

Displays für medizinische Geräte



Titelbild: © Adobe Stock/Gorodenkoff

Abbildungen: © HY-LINE nach Unterlagen von LG Display, AU Optronics und Eizo Corporation

Alle anderen Abbildungen © HY-LINE Computer Components

In der Welt der Medizin sind Displays überall vertreten. Das Spektrum reicht vom einfachen Blutdruckmesser für den persönlichen Gebrauch über Bedienkonsolen für verschiedene Geräte in der Arztpraxis oder im Krankenhaus bis hin zu Displays für die Auswertung von Daten, die von bildgebenden Verfahren wie CT, MRT und Radiologie erfasst wurden. Hier soll der Schwerpunkt auf die letztgenannten gelegt werden.

Innere Werte

Im Operationsraum, in der Befundung und bei der Diagnose kommen Monitore zum Einsatz, die für den medizinischen Einsatz qualifiziert sind. Schlüsselkomponente dafür sind TFT-Displays. Sie müssen besondere Eigenschaften hinsichtlich der Optik aufweisen. Die elektrische Anpassung an das System übernimmt die Monitor-Elektronik. Sie unterstützt außerdem mit der Skalierung des Bildes, wenn erforderlich, der Ansteuerung des Backlights und Linearisierung nach DICOM. Im Folgenden werden speziell die Eigenschaften eines Displays auf die Eignung für den Einsatz im medizinischen Umfeld betrachtet.

Tabelle 1 zeigt, welche durchaus unterschiedlichen Anforderungen an ein Display gestellt werden, das in einem medizinischen Umfeld eingesetzt werden soll.

Optische Spezifikationen

Im Datenblatt des Displays sind alle optischen Parameter in einer Tabelle (siehe Tabelle 2) zusammengefasst. Um Messwerte reproduzieren und vergleichen zu können, müssen bei den Messungen gleiche

Bedingungen vorausgesetzt werden. Der Hersteller gibt in der Spezifikation detailliert an, mit welchen Aufbauten, Messgeräten und Verfahren die Werte ermittelt wurden. Vor Messungen muss der Prüfling Betriebstemperatur erreicht haben, die Messungen werden bei Raumtemperatur in einer dunklen Umgebung durchgeführt.

Für die Betrachtung der Parameter wurde die Spezifikation des LM270WQ3 von LG Display herangezogen.

Kontrast

Der Kontrast, umgangssprachlich als „Ablesbarkeit“ verstanden, definiert den Quotienten zwischen hellstem und dunkelstem Bildinhalt. Für ein Bild mit hoher Dynamik ist ein hoher Kontrastwert wichtig, denn die Steigerung der Bildhelligkeit führt auch zu einem Anheben des Schwarzwerts. Da LCDs nur Ventile für das von hinten einfallende Licht sind und dies nicht komplett blockieren, werden Displaytechniken wie IPS und MVA auch auf eine hohe Dämpfung hin optimiert. Ein häufig zum Einsatz kommendes Verfahren ist das Local Dimming, das weiter unten bei „Backlight“ beschrieben wird.

Backlight

Da LCDs nur das von hinten einfallende Licht modulieren, muss ein Backlight für ausreichende Helligkeit sorgen. Der vom Display darstellbare Farbraum wird von Farbfilter und Backlight bestimmt. Heute werden ausschließlich LEDs eingesetzt. Das LED-Backlight kann entweder an den Kanten des Displays angebracht sein („Edge Backlight“), von wo aus das Licht über einen Diffusor flächig verteilt wird, oder hinter dem kompletten Panel montiert sein („Direct“ oder „Matrix“ Backlight). Bei letzterem können die LEDs einzeln oder in Gruppen in Abhängigkeit vom Bildinhalt angesteuert werden („Full Area Local Dimming“), um den Schwarzwert abzusenken und dadurch den Kontrast zu steigern. Man stelle sich das Bild einer Frau im roten Kleid auf einer grünen Wiese unter blauem Himmel vor – dort leuchten immer nur die LEDs einer Farbe. Je mehr Zonen das Backlight enthält, desto feiner sind die Inhalte voneinander abgegrenzt.

Damit das Display einen weiten Farbraum aufweisen kann, müssen die Primärfarben eine große Fläche im CIE-Farbdigramm aufspannen. Der Display-Hersteller stimmt die Transmissions-Wellenlängen des Farbfilters mit denen des LED-Backlights aufeinander ab.

Industrie-Displays verwenden ein weißes Backlight, das mit einer blauen LED und einem gelben Konverter erzeugt wird. Das dadurch entstehende Spektrum nimmt das menschliche Auge als weiß wahr, wobei einzelne Spektrallinien auf die Transmissions-Wellenlänge des Farbfilters angepasst sind.

Quantum Dots

Mit dem Einsatz von Quantum Dots lässt sich das Spektrum und damit der dargestellte Farbraum erweitern. Quantum Dots wandeln die Wellenlänge des Lichts, das sie passiert. Die resultierende Farbe hängt von der Dimension der Dots ab. Das abgegebene Licht hat immer eine größere Wellenlänge als das einfallende. Mit Hilfe eines blauen Backlights können Quantum-Dot-Folien die drei Primärfarben erzeugen.



Rudolf Sosnowsky
Technischer Leiter/
HY-LINE Technology GmbH
www.hy-line-group.com/

Anwendung	Endoskopie, Operation	Ultraschall	Diagnose, Labor	Interventionelle Verfahren	Medizinisches HMI
Darstellung von Rot-Tönen	+				
Weiter Farbraum	+				
Niedriger Colour Shift			+		
Hohe Helligkeit	+		+	+	+
Hoher Kontrast	+	+	+		
Local Area Dimming	+				
Augenfreundlichkeit				+	
Optical Bonding	+	+			+
Touch Screen		(+)		(+)	+

Tabelle 1: Anforderungen an ein medizinisches Display

Jede Lichtquelle altert. Bei medizinischen Displays wird die Helligkeit des Displays von der internen Elektronik gemessen und nachgeregelt. Dadurch behält das Display trotz Alterung des Backlights die Darstellung wie am ersten Tag und liefert reproduzierbare, miteinander vergleichbare Abbildungen.

Uniformität

Für Displays, die in der medizinischen Befundung eingesetzt werden, ist auch die Uniformität der Helligkeit, das heißt die gleichmäßige Ausleuchtung der gesamten Fläche durch das Backlight, wichtig. Sie ist im Datenblatt bei der Spezifikation der optischen Daten aufgeführt und hier besser als bei industriellen Modellen. Für ihre Bestimmung wird die Helligkeit an mehreren Stellen des Displays gemessen, siehe Bild 1.

Reaktionszeit/ Response Time

Ein schnelles Umschalten der Pixel ist wichtig, um Bewegungsunschärfe zu minimieren und eine flüssige Darstellung von Inhalten zu ermöglichen. Dies ist besonders bei der Betrachtung von Videos von Bedeutung. Bei der Standard-Bildwiederholfrequenz von 60 Hz wird ein Bild für 16,7 ms angezeigt.

Farbraum

Für eine optimale Darstellung muss der Farbraum, der durch das Display dargestellt werden kann, möglichst weit sein. Bild 2 zeigt, wo die in der Tabelle angegebenen

Koordinaten der Primärfarben im Farbdiaagramm zu finden sind. Nur diejenigen Farben, die innerhalb des aufgespannten Dreiecks (weiß dargestellt) liegen, können dargestellt werden. Von einem kräftigen

Rot profitieren besonders Farbaufnahmen in der Chirurgie und Endoskopie, von der Ausgewogenheit die darstellbaren Graustufen bei Anwendungen wie MRT und CT. Zum Thema Abstufungen ist es

Parameter	Symbol	Values			Units	
		Min	Typ	Max		
Contrast Ratio	CR	700	1000	-		
Surface Luminance, white	L_{WH}	240	300	-	cd/m ²	
Luminance Variation	δ_{WHITE}	75			%	
Response Time	Gray to Gray	T_{GTG}	-	6	12	ms
Color Coordinates [CIE1931]	RED	Rx	Typ -0.03	0.680	Typ +0.03	
		Ry		0.310		
	GREEN	Gx		0.210		
		Gy		0.700		
	BLUE	Bx		0.147		
		By		0.054		
	WHITE	Wx		0.313		
		Wy		0.329		
Color Shift	Horizontal	$\theta_{CST\ H}$	-	178	-	Degree
	Vertical	$\theta_{CST\ V}$	-	178	-	
Viewing Angle (CR>10)						
General	Horizontal	θ_H	170	178	-	Degree
	Vertical	θ_V	170	178	-	
Effective	Horizontal	$\theta_{GMA\ H}$		178	-	Degree
	Vertical	$\theta_{GMA\ V}$		178	-	
Gray Scale				2.2		

Tabelle 2: Optische Parameter

Bedienen und Visualisieren

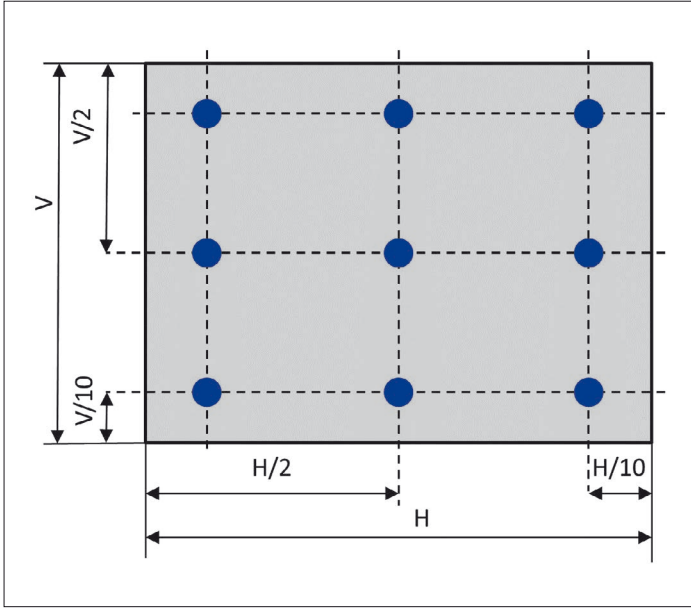


Bild 1: Messung der Uniformität

hilfreich, wenn das Display 10-Bit-Farben unterstützt, das bedeutet, dass jede Primärfarbe 1024 verschiedene Werte von Schwarz bis zur vollen Ansteuerung darstellen kann. Diese Abstufungen werden auch benötigt, um die Gradationskennlinie oder die Gamma-Kennlinie zu korrigieren, um eine visuell ideale Darstellung zu erhalten. Mit dem medizinischen DICOM-Standard wird unter anderem die Farb-

wiedergabe eines Geräts definiert und der Zusammenhang von Digitalwert der Farbe als Eingangswert für das Display und der dargestellten Farbe festgelegt. Für eine optimale Darstellung von Farbtönen, besonders im Bereich der Graustufen, wie sie bei Radiologie- und Ultraschall-Bildern vorkommen, sollte das Display ausreichende Reserven haben. Für eine flimmerfreie Darstellung sollte das

Display „echte“ Graustufen darstellen. Manche Displays fügen durch „Dithering“ weitere Graustufen hinzu, die durch eine frame-weise ein-/aus-Ansteuerung der Pixel erzeugt werden. Das geschulte Auge erkennt das Umschalten als störendes Flimmern, da die effektive Frame-Frequenz von 60 Hz heruntersgesetzt wird.

Blickwinkel/ Colour Shift

Wird das Display nicht genau aus der Senkrechten betrachtet, ergibt sich je nach Technologie eine Veränderung der Farbdarstellung. Selbst bei blickwinkel-erweiternden Technologien wie IPS, FFS und MVA kann der Polfilter für eine leichte Verschiebung der Farbdarstellung sorgen, beispielsweise bekommt ein helles Weiß einen Blaustich. In Umgebungen mit mehreren Betrachtern wie in Operationsälen oder Konferenzräumen ist eine gute Blickwinkelstabilität erforderlich, um sicherzustellen, dass alle Benutzer identische Farbabstufungen aus verschiedenen Positionen sehen können.

Die Spezifikation gibt darüber hinaus an, bis zu welchem Blickwinkel ein Kontrast (Verhältnis von hell zu dunkel) von mindestens 10 erreicht wird. Bei medizinischen

Displays liegt der Winkel umlaufend nahe bei 90°.

Gray Scale/Gamma-Kurve

Die Wahrnehmung des Auges ist nicht linear zur Helligkeit. Die Gamma-Korrektur (siehe Bild 3) kompensiert diese so, dass von dunkel nach hell ein linearer Eindruck entsteht. Medizinische Monitore werden gemäß DICOM kalibriert, sodass beim Austausch von Daten diese auf jedem Monitor gleich angezeigt werden.

Auflösung

Eine hohe Auflösung ist wichtig, damit der Betrachter feine Strukturen differenzieren kann. Bestimmte medizinische Anwendungen erfassen Werte mit pixel-orientierten Sensoren, z. B. in der Mammographie oder der Radiologie. Um dort Artefakte durch Skalierung zu vermeiden und das gesamte Bild darzustellen, werden Displays mit ungewöhnlichen Auflösungen eingesetzt. Dort werden teilweise monochrome Displays eingesetzt, die sich durch besonders hohe Helligkeit und einen großen Dynamikbereich auszeichnen. In der Medizintechnik werden Displays auch nach Anzahl der Bildpunkte in Megapixel (MP) und nicht der Auflösungen in horizonta-

Parameter	Symbol	Values			
		Min	Typ	Max	
Contrast Ratio	CR	700	1000	-	
Surface Luminance, white	L_{WH}	240	300	-	
Luminance Variation	δ_{WHITE}	75			
Response Time	Gray to Gray	T_{GTG}	-	6	12
Color Coordinates [CIE1931]	RED	Rx	0.680		
		Ry	0.310		
	GREEN	Gx	0.210		
		Gy	Typ -0.03	0.700	Typ +0.03
	BLUE	Bx	0.147		
		By	0.054		
WHITE	Wx	0.313			
	Wy	0.329			

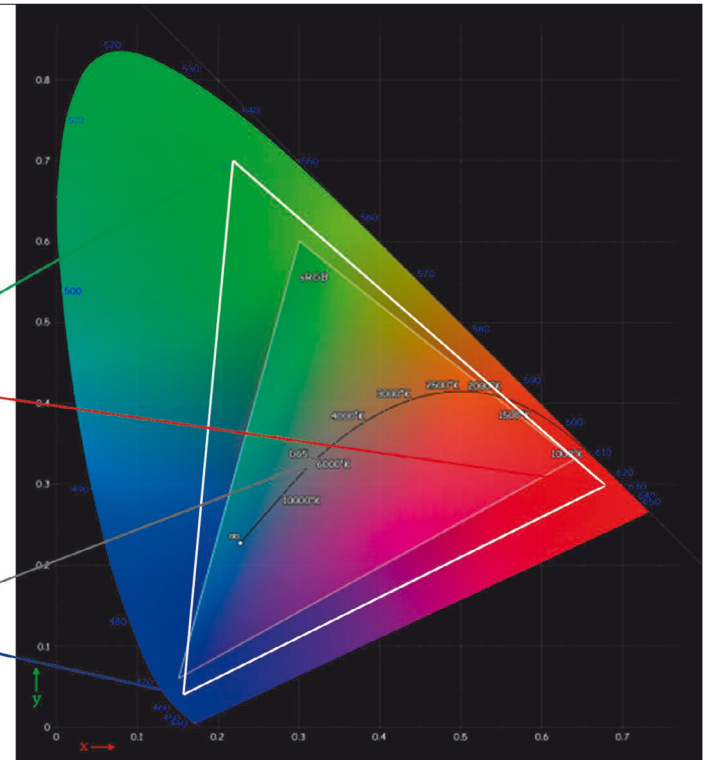


Bild 2: Lage der Farbkordinaten im CIE1931-Diagramm

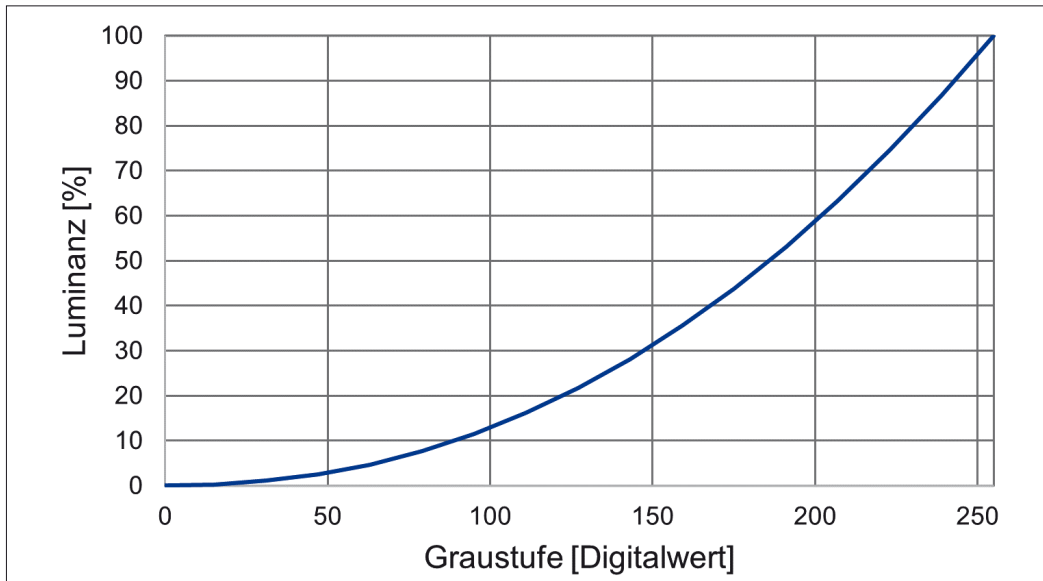


Bild 3: Typische Übertragungskennlinie eines Displays

ler und vertikaler Richtung klassifiziert, siehe Tabelle 3. Für bestimmte Anwendungen, z. B. in der Mammographie, wird die Abbildung im Porträt-Format bevorzugt.

Touchscreen

Manche medizinischen Geräte können alternativ zur Maus mit einem Touchscreen bedient werden. Dieser bietet den Vorteil des direkten intuitiven Zugriffs auf die Stelle, die in einer Vergrößerung betrachtet werden soll. Nachteilig ist, dass die Oberfläche mit Fingerabdrücken verschmutzt werden kann, was bei diagnostischen Displays problematisch ist. Die Einstellung der Parameter des Touchscreens muss in enger Abstimmung mit dem Einsatzgebiet erfolgen. So sind z. B. die Benetzung mit Flüssigkeiten, die Mehrfingerbedienung oder die Bedienung mit Handschuhen Kriterien, die berücksichtigt werden müssen. Die Gestaltung der Oberfläche des Bildschirms muss optisch und haptisch einwandfrei sein, wobei die Oberfläche gegen Verunreinigung mit im medizinischen Umfeld auftretenden Flüssigkeiten und Reinigungsmitteln resistent sein muss.

Displays für medizinische Geräte müssen häufig bestimmte medizinische Zertifizierungen erfüllen, um den Standards und Vorschriften des Gesundheitswesens zu entsprechen. Dazu gehören beispielsweise die Zertifizierungen gemäß den Normen IEC 13485 für Medizinprodukte und IEC 60601-1 für

die allgemeine Sicherheit elektrischer Geräte.

Mit dem Einsatz von TFT-Panels mit LED-Backlight kann Energie effizient genutzt werden, besonders bei tragbaren oder batteriebetriebenen Geräten kann dadurch die Akkulaufzeit verlängert werden. Medizinische TFT-Panels sind für eine lange Lebensdauer ausgelegt, da sie oft rund um die Uhr im Einsatz sind. Mechanismen wie die Nachregelung der Helligkeit ermöglichen einen stabilen Betrieb und reproduzierbare Ergebnisse über die gesamte Lebensdauer hinweg.

Fazit

Zwischen einem Display, das zur Bedienung eines Gerätes als

HMI völlig adäquat ist und auch als Industriedisplay bezeichnet wird, und einem für die medizinische Befundung verwendeten gibt es wesentliche Unterschiede. Die Anforderungen an den Aufbau und die optischen Werte sind beim medizinischen Display ungleich höher, und auch die niedrigeren Stückzahlen sorgen für einen deutlichen Preisunterschied. Das Display selbst erfüllt noch nicht alle Anforderungen; die Ansteuerelektronik muss mit Farbabstimmung, Regelung des Backlights unterstützen; die optischen Anforderungen an Touchsensor, wenn vorhanden, und an die Frontscheibe sind durch das Umfeld im medizinischen Bereich und die unbe-

dingte Ablesbarkeit unter widrigen Beleuchtungsbedingungen gegeben. Die Entwicklung und Serienfertigung eines Monitors verlangt vom Hersteller vielseitiges Know-How.

Informationen

<https://www.hy-line-group.com/medical-displays>

Referenzen

HY-LINE Computer Components Vertriebs GmbH

<https://www.hy-line.de/>

LG Display Co., Ltd.

<https://www.lgdisplay.com/>

AU Optronics Corporation

<https://www.auo.com>

Eizo Corporation

<https://www.eizo.com/>

Wikipedia Spigget auf

<https://de.wikipedia.org/wiki/Gamut>

Wer schreibt:

HY-LINE Computer Components steht als Mitglied der HY-LINE-Gruppe mit 30 Jahren Expertise als Spezialist für komplette Systemlösungen im Bereich Display- und Touchtechnologie und Embedded Computing. Als Lösungsanbieter unterstützt HY-LINE seine Kunden bei der projektbezogenen technischen Beratung sowohl in aktuellen Technologien als auch innovativen Ansätzen. ◀

Auflösung in MP	Typische Diagonale	Auflösung h x v	Seitenverhältnis	Typische Anwendung
12	30,9"	4.200 x 2.800	3:2	Tomosynthese, Mammographie
8	31,1"	4.096 x 2.160	17:9	Radiologie
6	30"	3.280 x 2.048	16:10	Radiologie
5	21,3"	2.048 x 2.560	4:5	Radiologie Porträtformat
3	21,3"	1.536 x 2.048	3:4	Radiologie Porträtformat
2,3	24,1"	1.920 x 1.200	16:10	Radiologie, CT, MRT, Ultraschall
2	21,3"	1.200 x 1.600	3:4	Radiologie, CT, MRT, Nuklearmedizin Porträtformat
1	19"	1.280 x 1.024	5:4	CT, MRT

Tabelle 3: Auflösungen medizinischer Monitore