

## Regine Rundnagel:

# Anforderungen an die Ergonomie von Bildschirmen

### Übersicht: wichtige Anforderungen an einen ergonomischen Bildschirm

- Bildschirmgröße und Format passend zu den Arbeitsaufgaben
- flexibel aufstellbar, leicht drehbar, höhenverstellbar, neigbar
- flimmerfreies, verzerrungsfreies, gleichmäßiges und stabiles Bild
- gute Bildschirmhelligkeit und hoher Kontrast
- hohe Zeichenqualität mit scharfen, deutlichen und ausreichend großen Zeichen
- matte, entspiegelte Oberfläche und helles Gehäuse zur Vermeidung von störenden Blendungen
- GS-Prüfzeichen und TCO-Gütesiegel

Arbeiten am Bildschirm ist mittlerweile nicht nur für fast 2/3 der Beschäftigten Normalität, auch im Privatleben werden PC's, Netbooks, Smartphones oder Tablet PC's häufig genutzt. Immer mehr Menschen verbringen den überwiegenden Teil des Tages mit dem **Lesen und Eingeben von Informationen an einem elektronischen Display**.

### Keine grüne Flimmerkästen aber steigende Bildschirmbindung

Die Entwicklung der Bildschirmtechnologie hat zu einer erheblichen Minderung der Augenbelastungen geführt, grünflimmernde Zeichen auf schwarzem Grund müssen nur noch einige wenige Programmierer ertragen. Nur: die Ausbreitung der Bildschirmarbeit, die **Dauer der täglichen Arbeit am Bildschirm**, die Bildschirmbindung ist deutlich angestiegen.

### Dauer-Nahsehen: visuelle und mentale Belastung

Das Lesen am Bildschirm ist **Nah-Seharbeit**. Für Dauernahsehen sind unsere Augen allerdings nicht optimiert. Normalerweise ist Sehen verbunden mit dem Herumschweifen des Blicks und dem **Wechsel zwischen Nähe und Ferne** und damit mit viel Abwechslung. Das eigentliche Sehen geschieht im Gehirn, hier wird die Hauptleistung des Sehvorgangs erbracht. Es wird mehr Aufwand an **geistiger Kompensationsleistung notwendig**, wenn das Gehirn ungenaue Informationen beim Sehen erhält. Dauer-Seharbeit am Bildschirm bringt auch heute grundsätzlich Fehlbelastungen mit sich und zwar vor allem der Augen:

- einseitige Anforderung an die Augenmuskulatur, **Verringerung der Lidschlagfrequenz und Abnahme der Tränenflüssigkeit** durch monotones Sehen in gleichbleibender Sehentfernung mit unbeweglichen Blick
- **Überforderung der Augenmuskulatur** durch häufige Blickwechsel, unergonomische Sehbedingungen wie Blendungen und Spiegelungen oder unscharfe, zu kleine Zeichen
- **mentale Überlastung durch schlechte Lesbarkeit**
- **Verspannungen** und Schmerzen im Bereich Kopf, Schultern, Nacken und Rücken, verursacht durch ausweichenden Fehlhaltungen bei ungünstige Sehbedingungen

Aus diesem Grund sind die Qualität des Bildschirms, seine Anpassung an die Arbeitsaufgaben, aber auch die Aufstellung des Monitors, Beleuchtung, Blendschutz und wechselnde Arbeitsaufgaben wichtige ergonomische Gestaltungsfragen für einen **vorbeugenden Gesundheitsschutz** bei der Bildschirmarbeit.

- Bildschirmanzeigen sollen so gestaltet sein, dass Informationen **schnell, fehlerfrei und mit geringer Anstrengung** aufgenommen werden können.

## Technikentwicklung der Displays



### CRT-Monitore - Röhrentechnologie

Bei den Röhrenmonitoren (CRT) wird das Bild in einer **Kathodenstrahlröhre** durch einen Elektronenstrahl erzeugt, der auf eine phosphorische Schicht auftrifft und sie zum Leuchten bringt. Der Elektronenstrahl tastet die Bildfläche regelmäßig in schneller Folge Zeile für Zeile ab. Ist diese Bildwiederholrate ausreichend hoch, dann kann unser Auge ein konstantes Bild wahrnehmen. Farbe wird durch die Kombination von drei farbigen Elektronenstrahlen erzeugt. Es entstehen bei CRT verschiedene Arten **elektromagnetischer Wechselfelder, Röntgenstrahlung und elektrostatische Aufladung**, die sich mit Abschirmmaßnahmen minimieren lassen.

Bild 1: Klassischer Workstation-Röhren-Monitor der 1980 bis 1990er Jahre. (Quelle: Wiki commons, Thomas Kaiser 2007)

Solche Geräte sind nur noch in **Sonderanwendungen** im Einsatz, z.B. bei Grafikanwendungen Ihre Vorteile gegenüber den Flachbildschirmen sind: wesentlich geringere Reaktionsgeschwindigkeit, verlustfreie individuell anpassbare Bildschirmdarstellung durch **Wahl einer beliebigen Grafikkartenauflösung**, besser Kontraste und Helligkeitswerte, **tiefes Schwarz**, bessere Farbdarstellung und **keine Blickwinkelabhängigkeit** des Bildes.

### LCD-Technologie

LCD-Bildschirme (liquid crystal display) bauen das Bild durch Ansteuerung von Bildpunkten auf. Die hier benutzen **Flüssigkristalle** verändern in einem elektrischen Feld ihre optischen Eigenschaften. Sie brechen das Licht auf unterschiedliche Weise, je nachdem, ob man sie an elektrische Spannung anlegt oder nicht. So können verschiedene Bereiche des Bildschirms zum Leuchten gebracht und so Text oder Bilder dargestellt werden. TFT-Displays (TFT=Thin Film Transistor) haben sich bei der Flachbildschirm-Technologie durchgesetzt. Die Vorteile von LCD gegenüber den Röhrenmonitoren sind klar: **geringes Baumaß** und Gewicht, **Flimmerfreiheit**, weitgehend **strahlungsfrei**, geringe Wärmeentwicklung, **keine Verzerrungen** an den Bildschirmkanten und **reflexionsärmere Oberfläche**.



Bild 2: LCD im Einsatz: Deutsche Börse. (Quelle: Wiki commons Dontworry 2008)

### Neuste Technologie: OLED

OLED-Bildschirme bestehen aus dünnfilmigen leuchtenden Bauelementen aus **organischen halbleitenden Materialien** (organic light emitting diode - "Organische Leuchtdiode"), die Licht emittieren. Sie sind kostengünstig herstellbar, allerdings bisher mit geringer Lebensdauer. Sie kommen ohne

Hintergrundbeleuchtung aus. OLED sind biegsam und papierdünn herstellbar und werden in Zukunft völlig neue Anwendungsmöglichkeiten eröffnen. Vorteile gegenüber LCD sind: **schnellere Reaktionsgeschwindigkeit, sehr dünn, sehr hoher Kontrast, größeres Sichtfeld mit großen Blickwinkeln, mehr Farbqualität und einen geringeren Stromverbrauch** und damit weniger Wärmeentwicklung.

## Elektronisches Papier

Ganz anders arbeiten ebook-Reader, die heute vor allem im privaten Bereich zum Lesen von Büchern eingesetzt werden. Das „elektronische Papier“ – Display (Technologie: **Elektrophorese**) hat keine Hintergrundbeleuchtung und reflektiert das Licht. Vorteile sind ein **extrem geringer Stromverbrauch** (nur zum umblättern benötigt), Flimmerfreiheit, dünne Ausmaße, **Blickwinkelunabhängigkeit**, **lesbar auch bei Sonnenlicht**, sehr scharfe Zeichendarstellung - Nachteile sind die langsame Reaktionsgeschwindigkeit und bisher noch überwiegend die schwarz-weiß oder Graustufen-Darstellung.

## Größe und Format passend auswählen

Bildschirme müssen **zur Arbeitsaufgabe passen**. Wer nur ab und zu Mails schreibt und den Terminkalender aktualisiert kommt mit den 8 bis 12 Zoll-Bildschirmgrößen von Netbooks oder Tablet-Pc's zurecht. Etwas anderes sind die Anforderungen an Bildschirmgrößen und -qualitäten bei einem Bau-Konstrukteur mit CAD-Programm. Bildredakteure benötigen andere Formate als Textverarbeiter. Programmierer und Entwickler müssen eventuell mit zwei Fenstern nebeneinander arbeiten.

Für ein uneingeschränktes und flüssiges Lesen ist der **effektiv nutzbare Bereich des Bildschirms** wichtig. Sinnvoll sind angesichts des **Standes der Technik** für die **Büroarbeit Bildschirmdiagonalen von 19 bis 21 Zoll** im Normalformat. Grafik- und Multimedienanwendungen erfordern möglicherweise größere Bildschirme.

Bildschirmformate im Größenvergleich

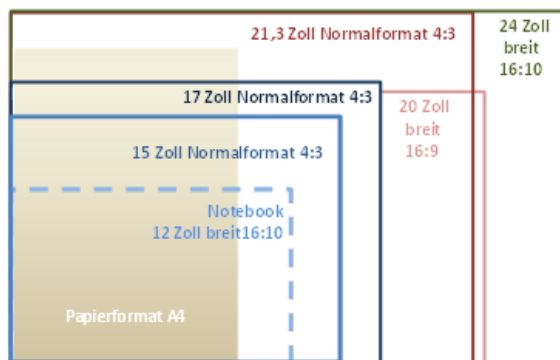


Bild 3: Größenproportionen bei Bildschirmformaten.

Für Textbearbeitung auf **Breitbildmonitoren** eignet sich am besten eine 24 Zoll Bildschirmdiagonale, dann können **zwei DIN A4 Textseiten in 1:1** bequem nebeneinander gelesen werden. Bei kleinen Bildschirmdiagonalen ist für Office-Anwendungen das Standardformat 4:3 vorzuziehen. Denn das Format Widescreen mit dem Seitenverhältnis 16:10 oder 16:9 hat eine geringere Höhe im Vergleich zum Standardformat und damit auch nicht unbedingt größere Darstellungsflächen. Es ist für Filme und Spiele bestens geeignet, weil es eher den menschlichen Blickfeldverhältnissen entspricht. Vorteile hat es vor allem auch durch die Möglichkeit, den Bildschirm teilen und **mehrere Anwendungen in voller Größe nebeneinander** bearbeiten zu können.

Der Einsatz von Breitformaten sollte **mit den vorhandenen Software-Anwendungen getestet** werden, oft werden Schriften nicht ausreichend skaliert und in die Breite verzerrt: eine nicht akzeptable Belastung beim Lesen. Große Monitore mit hohen Auflösungen müssen auch hinsichtlich des **notwendigen Sehabstands und der Mindestschriftgröße**, am besten vor dem Einsatz, geprüft werden. Wenn auf Bildschirme mit 27 Zoll und mehr der gesamte Anzeigebereich bearbeitet werden soll, benötigen sie eventuell größere **Tischtiefen**.

Notebooks sind für mobilen Einsatz gedacht. Sie sollten 15 Zoll für die **üblichen Anwendungen mit längeren Nutzungszeiten** haben. Bei längerem Einsatz - ob bei Kunden, im home office oder Büro gilt immer: eine Zu-

satzastatur und wenn möglich ein Zusatzbildschirm sind ein **ergonomisches Muß**. Nur mit flexibler Aufstellung des Bildschirms lassen sich ungünstige Körperhaltungen und Blendungen vermeiden. Abwägungen mit anderen Kriterien des mobilen Einsatzes, wie das Gewicht sind ebenfalls zu treffen. Die Gefährdungsbeurteilung gibt hier gute Entscheidungsgrundlagen.

## Hohe Bildschirmqualität für entspanntes Lesen

### Helligkeit und Kontrast

Selbstverständlich ist heute die **Positivdarstellung** von dunklen Zeichen auf hellem Hintergrund, es wird damit eine ständige Hell-Dunkel-Anpassungen des Auges zwischen Bildschirm und Vorlage vermieden und Spiegelungen auf der Bildschirmoberfläche sind weniger störend. Auch bei geringen Kontrasten lässt sich auf hellem Hintergrund besser lesen.

Ein **helles und kontrastreiches** Bild mit einer **Schrift "wie gedruckt" erleichtert** und beschleunigt das Lesen. Kontrast und Helligkeit müssen **einfach verstellbar** sein, um sie an veränderte Lichtverhältnisse anpassen zu können. Umständliche Menüs sind nicht sinnvoll, Drehregler oder Schalter sehr viel besser geeignet. Sinnvoll sind speicherbare Einstellungen für unterschiedliche Tageszeiten oder Nutzer.

LCD-Bildschirme sind mittlerweile mit **Anzeigenleuchtdichten** (vom Auge **wahrgenommene Helligkeit** des Hintergrunds, gemessen in  $\text{candela/m}^2 = \text{cd/m}^2$ ) von 250 bis über  $300 \text{ cd/m}^2$  erhältlich. Das Gütesiegel TCO 5 fordert für die Grundeinstellung mindestens  $150 \text{ cd/m}^2$ . Soll der Bildschirm im Freien genutzt werden (z. B. auf Baustellen) ist das Vielfache notwendig, um auch in heller Tageslichtumgebung oder gar bei direkter Sonneneinstrahlung lesen zu können. Bildschirme müssen also für die Umgebungshelligkeit geeignet sein, Hersteller geben deshalb auch die **vorgesehene maximale Beleuchtungsstärke** an.

Gute Kontraste zwischen **hellen und dunklen Flächen** auf dem Bildschirm sind besonders für ältere Beschäftigte wichtig, sie benötigen deutlich höhere Werte. Hersteller geben statische Kontrastverhältnisse (zwischen maximal und minimal darstellbarer Leuchtdichte) von weit über 1000:1 an; solche Werte werden im Dunkelraum und mit Methoden gemessen. Eine Messung unter normaler heller Umgebungsbeleuchtung ist vorgeschrieben, dabei sind Werte bis 200:1 erreichbar. Das Gütesiegel TCO 5 fordert Kontraste von mehr als 5:1 zwischen Hintergrund und Zeichen. Die besten Kontraste werden mit der TN-Flachbildschirmtechnik erreicht. Die Angabe von dynamischen Kontrasten ist nur für bewegte Bilder relevant und nicht vergleichbar.

Der Einsatz von LED (Leuchtdioden) für die Hintergrundbeleuchtung eines Bildschirms kann die Kontraste verbessern, wenn die gesamte Bildfläche damit ausgeleuchtet wird und die dunklen Bildbereiche gedimmt werden. Ein sattes Schwarz ist wichtig für gute Kontraste, bei **LED-Bildschirmen** kann es zu **backlight bleeding** kommen, helles Licht sickert durch – der Bildschirm ist nicht vollkommen schwarz. Auch Farbverschiebungen können durch LED's hervorgerufen werden. Für die Schwarzanzeige fordert das TCO-Gütesiegel eine maximale Helligkeit von  $2 \text{ cd/m}^2$  vor dem Hintergrund von  $200 \text{ cd/m}^2$ , technisch ist weniger möglich.

### Betrachtungswinkel, Blickwinkel, Sehrichtungsbereich

Wichtig ist es auf den Betrachtungswinkel zu schauen: unter welchem **Blickwinkel** kann der Kontrast, Schärfe und die Farben noch mit ausreichender Qualität wahrgenommen werden? Hohe horizontale bzw. vertikale Blickwinkel für ein Kontrastverhältnis von mindestens 10:1 bieten MVA/ PVA oder S-ISP Flachbildschirm-Technologien. Horizontale Blickwinkel von  $178^\circ$  sind erreichbar – diese Angaben beziehen sich auf den Kontrast, evt. aber nicht auf die Schärfe und Farbgüte. Möglichst hohe Werte sind insbesondere dann wichtig, wenn Grafik bearbeitet werden muss und auch mal das Team gemeinsam vor dem Bildschirm sitzt und bei großen Bildschirmformaten.

**Sehrichtungsklassen** geben die Winkelabhängigkeit der Darstellungsqualität bei LCD an. Klasse 1 erlaubt einer Vielzahl von Benutzern, die gesamte Bildschirmfläche beim vorgesehenen Sehabstand aus allen Richtungen innerhalb eines 80°-Sehkegels ohne Qualitätseinbußen zu betrachten. Sie ist für Büroarbeit zu empfehlen. Wenn die Aufgaben Vertraulichkeit erfordern ist Sehrichtungsklasse IV mit einem engen Sehkegel geeignet, die Einsicht von der Seite ist nicht möglich. Allerdings ist dann eine flexible seitliche Aufstellung und Kopfbewegungen beim Lesen auch nicht mehr möglich.

### **Farben**

Farben **erleichtern das Identifizieren** oder Zuordnen von bestimmten Informationen. Sie führen allerdings auch zu **erhöhten visuellen Beanspruchungen** der Augen, insbesondere wenn sie nicht ergonomisch eingesetzt werden. Dies hat seinen Grund in der natürlichen **Farbfehlsichtigkeit des menschlichen Auges**, für rote Farben sind wir weitsichtig, für blaue kurzsichtig. Die Kombination von blau und rot muss vermieden werden, Farben sollen in Büroanwendungen **nur zurückhaltend** verwendet werden. Durch Farbe wird der Kontrast zwischen Zeichen und Hintergrund verändert.

Bei Grafikanwendungen kommt es dagegen auf eine hohe Qualität der Farbdarstellung an und die **Anzahl der darstellbaren Farben**. Diese wird als Farbtiefe bezeichnet, üblicherweise werden LCD-Bildschirme mit einer theoretische Zahl von über 16 Millionen Farben angeboten. Farben sollten gut zu unterscheiden sein.

Die **Farbkonvergenz** ist ein wichtiges Qualitätsmerkmal eines CRT-Röhrenbildschirms - stimmt die Darstellung der drei Grundfarben nicht überein, kommt es zu Zeichenunschärfen.

### **Stabilität und Gleichmäßigkeit der Darstellung**

Auch die Gleichmäßigkeit des Bildes sorgt für besseres Erkennen, die **Unterschiede innerhalb der Hintergrundhelligkeit** müssen möglichst gering sein. Laut Gütesiegel TCO 5 darf der Unterschied nicht mehr als 1,5:1 betragen. Auch die Farbdarstellung von Flächen sollte gleichmäßig sein.

Bildstabilität **ohne Zittern und Flimmern** und verzerrungsfreie Darstellung ist bei LCD selbstverständlich, bei den Röhren-Bildschirmen ist eine **hohe Bildwiederholfrequenz von mehr als 100 Hz** zur Sicherstellung von Flimmerfreiheit gefordert.

Zittern der Zeichen und Schwanken der Leuchtdichte, die bei LCD's durch **Fehler in der Synchronisation** zwischen Bildschirm und Ansteuerung über die Grafikkarte hervorgerufen werden können, müssen vermieden werden. LCD-Bildschirme sollen immer über einen standardisierten digitalen Anschluss (Digital Video Interface DVI oder andere) verfügen um Signal- und damit Bildqualitätsverluste zu vermeiden.

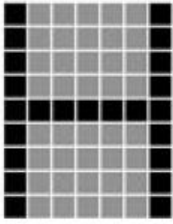
Der **Bildaufbau** bei LCD-Bildschirmen darf muss **ausreichend schnell** sein. Das Gütesiegel TCO 5 fordert maximal 25 ms Bildaufbauzeit und die Norm 55 ms, der Stand der Technik liegt deutlich darunter, möglich sind 2 ms – was allerdings nur für Spiele und Filme interessant ist.

### **Zeichenqualität gestochen scharf**

#### **Pixelgröße und -dichte**

Die Zeichen auf dem LCD-Bildschirm setzen sich aus einzelnen **ansteuerbaren Rasterpunkten / Bildelementen** – Pixel – zusammen. Jedes dieser Pixel besteht aus drei Teilpixeln jeweils für jede der drei Grundfarben (Rot, Grün, Blau). Die Pixeldichte hängt vom Gerät ab und wird im allgemeinen in **dpi** (dots per inch) oder in **ppi** (pixel per inch) angegeben. 100 dpi sind bei LCD-Bildschirmen üblich – je nach Auflösung und Displaygröße. Ein Laserdrucker hat 400 bis 600 dpi, kleine Display bei mobilen Bildschirmen schaffen 200 dpi.

Die Darstellung **der Zeichen folgt einer Rastermatrix auf Pixelebene**. Ist das Zeichen in Punkten aufgelöst erkennbar und schräge Zeichen treppenförmig zu sehen oder verwaschen und verschattet, muss das Auge



Zusatzarbeit leisten. Eine hohe Zeichenschärfe mindert auch den mentalen Aufwand des Gehirns zur Kompensation. **Je kleiner die Pixel und je dichter sie sind, desto schärfer ist das Zeichen.** Allerdings ist es dann auch kleiner. Die Pixeldichte und die Auflösung sind bei Flachbildschirmen **technisch vorgegeben.**

Bild 4: 7 x 9-Matrix auf Pixelebene zur Darstellung des Buchstabens ›H‹. (Quelle: Michael Becker)

### Pixelfehler

Bei LCD-Bildschirmen kann es **fehlerhaften Bildpunkten** (Pixel) kommen – fehlende oder nicht korrekt schwarz oder weiß dargestellte Punkte oder fehlerhafte Subpixel. Das kann unter Umständen stören. LCD-Bildschirme sind in vier Pixelfehlerklassen erhältlich, die die Häufigkeit von Fehlern - dauernd helle oder dunkle Pixel - angeben. Für Büroanwendungen ist **Klasse I ist empfehlenswert**, sie garantiert eine Fehlerhäufigkeit von 0.

### Auflösung

Bei Bildschirmgrößen von 21 Zoll ist eine **Auflösung 1600 x 1200 Pixeln ausreichend für scharfe Zeichendarstellung.** Der Stand der Technik bietet mehr, dieses Bildschirmformat ist auch mit höheren Auflösungen von 1.800 x 1.440 oder 1.920 x 1.440 oder 2.048 x 1.536 Pixeln im Handel. Die FullHD-Auflösung (1920x1080 Pixel) ist bei Breitformat 16:9 und für Filme üblich. Für Textverarbeitung ist eine sehr hohe Auflösung nicht unbedingt immer die bessere Wahl. Zwar lassen sich dann mehr Bildschirm Inhalte zeigen, die Darstellung kann allerdings zu **klein sein und schlecht lesbar.** Für Grafik und Filme kann die Bewertung der Auflösung anders ausfallen. Nicht nur die Bildschirmgröße und das Format, auch die dabei mögliche Auflösung sollte **je nach Anwendung** ausgewählt werden.

Die technisch-physikalische (native) Auflösung des LCD-Gerätes **darf nicht verändert werden** (auch wenn das in Windowsmenüs durchaus möglich ist). Denn das führt je nach Grafikkarte zu **großen Unschärfen und einer verwaschener Darstellung** durch die dabei durchgeführte Interpolation auf Pixelebene.

Das gewünschte Gerät muss **bei Fachanwendungen ohne Schriftvergrößerungsmöglichkeit** vor dem Einsatz geprüft werden. Ist das Programm für kleine Auflösungen geschrieben worden, kann die „Übersetzung“ in größere Auflösungen des neuen Monitors zu deutlichen Qualitätseinbußen bei der Zeichenschärfe führen.

### Zeichengröße und Sehabstand abgeglichen

Betriebssysteme wie Windows setzen die **Standardschriftgröße auf 8 Punkte** fest, damit wird die Schriftgröße mit höherer Auflösung sehr klein. Schriftvergrößerungen lassen sich in Anwendungsprogramme **per Zoom** (nur der Inhalt) und auf der Betriebssystemebene mit der **Anzeigeneinstellung von Icons und Schriften** verändern. Die Verfahren arbeiten mit **Glättung** (clear type, Antialiasing), was für große Schriften akzeptabel ist und besser erscheint, bei kleinen aber zu deutlichen Unschärfen führen kann. Diese Funktionen sind mittlerweile verbessert geworden, zu empfehlen ist das Arbeiten mit großer Schriftdarstellung und das testen der Glättungsfunktionen.



Bild 5: Originaltext rechts und links nach dem Glätten. (Quelle: <http://help.adobe.com>)

Die Zeichen müssen **ausreichend groß sein und einen angemessenen Zeichen- und Zeilenabstand** haben, um eine gute Lesbarkeit zu gewährleisten. Ältere benötigen größere Zeichen als Jüngere. Die Zeichengröße bezieht sich immer auf den Sehabstand. Je größer der Bildschirm bzw. der zu bearbeitenden Bildschirmbereich, desto größer muss der Sehabstand gewählt werden.

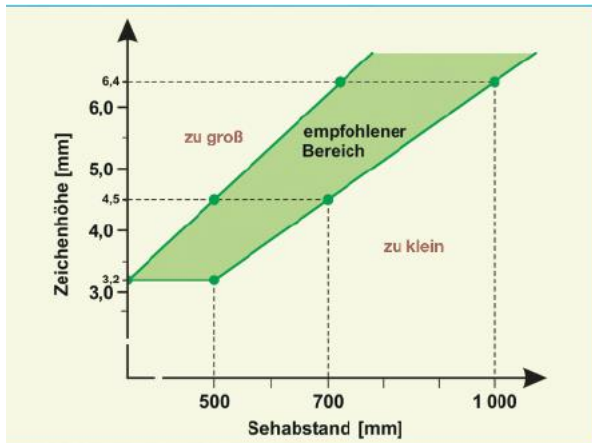
Arbeitsmediziner empfehlen einen von **Sehabstand 700 bis 800 mm bei 19 bzw. 21 Zoll-Bildschirmen.** Höhere Sehabstände verringern die Augenanstrengung - bei ausreichender Schriftgröße. Der Sehabstand soll des-

halb möglichst nicht in der Nähe des Nahpunktes (bei 50 Jährigen ca. 500 mm) liegen. Sehabstände sollten **leicht individuell anpassbar** sein, das ist wichtig für Brillenträger. Bildschirmschwenkarme können das erleichtern.

Das Auge benötigt eine **Mindestzeichenhöhe für beschwerdefreies Erkennen**. Das ist bei Zeichen, die unter einem Sehwinkel von 20 bis 31 Bogenminuten erscheinen, gegeben. 22 Bogenminuten sollen es für Dauertextbearbeitung sein. Einfach berechnen lässt sich der Zusammenhang auf dieser Grundlage folgendermaßen:

- **Berechnen und überprüfen Sie die Zeichengröße:**

Berechnung der Mindestzeichenhöhe für komfortables Sehen bei 22 Bogenminuten: Zeichenhöhe Großbuchstabe in mm = Sehabstand in mm / 155



Bei einem Sehabstand von 500 mm - üblich für 12-15 Zoll-Bildschirme - müssen nach dieser Faustformel Großbuchstaben mindestens 3,2 mm hoch sein, das ist bei Verwendung der Schrift Arial und einem üblichen Pixelabstand eine 11 Punkt-Schriftgröße. Bei großen Bildschirmen von 17 bis 19 Zoll mit Sehabständen von 800 mm sind Zeichenhöhen der Großbuchstaben von mindestens 5,2 mm gefordert. Die Standardeinstellung liefert das nicht.

Bild 6: Zeichenhöhen (Großbuchstaben ohne Oberlängen) und Sehabstand. (Quelle: BGI 742)

### Oberfläche und Gehäuse ohne Störwirkung

Die Beeinträchtigung des Sehens durch Spiegelungen und Blendungen im Sehfeld lassen sich durch einen entspiegelten Monitor und entsprechende Gehäuse vermeiden. **Matte, entspiegelte** statt hochglänzende **Bildschirmoberflächen** sind ergonomisch gefordert, auch wenn mancher Nutzer solche "bright view" oder Glare-Oberflächen wegen der Farbbrillanz und besserer Kontraste bevorzugt. Die Antireflexions-Beschichtungen der Glasoberfläche eines LCD-Displays bringen in gewissem Umfang Nachteile für Kontrast und Farbwiedergabe mit sich. Hochwertige Bildschirme erreichen allerdings sehr hohe Kontrastwerte auch mit matten Oberflächen.

Die Vorteile glänzender Bildschirmoberflächen zeigen sich erst im abgedunkelten Raum und können für Multimedia, Grafik und Filme sinnvoll sein. Der Einsatz solcher glänzender Bildschirme erfordert eine optimale Beleuchtungssituation am Arbeitsplatz, ohne das Risiko von Blendung durch Reflexen und spiegelnden hellen Flächen auf dem Schirm. Ein störendes Glänzen nicht entspiegelter Bildschirme und hochglänzend schwarzer Gehäuseränder wird allerdings bei Tageslichtbeleuchtung nicht vollkommen auszuschließen sein. Bei mobilen Geräten mit glänzenden Oberflächen fordert das Gütezeichen „Geprüfte Sicherheit“ GS Angaben zur eingeschränkten Lesbarkeit durch Reflexionen bei ungünstigen Lichtverhältnissen in den Sicherheitshinweisen, auch für TCO 05 ist das eine Voraussetzung zur Zeichenvergabe für Monitore.

Einhellig fordert die arbeitswissenschaftliche Fachwelt **reflexionsfreie Bildschirmoberflächen** und **helle matte Gehäuse** für die normale Büroanwendung, um entspanntes Lesen abzusichern. Beim Notebook für mobile Einsätze ist das ohnehin die bessere Wahl, denn dort lassen sich die Umgebungsbedingungen in der Regel **kaum beeinflussen**. Die Entspiegelung der LCD-Geräte wird nach Norm DIN EN ISO 9241-307 gemessen, das Gütesiegel "Geprüfte Sicherheit" GS prüft dies entsprechend. Für Büroanwendungen sind nur Geräte geeignet der besten Reflexionsklasse geeignet. Die Bildschirme sollten in der Praxis auf ihre Antireflexionseigenschaften hin verglichen werden, technisch ist mehr möglich als die Norm fordert. Ein Hinweis: Nachträglich sollten Antireflexionsfolien nur fachmännisch aufgebracht werden.

Neuere Forschungsarbeiten und die US-Arbeitsschutzbehörde bestätigen diese Forderung und stufen **Glanz als potentielle Gefahr** ein.

Auch Gehäusematerialien sollen matt sein, hier ist die Angabe des Glanzgrades üblich, gefordert werden von vom GS-Zeichen Glanzgrade unter 20 (10 = stumpfmatt, 40 = seidenmatt). Das Gütesiegel TCO fordert geringe Glanzeinheiten bei Bildschirmoberflächen, verzichtet aber seit 2005 auf die Forderung nach hellen Gehäusefarben und empfiehlt matte Materialien. Helle Farben, statt schwarze Gehäuse sorgen für ausgewogene Kontraste im engen Sehfeld und verhindern damit frühzeitige Augenermüdung. Hersteller gehen hier leider gänzlich andere Wege.

- Wählen Sie **matte und helle bzw. neutralfarbene Gehäuse** (silber, grau, metallfarben), die nicht mit der Umgebung – mit der Tischoberfläche, der Tastatur oder der Wand dahinter kontrastieren.

### **Flexibilität ist Pflicht**

Der Bildschirm muss ohne Krafteinsatz drehbar, höhenverstellbar und neigbar sein. Damit wird eine ausreichende Anpassbarkeit an individuelle Körpergrößen und Aufgabenabläufe der Benutzer erreicht und es können störende Reflexionen je nach Umgebungsbedingungen vermieden werden.

Er sollte sich auch in der Höhe ausreichend, das heißt bis herunter auf die Tischoberfläche verstellen lassen. Nicht nur Gleitsichtbrillenträger benötigen den Blick nach unten auf den Bildschirm, **mit dem Blick leicht nach unten** steigt die **Sehschärfe**. Bei ergonomischer Aufstellung liegt die oberste Bildschirmzeile unterhalb der Augenhöhe.

Manche Bildschirme bieten eine Drehbarkeit um 90 ° als Pivotfunktion, sie können hochkant betrieben werden, ideal für DINA4-Textbearbeitung. Große Formate ermöglichen das ohne Drehung. Die ergonomische günstige Höhe der obersten Bildschirmzeile muss allerdings immer stimmen.

**Notebooks oder Tablet-PC's** im Dauereinsatz benötigen eine **mobile Tastatur und Maus** oder eine **Dockingstation** mit Bildschirm und Tastatur. Auch bei längeren Kundeneinsätzen oder im Hotel sorgen Zusatz Tastaturen für mehr Ergonomie. **Flexibel aufstellbare Bildschirme - das ist verpflichtend** nach Bildschirmarbeitsverordnung!

### **Ökologie als Standard**

Verschiedene Energiesparprogrammen mit Voreinstellungen werden mittlerweile bei Monitoren angeboten: stand-by mit definierbaren Einsparpotentialen, Helligkeitssensoren im Bildschirm die die Hintergrundbeleuchtung an die Umgebungsbeleuchtung anpassen und damit den Energieverbrauch z.B. in dunklen Räumen senken oder Bewegungssensoren die das Display verdunkeln oder abschalten, wenn sich vor dem Bildschirm nichts mehr bewegt.

Auch die LED's für Hintergrundbeleuchtung benötigen weniger Strom. Große Bildschirmformate brauchen allerdings mehr Energie als kleine. Das Gütesiegel **TCO 5** fordert bei der Energiesparfunktion maximal 1 W Verbrauch im niedrigsten stand-by-Modus. Das Gütesiegel **EnergyStar** und die **NUTEK** -Anforderungen verweisen ebenfalls auf stromsparende Geräte.

Nicht nur Energie, auch gesundheitsverträgliche, umweltfreundliche ökologische Materialien sind gefordert. Das Umweltzeichen **Blauer Engel** RAL-UZ 78 für Bildschirme und tragbare Computer prüft die Einhaltung der Ergonomienormen, Ressourcenschonung, Rücknahme, Energieverbrauch und fordert **gefahrstoffarme Materialien**. Auch das GS-Zeichen „Geprüfte Sicherheit“ prüft seit 2008 neben den Normen für elektro-optische Anzeigen und Elektrosicherheit auf polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe PAK (einige PAK sind u.a. krebser-



zeugend). Gesetzliche Pflichten für die Hersteller bestehen durch die EU-Richtlinie RoHS und das Elektroaltgeräte-Gesetz (ElektroG): danach sind die deutliche **Begrenzung von Schwermetallen und Stoffverbote** z.B. bei Blei, Quecksilber, Chrom IV, Cadmium, Flammschutzmittel polybromierte Biphenyle (PBB) und polybromierte Dophenylether (PBDE) heute Standard. Hersteller müssen auch die Rücknahme der Altgeräte absichern.

### **Anforderungen nach Gesetz und Normen**

Die Bildschirmarbeitsverordnung legt die technischen Anforderungen an die Bildschirmergonomie in Form von **Schutzziele** fest, um eine übermäßige Beanspruchung der Augen, des Körpers und der Psyche zu vermeiden. **Konkreter** werden sie in den Normen und gesicherten arbeitswiss. Erkenntnissen wie z.B. DIN EN ISO 9241-Teil 303, in der Berufsgenossenschaftlichen Information BGI 650 „Leitfaden für die Gestaltung der Bildschirm- und Büroarbeitsplätze“ oder in Veröffentlichungen der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin dargelegt. Dies Mindestanforderungen sind oft niedriger als die oben dargestellten Empfehlungen. Ihre Beachtung und die Berücksichtigung des Stands der Technik fordert es das Arbeitsschutzgesetz.

Das schwedische Qualitätssiegel [TCO certified](#) sichert eine gute Bildschirmqualität.

### **Mindestanforderungen - Richtwerten nach Normen und Regelwerk**

#### **Bildschirmgröße und Verstellbarkeit**

- mindestens 17 Zoll für Büroanwendungen mit grafischer Benutzeroberfläche
- mindestens 15 Zoll für Textverarbeitung
- Bearbeitung von Fließtexten: mindestens 80 angezeigte Zeichen pro Zeile
- Bildschirm frei drehbar (außer Notebooks) und neigbar ohne Kraftaufwand
- Neigbarkeit bis mindestens 20° nach hinten und 5° nach vorne (besser insgesamt 30- 35 °)
- Höhenverstellbarkeit

#### **zeitliche und örtliche Bildqualität**

- Aktivmatrixbildschirme (TFT) bei LCD-Flachbildschirmen zur Vermeidung von Nachleuchtspuren
- flimmerfrei für 90 % der Benutzer, auch im seitlichen Gesichtsfeld (wichtig bei CRT)
- CRT- Röhrenmonitor: Bildwiederholfrequenz mindestens 85 Hz, bis 100 Hz je nach Auflösung, keine erkennbaren Jitterstörungen (Instabilität von Bildpunkten), ohne Zeilensprungverfahren (non interlaced) - Zeilensprünge verstärken Flimmern, lange Nachleuchtdauer des Leuchtstoffes
- zitterfreies Bild bei LCD in der vorgesehenen Arbeitsumgebung, keine Leuchtdichteschwankungen, keine störenden Moiré-Muster
- Reaktionszeit maximal 55 ms für Text und maximal 10 ms für bewegte Bilder
- keine störende Veränderungen der Zeichengeometrie auch in den Eckbereichen des Bildschirms (Tonnen- oder Kissenverzerrungen bei CRT)
- maximal 1 % Differenz in Textzeilenlängen oder Spalte
- Rechtwinkligkeit der Anzeigefläche, der Zeilen und Spalten zueinander

#### **Helligkeit und Kontrast**

- Mittlere Anzeigenleuchtdichte bei Positivdarstellung 100 - 150 cd/m<sup>2</sup> bei Büroanwendungen und 500 Lux Umgebungsbeleuchtungsstärke, für maximale Helligkeit im Büro mehr als 200 cd/m<sup>2</sup>, für Außenanwendungen 500-800 cd/m<sup>2</sup>
- für Nutzung am Fenster mindestens geeignet für Umgebungsbeleuchtungsstärken von 1500-200 Lux
- Anzeigenleuchtdichte, gemessen im Dunkelraum, mindestens 80 cd/m<sup>2</sup>, besser 200 cd/m<sup>2</sup>
- Kontrast zwischen mittlere Leuchtdichte des Bildschirms und Umgebungsleuchtdichten (Wand) maximal 1:10
- Kontrast zwischen hellem Hintergrund und dunklem Zeichen 4:1, Hell-Dunkel-Kontrast besser > 5:1
- maximal Leuchtdichteunterschiede des Hintergrundes 1,7:1

- Kontrastgleichmäßigkeit über den ganzen Bildschirm 100 %
- ausreichend Kontrast und Hintergrundleuchtdichten auch für Ältere – Kontrastfaktor Alter = 1,58 bei 50jährigen und = 1,9 bei 55jährigen im Vergleich mit 20jährigen
- Helligkeit und Kontraste einfach anpassbar
- Angabe der vorgesehene Beleuchtungsstärke für die Bildschirmnutzung, Bereich mindestens 250 bis 750 lux

#### **Auflösung und Pixelfehler**

- Mindestauflösung VGA: = 640 × 480 bzw. Stand der Technik
- Keine Bildelement- und Teilbildelementfehler bzw. Angabe der Fehlerart und des Ausmaßes
- Pixelfehlerklasse I bis II für Büroanwendungen

#### **Bildschirmoberfläche und Bildschirmgehäuse**

- entspiegelte LCD für Büroanwendungen Reflexions-Klasse mit den Angaben "Leuchtdichte von gerichtet reflektierten Lichtquellen - mit großflächiger Öffnung = 200 cd/m<sup>2</sup> und mit kleinflächiger Öffnung = 2000 cd/m<sup>2</sup>"
- Hinweise auf Einsatzbedingungen in den Sicherheitshinweisen bei glänzenden Bildschirmoberflächen
- entspiegelte Bildschirmoberfläche bei CRT-Geräten z. B. Lambda/4 Beschichtung
- Glanzgrad halb- bis seidenmatt ≤ 20 G
- Reflexionsgrad 0,2 bis 0,5 - helle Farben, kein Schwarz (der Reflexionsgrad ist ein Maß der Oberflächenhelligkeit, 0,2 = mittelgrau, 0,8 =weiß )

#### **Farben auf dem Bildschirm**

- positiv-Darstellung – dunkle Zeichen auf hellem Grund
- gleichmäßige Farbwiedergabe
- ausreichend unterscheidbare Farben

#### **Zeichengestalt und Zeichengröße der Anzeige**

- scharfe Zeichenkonturen, keine treppenförmigen Darstellungen, kein Verlaufen der Zeichen ineinander auch in Randbereichen verzerrungsfrei
- scharf bei jeder Helligkeitseinstellung
- Zeichenmatrix mit mindestens 7 x 9 Bildpunkte bzw. Pixel (Breite x Höhe), Ober- und Unterlängen (z.B. beim Ä) mit mindestens 2 Bildpunkten über der Zeichenhöhe
- Zeichenabstand und Zeilenabstand mindestens ein Bildpunkt
- bei Standardanwendungen Zeichengröße 20-22 Bogenminuten, maximal 31 Bogenminuten

#### **Sehabstand, Betrachtungswinkel und Sehbereich**

- absolutes Minimum 300 mm, bei Älteren höher - für Büroanwendungen mindestens 400 mm
- bei Bearbeitung des ganzen Bildschirms: 19 Zoll LCD = 800 mm und bei 17 Zoll LCD = 700 mm Sehabstand
- Sehabstand für 22 Bogenminuten Zeichenhöhe: Zeichenhöhe (mm) = Sehabstand (mm)/155
- Angaben zum vorgesehen Sehabstand in den Benutzerhinweisen
- bei senkrechtem Oberkörper muss der Benutzer die Anzeige mit einem Blickwinkel von 0° bis 40 ° und einer Kopfneigung von 0° bis 25 ° betrachten können
- Sehrichtungsklasse I bis II für Büroanwendungen
- Angabe des größten Neigungswinkels in den Benutzerhinweisen

#### **Strahlung**

- Grenzwerte nach schwedischem Standard MPR II: elektrostatische Feld 500 V/m, im Bereich 5 Hz - 2 KHz für das elektrische Wechselfeld 25 V/M; magnetisches Feld 250 NanoTesla (nT)
- bei Beschleunigungsspannung über 20 KV Bauartzulassung nach Röntgenverordnung RöV (CRT-Bildschirme), Hinweis auf Röntgenstrahlung notwendig

#### **Sicherheit, Gefahrstoffe, Entsorgung**

- CE-Zeichen

- GS-Zeichen

## Rechtsquellen und Normen

### Gesetze und Verordnungen

- Bildschirmarbeitsverordnung (BildscharbV) Anhang Nr. 1-5, Nr. 18 und 19
- Gesetz über die elektromagnetische Verträglichkeit von Betriebsmitteln (EMVG)
- Erste Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz vom 1.1.2011: Verordnung über die Bereitstellung elektrischer Betriebsmittel zur Verwendung innerhalb bestimmter Spannungsgrenzen auf dem Markt
- Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten (ElektroG)
- Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG))

### Berufsgenossenschaftliche Vorschriften, Regeln und Informationen

- VBG-Fachwissen - Berufsgenossenschaftliche Information BGI 650: Bildschirm- und Büroarbeitsplätze. Leitfaden für die Gestaltung. hg. von Verwaltungs-Berufsgenossenschaft 2012, download unter [www.vbg.de](http://www.vbg.de)
- Berufsgenossenschaftliche Information BGI 742: Arbeiten an Bildschirmgeräten. Vereinigung der Metallberufsgenossenschaften

### Normen

- 
- DIN EN ISO 9241-6:1999: Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten (neu: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion), Teil 6: Leitsätze für die Arbeitsumgebung
- DIN EN ISO 9241-303:2008: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 303: Anforderungen an elektronische optische Anzeigen
- ISO 9241-308:2008: Ergonomics of human-system interaction - Part 308: surface conduction electron emitter displays
- ISO 9241-309:2008: Ergonomics of human-system interaction - Part 309: Organic light-emitting diode (OLED) displays

## Literatur

### Zum Einlesen:

- BITKOM Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V. (Hrsg.): **Gesetzliche Anforderungen für Computer Bildschirme.** Berlin 2010, download unter [www.bitkom.org](http://www.bitkom.org)
- Dr. Manuel Kiper: **Flachbildschirme – ergonomisch eingesetzt.** in: Computer und Arbeit 7/2007, AIB-Verlag [www.aib-verlag.de](http://www.aib-verlag.de)
- Verwaltungs-Berufsgenossenschaft: **Themenseiten Büro - online** [www.vbg.de/Arbeitsschutz/Themenseite Büro](http://www.vbg.de/Arbeitsschutz/Themenseite_Buero)
- Eine **Schablone zur Prüfung der Zeichengröße** gibt es bei <http://www.c2web.de/quest/messschablone.pdf>, der Webseite zur barrierefreien Gestaltung des Internets für Webdesigner, von INQA und VBG

### Zum Vertiefen:

- Calle Lambach, I. / Prümper, J.: **Mobile Bildschirmarbeit: Auswirkungen der Bildschirmrichtlinie 90/270/EWG und der BildscharbV auf die Arbeit an mobil einsetzbaren IT Geräten.**

in: Recht der Arbeit – Zeitschrift für die Wissenschaft und Praxis des gesamten Arbeitsrechts, 6 (2014) , S. 345-354

- **Bildschirmarbeit in Leitwarten ergonomisch gestalten.**  
hg. von Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund 1. Auflage 2014. download unter <http://www.baua.de/de/Publikationen/Broschueren/A89.html>
- Kommission Normung KAN:  
**Positionspapier der KAN zu Gehäuseglanzgraden an Bildschirmgehäusen 2011.** download unter [www.kan.de](http://www.kan.de)
- **Bildschirmarbeit in der Produktion. Sicher, gesund und produktiv gestalten.**  
hg. von Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund 1. Auflage 2011. download unter <http://www.baua.de/de/Publikationen/Broschueren/A77.html>
- Ch. A. Sust, D. Lorenz, L. Dick, G. Müller:  
**Bildschirmarbeit in Kliniken und Praxen.**  
hg. v. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund 1. Auflage 2006. download unter <http://www.baua.de/de/Publikationen/Broschueren/A41.html>
- Cakir, A. / Cakir, G.:  
**Einfluss von optischen Oberflächeneigenschaften von IT-Produkten auf Benutzer.**  
hg. von Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Forschungsbericht FB 1066 Bremerhaven (Wirtschaftsverlag NW) 2006