

# Pixelalat – von Bildschirm- auflösungen, Zeichengrößen und Lesbarkeit

**Für eine Umstellung auf Flachbildschirme sprechen viele, vor allem ergonomische Gründe: Das Bild ist scharf und angenehm flimmerfrei, auch Lichtreflexe stören nicht mehr so leicht. Dennoch gilt es Einiges zu bedenken. Probleme kann es beispielsweise machen, wenn sich ältere Unternehmens-Software nicht auf die heute üblichen Bildschirmauflösungen umstellen lässt.**

**U**NTERNEHMENS-SOFTWARE – oft für spezielle Dateneingaben und Datenverwaltungen gemacht und meist mit festen ›Masken‹ [⇨] realisiert – wurden oder werden seit langer Zeit mit so genannten ›Röhrenbildschirmen‹ (CRT [⇨]) benutzt. Diese Monitore verfügen typischerweise über eine Anzeigefläche aus 800 x 600 oder 1024 x 768 Bildschirmpunkten (Pixeln [⇨]). Wobei es meist möglich ist, die Auflösung [⇨] zu reduzieren (die Darstellung auf dem Bildschirm also zu vergrößern), zum Beispiel wenn dies für eine ältere Software nötig oder ergonomisch günstiger ist.

Bei Flachbildschirmen hingegen ist eine solche Umstellung in der Regel nicht zu empfehlen, weil die Lesbarkeit der dargestellten Zeichen (also der Buchstaben, Zahlen, Sonderzeichen, Symbole usw.) erheblich darunter leidet. Bei der Entscheidung für oder gegen einen bestimmten Bildschirm (mit einer bestimmten Größe und Auflösung) muss also auch der Zusammenhang zwischen Bildschirmtyp, Bildschirmgröße, Bildschirmauflösung und einzusetzender Software bedacht werden.

Um diesen Zusammenhang genauer verstehen zu können, müssen wir zunächst einen Blick darauf werfen,

nach welchen technischen Prinzipien die Zeichendarstellung in einem Rechner im Allgemeinen abläuft und welche Unterschiede es dabei zwischen den beiden genannten Monitortypen (Röhren- und Flachbildschirm) gibt.

## Darstellung von Bildschirmzeichen

IM COMPUTER WERDEN Zeichen zunächst durch spezielle interne Schlüsselziffern bezeichnet und zwar entweder durch den ASCII-Code [⇨] oder den (umfangreicheren) Unicode [⇨]. Diese Codes sorgen dafür, dass Texte digital [⇨] übertragen und im Empfängergerät wieder in ›richtige‹ Buchstaben, Zahlen und andere Zeichen umgesetzt werden können.

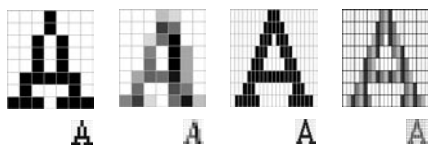
Für die Darstellung der Zeichen stehen in einem PC verschiedene Schriftarten (Fonts) zur Verfügung, die sich zu einem großen Teil an dem gewünschten Druckergebnis orientieren und eher selten für die Bildschirmdarstellung optimiert sind (siehe: ›Bildschirmschriften ergonomisch‹ in CF 3/00 ab Seite 27). In jedem Fall aber muss sich die Darstellung der einzelnen Zeichen auf dem Monitor immer nach dem aus den einzelnen Bildschirmpunkten bestehenden Rasternetz, der so genannten ›Pixelmatrix‹ [⇨], rich-

ten. Dafür kann die jeweilige Schrift im Computer schon als Pixelbild (= Bitmap) gespeichert sein oder es ist lediglich der Umriss eines Buchstabens/Zeichens festgehalten (z.B. bei ›TrueType‹-Schriften), aus dem dann von Fall zu Fall die Pixeldarstellung in der gewünschten Größe errechnet wird.

Bitmap-Schriften, die mit fester Pixelanordnung gespeichert sind, sind in der Regel für die Bildschirmdarstellung optimiert und damit vor allem in kleinen Größen (6, 7, 8, 9 Punkt) relativ gut lesbar. Dies gilt allerdings nur, so lange sie nicht für eine ›unpassende‹ Bildschirmauflösung umgerechnet werden müssen!

Außerdem kommt es bei größerer Schrift leicht zu unschönen ›Treppeneffekten‹. Und bei Schriftgrößen, die nicht von vornherein vorgesehen (also als fertiges Pixelbild gespeichert) sind – so etwa bei großen Schriften oder ›Zwischengrößen‹ –, kann die nötige Umrechnung zu vollkommen unakzeptablen Ergebnissen führen: Buchstaben werden verstümmelt, klumpen zusammen, das Schriftbild wird ›fleckig‹ und unleserlich.

›TrueType‹-Zeichen dagegen lassen sich eher ohne solche Fehler modifizieren (z.B. zu kursiv/italic oder fett/bold) oder skalieren (vergrößern/verkleinern).



Darstellung von Buchstaben und Zeichen in einer Pixelmatrix: Links eine niedrig aufgelöste Darstellung, daneben die Darstellung eines Zeichens, bei dem durch Umsetzung in verschiedene Graustufen versucht wurde, die Kanten zu glätten (also den unschönen Treppeneffekt zu vermeiden) – die geringe Vergrößerung darunter zeigt, dass das besser gelingt als man bei der großen Darstellung vermuten sollte. An dritter Stelle sieht man den Aufbau eines Buchstabens bei einer Verdreifachung der horizontalen Pixelanzahl (wie sie bei Farb-LCD-Bildschirmen üblich und nötig ist). Die Darstellung ganz rechts zeigt, wie sich die drei Bildschirmfarben Grün, Blau und Rot auf diese Pixel verteilen (hier durch Graustufen angedeutet).

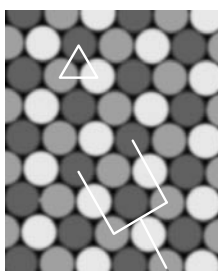
Eine noch detailgetreuere Buchstabendarstellung lässt sich erreichen, wenn die einzelnen kleinen Farbpixel entweder heller (mehr am Rand) oder dunkler (mehr in der Mitte) gehalten werden – eine Technik, die sich »ClearType« nennt.

Eine andere und wirksamere Möglichkeit der detailgetreuere Zeichendarstellung und damit verbundenen besseren Erkennbarkeit der Zeichen wäre natürlich eine noch deutlich feinere Pixelmatrix als heute üblich (was die Flachbildschirme allerdings deutlich verteuern würde).

### Zeichendarstellung auf CRT-Monitoren

IN DER KATHODENSTRAHLRÖHRE eines CRT-Monitors werden die einzelnen Pixel mehr oder weniger stark zum

Leuchten gebracht, indem die mit Phosphor beschichtete Innenseite der Frontscheibe mit Elektronen »beschossen« wird. Durch die Verwendung von drei unterschiedlichen Phosphor-Typen (rot, grün und blau leuchtend) ist es möglich, dabei auch beliebige Farben zu erzeugen. Jeder Bildschirmpunkt setzt sich deshalb aus drei »Unterpunkten« (Subpixeln) zusammen. Wenn alle diese drei Teilpixel mit voller Intensität leuchten, dann erscheint dieser Bildschirmpunkt unserem Auge als weiß. Je nachdem wie stark die einzelnen farbigen Teilpixel dann in ihrer Leuchtintensität herabgesetzt werden, mischen sie sich in unserem Auge zu einer Farbe (Beispiel: 100 % Rot und 50 % Blau = Orange; 50 % Rot, 33 % Grün und 33 % Blau = Dunkelbraun).

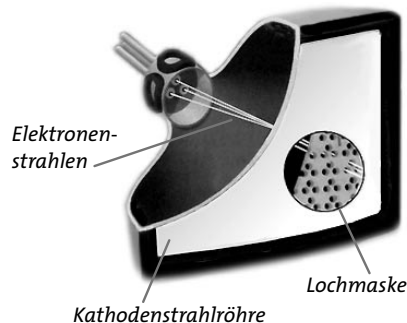


Pixelrastermaß

Bei der links gezeigten Röhrenbildschirmoberfläche sind die drei farbigen Teilpixel (rot, grün, blau) im Dreieck angeordnet. Der Abstand zwischen der Mitte der Teilpixel gleicher Farbe ist das so genannte Rastermaß, das bei modernen Farbbildröhren zwischen 0,24 mm und 0,26 mm liegt.

Das Bildschirmbild entsteht nun dadurch, dass die drei jeweils für einen Teilpixel-Typ (rot, grün, blau) »zuständigen« Elektronenstrahlen die entsprechenden Phosphorteilchen auf der Bildschirminnenseite »erleuchten« – immer einen Punkt nach dem anderen. So bestreichen die Elektronenstrahlen immer wieder

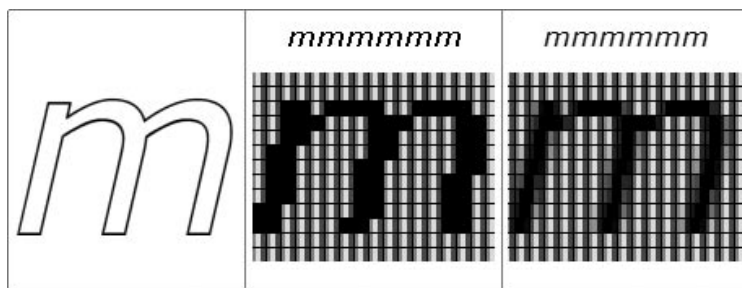
die ganze Bildschirmfläche – und das etwa 75-mal in der Sekunde. Die Trägheit unseres Auges sorgt nun dafür, dass wir dies normalerweise nicht wahrnehmen können, sondern ein scheinbar festes Bild sehen. Dennoch lässt zwangsläufig die Leuchtintensität eines jeden Bildschirmpixels immer wieder nach und wird erst beim nächsten Durchgang aufgefrischt.



Damit der Elektronenstrahl eine genau definierte Bahn zu den farbigen Phosphorteilchen nimmt und nur an den vorgesehenen Stellen auftreffen kann, ist in geringem Abstand zur Phosphorschicht eine Lochmaske angebracht.

Dieses Auf- und Abschwellen der Leuchtintensität führt dazu, dass die einzelnen Bildschirmpunkte eines Röhrenbildschirms stets einen leicht unscharfen Rand haben – der Übergang zwischen ihnen ist also etwas fließend. Letztlich ist es dieser Effekt, der es auch möglich macht, über eine entsprechend veränderte Steuerung des Elektronenstrahls von der höchstmöglichen (feinsten) Auflösung ausgehend, die Bildschirmauflösung zu verringern (vergrößern) und zwar meist ohne störende Nebeneffekte bei der Zeichendarstellung.

### Zeichendarstellung auf LCD-Monitoren

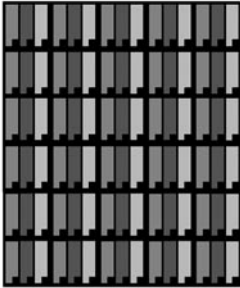


Links wird der Umriss des Buchstabens »m« in der schräg gestellten (kursiv/italic) Form gezeigt, die besonders schwer ohne Treppeneffekte umzusetzen ist. In der Mitte ist die vergrößerte Darstellung dieses Buchstabens ohne Kantenglättung zu sehen, mit auch in der Originalgröße deutlich sichtbaren Treppenstufen, und schließlich rechts die vergrößerte Darstellung mit Kantenglättung durch Graufärbung der Randpixel ...

AUCH BEI FLACHBILDSCHIRMEN (heute immer in LCD-Technik ☞) entstehen alle Zeichen, Grafiken und sonstigen Bildelemente aus einzelnen, unterschiedlich hellen und »gefärbten« Bildschirmpunkten. Jedes dieser Pixel besteht ebenso wie beim Röhrenmonitor aus drei Teilpixeln – immer eines für jede der drei Grundfarben (Rot, Grün, Blau).



Der entscheidende Unterschied zum Röhrenmonitor liegt darin, dass bei Flachbildschirmen die Bildschirmpunkte exakte Grenzen aufweisen. Jedes Teilpixel wird also komplett und randscharf mit einer bestimmten Leuchtintensität eingeschaltet, ausgeschaltet oder verändert. Fließende Übergänge, wie beim Röhrenmonitor gibt es hier nicht. Das führt dazu, dass Flachbildschirme grundsätzlich ein schärferes Bild liefern.



Anordnung der Subpixel (Teilpixel) bei einem Bildschirm mit TFT-LCD [=> (Darstellung nicht maßstabsgetreu): Die schwarzen Ecken in den Teilbildelementen sind die lichtundurchlässig abgedeckten Transistoren, die zum Schalten der einzelnen Subpixel verwendet werden. Das Pixel-Rastermaß liegt typischerweise im Bereich zwischen 0,264 mm und 0,298 mm. Die nicht ansteuerbaren Flächen zwischen Pixeln und Subpixeln (hier vergrößert dargestellt) sind mit einer schwarzen Maske lichtundurchlässig abgedeckt, um den Bildschirm komplett schwarz machen zu können.

Ein Problem kann es aber geben, wenn der alte wuchtige Röhrenmonitor mit seiner maximalen Pixelmatrix von 800 x 600 Punkten durch einen entsprechenden Flachbildschirm (LCD-Monitor) zum Beispiel mit 17-Zoll-Diagonale und einer Pixelmatrix von 1024 x 768 ersetzt werden soll.

Wird nur aktuelle Standard-Software (›Office‹-Produkte u. ä.) eingesetzt, sollte es keine Umstellungsschwierigkeiten geben. Bei spezieller, manchmal vor langer Zeit entwickelter Unternehmens-Software kann das allerdings ganz anders aussehen. Da solche oft selbstentwickelten Programmen die Anpassung an eine größere Pixelmatrix (z.B. von 800 x 600 auf 1024 x 768) in der Regel nicht erlauben, gibt es bei der Umstellung auf einen Flachbildschirm mit höherer Auflösung eigentlich nur zwei Möglichkeiten:

- ▶ entweder erscheinen die von der alten Software nicht benutzten Pixel als breiter schwarzer Rand auf dem Bildschirm oder
- ▶ die Darstellung der von der Software genutzten kleineren Pixelmatrix wird auf die neue, feinere Pixelmatrix umgerechnet.

Bei dieser ›Vergrößerung‹ müssen dann die von der Software ›gelieferten‹ Bildschirmpunkte irgendwie in die neue Pixelmatrix ›eingepasst‹ werden. Dabei muss (bei einer Vergrößerung von 800 x 600 auf 1024 x 768) jeweils ein ›alter Bildschirmpunkt auf 1,28 ›neue‹ Pixel ›gestreckt‹ werden – was im Grunde aber nicht geht, weil bei einem Flachbildschirm die vorgegebene Pixelgröße mit klaren Grenzen praktisch unveränderbar ist.

Gehen wir von einer schwarz-weißen Textdarstellung aus, dann bedeutet dies Folgendes: Immer wenn rechnerisch die Hälfte eines Pixels oder mehr schwarz sein müsste, um einen Buchstaben korrekt darzustellen, wird das komplette Pixel auf Schwarz geschaltet. Bei einer zu errechnenden Vergrößerung des einzelnen Pixels um den Faktor 1,28 führt diese Rundung auf ganzzahlige Pixel dazu, dass ein ›altes‹ Pixel auf ein ›neues‹ Pixel abgebildet wird, zwei ›alte‹ Pixel belegen aber bereits drei ›neue‹ ( $2 \times 1,28 = 2,56$

macht aufgerundet 3 Pixel) und so weiter und so fort. Dabei entstehen je nach verwendeter Technik seltsame Effekte (Schatten, unterschiedliche Strichstärken), die die zu zeigenden Zeichen je nach Größe bis zur Unerkennlichkeit einstellen können – siehe die Abbildungen unten und auf der Seite 7 oben.

Die Schlussfolgerung muss also lauten:

**LCD-Monitore dürfen immer nur mit ihrer konstruktiv vorgegebenen Auflösung betrieben werden!**

Wenn aber nun eine alte Software mit unveränderbarer Pixelmatrix weiterhin benutzt werden muss, ist man in der Zwickmühle: Entweder werden die von der alten Software gelieferten Zeichen hochgerechnet und damit höchstwahrscheinlich unleserlich oder es gibt einen störenden ›Trauerrand‹ um den Bildschirm herum. Und wenn es ganz schlimm kommt, dann wird die Schrift der alten Software zusätzlich auch noch unzumutbar verkleinert (dann nämlich wenn der neue Bildschirm bei hoher Pixelzahl relativ klein ist) ...

Es kommt also nicht nur darauf an, dass die Schrift zur Bildschirmauflösung ›passt‹, sondern auch die tatsächliche Zeichengröße spielt eine entscheidende Rolle.



Darstellung von Zeichen unterschiedlicher Größe in der ›passenden‹ Pixelmatrix eines LCD-Bildschirms (links) und um den Faktor 1,28 hochgerechnet (rechts), was einer Vergrößerung von 800 x 600 auf 1024 x 768 Pixel entspricht. Durch die Hochrechnung ergeben sich Effekte, die die Zeichen in ihrem Aussehen stark verändern und die Erkennbarkeit oft drastisch verschlechtern.



Generell ist die Darstellung von Buchstaben in der festen Pixelmatrix eines LCD-Monitors nicht ohne Probleme, wie die hier gezeigten Fotografien einer LCD-Bildschirmoberfläche zeigen. Die Buchstabenfolge ›aegnmopuvwmH‹ (Schriftart Arial) wird erst ab einer Größe von 7 Punkten (rechts oben) nicht mehr verstümmelt dargestellt – erst damit ist also eine Mindesterkennbarkeit gegeben. An der Darstellung des ›M‹ zeigt sich jedoch, warum die ISO 13406-2-Norm eine Mindest-schrifthöhe von 9 Punkt verlangt (Pixelmatrix 7 x 9).

### Sehschärfe, Schärfentiefe, Wahrnehmung

DAS MASS FÜR DAS, was die Netzhaut des menschlichen Auges an Einzelheiten noch trennscharf wahrnehmen kann, ist die Sehschärfe (der ›Visus‹). Die Sehschärfe ist definiert als »der Kehrwert des Seh winkels (angegeben in Bogenminuten), unter dem zwei benachbarte Details noch voneinander unterschieden werden« können. In einer Formel ausgedrückt, wird es verständlicher:

$$\text{Sehschärfe} = \frac{1}{\text{Sehwinkel [in Bogenmin.]}}$$

Mit einer Sehschärfe von 100 Prozent (Sehschärfe = 1,0) können zwei 1,5 mm voneinander entfernte Punkte oder Linien noch auf 5 Meter Sehentfernung voneinander unterschieden werden.

Wenn dies auch noch bei einem Objekt abstand von 0,75 mm möglich ist, dann liegt eine Sehschärfe von 200 Prozent vor (Sehschärfe = 2,0). Können die Objekte aus 5 Meter Entfernung aber erst bei einem Abstand von 3 mm einzeln wahrgenommen werden, beträgt die Sehschärfe nur 50 Prozent (Sehschärfe = 0,5). Ermittelt werden diese Werte bei genau definierten Beleuchtungsverhältnissen anhand so genannter Landoldt-Ringe oder anhand von Buchstaben und Zahlen.

Dabei ist die Sehschärfe natürlich von der Beleuchtungsstärke abhängig und

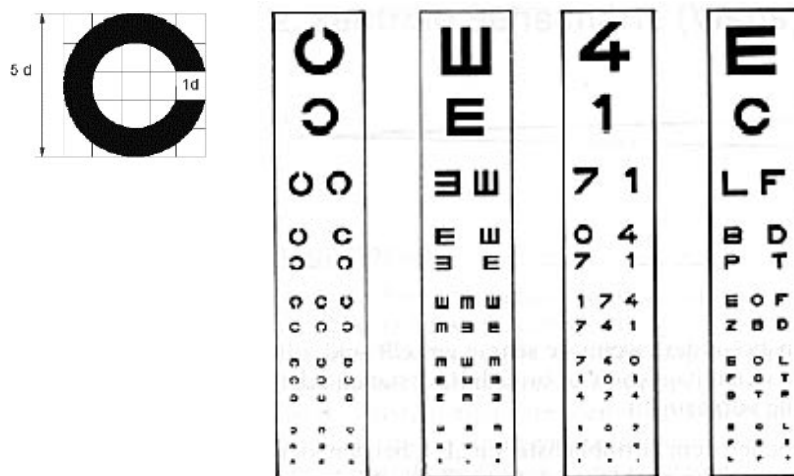
sie steigt mit der Zunahme der Beleuchtungsstärke linear an bis etwa zu einer Obergrenze von 1000 Lux. Ebenfalls ist festzustellen, dass es altersbedingt zu deutlichen Verschlechterungen der Sehschärfe kommt. Der natürliche Verlust an Sehschärfe beträgt bei 40-Jährigen im Durchschnitt 10 Prozent und bei 60-Jährigen 30 Prozent – jeweils im Vergleich zu 20-Jährigen.

Ein weiterer Faktor ist die Schärfentiefe. Gemeint ist der scharf gesehene

dem Auge befinden, sondern auch die Objekte, die innerhalb eines Bereichs von 10 cm vor oder hinter einem Objekt liegen. Zu beachten ist allerdings, dass im Nahbereich die Schärfentiefe nicht genau symmetrisch um das anvisierte Objekt verteilt ist. Der tatsächlich scharf gesehene Bereich liegt bei unserem Beispiel deshalb eher zwischen 43 und 63 cm. Alle Objekte, die sich noch näher beim Auge befinden, können weniger gut oder auch überhaupt nicht scharf gesehen werden.

Dies deutet schon darauf hin, dass der Schärfentiefebereich mit dem Sehabstand überproportional zunimmt. Das heißt: Bei einem Sehabstand von etwa 1 Meter ergibt sich bereits eine Schärfentiefe von etwa 40 cm. Ein größerer Sehabstand sorgt also für angenehmeres dreidimensionales Sehen – dies vor allem auch deshalb, weil bei einem größeren Tiefenschärfebereich der Anpassungsaufwand des Sehapparats für das ›Scharfstellen‹ (die Akkomodation) eines Sehobjekts verringert wird. Die geringste Belastung (= Akkomodationsruhelage) ist zwar individuell, liegt aber eher bei 1 bis 2 Metern als bei 50 cm ...

Konkret heißt das: Werden bei der Gestaltung von Bildschirm-Arbeitsplät-



Verschiedene Sehtest-Tafeln (von links: Landoldt-Ringe, Snellen-Haken, Zahlen und Buchstaben)

Bereich vor und hinter einem anvisierten Objekt. So ergibt sich bei einem Sehabstand von 50 cm (der übliche Sehabstand zu einem Computermonitor) ein Schärfentiefebereich von etwa 10 cm. Das bedeutet, dass nicht nur solche Objekte scharf gesehen werden können, die sich exakt in einer Entfernung von 50 cm vor

zen oder auch von Cockpits (in Automobilen oder Flugzeugen) größere Sehentfernungen gewählt, dann wirkt sich das günstig auf die Seh- und Arbeitsbedingungen aus (siehe: ›Der Bildschirm



## Computerbildschirme (CRT und LCD)

	CRT-Technik		LCD-Technik	
Diagonale	15"	800 x 600 (max)	13"	800 x 600 (fest)
	17"	1024 x 768 (max)	15"	1024 x 768 (fest)
	19"	1280 x 1024 (max)	17"	1280 x 1024 (fest)
	21"	1600 x 1200 (max)	19"	1280 x 1024 (fest)
	23"	1600 x 1200 (max)	21"	1600 x 1200 (fest)
Pixelrastermaß	0,24 mm bis 0,26 mm		0,264 mm bis 0,298 mm	

Bezüglich der sichtbaren Anzeigefläche entspricht einem Röhrenmonitor (CRT) mit einer Diagonale von x Zoll ein Flachbildschirm (LCD) mit einer um 2 Zoll geringeren Bildschirmdiagonale. Dies ist der Fall, weil bei der Bildschirmröhre die äußere Abmessung des Glaskolbens, beim Flachbildschirm aber die aktive Anzeigenfläche angegeben wird.

– ziemlich tief und weit weg? (in cf 12/99 ab Seite 7). Insbesondere für ältere Beschäftigte gilt deshalb die Regel, dass der Bildschirm möglichst in einer Entfernung zwischen 80 cm und 1 Meter aufgestellt sein sollte – vorausgesetzt natürlich, dass dabei ein größerer Bildschirm mit entsprechend größerer Schriftdarstellung zum Einsatz kommt (mehr dazu später).

Noch einmal zurück zur Beleuchtung: Auch wenn eine Erhöhung der Beleuchtungsstärke über 1000 Lux hinaus kaum noch zu einer Zunahme der Sehschärfe führt, ist der positive Einfluss größerer Helligkeit auf die Schärfen- und Wahrnehmungstiefe gerade für ältere Beschäftigte kaum zu überschätzen. Das Anheben der Beleuchtungsstärke am Arbeitsplatz führt auf dem Weg der Verringerung des Pupillendurchmessers zu einer Erhöhung der Schärfen- und Wahrnehmungstiefe, so dass auf diese Weise insbesondere ältere Beschäftigte die zurückgehenden Leistungen ihres Sehapparats beim ›Scharfstellen‹ zumindest teilweise ausgleichen können (siehe: ›Die Quadratur des (Licht-)Kreises‹ in cf 2/05 ab Seite 4; in Vorbereitung ist ein Grundlagenartikel zur Beleuchtung an Bildschirmarbeitsplätzen).

Bei fast allen Arbeiten mit hohen Sehanforderungen kommt auch dem möglichst schnellen Erkennen der dargestellten Informationen eine hohe Bedeutung zu (siehe: ›Probleme mit dem bezahlten Sehen‹ in cf 4/96 ab Seite 18

und cf 5/96 ab Seite 22). In kritischen Situationen kann der Faktor ›Zeit‹ sogar entscheidend sein. Dabei ist die Wahrnehmungsgeschwindigkeit sowohl von der Helligkeit (›Gesichtsfeldleuchtdichte‹) als auch von der Detailgröße der Sehobjekte abhängig.

Während eine Verdoppelung der Helligkeit allerdings nur zu unbedeutenden Verkürzungen der Wahrnehmungszeiten führt, vermag eine Vergrößerung der Sehobjekte die Wahrnehmungszeit sogar um ein Vielfaches zu reduzieren. So ist eine kontrastreiche Preisetikettierung oder Bildschirmanzeige mit ›großen‹ Zeichen für die Arbeit an einem Kassenarbeitsplatz sehr viel vorteilhafter als eine gut gemeinte Erhöhung der Beleuchtungsstärke, die unter Umständen sogar nachteilige Folgen hat, weil sie zu Lasten des Kontrasts auf elektronischen Anzeigen geht und oft auch zu Blendungen an benachbarten Arbeitsplätzen führen kann.

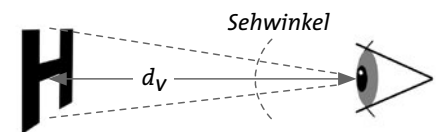
### Definition von Zeichenhöhe und Sehwinkel

WIE BEREITS DARGELEGT, ist die Zeichenhöhe ein wesentlicher Faktor für die Erkennbarkeit der auf einem Bildschirm dargestellten Zeichen. Dabei ist nicht die messbare Zeichenhöhe (z.B. 3 mm) die entscheidende Größe, sondern der Sehwinkel (siehe Abbildung oben rechts), weil nur so auch der Faktor Sehentfernung mit berücksichtigt wird. Anders ausgedrückt: Mit dem Zunehmen der

Sehentfernung nimmt der Sehwinkel zur Erfassung des Buchstabens ›H‹ ab, der Buchstabe erscheint kleiner. Um bei größer werdendem Objektstand den gleichen Sehwinkel zu erhalten, muss also die absolute Zeichengröße (in mm) entsprechend zunehmen.

Das klingt selbstverständlich, in der Praxis der Bildschirmarbeitsplatzgestaltung spielt diese triviale Erkenntnis aber so gut wie keine Rolle.

Nach der Norm ISO 9241-3 (Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten / Teil 3: Anforderungen an visuelle Anzeigen) muss die Zeichenhöhe mindestens 16 Bogenminuten betragen (= absolutes Minimum für Erkennbarkeit) und soll – wenn es auf gute Erkennbarkeit ankommt (z.B. bei Büroarbeit, insbesondere bei lang andauernder Arbeit am Bildschirm) – bei den üblichen Buchstaben und Zeichen sogar zwischen 20 und 22 Bogenminuten liegen.



Sehwinkel am Beispiel des Großbuchstabens ›H‹ bei einem Sehabstand  $d_v$ .

Die folgende vereinfachte Formel kann dazu dienen, die notwendige Zeichenhöhe (= 20 Bogenminuten Sehwinkel) in Abhängigkeit vom Sehabstand schnell zu berechnen:

$$\text{Zeichenhöhe in mm} = \frac{\text{Sehabstand (in mm)}}{172}$$

Bei 50 cm Sehabstand und einem üblichen Pixelraster von 0,27 mm sollte also zum Beispiel die Schriftart ›Arial‹ auf die Größe von 11 Punkt (= 2,91 mm) angehoßen werden. Bei einem Sehabstand von 80 cm sollte die Zeichengröße bereits bei (mindestens) 4,65 mm liegen.

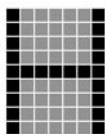
### Gute Erkennbarkeit der Zeichen

FÜR DIE GUTE ERKENNBARKEIT insbesondere von kleinen Buchstaben (e, o, p, q usw.) ist auch der ›innere‹ Kontrast wichtig. Beispiel: Der Innenraum des Buchstabens

›e‹ muss einen deutlichen Kontrast zum Buchstaben selber aufweisen, damit das ›e‹ nicht beispielsweise mit einem ›o‹ verwechselt werden kann.

Gerade bei Röhrenbildschirmen mit ihrer prinzipiell etwas ›verschwommenen‹ Zeichendarstellung (siehe oben) kann es hier Schwächen geben, weil die inneren hellen Bereiche gegenüber den außerhalb des Zeichens liegenden hellen Bereichen etwas dunkler, gleichzeitig aber die inneren dunklen Bereiche (= Querstrich beim ›e‹) etwas heller sind. Wie stark dieses Phänomen ins Gewicht fällt und die Erkennbarkeit spürbar beeinträchtigt, hängt natürlich auch wieder von der Zeichengröße (Anzahl der Pixel) aber auch von der Form des Buchstabens ab. So ist bei etwas breiter angelegten Buchstaben der Innenraum entsprechend größer und deshalb auch kontrastreicher.

und selbst bei einem Pixelrastermaß von 0,24 mm kann keine 7 x 9-Pixelmatrix realisiert werden (1,86 mm / 0,24 mm = 7,75).



7 x 9-Matrix mit der Darstellung des Buchstabens ›H‹ nach ISO 9241-3 und ISO 13406-2 ...

Bei einem Flachbildschirm ist (ebenefalls prinziptsbedingt) der Detailkontrast immer um einiges höher, was auch für den Buchstabeninnenraum gilt. Das ›gestochen scharfe‹ Erscheinungsbild und die allgemein gute Erkennbarkeit von Schrift bei Flachbildschirmen ist deshalb auch einer der großen Vorteile dieser Technik.

Um eine gute Erkennbarkeit der dargestellten Zeichen bei der Büroarbeit mit

- ▶ Das Verhältnis von der Breite zur Höhe eines Zeichens soll (Beispiel Buchstaben ›H‹) zwischen 6:10 und 9:10 liegen.
- ▶ Der ›Füllfaktor‹ der Anzeige soll größer als 30 % sein (der Füllfaktor ist das Verhältnis von heller zu schwarzer Fläche bei der Darstellung eines Buchstabens (siehe Abbildung unten) – bei modernen Monitoren ist das kein Problem mehr.
- ▶ Der Detailkontrast muss bei Röhrenbildschirmen mindestens 3:1 betragen.
- ▶ Die Zeichenhöhe soll insbesondere bei lang andauernder Arbeit am Bildschirm zwischen 20 und 22 Bogenminuten liegen (das sind beispielsweise 3,5 mm bei einem Sehabstand von 60 cm).
- ▶ Der Sehabstand muss bei Büroarbeit mindestens 500 mm betragen.

Es sollte in der Praxis ebenfalls darauf geachtet werden, dass Schrifttypen (Fonts) zum Einsatz kommen, die für die Darstellung auf dem Bildschirm optimiert sind (z.B. Verdana) oder für Bildschirm und Druck (Arial, Times New Roman). Auch der Zeilenabstand ist für gute Lesbarkeit auf dem Bildschirm noch wichtiger als auf dem Papier. Wann immer es möglich ist, sollte zumindest während der Bildschirm-Bearbeitungsphase der Zeilenabstand auf 1,5 eingestellt werden.

Nicht jede **Schriftart** ist auf dem *Bildschirm* gut zu lesen! (12-Verdana)

Nicht jede **Schriftart** ist auf dem *Bildschirm* gut zu lesen! (12-Arial)

Nicht jede **Schriftart** ist auf dem *Bildschirm* gut zu lesen! (12-Times)

Nicht jede **Schriftart** ist auf dem *Bildschirm* gut zu lesen! (12-Futura)

Nicht jede **Schriftart** ist auf dem *Bildschirm* gut zu lesen! (12-Optima)

*Die verschiedenen Schriften sind nicht nur unterschiedlich gut auf die Bildschirmdarstellung hin optimiert, sondern sie wirken auch trotz gleicher Punktzahl unterschiedlich groß. Deutlich wird auch, dass die ›Verdana‹ (ganz oben) aufgrund ihrer relativen Breite und damit auch ihrer großen Innenräume besonders gut lesbar ist.*

Nicht jede **Schriftart** ist auf dem *Bildschirm* gut zu lesen! Nicht jede **Schriftart** ist auf dem *Bildschirm* gut zu lesen! Nicht jede **Schriftart** ist auf dem *Bildschirm* gut zu lesen! Nicht jede **Schriftart** ist auf dem *Bildschirm* gut zu lesen! (Times)

Nicht jede **Schriftart** ist auf dem *Bildschirm* gut zu lesen! Nicht jede **Schriftart** ist auf dem *Bildschirm* gut zu lesen! Nicht jede **Schriftart** ist auf dem *Bildschirm* gut zu lesen! Nicht jede **Schriftart** ist auf dem *Bildschirm* gut zu lesen! (Times)

*Der direkte Vergleich zwischen 1-zeiligem und 1½-zeiligem Absatzformat zeigt deutlich, dass nicht nur die Schriftform und Schriftgröße über die Lesbarkeit bestimmen, sondern auch der Zeilenabstand. Zumindest bei längeren Texten sollte man deshalb für das Schreiben zunächst die für die Lesbarkeit optimale Einstellung wählen (z.B. Verdana 11 pt, 1½-zeilig) und erst den fertigen Text dann auf die für den Druck gewünschte Schrift umstellen ...*

Bei kleinerer Bildschirmschrift verhält es sich selbstverständlich umgekehrt: Bei einem Sehabstand von 400 mm und einem Sehwinkel von 16 Bogenminuten (also bei einer Zeichenhöhe von 1,86 mm) wird auch bei modernen Röhrenmonitoren kein innerer Kontrast von 3:1 erreicht

Computermonitoren zu gewährleisten, machen ISO 9241-3 und ISO 13406-2 folgende Vorgaben:

- ▶ Die Matrix, innerhalb der die Buchstaben und Zeichen realisiert werden, muss aus mindestens 7 x 9 Bildelementen (am Beispiel des Buchstabens ›H‹) bestehen.

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



#### Literaturhinweise

**Verwaltungsberufsgenossenschaft (VBG): Sehen und Bildschirmarbeit / Physiologische Grundlagen für Arbeitsmediziner und Betriebsärzte; Schriftenreihe Prävention SP 2.7/2, 1997**

**H. Strasser: Ergonomie, Umgebungseinflüsse, Beleuchtung; Universität GH-Siegen 2001**

**Ch. Schierz: Sehen und Bildschirm, ETH Zürich 2001**



# info

Maße und Pixel

## Typische LCD-Formate

in allen Fällen mit quadratischen Pixeln

Diagonale	38 cm (15 Zoll)
Aktive Fläche	304,8 x 228,6 mm
Seitenverhältnis	4 : 3
Pixelraster	1024 x 786 Pixel
Pixelrastermaß	0,298 mm
Auflösung	85 dpi
Diagonale	43 cm (17 Zoll)
Aktive Fläche	337 x 270 mm
Seitenverhältnis	5 : 4
Pixelraster	1280 x 1024 Pixel
Pixelrastermaß	0,264 mm
Diagonale	48 cm (19 Zoll)
Aktive Fläche	376 x 301 mm
Seitenverhältnis	4 : 3
Pixelraster	1280 x 1024 Pixel
Pixelrastermaß	0,294 mm
Diagonale	54 cm (21,3 Zoll)
Aktive Fläche	432 x 324 mm
Seitenverhältnis	4 : 3
Pixelraster	1600 x 1200 Pixel
Pixelrastermaß	0,270 mm

*Für spezielle Anwendungen  
(z. B. für die medizinische Diagnostik):*

Diagonale	56,6 cm (22,3 Zoll)
Aktive Fläche	480 x 300 mm
Seitenverhältnis	16:10
Pixelraster	3840 x 2400 Pixel
Pixelrastermaß	0,125 mm

*Das Seitenverhältnis von Computerbildschirmen (horizontale zu vertikaler Abmessung der aktiven Bildschirmfläche) ist traditionell meist 4:3, zunehmend aber auch 16:10 (beim Fernsehen auch 16:9). Insbesondere bei tragbaren Rechnern setzen sich immer mehr Sonderformate durch (z. B. 1400 x 1050 Pixel bei einer 14-Zoll-Diagonale).*

☞ ASCII (American Standard Code for Information Interchange) = Zusammenstellung von Schlüsselzahlen für alle im lateinischen Schriftbereich vorkommenden Zeichen (Buchstaben, Ziffern, Satzzeichen usw.); der ASCII-Code ermöglicht die Verarbeitung von Texten durch praktisch jeden Computer und damit auch die Datenübertragung

☞ Auflösung (englisch: resolution) = Maß für die Anzahl von Bildelementen (Pixel) pro Längeneinheit (angegeben z. B. als dot per inch/dpi oder pixel per inch/ppi); was bei Monitoren oft fälschlicherweise als ›Auflösung‹ angegeben wird ist eigentlich die Pixelmatrix, die aber erst zusammen mit den Abmessungen der ansteuerbaren (= aktiven) Anzeigefläche in eine Auflösung umgerechnet werden kann

☞ CRT (Cathode Ray Tube) = Kathodenstrahlröhre, Röhrenbildschirm

☞ digital (digit = Finger/Zahl) = ›umgewandelt in Zahlenwerte‹; das ›Digitalisieren‹ ist die Voraussetzung für die Verarbeitung von beliebigen physikalischen Größen Informationen (Lichtintensität + Farbe = Bilder; Schallintensität + Tonhöhe = Töne usw.) im Computer

☞ LCD (Liquid Crystal Display) = Flüssigkristallanzeige; Flachbildschirm, der sein Bild dadurch erzeugt, dass der Flüssigkristall durch elektrische Spannung seine Ausrichtung verändert werden und dadurch die Bildschirmanzeige (= Flüssigkristall + Polarisatoren) mehr oder weniger viel Licht durchlässt

☞ Maske = auf dem Bildschirm angezeigtes ›Formular‹ zur Dateneingabe oder zum Abrufen von Daten

☞ Pixel = Kunstwort, zusammengesetzt aus englisch ›picture‹ und ›element‹ = Bildelement; kleinste Einheit der Bildschirmanzeige, die den vollen Farbumfang darstellen kann; jedes Bildelement besteht aus drei ›Teil-Bildelementen‹ (Subpixel), meist rot, grün und blau

☞ Pixelmatrix (englisch: pixel pitch) = bezeichnet die regelmäßige zweidimensionale Anordnung von Bildelementen, die die aktive Bildschirmfläche bilden. Die Pixelmatrix wird angegeben durch die Anzahl der Pixel in horizontaler und vertikaler Richtung (z. B. 1024 x 768 Bildelemente); wird fälschlicherweise oft als ›Auflösung‹ des Bildschirms bezeichnet

☞ TFT/LCD (Thin Film Transistor) = Flüssigkristallanzeige (LCD) mit Ansteuerung durch Dünnschichttransistoren (TFT); diese Transistoren halten die Ansteuerung jedes einzelnen Subpixels bis zu seiner Veränderung auf einem konstanten Wert ... Merke: es gibt keine ›TFT-Monitore‹, das ist unqualifizierter Volksmund und sollte tunlichst vermieden werden

☞ Unicode = standardisierter erweiterter Zeichenvorrat zur Codierung von Zeichen (Buchstaben, Ziffern, Satzzeichen usw.); die Anzahl der im ASCII-Code codierbaren Zeichen ist zu gering, was bei fremdsprachigen Texten aus nicht-lateinisch schreibenden Kulturen und vor allem bei der Zusammenstellung verschiedensprachiger Texte Probleme verursacht