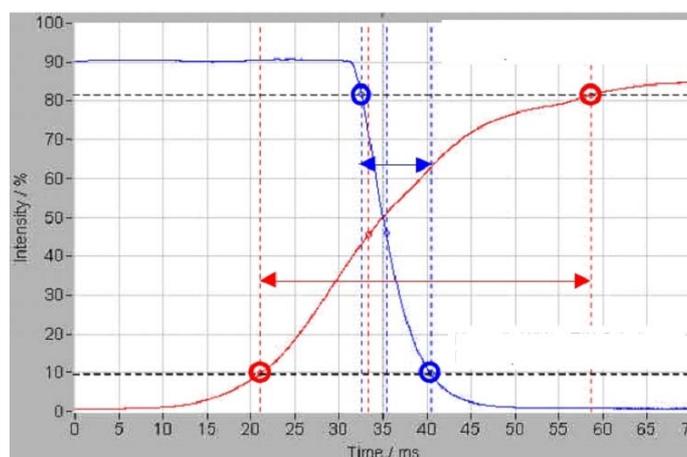
2.5 Schaltzeiten eines LCDs

Die Flüssigkristalle im LCD verhalten sich wie Blenden, die abhängig von der Stellung der Kristalle mehr oder weniger Licht durchlassen. Bei LCDs mit einer 8-Bit Technologie sind insgesamt 2^8 (256) verschiedene Abstufungen möglich. Die Bewegung der Kristalle benötigt eine bestimmte Zeit, die als Schaltzeit, Reaktionszeit oder Ansprechzeit bezeichnet wird.

Gemäß dem internationalen Standard ISO 13406-2 wird für die Angabe der Schaltzeit lediglich der Schwarz-Weiß-Schwarz-Wechsel gemessen. Jedoch entstehen die wenigsten bewegten Bilder durch pure Schwarz-Weiß-Schwarz-Wechsel. Die meisten Bildübergänge sind durch unterschiedlichste Grau- und Farbtöne gekennzeichnet. Insofern ist die Messvorschrift nach ISO 13406-2 eher realitätsfern.

Die neue Norm ISO 9241-300 erneuert diesen alten Standard. Ein wichtiger Bestandteil der Norm 9241-300 ist die Messung der Bildaufbauzeiten (Response Time) auch für unterschiedliche Grauegel. Der hier beschriebene DRT-Analyzer ist optimal für solche Anwendungen geeignet. Da die realen Bildaufbauzeiten zwischen den Grauegel meist viermal so lange dauert als von Weiß auf Schwarz, kommt dieses Gerät besonders zur Geltung, da es ebenfalls Messungen der Schaltzeiten von den verschiedenen Grauegeln untereinander zulässt.

Folgendes Diagramm zeigt einen gemessenen zeitlichen Verlauf der Leuchtdichte eines LC-Displays beim Schalten zwischen Weiß und Schwarz und umgekehrt. Die blaue Kurve stellt den Ausschaltvorgang des Displays dar. Ausschalten bedeutet eine Reduktion der Ansteuerspannung am LCD. Die rote Kurve zeigt den Einschaltvorgang des Displays. Einschalten bedeutet eine Erhöhung der Ansteuerungsspannung am LCD. Auf der X-Achse ist die Zeit aufgetragen, auf der Y-Achse die Helligkeit bzw. Leuchtdichte in Prozent.



Schwarz-Weiß-Schwarz Schaltzeiten

Display Response Time Analyzer DRTA

Der Wettbewerbsdruck zwingt die Display-Hersteller immer schnellere Schaltzeiten der Displays zu erreichen. Da die Schaltzeit von Weiß auf Schwarz am kürzesten dauert, geben die Hersteller in deren Spezifikationen von Displays lediglich diese Schaltzeit an. Allerdings wäre es seriöser, zusätzlich zur eigentlichen Schaltzeit die Homogenität der insgesamt möglichen Schaltzeiten zu berücksichtigen, auch die durch unterschiedliche Grau- und Farbtöne gekennzeichneten Bildübergänge. Leider geben Datenblätter von Fernsehgeräten darüber jedoch keine Auskunft. Da hilft dem Anwender unser Display Response Time Analyzer wirklich weiter, der zusätzlich die Schaltzeiten der verschiedenen Grautöne untereinander ausmisst. Nur so ist eine reale und professionelle Displaybeurteilung der Schaltzeiten gewährleistet.

Bei LCDs gilt die Schaltzeit heute als Maßstab dafür, wie gut das Display schnell bewegte Szenen wiedergeben kann. Die Wiedergabe schneller Bewegungen gelingt aktuellen Flüssigkeitsbildschirmen im Vergleich zu früheren LC-Displays ausgesprochen gut. Man erinnere sich nur an ältere Notebooks, auf denen schon der bewegte Mauszeiger heftige Schlieren zog. Auch die ersten LCD Fernseher zeigten bei der Wiedergabe schneller Bildsequenzen, etwa während einer Fußballübertragung ein eher mäßiges Bild, weil in den meisten Fällen die Schaltzeit zu langsam ist. Der Ball sieht dann speziell bei schnellen Bewegungen einem Komet mit unscharfen Kanten ähnlich. So etwas gelingt den Displayherstellern heute deutlich besser. Aufgrund der Impuls-Darstellung durch den Elektronenstrahl der CRT-Röhre halten die LCD Schirme dieser Technologie aber immer noch nicht Stand.

Das liegt nur zum Teil an der Displaycharakteristik. Schuld sind auch die Eigenschaften des menschlichen Auges: Wenn sich Objekte am Bildschirm bewegen, folgt das Auge unwillkürlich dieser Bewegung. Ändert sich der Bildinhalt dabei nicht mindestens mit der Geschwindigkeit des verfolgenden Blickes, entstehen im Auge Unschärfen an den Kanten des bewegten Objekts.

Zudem sind die Schaltzeiten von Displays stark verschiedenen Faktoren abhängig:

- Hintergrundbeleuchtung: Die Ansteuerung der Hintergrundbeleuchtung hat einen großen Einfluss auf die Schaltzeiten. Meist sind die Schaltzeiten ebenfalls von der Hintergrundbeleuchtungstechnologie (LCD, CCFL,...) abhängig.
- Overdrive bzw. Underdrive-Technik: Moderne LCD Bildschirme haben diese Techniken bereits integriert. Durch ein kurzzeitiges Anheben bzw. ein kurzzeitiges Verringern kann die Schaltzeit hierdurch verbessert werden.
- Beschaffenheit der Flüssigkristalle: Die Konstruktion der Flüssigkristalle im LCD spielt bei den Schaltzeiten ebenfalls eine nicht vernachlässigbare Rolle.

Display Response Time Analyzer DRTA

Die folgenden Abbildungen zeigen typische Unschärfen durch Bewegungsartefakte, die sich besonders bei schnellen Szenen etwa bei einem Fußballspiel bemerkbar machen.

Die erste Szene zeigt so gut wie keine Bewegungsunschärfen am Fußball, wie es so bei der CRT-Technologie etwa Standard ist.

Im zweiten Bild sind kleinere Unschärfen am Fußball zu erkennen. An den zwei Displays rechts (3 und 4) sieht man deutliche Bewegungsunschärfen am Fußball. Solche Artefakte treten vor allem bei LC-Displays ohne Verbesserung der Schaltzeiten auf. Dadurch resultiert auch die zunehmende Bewegungsunschärfe des Displays. Natürlich muss man hier auch die Eigenschaften des menschlichen Auges in Hinterkopf behalten: Wie bereits geschildert, reagiert das Auge annähernd linear auf Änderungen in der Bewegung. Bitte achten Sie bei folgender Abbildung auf den Ball, der in Bewegung mehr oder weniger starke Unschärfen zeigt.



CRT - "sehr gut"



mäßiges LCD - "ausreichend"



Mittelmäßiges LCD - "befriedigend"



Schlechtes LCD - "mangelhaft"

Direkter Vergleich der Bildqualität der Bewegungsunschärfe: CRT – LCD
(gut/schlecht)

Display Response Time Analyzer DRTA

2.6 Blickwinkelabhängigkeit beim LCD

Unter Blickwinkel bzw. Betrachtungswinkel versteht man den Winkel, unter dem das Display ein bestimmtes Kontrastverhältnis erreicht. Der Referenz-Kontrastwert wird bei der Angabe der Betrachtungswinkel spezifiziert.

Es gibt mehrere Testbilder zur Beurteilung der Winkelabhängigkeit eines Displays. Dazu finden Sie auf unserer Homepage www.burosch.de das „Angle View“ Testbild, das sich besonders gut für Blickwinkelbeurteilungen eignet.

Meist wird die Blickwinkelabhängigkeit bei LCD Fernsehgeräten oder anderen Anzeigen mit LCD Technologie gemessen.

Die ersten LC-Displays haben damals eine sehr große Blickwinkelabhängigkeit gehabt. Schon bei einem Blickwinkel von unter 30° hat man beträchtliche Kontrastrückgänge erkennen können. Besonders im Filmgenuss hat sich dies sehr negativ geäußert, da die meisten Filme ziemlich dunkel produziert werden und somit der Kontrastschwund deutlich zu erkennen war.

Dies hat sich jedoch durch die schnell voranschreitende Displayentwicklung drastisch verbessert. Aufgrund des Aufbaus der Flüssigkristalle und deren Eigenschaften kann der Blickwinkel bei einem LCD jedoch nicht beliebig groß gewählt werden.

Durch Anpassung des Produktionsprozesses kann der Betrachtungswinkel in fast alle Richtungen gedreht werden. Dadurch kann ein Display auf die Bedürfnisse des Kunden angepasst werden.

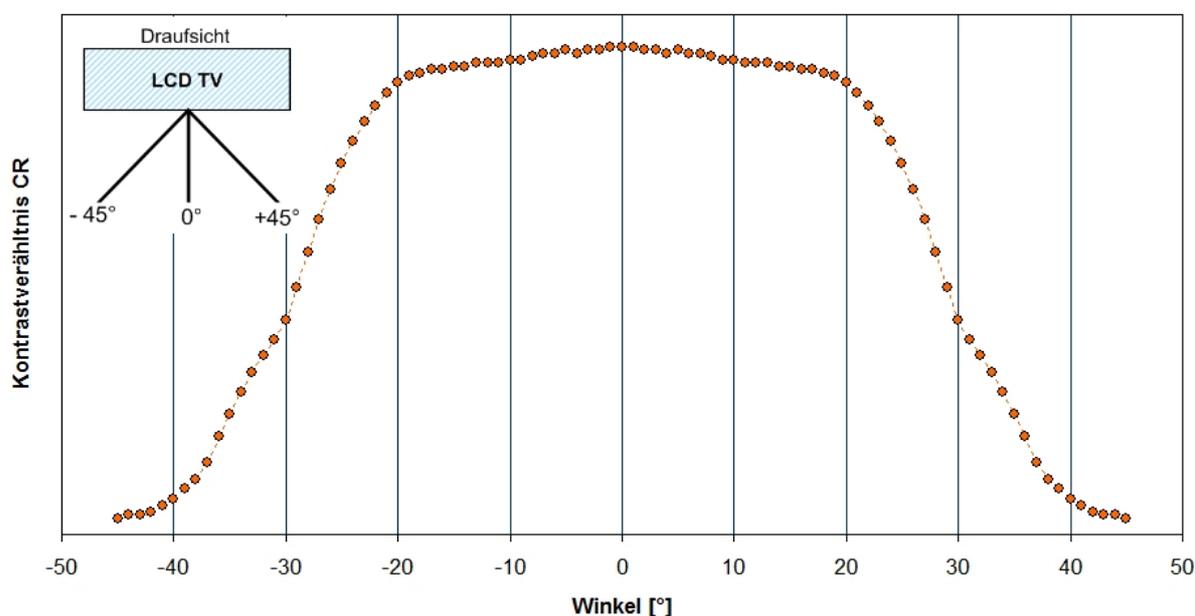
Auf der nächsten Seite sehen Sie ein Diagramm, welches das Kontrastverhältnis (auch CR: Contrast Ratio) in Funktion des Blickwinkels zeigt. Die Werte in diesem Diagramm wurden an einem beliebigen LCD gemessen und zeigen somit lediglich einen verallgemeinerten Trend.

Display Response Time Analyzer DRTA

Folgendes Diagramm zeigt das Kontrastverhältnis (CR: Contrast Ratio) in Funktion des Blickwinkels.

Dieses Diagramm zeigt eine allgemeine Winkelabhängigkeit bei LC-Displays. Je nach Qualität des Displays und fabrikatabhängig kann die Kurve jedoch variieren.

Kontrastverhältnis in Winkelabhängigkeit (horizontal) für LC-Displays



LCD: Kontrastverhältnis in Funktion des Blickwinkels

Dieses Diagramm zeigt ein Messergebnis eines beliebigen LCD Fernsehgerätes. Man erkennt hier deutlich, dass der Kontrast - besser gesagt Kontrastverhältnis - mit zunehmendem Blickwinkel in horizontaler und auch vertikaler Ebene schwindet. Genauso verhalten sich die Helligkeit, die Farbechtheit und die Farbsättigung. Wie bereits erwähnt, spielt der Einfluss des Blickwinkels bei der LCD Technologie die größte Rolle – mehr als bei Plasma, Projektoren oder sonstigen Technologien.

Hinweis: Dieses Diagramm soll lediglich einen Trend zeigen. Selbstverständlich sind die Messwerte fabrikatabhängig individuell verschieden!

Display Response Time Analyzer DRTA

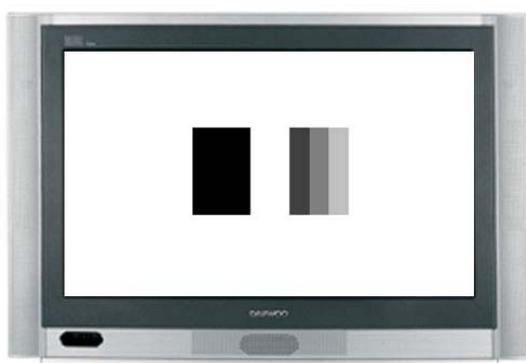
2.7 CRT und LCD im Vergleich

Bei der Darstellung bzw. Wiedergabe von bewegten Bildern bei normaler Umgebungs- und Betriebstemperatur ist die CRT-Technologie bisher noch uneinholbar.

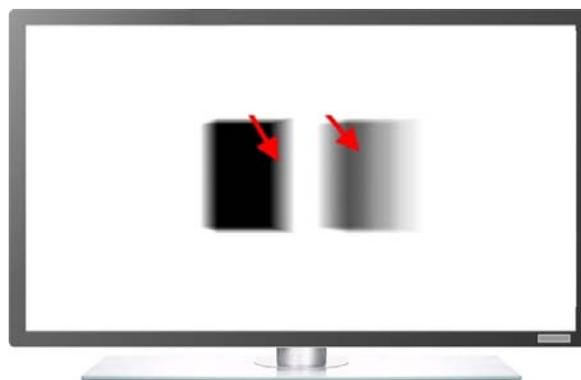
Die folgende Tabelle zeigt bewegte Bilder im Vergleich – links bei einem typischen Röhrenfernseher; rechts sehen Sie dieselben Bilder, wie sie auf einem LC-Display wiedergegeben werden. Das erste Bild zeigt ein Block, der sich in horizontaler Richtung hin und her bewegt, das zweite zeigt eine Realaufnahme von einem Fußballspiel. Bitte achten Sie darauf, wie die bewegten Objekte bei einem herkömmlichen LC-Display in unscharfe Strukturen ausbrechen (rot markiert).

Hersteller von Flachbildschirmen erreichen mittlerweile Schaltzeiten von unter 5 Millisekunden, dennoch bleibt die CRT-Technologie bislang das Maß aller Dinge bei der Darstellung schneller Bewegungen.

CRT (Cathode Ray Tube)
Impuls-Darstellung



LCD (Liquid Crystal Display)
Erhaltungsdarstellung



Display Response Time Analyzer DRTA

2.8 Vorteile der LCD Technik

- Geringe Leistungsaufnahme (ca. 200W) im Gegensatz zu Plasma (ca. 350W)
- Strahlungsarmut: LCDs strahlen keine Röntgenstrahlen und keine Magnetfelder ab.
- Helle Hintergrundbeleuchtung
- Absolut flimmerfreies, verzerrungsfreies, scharfes Bild
- Geringe Einbautiefe (ca. 10cm)
- Hoher Wirkungsgrad

2.9 Nachteile der LCD Technik

- Betrachtungs- bzw. Blickwinkelabhängigkeit
- Schwarzdarstellung
- Produktionsbedingte Pixelfehler
- Relativ lange Schaltzeiten gegenüber der CRT (Röhren-) Technik

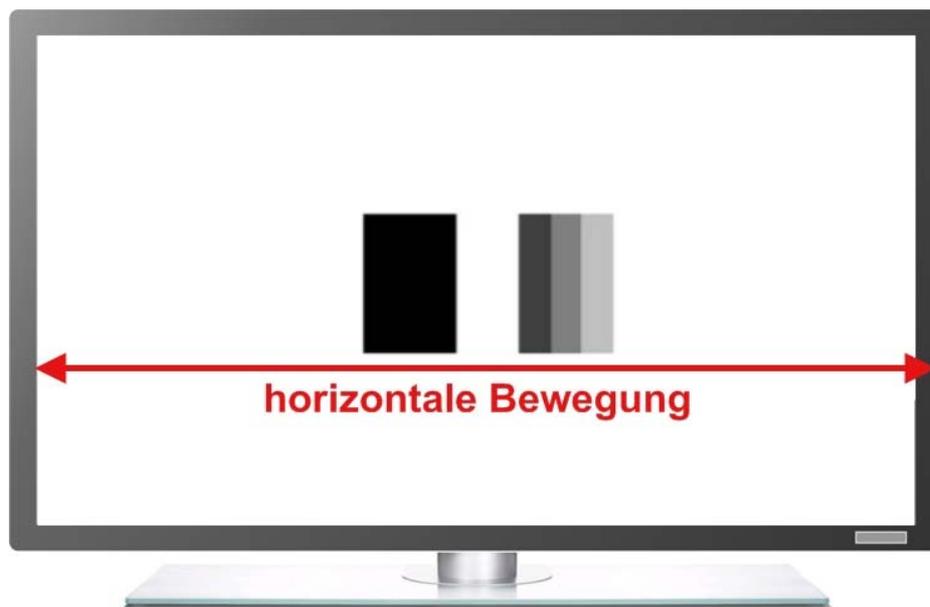
Um diese Probleme der langen Reaktions- bzw. Schaltzeiten besser analysieren zu können, stellen wir in dieser Dokumentation unser neu entwickeltes Gerät zur Schaltzeitenmessung vor, der Display Response Time Analyzer

Display Response Time Analyzer DRTA

Durch die konstruktiven Eigenschaften der Flachbildschirme verhalten sich Plasma und LC-Displays ohne Overdrive Technik bei der Wiedergabe von Bewegungen stark verschieden. Aufgrund der Herstellungsprozesse zeigen die Displaytechnologien schattige Nachziehartefakte, die durch die unterschiedlichen Schaltzeiten der einzelnen Farben begründet sind.

Besonders durch die Overdrive Technik bei LCDs sind solche nachziehende Schatten außerordentlich gut sichtbar und schon mit den Artefakten eines Plasma Displays vergleichbar, was sich letztendlich sehr störend im späteren Filmgenuss auswirken kann. Die Overdrive Technik birgt also auch ihre Nachteile.

Sie sehen nun ein Beispiel anhand eines horizontal hin und her bewegten Blocks. Die erste Abbildung zeigt den Block in optimaler Darstellung, wie er auch an typischen Fernsehgeräten mit Bildröhre (CRT) dargestellt wird:



Gute Darstellung der Bildqualität auf einem Standard LCD Fernsehgerät

Am oben gezeigten Block sehen Sie keinerlei Unschärfen oder Nachzieheffekte in Bewegung. Eine solche Darstellung ist normalerweise bei CRT-Fernseher üblich.

Auf der nächsten Seite sehen Sie die Wiedergabe dieses horizontal bewegten Blocks an einem PDP Plasma Display und einem LC-Display mit Overdrive Technik.

Bitte achten Sie dabei auf die unterschiedlichen schattigen Nachzieheffekte, die von ihrer Richtung abhängig sind.

Display Response Time Analyzer DRTA

2.10 Unterschied zwischen LCD und Plasma Technologie

Das nun folgende Bild zeigt denselben Block in Bewegung in horizontaler Richtung jeweils von rechts nach links und umgekehrt. Bitte achten Sie dabei auf die unterschiedlichen Schatten durch Nachzieheffekte, deren Farben und Wiedergabe stark von der Richtung abhängig ist.

Die Ursachen sind jedoch von Technologie zu Technologie verschieden.

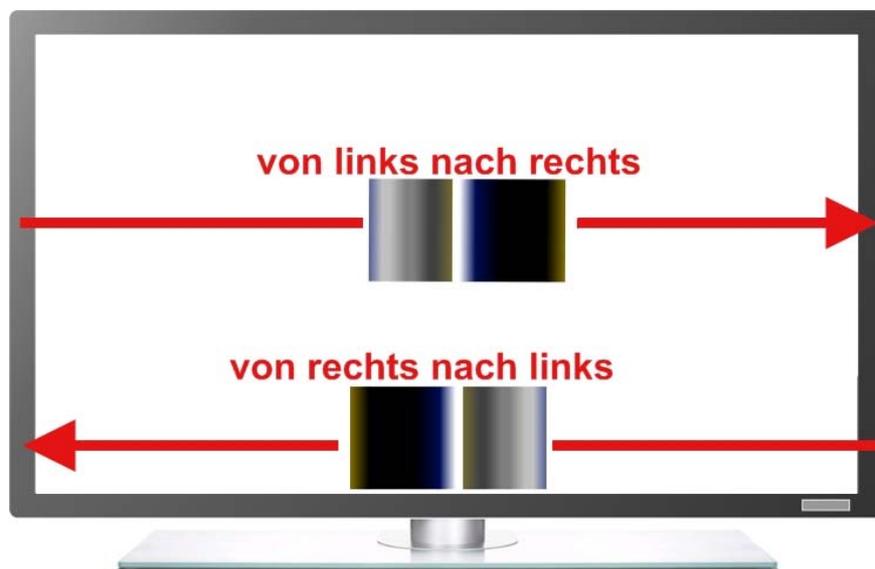
Ein Plasma Display hat eine sehr schnelle Schaltzeit und kann deshalb vernachlässigt werden. Schuld an den farbigen Nachzieheffekten beim Plasma ist der Nachlauf des Phosphors.

Bei einem LC-Display jedoch spielt die Schaltzeit der einzelnen Grundfarben Rot, Grün und Blau die wichtigste Rolle.

Selbstverständlich ist es fabrikatabhängig, welche Farben beim Nachziehen sichtbar werden. Im folgenden Beispiel bilden sich an den Rändern hinten blaue bzw. vorne gelbliche Schatten. Diese Tatsache weist auf eine Verzögerung der Einschaltzeit für Rot und Grün. Dies lässt sich folgendermaßen erklären: In Vorwärtsbewegung sieht man vorne am Block die Farbe Gelb (Additive Farbmischung aus Rot und Grün). Blau schaltet in diesem Fall früher um auf Schwarz als Rot und Grün. So erklärt sich der gelbe Rand in Vorwärtsbewegung jeweils vorne.

Durch die Bewegungen sind auch die 3 Graustufen nicht mehr auseinander zu halten. Sie verschwimmen, je nach Displaytechnologie mehr oder weniger stark zu einer grauen Fläche.

Hinweis: Die Abbildung ist eine schematisierte Darstellung, die lediglich den Trend zeigt



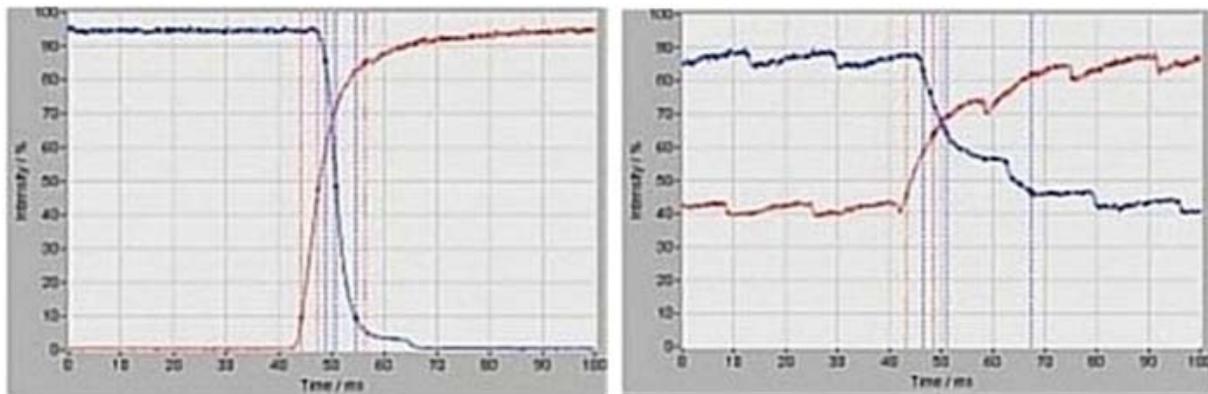
Blöcke bewegen sich von links nach rechts bzw. von rechts nach links

Display Response Time Analyzer DRTA

2.11 Ermittlung von realen Schaltzeiten

Wie bereits erwähnt, kommt es weniger auf die Schaltzeiten von „Weiß“ (RGB 255) nach „Schwarz“ (RGB 0) und umgekehrt an. Viel wichtiger sind die realen und aussagekräftigeren Schaltzeiten von verschiedenen Grauegeln untereinander, wie zum Beispiel von „RGB 192“ auf „RGB 128“ und umgekehrt. Bei solchen Messungen sieht man sofort die unterschiedlichen Schaltzeiten (folgende Abbildung). Da diese Reaktions- bzw. Schaltzeiten die Ansprechzeiten eines LCDs bei einem Filmgenuss am ehesten treffen, empfehlen ebenfalls die Berücksichtigung der Schaltzeiten zwischen unterschiedlichen Grauegeln.

Das Diagramm links zeigt den Ein- und Ausschaltvorgang von Weiß auf Schwarz und umgekehrt. Das rechte Diagramm stellt die reale Bildaufbauzeit zwischen zwei unterschiedlichen Grauegeln dar. Auf der X-Achse ist die Zeit aufgetragen, auf der Y-Achse die Helligkeit bzw. Leuchtdichte in Prozent.



Bildaufbauzeiten (Schaltzeiten): links Schwarz – Weiß - Schwarz;
rechts RGB 192 - RGB 128 - RGB 192

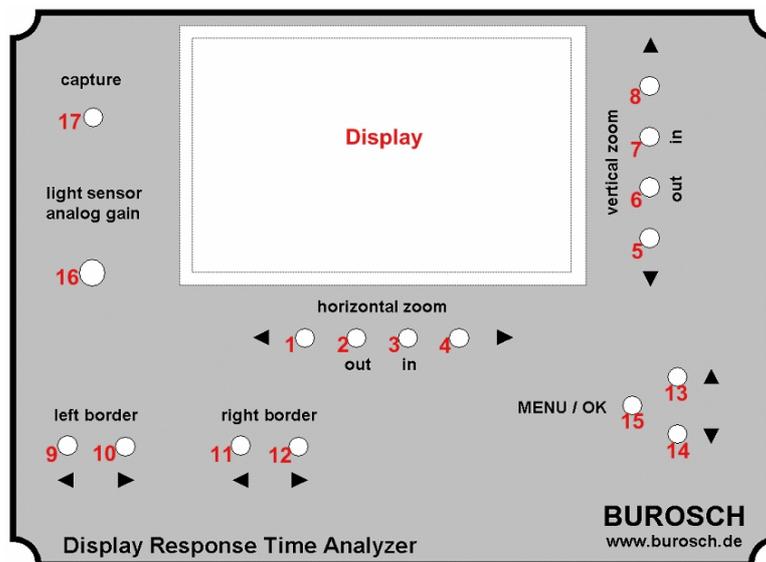
Man sieht hier deutlich, dass die Ein- bzw. Ausschaltkurve im rechten Diagramm um einiges flacher verläuft als im linken Diagramm. Dies beweist also, dass es für eine professionelle Untersuchung vielmehr auf die Messung der Schaltzeiten zwischen unterschiedlichen Grauegeln ankommt als „nur“ von Weiß nach Schwarz und umgekehrt, da in Filmszenen fast nie von komplettem Weiß nach Schwarz geschaltet wird.

Für diesen Zweck haben wir den Display Response Time Analyzer entwickelt, der die Reaktionszeiten eines LCDs für verschiedene Grauegel misst und die ausgemessenen Werte der Umschaltzeit auf dem Display darstellt sowohl als auch auf einer SD-Karte sichert. Die gespeicherten Werte können dann ausgewertet werden.

Display Response Time Analyzer DRTA

3 Display Response Time Analyzer (DRTA)

3.1 Technische Informationen



Schematische Darstellung des DRT-Analyzers

Das Gerät weist folgende Bedienelemente auf (Taster):

- | | |
|---------------------------|------------------------------|
| 1: scroll left | 10: left border shift right |
| 2: horizontal zoom out | 11: right border shift left |
| 3: horizontal zoom in | 12: right border shift right |
| 4: scroll right | 13: menu up |
| 5: scroll down | 14: menu down |
| 6: vertical zoom out | 15: menu ok |
| 7: vertical zoom in | 16: analog light sensor gain |
| 8: scroll up | 17: capture |
| 9: left border shift left | |

Allgemeines:

- Größe: Breite 20mm x Höhe 20mm x Tiefe 10mm
- Gewicht: ca. 1.000 g
- Versorgungsspannung: externes Steckernetzteil 230V AC → 12V DC / 1A
- Umschaltung über Taster

Display Response Time Analyzer DRTA

3.1.1 Beschreibung

Das Gerät dient zum Messen der Zeitdauer von Helligkeitsumschaltvorgängen an LCDs. Der externe Helligkeitssensor wird auf der Sensorfläche des zu prüfenden Gerätes. Ein starker Anpressdruck ist unbedingt zu vermeiden. Ein Umschaltvorgang des Bildschirms wird vom Gerät automatisch erkannt, der Helligkeitsverlauf in einem Diagramm aufgezeichnet und automatisch eine linke und rechte Grenze gesetzt, deren Differenz wiederum der Zeitdauer des Umschaltvorgangs entspricht. Jeweils der Zeitpunkt der beiden Grenzen sowie deren Differenz werden im Gerätedisplay angezeigt. Die Grenzen können vom Benutzer manuell korrigiert werden. Über drei Betriebsparameter kann die Auslösetriggerschwelle, die Position der Kurve im Diagramm sowie die Triggerschwelle zur Erkennung der Grenzen eingestellt werden.

3.1.2 Funktionsprinzip

Das Gerät ist in der Lage, Helligkeiten in einem Zeitfenster von 100 Millisekunden mit 0,1 Millisekunden Auflösung zu erfassen. Da beim Erkennen eines Umschaltvorgangs dieser jedoch bereits begonnen hat und so nicht mehr vollständig erfasst werden könnte, geht das Gerät folgendermaßen vor: Sobald der „Capture“-Taster [17] gedrückt wurde, erfasst das Gerät 10000 Helligkeitsmesswerte pro Sekunde in einem Ringpuffer von 1000 Einträgen, von denen jeweils der älteste überschrieben wird. Wird nun die Helligkeits-Triggerschwelle überschritten - also ein Umschaltvorgang erkannt - so verwendet das Gerät die vor dem Triggerereignis bereits aufgezeichneten Messwerte für das Diagramm, um resultierend die vollständige Kurve des Umschaltvorgangs zu erfassen.

3.1.3 Betriebsparameter

Das Gerät verfügt über drei Betriebsparameter, die vom Benutzer über das Menü geändert werden können. Hierzu drücken Sie die Taste MENU/OK [15] und wählen mit den Pfeiltasten [14] und [13] den gewünschten Menüeintrag aus, der nach der Auswahl mit OK [15] wiederum mit den Pfeiltasten geändert und mit OK [15] bestätigt werden kann.

Measurement Start Trigger:

Legt fest, welche Helligkeitsdifferenz notwendig ist, um einen Umschaltvorgang des Bildschirms zu erkennen und damit die Aufzeichnung eines Diagramms auszulösen. Sinnvolle Werte sind 5..30 relative Helligkeit.

Pre-Capturing Time:

Legt fest, wie viele Millisekunden vor dem Erkennen des Umschaltvorgangs bereits mit der Aufzeichnung des Diagramms begonnen werden soll. Sinnvolle Werte sind hier 20..50 Millisekunden, damit der Umschaltvorgang möglichst in der Mitte des Zeitfensters von 100 Millisekunden liegt.

Display Response Time Analyzer DRTA

Border Detection Trigger:

Wenn die Kurve bereits aufgezeichnet worden ist, müssen die beiden Grenzen b1 und b2 automatisch erkannt werden. Dieser Wert legt fest, welche Helligkeitsdifferenz vom linken bzw. rechten Rand des Diagramms notwendig ist, um Start- und Endposition des Umschaltvorgangs im Diagramm zu erkennen. Sinnvolle Werte sind 3..20 relative Helligkeit.

3.1.4 Messung

Um eine Messreihe aufzunehmen, halten Sie den Helligkeitssensor direkt auf das Sensorfeld und drücken Sie am Gerät den Taster „Capture“ [17]. Es erscheint der Capture-Bildschirm, der Auskunft über die aktuelle Helligkeit, die Triggerschwelle sowie die Differenz von der Anfangshelligkeit zur aktuellen Helligkeit gibt. Sobald ein Umschaltvorgang erkannt worden ist, wird die Kurve aufgezeichnet und sofort im Diagrammeditor dargestellt sowie passend skaliert. Die linke und rechte Grenze (b1 und b2) des Umschaltvorgangs werden automatisch erkannt und ebenfalls im Diagramm dargestellt. Am oberen Bildschirmrand wird jeweils die Zeitposition der ersten und zweiten Grenze sowie deren Differenz dargestellt, die der Zeitdauer des Umschaltvorgangs entspricht. Durch Drücken der Tasten [9] und [10] sowie [11] und [12] können die linke und rechte Grenze manuell verschoben werden. Um das Diagramm vergrößert zu betrachten, kann mit den Tasten [2], [3], [6] und [7] das Diagramm horizontal bzw. vertikal vergrößert und verkleinert werden und mit den Tasten [1], [4], [5] und [8] hin- und hergescrollt werden.

3.1.5 Drehpotentiometer „Analog Light Sensor Gain“

Um mit den 10 Bit Auflösung des AD-Wandlers eine möglichst große Dynamik zu erzielen, kann mit dem Drehpotentiometer die Empfindlichkeit des Helligkeitssensors eingestellt werden. Die Empfindlichkeit ist optimal eingestellt, wenn der Sensor bei weiß (RGB 255) des zu vermessenden Bildschirms einen Wert von ca. 800 anzeigt. Die Einstellung des Potentiometers ist unkritisch, bei falscher Einstellung wird lediglich die Kurve flacher, an der gemessenen Zeitdauer ändert sich jedoch nichts.

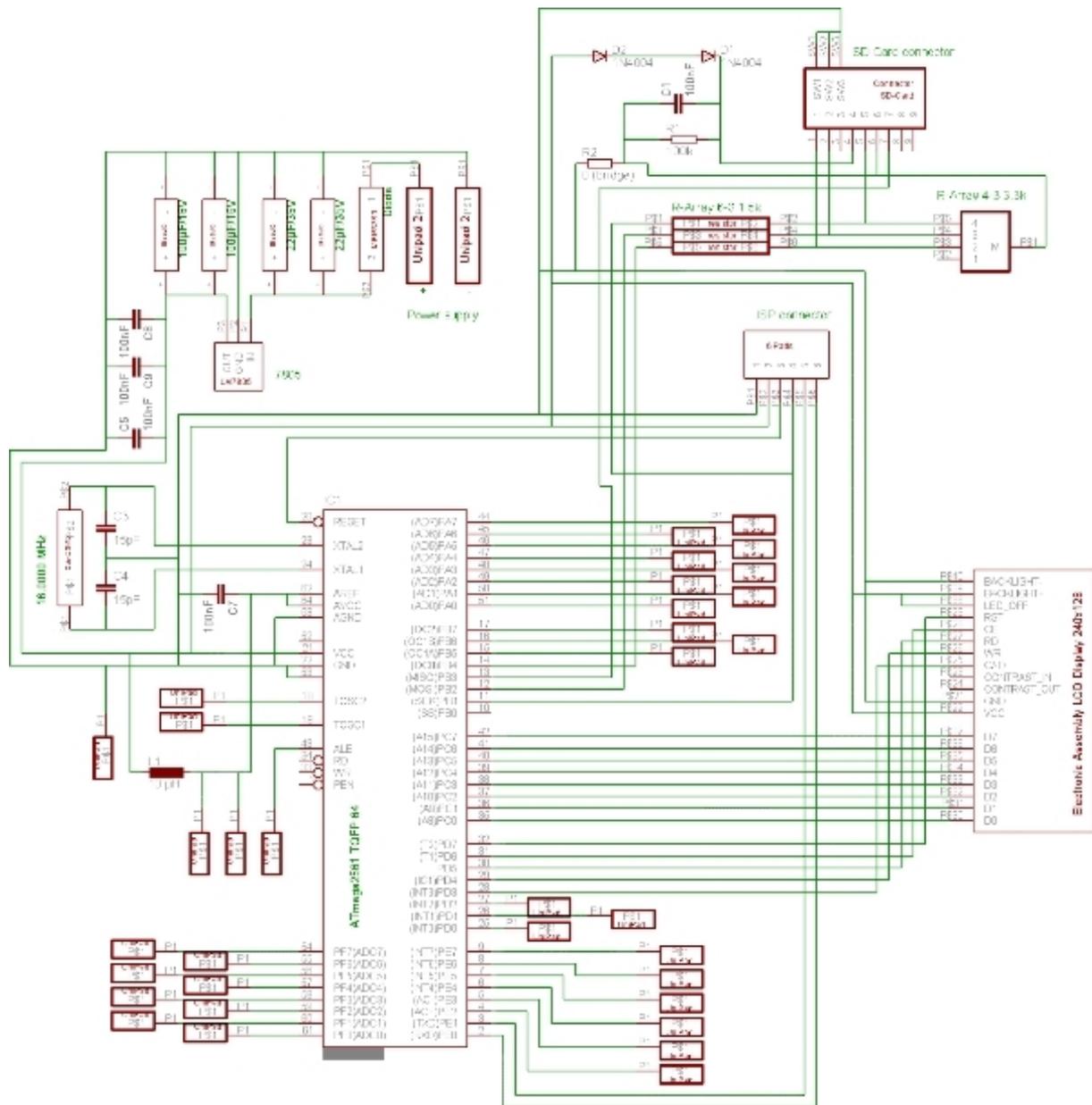
3.1.6 Lieferumfang

Im Lieferumfang ist folgendes enthalten:

- DRT-Analyzer
- Externes Steckernetzteil
- Optischer Sensor
- Referenzsequenz
- Bedienungsanleitung

Display Response Time Analyzer DRTA

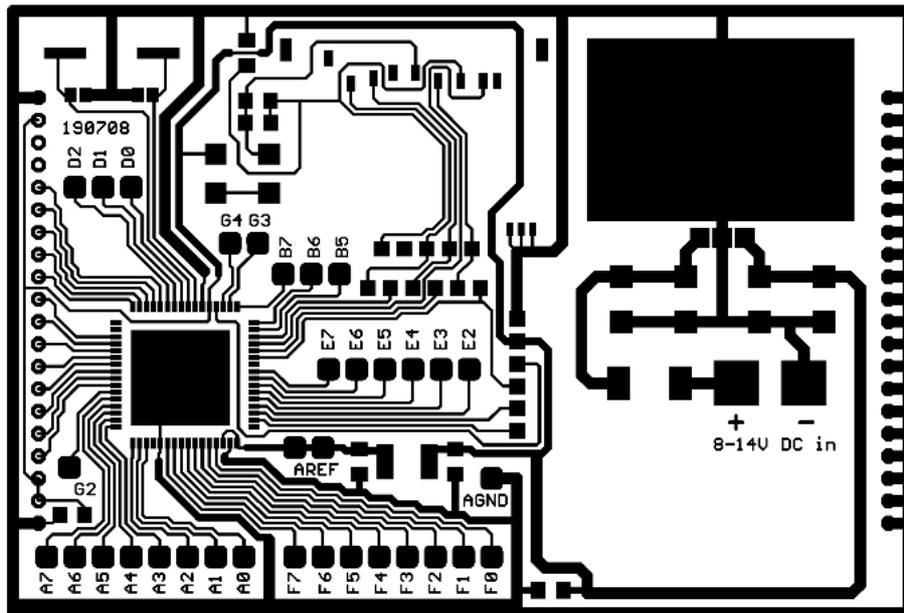
3.1.7 Schaltplan



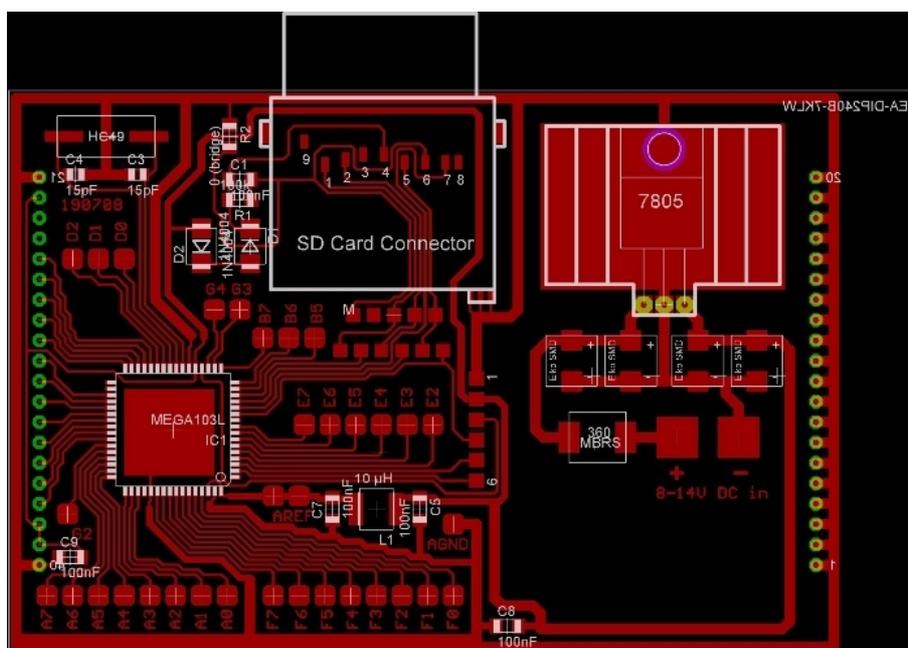
Schaltplan des DRT-Analyzers

Display Response Time Analyzer DRTA

3.1.8 Platinenlayouts



Platinenlayout des DRT-Analyzers

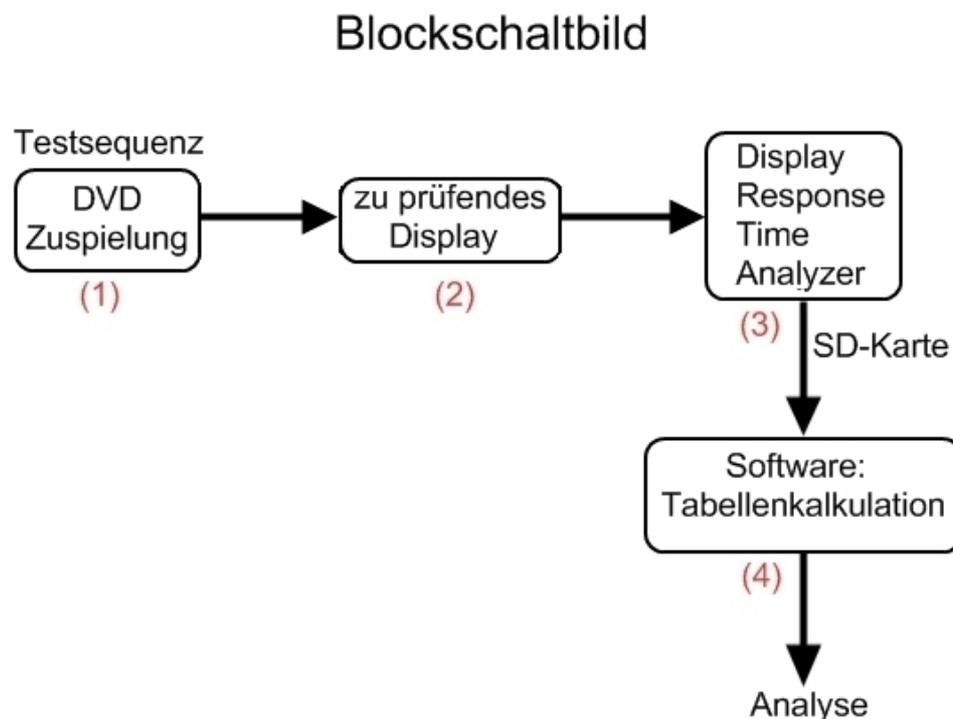


Platinenlayout des DRT-Analyzers

Display Response Time Analyzer DRTA

3.2 Blockschaftbild des Systems

Hier sehen Sie nun das grobe Blockschaftbild des gesamten Systems inklusive dem DRT-Analyzers.



Blockschaftbild des gesamten Systems

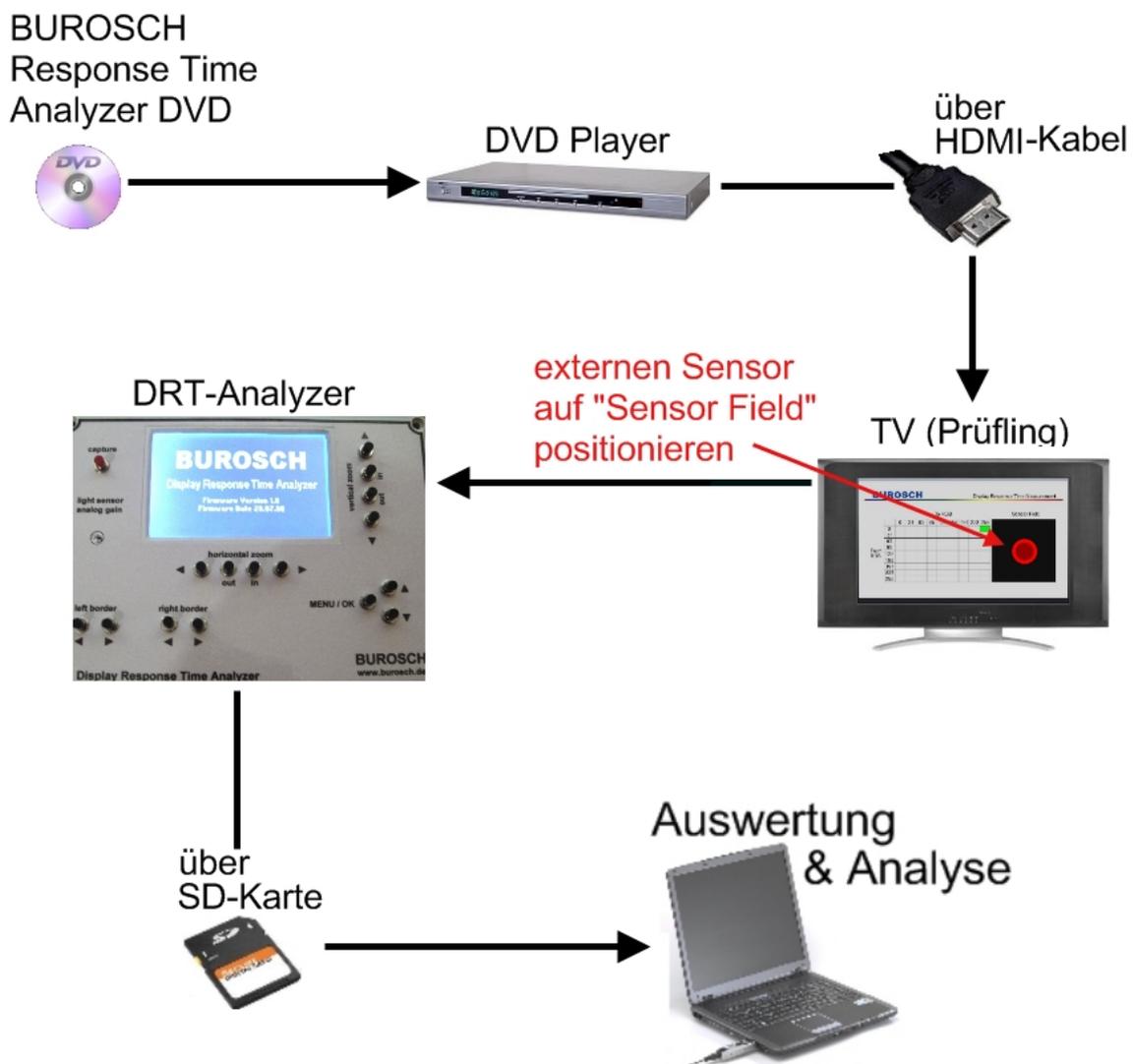
Das Quellmaterial bzw. die Testsequenz zur Reaktions- oder Schaltzeitermittlung befindet sich auf einer DVD (1). Diese Testsequenz wird nun über die BUROSCH Response Time DVD in das zu prüfende Display eingespielt (2). Um eine perfekte Bildwiedergabe zu ermöglichen, verbinden Sie das Display mit dem DVD Player wenn möglich über ein digitale Schnittstelle, etwa HDMI-Kabel. Anschließend werden die entsprechenden Schaltzeiten vom DRT-Analyzer bzw. von dessen optischem Sensor ermittelt (3). Die ermittelten Werte können nach der Messung optional per SD-Karte in eine Tabellenkalkulationssoftware überspielt werden (4) um somit bessere und aussagekräftigere Analysen zu ermöglichen.

Auf der nächsten Seite sehen Sie einen praxisnahen Messaufbau des kompletten Systems.

Display Response Time Analyzer DRTA

3.3 Messaufbau

Die folgende Abbildung zeigt eine praxisnahe Darstellung des Messaufbaus. Bitte beachten Sie hierbei, dass die einzelnen Elemente nicht maßstabsgetreu dargestellt sind.



Darstellung des Messaufbaus

Display Response Time Analyzer DRTA

3.4 Allgemeines

Der Display Response Time Analyzer misst insgesamt 72 unterschiedliche Schaltzeiten der folgenden Grauegeln bzw. RGB Werten untereinander aus:

- RGB 0 (Schwarz)
- RGB 31
- RGB 63
- RGB 95
- RGB 127 (50% Grau)
- RGB 159
- RGB 191
- RGB 223
- RGB 255 (100% Weiß)

3.4.1 Features

- Kontrastreiches, großes Anzeigedisplay (STN-Technologie), 12cm Diagonale
- Messwert kann direkt abgelesen werden
- Einfache Bedienbarkeit
- SD-Karten Anschluss
- Manuell verstellbare Messgrenzen vom Anwender

WICHTIG:

Vor Gebrauch des Gerätes sind die folgenden Punkte zwingend zu beachten und einzuhalten um ein korrektes Ergebnis zu erhalten:

- Optimale Betriebstemperatur: Zu prüfendes Display und das Messgerät mindestens 30 Minuten eingeschaltet lassen um somit auf die optimale Betriebstemperatur zu kommen.
- Umgebungslicht abdunkeln: Führen Sie bitte die Messungen in einem möglichst abgedunkeltem Raum durch.
- Umgebungstemperatur: Vergewissern Sie sich ob die Umgebungstemperatur einer angenehmen Zimmertemperatur von ca. 20°C bis 25°C entspricht.
- Sauberkeit: Achten Sie bitte auch, dass der Sensor des DRT-Analyzers sowie der Bildschirm des zu prüfenden Displays perfekt sauber sind.
- SD-Steckplatz: Überprüfen Sie, ob ihr Rechner eine funktionierende SD-Schnittstelle besitzt. Falls dies nicht der Fall sein sollte, schaffen geeignete Adapter von USB auf SD bzw. sogenannte „Cardreader“ Abhilfe.

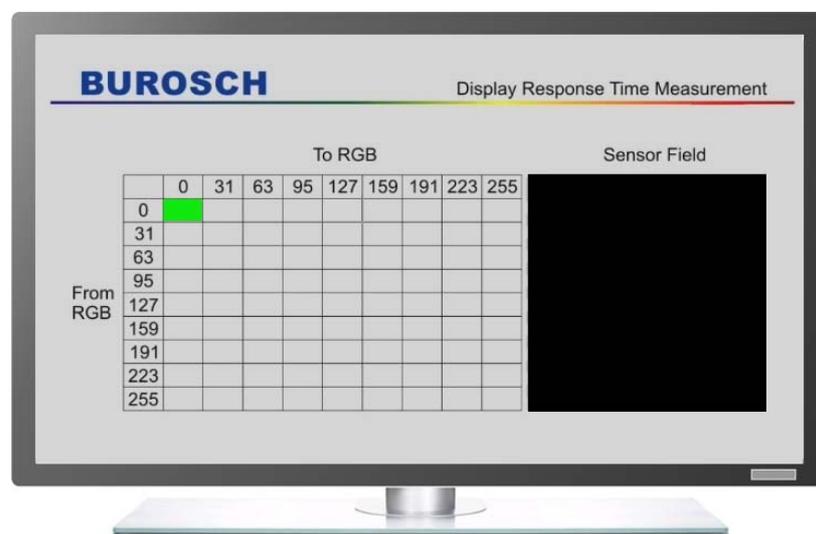
Auf den folgenden Seiten finden Sie nun die Bedienungsanleitung für das Messsystem.

Display Response Time Analyzer DRTA

3.5 Bedienungsanleitung

Hinweis: Zur Verdeutlichung sind manche Bereiche in Bildausschnitten (Screenshots) rot markiert. Bitte beachten Sie, dass diese Bereiche in der Originalsequenz jedoch nicht rot markiert sind!

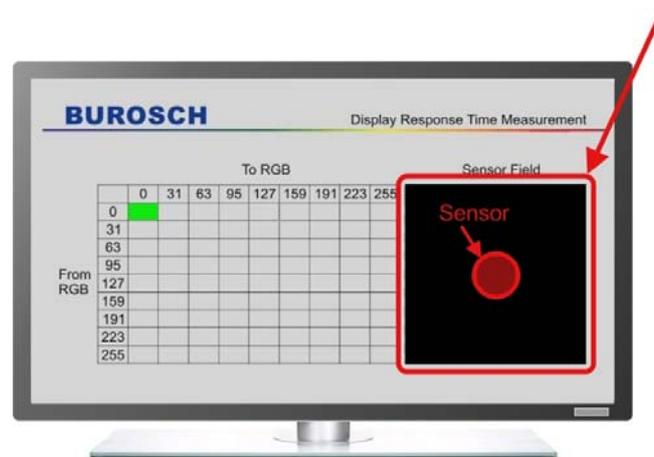
2. Vergewissern Sie sich zunächst bitte ob sämtliche Punkte aus der vorherigen Seite eingehalten sind.
3. Verbinden Sie Ihr DVD Player mit dem zu prüfenden Fernsehgerät wenn möglich über HDMI-Kabel oder eine sonstige digitale Schnittstelle um eine perfekte Bildqualität zu erzielen. Falls Sie kein geeignetes digitales Verbindungskabel parat haben, verwenden Sie optional den SCART-Anschluss.
4. Legen Sie die BUROSCH Response Time Analyzer DVD in Ihr DVD Player ein und warten Sie bis das folgende Bild automatisch auf dem zu prüfenden Display erscheint. Das Referenz Signal wird aus der DVD abgespielt. Somit sieht das zu prüfende Display wie folgt aus:



Startbildschirm

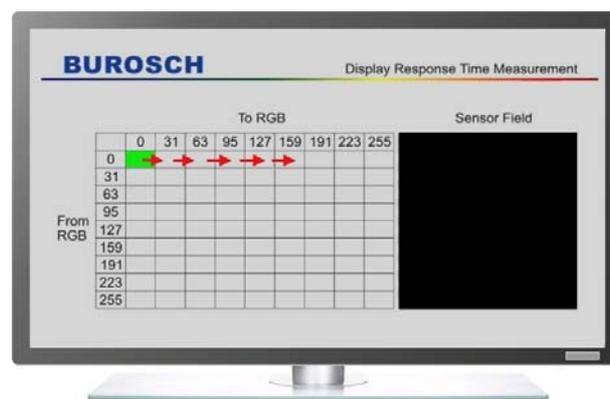
Display Response Time Analyzer DRTA

- Platzieren Sie den Sensor des DRT-Analyzers mittig auf das Sensorfeld (rot markiert in folgender Abbildung). Vermeiden Sie unnötigen Anpressdruck!



Sensor Field

- Drücken Sie „Start“ bzw. „Play“ auf der Fernbedienung Ihres DVD Players. Die Messung läuft: Das grün markierte Feld (links in der Wertetabelle) wandert nun alle 5 Sekunden selbstständig Reihe für Reihe, jeweils von links nach rechts (rote Pfeile in folgender Abbildung). Die Werte werden auf dem Display des DRT-Analyzers in Echtzeit angezeigt.

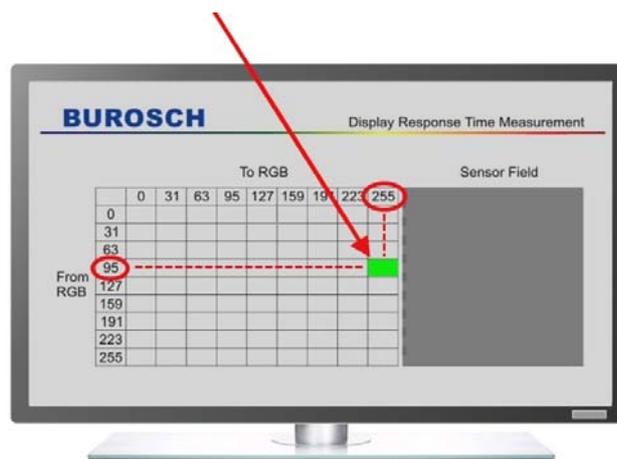


Messung läuft

Display Response Time Analyzer DRTA

In der linken Spalte der Wertetabelle (From RGB) sind die RGB Werte aufgetragen, von denen geschaltet wird. Über der Wertetabelle (To RGB) sind die RGB Werte aufgetragen in die jeweils geschaltet wird. Der Schaltvorgang pro RGB Paar dauert wie bereits gesagt 5 Sekunden. Dabei wechseln sich die Zustände zehnmal im 500 Millisekunden Rhythmus untereinander ab. Daraus wird der Durchschnittswert der Schaltzeiten ermittelt und in die SD-Karte übernommen. Da insgesamt 81 Felder zu prüfen sind, heißt das also, dass die komplette Messung sämtlicher Schaltzeiten in ca. 6 Minuten und 45 Sekunden beendet sein sollte.

Beispiel: Nach Betätigen der „Start“-Taste der Fernbedienung Ihres DVD-Players wandert das grüne Feld nun in regelmäßigen Zeitabständen. Nach 3 Minuten sollte also das Feld „From RGB 95“ auf „To RGB 255“ grün markiert sein (rot markiert in folgender Abbildung).



Referenzsequenz nach 3 Minuten

Nach Berechnung: $3\text{min} \times 60 = 180\text{sec}$; $180\text{sec}/5\text{sec}$ (pro Feld) = 36 → das 36. Feld ist also grün markiert. Das heißt, es findet gerade die Umschaltung zwischen RGB 95 und RGB 255 statt.

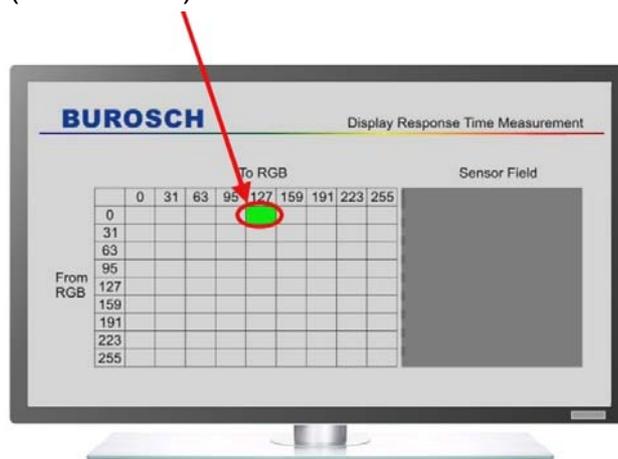
Nach der Messung nehmen Sie bitte die SD-Karte vorsichtig aus dem Gerät und verbinden diese mit Ihrem Desktop PC oder Notebook.

7. Die SD-Karte sollte nun als ein separates Laufwerk von Ihrem Rechner erkannt werden.
8. Nun können Sie die ermittelten Schaltzeiten in eine Tabellenkalkulation (z.B. Microsoft Excel) einbinden, daraus anschließend professionelle Beurteilungen durchführen und problemlos aussagekräftige Diagramme erstellen.
9. Der DRT-Analyzer zeigt nach der Messung auf dem Display eine Kurve (Helligkeit bzw. Leuchtdichte in Prozent in Funktion zurzeit in Millisekunden). Dank dem großen Display des DRT-Analyzers können die Messwerte auch direkt mit Hilfe des Gerätes analysiert werden.

Display Response Time Analyzer DRTA

3.5.1 Messablauf der Referenzsequenz

- Hier sehen Sie nun ein praktisches Beispiel der Messung anhand eines Bildausschnitts (Screenshot).



Screenshot der Referenzsequenz

Wenn das grüne Rechteck in der Wertetabelle nun die Position wie in dieser Abbildung eingenommen hat (rot markiert), bedeutet das also folgendes:

Die Pegel wechseln sich im „Sensor Field“-Testfeld zwischen komplettem Schwarz (From RGB 0) und mittlerem Grau (To RGB 127) zehnmal im je 500 Millisekunden Takt ab. Das „Sensor Field“-Testfeld ist also 500 Millisekunden maximal Schwarz und 500 Millisekunden mittelgrau (RGB 127) bzw. 50% Weiß dargestellt. Die folgenden Abbildungen zeigen eine Detailansicht des Sensor Fields während der Messung.



... plus weitere Referenzsequenzen

Messung läuft: Teilausschnitt der gesamten 6 Minuten dauernden Referenzsequenz

Hier wird der Vorgang der Messung praktisch verdeutlicht: Die Pegel (in diesem Beispiel RGB 0 und RGB 127) wechseln im 500 Millisekunden (ms) Takt zehnmal hin und her, bis das grüne Feld in der Wertetabelle eine Spalte nach rechts wandert. Dann beginnt das Ganze von vorne, nur mit dem Unterschied, dass diesmal von RGB 0 nach RGB 159 wieder zehnmal hin und her geschaltet wird. Dies geht dann durch bis schlussendlich von RGB 255 nach RGB 255.

Display Response Time Analyzer DRTA

Folglich sehen Sie einige Beispiele von Messungen inklusive jeweils der entsprechenden Wertetabelle. Die Referenz Testsequenz schaltet schrittweise voll automatisch zum nächst höherem Wert weiter.

- Beispiel: Messung erfolgt von RGB 31 nach RGB 191

		To RGB									
		0	31	63	95	127	159	191	223	255	
From RGB	0										
	31										
	63										
	95										
	127										
	159										
	191										
	223										
	255										

Messung von RGB 31 nach RGB 191

- Beispiel: Messung erfolgt von RGB 127 nach RGB 0

		To RGB									
		0	31	63	95	127	159	191	223	255	
From RGB	0										
	31										
	63										
	95										
	127										
	159										
	191										
	223										
	255										

Messung von RGB 127 nach RGB 0

- Beispiel: Messung erfolgt von RGB 223 nach RGB 255

		To RGB									
		0	31	63	95	127	159	191	223	255	
From RGB	0										
	31										
	63										
	95										
	127										
	159										
	191										
	223										
	255										

Messung von RGB 223 nach RGB 255

Display Response Time Analyzer DRTA

- Messung erfolgt von RGB 159 nach RGB 31

		To RGB									
		0	31	63	95	127	159	191	223	255	
From RGB	0										
	31										
	63										
	95										
	127										
	159										
	191										
	223										
	255										

Messung von RGB 159 nach RGB 31

- Messung erfolgt von RGB 191 nach RGB 95

		To RGB									
		0	31	63	95	127	159	191	223	255	
From RGB	0										
	31										
	63										
	95										
	127										
	159										
	191										
	223										
	255										

Messung von RGB 191 nach RGB 95

- Messung erfolgt von RGB 255 nach RGB 0

		To RGB									
		0	31	63	95	127	159	191	223	255	
From RGB	0										
	31										
	63										
	95										
	127										
	159										
	191										
	223										
	255										

Messung von RGB 255 nach RGB 0

Insgesamt sind es 81 individuelle Messungen. Da man jedoch Umschaltungen von zum Beispiel RGB 63 nach RGB 63 nicht messen kann, beträgt die Zahl der Messungen netto 72.

Display Response Time Analyzer DRTA

3.6 Praktisches Messbeispiel

In einer Tabellenkalkulation kann man nun aus den ausgemessenen Schaltzeiten, aussagekräftige Diagramme erstellen.

Die folgende Wertetabelle zeigt ein Beispiel der Schaltzeiten. Die Schaltzeiten sind jeweils in Millisekunden aufgetragen.

		To								
RGB Wert		0	31	63	95	127	159	191	223	255
From	0		12,97	11,39	9,80	10,09	10,06	10,11	10,12	9,70
	31	14,93		10,06	10,36	10,71	10,53	10,47	10,62	9,79
	63	8,45	12,45		10,60	11,18	10,84	10,09	10,47	10,12
	95	8,11	8,21	13,47		8,70	8,96	9,63	9,38	10,43
	127	8,71	8,28	7,53	15,97		8,85	10,83	9,31	9,08
	159	8,66	7,92	8,30	11,13	10,30		9,23	9,28	8,97
	191	8,10	8,23	7,73	10,49	13,83	14,41		8,22	9,85
	223	8,49	7,99	8,37	8,76	11,27	17,30	12,40		8,63
	255	8,22	8,31	8,13	8,54	10,39	11,57	16,29	8,57	

1. Wertetabelle inklusive Schaltzeiten. Absolute Zeit (in Millisekunden)

Aus den Schaltzeiten aus der obigen Tabelle kann man nun auch die relative Schaltzeit mathematisch ermitteln. Relative Schaltzeit bedeutet das Umschalten von nur einer Graustufe.

Nehmen wir das folgende Beispiel: Schaltzeit von RGB 31 nach RGB 0 beträgt absolut 14,93 ms. Die untere Wertetabelle zeigt den Wert 0,482 ms. Dies ist ein Durchschnittswert der Schaltzeit von nur einer Graustufe. Bedeutet in diesem Beispiel also folgendes: 31 – 0 ergibt 31 Schritte. Der Durchschnittswert der Schaltzeiten der einzelnen Schritte (z.B. von RGB 14 bis RGB 13) beträgt demnach ca. 0,482 Millisekunden. Dies versteht man unter der relativen Schaltzeit pro Graustufe.

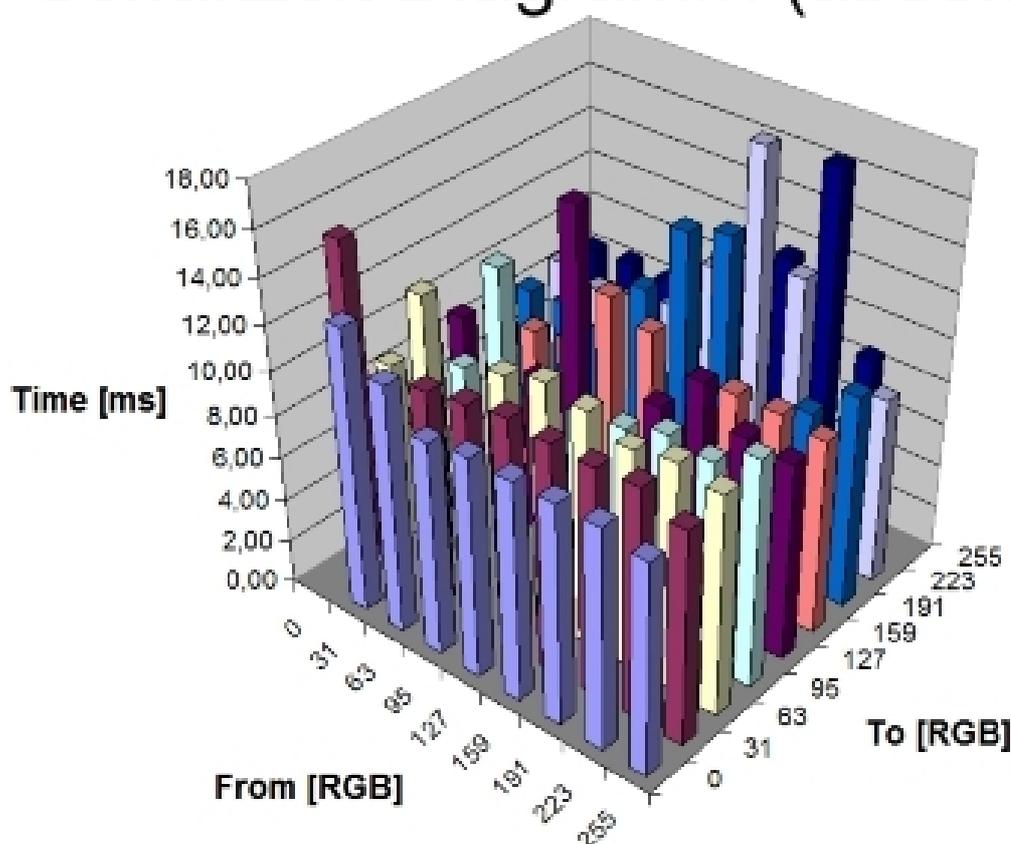
		To								
RGB Wert		0	31	63	95	127	159	191	223	255
From	0		0,418	0,181	0,103	0,079	0,063	0,053	0,045	0,038
	31	0,482		0,314	0,162	0,112	0,082	0,065	0,055	0,044
	63	0,134	0,389		0,331	0,175	0,113	0,079	0,065	0,053
	95	0,085	0,128	0,421		0,272	0,140	0,100	0,073	0,065
	127	0,069	0,086	0,118	0,499		0,277	0,169	0,097	0,071
	159	0,054	0,062	0,086	0,174	0,322		0,288	0,145	0,093
	191	0,042	0,051	0,060	0,109	0,216	0,450		0,257	0,154
	223	0,038	0,042	0,052	0,068	0,117	0,270	0,388		0,270
	255	0,032	0,037	0,042	0,053	0,081	0,121	0,255	0,268	

2. Wertetabelle inklusive Schaltzeiten. Relative Zeit (in Millisekunden)

Display Response Time Analyzer DRTA

Aus diesen Wertetabellen kann man schließlich diverse Diagramme erstellen. Das folgende Diagramm ist ein gängiges Schaubild und zeigt die jeweiligen absoluten Schaltzeiten (aus Wertetabelle 1) in Form von Balken. Je größer der Balken, desto länger dauert die Schaltzeit.

Schaltzeit Diagramm (absolut)



Schaltzeit Diagramm (absolute Werte)

Aus diesem Diagramm ist zu entnehmen, dass die vorderen Balken relativ stabil und gleichmäßig verlaufen. Nach Hinten verhalten sich die Balken im Vergleich zu den vorderen ziemlich instabil.

Grundsätzlich gilt: Je gleichmäßiger und kleiner die Schaltzeiten sind, desto besser ist schließlich das entsprechende Display.

Hinweis: Dies ist eine Beispielmessung eines Standard LC-Displays, Baujahr 2008 in der Preisklasse 1.000 Euro.

Display Response Time Analyzer DRTA

3.7 Fazit

Der DRT-Analyzer ist ein Messgerät, das zum Ausmessen und zur Analyse bzw. Dokumentation von Reaktionszeiten an LC-Displays dient. Mit Hilfe dieses Gerätes sind Sie in der Lage nicht nur die Schaltzeiten von Schwarz auf Weiß und umgekehrt zu ermitteln, sondern auch die Reaktionszeiten der Flüssigkristalle für unterschiedliche Grauegel untereinander.

Mit Hilfe des großen und gut ablesbaren Displays sind Sie in der Lage die ausgemessenen Werte in Form von Kurven direkt darauf darzustellen. Optional bietet ein SD-Steckplatz die Möglichkeit zur individuellen Anbindung an einen PC zur Übertragung der Werte in eine Tabellenkalkulation (z.B. Microsoft Excel).

Da die Hersteller in ihren Spezifikationen zu LCD Bildschirmen lediglich Daten zur Schaltzeit zwischen Schwarz und Weiß angeben, können Sie mit diesem Gerät genauere und realistischere Aussagen treffen sowie professionellere Beurteilungen zu den jeweiligen Reaktionszeiten ihres Fernsehgerätes durchführen.

Folglich ein Foto dieses Gerätes:



Foto des DRT-Analyzers

Hinweis: Abhängig von der Preislage und dem heutigen Stand der Technik können die Schaltzeiten von verschiedenen Graustufen untereinander sowie zwischen Schwarz und Weiß zum Teil deutlich variieren. Man kann also nie sagen, dass zum Beispiel eine Schalzeit von 3 ms von RGB 64 nach RGB 127 sehr gut, mittelmäßig oder schlecht ist. Es gilt daher allgemein die Berücksichtigung des entsprechenden Preis/Leistungs-Verhältnisses.

Display Response Time Analyzer DRTA

4 Impressum

Herausgeber dieser technischen Dokumentation für die Anwendung des Display Response Time Analyzers:

BUROSCH Audio-Video-Technik

Inhaber: Klaus Burosch, Steffen Burosch, Andreas Burosch

Techniker: Paul Gaukler, Eberhard Graf, Philipp Smoldas, Raphael Vogt

Sigmaringer Straße 20

70567 Stuttgart / Germany

Telefon: +49 (0)711 161 89 80

Telefax: +49 (0)711 161 89 81

eMail: info@burosch.de

Internet: www.burosch.de

VAT Nr.: DE147421720

Registriergericht: Stuttgart – Germany

Handelsregister Nr.: HRA 6322

Die Firma BUROSCH Audio-Video-Technik gewährleistet eine Garantie von zwei Jahren. Im Servicefall senden Sie bitte das Gerät direkt zu uns.

Wir übernehmen keine Haftung bei direkten und/oder indirekten Schäden, die bei nicht korrekter Anwendung dieses Gerätes auftreten.

Der Anwender erkennt unsere ihm bekannten Allgemeinen Geschäftsbedingungen an.

© Copyright 2008 All Rights Reserved

Ulrike Kuhlmann

Was lange währt

Displaynorm 9241-3xx endlich spruchreif

Die Normenreihe 9241-3xx beseitigt etliche Mankos des Displaystandards ISO 13406-2 und umfasst erstmals Displays für unterschiedlichste Einsatzgebiete.

Die internationale Standardorganisation (ISO) hat in der Norm 9241-3xx die Anforderungen an ergonomisch gestaltete Displays festgehalten. Sie gilt für Monitore ebenso wie für Fernseher, Beamer und große Anzeigetafeln, für Displays in Notebook, Handy und MP3-Player. Der Standard berücksichtigt die Displaytechniken LCD, DLP und Plasma und ist dank seiner Struktur leicht um neue Techniken erweiterbar. So hat die Kommission für organische Schirme (OLED) und Feldemissionsdisplays (SED, FED) bereits technische Reports erstellt, die künftig in den Standard eingehen werden. Diese Flexibilität stand beim Update der Norm im Fokus.

Die „alte“ Displaynorm 9241-3 hatte sich als sehr starr erwiesen. So waren mit Antritt der LCD-Technik in Monitoren Mitte der 90er schon einmal grundlegende Änderungen nötig – statt einer Norm-Erweiterung wurde die ISO 13406-2 geschaffen; die war allerdings nur auf Displays für Büroarbeitsplätze anwendbar. Beide Normen werden nun durch die Normenreihe ISO 9241-3xx ersetzt. Diese trat fast drei Jahre später als geplant in Kraft.

Der Standard beinhaltet bis dato sieben Teile. Teil 303 benennt die grundlegenden ergonomischen Anforderungen an ein Display – unabhängig von dessen Technik und Einsatzort. Für die Bewertung unterscheidet die neu gefasste Norm zwischen den beabsichtigten Einsatzgebieten eines Displays: An ein Monitordisplay für den Arbeitsplatz werden beispielsweise andere Anforderungen gestellt als an eines für Mobilgeräte, das in hellem Sonnenlicht verwendet werden soll. Die Hersteller sind deshalb aufgefordert, den

beabsichtigten Nutzungskontext für jedes Display vorab zu definieren. Anhand dieser Einordnung ergeben sich Anforderungsprofile, auf deren Basis der Teil 307 Bewertungskriterien für die aktuellen Displaytechniken (CRT, LCD, Plasma, Frontprojektion) auflistet. Anhand dieser Kriterien wird ein Display abgenommen oder abgelehnt.

Die wesentlichen Anforderungen ordnet der Standard acht großen Bereichen zu: Die Sehbedingungen (Betrachtungsabstand, Blickrichtung, Kopfneigung), die Leuchtdichte (Umgebungs- und Schirmhelligkeit, Reflexionen), spezielle physikalische Bedingungen (Temperatur, Regen, Erschütterung), visuelle Artefakte (Ausleuchtung, Winkelabhängigkeit, Farbabweichung, Verzerrungen, Pixelfehler, Flimmern) sowie Lesbarkeit (Kontrast, Zeichenhöhe und -abstand) und Wiedergabetreue (Farbtreue, Gamma, Schaltzeiten).

Bei den Schaltzeiten hat es wesentliche Änderungen gegenüber der Displaynorm 13406-2 gegeben: Es werden nunmehr außer den (für LCDs günstigen, aber wenig aussagekräftigen) Schwarz-Weiß-Wechseln auch die Schaltzeiten für Helligkeitsübergänge zwischen Grauwerten gemessen. Die Displayschaltzeit soll aus mindestens 20 Helligkeitswechseln gemittelt werden. LCDs für die Bewegtbildwiedergabe dürfen laut ISO eine Reaktionszeit von zehn Millisekunden nicht überschreiten – unter den günstigen Displays aus unserem aktuellen Vergleichstest (siehe S. 106) würde demnach keines für die Videowiedergabe taugen.

Außerdem erwartet die ISO, dass die Änderung der Schirmleuchtdichte, wenn diese

denn variabel ist, weder den Schwarz- und Weißpegel noch den Gammawert beeinflusst. Für Displays zur Realitätsabbildung – gemeint ist die Wiedergabe von Fotos oder Filmen beispielsweise auf LCD-TVs – wird dies explizit eingefordert; etliche aktuelle Displays halten sich leider nicht daran. Bei Displays für die Virtualitätsdarstellung – hierunter fallen beispielsweise Büromonitore für Text- und Grafikanwendungen – wird aus dem „darf nicht beeinflussen“ ein „sollte nicht“.

Die Entspiegelung der Displayoberfläche fordert die Norm mittelbar durch Angabe des minimalen Kontrastes unter dem für das spezifizierte Einsatzgebiet üblichen Umgebungslicht. So darf die Gesamtleuchtdichte durch den am Schirm reflektierten Lichtanteil bei einem Bürodisplay für die Virtualitätsdarstellung höchstens um ein Viertel über der Schirmleuchtdichte ohne externen Lichteinfall liegen. Bei einer für Büroarbeitsplätze typischen Beleuchtungsstärke von 500 Lux scheiden die Glare-Panels damit so gut wie aus.

Die relative Differenz zwischen Kontrastmaximum und -minimum in dem vom Hersteller definierten Blickwinkelbereich darf 50 Prozent nicht unterschreiten. Der maximale Einblickwinkel hängt außer vom Kontrastabfall auch von der Farbstabilität ab: Innerhalb des Einblickbereichs darf die Farbabweichung gegenüber der optimalen Blickrichtung $\Delta u'v' = 0,02$ nicht überschreiten. Beide Anforderungen zusammen dürften den unsinnigen Blickwinkelangaben von über 170 Grad bei Displays mit extremen Kontrastpeaks und stark winkelabhängigen Farben ein Ende setzen.

Neue Techniken

Den Messverfahren zur Ermittlung der Anzeigeeigenschaften und zur Überprüfung der technischen Spezifikationen von transmissiven, reflektiven und transflektiven LCDs, Plasmadisplays und Frontprojektoren widmen sich die Teile 305 und 306. Die Ergebnisse der Konformitätstests aus Teil 307 müssen in den Prüfprotokollen erscheinen, wenn die Hersteller ihre Displays mit dem Zusatz „gemäß ISO 9241-307“ auf den Markt bringen wollen. Endanwender dürfte vor allem ein Aspekt des Teils 307 interessieren: Er legt die Pixelfehlerklassen fest, also die Anzahl der defekten Pixel, ab der ein Display nicht mehr als normgerecht gilt und der Garantiefall eintritt. Dass die Hersteller lange um genau diesen Teil der Norm gerungen haben, liegt in der Natur der Sache.

Es gibt nun fünf statt zuvor vier Pixelfehlerklassen. Klasse 0 (keine Pixelfehler) soll laut ISO für Displays gelten, die zur Beurteilung von besonders kritischen Prozessen eingesetzt werden; dies wäre beispielsweise bei Displays für die Flugsicherung oder die medizinische Befundung der Fall. Für Monitore, Fernseher und Notebooks dürften die Klassen I und II relevant sein. Pixelfehlerklasse I wird ebenfalls zur Prozessbeobachtung und -beurteilung empfohlen – allerdings nur, wenn die Gefahr einer Fehlbeurteilung durch Pixelfeh-

Pixelfehlerklassen gemäß ISO 9241-307

Klasse	Fehlerart 1 ¹	Fehlerart 2 ²	Fehlerart 3 ^{3,4}		Häufung 1 ⁵	Häufung 2 ⁶
0	0	0	0	0	0	0
I	1	1	2	1	0	0
	1	1	1	3	0	0
	1	1	0	5	0	0
II	2	2	5	0	0	1
	2	2	$5 - 1 \times n_{II}$	$2 \times n_{II}$	0	1
	2	2	0	10	0	1
III	5	15	50	0	0	5
	5	15	$50 - 1 \times n_{III}$	$2 \times n_{III}$	0	5
	5	15	0	100	0	5
IV	50	150	500	0	5	50
	50	150	$500 - 1 \times n_{IV}$	$2 \times n_{IV}$	5	50
	50	150	0	1000	5	50

¹ n_I ist die Hälfte der stets dunklen Subpixel in der jeweiligen Fehlerklasse

² Displays ab 9,1 Zoll Diagonale: erlaubte Defekte pro 1 Millionen Pixel

³ Displays unter 9,1 Zoll und mit mehr als 250 000 Bildpunkten: erlaubte Defekte pro 250 000 Pixel

⁴ Displays unter 9,1 Zoll und mit weniger als 250 000

Bildpunkten: erlaubte Defekte für die gesamte Anzeige

⁵ mehr als 1 Defekt der Fehlerart 1 oder 2

⁶ mehr als 1 Defekt der Fehlerart 3

ler gering ist. Hier sind maximal fünf immer dunkle Subpixel oder(!) ein immer leuchtendes und drei immer dunkle Subpixel bezogen auf eine definierte Pixelanzahl erlaubt. In der Fehlerklasse Klasse II dürfen maximal zehn immer dunkle Subpixel oder(!) fünf immer hell leuchtende Subpixel vorliegen – oder eine Kombination aus beiden, also beispielsweise zwei immer helle und sechs immer dunkle Subpixel.

Die Fehlerklasse III erlaubt bereits 50 immer leuchtende Subpixel, weshalb sie fürs Büro (Monitore, Notebooks) und auch im TV-Bereich kaum in Frage kommt – die Fehlerklasse IV mit bis zu 500 immer hellen oder 1000 immer dunklen Subpixeln noch weniger.

Zusätzlich differenziert die ISO anhand der Schirmdiagonale und Auflösung: Die maximal erlaubte Anzahl von Pixelfehlern pro eine Million Bildpunkten gilt für Anzeigen mit Diagonalen über 9,1 Zoll. Ist das Display kleiner, hat aber mehr als 250 000 Bildpunkte, gilt die genannte Anzahl möglicher

Defekte pro 250 000 Pixel. Für kleinere Displays mit 640 × 480 Bildpunkten sind damit in Klasse I maximal 7 immer dunkle Subpixel erlaubt, in Klasse II höchstens 13. Bei einem Mobildisplay mit weniger als 250 000 Bildpunkten gilt die genannte Pixelfehleranzahl für das gesamte Display – ein 4"-LCD mit 320 × 240 Bildpunkten darf gemäß ISO also fünf immer dunkle Subpixel (Klasse I) beziehungsweise zehn dunkle Subpixel (Klasse II) aufweisen, bevor der Garantiefall eintritt.

Das bringt's

Die Anforderungen an die normierten Displays liegen höher als je zuvor. Der Anwender darf sich darüber freuen: Die von den Herstellern spezifizierten Schaltzeiten und Einblickwinkel werden mit dem reformierten Standard endlich realistischer. Durch die stärkere Ausdifferenzierung der Pixelfehlerklassen können nun auch Displays für unterschiedlichste Einsatzgebiete eingeordnet

werden, ohne dass sie gleich in die schlechteste Pixelfehlerklasse rutschen. Das sollte die Hersteller ermuntern, auch kleinere LCDs für Mobiltelefone, Navigationsgeräte oder Videoplayer gemäß ISO zu spezifizieren.

Die anwendungsübergreifende Standardisierung ist einer der wesentlichen Vorteile der neuen Displaynorm: Während sich ihre Vorgänger 13406-2 und die „alte“ 9241-3 ausschließlich auf Geräte für die Bürokommunikation – Displays für Monitore und Notebooks – bezogen, gilt die neue 9241-3xx auch für Consumer-Geräte, also für Fernseher und MobilDisplays. Ob ein Display den Anforderungen der ISO-Norm gerecht wird, sollte aus der Betriebsanleitung hervorgehen. Künftig soll solche Geräte auch der passende Aufkleber zieren. Bleibt zu hoffen, dass sich viele Hersteller an der neuen Norm orientieren und sie ähnlichen Erfolg hat wie ihr Vorläufer 13406-2. Beides hängt maßgeblich davon ab, wie stark die Displaynutzer den Standard akzeptieren und die Konformität einfordern. (uk)

Displaynorm geht erstmals über reine Bürogeräte hinaus

Wir befragten Stephan Scheuer vom TÜV Rheinland zur Displaynorm. Er ist für die ISO Obmann des nationalen Normungsausschusses für visuelle Anzeigen.

c't: Was war der Grund für die Verzögerung des Displaystandards?

Stephan Scheuer: Vom technischen Standpunkt aus ist die Norm seit etwa zwei Jahren fertiggestellt. Es gab aber Einsprüche gegen Anforderungen, die sich mit den Pixelfehlern und dem Glanz der Displayrahmen befassen. Experten aus Japan und vor allem USA haben hier interveniert.

Verabschiedet wurde die ISO-Norm schon im November letzten Jahres, jedoch nicht veröffentlicht. Sie ist sehr umfangreich und bevor ein Standard in Europa veröffentlicht werden kann, müssen die ISO-Sekretariate in Genf sämtliche Texte ins Französische und Deutsche übersetzen, die Dokumente untereinander abgleichen, sie verlinken und abschließend zum Druck freigeben.

Eine Herausforderung waren auch die vielen neuen Begriffe, die zunächst mit anderen Normen und Gremien aus dem Displaybereich abgeglichen werden mussten. Das Display-Glossar im Teil 302 der ISO ist dafür aus meiner Sicht ein einzigartiges und sehr umfangreiches Kompendium geworden.

c't: Was sind die wesentlichen Neuerungen des Standards?

Scheuer: Er bezieht sich nicht nur auf Bildschirme fürs Büro, sondern auch für andere Bereiche wie Kassenarbeitsplätze oder Fahrkartenautomaten.

Zudem werden jetzt außer künstlich erzeugten Informationsdarstellungen, soge-

nannten Artificial Images wie Tabellen oder Texten, auch Darstellungen berücksichtigt, die in der Realität existieren. Dazu gehören Landschaftsaufnahmen, Gesichter, also die Hauttonwiedergabe, und bewegte Bilder.

c't: Werden auch Consumer-Geräte genormt?

Scheuer: Der Standard zielt in erster Linie auf den B-to-B-Bereich, weil die Bildschirmarbeit in den Firmen über den ganzen Tag läuft. Aufgrund der höheren Belastung spielt der Arbeits- und Gesundheitsschutz dort natürlich eine größere Rolle als im Privaten. Längerfristig wird aber auch der Consumer-Bereich davon profitieren.

Doch wir haben bereits jetzt Bildschirme, die beide Bereich abdecken. Dazu zählen sogenannte Konvergenzgeräte, also kleine Fernseher mit 24 Zoll Diagonale und große Monitore bis 32 Zoll. Die Anforderungen an Farbwiedergabe und Homogenität und an mögliche Einblickrichtungen liegen bei den Displays für Reality-Imaging sehr hoch.

c't: Was haben die Anwender von der Norm?

Scheuer: Es gibt ja verschiedene Nutzergruppen, die alle im Standard berücksichtigt werden sollen. So findet beispielsweise der Arbeitswissenschaftler zum Thema Ergonomie und Arbeitsschutz sehr kompakte Informationen im Teil 303. Display-Einkäufer können ihre Geräteauswahl sehr konkret auf das geplante Einsatzgebiet abstimmen, weil in der Norm auch die Umgebungsbedingungen einbezogen sind. Auch dem Endanwender hilft das. Wer beispielsweise am Monitor vor allem in dunkler Umgebung spielen will, braucht kein gleißend helles Display. Und die Hersteller haben erstmals die Möglichkeit, für die unter-



schiedlichen Beleuchtungsverhältnisse und Anwendungen zielgerichtet Displays zu spezifizieren.

c't: Wer überprüft eigentlich, ob Displays normgerecht sind?

Scheuer: Testen können die Hersteller ihre Displays selbst, die Einhaltung der Norm prüfen akkreditierte Testlabore wie beispielsweise der TÜV Rheinland.

c't: Gibt es ein eigenes ISO 9241-3xx-Siegel?

Scheuer: Derzeit ist kein eigenes Zeichen geplant. Das kann sich natürlich ändern, wenn es der Markt ausdrücklich fordert. Das bestehende Ergonomiezeichen des TÜV Rheinland wird upgedated. Es soll auch signalisieren, ob ein Gerät für Reality- oder Artificial-Imaging geeignet ist.

c't: Was macht die Normenkommission jetzt?

Scheuer: Die Kommission beschäftigt sich mit dem Thema stereoskopische Displays, also 3D-Displays. Das wird sicher zwei Jahre in Anspruch nehmen und zunächst ein technischer Report erscheinen, der später in den Standard übernommen wird.