

Quelle: <https://www.arbeitssicherheit.de//document/4b7e440a-3c4e-31ca-a048-a3bd6eb8b6dc>

<b>Bibliografie</b>	
<b>Titel</b>	Bildschirm- und Büroarbeitsplätze Leitfaden für die Gestaltung (bisher: BGI 650)
<b>Amtliche Abkürzung</b>	DGUV Information 215-410
<b>Normtyp</b>	Satzung
<b>Normgeber</b>	Bund
<b>Gliederungs-Nr.</b>	[keine Angabe]

## Abschnitt 7.2 - 7.2 Bildschirm, Tastatur und sonstige Eingabemittel

### 7.2.1

#### Bildschirm

Im Bürobereich finden zwei Bildschirmanzeigetechniken Verwendung, nämlich Kathodenstrahlröhrenanzeigen (CRT) und Flüssigkristallanzeigen (LCD). Dabei spielen CRT-Bildschirme eine immer geringere Rolle, bei Neuanschaffungen werden fast ausschließlich LCD-Bildschirme beschafft.

Im Gegensatz zu CRT-Bildschirmen, deren optische Eigenschaften von der Sehrichtung weitgehend unabhängig sind, ändern sich bei LCD-Bildschirmen abhängig von der Sehrichtung Leuchtdichte (Helligkeit der Anzeige), Kontrast und Farbe. Die Ausprägung dieser Abhängigkeit hängt davon ab, welcher LCD-Typ eingesetzt wird (Tabelle 2).

Um die Abhängigkeit der optischen Eigenschaften von LCD-Bildschirmen zu differenzieren, nimmt die Norm DIN EN ISO 9241-307 eine Einteilung in vier Sehrichtungsbereiche vor (Tabelle 3, Abbildung 9).

**Tabelle 2**

<b>LCD-Typen im Vergleich</b>			
	<b>TN</b>	<b>IPS/SIPS</b>	<b>MVA/PVA</b>
Kontrast	mittel bis hoch	mittel bis hoch	mittel bis sehr hoch
Winkelabhängigkeit	mittel bis groß	gering	gering
Schaltzeiten	kurz	mittel	kurz
Leistungsaufnahme	gering	hoch	hoch
<b>TN</b> = Twisted Nematic <b>IPS</b> = In-Plane-Switching <b>SIPS</b> = Super In-Plane-Switching			
<b>MVA</b> = Multi Domain Vertical Alignment <b>PVA</b> = Pattern Vertical Alignment			

**Tabelle 3**

<b>Sehrichtungsbereiche nach DIN EN ISO 9241-307</b>	
<b>Beschreibung</b>	<b>Alte Klasse nach DIN EN ISO 13406</b>

<b>Sehrichtungsbereiche nach DIN EN ISO 9241-307</b>	
<b>Bildschirm für Betrachtung durch mehrere Nutzer oder für Mehrbildschirmlösungen</b>	
<p>Erlaubt einer Vielzahl von Benutzern oder einem einzelnen Nutzer mehrerer Bildschirme, die gesamte Bildschirmfläche beim vorgesehenen Sehabstand aus allen Richtungen zu betrachten.</p> <p>Bietet Gleichmäßigkeit über die gesamte Bildschirmfläche, Kopfbewegungen sind möglich.</p> <p>Nicht geeignet für Aufgaben, die einen engen Sehkegel erfordern - zum Beispiel Schutz von vertraulichen Daten.</p>	I
<b>Bildschirm für große Betrachtungswinkel oder für Mehrbildschirmlösungen</b>	
<p>Erlaubt einem einzelnen Benutzer, die gesamte Bildschirmfläche beim vorgesehenen Sehabstand aus allen Richtungen vor dem Bildschirm ohne Abnahme der visuellen Leistung zu betrachten.</p> <p>Bietet Gleichmäßigkeit über die gesamte Bildschirmfläche, Kopfbewegungen sind möglich.</p> <p>Nicht geeignet für Aufgaben, die einen engen Sehkegel erfordern - zum Beispiel Schutz von vertraulichen Daten.</p>	II
<b>Bildschirm für kleine Betrachtungswinkel</b>	
<p>Erlaubt einem einzelnen Benutzer, die gesamte Bildschirmfläche beim vorgesehenen Sehabstand von einer fixierten Position (das heißt vorgesehener Sehabstand, vorgesehene Sehrichtung vor der Mitte des Bildschirms) ohne Abnahme der visuellen Leistung zu betrachten.</p> <p>Bietet Gleichmäßigkeit über die gesamte Bildschirmfläche, Kopfbewegungen sind nicht möglich.</p> <p>Geeignet für Aufgaben, die einen engen Sehkegel erfordern - zum Beispiel Schutz von vertraulichen Daten.</p>	III
<b>Bildschirm für eingeschränkte Betrachtungswinkel</b>	
<p>Erlaubt einem einzelnen Benutzer, die Mitte der Bildschirmfläche beim vorgesehenen Sehabstand von einer fixierten Position (das heißt vorgesehener Sehabstand, vorgesehene Sehrichtung vor der Mitte des Bildschirms) ohne Abnahme der visuellen Leistung zu betrachten.</p> <p>Erfordert Kippen und Drehen des Bildschirms, um eine gleichmäßige Erscheinung der Bilddarstellung zu erreichen, Kopfbewegungen sind nicht möglich.</p> <p>Sehr gut geeignet für Aufgaben, die einen engen Sehkegel erfordern - zum Beispiel Schutz von vertraulichen Daten, Geldautomat.</p>	IV
<p>Für manche Aufgaben ist ein enger Sehrichtungsbereich erwünscht. So kann es unerwünscht sein, dass die Mitreisenden in öffentlichen Transport-Systemen die auf dem Bildschirm dargestellte Information sehen können. Die Auswahl der Sehrichtungsbereiche ist in vielen Fällen ein Kompromiss zwischen den ergonomischen Anforderungen und der Arbeitsaufgabe.</p>	

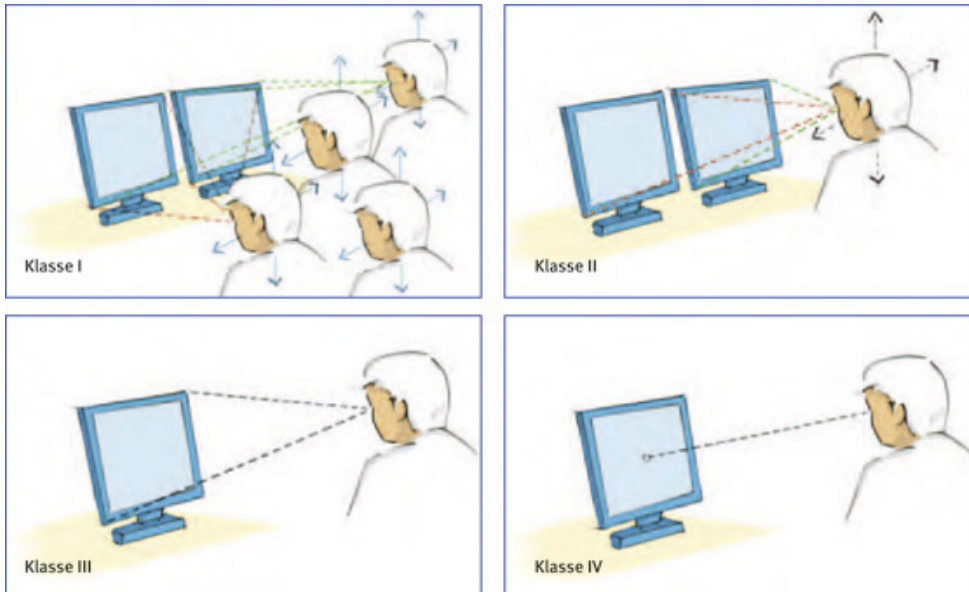


Abbildung 9: Sehrichtungsbereiche aus Tabelle 3

TIPP: Vor- und Nachteile von LCD-Bildschirmen	
<p><b>Zu den Vorteilen zählen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Geringer Platzbedarf durch die kleinen Gerätebautiefen</li> <li>▪ Große Helligkeit (Leuchtdichten von 250 cd/m<sup>2</sup> und mehr gegenüber 80 cd/m<sup>2</sup> bis 140 cd/m<sup>2</sup> bei CRT-Bildschirmen)</li> <li>▪ Keine Geometrie- und Konvergenzfehler, wie bei CRT-Bildschirmen</li> <li>▪ Scharfes, kontrastreiches Bild</li> <li>▪ Sehr gute Entspiegelung; LCD-Bildschirme fallen in der Regel sowohl in Positiv- als auch in Negativdarstellung in die beste Reflexionsklasse (siehe Tabelle 9). Dies wird von CRT-Bildschirmen bis auf ganz wenige Ausnahmen nicht erreicht</li> <li>▪ Niedriger Energieverbrauch</li> <li>▪ Geringe Wärmeabgabe</li> <li>▪ Flimmerfreie Darstellung</li> <li>▪ Unempfindlichkeit gegen Störungen durch elektrische und magnetische Felder - zum Beispiel durch Bahnlinien</li> <li>▪ Strahlungsarmut, alle schwedischen Empfehlungen - zum Beispiel TCO - werden problemlos erfüllt</li> </ul>	<p><b>Zu den Nachteilen zählen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Von der Sehrichtung abhängige Farben, Leuchtdichten und Kontraste; hier gibt es je nach verwendetem LCD-Typ starke Unterschiede (Tabelle 2)</li> <li>▪ Von der Auflösung abhängige <b>Darstellungsqualität</b>, optimale Darstellung bei Ansteuerung in der physikalischen Auflösung des LCD-Bildschirms</li> <li>▪ Gegebenenfalls hohe <b>Bildaufbauzeiten</b>, was bei der Bearbeitung von bewegten Bildern stören kann</li> </ul>

Der benötigte Sehrichtungsbereich hängt von der Arbeitsaufgabe, der Bildschirmgröße, dem Sehabstand und der notwendigen Bewegungsfreiheit des Benutzers ab.

Ein weiterer Punkt, an dem sich LCD- von CRT-Bildschirmen unterscheiden können, ist das Vorhandensein von fehlerhaften Bildelementen (Pixeln) beziehungsweise deren Teilbildelementen (Subpixeln, in der Regel in den Farben Rot, Grün und Blau). Technisch bedingt können an Pixeln/Subpixeln von LCD-Bildschirmen folgende Defekte auftreten (Tabelle 4):

Tabelle 4

Bildelement - (Pixel-)fehler nach DIN EN ISO 9241-302 - Maximale Anzahl der Fehler je Million Bildelemente						
Fehlerklasse	Fehlerart 1 Pixel	Fehlerart 2 Pixel	Fehlerart 3 Subpixel		Häufung von mehr als einem Fehler der Fehlerarten 1 oder 2	Häufung von Fehlern der Fehlerart 3
	ständig hell	ständig dunkel	ständig hell	ständig dunkel		
0	0	0	0	0	0	0
I	1	1	2	1	0	0
	1	1	1	3	0	0
	1	1	0	5	0	0
II	2	2	5	0	0	1
	2	2	4	2	0	1
	2	2	3	4	0	1
	.	.	.	.	.	.
	2	2	0	10	0	1
III	5	15	50	0	0	5
	5	15	49	2	0	5
	5	15	48	4	0	5
	.	.	.	.	.	.
	5	15	0	100	0	5
IV	50	150	500	0	5	50
	50	150	499	2	5	50
	50	150	498	4	5	50

<b>Bildelement - (Pixel-)fehler nach DIN EN ISO 9241-302 - Maximale Anzahl der Fehler je Million Bildelemente</b>						
	.	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.	.
	50	150	0	1.000	5	50

Die Pixelfehlerklasse I hat es in den Vorgängernormen der jetzigen Normenreihe DIN EN ISO 9241-3xx nicht gegeben.

Im Gegensatz zu vorherigen Anforderungen wird in dieser Tabelle berücksichtigt, dass helle Subpixel stärker wahrgenommen werden als dunkle.

Beispiel: Ein LCD-Bildschirm mit einer Diagonalen von 19 Zoll und einer physikalischen Auflösung von 1280 Bildelementen × 1024 Bildelementen hat insgesamt 1.280 × 1.024 = 1,31 Millionen Bildelemente. Die maximale Anzahl der Fehler entsprechend obiger Tabelle ergibt sich durch Multiplikation der Tabellenwerte mit dem Faktor 1,31.

Häufung von Fehlern (Cluster): zwei oder mehr fehlerhafte Pixel oder Subpixel in einem Block von 5 Pixeln × 5 Pixeln

Für Standard-Büroanwendungen ist mindestens Fehlerklasse II erforderlich, Fehlerklasse 0 wird empfohlen.

Der Bildaufbau bei LCD-Bildschirmen dauert im Vergleich zu CRT-Bildschirmen wesentlich länger. Bei LCD-Bildschirmen wird als Bildaufbauzeit die Gesamtzeit definiert, in der sich die Leuchtdichte der Anzeige von 10 Prozent auf 90 Prozent und zurück auf 10 Prozent ändert. Im Allgemeinen sollte die Bildaufbauzeit unter 55 ms, beim Einsatz des Bildschirms für die Darstellung und Bearbeitung von bewegten Bildern sogar unter 10 ms liegen.

Viele LCD-Bildschirme verfügen, ebenso wie CRT-Bildschirme, über einen analogen VGA-Anschluss (Video Graphic Adapter). Der Vorteil dabei ist die Anschlussmöglichkeit an jede vorhandene VGA-Grafikkarte. Dabei wird das digitale Signal des Rechners von der Grafikkarte in ein analoges umgewandelt und an den LCD-Bildschirm geschickt, um dort in ein digitales Signal zurückverwandelt zu werden. Hierdurch kommt es in der Regel zu Bildqualitätsverlusten. Außerdem muss bei analogem Anschluss der LCD-Bildschirm mit dem Signal der Grafikkarte synchronisiert werden, was mehr oder weniger aufwendig sein kann. Schlechte Synchronisation äußert sich zum Beispiel durch unruhiges Bild, vertikale Streifen, horizontale Streifen, Grießeln, Zeichenunschärfe.

Inzwischen verfügen sowohl viele LCD-Bildschirme als auch Grafikkarten außer über einen analogen zusätzlich über einen standardisierten digitalen DVI-Anschluss (Digital Video Interface). Bei dieser digitalen Signalübertragung entstehen keine Signal- und damit Bildqualitätsverluste. Auch eine Signalsynchronisation ist nicht notwendig.

### Weitere Literatur

- DIN EN ISO 9241 "Ergonomie der Mensch-System-Interaktion"
  - Teil 303 "Anforderungen an elektronische optische Anzeigen"
  - Teil 307 "Analyse- und Konformitätsverfahren für elektronische optische Anzeigen"

### TIPP

Bei einem analogen VGA-Anschluss sollte die Synchronisation mit der Funktion "Automatische Bildjustage" im OSD-Menü (On Screen-Display) des LCD-Bildschirms auf einem weißen Untergrund durchgeführt werden. Führt dies nicht zum gewünschten Erfolg, kann eine Feinjustage an einem Linienmuster aus möglichst vielen gekreuzten, waagrechten und senkrechten weißen Linien auf schwarzem Untergrund - zum Beispiel einer leeren Tabelle - oder einem Schachbrettmuster Abhilfe bringen.

### Anhang der Bildschirmarbeitsverordnung

1. Die auf dem Bildschirm dargestellten Zeichen müssen scharf, deutlich und ausreichend groß sein sowie einen angemessenen Zeichen- und Zeilenabstand haben.
2. Das auf dem Bildschirm dargestellte Bild muss stabil und frei von Flimmern sein; es darf keine Verzerrungen aufweisen.

Dies wird für die Darstellung von Zeichen oder Grafiken erfüllt, wenn zur Verringerung visueller Belastungen die Anforderungen an

- Zeichenschärfe, Leuchtdichten und Kontrast (Leuchtdichtekontrast),
- Zeichengröße, -gestalt und Abstände,
- Bildgeometrie und -stabilität,
- Flimmerfreiheit,
- Farbdarstellung und Konvergenz

sowie für LCD-Bildschirme zusätzlich

- Bildaufbauzeit,
- Pixelfehler

eingehalten werden.

### **Zeichenschärfe, Leuchtdichten und Kontrast**

Eine gute Zeichenschärfe ist dann gegeben, wenn sie auf dem ganzen Bildschirm der Zeichenschärfe von gedruckten Zeichen möglichst nahe kommt (Abbildung 10).



Abbildung 10: Unterschiedliche Zeichenschärfen

Um die maximale Zeichenschärfe zu erreichen, empfiehlt es sich, den Bildschirm in der höchsten darstellbaren Auflösung (physikalischen Auflösung) zu betreiben. Ist man gezwungen, eine nicht skalierbare Software in einer niedrigeren Auflösung - zum Beispiel vom Großrechner mit 800 Bildelementen  $\times$  600 Bildelementen - zu benutzen, so ist dies beim CRT-Bildschirm mit annehmbaren Qualitätsverlusten möglich. Auf einem LCD-Bildschirm ist die Darstellung technologisch bedingt nur dann optimal, wenn er in seiner physikalischen Auflösung betrieben wird.

Bei Verwendung nicht skalierbarer Software mit einer Auflösung unterhalb der physikalischen Auflösung eines LCD-Bildschirms gibt es in der Regel zwei Möglichkeiten der Darstellung. Entweder werden nur zum Beispiel 800 Bildelemente  $\times$  600 Bildelemente auf dem LCD-Bildschirm angesteuert und es verbleibt ein breiter schwarzer Rand um den angesteuerten Anzeigebereich, oder sie werden durch Interpolation so umgerechnet, dass eine flächenfüllende Darstellung erfolgt. Hier gibt es je nach eingesetztem Bildschirm (und Interpolationssoftware) sehr krasse Unterschiede in der Darstellung auf dem Bildschirm. Einige Bildschirme sind in der Lage, auch niedrigere Auflösungen noch relativ gut darzustellen. Bei anderen Bildschirmen können Zeichen unterschiedliche Strichstärken aufweisen oder mit starken Schatten dargestellt werden. Dies kann zu einer äußerst unscharfen Darstellung führen (Abbildung 11). Da in manchen Fällen auch deshalb kleinere Auflösungen als die physikalische Auflösung des LCD-Bildschirms benutzt werden sollen, um die Größe von sonst zu kleinen Zeichen zu verändern, sollten vor einer Kaufentscheidung möglichst alle benutzten Softwareanwendungen mit den infrage kommenden LCD-Bildschirmen und Grafikkarten geprüft werden.



Abbildung 11: Darstellung auf einem LCD-Bildschirm: links in physikalischer, rechts in kleinerer Auflösung

Die Anzeigeleuchtdichte (Helligkeit der Anzeige) sollte mindestens  $\geq 100 \text{ cd/m}^2$  betragen. Der Kontrast zwischen Zeichen und

Zeichenuntergrund innerhalb eines Zeichens sowie zwischen Zeichen und Zeichenzwischenraum sollte mindestens bei 4:1 liegen. Dies gilt auch für farbige Darstellungen, nicht jedoch für die Darstellung von Bildern. Als Kontrast wird das Verhältnis der höheren Leuchtdichte ( $L_H$ ) zur niedrigeren Leuchtdichte ( $L_L$ ) bezeichnet. Die Anzeigeleuchtdichte ist bei Positivdarstellung die Leuchtdichte des Untergrundes und bei Negativdarstellung die Leuchtdichte der Zeichen.

Zeichen und Flächen, für die die gleiche Leuchtdichte vorgesehen ist, dürfen keine störenden Leuchtdichteunterschiede aufweisen. Dies gilt auch innerhalb von Zeichen. Die Darstellung dunkler Zeichen auf hellem Untergrund (Positivdarstellung) oder die Darstellung heller Zeichen auf dunklerem Untergrund (Negativdarstellung) kann auf dem Bildschirm in ein- oder mehrfarbiger Ausführung erfolgen. Für Textverarbeitung ist eine einfarbige Zeichendarstellung empfehlenswert.

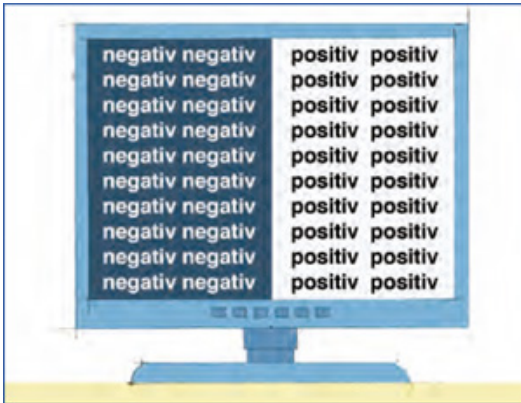


Abbildung 12: Vergleich zwischen Positiv- und Negativdarstellung

Aufgrund der bisherigen Erfahrungen beim Einsatz von Bildschirmgeräten bietet eine flimmerfreie Positivdarstellung bessere Anpassungsmöglichkeiten an die physiologischen Eigenschaften des Menschen und an die Arbeitsumgebung (Abbildung 12).

Positivdarstellung hat folgende Vorteile:

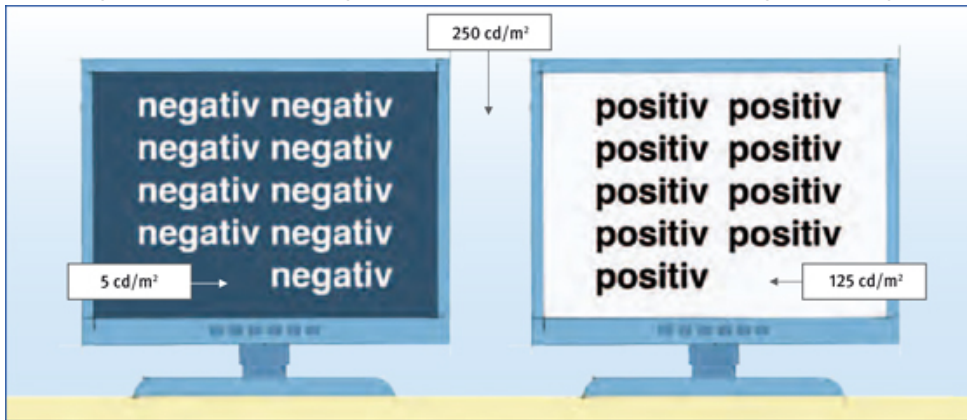
- Die Lesbarkeit der Zeichen verbessert sich, weil bei gleichem Kontrast die Erkennbarkeit von Zeichen vor einem hellen Untergrund besser als vor einem dunklen ist.
- Nicht vermeidbare Reflexionen und Spiegelungen werden weniger störend wahrgenommen und ermöglichen damit auch eine flexiblere Anordnung der Arbeitsplätze.
- Zusammen mit der erforderlichen Beleuchtungsstärke verringert die hohe Leuchtdichte der Bildschirmanzeige den belastenden ständigen Wechsel von Hell- und Dunkel-Adaptationen [6](#) (Abbildung 13).
- Die Leuchtdichten besonders von Vorlagen (Papier) und Bildschirmanzeige werden angeglichen.

Falls Kodierungen von Einzelinformationen bei einfarbiger Zeichendarstellung erforderlich werden, können diese zum Beispiel durch verschiedene Schriftarten, Unterstreichungen oder unterschiedliche Leuchtdichten (Helligkeiten) in einem Verhältnis von mindestens 2:1 erfolgen.

#### Weitere Literatur

- DIN EN ISO 9241 "Ergonomie der Mensch-System-Interaktion"
  - Teil 303 "Anforderungen an elektronische optische Anzeigen"
  - Teil 307 "Analyse- und Konformitätsverfahren für elektronische optische Anzeigen"

Abbildung 13: Beispielhafte Helligkeitsunterschiede bei Positiv- beziehungsweise Negativdarstellung



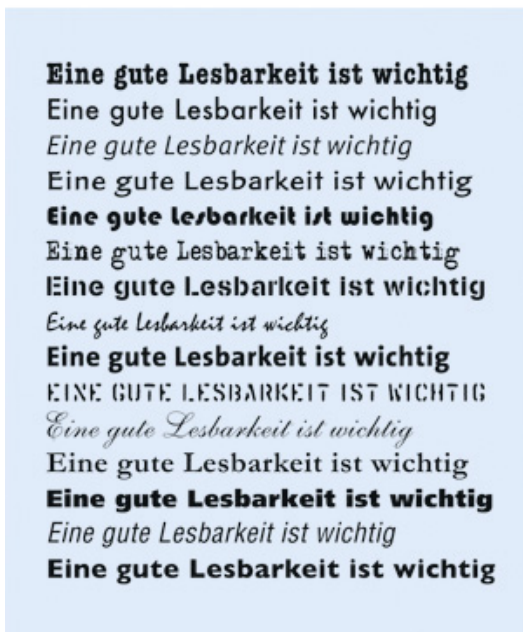
### Zeichengröße, -gestalt und Abstände

Bei der Darstellung alphanumerischer Zeichen müssen Größe und Gestalt sowie die Abstände von Zeichen und Zeilen eine gute Lesbarkeit ermöglichen (Abbildung 14). Gute Lesbarkeit wird erreicht, wenn zum Beispiel

- eine ausreichende Zahl von Bildelementen  $Z$  für die Darstellung eines Zeichens verwendet wird. Dies bedeutet ein Raster von mindestens 7 Bildelementen  $\times$  9 Bildelementen (Breite  $\times$  Höhe) für die Darstellung eines Großbuchstabens ohne Oberlänge - zum Beispiel Großbuchstabe "E",
- die Höhe der Großbuchstaben ohne Oberlänge (Zeichenhöhe) unter einem Sehwinkel zwischen 22 Bogenminuten  $\theta$  und 31 Bogenminuten erscheint, das heißt auch bei einem Mindestsehabstand von 500 mm eine Höhe von 3,2 mm nicht unterschreitet,
- die Zeichenbreite der Großbuchstaben (ausgenommen Buchstabe "I") 70 Prozent bis 100 Prozent der Zeichenhöhe beträgt,
- die Oberlängen der Großbuchstaben - zum Beispiel Großbuchstabe "Ü" - die Zeichenhöhe um mindestens zwei Bildelemente nach oben überschreiten,
- die Höhe der Kleinbuchstaben ohne Ober- und Unterlängen - zum Beispiel Kleinbuchstabe "z" - circa 70 Prozent der Höhe eines Großbuchstabens ohne Oberlänge beträgt,
- die Höhe der Kleinbuchstaben mit Oberlänge - zum Beispiel Kleinbuchstabe "b" - der Höhe der Großbuchstaben ohne Oberlänge entspricht,
- die Kleinbuchstaben mit Unterlänge - zum Beispiel Kleinbuchstabe "q" - um mindestens zwei Bildelemente nach unten verlängert sind und diese Unterlängen unterhalb der Schreiblinie liegen,
- die Zeichenbreite der Kleinbuchstaben 70 Prozent bis 100 Prozent der Zeichenbreite der Großbuchstaben beträgt, ausgenommen die Kleinbuchstaben "f", "i", "j", "l" und "t",
- die Höhe der Zahlen der Zeichenhöhe entspricht,
- die Strichbreite etwa 8 Prozent bis 17 Prozent der Zeichenhöhe beträgt,
- die horizontalen Zeichenabstände mindestens ein Bildelement betragen,
- der vertikale Zeichenabstand (Zeilenabstand) zwischen Kleinbuchstaben mit Unterlänge und Großbuchstaben mit Oberlänge - zum Beispiel zwischen Kleinbuchstabe "q" und Großbuchstabe "Ü" - mindestens ein Bildelement beträgt,
- der horizontale Wortabstand mindestens der Anzahl von Bildelementen des Großbuchstabens "H" in der Breite entspricht (bei Proportionalchrift des Großbuchstabens "N")
- die Gestaltung der Zeichen die Möglichkeit von Verwechslungen sicher ausschließt - zum Beispiel Null und Großbuchstabe "O".

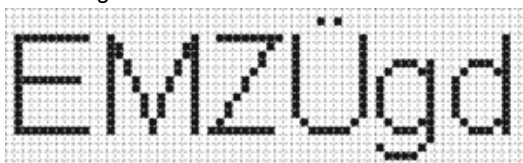


Abbildung 14: Einfluss von Schriftgröße und Schriftart auf die Lesbarkeit



Den Aufbau von Zeichen aus Bildelementen zeigt Abbildung 15.

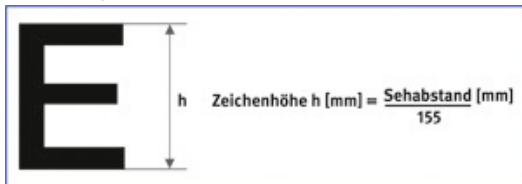
Abbildung 15: Aufbau von Zeichen aus einzelnen Bildelementen



Für normale Büroanwendungen - zum Beispiel Textverarbeitung - wird mindestens ein 19"-CRT-Bildschirm oder ein 17"-LCD-Bildschirm empfohlen. Es ist notwendig, die auf dem Bildschirm dargestellten Informationen in einer Größe und Qualität anzubieten, die ein leichtes, beschwerdefreies Erkennen ermöglichen. Dies ist für Zeichen, die unter einem Sehwinkel zwischen 22 Bogenminuten und 31 Bogenminuten erscheinen, erfüllt.

Ein Sehwinkel von mindestens 22 Bogenminuten ist gegeben, wenn die Höhe der Großbuchstaben ohne Oberlänge (Zeichenhöhe) dem vorgesehenen Sehabstand dividiert durch 155 entspricht (Abbildung 16).

Abbildung 16: Minimale Zeichenhöhe



Ein Sehwinkel von 31 Bogenminuten (entsprechend einer Zeichenhöhe von 4,5 mm bei 500 mm Sehabstand) sollte nicht überschritten werden, weil sonst ein flüssiges Lesen sehr erschwert wird.

Ein Sehwinkel von 31 Bogenminuten ist dann gegeben, wenn die Höhe der Großbuchstaben ohne Oberlänge dem vorgesehenen Sehabstand dividiert durch 110 entspricht. Besteht die Sehaufgabe überwiegend darin, den dargestellten Text gut erkennen und lesen zu können, werden Zeichengrößen entsprechend Tabelle 5 empfohlen.

Tabelle 5

Empfohlene Zeichenhöhe in Abhängigkeit vom Sehabstand	
Sehabstand (mm)	Empfohlene Zeichenhöhe (mm)
500	3,2 bis 4,5
600	3,9 bis 5,5
700	4,5 bis 6,4
800	5,2 bis 7,3

Eine gute Lesbarkeit erfordert bei Fließtexten, dass mindestens 80 Zeichen je Zeile angezeigt werden können, und dass die übliche Groß- und Kleinschreibung angewendet wird. Ausschließliche Großschreibung ist nur für kurze Informationen sowie zur Hervorhebung von Einzelheiten geeignet.

Für die Ermittlung der Zeichenhöhe auf dem Bildschirm wird die Messfolie der VBG-INFO-MAP "Software nutzerfreundlich einstellen und gestalten" empfohlen.

Der Sehabstand richtet sich eher nach der Sehaufgabe als nach der Bildschirmgröße. Werden typische Büroaufgaben, bei denen die Leseaufgabe im Vordergrund steht, erledigt, haben sich Sehabstände von 500 mm bis 650 mm bewährt.

Auch wenn solche Arbeiten an größeren Bildschirmen mit mehreren Fenstern erledigt werden, sind ähnliche Sehabstände empfehlenswert. Sehabstände von 500 mm sollten nicht unterschritten werden.

Tabelle 6

Bildschirmdiagonale/Sehabstand (wenn der gesamte Bildschirminhalt überwacht werden soll)		
Bildschirmdiagonale		Sehabstand (mm)
LCD (Zoll/mm)	CRT (Zoll/mm)	
13/330	15/380	500
15/381	17/430	600
17/432	19/480	700

<b>Bildschirmdiagonale/Sehabstand (wenn der gesamte Bildschirminhalt überwacht werden soll)</b>		
19/483	21/530	800
22/559 WD		900
24/610 WD		1.000
<b>WD = Widescreen Display = Breitformat-Bildschirm</b>		

Besteht die Sehaufgabe überwiegend darin, den gesamten Bildschirminhalt auf einen Blick zu erfassen, wie in einer Leitwarte, können die in Tabelle 6 angegebenen Sehabstände empfohlen werden.

Die bisher üblichen LCD-Bildschirme im Normalformat (Seitenverhältnis 4:3 beziehungsweise 5:4) werden zunehmend durch Bildschirme im Breitbildformat (Widescreen, Seitenverhältnis 16:9 beziehungsweise 16:10) ersetzt. Dabei eignen sich Bildschirme im Normalformat besser für Standardbüroanwendungen wie Textverarbeitung, Tabellenkalkulation mit kleinen Tabellen oder E-Mail-Verkehr, während Bildschirme im Breitbildformat für Bildbearbeitung, Tabellenkalkulation mit großen Tabellen und das Arbeiten mit mehreren Fenstern besser geeignet sind.

Bei der Arbeit mit eingescannten Dokumenten wird in der Regel mit mehreren Bildschirmfenstern gearbeitet - zum Beispiel sollen neben einem eingescannten DIN A4-Dokument (Größe 297 mm × 210 mm) noch ein Bearbeitungsfenster und ein Informationsfenster dargestellt werden. Hierfür gibt es unterschiedliche Lösungen. Man kann mit zwei Bildschirmen oder mit einem Großbildschirm arbeiten.

**Zwei Bildschirme**

**(Normalformat 4:3 beziehungsweise 5:4)**

Häufig gibt es an den vorhandenen Arbeitsplätzen bereits LCD-Bildschirme, die weiter benutzt werden sollen. Da eingescannte Dokumente wegen der oft sehr kleinen Schriftzeichen, insbesondere im Fußbereich von Dokumenten, häufig mindestens in Originalgröße dargestellt werden sollen, muss der Bildschirm zur Darstellung der Dokumente eine Mindestgröße von 17" (43 cm, Anzeigefläche circa 338 mm × 270 mm) haben und im Hochformat betrieben werden (Tabelle 7). Besser geeignet ist ein Bildschirm mit einer Diagonale von 19" (48 cm, Anzeigefläche circa 376 mm × 301 mm), da man hier Dokumente auch leicht vergrößern kann, ohne dauernd mithilfe einer Lupenfunktion Ausschnittvergrößerungen machen zu müssen, um besser lesen zu können. Der zweite Bildschirm wird dann im Hoch- oder Querformat zur Anzeige der weiteren Bildschirmfenster benutzt.

Setzt man zwei Bildschirme mit gleicher physikalischer Auflösung ein, so ist der Betrieb an einer Grafikkarte mit zwei Ausgängen unproblematisch. Für Bildschirme mit unterschiedlichen Auflösungen gibt es Grafikkarten, die in der Lage sind, zwei unterschiedliche Auflösungen zu liefern (sogenannte Dual-Head-Grafikkarten).

Bei der Zwei-Bildschirm-Lösung sollte man darauf achten, dass die benutzten Bildschirme möglichst schmale Bildschirmrahmen haben und dicht beieinander stehen, um eine kompakte Gesamtanzeige zu erhalten.

**Tabelle 7**

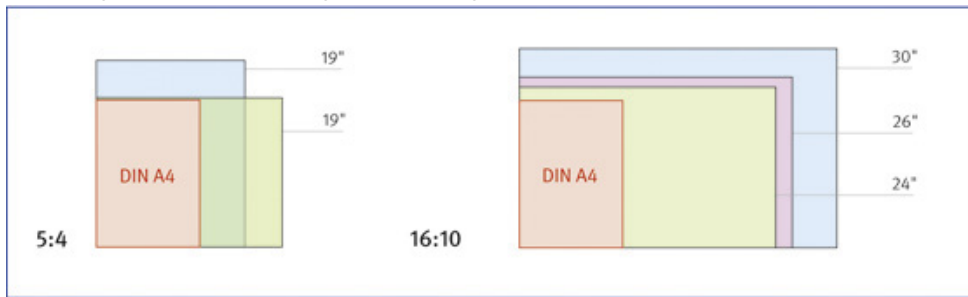
<b>Bildschirmparameter für LCD-Bildschirme</b>				
<b>Format</b>	<b>Diagonale</b>	<b>Anzeigefläche</b>	<b>Physikalische Auflösung</b>	<b>Pixelgröße</b>

<b>Bildschirmparameter für LCD-Bildschirme</b>					
<b>Normalformat 4:3 beziehungsweise 5:4</b>	<b>Zoll</b>	<b>mm</b>	<b>mm</b>	<b>Pixel</b>	<b>mm</b>
	15	381	304 × 228	1.024 × 768	0,294 × 0,294
	17	432	338 × 270	1.280 × 1.024	0,264 × 0,264
	19	483	376 × 301	1.280 × 1.024	0,294 × 0,294
	20	508	408 × 306	1.600 × 1.200	0,255 × 0,255
	21,3	541	432 × 324	1.600 × 1.200	0,27 × 0,27
	Größere Bildschirme nicht mehr verfügbar				
<b>Breitbildformat 16:10 beziehungsweise 16:9</b>	20	508	433 × 271	1.680 × 1.050	0,258 × 0,258
	21,1	541	454 × 284	1.680 × 1.050	0,27 × 0,27
	22	559	474 × 296	1.680 × 1.050	0,282 × 0,282
	23	584	509 × 286	1.980 × 1.080	0,265 × 0,265
	24	610	518 × 324	1.920 × 1.200	0,27 × 0,27
	26	660	551 × 344	1.920 × 1.200	0,287 × 0,287
	27	686	582 × 364	1.920 × 1.200	0,303 × 0,303
	27	685	597 × 336	2.560 × 1.440	0,233 × 0,233
	27,5	699	593 × 371	1.920 × 1.200	0,309 × 0,309
	30	762	641 × 401	2.560 × 1.600	0,25 × 0,25

Vorteilhaft ist es auch, wenn der im Hochformat betriebene Bildschirm über eine VA- oder IPS-Anzeige verfügt und nicht über eine stark winkelabhängige TN-Anzeige (siehe Tabelle 2). TN-Anzeigen werden im Hochformat von einer der beiden Seiten betrachtet nur ein dunkles, wenig kontrastreiches Bild liefern, was charakteristisch für solche Anzeigen ist. Beim Normalbetrieb im Querformat stellt man dies meistens nicht fest, es sei denn, man betrachtet den Bildschirm von unten. Leider muss man bei einer Zwei-Bildschirm-Lösung auch damit rechnen, dass trotz eingestellter gleicher Farbtemperatur und gleicher Helligkeit beide Bildschirme Farben mehr oder weniger unterschiedlich darstellen beziehungsweise sich auch in ihrer Helligkeit unterscheiden. Dies kann, wenigstens zum Teil, durch eine entsprechende Bildeinstellung kompensiert werden, vorausgesetzt auch ein älterer Bildschirm lässt sich noch so weit korrigieren, dass der Helligkeitsabfall infolge der Alterung der LCD-Anzeige ausgeglichen werden kann.

Wer diese Probleme vermeiden möchte, greift gleich zu einem Großbildschirm im Breitbild-Format.

Abbildung 17: LCD-Bildschirmgrößen im Vergleich



### Großbildschirm im Breitbild-Format (Widescreen-Format, 16:9 oder 16:10)

Bevorzugt man diese Lösung, sollte man sich wenigstens für einen Bildschirm mit einer Diagonale von 26" (660 mm) und einer Anzeigefläche von typischerweise 551 mm × 344 mm entscheiden. Hier lassen sich dann mehrere Fenster unmittelbar nebeneinander darstellen.

Ähnliche Vergrößerungen von eingescannten Dokumenten, wie bei einem 19"-Bildschirm im Hochformat, lassen sich allerdings erst mit einem 27"-Bildschirm (686 mm) mit einer Anzeigefläche von typischerweise 582 mm × 364 mm erreichen (Abbildung 17).

Unabhängig von der eingesetzten Technik sollte man darauf achten, dass die auf den Bildschirmen dargestellten Informationen gut lesbar sind.

### Weitere Literatur

- DIN EN ISO 9241 "Ergonomie der Mensch-System-Interaktion"
  - Teil 303 "Anforderungen an elektronische optische Anzeigen"
  - Teil 307 "Analyse- und Konformitätsverfahren für elektronische optische Anzeigen"
- VBG-INFO-MAP "Software nutzerfreundlich einstellen und gestalten"

### Bildgeometrie und -stabilität

Störende Veränderungen von Zeichengestalt oder Zeichenort durch Bildgeometrie- oder Bildstabilitätsfehler dürfen nicht auftreten.

Solche Geometriefehler, die in der Regel nur bei CRT-Bildschirmen vorkommen, kann man zum Beispiel durch Anlegen eines Blattes Papier an waagrechte oder senkrechte Linien, gegebenenfalls Rahmen, im Randbereich der Anzeige feststellen. Die meisten dieser Fehler lassen sich entsprechend den Angaben in der Bedienungsanleitung korrigieren.

Bildstabilitätsfehler äußern sich meist durch zitternde Buchstaben oder Grafiken und werden durch örtliche Leuchtdichteschwankungen erzeugt. Sie sind bei CRT-Bildschirmen entweder gerätebedingt oder werden durch äußere elektrische oder magnetische Felder hervorgerufen. Bei LCD-Bildschirmen mit analoger Ansteuerung beruhen diese Fehler meist auf einer schlechten Synchronisation zwischen Grafikkarte und Bildschirm.

### Weitere Literatur

- DIN EN ISO 9241 "Ergonomie der Mensch-System-Interaktion"
  - Teil 303 "Anforderungen an elektronische optische Anzeigen"
  - Teil 307 "Analyse- und Konformitätsverfahren für elektronische optische Anzeigen"

### Flimmerfreiheit

Flimmern ist die Wahrnehmung von raschen, periodischen Leuchtdichteschwankungen auf dem Bildschirm, die in einem Frequenzbereich von einigen Hertz (Hz) bis zur Verschmelzungsfrequenz liegen. Die Verschmelzungsfrequenz ist die Grenzfrequenz des Auges, oberhalb der ein Flimmern nicht mehr wahrgenommen wird. Sie ist individuell verschieden und nimmt mit zunehmendem Alter ab. Flimmern wird im seitlichen Gesichtsfeld eher wahrgenommen als im zentralen Gesichtsfeld.

Bei Bildschirmen mit Kathodenstrahlröhren hängt die flimmerfreie Wahrnehmung maßgeblich vom Zusammenwirken der nachstehenden Einflussgrößen ab:

- Gerätetechnische Faktoren, wie Bildwiederholfrequenz, Bildaufbau, Auflösung, Nachleuchtdauer des Leuchtstoffes,

mittlere Leuchtdichte der Anzeige und Größe der Anzeigefläche

- Umgebungsbedingungen aufgrund der Anordnung des Bildschirms im Raum und der Güte der Beleuchtung
- Individuelles Sehvermögen des Benutzers

Bei einem Bildschirm mit Kathodenstrahlröhre ist in Positivdarstellung eine Bildwiederholffrequenz von mindestens 100 Hz empfehlenswert, 85 Hz sollen nicht unterschritten werden.

Technologiebedingt bietet ein LCD-Bildschirm auch bei einer Bildwiederholffrequenz von 60 Hz (in der Regel von den meisten Herstellern empfohlen) ein absolut flimmerfreies Bild.

Bei Anzeigetechniken, wie Elektrolumineszenz- oder Plasmaanzeigen, können auch andere technische Einflussgrößen für eine flimmerfreie Wahrnehmung maßgebend sein.

#### Weitere Literatur

- DIN EN ISO 9241 "Ergonomie der Mensch-System-Interaktion"
  - Teil 303 "Anforderungen an elektronische optische Anzeigen"
  - Teil 307 "Analyse- und Konformitätsverfahren für elektronische optische Anzeigen"

#### Farbdarstellung und Konvergenz

Für eine scharfe und deutliche Darstellung auf dem Bildschirm sollen die Farben von Zeichen oder Grafiken und Bildschirmuntergrund aufeinander abgestimmt werden; störende Konvergenzfehler [9](#) sind zu vermeiden (Abbildung 18).



Abbildung 18: Konvergenzfehler

Diese Forderungen sind dann erfüllt, wenn

- bei einer Kodierung mit mehreren Farben nur wenige Farben verwendet werden (maximal 6),
- die verwendeten Farben ausreichend unterscheidbar sind, das heißt ihr Farbabstand ausreichend groß ist (empfohlene Kombinationen für Zeichen- und Untergrundfarben können der Tabelle 8 entnommen werden),
- gesättigte blaue oder rote Farben vermieden werden, weil durch sie höhere Anforderungen an den Scharfeinstellungsmechanismus des Auges gestellt werden,
- für Textverarbeitung auf farbige Darstellungen verzichtet wird, weil dadurch der Kontrast besser den Umgebungsbedingungen angepasst werden kann sowie zusätzliche visuelle Belastungen durch mehrfarbige Darstellung vermieden werden,
- für Zeichen und Flächen, für die gleiche Farben vorgesehen sind, keine wesentlichen Farbunterschiede auftreten.

Farben können das schnelle Auffinden sowie das sichere Identifizieren oder Zuordnen von bestimmten Informationen erleichtern.

#### Tabelle 8

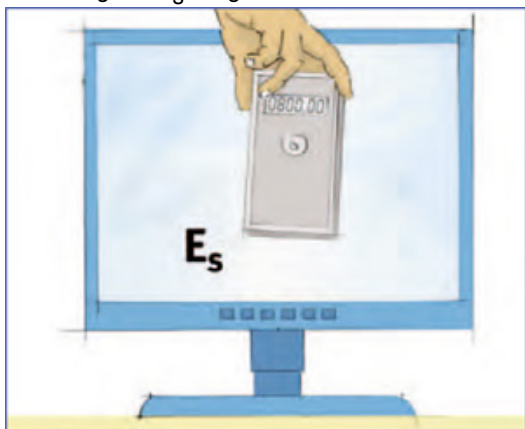
Empfohlene Farbkombinationen für Zeichen und Untergrund								
Untergrundfarbe	Zeichenfarbe							
	Schwarz	Weiß	Purpur	Blau	Cyan	Grün	Gelb	Rot
Schwarz		+	+	-	+	+	+	-
Weiß	++		+	+	-	-	-	+
Purpur	+	+		-	-	-	-	-
Blau	-	+	-		+	-	+	-
Cyan	+	-	-	+		-	-	-
Grün	+	-	-	+	-		-	-
Gelb	+	-	+	+	-	-		+
Rot	-	+	-	-	-	-	+	

**Bedeutung:**

+	Farbkombination gut geeignet; helle Untergrundfarben (Positivdarstellung) sind vorzuziehen; nur für Bildschirme, bei denen dabei ein Flimmern auftritt, sollte eine dunkle Untergrundfarbe (Negativdarstellung) gewählt werden
-	Farbkombination nicht geeignet, da entweder Farborte zu nahe beieinander liegen, dünnlinige Zeichen nicht erkennbar sind oder zu hohe Anforderungen an den Scharfeinstellungsmechanismus der Augen gestellt werden

Die Unterscheidbarkeit von Farben (das heißt der Farbabstand zwischen zwei Farben) wird mit zunehmender Beleuchtungsstärke auf dem Bildschirm schlechter, insbesondere bei gut entspiegelten Bildschirmen. Dies trifft auch auf Leuchtdichten und Kontraste der Bildschirmanzeige zu, allerdings in schwächerer Ausprägung. Deshalb geben Hersteller inzwischen an, für welche Beleuchtungsstärke auf dem Bildschirm dieser geeignet ist. In technischen Datenblättern und GS-Zertifikaten wird dazu die Vorgesehene Bildschirmbeleuchtungsstärke in Lux angegeben. Es handelt sich hierbei um die maximal zulässige Beleuchtungsstärke auf dem Bildschirm durch die Umgebungsbeleuchtung (Abbildung 19). Die tatsächliche Beleuchtungsstärke auf einem Bildschirm kann durch Auflegen eines Beleuchtungsstärkemessers (Messkopf nach außen!) direkt am jeweiligen Arbeitsplatz gemessen werden.

Abbildung 19:  $E_s$  Vorgesehene Bildschirmbeleuchtungsstärke



Damit Bildschirme auch an fensternahen Arbeitsplätzen noch unterscheidbare Farben liefern, werden Bildschirme empfohlen, für die Vorgesehene Bildschirmbeleuchtungsstärken von mindestens 1.500 Lux bis 2.000 Lux ausgewiesen werden. Spiegelnde

Bildschirme sind zwar unempfindlicher gegenüber hohen Beleuchtungsstärken, aber wegen der hohen Störanfälligkeit hinsichtlich Reflexionen für Büroumgebungen nicht geeignet (siehe Seite 40).

#### Weitere Literatur

- DIN EN ISO 9241 "Ergonomie der Mensch-System-Interaktion"
  - Teil 303 "Anforderungen an elektronische optische Anzeigen"
  - Teil 307 "Analyse- und Konformitätsverfahren für elektronische optische Anzeigen"

#### Anhang der Bildschirmarbeitsverordnung

3. Die Helligkeit der Bildschirmanzeige und der Kontrast zwischen Zeichen und Zeichenuntergrund auf dem Bildschirm müssen einfach einstellbar sein und den Verhältnissen der Arbeitsumgebung angepasst werden können.

Eine einfache Einstellbarkeit ist gegeben, wenn die Stellteile im Blickfeld des Benutzers liegen und leicht betätigt werden können oder eine softwaremäßige Einstellung über ein sogenanntes OSD-(On Screen Display) Menü erfolgt, welches intuitiv bedienbar ist. Visuelle Belastungen durch Blendungen und ständige Wechsel von Hell- und Dunkel-Adaptationen können verringert werden, wenn in einer ausreichend hellen Arbeitsumgebung der Bildschirmuntergrund entsprechend hell ist (Tabelle 8 und Abbildung 20).

#### Anhang der Bildschirmarbeitsverordnung

4. Der Bildschirm muss frei von störenden Reflexionen und Blendungen sein.

Bildschirme haben eine Oberfläche aus optisch durchsichtigem Material und reflektieren einen Teil des auftreffenden Lichtes. Dies erfolgt gerichtet als Spiegelungen - zum Beispiel bei unbehandelten Bildschirmoberflächen - oder gestreut - zum Beispiel bei aufgerauten Bildschirmoberflächen.

Die Arbeit an Bildschirmgeräten wird durch störende Reflexionen und Spiegelungen erschwert, weil der Zeichenkontrast verringert und damit die Erkennbarkeit der Zeichen verschlechtert wird. Außerdem muss der Benutzer eine erhöhte Aufmerksamkeit darauf verwenden, die Bildschirminformation trotz störender Reflexionen und Spiegelungen eindeutig aufzunehmen. Je deutlicher solche Spiegelbilder sind, umso belastender wirken sie sich auf den Benutzer aus (Abbildung 20).

Bereits bei der Gerätebeschaffung sollte berücksichtigt werden, dass Reflexionsminderungen am besten mit herstellerseitig getroffenen Antireflexionsmaßnahmen (Entspiegelungen) erzielt werden können.



Abbildung 20: Störende Spiegelungen und Reflexionen

Die bei LCD-Bildschirmen verwendeten Antireflexionsfolien sind gegen Fingerabdrücke relativ unempfindlich. Im Gegensatz zu CRT-Bildschirmen wird eine Reduzierung des Kontrastes aufgrund der Folie durch eine sehr hohe Helligkeit der Anzeige kompensiert. Auch eine Verringerung der Zeichenschärfe, wie bei CRT-Bildschirmen, macht sich wegen der dünnen Frontscheibe und des dadurch geringen Abstandes zum Ort der Bildelemente (Pixel) kaum bemerkbar.



Wie bisher in DIN EN ISO 9241-7 und DIN EN ISO 13406-2 werden Bildschirme nach DIN EN ISO 9241-307 bezüglich ihrer Reflexionseigenschaften, für Positiv- und Negativdarstellung getrennt, in drei Reflexionsklassen eingeteilt (Tabelle 9).

Da die aktuelle Norm DIN EN ISO 9241-307 die bisherigen Reflexionsklassen nicht mehr vorsieht, werden jetzt nur noch die Prüfbedingungen angegeben, unter denen man die Reflexionen des Bildschirms messtechnisch ermittelt (erste Spalte Tabelle 9). In GS-Zertifikaten steht dann zum Beispiel: Lichtquelle mit großflächiger Öffnung = 200 cd/m<sup>2</sup> und Lichtquelle mit kleinflächiger Öffnung = 2.000 cd/m<sup>2</sup>.

Reflexionsklassen		
Leuchtdichte von gerichtet reflektierten Lichtquellen [cd/m <sup>2</sup> ]	Passende Umgebung	Alte Reflexionsklasse nach DIN EN ISO 13406-2
L <sub>grossfl</sub> = 200 und L <sub>kleinfl</sub> = 2.000	Geeignet für allgemeinen Bürogebrauch <a href="#">10</a>	I
L <sub>grossfl</sub> = 200 oder L <sub>kleinfl</sub> = 2.000	Geeignet für die meisten, aber nicht alle Büroumgebungen <a href="#">11</a>	II
L <sub>grossfl</sub> = 125 oder L <sub>kleinfl</sub> = 200	Erfordert eine spezielle, kontrollierte Umgebungsbeleuchtung <a href="#">12</a>	III
<b>großfl</b> = großflächige Lichtquelle - <b>kleinfl</b> = kleinflächige Lichtquelle		

**Tabelle 9**

Dies entspricht der alten Reflexionsklasse I. Dieser Bildschirm kann bedenkenlos in allen Büroumgebungen eingesetzt werden und kann deshalb uneingeschränkt empfohlen werden. Gleichzeitig sollte der Bildschirm für eine vorgesehene Bildschirmbeleuchtungsstärke von 1.500 Lux bis 2.000 Lux ausgewiesen sein (siehe Seite 39).

Weil Reflexionseigenschaften von Bildschirmen darstellungsabhängig sind, gibt es eventuell unterschiedliche Angaben für Positivbeziehungsweise Negativdarstellung. Falls nicht, wird der Bildschirm entweder nur für Positivoder Negativdarstellung angeboten oder er hat in beiden Darstellungsarten die gleichen Reflexionseigenschaften.

In Ergänzung zu diesen Antireflexionsmaßnahmen bewirkt die Darstellung dunkler Zeichen auf hellem Untergrund (Positivdarstellung), dass sich nicht ganz vermeidbare Reflexionen und Spiegelungen weniger störend auswirken und eine flexiblere Aufstellung innerhalb der Arbeitsumgebung ermöglicht wird (siehe Abschnitt 7.4.2).

Zusätzliche Filter verschlechtern häufig die Darstellung auf dem Bildschirm und sollten deshalb nur nach sorgfältiger Abwägung aller Einflussfaktoren Verwendung finden.

**Weitere Literatur**

- DIN EN ISO 9241 "Ergonomie der Mensch-System-Interaktion"
  - Teil 303 "Anforderungen an elektronische optische Anzeigen"
  - Teil 307 "Analyse- und Konformitätsverfahren für elektronische optische Anzeigen"
- DIN EN ISO 9241-7 "Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten - Teil 7: Anforderungen an visuelle Anzeigen bezüglich Reflexionen" (nicht mehr gültig)
- DIN EN ISO 13406-2 "Ergonomische Anforderungen für Tätigkeiten an optischen Anzeigeeinheiten in Flachbauweise - Teil 2: Ergonomische Anforderungen an Flachbildschirme" (nicht mehr gültig)

**Anhang der Bildschirmarbeitsverordnung**

5. Das Bildschirmgerät muss frei und leicht drehbar und neigbar sein.

Die freie Anpassung an die Arbeitsanforderungen sowie die individuellen Bedürfnisse des Benutzers erfordern es, dass der Bildschirm flexibel auf der Arbeitsfläche angeordnet werden kann. Eine leichte Drehbarkeit ist gegeben, wenn der Bildschirm vom Benutzer ohne übermäßigen Kraftaufwand gedreht werden kann oder mit einer Dreheinrichtung versehen ist.

Sofern die elektrische Sicherheit nicht auf andere Weise gewährleistet ist, kann unter anderem eine Beschädigung der Anschlussleitungen durch eine Begrenzung des Drehwinkels auf höchstens +/- 180 ° vermieden werden.

Wird die Blicklinie entsprechend Abbildung 21 um circa 35 ° aus der Waagerechten abgelenkt, so werden ermüdende und möglicherweise gesundheitsschädliche Körperhaltungen vermieden und optimale Sehbedingungen erreicht. Dazu ist ein Gerätefuß notwendig, der es erlaubt, den Bildschirm so niedrig einzustellen, dass sich die Gehäuseunterkante unmittelbar über der Aufstellfläche befindet. Der Bildschirm sollte dann so nach hinten geneigt sein (maximal 35 °), dass die Anzeige senkrecht zur Oberfläche des Bildschirms betrachtet werden kann. Dabei sind Beleuchtung und Antireflexionsmaßnahmen aufeinander abzustimmen (siehe auch Abschnitt 7.4.2).

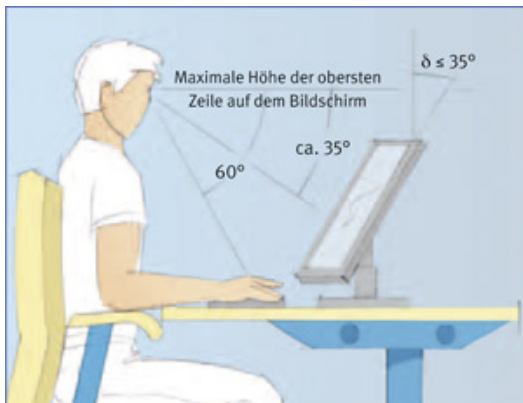


Abbildung 21: Vertikales Blickfeld und Anordnung des Bildschirms

Verstellrichtungen werden den individuellen Bedürfnissen des Benutzers nur gerecht, wenn sich gewählte Einstellungen nicht unbeabsichtigt verändern können und bei jeder möglichen Einstellung die Standsicherheit des Gerätes gewährleistet ist.

### 7.2.2

#### Tastatur

##### Anhang der Bildschirmarbeitsverordnung

6. Die Tastatur muss vom Bildschirmgerät getrennt und neigbar sein, damit die Benutzer eine ergonomisch günstige Arbeitshaltung einnehmen können.
7. Die Tastatur und die sonstigen Eingabemittel müssen auf der Arbeitsfläche variabel angeordnet werden können. Die Arbeitsfläche vor der Tastatur muss ein Auflegen der Hände ermöglichen.

Die Tastatur muss also als eine vom Bildschirm getrennte Einheit, den jeweiligen Arbeitsbedürfnissen entsprechend, umgestellt oder verschoben werden können.

Als Tastaturen am Bildschirmarbeitsplatz kommen Volltastaturen mit alphanumerischem Bereich, numerischem Bereich, Editierbereich und Funktionsbereich infrage, wenn Texteingaben, numerische Eingaben und das Editieren von Daten notwendig sind. Sind nur wenige numerische Eingaben notwendig oder steht die Mausbedienung im Vordergrund, können auch Kompaktastaturen ohne numerischen Bereich eingesetzt werden (Abbildung 22). Dies erlaubt eine entspannte und neutrale Körperhaltung, wenn die Maus mit der rechten Hand bedient wird, da ein Auswärtsdrehen des Armes, der die Maus bedient, entfällt.

Um eine ergonomisch günstige Arbeitshaltung einnehmen zu können, sollte die Tastatur im nicht höhenverstellten Zustand eine Neigung zwischen 0 ° und 12 ° und eine Bauhöhe (in der mittleren Tastaturreihe) von höchstens 30 mm haben. Im höhenverstellten Zustand (Tastaturfüße ausgeklappt) darf der Neigungswinkel der Tastatur maximal 15 ° betragen.

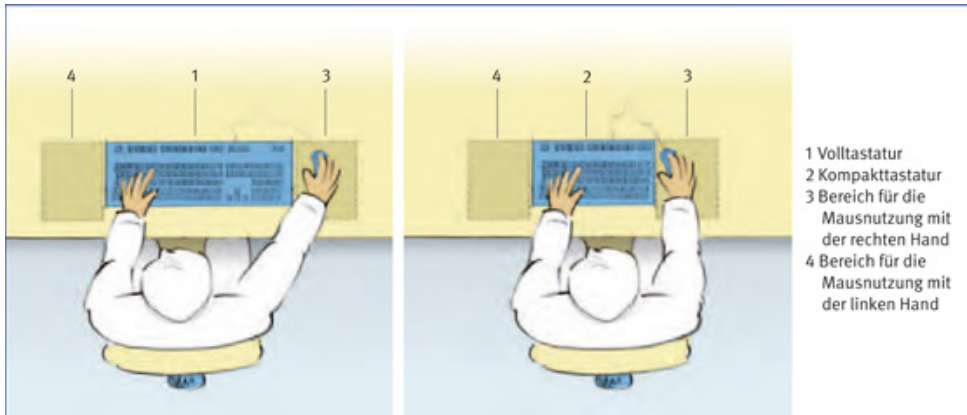


Abbildung 22: a) Position einer Volltastatur; b) Position einer Kompakttastatur mit besserer Erreichbarkeit der Fläche für die Mausbedienung

Die geringe Neigung und Bauhöhe der Tastatur ermöglichen es, auf eine zusätzliche Handballenauflage, die bei der Arbeit hinderlich sein kann, zu verzichten. Die Trennung der Tastatur vom Bildschirm macht eine individuelle Zuordnung der einzelnen Arbeitsmittel möglich, bei der die Fläche vor der Tastatur, vorzugsweise in einer Tiefe von 100 mm bis 150 mm, zum Auflegen von Händen und Armen genutzt werden kann (Abbildung 23). Auch für die Maus sowie eventuelle weitere Eingabemittel ist ein ausreichender Platz vorzusehen.

In Einzelfällen, bei Beschäftigten mit akuten oder chronischen Erkrankungen, können Beschwerden und Beeinträchtigungen bei der Benutzung von herkömmlichen Eingabemitteln auftreten. In diesen Fällen kann der Einsatz alternativer Eingabemittel sinnvoll sein.

#### Weitere Literatur

- DIN EN ISO 9241-4 "Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten - Teil 4: Anforderungen an die Tastatur"
- DIN EN ISO 9241-410 "Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 410: Gestaltungskriterien für physikalische Eingabegeräte"
- VBG-Fachinformation "Alternative Eingabemittel an Bildschirmarbeitsplätzen; Informationen für Arbeitsmediziner und Betriebsärzte"

Abbildung 23: Anordnung der Tastatur auf der Arbeitsfläche



#### Anhang der Bildschirmarbeitsverordnung

8. Die Tastatur muss eine reflexionsarme Oberfläche haben.

Es sollten nur Tastaturen mit hellen Tasten und dunkler Beschriftung (Positivdarstellung) eingesetzt werden. Bei Tastaturen mit

dunklen Tasten und heller Beschriftung (Negativdarstellung) können bei längerer Benutzung die Tasten - zum Beispiel durch den Fingerschweiß - störend glänzen. Außerdem passt die Positivdarstellung auf der Tastatur dann besser zur Positivdarstellung auf dem Bildschirm und störende Helligkeitsunterschiede werden vermieden.

### Weitere Literatur

- Anhang, Punkte 15 und 16 Bildschirmarbeitsverordnung - BildscharbV

### Anhang der Bildschirmarbeitsverordnung

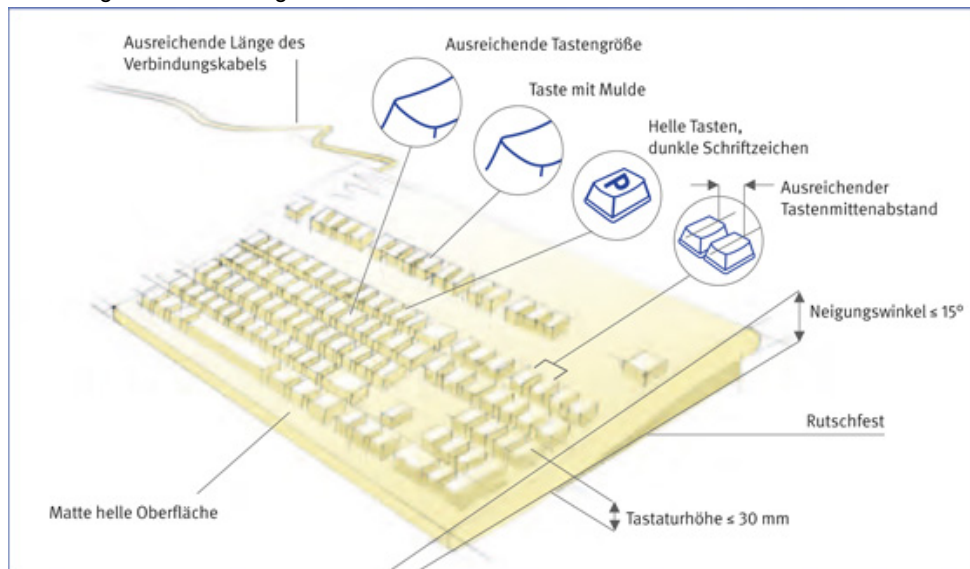
9. Form und Anschlag der Tasten müssen eine ergonomische Bedienung der Tastatur ermöglichen. Die Beschriftung der Tasten muss sich vom Untergrund deutlich abheben und bei normaler Arbeitshaltung lesbar sein.

Eine ergonomische Bedienung der Tastatur ist gegeben, wenn eine sichere Rückmeldung der Tastenbetätigung für den Benutzer sowie ein schnelles Auffinden der jeweiligen Taste und eine gute Fingerführung gewährleistet sind (Abbildung 24).

Dies erfordert:

- Konkave Tastenflächen mit Kantenlängen oder Durchmessern von 12 mm bis 15 mm und Tastenmittenabstände von 19 mm
- Bei alphanumerischen Tastaturen eine deutliche Trennung des Buchstabenbereiches vom numerischen Bereich
- Einheitliche Anordnung von Zeichentasten des alphanumerischen Bereiches und des numerischen Bereiches sowie der Belegung der Tasten mit Schriftzeichen
- Deutliche Abhebung der übrigen Tasten von Funktionstasten und Funktionsblöcken - zum Beispiel durch Farbe, Form, Abstand, Lage
- Begrenzung der Mehrfachbelegungen einzelner Tasten
- Sichere Rückmeldung der Tastenbetätigung mit einem Tastenweg von 2 mm bis 4 mm und einem deutlich wahrnehmbaren Druckpunkt sowie einer Tastendruckkraft in der Größenordnung von 0,5 N bis 0,8 N

Abbildung 24: Anforderungen an Tastaturen



Eine deutliche und gut lesbare Tastaturbeschriftung ist gegeben, wenn

- dunkle Schriftzeichen auf hellem Untergrund mit einem Kontrast von mindestens 3:1 vorhanden sind,
- die Schriftgröße der Zeichen mindestens 2,9 mm, besser 3,2 mm beträgt und
- eine ausreichende Abriebfestigkeit der Zeichen unter Berücksichtigung der betrieblichen Einsatzbedingungen gewährleistet ist.

## Weitere Literatur

- DIN Normenreihe 2137 "Tastaturen für die Daten- und Texteingabe"
- DIN EN ISO 9241-4 "Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten - Teil 4: Anforderungen an die Tastatur"
- DIN EN ISO 9241-410 "Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 410: Gestaltungskriterien für physikalische Eingabegeräte"

### 7.2.3

#### Maus

Die Maus sollte so gestaltet sein, dass

- ihre Tasten in normaler Körper- und Handhaltung betätigt werden können, ohne dass die Maus dabei unbeabsichtigt ihre Position ändert,
- sie der Handgröße des Benutzers angepasst ist,
- Schaltelemente leicht und sicher bedient werden können; dazu gehören auch eine entsprechende Rückmeldung und eine Tastendruckkraft in der Größenordnung von 0,5 N bis 0,8 N,
- sie mit jeder Hand bedienbar ist, andernfalls sollten Mäuse für Rechts- und Linkshänder zur Verfügung stehen.

Für die Maus mit Rollkugel muss eine geeignete, rutschfeste Unterlage - zum Beispiel Mousepad - mit geringer Höhe und ausreichender Größe zur Verfügung stehen. Für eine optische Maus muss eine ausreichend große Bewegungsfläche vorhanden sein, auch hier ist ein Mousepad nützlich, um den "Auslauf" der Maus zu begrenzen beziehungsweise um die störungsfreie Funktion der Maus zu gewährleisten.

Zusammen mit der entsprechenden Maus-Software (Maustreiber) muss sichergestellt sein, dass die Bewegungsrichtung der Maus und die zugehörige Bewegung des Zeigers auf dem Bildschirm miteinander korrespondieren und der Erwartung des Benutzers entsprechen - zum Beispiel Maus in Richtung Bildschirm, Mauszeiger nach oben.

## Weitere Literatur

- DIN EN ISO 9241-410 "Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 410: Gestaltungskriterien für physikalische Eingabegeräte"

---

## Fußnoten

- <sup>5</sup> Bei LCD-Bildschirmen kann dieser Wert unterschritten werden, wenn die Blicklinie stark von der Senkrechten auf die Bildschirmoberfläche abweicht.
- <sup>6</sup> Adaptation ist die Anpassung des Auges an die Helligkeit (Leuchtdichte) im Gesichtsfeld.
- <sup>7</sup> Ein Bildelement (Pixel) ist das kleinste ansteuerbare Element zur Darstellung von Zeichen, Grafiken oder Bildern auf dem Bildschirm. Ein Pixel besteht in der Regel aus drei Subpixeln in den Grundfarben Rot, Grün und Blau.
- <sup>8</sup> Eine Bogenminute entspricht einem Winkel von 1/60 Grad.
- <sup>9</sup> Konvergenz ist die deckungsgleiche Überlagerung mehrerer Farben (in der Regel Rot, Grün, Blau) innerhalb eines Bildelementes. Eine vollständige Konvergenz kann bei Farbbildschirmen aus technischen Gründen zurzeit nicht erreicht werden. Daraus resultieren Konvergenzfehler, die sich dann störend auswirken, wenn Bildelemente mit farbigen Rändern bei normaler Sehentfernung deutlich wahrgenommen werden.
- <sup>10</sup> Bildschirme dieses Typs können in jeder Büroumgebung eingesetzt werden.
- <sup>11</sup> Bei diesen Bildschirmen ist bei nicht idealen Beleuchtungsbedingungen oder fensternaher Aufstellung der Geräte eventuell mit störenden Reflexionen auf dem Bildschirm zu rechnen.
- <sup>12</sup> Bei diesen Bildschirmen sind Störungen durch Reflexionen in der Regel so stark, dass diese Geräte für Büroarbeit in normalen Büroumgebungen nicht infrage kommen. Diese Störungen lassen sich nur durch eine vollständig diffuse Beleuchtung, die technisch kaum realisierbar ist, vermeiden, wenn man gleichzeitig verhindert, dass sich helle Flächen (Wände, Fenster) im Bildschirm spiegeln können.