

7.3 Bildschirmgeräte

*P. Schäfer, Ludwigsburg,
H. Siekmann, Sankt Augustin*

An Computerarbeitsplätzen sind hauptsächlich zwei Arten von Bildschirmgeräten im Einsatz. Dies sind zum einen Flüssigkristalldisplays (englisch: liquid crystal display, LCD), die häufig auch als TFT-Bildschirme (englisch: thin film transistor, TFT) oder – wegen ihrer geringen Bautiefe – als Flachbildschirme bezeichnet werden. Die zweite Art von Bildschirmgeräten sind Kathodenstrahl- oder CRT-Geräte. Hierbei handelt es sich um Monitore, die zur Erzeugung der Bilder eine Kathodenstrahlröhre (englisch: cathode ray tube, CRT) benutzen. Diese Geräte spielen bei Neuanschaffungen heute keine große Rolle mehr.

Grundsätzlich kann auch die eigentlich belastungsarme Arbeit an Bildschirmen zu Belastungen führen. Dies kann z. B. durch hohe Konzentration bei der Arbeit, lange ermüdende Tätigkeit, Sehprobleme, schlechte Beleuchtung, Blendung, nicht ergonomische Gestaltung des Arbeitsplatzes usw. hervorgerufen werden. Hierdurch können Belastungssymptome wie Müdigkeit, Augenbeschwerden, Kopfschmerzen, Verspannungen, Rückenprobleme usw. entstehen (siehe hierzu die entsprechenden Abschnitte im Report). Um diese zu verhindern, müssen Bildschirmarbeitsplätze entsprechend der Bildschirmarbeitsverordnung [1] gesundheitsgerecht eingerichtet werden. Konkrete Hinweise zur Umsetzung der Verordnung enthält die BGI 650 „Bildschirm- und Büroarbeitsplätze – Leitfaden für die Gestaltung“ [2].

7.3.1 Strahlenemission von Bildschirmgeräten

Je nach Bauart werden in Bildschirmgeräten elektrische und magnetische Felder sowie verschiedene Arten von Strahlung erzeugt. Wie in Kapitel 10 dieser Vorgehensempfehlung näher erläutert, gehen dabei sowohl von CRT- als auch von LCD-Bildschirmen nur sehr geringe Emissionen elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder aus. Auch die Emissionen weiterer Strahlungsarten (siehe unten) sind gering. Befürchtungen über Gesundheitsgefährdungen durch die Strahlenemissionen von Bildschirmen sind daher unbegründet. Dies gilt für alle Anwendungen von Bildschirmen an Arbeitsplätzen, also auch beim Einsatz mehrerer oder vieler Monitore in einem Raum, bei der Aufstellung von Monitoren an gegenüberliegenden Arbeitsplätzen und bei der Arbeit von Schwangeren an Bildschirmen.

Im Gegensatz zu LCD-Bildschirmen tritt bei CRT-Bildschirmen oft das Problem auf, dass sie durch elektromagnetische Felder, z. B. von der hausinternen Stromverteilung, gestört werden. Es kann zu Flimmern sowie Helligkeits- und Farbveränderungen kommen. CRT-Bildschirme sind besonders anfällig, da sie schon von Magnetfeldern geringer Stärke gestört werden können. Dazu reicht beispielsweise bei empfindlichen Geräten schon eine magnetische Flussdichte von circa $0,4 \mu\text{T}$ (z. B. durch eine vorbeifahrende S-Bahn) aus.

Treten Beeinflussungen von CRT-Bildschirmen an Arbeitsplätzen auf, äußern die Beschäftigten häufig Befürchtungen darüber, dass die vorhandenen elektromagnetischen Felder auch Personen schädigen könnten. Da aber schon Feldstärken weit unterhalb der Grenzwerte für den Personenschutz zur Erzeugung von Störungen ausreichen, sind solche Befürchtungen unbegründet.

Im Gegensatz zu LCD-Bildschirmen können bei CRT-Bildschirmen in einem Abstand von 30 cm zur Bildschirmoberfläche auch elektrostatische Feldstärken von bis zu 7 000 V/m auftreten [3]. Neuere CRT-Bildschirme erzeugen geringere Feldstärken. Nach der Berufsgenossenschaftlichen Vorschrift (BGV) B11 „Elektromagnetische Felder“ [4] darf in statischen Feldern eine elektrische Feldstärke von 20 000 V/m nicht überschritten werden. Dieser Wert wird bei der Arbeit an CRT-Monitoren eingehalten. Durch die Aufladung können Staubpartikel aus der Luft angezogen werden, falls die Ladungen nicht – wie bei modernen Geräten üblich – abgeführt werden.

Ionisierende Strahlung

Umfangreiche Untersuchungen der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) sowie Messungen des Kernforschungszentrums Karlsruhe haben ergeben, dass die Belastung durch ionisierende Strahlung an CRT-Bildschirmen in der Regel um etwa zwei Größenordnungen unterhalb der natürlichen Strahlenbelastung, der jeder Mensch ständig ausgesetzt ist, liegt [3; 5]. Bei den Untersuchungen wurde auch auf der Rückseite der Monitore gemessen. Dies ist insbesondere für die Arbeit in Büroräumen mit mehreren Beschäftigten von Bedeutung, wenn sich

ein Anwender jeweils in direkter Nähe zur Rückseite eines gegenüberliegenden Monitors aufhält. Auch dort liegt die zusätzliche Belastung durch die Röntgenstrahlung aus den Bildschirmgeräten weit unterhalb der natürlichen Strahlenbelastung.

LCD-Bildschirme erzeugen aufgrund der Technik zur Bilderzeugung keine ionisierende Strahlung.

Optische Strahlung

Optische Strahlung wird in Ultraviolett-Strahlung (UV), sichtbare Strahlung (Licht) und Infrarot-Strahlung (IR) unterschieden. Die Strahlung im sichtbaren Spektralbereich ist hierbei die erwünschte Form, da die Anzeigefunktion der Bildschirme über das sichtbare Licht erfolgt.

Bei CRT-Bildschirmgeräten werden alle drei genannten Strahlungsarten im Inneren der Geräte erzeugt, wenn der Elektronenstrahl der Röhre auf die fluoreszierende Schicht auftrifft. IR-Strahlung wird darüber hinaus auch von der Kathodenheizung der Bildröhre erzeugt.

Die in den CRT-Monitoren erzeugte UV-Strahlung wird praktisch vollständig im Röhrenglas absorbiert. Die außen auf der Bildschirmoberfläche noch messbare Intensität ist daher sehr gering [6]. So liegt z. B. die maximal gemessene Bestrahlungsstärke im UV-A-Bereich unter 10 mW/m^2 [7]. Die Werte für UV-B-Strahlung liegen um drei bis sechs Größenordnungen darunter. Für eine Arbeitsschicht von acht Stunden entspricht die UV-A-Bestrahlung weniger als 288 J/m^2 . Dieser Wert ist mit dem von der Internationalen Kommission für den Schutz vor nichtionisie-

7 Arbeitsplatz

render Strahlung (ICNIRP) empfohlenen Grenzwert für das Auge von $10\,000\text{ J/m}^2$ [8 bis 10] zu vergleichen. Die Emission von UV-Strahlung aus CRT-Bildschirmen führt daher nicht zur Gefährdung von Personen.

Die von CRT-Monitoren zur Informationsdarstellung emittierte sichtbare Strahlung liegt in ihrer Intensität weit unterhalb derjenigen, die zur Schädigung der Augen führen könnte.

Die Emission von IR-Strahlung aus den CRT-Bildschirmgeräten ist ebenfalls vernachlässigbar gering [6]. So liegt die gemessene Bestrahlungsstärke bei 200 mW/m^2 [7], wohingegen der empfohlene ICNIRP-Grenzwert $100\,000\text{ mW/m}^2$ beträgt [11]. Damit sind auch durch IR-Strahlenemissionen keine gesundheitlichen Gefährdungen zu erwarten.

Bei LCD-Bildschirmen treten neben der gewünschten sichtbaren Strahlung auch UV- und IR-Strahlungsanteile auf. Ihre Intensität ist jedoch gering und entspricht etwa der Intensität von UV- und IR-Strahlenemissionen aus üblichen Leuchtstoffröhren. Somit treten auch bei LCD-Bildschirmen weder durch den sichtbaren Strahlungsanteil noch durch UV- und IR-Strahlungsemissionen Gefährdungen für die Benutzer auf.

7.3.2 Robustheit von Bildschirmen gegenüber Beleuchtung

Bildschirme haben eine Oberfläche aus optisch durchsichtigem Material und reflektieren einen Teil des auftreffenden Lichtes. Dies erfolgt gerichtet als Spiegelungen (z. B. bei unbehandelten Bildschirmoberflächen) oder gestreut (z. B. bei aufgerauten Bildschirmoberflächen).

Störende Reflexionen und Spiegelungen erschweren die Arbeit an Bildschirmgeräten, weil sich der Zeichenkontrast verringert und damit die Erkennbarkeit der Zeichen verschlechtert. 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. Aus diesem Grund sollten nur entspiegelte Bildschirme verwendet werden. Bereits bei der Beschaffung von Bildschirmen ist es deshalb sehr wichtig, auf deren gute Entspiegelung zu achten. Dies gilt besonders für Notebooks, die oft unter nicht idealen Beleuchtungsbedingungen benutzt werden.

Früher wurden gemäß DIN EN ISO 9241-7 [12] und DIN EN ISO 13406-2 [13] Bildschirme in ihren Reflexionseigenschaften, für Positiv- und Negativdarstellung getrennt, in drei Reflexionsklassen eingeteilt. Die heute gültige Norm DIN EN ISO 9241-307 [14] sieht dagegen die bisherigen Reflexionsklassen nicht mehr vor. Stattdessen gibt sie Prüfbedingungen an, unter denen die Reflexionen des Bildschirms messtechnisch ermittelt werden (Tabelle 11). Entsprechend enthalten Zertifikate zur geprüften Sicherheit (GS) heutzutage folgende Angaben:

Lichtquelle mit großflächiger Öffnung = 200 cd/m^2

und

Lichtquelle mit kleinflächiger Öffnung = $2\,000\text{ cd/m}^2$, dies entspricht der alten Reflexionsklasse I

Ein so entspiegelter Bildschirm kann bedenkenlos in allen Büroumgebungen eingesetzt werden und wird deshalb uneingeschränkt empfohlen.

Weil die Reflexionseigenschaften von Bildschirmen darstellungsabhängig sind, gibt es eventuell unterschiedliche Angaben für Positiv- und Negativdarstellung. Ist das nicht der Fall, wird der Bildschirm entweder nur für Positiv- oder 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.

Weiterhin sollte beachtet werden, dass die Unterscheidbarkeit von Farben, d. h., der Farbabstand zwischen zwei Farben, mit zunehmender Beleuchtung des Bildschirms durch die Umgebungsbeleuchtung schlechter wird, insbesondere bei gut entspiegelten Bildschirmen. Dies trifft auch auf Leuchtdichten und Kontraste 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

Tabelle 11:
Reflexionsklassen gemäß DIN EN ISO 9241-307
und alte Reflexionsklassen gemäß DIN EN ISO 13406-2

Reflexionsklassen nach DIN EN ISO 9241-307 Leuchtdichte von gerichtet reflektierten Lichtquellen in cd/m ²	Passende Umgebung	Alte Reflexions- klasse nach DIN EN ISO 13406-2
$L_{\text{großfl}} = 200$ und $L_{\text{kleinfl}} = 2\ 000$	Bildschirme dieses Typs können in jeder Büroumgebung eingesetzt werden.	I
$L_{\text{großfl}} = 200$ oder $L_{\text{kleinfl}} = 2\ 000$	Bei diesen Bildschirmen ist bei nicht idealen Beleuchtungsbedingungen oder fensternaher Aufstellung der Geräte eventuell mit störenden Reflexionen auf dem Bildschirm zu rechnen.	II
$L_{\text{großfl}} = 125$ oder $L_{\text{kleinfl}} = 200$	Bei diesen Bildschirmen sind Störungen durch Reflexionen in der Regel so stark, dass diese Geräte für Büroarbeit in normalen Büroumgebungen nicht infrage kommen.	III

großfl = großflächige Lichtquelle

kleinfl = kleinflächige Lichtquelle

7 Arbeitsplatz

vorgesehene Bildschirmbeleuchtungsstärke in Lux angegeben. Es handelt sich hierbei um die maximal zulässige Beleuchtungsstärke auf dem Bildschirm durch die Umgebungsbeleuchtung. Die tatsächliche Beleuchtungsstärke auf einem Bildschirm kann durch Auflegen eines Beleuchtungsstärkemessers (Messkopf nach außen!) direkt am jeweiligen Arbeitsplatz gemessen werden.

Damit Bildschirme auch an fensternahen Arbeitsplätzen noch unterscheidbare Farben liefern, werden Bildschirme empfohlen, für die vorgesehene Bildschirmbeleuchtungsstärken von mindestens 1500 bis 2000 lux ausgewiesen werden. Spiegelnde Bildschirme sind zwar unempfindlicher gegenüber hohen Beleuchtungsstärken, aber wegen der stärkeren Reflexionen für Büroumgebungen nicht geeignet (siehe oben).

Zusätzliche auf den Bildschirm angebrachte Filter verschlechtern häufig die Darstellung und sollten deshalb nur nach sorgfältiger Abwägung aller Einflussfaktoren Verwendung finden. So sollte z. B. ein Helligkeitsverlust nach Anbringen eines Filters durch Nachregelung der Bildschirmhelligkeit ausgeglichen werden können.

7.3.3 Literatur

- [1] Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit an Bildschirmgeräten (Bildschirmarbeitsverordnung – BildscharbV) vom 4. Dezember 1996. BGBl. I (1996), S. 1843-1845; zul. geänd. BGBl. I (2008), S. 2768
- [2] Berufsgenossenschaftliche Informationen: Bildschirm- und Büroarbeitsplätze – Leitfaden für die Gestaltung (BGI 650). Hrsg.: Verwaltungs-Berufsgenossenschaft, Hamburg 2012
- [3] Handbuch Nichtionisierende Strahlung. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik (BGFE), Köln 1999 – Losebl.-Ausg.
- [4] Berufsgenossenschaftliche Vorschriften für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit: Elektromagnetische Felder (BGV B 11) (06.01). Carl Heymanns, Köln 2001
- [5] *Lauterbach, U.*: Strahlenexposition durch Datensichtgeräte. In: PTB-Berichte – Serie Dosimetrie Nr. 10. Hrsg.: Physikalisch Technische Bundesanstalt (PTB), Braunschweig 1984
- [6] *Bittighofer, P. M.*: Strahlenemissionen aus Bildschirmgeräten. Arbeitsmed. Sozialmed. Präventionsmed. 23 (1988) Nr. 11, S. 269-274
- [7] *Marriott, I. A.; Stuchly, M. A.*: Health aspects of work with visual display terminals. J. Occup. Med. 28 (1986) Nr. 9, S. 833-848

- [8] International Commission on Non-ionizing Radiation Protection: Guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation of wavelengths between 180 nm and 400 nm (Incoherent Optical Radiation). Health Physics 49 (1985) Nr. 2, S. 331-340
- [9] International Commission on Non-ionizing Radiation Protection: Proposed Change to the IRPA 1985 Guidelines on Limits of Exposure to Ultraviolet Radiation. Health Physics 56 (1989) Nr. 6, S. 971-972
- [10] International Commission on Non-ionizing Radiation Protection: Guidelines on UV radiation exposure. Health Physics 71 (1996) Nr. 6, S. 978
- [11] International Commission on Non-ionizing Radiation Protection: Guidelines on Limits of Exposure to broadband incoherent optical radiation (0,38 to 3 μm). Health Physics 73 (1997) Nr. 3, S. 539-554
- [12] DIN EN ISO 9241-7: Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten – Teil 7: Anforderungen an visuelle Anzeigen bezüglich Reflexionen (12.98). Beuth, Berlin 1998 (zurückgezogen)
- [13] DIN EN ISO 13406-2: Ergonomische Anforderungen für Tätigkeiten an optischen Anzeigeeinheiten in Flachbauweise – Teil 2: Ergonomische Anforderungen an Flachbildschirme (12.03). Beuth, Berlin 2003 (zurückgezogen)
- [14] DIN EN ISO 9241-307: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 307: Analyse- und Konformitätsverfahren für elektronische optische Anzeigen (06.09). Beuth, Berlin 2009