

LCD-Bildschirme – ergonomisch

Dass Flachbildschirme sich an den Arbeitsplätzen durchsetzen, hat gute Gründe: Was schon der unbefangene Benutzer als visuell angenehm erlebt, bestätigt sich auch aus ergonomisch-wissenschaftlicher Sicht. Flachbildschirme sind in der Regel die ergonomisch günstigere Lösung, die Norm ISO 13406-3 gewinnt also an Bedeutung für die Praxis.

LCD-MONITORE ERFREUEN sich wegen ihrer flachen Bauweise, der reduzierten Leistungsaufnahme, der geringeren Abgabe elektromagnetischer Strahlung und weil sie ein angenehmer anzuschauendes Bild liefern, zunehmender Beliebtheit. In letzter Zeit werden sie aufgrund deutlich gesunkener Preise für Unternehmen rentabel (und zwar wegen ihrer erheblichen ergonomischen Vorteile) und auch für einen breiteren Kreis von Privatkunden erschwinglich.

Damit stellt sich für den Betriebs-/Personalrat die Frage, nach welchen Kriterien und mit welchen Argumenten er im Rahmen seiner Mitbestimmungsrechte Einfluss auf eine eventuell ohnehin geplante Neu- oder Ersatzbeschaffung von Bildschirmen an den Arbeitsplätzen nehmen kann. Dazu einige zentrale Fragen:

- Wie können die ergonomische Qualität und die visuelle Leistungsfähigkeit eines LCD-Monitors beurteilt werden?
- Wie stark ist der Einfluss der Sehrichtung auf die Qualität der Darstellung?
- Wie viele ›Pixeldefekte‹ (Defekte einzelner Bildelemente) darf ein LCD-Monitor aufweisen?
- Wie kann der LCD-Monitor optimal eingestellt werden?

Aber ehe diese Details bearbeitet werden, stellt sich in vielen Unternehmen, insbesondere in der Auseinandersetzung mit dem Arbeitgeber oder der zuständigen ITK-Abteilung die Frage nach dem Nutzen eines ergonomischen Bildschirms.

Ergonomischer Bildschirm am Arbeitsplatz – warum?

DIE ANTWORT IST EINFACH: aus Kostengründen! Mit dem Computer als Arbeits-



mittel werden Tag für Tag Texte, Zahlen oder Bilder erfasst und bearbeitet. Wenn dabei die Darstellung auf dem Bildschirm die Gegebenheiten des menschlichen visuellen Systems berücksichtigt und somit ergonomisch ist, werden vorzeitige Ermüdung (d.h. Leistungsabfall) und auch langfristige gesundheitliche Beeinträchtigungen wirksam verhindert.

Von der täglichen Arbeit am Bildschirm sind neben dem menschlichen Haltungs- und Bewegungsapparat vor allem die Augen betroffen (siehe auch ›Probleme mit dem bezahlten Sehen‹ in CF 4 und 5/96). Die unterschiedlichen Leuchtdichten (umgangssprachlich: ›Helligkeiten‹) von Bildschirm, Vorlage, Tastatur und Umgebung einerseits und die unterschiedlichen Sehentfernungen andererseits verlangen von unserem visuellen System ständige Anpassungsleistungen (Adaptation, Akkommodation). Flimmernde Bilddarstellungen beeinträchtigen das Sehen und sind häufige Ursache für Kopfschmerz und andere als unangenehm empfundene Symptome. Im Fall von Blendungen und Spiegelungen steigt die Belastung der Augen noch einmal.

Um die Belastungen durch Bildschirmarbeit für die Beschäftigten möglichst gering zu halten, ist es also wichtig, bei

der Beschaffung und Aufstellung von Bildschirmen die ergonomischen Mindestanforderungen zu kennen und zu beachten. Nur so kann das wertvollste Kapital eines Unternehmens – die Beschäftigten – wirkungsvoll geschützt und ihre Leistungsfähigkeit erhalten werden.

Dazu können – so viel kann schon vorweg genommen werden – Flachbildschirme in erheblichem Maße beitragen. Denn seit in der zweiten Hälfte der siebziger Jahre die ersten ›Flüssigkristall‹-Anzeigen (= Liquid Crystal Displays = LCD) in Form der kleinen ›Displays‹ in Armbanduhren, Taschenrechnern und anderen batteriebetriebenen Geräten aufgetaucht sind, wurden auf diesem Gebiet enorme Fortschritte erzielt.

Alles eine Sache des ›Blickwinkels?‹

AUCH WENN WIR HEUTE in den Regalen des Fachhandels Computer-Monitore und Fernsehgeräte mit LCD-Bildschirmen finden, die durch sehr gute Bildqualität selbst bei bewegten Bildern (z. B. Filme, Videospiele) überzeugen, fällt eine problematische Eigenschaft der Flachbildschirme doch sofort ins Auge – noch jedenfalls: die Abhängigkeit der dargestellten Bildinformation von der Richtung, aus der die Anzeige angeschaut wird. Je nach Sehrichtung sind mehr oder minder deutliche Veränderungen der ›Helligkeit‹ (Leuchtdichte), der Farbe und dem Kontrast wahrzunehmen.

Dieser Effekt erklärt sich durch einen Blick auf den Aufbau eines LCD-Bildschirms (siehe Abbildung rechts). Ein solcher Flachbildschirm besteht aus zwei ebenen Glasplatten (0,7 mm bis 0,5 mm Dicke), zwischen denen sich eine dünne Schicht von Flüssigkristallmaterial befindet (etwa 5 µm).

Die Ausrichtung der Flüssigkristall-Moleküle kann durch ein an sie angelegtes elektrisches Feld gesteuert werden. Sind die Moleküle dabei (geringe elektrische Feldstärke) parallel zu den Glas-

1... Diese Abhängigkeit gilt zum Beispiel für die LCD-TN-Technik mit gekreuzten Polarisatoren; es gibt andere Effekte mit Flüssigkristallen, die im feldfreien Zustand nicht lichtdurchlässig (dunkel) sind (z. B. MVA, PVA, IPS).

platten angeordnet, so ist die Anordnung (einschließlich Polarisatoren) ›lichtdurchlässig‹ (ergibt also helle Bildpunkte), werden sie – gesteuert über eine zunehmende Intensität des elektrischen Feldes – allmählich gedreht, dann werden sie für Licht nach und nach undurchlässiger (also dunkler)...¹

Schematischer Aufbau eines LCD-Monitors (TN)

Polarisationsfolie

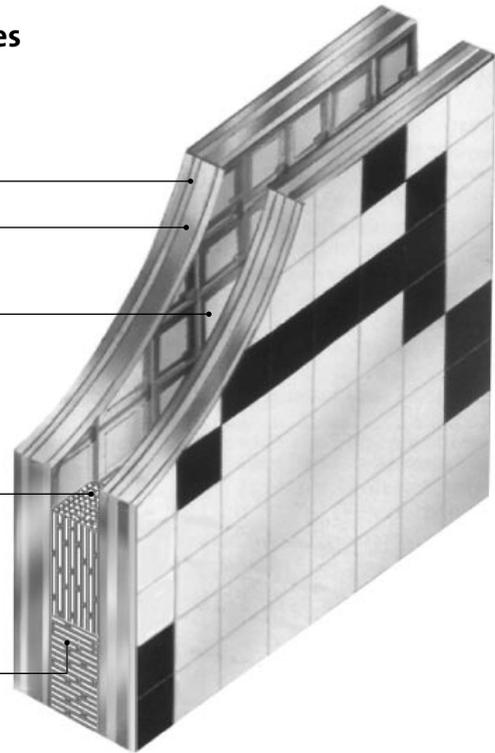
Glasplatte

Matrix aus Dünnschichttransistoren, über die die einzelnen Bildelemente (Pixel) angesteuert werden

Hintergrundbeleuchtung →

Die Moleküle des Flüssigkristalls beeinflussen das Licht im feldfreien (spannungslosen) Zustand so, dass es die zweite senkrecht zur ersten ausgerichteten Polarisationsfolie passieren kann (helle Bildelemente).

Durch die Ansteuerspannung werden die Moleküle so gedreht, dass eine abnehmende Lichtdurchlässigkeit Graustufen bis zum vollständig dunklen Bildelement entstehen lässt.



Da ein Flüssigkristall-Display selbst kein Licht abgibt, sondern nur so etwas wie ein elektrisch steuerbares ›Lichtventil‹ darstellt, muss durch eine großflächige Lichtquelle hinter der Anzeige für ausreichende und gleichmäßige Beleuchtung (Leuchtintensität der hellen Bildschirmpunkte) gesorgt werden. Das vom Betrachter wahrgenommene Licht durchquert die Flüssigkristallschicht also je nach Sehrichtung mehr oder weniger geneigt. Je schräger man vor dem LCD-Bildschirm sitzt, desto stärker kommt es deshalb zu Wahrnehmungsunterschieden bei Leuchtdichte (Helligkeit), Kontrast und Farbe relativ zur vorgesehenen Sehrichtung, für die die Anzeige vom Hersteller optimiert ist.

Dieses Prinzip ist bei Schwarz-Weiß-, Graustufen- und Farbmonitoren immer gleich. nur dass sich bei Farbmonitoren das angezeigte Bild nicht nur aus

einer Sorte von Hell-Dunkel-Bildpunkten zusammensetzt, sondern aus ›Triaden‹ (Dreiereinheiten) von roten, grünen und blauen Teilbildelementen, deren jeweils unterschiedlich bemessene Intensität dafür sorgt, dass im Auge des Betrachters die entsprechende Mischfarbe entsteht.

Eine wesentliche Herausforderung an die LCD-Entwickler in den letzten 15 Jahren war es, die Abhängigkeit der Anzeigequalität von der Sehrichtung zu verringern, was durch die Entwicklung unterschiedlicher Technologien auch in deutlich spürbarem Umfang gelungen ist.

Ergonomisch wichtig: die Sehrichtungseffekte

SELBST WENN EIN Betrachter in exakt ausgerichteter und unveränderter Position vor einem LCD-Monitor sitzt, würde er die unterschiedlichen Stellen auf dem Bildschirm aus unterschiedlichen Richtungen sehen. Je nach Nutzung eines LCD-Monitors muss also sichergestellt sein, dass ein einzelner Betrachter bei

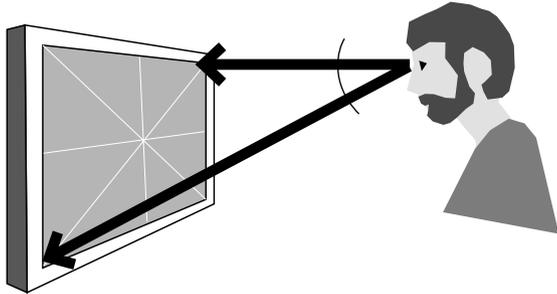


Mitbestimmungspraxis

seinen arbeitsplatztypischen Positionsveränderungen oder auch mehrere Betrachter gleichzeitig aus verschiedenen Richtungen und Entfernungen die dargestellte Bildinformation ohne störende Effekte wahrnehmen können.

zer über einen bestimmten Sehrichtungsbereich geeignet.

- **Klasse IV:** Der LCD-Monitor ist bei fixierter Kopfposition für einen Benutzer und für nur eine Sehrichtung geeignet.



Sehwinkel bei der Bildschirmarbeit

Wenn sich das Auge des Benutzers über einer Bildschirmecke befindet, dann muss er alles auf dem Bildschirm Gezeigte bis in die gegenüberliegende Ecke hinein einwandfrei wahrnehmen können. Das entspricht bei einem 17-Zoll-Bildschirm und einer Sehentfernung von etwa 50 cm einem Sehwinkel von 41°.

Wenn wir davon ausgehen, dass der PC-Benutzer seinen Bildschirm ergonomisch optimal positioniert hat (d.h. so dass seine Sehachse bei leicht gesenktem Kopf etwa im Winkel von 90 Grad auf die Mitte des Bildschirms gerichtet ist), dann sollte er, wenn sich sein Kopf über der einen Ecke des Bildschirms befindet, das Monitorbild bis in die diagonal gegenüberliegende Ecke einwandfrei sehen können.

Das hieße konkret, dass bei einem LCD-Monitor mit einer Bildschirmdiagonale von 17 Zoll innerhalb eines Sehrichtungsbereiches von mindestens 41 Grad keine störenden visuellen Effekte auftreten dürfen (siehe Abbildung oben).

Die Bedeutung der Sehrichtung auf die Wahrnehmungsqualität bei der Arbeit vor LCD-Monitoren wird auch in der Norm ISO 13406 offensichtlich: Alle wichtigen visuellen Größen werden als Funktion der Sehrichtung gemessen und die Ergebnisse in entsprechende Kategorien eingeteilt. So unterscheidet die Norm ISO 13406 die folgenden Sehrichtungsbereichsklassen:

- **Klasse I:** Der LCD-Monitor ist bei beweglicher Kopfposition für mehrere Benutzer geeignet.
- **Klasse II:** Der LCD-Monitor ist bei beweglicher Kopfposition für einen Benutzer geeignet.
- **Klasse III:** Der LCD-Monitor ist bei fixierter Kopfposition für einen Benut-

In der Praxis hieße das beispielsweise: Bildschirme, an denen häufiger mehrere Personen arbeiten (z.B. in den Bereichen Schulung, Außendienst, Präsentation, öffentliche Information) sollten den Anforderungen der Klasse I genügen, Bildschirme für den Umgang mit vertraulichen Inhalten (z.B. für öffentliche Verkehrsmittel oder bei Geldautomaten) könnten oder sollten sogar der Klasse IV angehören.

Graustufen und Farbabstufungen

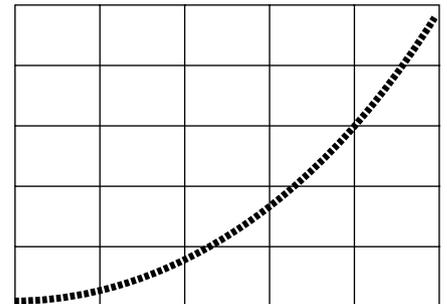
NEBEN DEN DARSTELLUNGEN von Hell (maximale Leuchtdichte) und Dunkel (minimale Leuchtdichte) müssen PC-Bildschirme natürlich auch Graustufen und feinste Farbnancen wiedergeben können. Die meisten Flüssigkristall-Bildschirme bieten heute eine Auflösung von 256 Stufen für jede Primärfarbe (Rot, Grün und Blau), was – zumindest theoretisch – 16,777 Millionen darstellbare Farben ergibt.

Um die Austauschbarkeit von Bildschirmen mit Kathodenstrahlröhren (Cathode Ray Tube = CRT) und LCD-Monitoren zu gewährleisten, muss der Zusammenhang zwischen Eingangsgröße (dem Farbwertsignal, das der Computer abgibt) und dargestellter Leuchtdichte einer einheitlichen ›Kennlinie‹ entsprechen. Maßstab ist die Kennlinie eines herkömmlichen CRT-Monitors, bei der

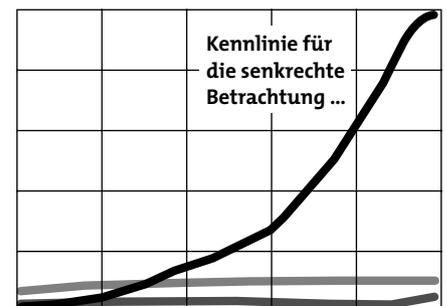
eine stetig zunehmende elektrische Spannung einer ebenso stetig zunehmenden Leuchtdichte (Helligkeit) entspricht.

Dies zu erreichen, ist für die Konstrukteure von LCD-Monitoren alles andere als einfach, denn aufgrund physikalischer Besonderheiten reagieren LCD-Zellen je nach Sehrichtung auf ansteigende Spannung unterschiedlich. Das kann sogar bedeuten, dass bei einer bestimmten Spannungssteigerung die Helligkeit (also die Leuchtdichte) konstant bleibt oder abnimmt, was – wenn es denn unkorrigiert bliebe – natürlich zu außerordentlich irritierenden Effekten bei der Bildschirmansicht führen würde.

Deshalb muss die Elektronik eines LCD-Monitors die eingehende Spannung jeweils so verändern, dass die Reaktion der einzelnen LCD-Zellen denen eines Röhren-Monitors möglichst genau entspricht. Wie gut dies für verschiedene Sehrichtungen gelingt, ist für die ergonomische Qualität eines LCD-Monitors natürlich ganz entscheidend.



Die ›Kennlinie‹ eines Röhren-Bildschirms (CRT) zeigt mit zunehmender Spannung eine gleichmäßig ansteigende Leuchtdichte ...



Dieses Schaubild zeigt drei, für verschiedene Sehrichtungen (senkrecht, von unten und von oben) gemessene ›Kennlinien‹ eines LCD-Monitors (TN). Sie verlaufen anders als bei einem CRT-Monitor, mit zum Teil stark abweichenden Tendenzen.

Leuchtdichte, Farbe und die Sehrichtung

WIE WIR SCHON gesehen haben, ändert sich die vom Betrachter wahrgenommene ›Helligkeit‹ (messtechnisch durch die Leuchtdichte beschrieben) mit der Sehrichtung. Da es (noch) nicht möglich ist, einen LCD-Monitor beim Hersteller für sämtliche Sehrichtungen zu optimieren, muss sich der Entwickler eines LCD-Bildschirms für eine ›Haupt-Sehrichtung‹ entscheiden, auf die hin dann der Bildschirm konstruiert wird. Und diese ›Haupt-Sehrichtung‹ kann je nach vorgesehenem Einsatzgebiet durchaus unterschiedlich aussehen. So kann ein LCD-Bildschirm beispielsweise für eine genau senkrecht auf die Bildschirmmitte auftreffende Sehadse optimiert werden oder für eine Betrachtung mehr von oben oder von unten her.

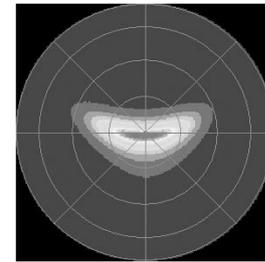
Schlüsselgröße Kontrast

DIE SCHLÜSSELGRÖSSE für die Beschreibung der Wahrnehmbarkeit visueller Information ist der Kontrast, definiert als das Verhältnis der Leuchtdichte des Zeichens zur Leuchtdichte des Hintergrunds. Wenn also der Hintergrund 10-mal so hell ist wie ein dunkles (schwarzes) Zeichen, wird das Kontrastverhältnis als 10:1 bezeichnet.

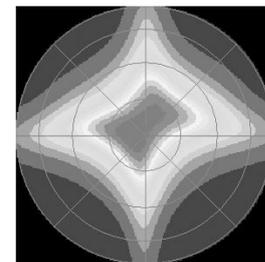
In den Prospekten der Monitorhersteller sind fast ausschließlich so genannte Dunkelraumkontraste angegeben (mit oft beeindruckenden Zahlenwerten!), eventuell noch zusammen mit dem Sehrichtungsbereich, innerhalb dessen der Kontrast oberhalb eines bestimmten Verhältnisses bleibt (zum Beispiel 10:1 oder mehr). Dieser Sehrichtungsbereich wird dann durch die Angabe des entsprechen-

die dargestellten Farben zusätzlich ›ausbleichen‹ (also an ›Sättigung‹ verlieren) – es kommt damit zu einer Reduktion des darstellbaren Farbumfangs (›color gamut‹).

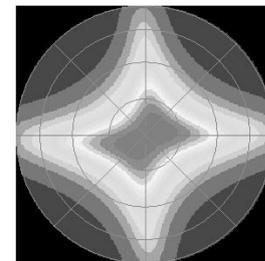
Hinzu kommt noch, dass je nach eingesetzter Technik (und den entsprechenden elektro-optischen Effekten) die wahrgenommenen Kontrastwerte mit dem von der senkrechten Betrachtung abweichenden Sehwinkel mehr oder weniger stark abnehmen. Mit anderen Worten: Sitzt man genau mittig vor dem Bildschirm, nimmt die Kontrastwahrnehmung zu den Rändern hin ab – wie weitgehend dies geschieht, ist von der jeweiligen Monitor-Technik abhängig, wie die folgenden Schaubilder zeigen:



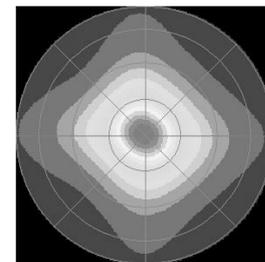
Der so genannte TN-Effekt zeigt nur bei senkrechter Betrachtung hohen Kontrast ...



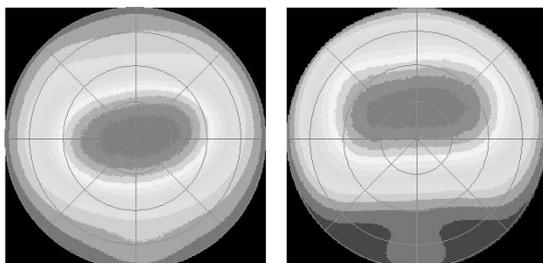
Mit dem IPS-Effekt wird ein hoher Kontrast erreicht, wobei sich Kontrast und Farben mit der Sehrichtung wenig ändern ...



Auch der MVA-Effekt ergibt einen großen Bereich möglicher Sehrichtungen mit hohem Kontrast ...



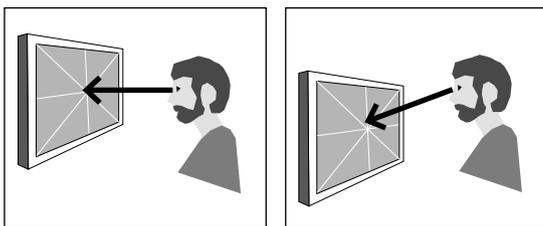
Beim PVA-Effekt konzentriert sich der Bereich mit hoher Kontrastwahrnehmung wieder stärker um die senkrechte Sehrichtung.



Bildschirmoptimierung für verschiedene Sehwinkel

Die links abgebildeten, so genannten ›Polardarstellungen‹ zeigen, wie sich die Wahrnehmung der Leuchtdichte (Helligkeit) mit der Sehrichtung verändert.

Der Bildschirm links ist für die senkrechte Betrachtung optimiert (maximale Leuchtdichte im Zentrum der Polardarstellung), der Bildschirm rechts für eine Betrachtung von oben her.



Stimmen Einsatzgebiet und ›eingebaute‹ Sehrichtung nicht überein, kann es zu unangenehmen und damit unergonomischen Effekten kommen (siehe Abbildungen oben).

Dies bezieht sich auch nicht nur auf die Leuchtdichte, sondern ebenfalls auf die Farbtreue. Das heißt, dass ein guter Monitor jede Farbe aus jeder vorgesehenen Sehrichtung Blickwinkel immer so darstellt, dass sie vom Betrachter als gleich wahrgenommen wird.

den Neigungswinkels in horizontaler und vertikaler Richtung angegeben (z. B. 40° vertikal, 60° horizontal).

Während die Dunkelraumkontraste im Bereich von 250:1 bis 500:1 und darüber liegen, geht der wahrgenommene Kontrast unter realen Bürobedingungen (etwa bei üblichen 250 bis 500 Lux Beleuchtungsstärke) je nach Entspiegelungsmaßnahmen auf Werte von einigen 10:1 bis 100:1 zurück.

Deshalb schreibt ISO 13406 auch die Kontrast-Messung unter Umgebungsbeleuchtung vor. Dabei zeigt sich dann, dass neben der Abnahme des Kontrastes



Entspiegelung und Reflexionen

LCD-MONITORE KÖNNEN im Gegensatz zu Röhren-Monitoren (CRT) mit einer aufgerauten Oberfläche versehen werden (›anti-glare coating‹), die dafür sorgt, dass Lichtquellen, die sich in der Anzeige spiegeln, nur als konturlose helle Flecken wahrgenommen werden.

Dies ist möglich, da bei LCD-Monitoren die visuelle Information in einer Schicht entsteht, die nur etwa einen Millimeter von der aufgerauten Oberfläche entfernt ist (bei CRT-Monitoren handelt es sich um 10 mm und mehr), so dass durch reflexionsmindernde Aufrauung keine Abnahme der Zeichenschärfe und des Kontrastes erfolgt.



Die linke Hälfte des Bildes zeigt, wie eine Lichtquelle (Leuchtstoffröhre) von einem Röhrenmonitor reflektiert wird, rechts die gleiche Lichtquelle durch einen Flachbildschirm reflektiert.

Hier liegt ein großer ergonomischer Vorteil der LCD-Monitore: Bei CRT-Monitoren ohne aufgeraute Oberfläche kann nämlich das Bild der gespiegelten Lichtquelle klar erkannt werden (siehe Abbildung oben), was dazu führt, dass das Auge des Betrachters immer wieder unwillkürlich versucht, dieses (weiter entfernte) Abbild der Lichtquelle scharf zu stellen. Bildschirminhalt und Abbildung der Lichtquelle (Leuchtöhre, Fenster, helle Schranktür usw.) konkurrieren also gleichsam um die Aufmerksamkeit des Auges (= ›Fusionswettstreit‹), was Ablenkung von der Arbeitsaufgabe bewirkt und eine erhebliche Belastung für das visuelle System darstellt.

Vor allem auch dieses Fehlen von Spiegelbildern gestaltet die Arbeit mit LCD-Monitoren insbesondere in heller Umgebung angenehmer und weniger ermüdend.

ISO 13406-2 unterscheidet drei Reflexionsklassen. Für den Einsatz in einer Büroumgebung sollte der LCD-Monitor mindestens der Reflexions-Klasse II entsprechen. Die Praxis der Messtechnik zeigt allerdings, dass fast alle getesteten LCD-Monitore die Anforderungen nach Klasse I sowohl für Darstellung mit negativer bzw. positiver Kontrastpolarität einhalten.

Alles eine Frage der Geschwindigkeit ...

ES FÄLLT AUF, dass LCD-Monitore im Gegensatz zu CRT-Bildschirmen meist keine störenden Flimmer-Effekte aufweisen. Dies liegt darin begründet, dass die Licht erzeugende Beschichtung in der Kathodenstrahl-Röhre (Phosphore) sehr schnell auf den Beschuss mit Elektronen reagiert, die Lichterzeugung aber schnell auch wieder abklingt. Im LCD-Monitor hingegen wird die Geschwindigkeit, mit der sich ein (neues) Bild aufbaut, durch die Zeit bestimmt, die der Flüssigkristall zur ›Umorientierung‹ benötigt. Und diese Zeit ist um mindestens eine Größenordnung länger als die Reaktionszeit der Leuchtschicht im Röhren-Monitor. Wobei allerdings diese das unangenehme Flimmern vermeidende Technik gleichzeitig ein Hindernis bei der Wiedergabe von bewegten Bild-inhalten darstellen kann (z.B. Video).

Nach ISO 13406 ist die Bildaufbauzeit die Zeit, in der sich die Leuchtdichte des LCD-Monitors von 10 auf 90 Prozent und wieder zurück auf 10 Prozent ändert (mit Schwarz = 0 % und Weiß = 100 %). Zur Darstellung von Video-Inhalten ohne ›Verschmieren‹ sollte die Bildaufbauzeit unterhalb von 10 Millisekunden liegen. Eine Problematik der vorliegenden Norm besteht darin, dass die LCD-Schaltzeiten im mittleren Graustufenbereich erheblich länger ausfallen können als das Umschalten zwischen Schwarz und Weiß.

Diese Schwachstelle der Norm wird in kommenden Versionen korrigiert werden.

Beachtet werden muss allerdings, dass die Bildaufbauzeiten auch von einigen Einstellungen der Grafik-Karte und des LCD-Monitors selber abhängig sind (z.B. Gamma-Kurve).

Defekte Bildelemente (Pixel)

EIN BILDELEMENT (ansteuerbarer Punkt des Bildschirms = Pixel) besteht bei LCD-Bildschirmen, wie bereits weiter oben beschrieben, aus drei Teilbildelementen (= Subpixel), üblicherweise mit den Primärfarben Rot, Grün und Blau, die sich bei gleichzeitiger Ansteuerung und maximaler Intensität im Auge des Betrachters zu Weiß addieren. An diesen Pixeln können nun folgende Defekte auftreten:

- **Typ 1** = ein stets helles Bildelement (Pixel)
- **Typ 2** = ein stets dunkles Bildelement (Pixel)
- **Typ 3** = ein stets helles oder dunkles Teilbildelement (Subpixel)
- **fehlerhafter Bereich** = zwei oder mehr fehlerhafte Pixel/Subpixel in einer 5x5-Pixelgruppe

Die Anzahl der defekten Pixel oder Subpixel wird nach ISO 13406 wie folgt klassifiziert:

| Auflösung | Typ 1 | Typ 2 | Typ 3 | Bereiche mit mehr als einem Fehler vom Typ 1 oder 2 | Bereiche mit Typ-3-Fehlern |
|-------------|-------|-------|-------|---|----------------------------|
| 1024 x 768 | 2 | 2 | 4 | 0 | 2 |
| 1280 x 1024 | 3 | 3 | 7 | 0 | 3 |
| 1600 x 1200 | 4 | 4 | 10 | 0 | 0 |

Um sicher zu gehen, lassen sich LCD-Monitore mit geeigneten Prüfmustern ansteuern (z. B. vollständig schwarzer Bildschirm), um so die Anzahl der defekten Pixel genau feststellen zu können.

Die optimalen Zeichensätze

DA FLACHBILDSCHIRME eine feste Auflösung haben, die durch Größe und Form der einzelnen Pixel (bestehend aus drei Unter-Pixeln) bestimmt ist, kommt der Auswahl der hauptsächlich eingesetzten Zeichensätze, insbesondere ihrer Schriftgröße, eine besondere Bedeutung zu. Bei optimaler Positionierung des Bildschirms ergeben sich für Großbuchstaben in Abhängigkeit vom Sehabstand folgende optimale Schriftgrößen:

| Sehabstand [mm] | Optimale Schriftgröße [mm] |
|-----------------|----------------------------|
| 500 | 3,2 |
| 550 | 3,5 |
| 600 | 3,8 |
| 650 | 4,2 |
| 700 | 4,5 |

Aus der Schriftgröße und der Pixelgröße kann dann errechnet werden, aus wie vielen Pixeln ein Buchstabe (z.B. das »E«) zusammengesetzt sein muss, um die optimale Schriftgröße mit optimaler Zeichenschärfe zu verbinden. Die folgende Tabelle gibt Aufschluss darüber, wie viele Pixel hoch ein Großbuchstabe sein muss, damit bei einem Sehabstand von 50 Zentimetern die optimale Zeichenhöhe erreicht wird:

| Bildschirmdiagonale | 15" | 17" | 18" | 19" |
|----------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Pixelabmessungen [mm x mm] | 0,297 x 0,297 | 0,264 x 0,264 | 0,279 x 0,279 | 0,294 x 0,294 |
| Schriftgröße in Pixel | 11 | 13 | 12 | 11 |
| Zeichengröße | 11 p | 13 p | 12 p | 11 p |

Einstöpseln und loslegen?

VON BESONDERER Bedeutung für die Sicherstellung einer optimalen Leistung des LCD-Monitors ist die Einstellung des Geräts auf das von der in den PC eingebauten Grafik-Karte erzeugte elektrische Signal. Diese Einstellung lässt sich mit Hilfe geeigneter Testbilder und Prüfmuster durchführen. In der Praxis hat sich dabei folgende Vorgehensweise bewährt:

- Grafik-Karte auf die Auflösung des LCD-Monitors und auf eine Bildwiederholfrequenz von 60 Hz einstellen.
- Durchführen der automatischen Bildjustage (z.B. mit Windows-Desktop oder einem weißen Bildinhalt).

Falls dies nicht den gewünschten Erfolg bringt ...

- *Feinjustage*: Bild mit alternierenden Pixeln (Schachbrettmuster) anzeigen; Regler »Clock« und »Phase« so verstellen, bis keine vertikalen oder horizontalen Streifen mehr sichtbar sind.
- *Kontrasteinstellung*: Graustufenbild anzeigen; Kontrastregler so einstellen, dass alle Graustufen in 10-Prozentschritten visuell unterscheidbar sind (insbesondere die 10/20-Prozent- und die 90/100-Prozent-Stufe).
- *Farbmodus einstellen*: Graustufenbild anzeigen und so einstellen, dass keine der Graustufen einen Farbstich oder einen Farbsaum zeigt.
- *Helligkeit (Leuchtdichte) einstellen*: beliebigen, aber typischen Bildinhalt anzeigen; »Helligkeit« auf einen als angenehm wahrgenommenen Wert einstellen.

(Falls der LCD-Monitor über einen digitalen Signaleingang angesteuert wird (z.B. DVI), entfallen die Schritte 2 und 3.)

Von Hause aus sollten sich bei einem LCD-Monitor, im Gegensatz zum CRT-Bildschirm, »Helligkeit« und Kontrast unabhängig voneinander einstellen lassen. In letzter Zeit werden diese Einstellmöglichkeiten allerdings leider von einigen Herstellern (aus unerfindlichen Gründen) »vermischt«, was die Einstellungsarbeiten schwieriger macht.



Beurteilung von Flachbildschirmen

Insbesondere wenn Firmen größere Mengen von Flachbildschirmen ordern, sollten sie dies nur auf der Basis klarer Daten und Anforderungen tun, anders ist eine solide Entscheidungsfindung nicht möglich.

Folgendes sollte von jedem Hersteller verlangt werden:

- Daten, Kenngrößen und Messdaten, die nach den Messverfahren von ISO 13406-2 ermittelt wurden oder
- Klassifizierungen für die Monitore nach ISO 13406-2 (Sehrichtungsbereichsklassen, Reflexionsklassen, Bildaufbauzeiten usw.) oder
- ein qualifiziertes Prüfzertifikat (das TCO-Prüfsiegel berücksichtigt die hier beschriebenen speziellen Eigenschaften der LCD-Bildschirme nicht in ausreichendem Maße) einer anerkannten Prüfstelle, die auf Prüfungen nach ISO 13406-2 beruhen (z.B. ›Ergonomie geprüft‹ vom TÜV Rheinland).

Dies ist umso wichtiger, als Hersteller und/oder Lieferanten bei der Angabe von Daten entweder zögerlich sind oder aber schamlos übertreiben. In den USA läuft gegenwärtig sogar eine Klage der Firma NEC gegen den Monitor-Hersteller ViewSonic wegen unlauteren Wettbewerbs, weil ViewSonic die Kontrastangaben in seinen Produktunterlagen wohl erheblich ›geschönt‹ hat ...

Vergleichende Darstellung

Visuelle Qualitäten von Röhrenbildschirmen (CRT) und Flachbildschirmen (LCD)

| Kenngröße | CRT | LCD | Bemerkung |
|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--|
| Kontrast (Dunkelraum) | hinreichend | 350:1 bis 600:1 | <i>Bei CRTs hängt der Dunkelraumkontrast von der Helligkeitseinstellung ab.</i> |
| Kontrast (Hellraum) | 3:1 bis 10:1 | 30:1 bis 50:1 | <i>Eine diffuse Beleuchtung von 293 Lux bzw. eine gerichtete Lichtquelle mit 200 cd/m² ist berücksichtigt (typische Büro-umgebung).</i> |
| Leuchtdichte | 80 bis 120 cd/ m ² | 150 bis 250 cd/m ² | |
| Flimmern | störend | nicht wahrnehmbar | <i>schlimmer in heller Umgebung</i> |
| Reflexionen | störend | kein Bild der Quelle | <i>Refokussieren lenkt stark ab</i> |
| Bildaufbauzeit | schnell | langsamer | <i>LCDs mittlerweile video-tauglich</i> |
| Pixelfehler | praktisch keine | | |
| Gleichmäßigkeiten | | | |
| Leuchtdichte | gut | hinreichend | <i>Bessere LCD-Monitore erreichen Klasse III</i> |
| Kontrast | gut | hinreichend | |
| Farbe | gut | hinreichend | <i>Bessere LCD-Monitore erreichen Klasse III</i> |
| Bildaufbauzeit | schnell | langsamer | <i>LCDs mittlerweile video-tauglich</i> |
| Pixelfehler | praktisch keine | | |

Resümee

ZUSAMMENFASSEND kann festgestellt werden, dass LCD-Monitore wegen ihrer Flimmerfreiheit und der stark reduzierten spiegelnden Reflexionen ein visuell angenehmes und ›augenschonendes‹ Arbeiten insbesondere in heller Umgebung ermöglichen. Die Änderung von Leuchtdichte, Kontrast und Farbe mit der Sehrichtung ist für die meisten Anwendungen im Büro ausreichend gering.

Allein für Arbeiten mit grafischen Inhalten, bei der auch kleinste Änderungen von Graustufen und Farben von Bedeutung sind, zeigen CRT-Monitore noch wahrnehmbare Vorteile, insbesondere dann, wenn die erwähnten Bilddetails aus allen Richtungen gleich aussehen sollen. Darüber hinaus sind LCD-Bildschirme dank der mittlerweile stark verkürzten Schaltzeiten inzwischen auch für Fernseh- und Video-Wiedergaben sehr gut geeignet.

In jedem Fall aber ist es nötig, die für eine solide Entscheidungsfindung nötigen Angaben beim Hersteller anzufordern (siehe info-Kasten links).

Michael E. Becker beschäftigt sich seit 25 Jahren mit Flüssigkristallanzeigen und hat selbst entsprechende Messgeräte entwickelt, hergestellt und weltweit vermarktet; er ist langjähriges Mitglied in verschiedenen nationalen und internationalen Arbeitsgruppen, die sich mit der Standardisierung der Messtechnik für elektronische Anzeigen befassen (ISO TC-159, SC 4 WG 2, IEC TC-110 WG 2, VESA, etc.); Produkte und Dienstleistungen seiner Firma Display-Messtechnik & Systeme: www.display-messtechnik.de

Hans-Jürgen Herrmann ist bei der TÜV Rheinland Product Safety GmbH verantwortlich für die Durchführung von Messungen und Bewertungen u.a. im Bereich Ergonomie von Bildschirmen; von dieser akkreditierte Prüfstelle lassen sich Hersteller und Anwender von Monitoren die Konformität mit unterschiedlichen Ergonomie-Normen ermitteln und bestätigen (›GS‹-Zeichen, ›Ergonomie geprüft‹). Weitere Informationen und Kontakte unter: www.tuv.com/safety/

