

Image Sticking von LCDs

Gert H. von Steinaecker, Hermann Leipold*, ABLE Design, München
Karlheinz Blankenbach, Hochschule Pforzheim

KURZFASSUNG

Auf Informationsanzeigen werden typischerweise statische Inhalte dargestellt. Bei emissiven Displays kommt es zu Burn In- und Differential Ageing, was die nutzbare Lebensdauer solcher Panels drastisch verringert. Auch bei LCDs wurden ähnliche Effekte, die als Image Sticking bezeichnet werden, beobachtet. Es wurden mehrere 15" und ein 30" AM LCDs mit speziell entwickelten Testbilder vermessen. Die kleinformatischen Displays zeigten auch nach mehreren Wochen Dauerbetrieb keine erkennbaren Effekte, das großformatige bereits nach wenigen Stunden.

Es wurde gezeigt, dass die Image Sticking-,Empfindlichkeit' bei diesem Panel Graustufen-unabhängig ist und das ‚Hängen-bleiben' am besten durch Ausschalten reduziert werden kann. Alle anderen untersuchten Methoden im eingeschalteten Zustand, wie z. B. Schwarz-Bild und Gegenfarbe, reduzieren zwar die sichtbaren Bildstörungen, haben aber lediglich eine Wirksamkeit im 60-Minuten-Bereich. Am wirkungsvollsten bei Image Sticking-sensitiven LCDs (daran kann der Anwender nichts ‚ändern') erscheint die Reduzierung auf schwarz-weiß-Darstellung im Textmode.

SUMMARY

Information-displays typically show static contents. In emissive displays, this usually leads to burn-in effects or differential aging and thus reduces the usable lifetime of these panels. Now, also LCDs show similar effects, called "image sticking". Several 15" panels and a 30" AM LCD were measured and mapped with specially developed test patterns. The smaller displays showed no effects, even after several weeks of continuous testing, whereas the large panel produced effects already after a few hours.

The large sized panel shows image-sticking independent of grey-levels and the "sticking" can be removed best, by switching it off. All other methods in active mode, like black-picture or complementary colours, may reduce the visible effects, but are effective only for less than 1 hour. The most effective method, to use sticking-sensitive panels (because the user cannot change the physics) is, to reduce the representation to a black-and-white picture in text mode.

1. Einleitung

In einer modernen und mobilen Gesellschaft werden heutzutage Informationen ‚überall gefordert‘. In vielen Fällen handelt es sich hierbei um statische Anzeigeinhalte wie beispielsweise Fahrpläne. Solche Displays stellen dieselbe Information lange Zeit am selben (Display-) Ort dar - im Gegensatz zu dynamischen Bildern bei Video. Statische Bilder belasten die Pixel eines Displays unterschiedlich, was zu so genannten Einbrenn-Effekten führen kann.

In Abb. 1 erkennt man an zwei Beispielen von eingebrannten Plasma Displays deren ‚sichtbare‘ Wirkung. Hell (blau) dargestellte ‚eingebrannte‘ Pixel, z. B. das DB-Logo wurden im Positiv-Mode (schwarzer Vordergrund, z. B. Schrift, auf hellem Hintergrund) betrieben. D. h. diese Pixel weisen eine geringere Betriebsdauer als die benachbarten auf und sind somit bei Darstellung desselben Farbwertes heller. Dunkle Pixel wie z. B. ‚Departures‘ wurden im Negativ-Mode stärker belastet als der ‚Hintergrund‘ und erscheinen somit dunkler als die Umgebung bei Flächen gleicher Graustufe und Farbe. Dieses Burn In ist bei emissiven Displaytechnologien nicht umkehrbar, ebenso wie das dort auftretende Differential Ageing. Methoden zur ‚Heilung‘ sind belastungskompensierende Bild Darstellungen (typischerweise Inversbild, z. B. [1]), die jedoch die maximale Leuchtdichte (und somit die ‚Lebensdauer‘) recht schnell reduzieren.



Abb. 1 Eingebrannte Plasma-Displays (emissiv Technologie)

Ähnliche Effekte wie Burn In bei emissiven Displays werden auch für LCDs beschrieben, welche jedoch aufgrund ihrer prinzipiellen Funktionsweise eigentlich nicht auftreten sollten. Werden statische Bildinhalte über einen längeren Zeitraum dargestellt, so können diese

Informationen, wie in Abb. 2 dargestellt, bei einem Bildwechsel ‚hängen‘ bleiben. Dies wird als Image Sticking, Image Retention, Permanent Image, Residual Image etc. bezeichnet. Dieser Effekt ist jedoch - im Gegensatz zu emissiven Displays - nicht dauerhaft, d. h. beispielsweise nach längerem Ausschalten ist der ‚hängen gebliebene‘ Bildinhalt nicht mehr erkennbar.

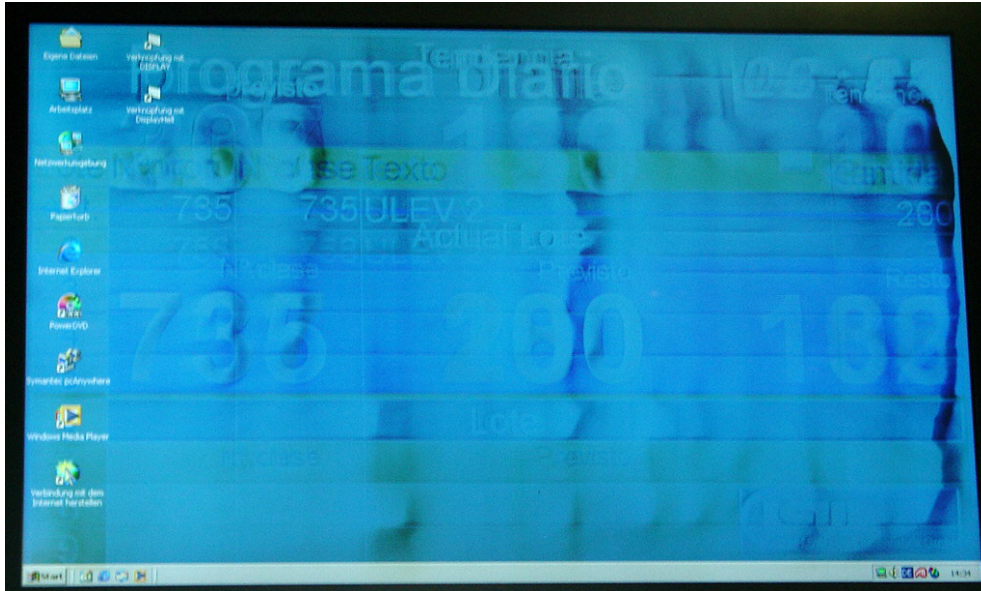


Abb. 2 Beispiel von Image Sticking (Zahlen, Buchstaben, Streifen) und MURA (lokale Leuchtdichte- und Farbschwankungen) bei LCDs

2. Image Sticking bei LCDs

Seit einigen Jahren wird Image Sticking besonders bei großformatigen LCDs mit großem Blickwinkel beobachtet und mögliche Ursachen beschrieben:

- Gleichspannungs-Anteile im Ansteuersignal (Residual-DC) verursachen eine (lang andauernde) Anlagerung (Trapping) von Ionen an den Alignment Layern; siehe z. B. [2], [3], [4]. Liegt dann keine oder nur eine kleine Spannung am Pixel an, so überlagert sich das ‚äußere‘ elektrische Feld mit dem von diesen Ionen aufgebauten Feld. Die Flüssigkristalle richten sich aber am ‚Gesamtfeld‘ aus, was letztendlich eine Verfälschungen des Bildinhaltes verursacht.
- Geringe Rückstellkräfte der Flüssigkristalle bei IPS-LCDs [5]
- Fringe Fields bei MVA-Panels [6]
- Disclinationen bei EVA-Panels [7]
- Unterschiedliche elektrische Charakteristiken von Domänen in Multi-Domain TN-LCDs [8]
- Interlaced Video (Interpolation der Zwischenbilder) und Spannungs-Inversion [9]

Image Sticking ist mittlerweile in vielen LCD-Spezifikationen mit unterschiedlichen Bezeichnungen (s. o.) erwähnt (Abb. 3) und somit kein Reklamationsgrund mehr.

(16) Remaining of image

- 1) If you keep displaying same picture image (fixed picture image of static image, personal computer and game console, or fixed character display of time display) for long time, the phenomenon (image sticking) which a residual image occurs, may be caused.
- 2) If you keep the screen size 4:3 and letter box image (which has black bar on the top and the bottom) displaying for long time or repeatedly daily even if it is a short time, by the characteristic of liquid crystal display panel, residual image sticking may occur. In order to avoid image sticking, we would recommend you to enjoy in wide screen size as much as you can.
- 3) After displaying static image for a certain time, if darker image is displayed, static image may look like a residual image. You can resolve this issue by displaying brighter active image, but please note that if you keep it longer time, irreparable damage to image sticking may occur.

Please note that the items 1) to 3) are not included in the warranty.

(d) If the module displays the same pattern continuously for a long period of time, it can be the situation when the image "Sticks" to the screen.

We recommend that you should discuss SEC when you want the module to be operated in displaying the same pattern for a long time.

(5) When fixed patterns are displayed for a long time, remnant image is likely to occur.

5. Image Sticking (Image retention)

When LCD panel is operated for a long time with a fixed pattern, Image Sticking (Image retention) may be seen. All of display products are subject to Image Sticking. Please do not display the same image for a long time and avoid continuous operation. We would like you to set PC or System to operate a screen saver or to turn the power off when it is not used.

If the same image is kept longer time, irreparable damage of Image Sticking may occur. As for the irreparable damage of Image Sticking caused by a long time operation or endless operation, we would like you to understand that it is out of warranty.

TFT-LCD monitors are subject to screen burn-in (image retention). Consequently, you should never keep a still image on your screen for extended periods of time. If you must keep your monitor on, use a screen saver. If you can, set your monitor to drop into standby or suspend mode after twenty or thirty minutes of non-use. If you do see image retention on your screen, unplug the monitor for 48 hours. This usually corrects the problem.

Abb. 3 Beispiele zum Image Sticking aus LCD-Spezifikationen

3. Messverfahren

In der Literatur sind verschiedene Messverfahren beschrieben, diese beziehen sich auf einfache Testbilder (meist Checkerboard nach [10], z. B. [11] und [12]), welche teilweise auch mit Graustufen versehen sind. Hier wird ein neues Testverfahren vorgeschlagen, welches

- Graustufen-Sensitivität
- Farbveränderungen
- Farbänderungs-Raten

misst. Hierzu wurde eine PC-Software entwickelt, die den einfachen und schnellen Wechsel der in Abb. 4 dargestellten Testbilder und zusätzlich vollflächige Graustufen von 0 ... 255 in 15er Schritten zur Anzeige bringen kann. Die Muster auf der linken Seite haben 126 Felder, wobei im ‚Einbrenn‘-Betrieb das obere Bild dargestellt wird. Diese zeigt 6 monochrome Graustufen mit je 6 identischen Feldern. Rot, Grün und Blau wird ebenfalls auf diese Art dargestellt (allerdings ohne Schwarz, da dies keine Farbe hat). Neben der vollflächigen Bild dient das untere Muster zur Auswertung der Image Sticking Effekte.

Ein etwas einfacheres Testbild-Paar ist auf der rechten Seite von Abb. 4 wiedergegeben. Anstatt eines monochromen ‚Auswertebildes‘ gibt es hier ein Testbild mit den sekundären Primärfarben, welche jeweils die in den RGB-Feldern nicht angesprochenen Subpixel aktivieren.

Alle Messungen wurden im Dunkelraum durchgeführt. Ein Leuchtdichte- und Farbmessgerät (YOKAGAWA) wird von einer Positioniereinheit (ISEL) programmgesteuert von Feld zu Feld gefahren, wo jeweils Messwert erfasst (siehe Abb. 5 links) werden. Der gesamte Versuchsablauf und sowie die Messdaten-Erfassung und -speicherung wird von einem PC mit entsprechender Software gesteuert. In den meisten Fällen wurden die Einbrenn-Effekte bei Darstellung einer monochromen Graufäche (Grauwert 60 von 255, Abb. 5 rechts) gemessen. Ausgewertet wird dann feldweise um Inhomogenitäten des Displays zu eliminieren und so die Aussagekraft zu schärfen.

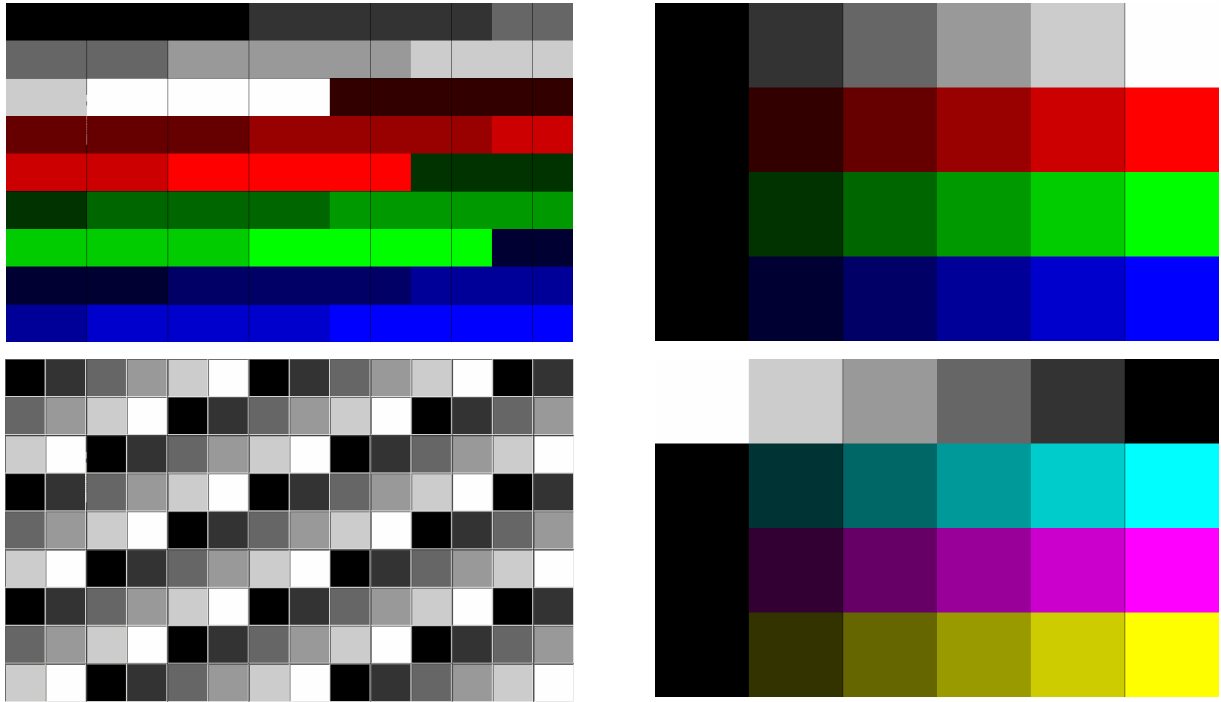


Abb. 4 Testbilder zum Messung von Image Sticking bei LCDs.

Links oben: ‚Einbrennbild‘ mit 126 Felder mit monochromen und farbigen Graustufen

Links unten: ‚Testbild‘ mit 126 monochromen Graustufen

Rechts oben: Primärfarben-‚Einbrennbild‘ mit 24 Feldern und Graustufen

Rechts unten: Sekundärfarben-‚Kompensationsbild‘ mit 24 Feldern

Nicht abgebildet: vollflächige Graubilder, bei denen die Image Sticking Effekte am deutlichsten sichtbar sind und zu den meisten Messungen herangezogen wurden.

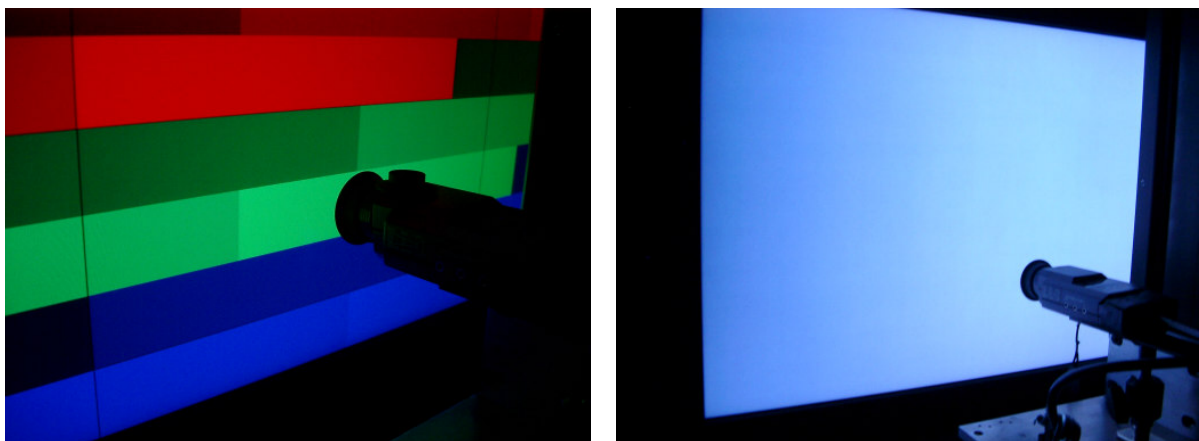


Abb. 5 Links: Messaufbau; das Farbmessgerät fährt mit Hilfe einer Positioniereinheit die Messpunkte an und nimmt dort programmgesteuert Tristimulus-Werte auf. Rechts: Messung von Image Sticking mittels einer gleichmäßigen Graufäche mit üblicherweise $R = G = B = 60$ (8 Bit).

Die Messungen wurden als Tristimulus-Werte (X, Y, Z) erfasst, was die anschließende Transformation in einen beliebigen CIE-Farbraum ermöglicht, z. B. [13]. Zur Auswertung unserer Versuchsreihen wurde aus folgenden Gründen CIE 1976 UCS (siehe Abb. 6 links) gewählt:

- Mac Adam Ellipsen im Gegensatz zu CIE 1931 deutlich gleichmäßiger
- L bezeichnet die gemessene Leuchtdichte
- 2-dimensionale Darstellung der Farbkoordinaten (CIELAB und LUV: 3D)
- Wahrnehmbare Farbdifferenz (s. u.) ist leicht zu ermitteln

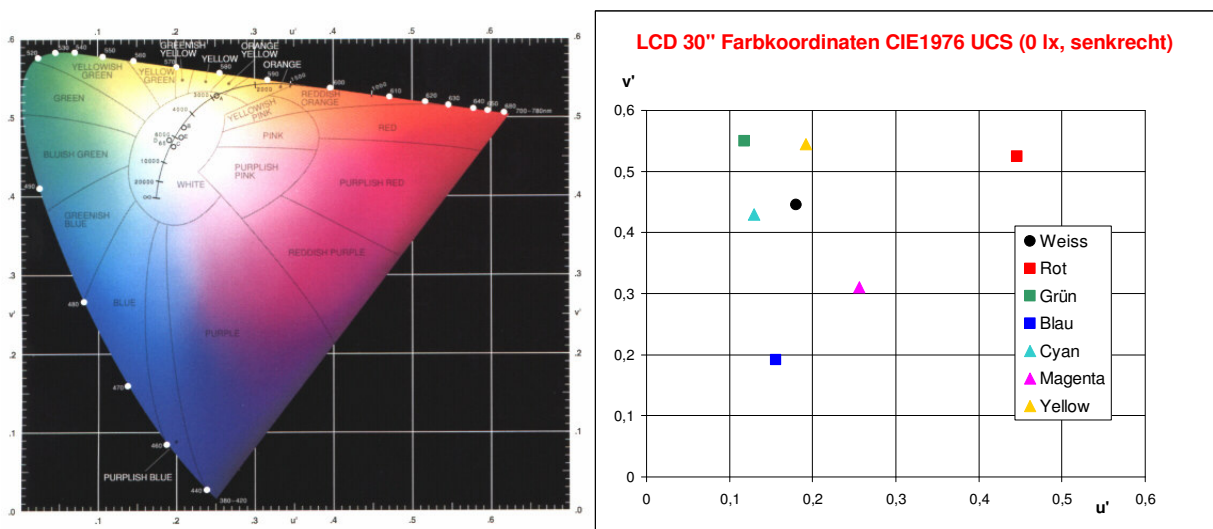


Abb. 6 rechts : CIE 1976 UCS (PHOTO RESEARCH)
links: Farbkoordinaten ohne Image Sticking des vermessenen 30" LCDs

Der Farbraum CIE 1976 UCS basiert auf einer linearen Transformation der so genannten Tristimuluswerte XYZ :

$$u' = \frac{4X}{X+15Y+3Z} ; v' = \frac{9Y}{X+15Y+3Z} ; L = Y$$

Die Farbdifferenz ist wie folgt definiert: $\Delta C_{u'v'} = \sqrt{(\Delta u')^2 + (\Delta v')^2}$

Die Unterscheidungsgrenzen für einen typischen Beobachter lauten:

- $\Delta C_{u'v'} \geq 0,004$ für benachbarte Felder
- $\Delta C_{u'v'} \geq 0,04$ für nicht benachbarte Felder bzw. 2 Bildschirme

Man beachte, welche kleine Koordinaten-Differenz selbst 0,04 in Abb. 6 darstellt: Blicke eine Achse konstant, so darf sich die andere lediglich um 0,04 ändern, was weniger als die Hälfte einer Achsenmarkierung in Abb. 6 links ausmacht!

Die Messwerte können jedoch bei Bedarf nach CIELUV oder CIELAB umgerechnet werden, damit eine Auswertung in erkennbaren Farbdifferenzen ΔE erfolgen kann. Ein Wert von $\Delta E = 5$ ist deutlich erkennbar. Die hier gemessenen Effekte waren jedoch so groß (deutlich sichtbar), dass eine Auswertung mit ΔE nur eine zahlenmäßige Bestätigung liefert, deshalb sei hier darauf verzichtet.

Die Abb. 6 rechts zeigt die Farbkoordinaten des vermessenen 30“ LCDs für die Primär- und Sekundärfarben sowie Weiß. Die Messgenauigkeit kann hiermit überprüft werden:

- Die Sekundärfarben müssen jeweils auf der Verbindungsgeraden zwischen 2 Primärfarben liegen.
- Die Gerade von einer Primärfarbe durch den Weißpunkt muss die ‚gegenüberliegende‘ Sekundärfarbe ‚treffen‘.

Diese Anforderungen sind hier erfüllt.

4. Interpretation von aufgenommenen Bildern

Zur Auswertung der meisten Image Sticking-Effekte wurden vollflächige monochrome ‚Bilder‘ verwendet. Per Mausklick können die Graustufen in 15er Schritten (8 Bit, 0 ... 255) durchfahren werden. Hierbei ergaben sich folgende Beobachtungen:

- Bei den Graustufen 0 und 15 sind keine Image Sticking-Effekte sichtbar, bei einem Wert von 30 sind sie schwach ausgeprägt. Die (Farb-) Messgenauigkeit ist jedoch aufgrund der geringen Leuchtdichte relativ hoch.
- Die Graustufen von 45 bis 195 lassen Image Sticking-Effekte deutlich erkennbar werden.
- Bei hohen Graustufen (> 195) ‚verschwinden‘ die Image Sticking-Effekte.

Bei Vorabmessungen ergab sich, dass die Messung bei der Graustufe ‚60‘ den besten Kompromiss aus Leuchtdichte (etwa 10 cd/m^2 , Messgenauigkeit, Color Tracking-Empfehlung) und ‚menschlicher‘ Erkennbarkeit darstellt. In Abb. 7 und Abb. 8 sind die Image Sticking-Effekte bei einem vollflächigen Graubild mit dem Wert 60 eindeutig erkennbar und charakterisierbar. Sie sind zwecks leichter Zuordnung in der Legende beschrieben. Das ‚Einbrennen‘ von Schwarz zeigt keinen Effekt. Bereits bei ‚leichtem‘ Ansteuern (Grauwert 51) tritt Image Sticking auf, es ist praktisch unabhängig von der ursprünglichen Graustufe.



Abb. 7 Image Sticking beim Testbild mit 126 Messfeldern. Es sind folgende Effekte zu erkennen:

- Schwarz (links oben) ist dunkler als die anderen monochromen Graustufen
- Bei den RGB-Farbstufen (> 51) ist kein Graustufen-abhängiges Image Sticking zu erkennen, die Flächen sind homogen gefärbt

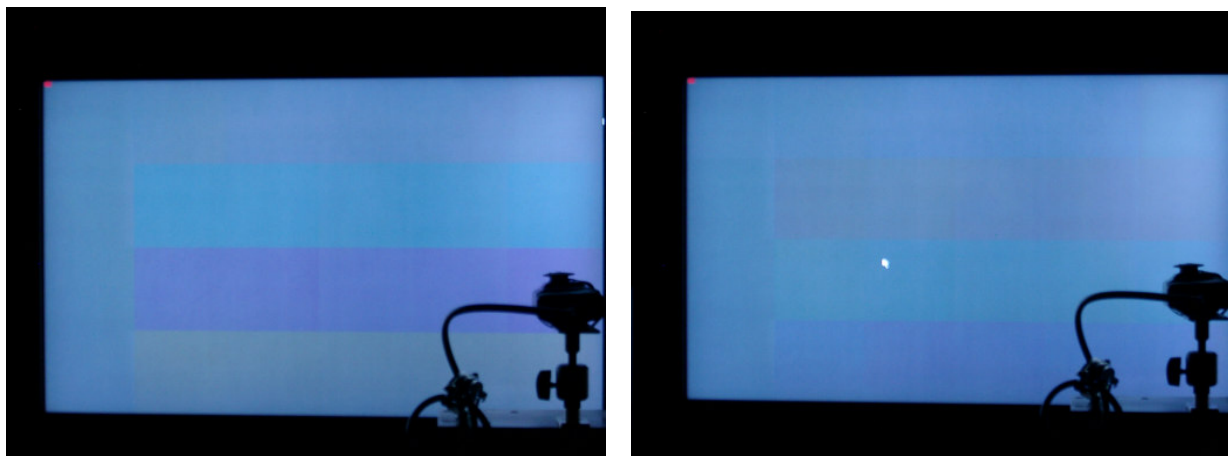


Abb. 8 Image Sticking bei 24 Feldern

Links: Nach Darstellung der Primärfarben RGB sind die Sekundärfarben CMY deutlich erkennbar, siehe Abb. 4 rechts oben. Differenzen zwischen Graustufen sind schwach ausgeprägt, z. B. Magenta $51 = 102 \neq 153 = 204 \neq 255$. Dar gestellt wurde ein vollflächiges Bild des monochromen Grauwertes 60.

Rechts: ‚Über-Kompensation‘ des linken Bildes mit CMY (Abb. 4 rechts unten, ergibt RGB), die Kompensation der monochromen Skala mit inversen Graustufen (obere Zeile) zeigt außer für Schwarz keinen Effekt.

Offenbar sind hauptsächlich große AM LCDs, wie das hier vermessene 30“ Panel, betroffen. Mehrere 15“ Panels zeigten auch einigen Wochen Dauerbetrieb mit dem farbigen 126-Felder-Testbild (siehe Abb. 4) kein Image Sticking. Dies deckt sich mit der Erfahrung, dass es keine Image Sticking-Reklamationen bei Notebooks oder Desktop-Monitoren gibt. Hier müsste bei Vollbilddarstellungen z. B. die WINDOWS-typischen statischen Bildinhalte in den Ecken (Start-Button, ...) als störend empfunden werden.

5. Colour Tracking und Farbverschiebung

Die Messungen dienen zur messtechnischen Bestimmung der visuellen Beobachtungen (und Photographien) während der Versuche. Zunächst wurde das 30“ LCD hinsichtlich Uniformity und Farbverschiebungen mit monochromen und vollflächigen Testbildern feldweise untersucht, wobei die Messzeiten kurz waren, damit keine Image Sticking Effekte auftreten.

Misst man dieselben Graustufen an verschiedenen Orten des Displays, so können diese leicht unterschiedliche Farbkoordinaten (z. B. durch Prozessschwankungen und/oder Messungenauigkeiten) aufweisen. Ob dies erkennbar wird, hängt von der Größe und Entfernung der Abweichungen auf (gem. Campbell-Robson). Ferner kann sich der Farbort mit der Graustufe bei monochromer Darstellung ändern. Dies tritt auf, wenn die Graustufen-Wiedergabe der Primärfarben nicht identisch ist. Wie Abb. 9 zeigt, treten beide Effekte beim hier gemessenen 30“ LCD auf. Dies ist bei vielen Farbdisplays bei Grautritten mit mehr als 15 Stufen beobachtbar.

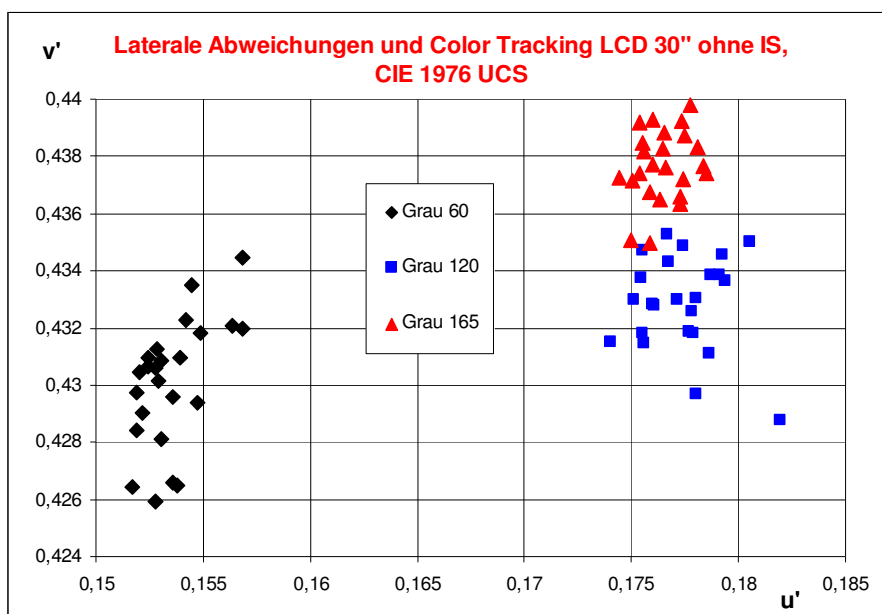


Abb. 9 Inhomogenitäten und Color Tracking bei Graustufen-Darstellung

Neben einer Auswertung mit einem Farbmessgerät können durchaus auch Bilder handelsüblicher Digitalkameras zur Beurteilung von Image Sticking-Effekten herangezogen werden. Da diese jedoch keine CMF-Empfindlichkeit besitzen, sind die Ergebnisse nur tendenziell und bezogen auf das jeweilige Display zu interpretieren. Es muss darauf geachtet werden, dass der Weißabgleich fix (z. B. Neon) bleibt und nicht der Auto-Mode eingestellt ist. Wertet man das Foto aus Abb. 8 links pro Farbbalken (CMY sichtbar, d. h. RGB ‚eingebrennt‘) mit einem Bildverarbeitungsprogramm durch die Flächenpipette aus, so erhält man den jeweiligen Farbmittelwert des markierten Bereiches. Diese RGB-Werte werden als Tristimuluswerte - dies ist die Vereinfachung und ‚Ungenauigkeit‘ - in die Transformationsgleichungen von CIE 1976 UCS eingesetzt. Wie Abb. 10 beim Vergleich mit Abb. 6 (CIE 1976 Diagramm) zu entnehmen ist, stimmen die ‚gemessenen‘ Aussagen mit den optisch erkannten überein, das Farbdreieck ist gemäß den sekundären Primärfarben orientiert.

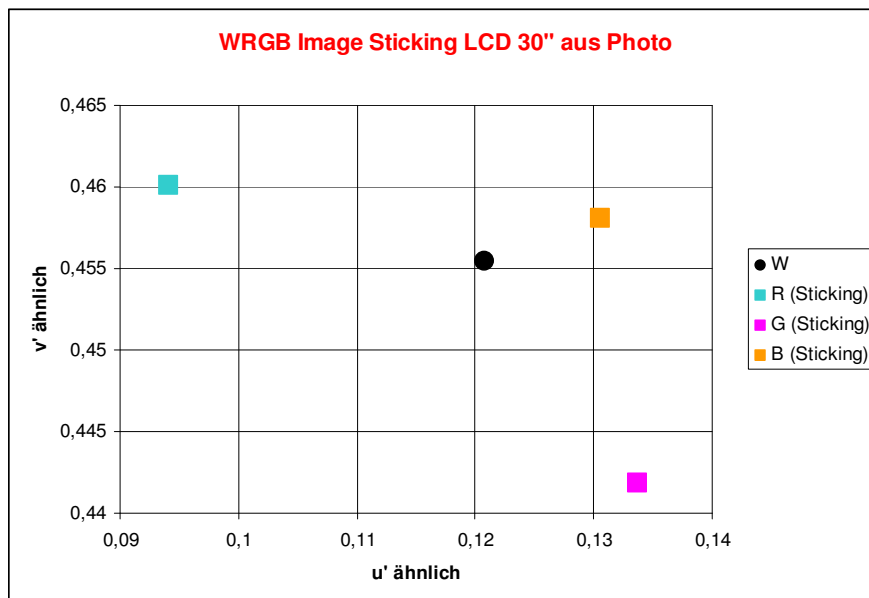


Abb. 10 Auswertung eines Fotos nach CIE 1976 UCS bei Grauwert 60. Achtung, die Werte sind nur relativ zu sehen, da die Kamera nicht CMF-kompatibel ist. Verfahren: Grauwerte des Kamerabildes \equiv Tristimulus \rightarrow CIE 1976 UCS.

6. Zeitabhängigkeit von Image Sticking

Die nachfolgenden Messungen dienen dazu, das Auftreten von Image Sticking unter verschiedenen Bedingungen zu untersuchen. Daraus folgen Hinweise, bei welchen Bildinhalten es zu ‚schnellem‘ Auftreten kommt bzw. wie der Effekt reduziert bzw. kompensiert werden könnte. Hierzu wurden mehrere Verfahren zur zeitlichen Farbänderung untersucht.

6.1. Nach dem Einschalten

War ein AM LCD längere Zeit nicht in Betrieb (ohne Spannungsversorgung), so kann man von einem ‚unbelasteten‘ Zustand ausgehen, siehe auch Abb. 3 letzter Abschnitt. Bei den Messungen wurde untersucht, wie lange es dauert, bis Image Sticking-Effekte meß- und erkennbar werden.

In Abb. 11 sind die Rohdaten aufgetragen. Zu erkennen ist eine anfänglich fast lineare Änderung der Farbkoordinaten (0 – 120 min) bei Anzeige von Grün im aktuellen Messfeld (weitere Farben verhalten sich entsprechend und sind deswegen hier nicht explizit aufgeführt). Durch die Zunahme von u' und die gleichzeitige Abnahme von v' verschiebt sich der CIE 1976 UCS-Farbart von Grau 60 nach rechts unten zu Magenta hin (vgl. Abb. 6), was auch deutlich visuell erkennbar ist.

Durch Darstellung von Schwarz kann der Image Sticking-Effekt von Grün reduziert werden (ab 160 min.), aktiviert man wiederum Grün, so ergibt sich dasselbe Verhalten wie zu Versuchsbeginn. Die Farbkoordinaten-Änderung pro Stunde ist in Abb. 12 dargestellt. Die zeitliche Änderung von u' kann als konstant mit +0,005 pro Stunde angesehen werden. Die anfängliche ‚Konstanz‘ von v' liegt im Rahmen der Messgenauigkeit und kann durch Aufwärmeeffekte (z. B. CCFL) bedingt sein. Der ‚Langzeit‘-Änderungswert liegt bei etwa -0,005 /h. Die zeitliche Änderung nach 200 min. Versuchszeit bei erneuter Darstellung von Grün über 40 min. ist etwa doppelt so groß wie beim Einschalten.

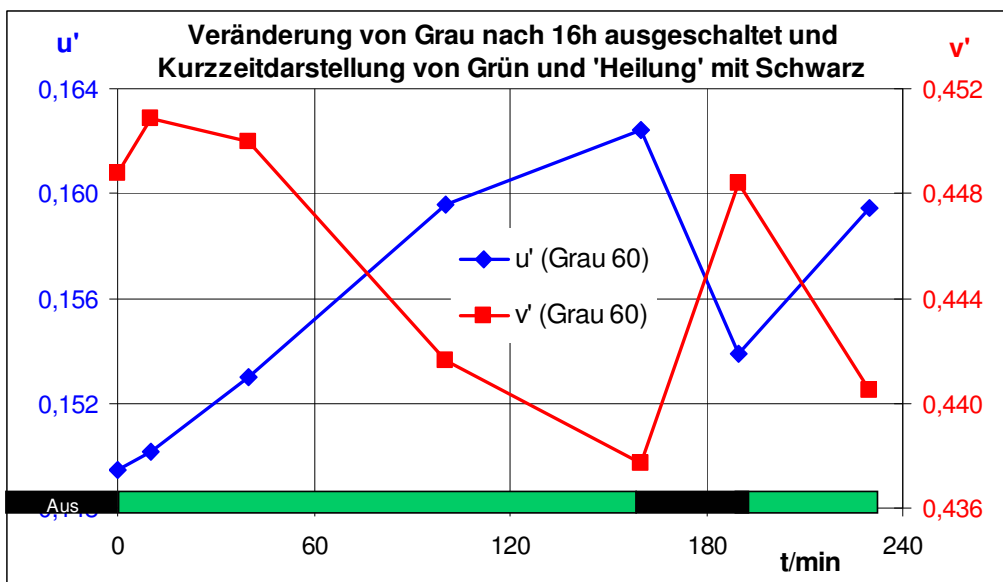


Abb. 11 Zeitliche Effekte beim Image Sticking nach Einschalten. Die Farbbalken an der Zeitachse gegen die auf dem Bildschirm dargestellt Farbe am Messort an. Gemessen wurden die Farbkoordinaten des Grauwertes 60.

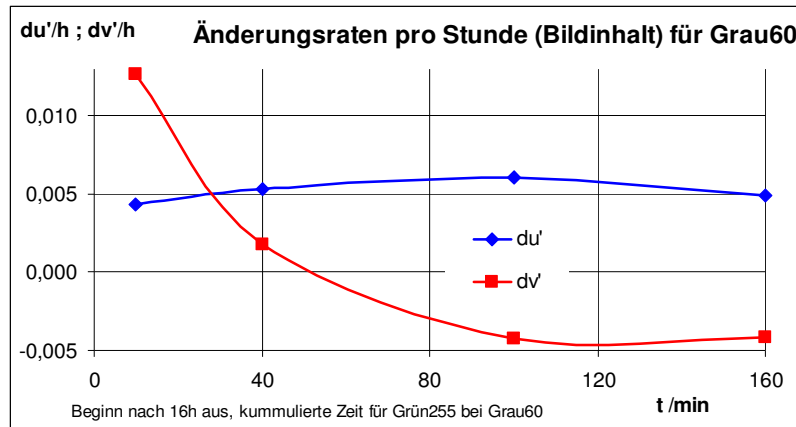


Abb. 12 Zeitliche Änderung des Farbshifts pro Stunde nach Einschalten. Die anfänglich positiven Werte für dv' liegen im Bereich der Messauflösung. Das Ergebnis für du' liegt bei $+0,005 /h$, für dv' bei $-0,005 /h$.

6.2. Nach Langzeitdarstellung von Schwarz

Da nicht in jeder Anwendung das Display ausgeschaltet werden kann, wurde im nächsten Schritt die Image Sticking-Empfindlichkeit nach lang andauernder Anzeige eines vollflächig schwarzen Bildes und aktueller Darstellung von Grün (255) untersucht. Wie Abb. 13 und Abb. 14 zu entnehmen ist, beträgt der ‚Wert‘ der Koordinaten-Änderungen für Schwarz \rightarrow Grün etwa das Fünffache derjenigen nach dem Einschalten. Die ‚Erholungs-Raten‘ von Grün \rightarrow Schwarz liegen ähnlich hoch. Fazit: Beim vermessenen 30“ LCD dauert es nach dem Einschalten länger als nach Darstellung eines Schwarz-Bildes bis Image Sticking-Effekte erkennbar werden.

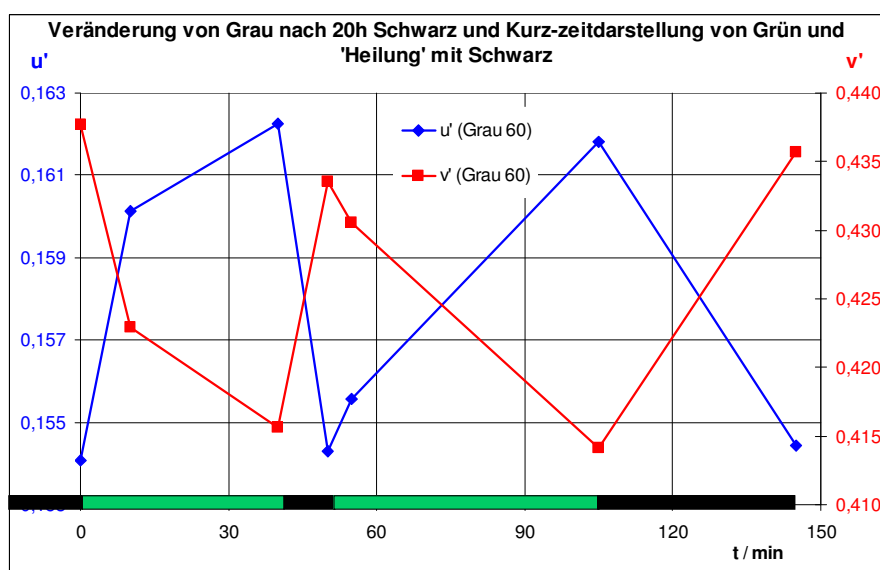


Abb. 13 Änderung der Farbkoordinaten beim Wechsel von Schwarz \leftrightarrow Grün, Messung bei Graufäche 60.

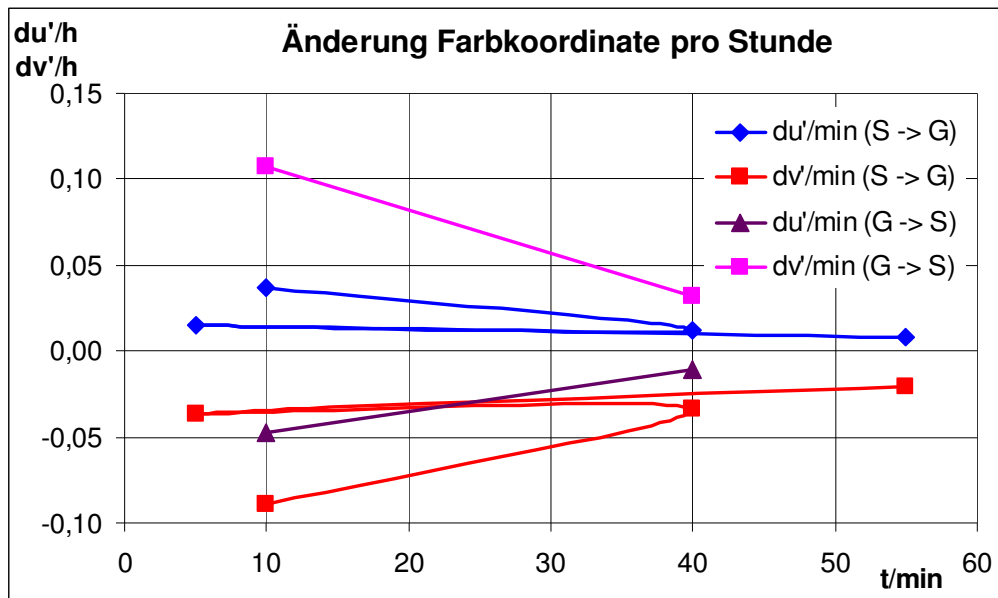


Abb. 14 Zeitliche Änderung der Farbkoordinaten beim Wechsel von Schwarz nach Grün (S -> G) und Grün nach Schwarz (G -> S). Messung bei Graufäche 60

6.3. Nach Langzeitdarstellung von Weiß und Color Tracking

Als weiteres Experiment wurde das Verhalten nach einer langen Zeitdauer (hier 20 h) der Anzeige von Weiß untersucht. Dies kann in vielen Applikationen mit Positiv-Darstellung auftreten. Geklärt werden soll hiermit, wie ‚schnell‘ sich Image Sticking-Effekte in diesem Fall im Vergleich zum Ausschalten bzw. Schwarz-Darstellung zeigen. Dies tritt in diesem Falle etwa gleich schnell wie nach Schwarz-Darstellung auf, wie den Abb. 15 und Abb. 16 zu entnehmen ist. Bereits nach 15 min. ist nach Grün ein Magenta-Stich deutlich erkennbar. Im Betrieb gibt es demzufolge kaum Möglichkeiten, Image Sticking durch vollflächige Darstellungen zu vermeiden – nach einem Bildwechsel (z. B. nach Grün) tritt bereits nach 15 min. beim erneuten Wechsel (z. B. nach Grau) Image Sticking auf.

In Abb. 17 ist das beobachtbare Image Sticking eines grünen Feldes, nämlich eine Magenta-Färbung bei Darstellung eines Graubildes in Anhängigkeit von dessen Grauwert dargestellt. Die Farbkoordinate beim Grauwert 60 verschiebt sich von neutral (0,163/0,425) bei Versuchsbeginn nach ‚rechts unten‘ ins violette (0,172/0,408 nach 2 h). Der CIE1976 UCS-Farbabstand beträgt hier 0,02, wobei 0,004 bei benachbarten Flächen als unterschiedlich erkennbar ist. Dies wird auch in Abb. 8 links (vertikaler Graustreifen ↔ horizontaler Magenta-Balken) deutlich. Mit steigendem Grauwert nähern sich beide Kurven an, da in diesem Falle die Spannung für die Subpixel größer wird und somit die ‚inneren‘ elektrische Felder durch Ionen-Verunreinigungen anteilmäßig immer geringer werden.

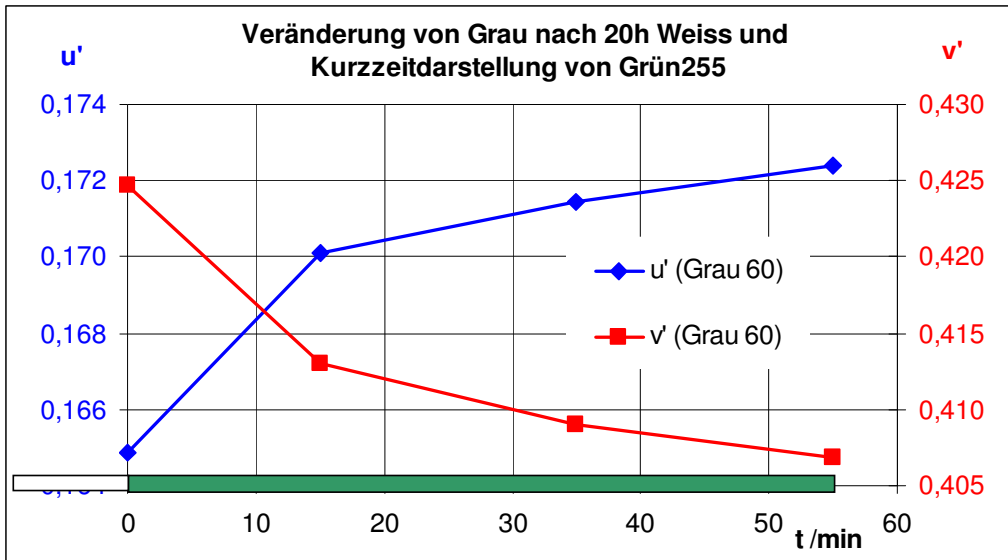


Abb. 15 Änderung der Farbkoordinaten nach 20h Weiß und Darstellung von Grün 255. Messung bei Grau 60. Nach 15 min. Grün (255) ist bereits Magenta zu erkennen.

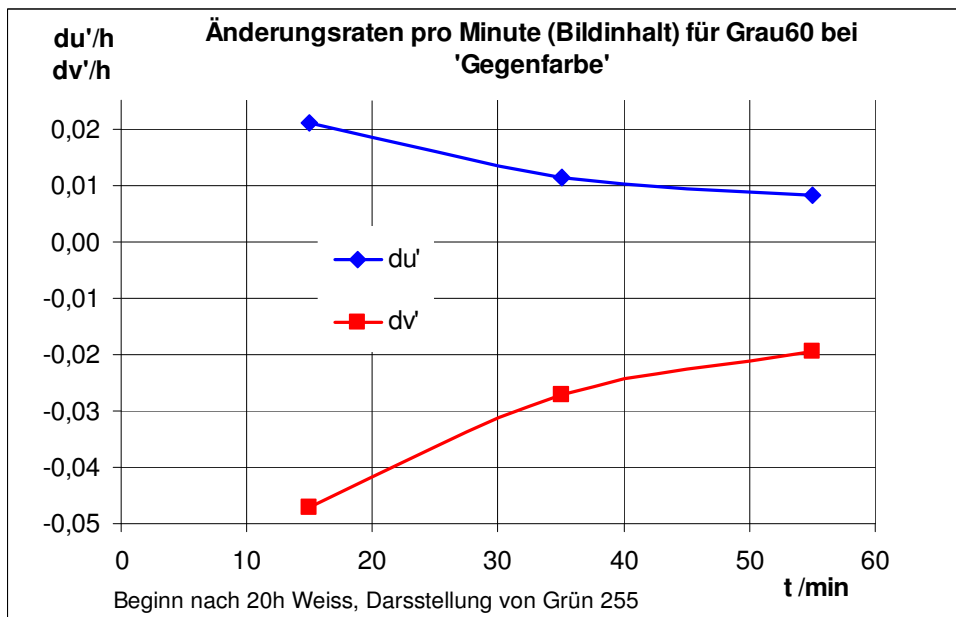


Abb. 16 Änderung pro Minute des Farbortes nach 20h Weiß und Anzeige von Grün.

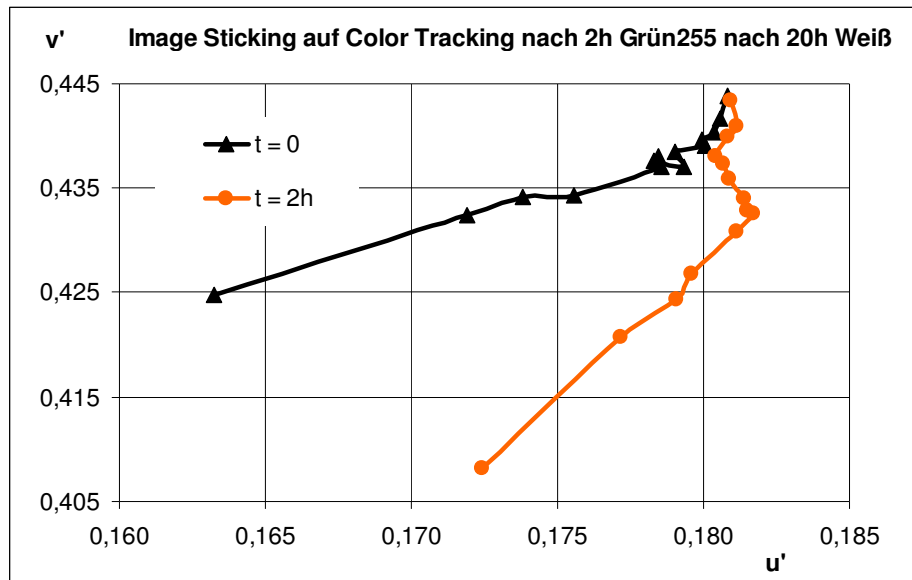


Abb. 17 Color Tracking nach 20h Weiß-Darstellung und Messung der Grautreppe vor ($t=0$) und nach 2h Darstellung von Grün 255 ($t = 2h$). Die Kurven beginnen jeweils links mit niedrigen Grauwerten, der Weißpunkt ($R=G=B=255$) liegt bei $(0,181/0,444)$. Bei zunehmender Graustufe nähert sich die ‚eingebrennte‘ Kurve (orange) der ursprünglichen (schwarz) an, da die Image Sticking Effekte (üblicherweise) schwächer sind als die unmittelbare Ansteuerung. Diese Messung deckt sich mit Abb. 9 (Achtung: andere ‚Vorgeschichte‘ der Messung).

6.4. Nach Langzeitdarstellung von Grün und Ausschalten des Displays

Wird über einen längeren Zeitraum (hier 20 h) Grün (255) dargestellt, tritt Image Sticking bei Bildänderung (hier bei Darstellung von Grau 60 als Magenta-Färbung) auf. In diesem Versuch wird getestet, wie sich der Image Sticking Effekt durch Ausschalten ‚abbaut‘. Hierzu wurde das 30“ LC-Display nach 20 h Dauerbetrieb (hier dargestelltes Messfeld: Grün) ausgeschaltet und kurzzeitig zur Messung wieder eingeschaltet. Gemessen wurden die Werte für die Graustufe 60. Das Einschalten zu Messzwecken ist in seiner Genauigkeit durch Aufwärmeeffekte jedoch begrenzt. Wie die Abb. 18 und Abb. 19 zeigen, wächst die v' -Koordinate linear mit der Zeit, die Änderungsrate ist demzufolge konstant (hier $0,01 /h$). Dagegen nimmt u' zu Beginn (ca. 15 min.) stark ab, um danach praktisch konstant zu bleiben. Nach 40 min. Versuchsdauer blieb das Display für 30 min. ausgeschaltet und danach wurde wiederum Grün dargestellt. Es zeigte sich rasch der Farbshift nach Magenta (bei Messung von Grau 60), am eindrucksvollsten ist dies durch die ‚rasche‘ Zunahme von u' (Shift nach rechts in CIE 1976 UCS) zu erkennen.

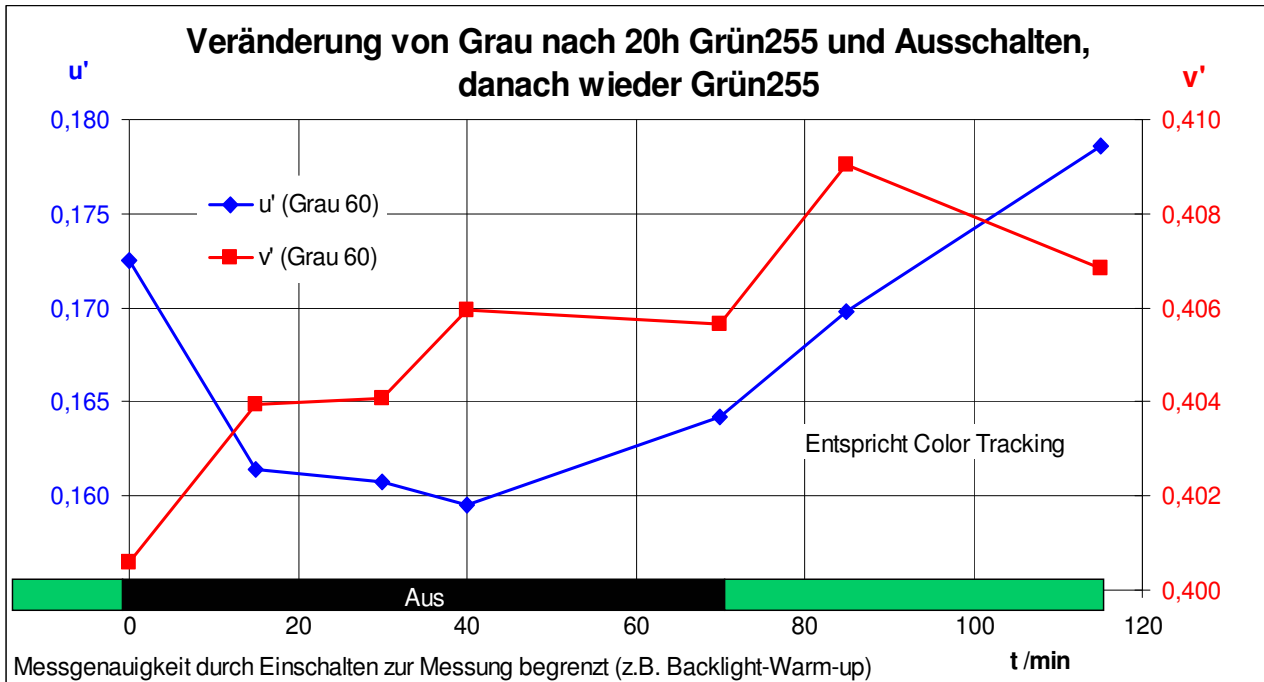


Abb. 18 Änderung der Farbkoordinaten nach 20h Grün-Darstellung und Ausschalten. Messung bei Grau 60. Nach ca. 30 min. Anzeige von Grün ist bereits die Magenta-Färbung von Grau 60 deutlich erkennbar.

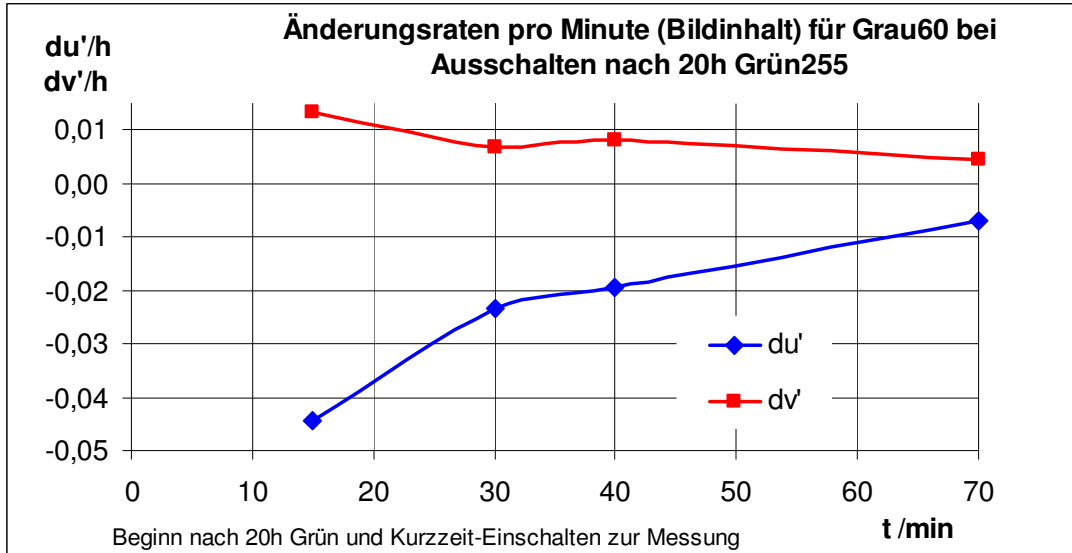


Abb. 19 Änderung pro Stunde des Farbortes nach 20h Weiß und Anzeige von Grün.

6.5. Nach Langzeitdarstellung von Grün und Darstellung von Grau 60

In dieser Messreihe wurde untersucht, in wieweit eine ‚neutrale‘ Darstellung eines dunkleren Grauwertes (hier 60) sichtbares Image Sticking (hier Magenta) zu reduzieren vermag (Abb. 20). Die zeitlichen Änderungen ergeben wegen der Änderung von etwa 0,002/h (linearer Fit) für jede Koordinate eine Farbdifferenz von 0,003/h, was nach 60 min. noch unterhalb der menschlichen Unterscheidungsgrenze liegt.

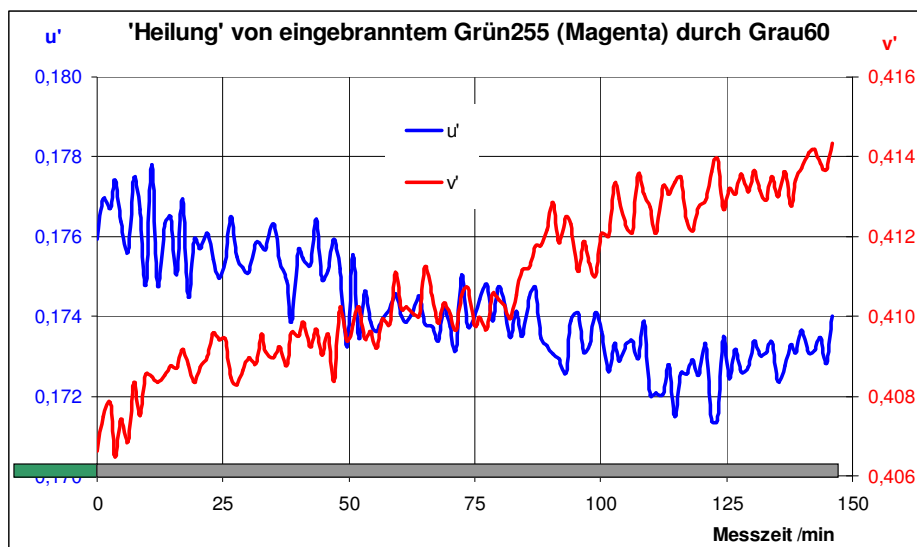


Abb. 20 Änderung der Farbkoordinaten von Grau 60 nach Grün-Darstellung, es wird Magenta sichtbar. Nach Abb. 6 links entspricht eine Abnahme von u' einer Verschiebung nach ‚links‘ und eine Zunahme von v' einer Verschiebung nach ‚oben‘: Magenta ‚wandert‘ also in Richtung Weißpunkt. Mit $\Delta C_{u'v'} = 0,008$ wäre diese Veränderung nach 2h bei benachbarten Feldern gerade so erkennbar.

6.6. Effekte nach Kompensation durch Gegenfarbe

Nachdem sich bei Darstellung eines Graubildes die Image Sticking-Effekte kaum reduzieren, wird in einem weiteren Versuch der Frage nachgegangen, ob sich Image Sticking bei LCDs durch die Darstellung eines Inversbildes wie bei emissiven Displays (dort aber zu Lasten der Gesamtleuchtdichte und somit der Lebensdauer) ‚beheben‘ lässt. Wie die Abb. 21 und Abb. 22 zeigen, ‚klappt‘ das zwar, jedoch wird ‚leicht über Ziel hinausgeschossen‘, da dann die Gegenfarbe ‚hängen‘ geblieben ist. Der ‚Umkehreffekt‘ tritt auch nach 60 h Gründarstellung (Abb. 23) auf, dort wird gegen Versuchsende bewusst schnell zwischen Farbe und Gegenfarbe hin- und hergeschaltet wobei die Änderungsraten in den ersten Minuten nach einem Wechsel sehr groß (Abb. 24) sind. Die Kompensation mit der ‚Gegenfarbe‘ hat etwa eine doppelt so starke zeitliche Wirkung wie die Darstellung von Schwarz, was durch Vergleich von Abb. 14 und Abb. 24 deutlich wird.

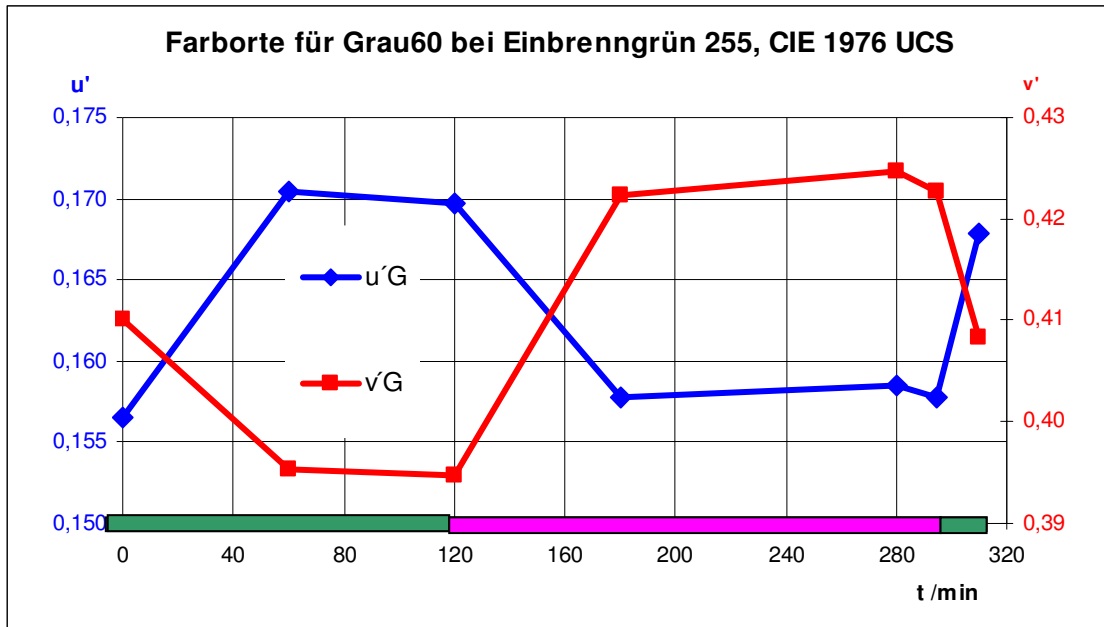


Abb. 21 ,Reversibles' Image Sticking nach Bildinhalt (siehe Abb. 8), hier für Grün. Nach 120 min. Grün-Darstellung ist Magenta sichtbar. Bei Kompensation durch Magenta ändert sich das ,Graubild' nach Grün, was wiederum durch Grün-Wiedergabe nach Magenta zurückgewandelt wird. Messwerte für vollflächiges Grau 60.

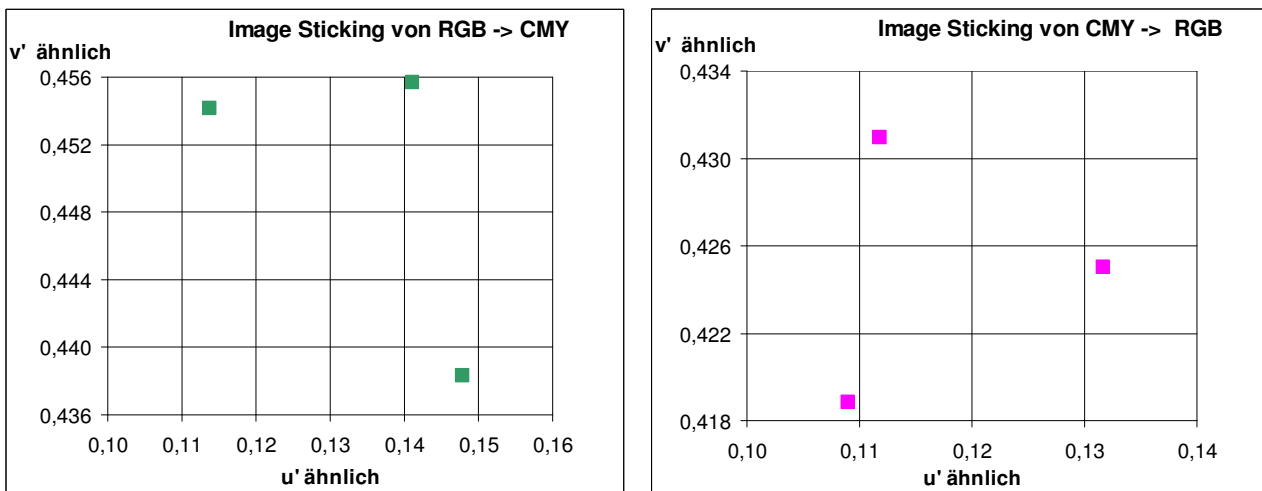


Abb. 22 Verschiebung der Farbkoordinaten der 3 Farbbalken zur ,Gegenfarbe'. Die Absolutwerte sind nicht repräsentativ, da mit Non-CMF Kamera ermittelt. Links CMY-Balken, rechts RGB-Balken sichtbar, siehe Abb. 6 und Abb. 8.

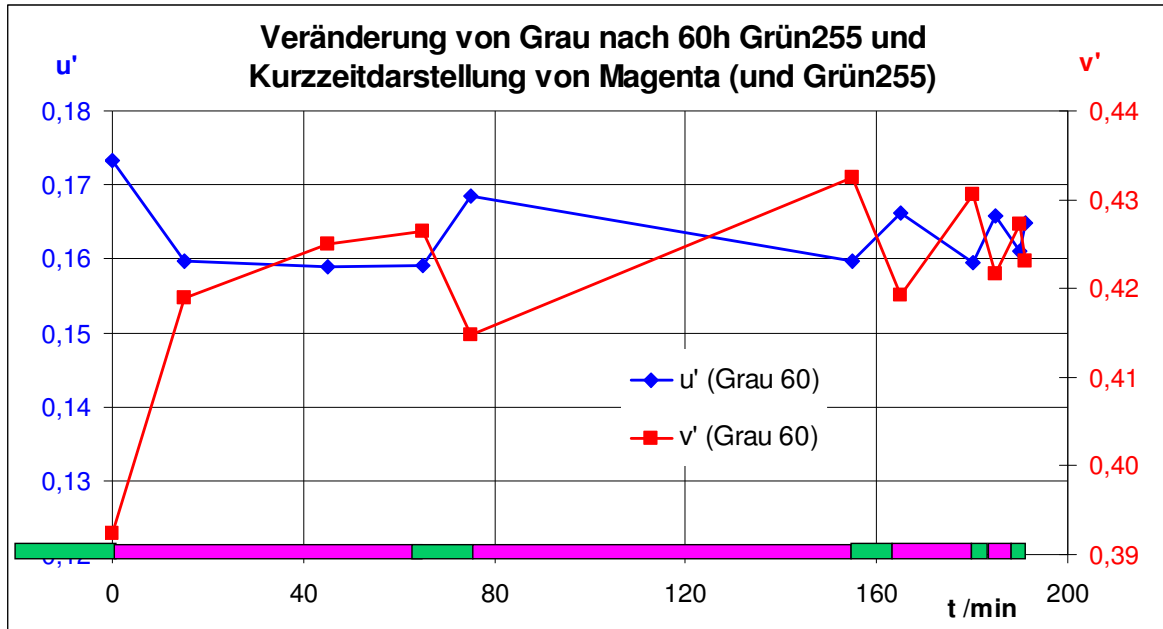


Abb. 23 Kompensation von Image Sticking durch ‚Gegenfarbe‘. Zuvor war Grün 60h permanent dargestellt.

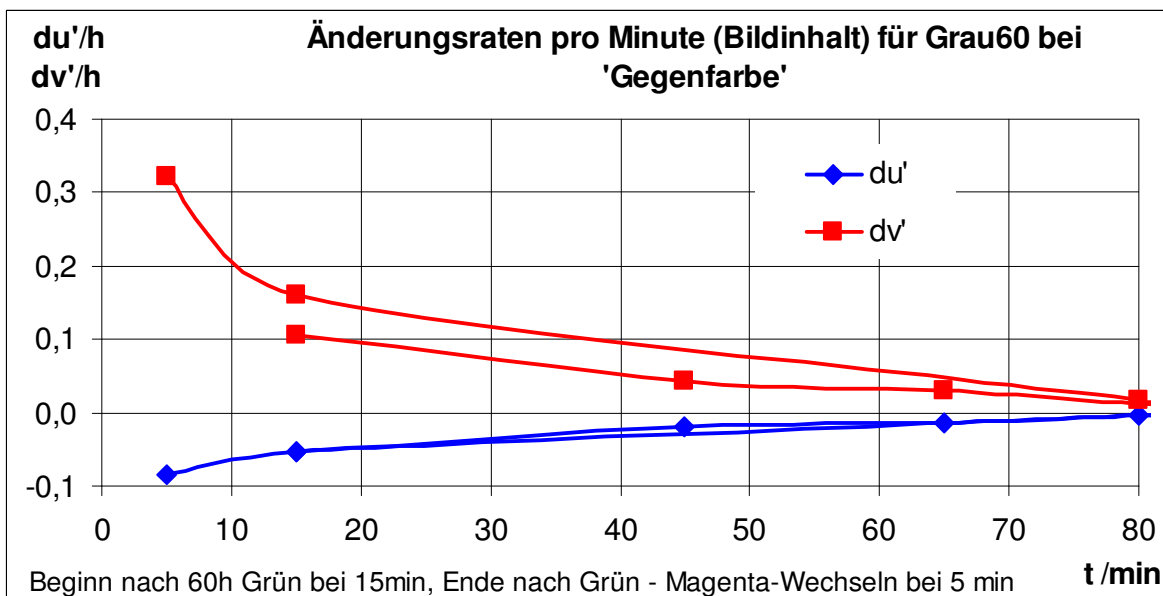


Abb. 24 Änderung pro Minute der Leuchtdichte und des Farbortes bei Kompensation mit Gegenfarbe (hier Grün → Magenta).

6.7. Abhängigkeit von der ‚eingebrennten‘ Graustufe

Im Rahmen des Versuches aus Abb. 21 wurde noch der visuelle Eindruck (dargestellt in Abb. 7 und Abb. 8) der faktischen Graustufen-Unabhängigkeit des Image Stickings messtechnisch untersucht. Im Rahmen der Messgenauigkeit (ca. 0,005 – entspricht etwa der menschlichen Wahrnehmbarkeitsschwelle für benachbarte Felder) tritt bei allen Graustufen dieselbe Zeit- und Werte-Abhängigkeit auf.

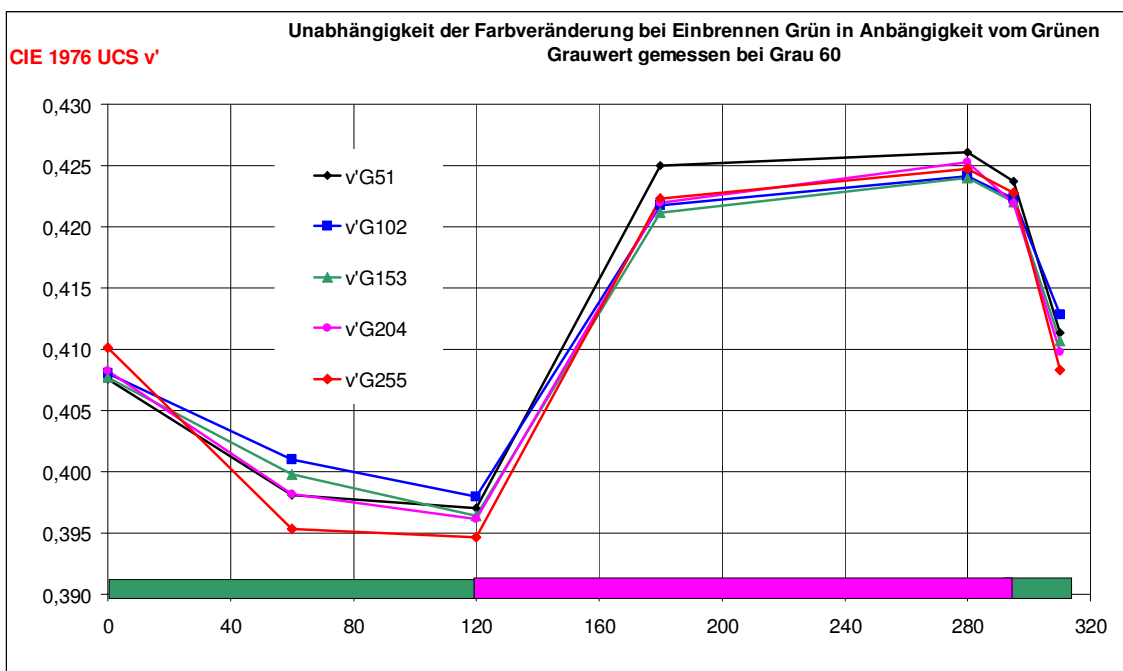
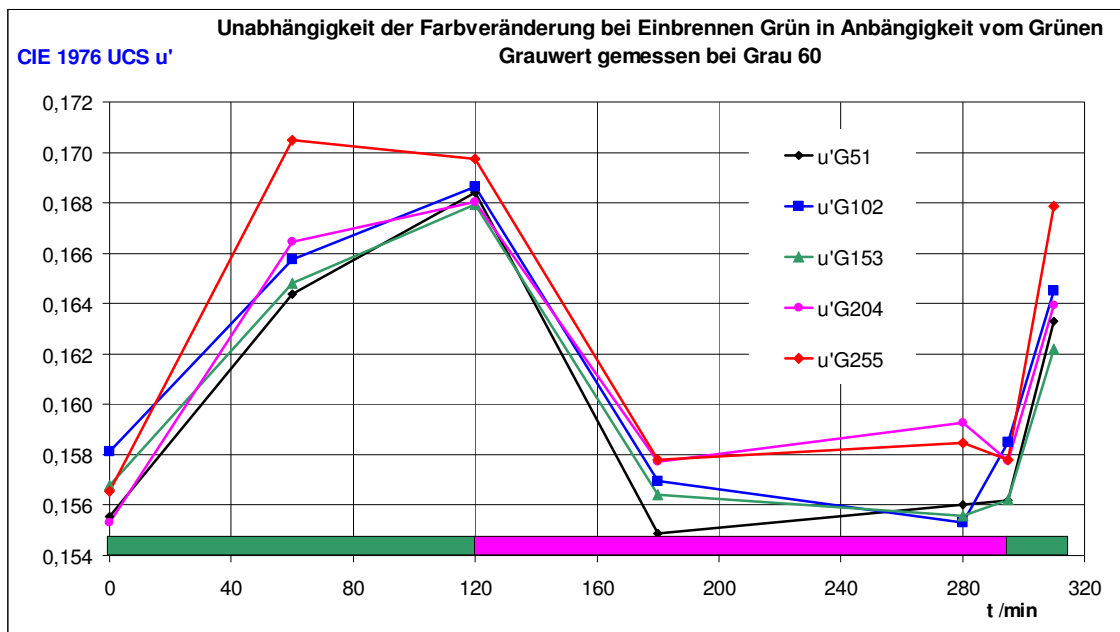


Abb. 25 Farbkoordinaten-Unabhängigkeit von der ‚eingebrennten‘ Graustufe (hier Grün), Abweichungen liegen im Rahmen der Streuung (siehe Abb. 9) und Messgenauigkeit.

7. Zusammenfassung

In Langzeitversuchen wurden AM LCDs auf Image Sticking mit Hilfe neu entwickelter Testbilder untersucht. Die 15“ Panels zeigten - im Gegensatz zu dem 30“ LCD - auch nach einigen Wochen Dauerbetrieb keinerlei Image Sticking Effekte.

Die gemessenen Ergebnisse am 30“ LCD lassen sich durch folgendes Ansteuermodell erklären:

- Orientierung der Alignment-Layer und Polfilter so, dass keine bzw. geringe Pixelspannung eine hohe Transmission bedingt (Positiv-Mode).
- Wird nun lange Zeit z. B. Grün dargestellt, so liegt an den grünen Subpixeln keine Datenspannung (entspricht hoher Transmission) an. Die beiden anderen Subpixel (Rot und Blau) werden dagegen ‚voll‘ angesteuert (entspricht geringer Transmission).
- Weist das Display nun Image Sticking-Neigung auf, so bleiben Rot und Blau ‚hängen‘, die resultierende Farbe ist Magenta – was auch beobachtet wurde.

Nach länger dauerndem ausgeschalteten Zustand ist die Image Sticking-Rate deutlich niedriger als bei Schwarz- oder Gegenfarben-Darstellung. Nach lang andauernder Darstellung von Weiß treten bereits nach kürzester Zeit Gegenfarben auf. Somit ist ein heller Hintergrund nicht zu empfehlen. Image Sticking kann auch durch ein Inversbild in seiner Wahrnehmbarkeit ‚kompensiert‘ werden, diese Methode ist zumindest bei dem untersuchten Display sehr (zeit-) kritisch.

Bei Textdarstellung ‚verhindert‘ der Negativ-Mode (weiße Schrift auf schwarzem Hintergrund) erkennbares Image Sticking, da bei Schwarz und Weiß ‚nichts‘ sichtbar ist (wahrnehmbare Effekte erst ab Grauwert 30, ‚Verschwinden‘ bei Graustufen > 195). Bei Textdarstellung im Positiv Mode (wie bei Papier) überspielt das voll angesteuerte Weiß alle ‚hängen gebliebenen Farben‘ (siehe Color Tracking), eine ‚Farbe‘ ist bei schwarzen Buchstaben nicht erkennbar bzw. ‚heilt‘ bei Schwarz-Darstellung ‚ab‘.

Besonders vor dem Einsatz großformatiger LCDs für (statische) Informationsanzeigen müssen die in Frage kommenden LCD-Panels vorab auf Image Sticking hin untersucht werden, die hier verwendeten Testbilder können angefordert [14] werden. Herstellerseitig wird Image Sticking zwischenzeitlich in fast jeder Spezifikation erwähnt und bildet somit keinen ‚Garantiefall‘ mehr.

Andererseits zeigen einige großformatige LCDs, welche hier nicht vermessen wurden, praktisch kein Image Sticking. Ideal wäre es für den Anwender bzw. Lieferant von Informationsanzeigen, eine Kenngröße zur Image Sticking-Empfindlichkeit (z. B. die hier verwendete Farbkoordinaten-Änderung pro Stunde) zu erhalten. Dies wird aber wohl ein Wunsch

bleiben. Festzuhalten bleibt aber, dass ein LCD-Panel, welches einmal Image Sticking zeigte, nicht ‚geheilt‘ werden kann, beispielsweise durch Ausschalten. ‚Empfindliche‘ LCDs sollten deshalb nicht für statische Anwendungen eingesetzt werden. Maßnahmen zur Image Sticking-Reduzieren können nur Ausschalten (falls möglich), die Verwendung als Schwarz-Weiß-Display oder die Darstellung von ‚Kompensations-Inhalten‘ sein.

Literatur

- [1] Able Design, G. v. Steinaecker: Verfahren zur Kompensation des Einbrennens von Plasma-Bildschirmen, Patent DE 101 13 248 A1
- [2] H. J. Park, L. Lai, S. H. Lin, K. H. Yang : Analysis of IPS Mura, Image-Sticking and Flicker caused by Internal DC Effects, SID Digest 2003, pp. 204-207
- [3] C. Colpaert et al.: Characterization of Conduction of LCDs, SID Digest 1997, pp. 195-198
- [4] S. Naemura et al.: Liquid-Crystalline Materials for TFT-Adressed Displays with Improved Image-Sticking Properties, SID Digest 1997, pp. 199-202
- [5] K. Tsutsui et al.: An Image Sticking-Free Novel Alignment Material for IPS-LCD, SID Digest 2003, pp. 1166-1169
- [6] H. L. Ong et al.: Process and Performance Improvements for a Simple Low-Cost Multi-Domain Vertical'-Alignment LCD, SID Digest 2005, pp. 646-649
- [7] J. O. Kwang et al.: Implementation of a New Wide Viewing Angle Mode for TFT-LCDs, SID Digest 2000, pp. 256-258
- [8] M. Hasegawa et al.: Relationships between the Image-Sticking Time and Electrical Characteristics of UV-Exposed Two-Domain Wide Viewing Angle LCDs, SID Digest 1996, pp. 1-4 LP-N
- [9] W. Furtner, D. v. d. Broeke, A. Sevo: Dynamic Burn-In Prevention for LC-Displays with Large Area Flicker Cancellation, SID Digest 2005, pp. 125-127
- [10] VESA Flat Panel Display Measurement Standard 2
- [11] D-G. Lee, I-H. Kim, H-S. Soh, B. C. Ann: A Measurement and Analysis Method of Image Sticking in LCD, SID Digest 2002, pp. 324-327
- [12] A. Lien, C-J. Chen, H. Inoue, Y. Saitoh: Image Sticking Measurement of LCDs, SID Digest 1997, pp. 203-206
- [13] H. Widdel, D. L. Post: Color in Electronic Displays, Plenum Press, New York, 1992
- [14] www.displaylabor.de ; es wird keine Haftung für Einbrennen oder Image Sticking übernommen.