

## Anforderungen an die Ergonomie von Bildschirmen

Arbeiten am Bildschirm ist mittlerweile nicht nur für fast 2/3 der Beschäftigten Normalität, auch im Privatleben werden PC's, Smartphones oder Tablets häufig genutzt. Immer mehr Menschen verbringen den überwiegenden Teil des Tages mit dem Lesen und Eingeben von Informationen an einem elektronischen Display. Wenn die Qualität und die Aufstellung des Bildschirms nicht optimal sind und die Arbeit am Bildschirm pausenlos und stundenlang erfolgt, dann können langfristig gesundheitliche Beeinträchtigungen nicht ausgeschlossen werden.

### Bildschirmarbeit ist auf Dauer eine gesundheitliche Belastung

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 am Bildschirm

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 trotz fortentwickelter Technik grundsätzlich Fehlbeanspruchungen mit sich und zwar vor allem der Augen:

#### Fehlbelastungen und Beanspruchungen bei der Seharbeit am Bildschirm

- 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 und starker Fokussierung, insbesondere aufgrund unergonomischer Sehbedingungen wie Blendungen und Spiegelungen oder unscharfen, zu kleinen Zeichen
- mentale Überlastung: durch schlechte Lesbarkeit erhöhter mentaler Aufwand im Gehirn
- einseitige Anforderungen an die Muskulatur: Verspannungen und Schmerzen im Bereich Kopf, Schultern, Nacken und Rücken, insbesondere verursacht durch Fehlhaltungen bei ungünstige Sehbedingungen und andauernder einseitiger Körperhaltung

### Gesetzliche Mindestanforderungen an die Ergonomie

Wenn diese gesundheitliche Beeinträchtigungen vermieden werden sollen, kommt es sehr auf die Ergonomie an: die Qualität des Bildschirms, seine Größe, die Aufstellung des Monitors, die Beleuchtung, Blendschutz und die Organisation der Arbeit, die Wechsel der Arbeitshaltung und Bewegung ermöglichen kann oder nicht. Das sind Gestaltungsfragen für einen vorbeugenden Gesundheitsschutz bei der Bildschirmarbeit. Mindestanforderungen an die Bildschirmergonomie werden in der Arbeitsstättenverordnung gefordert.

#### Anforderungen an die Ergonomie des Bildschirms:

- Bildschirmanzeigen sollen so gestaltet sein, dass Informationen schnell, fehlerfrei und mit geringer Anstrengung für Augen, die mentale Leistung und die Nacken/Schulter-Muskulatur aufgenommen werden können.
- Die Arbeitsstättenverordnung fordert deshalb:
  - Text und Grafik scharf und deutlich
  - ausreichend große Zeichen
  - angemessener Zeichen- und Zeilenabstand

- individuell einstellbare Zeichengröße und Zeilenabstand
- Flimmerfreiheit
- Verzerrungsfreiheit
- angemessene Größe und Form des Bildschirms für die jeweiligen Aufgaben
- einfach einstellbarer Kontrast und Helligkeit
- Strahlungsfreiheit
- leicht dreh- und neigbar
- reflexionsfreie Oberfläche
- Aufstellung des Bildschirms frei von Reflexionen und Blendungen
- flexible Anordnung des Bildschirms auf dem Arbeitstisch
- Trennung von Bildschirm und Eingabegeräten bei Einsatz am Arbeitsplatz
- angemessener Kontrast zwischen Bildschirm und Umgebung

Konkreter werden diese Anforderungen in den Normen und gesicherten arbeitswissenschaftlichen Erkenntnissen (z.B. der Norm DIN EN ISO 9241 Teil 303, der DGUV-Information 215-410 „Bildschirm- und Büroarbeitsplätze. Leitfaden für die Gestaltung“) oder in Veröffentlichungen der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin dargelegt. Es werden dort auch weitergehende Gestaltungsanforderungen und der Stand der Technik beschrieben.

Der Stand der Technik und die gesicherten arbeitswissenschaftlichen Erkenntnisse sind keine reinen Empfehlungen, sie sind bei der Auswahl des Bildschirms und der Arbeitsgestaltung zu berücksichtigen. So fordert es das Arbeitsschutzgesetz.

In der betrieblichen Praxis ist das das schwedische Qualitätssiegel TCO certified hilfreich bei der Beschaffung, es sichert eine gute Bildschirmqualität und auch ökologische Anforderungen.

## Displaytechniken und ihre Vor- und Nachteile

### CRT-Monitore - Röhrentechnologie



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

Bei den Röhrenmonitoren (CRT) wird das Bild in einer Kathodenstrahlröhre durch einen Elektronenstrahl erzeugt, der auf eine phosphorisierende 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.

Solche Geräte sind nur noch in Sonderfällen im Einsatz, z.B. bei Grafikanwendungen. Gegenüber den heutigen Flachbildschirmen hatten sie durchaus Vorteile: wesentlich höhere Reaktionsgeschwindigkeit – kaum wahrnehmbar, verlustfreie individuell anpassbare Bildschirmdarstellung durch Wahl einer beliebigen Grafikkartenauflösung, tiefes Schwarz, sehr gute Farbdarstellung, sattes Schwarz und keine Blickwinkelabhängigkeit beim Blick auf das Bild.

### LCD-Technologie

LCD-Bildschirme (liquid crystal display) bauen das Bild durch Ansteuerung von Bildpunkten auf. Die hier benutzten 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: geringere Bautiefe und Gewicht, größere Anzeigen, bessere Neigbarkeit, Flimmerfreiheit, strahlungsfrei, geringere Wärmeentwicklung, geringer Energieverbrauch, gute Kontraste, keine Verzerrungen an den Bildschirmkanten und reflexionsärmere Oberfläche. Nachteilig ist, dass es nur eine feste Auflösung mit optimal scharfer Zeichendarstellung gibt und beim seitlichen Einblick die Informationen auf dem Bildschirm nicht mehr lesbar sind.



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

### Neuste Technologie: OLED

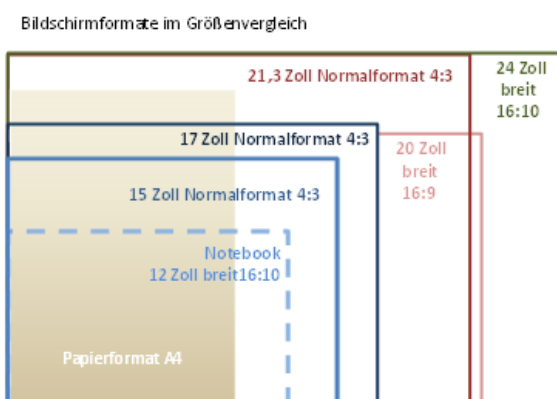
OLED-Bildschirme bestehen aus dünnfilmigen leuchtenden Bauelementen aus organischen halbleitenden Materialien (organic light emitting diode - organische Leuchtdiode), die Licht emittieren. Sie sind kostengünstig herstellbar, allerdings bisher mit geringer Lebensdauer. Sie kommen ohne Hintergrundbeleuchtung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

## Ergonomische Anforderung 1: Größe und Format passend zur Aufgabe



### Größe und Formate

Bildschirme müssen zur Arbeitsaufgabe passen. Wer nur ab und zu Mails schreibt und den Terminkalender aktualisiert, kommt mit den 8 bis 12 Zoll-Bildschirmgrößen Tablet-PC's zu recht. Bildredakteure und Bildredakteurinnen benötigen andere Formate als Textverarbeiter oder CAD-Konstrukteurinnen. Programmierer und Entwickler müssen eventuell mit zwei Fenstern oder Monitoren nebeneinander arbeiten.

**Bild 3: Größenproportionen bei Bildschirmformaten.**

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 mindestens 21 Zoll und im Normalformat (Seitenverhältnis 4:3); sie sind gut geeignet für die Arbeit an Texten und überschaubaren Tabellen. Grafik- und Multimedienanwendungen oder große Tabellen erfordern größere Bildschirme und das Breitbildformat (16:10 oder 16:9).

Für Textbearbeitung auf Breitbildmonitoren eignet sich am besten eine 26 Zoll Bildschirmdiagonale, dann können zwei DIN A4 Textseiten in 1:1 bequem nebeneinander gelesen oder es kann mit mehreren Anwendungsfenstern gearbeitet werden. Das Format Widescreen oder Breitbild hat eine geringere Höhe als das Normalformat und damit nicht unbedingt eine größere Darstellungsfläche. Für Filme und Spiele ist es ideal, weil es eher den menschlichen Blickfeldverhältnissen entspricht.

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 und mehrere Bildschirme am Arbeitsplatz

Notebooks sind für den mobilen Einsatz gedacht. Sie sollten 15 Zoll Bildschirmdiagonale für die üblichen Büroanwendungen haben. Bei längerem Einsatz - ob bei Kunden, im home office oder Büro gilt immer: eine Zusatztastatur und möglichst ein Zusatzbildschirm sind ein ergonomisches Muss. Die Zusatzeingabegeräte sind vorgeschrieben. Denn 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. Auch für ortsveränderliche Notebooks gibt es Mindestanforderungen in der Arbeitsstättenverordnung:

#### Anforderungen an Notebooks:

- Größe, Form und Gewicht tragbarer Bildschirmgeräte der Arbeitsaufgabe entsprechend angemessen
- reflexionsarmen Oberfläche
- so betreiben, dass der Bildschirm frei von störenden Reflexionen und Blendungen ist
- getrennt Eingabegeräte bei längerem Einsatz, möglichst Zusatzbildschirm (Arbeitsstättenverordnung, Anhang 6)

Werden zwei oder drei Bildschirme genutzt, sollten sie möglichst vom gleichen Typ sein, denn unterschiedliche Größen, Farben, Helligkeiten, Kontraste und Zeichenhöhen stören sehr, sie zwingen die Augen zu permanenter Neufokussierung. Die Unfallversicherungsträger empfehlen statt eines sehr großen Monitors zwei Bildschirme im Halbrund aufgestellt, damit gleiche Sehabstände möglich sind.

## Ergonomische Anforderung 2: Hohe Bildschirmqualität für entspanntes Lesen

### Helligkeit und Kontrast ausreichend groß und leicht einstellbar

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 der Darstellung 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 über  $400 \text{ cd/m}^2$  erhältlich. Die neuste Qualitätsanforderung des Gütesiegels TCO Certified Displays 7 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 der Arbeitsumgebung an, hier ist mindestens 1500-2000 Lux bei Büroarbeit vorzusehen.

Gute Kontraste zwischen hellen und dunklen Flächen auf dem Bildschirm sind besonders für ältere Beschäftigte wichtig, sie benötigen deutlich höhere Werte für entspanntes Sehen. Hersteller geben statische Kontrastverhältnisse (zwischen maximal und minimal darstellbarer Leuchtdichte) von weit über 1000:1 an; solche Werte werden im Dunkelraum gemessen. Eine Messung unter normaler heller Umgebungsbeleuchtung ist vorgeschrieben, dabei sind Werte bis 200:1 erreichbar. Das Gütesiegel TCO 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 cd/m<sup>2</sup> vor dem Hintergrund von 200 cd/m<sup>2</sup>, technisch ist weniger möglich. Blaue LED-Licht ist gegen Abend und nachts ungünstig, hier sollten Bildschirme gewählt werden, die umstellbar sind und auch eine gelbliche Hintergrundfarbe ermöglichen.

### **Betrachtungswinkel, Blickwinkel, Sehrichtungsbereich je nach Aufgabenstellung**

Wichtig ist es, auf den Betrachtungswinkel zu schauen: Unter welchem Blickwinkel können der Kontrast, die Schärfe und die Farben auf dem Monitor noch mit ausreichender Qualität wahrgenommen werden? Wichtig ist das für Teams, die gleichzeitig einen Bildschirm nutzen wollen und mit seitlichem Blick lesen müssen. Hohe horizontale bzw. vertikale Blickwinkel für ein Kontrastverhältnis von mindestens 10:1 bieten MVA/ PVA oder S-ISP Flachbildschirm-Technologien. Horizontale Blickwinkel von 178 ° 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 geeignet, die Einsicht von der Seite ist nicht möglich. Allerdings ist dann eine flexible seitliche Aufstellung und Kopfbewegungen beim Lesen nicht mehr möglich.

### **Farbdarstellung zurückhaltend, gedeckt**

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 theoretischen 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.

## Absolute 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 Certified darf der Unterschied nicht mehr als 1,5:1 betragen. Auch die Farbdarstellung von Flächen soll gleichmäßig sein.

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

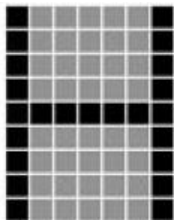
Zittern der Zeichen und Schwanken der Leuchtdichte, die bei LCD´s durch Fehler in der Synchronisation zwischen Bildschirm und Ansteuerung über die Grafikkarte hervorgerufen werden können, müssen vermieden werden. LCD-Bildschirme sollen immer über einen standardisierten digitalen Anschluss (Digital Video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

Der Bildaufbau bei LCD-Bildschirmen muss ausreichend schnell sein. Das Gütesiegel TCO Certified 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.

## Ergonomische Anforderung 3: Zeichenqualität gestochen scharf

### Pixelgröße und Pixeldichte für hohe Schärfe

Die Zeichen auf dem LCD-Bildschirm setzen sich aus einzeln 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 Displays bei mobilen Bildschirmen schaffen 200 dpi.



Die Darstellung der Zeichen folgt einer vorgegebenen 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 dagegen mindert 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)

### Nur geringe Pixelfehler akzeptabel

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 0 empfehlenswert, sie garantiert eine Fehlerhäufigkeit von 0, mindestens notwendig ist Klasse 1.

### Auflösung hoch, Zeichengröße dabei beachten

Bei Bildschirmgrößen von 21 Zoll ist eine Auflösung 1600 x 1200 Pixeln ausreichend für scharfe Zeichendarstellung. Die FullHD-Auflösung (1920x1080 Pixel) ist bei Breitformat 16:9 und für Filme üblich. Der Stand der Technik bietet mehr, Breitband-Bildschirme sind auch mit Auflösungen von 2560 x 1440 im Handel erhältlich. Für Textverarbeitung ist eine sehr hohe Auflösung nicht unbedingt immer die bessere Wahl. Zwar lassen sich dann mehr Bildschirminhalte zeigen, die Darstellung kann allerdings zu klein sein und schlecht lesbar. Entscheidend ist dann, ob die Darstellung vergrößert werden kann. Für Grafik und Filme kann die Bewertung

der Auflösung anders ausfallen. Nicht nur die Bildschirmgröße und das Format, auch die dabei Auslösung sollte je nach Anwendung ausgewählt werden.

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

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.

## Ergonomische Anforderung 4: Zeichengröße und Sehabstand optimal 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 worden, 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.

### Ausreichend Sehabstand, bei angepasster Zeichengröße

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 deshalb möglichst nicht in der Nähe des Nahpunktes (bei 50 Jährigen ca. 500 mm) liegen. Der Abstand zwischen Auge und Bildschirm hängt ebenso davon ab, ob die gesamte Oberfläche überblickt werden muss oder nur in Ausschnitten und Fenstern gearbeitet wird; dann sind kleinere Abstände möglich. Sehabstände sollten leicht individuell anpassbar sein, das ist wichtig für Brillenträger. Bildschirmschwenkarme können das erleichtern.

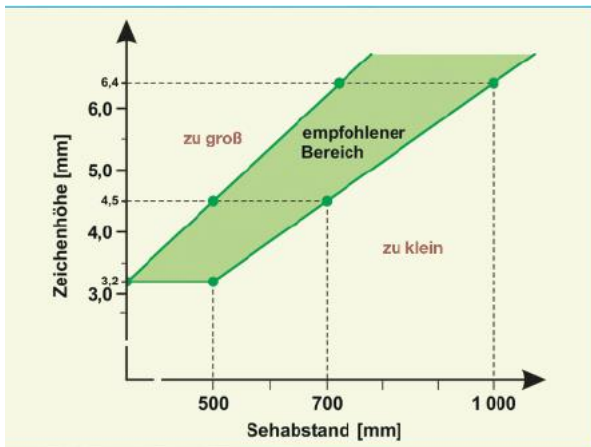
#### ■ Einstellbarkeit der Zeichengröße

Die Einstellbarkeit der Zeichengröße und auch des Zeilenabstandes ist eine Anforderung, die seit 2016 verpflichtend vorgeschrieben ist. (Arbeitsstättenverordnung, Anhang 6)

Das Auge benötigt eine Mindestzeihenhöhe 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



**Bild 6: Zeichenhöhen (Großbuchstaben ohne Oberlängen) und Sehabstand.** (Quelle: Berufsgenossenschaftliche Information BGI 742, zurückgezogen)

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 Bildschirmdiagonalen von 19 bis 21 Zoll mit Sehabständen von 800-900 mm sind Zeichenhöhen der Großbuchstaben von mindestens 5,2 mm gefordert. Die Standardeinstellung liefert das nicht.

## Ergonomische Anforderung 5: Oberfläche und Gehäuse ohne Störwirkung

### Reflexionsarme Bildschirmoberfläche ist Muss

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.

### Glänzende Oberfläche nur bei zwingender Aufgabenstellung

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 Reflexe und spiegelnde helle 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 das Gütesiegel TCO ist das eine Voraussetzung zur Zeichenvergabe für Monitore.

### Matte und helle Gehäuseoberflächen

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 Gütezeichen "Geprüfte Sicherheit" GS prüft dies entsprechend. Für Büroanwendungen sind nur Geräte mit den besten Reflexionseigenschaften 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 = seidmatt). Das Gütesiegel TCO fordert geringe Glanzeinheiten bei Bildschirmoberflächen, verzichtet aber seit 2005 auf die Forderung nach hellen Gehäusefarben und empfiehlt nur 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, beige), die nicht mit der Umgebung – mit der Tischoberfläche, der Tastatur oder der Wand dahinter kontrastieren.

## Ergonomische Anforderung 6: Flexibilität ist Pflicht

### Sehr leicht verstellbare Höhe, Neigung und Drehung

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 nach unten, das heißt bis auf die Tischoberfläche verstellen lassen. Nicht nur Gleitsichtbrillenträger benötigen den Blick nach unten auf den Bildschirm, mit dem Blick nach unten steigt die Sehschärfe. Bei ergonomischer Aufstellung liegt die oberste Bildschirmzeile deutlich unterhalb der Augenhöhe.

Manche Bildschirme bieten eine Drehbarkeit um 90 ° als Pivotfunktion, sie können hochkant betrieben werden, ideal für DIN A4-Textbearbeitung. Große Formate ermöglichen das ohne Drehung. Die ergonomische günstige Höhe der obersten Bildschirmzeile muss allerdings immer stimmen.

Notebooks oder Tablet-PCs im mobilen Dauereinsatz benötigen eine mobile Tastatur und Maus oder eine Dockingstation mit Bildschirm und Tastatur. Flexibel aufstellbare Bildschirme sind verpflichtend. Ausnahmen sind nur für den kurzzeitigen Einsatz akzeptabel.

## Ergonomische Anforderung 6: 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 LEDs für Hintergrundbeleuchtung benötigen weniger Strom. Große Bildschirmformate brauchen allerdings mehr Energie als kleine. Das Gütesiegel EnergyStar V 6.0 fordert bei der Energiesparfunktion maximal 0,5 W Verbrauch im niedrigsten Stand-By-Modus.

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. krebserzeugend). Gesetzliche Pflichten für die Hersteller bestehen durch die EU-Richtlinie RoHS und das Elektroaltgeräte-Gesetz (ElektroG): danach sind die deutliche Begrenzung von Schwerme-

tallen 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.

## Tablets und Smartphones

Der Gebrauch von Handys und Tablets im Beruf ist heute selbstverständlich. Für Tablets gelten die Normen für elektronisch optische Anzeigen, die in Außenbereichen und ungünstiger Arbeitsumgebung genutzt werden sollen. Aufgrund ihrer völlig flexiblen Nutzung sollten sie trotz möglicher Sonneneinstrahlung, Spiegelungen und großer Umgebungshelligkeit weitgehend blendfrei und gut lesbar sein. Dafür sind beispielsweise speziell für den beruflichen Einsatz konzipierte Tablets mit matter, entspiegelter Oberfläche geeignet, nicht aber Tablets für den Privatgebrauch. Smartphones sind für umfangreiche Datenbearbeitung nicht geeignet.

## Standards für Betriebe setzen

Wenn Betriebs- und Personalräte als Vertreter der Beschäftigten sehr gute Qualitätsstandards absichern wollen, dann können sie das beispielsweise in Betriebs- oder Dienstvereinbarungen regeln. Dann wird beim Einkauf entsprechender Geräte immer der vereinbarte Standard, z.B. die nach neuestem Gütesiegel TCO-zertifizierte Produkte den Vorzug bekommen. Die Einkäufer im Unternehmen können schon in ihren Ausschreibungen für IKT-Produkte die betrieblich vereinbarten Standards verwenden.

Für Bildschirmgeräte ist eine Gefährdungsbeurteilung unter Berücksichtigung der Einsatzbedingungen erforderlich, so fordert es die Arbeitsstättenverordnung und auch die Betriebssicherheitsverordnung. Es geht dabei um elektrische und mechanische Sicherheit ebenso wie um die Ergonomie und Benutzerfreundlichkeit. Sie muss vor dem Einsatz des Arbeitsmittels dokumentiert werden.

## Rechtsquellen

### Gesetze und Verordnungen

- Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)
  - Anhang Nr. 6.1 Allgemeine Anforderungen an Bildschirmarbeitsplätze
  - Anhang Nr. 6.2 Allgemeine Anforderungen an Bildschirme und Bildschirmgeräte
  - Anhang Nr. 6.3 Anforderungen an Bildschirmgeräte und Arbeitsmittel für die ortsgebundene Verwendung an Arbeitsplätzen
  - Anhang Nr. 6.4 Anforderungen an tragbare Bildschirmgeräte für die ortsveränderliche Verwendung an Arbeitsplätzen
  - Anhang Nr. 6.5 Anforderungen an die Benutzerfreundlichkeit von Bildschirmarbeitsplätzen
- Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln (Betriebssicherheitsverordnung BetrSichV)
  - § 3 Gefährdungsbeurteilung
- 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 (Kreislaufwirtschaftsgesetz KrW)

## ■ Betriebsverfassungsgesetz (BetrVG)

- § 87 (1) Nr.7 Mitbestimmung bei Regelungen über die Verhütung von Arbeitsunfällen und Berufskrankheiten sowie über den Gesundheitsschutz im Rahmen der gesetzlichen Vorschriften oder der Unfallverhütungsvorschriften
- § 91 Mitbestimmungsrecht (korrigierend)

## ■ Hessisches Personalvertretungsgesetz HPVG

- § 74 (1) Nr.6 Mitbestimmung bei Maßnahmen zur Verhütung von Dienst- und Arbeitsunfällen und sonstigen Gesundheitsschädigungen
- § 74 (1) Nr.16 Mitbestimmung bei der Gestaltung der Arbeitsplätze

## ■ Bundes-Personalvertretungsgesetz (BPersVG)

- § 75 (3) Nr. 11 Mitbestimmung bei Maßnahmen zur Verhütung von Dienst- und Arbeitsunfällen und sonstigen Gesundheitsschädigungen
- § 75 (3) Nr. 16 Mitbestimmung bei der Gestaltung der Arbeitsplätze

## Staatliche Regeln und Richtlinien

### ■ Technische Regel für Arbeitsstätten ASR V3: Gefährdungsbeurteilung

## DGUV Vorschriften, Regeln und Informationen

### ■ DGUV-Information 215-410: Bildschirm- und Büroarbeitsplätze. Leitfaden für die Gestaltung, 2015

### ■ DGUV Information 211-040: Einsatz mobiler Informations- und Kommunikationstechnologie an Arbeitsplätzen. Technische Rahmenkriterien, 2015

### ■ DGUV-Regel 115-401: Branche Bürobetriebe, 2018

## 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/TR 9241-308:2008-11: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 308: Surface-conduction electron-emitter displays (SED)

### ■ ISO/TR 9241-309:2008-11: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 309: Anzeigen mit organischen, Licht emittierenden Dioden

## Literatur

Brütting, M.; Ditchen, D.; Ellegast, R.; Petersen, J.; Schäfer, P.:

### **Nutzung von einem oder zwei Bildschirmen an Büroarbeitsplätzen – Auswirkungen auf physiologische Parameter und Leistung (IFA Report 5/2016).**

hg. von Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V. (DGUV), Berlin 2016

### **Büroarbeit an Doppelbildschirmen – Auswirkungen auf Mensch und Leistung**

in: DGUV Report 2/2017, 6. DGUV Fachgespräch Ergonomie

Barth, Ch.:

### **Auswahl von Arbeitsmitteln – Stand der Technik zur Umsetzung der Betriebssicherheitsverordnung.**

hg. von Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund/ Berlin/ Dresden, 2., aktualisierte Auflage 2015

Eine **Schablone zur Prüfung der Zeichengröße** gibt es bei der Webseite zur barrierefreien Gestaltung des Internets für Webdesigner von INQA und VBG (<http://www.c2web.de/> )

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

Kommission Normung KAN:

**Positionspapier der KAN zu Gehäuseglanzgraden an Bildschirmgehäusen 2011**

**Bildschirmarbeit in der Produktion. Sicher, gesund und produktiv gestalten.**

hg. von Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund 1. Auflage 2011

BITKOM Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V. (Hrsg.):

**Gesetzliche Anforderungen für Computer Bildschirme.**

Berlin 2010

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

---

**Stand der Bearbeitung: 2018**