

Das oszillierende Licht von Bildschirmzeichen

U. Bräuninger, Th. Fellmann, Th. Läubli, R. Gierer und E. Grandjean

Institut für Hygiene & Arbeitsphysiologie, ETH-Zentrum, 8092 Zürich

1. Einleitung

Bei den heute gebräuchlichen Bildschirmgeräten werden für die Sichtbarmachung der Zeichen Kathodenstrahlröhren (Bildröhren) eingesetzt. Dabei sind die auf dem Bildschirm sichtbaren Zeichen aus Leuchtpunkten auf dunklem Hintergrund zusammengesetzt; ausserdem weisen die einzelnen Leuchtpunkte eine zeitliche Oszillation der Leuchtdichte auf. In einer Felduntersuchung wurden 109 Bildschirmarbeitsplätze, die mit 2 verschiedenen Geräten ausgerüstet waren, untersucht (1). Die beiden Geräte B und G weisen wesentliche Unterschiede in Bezug auf Oszillation und Trennschärfe der Zeichen auf.

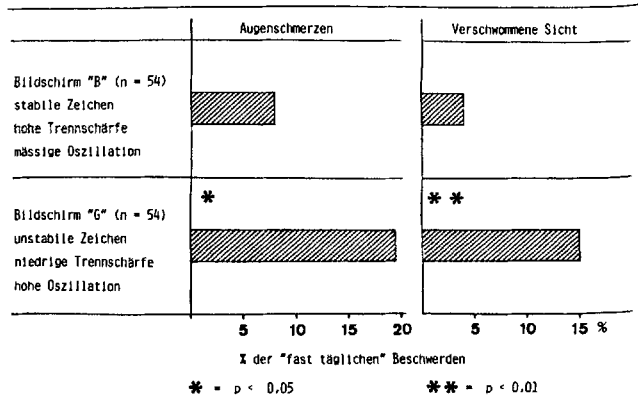


ABB. 1

Wie in Abb. 1 ersichtlich, kommen Augenschmerzen und eine verschwommene Sicht bei den Personen, welche mit dem Gerätetyp G arbeiten ungefähr doppelt so häufig vor, wie bei Personen, welche mit dem Gerät B arbeiten. Durch dieses Untersuchungsergebnis veranlasst, wurde an unserem Institut ein Evaluationsverfahren, sowie die dazu notwendige lichttechnische Messapparatur entwickelt.

Die folgenden Kriterien werden untersucht:

1. Leuchtdichteoszillation der Zeichen.
 2. Trennschärfe und Stabilität der Zeichen.
 3. Leuchtdichtekontraste.
- Die Resultate stammen aus einer Evaluation von 8 Bildschirmgeräten.

2. Leuchtdichteoszillation

Die Leuchtpunkte, aus denen sich die Zeichen zusammensetzen, sind durch den Elektronenstrahl der Bildröhre zur Lichtaussendung angeregte Phosphorpunkte. Diese Lichtaussendung des Phosphors nimmt zeitlich sehr rasch ab. Das zeitliche Abklingverhalten der Leuchtdichte hängt von der verwendeten Phosphorart ab und wird mit der Abklingdauer charakterisiert. Um den Eindruck einer stationären Lichtaussendung zu erreichen, werden die einzelnen Leuchtpunkte der Zeichen laufend angeregt. Die Anzahl Anregungen pro Zeiteinheit wird als Regenera-

tionsfrequenz bezeichnet. Die Regenerationsfrequenz und die Abklingdauer bestimmen zusammen den Oszillationsgrad der Bildschirmzeichen.

2.1 Methode

Mit Hilfe eines Messmikroskopes (Messpunkt \varnothing 0,08 mm) oder einer Messkamera (Bildgrösse 5 x 7 cm) wird das Licht auf einen Photomultiplier geleitet, der den Lichtstrom in ein elektrisches Analogsignal umwandelt. Für die Analyse der zeitlichen Helligkeitsänderung dienen ein Kathodenstrahloszilloskop, ein DC-Voltmeter und ein AC-Voltmeter. Für die Quantifizierung des Oszillationsgrades hat sich der Quotient a aus Wechselhelligkeit (AC-Voltmeter) und mittlerer Helligkeit (DC-Voltmeter) als geeignet erwiesen. Definition a siehe Abb. 2.

2.2 Resultate

2 Bildschirme wiesen einen Oszillationsgrad auf, der demjenigen von phasenverschoben gespeisenen Leuchtstoffröhren entspricht (Gerät A, Abb. 2). 4 Bildschirme wiesen einen Oszillationsgrad auf, der demjenigen von nicht phasenverschoben gespeisenen Leuchtstoffröhren entspricht. 2 Bildschirmröhren wiesen einen Oszillationsgrad auf, der doppelt so hoch wie bei nicht phasenverschoben gespeisenen Leuchtstoffröhren ist (Gerät G, Abb. 2).

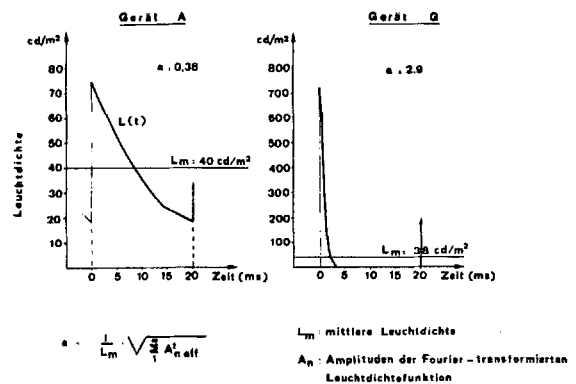


ABB. 2 Zeitlicher Helligkeitsverlauf von Bildschirmzeichen.

In Abb. 2 sind zwei Extremwerte des Oszillationsgrades aufgezeichnet. Gerät A weist eine geringe zeitliche Leuchtdichteoszillation auf, während es sich bei Gerät G um eine hohe Leuchtdichteoszillation handelt. Dies äussert sich darin, dass für die Erreichung der gleichen mittleren Leuchtdichte beim Gerät A eine Leuchtdichtespitze von 75 cd/m^2 genügt, während bei Gerät G eine Leuchtdichtespitze von 700 cd/m^2 notwendig ist. Bei beiden Bildschirmen beträgt die Regenerationsfrequenz 50 Hz.

3. Trennschärfe und Stabilität der Zeichen

Die Trennschärfe charakterisiert die Zeichenränder und ist die Veränderung der Helligkeit zwischen Hintergrund und Zeichen. Die Stabilität kennzeichnet die zeitliche Lageveränderung der Bildschirmzeichen. Beides sind Parameter für die Akkommodationsbelastung der Augen.

3.1 Methode

Für die Bestimmung der Trennschärfe wird bei 2 benachbarten U der Leuchtdichteverlauf quer zu den Schenkeln gemessen. Dies geschieht durch eine Bewegung des Messmikroskops (Messpunkt- \varnothing 0.08 mm) parallel zur Bildschirmoberfläche mit einer konstanten Vorschubgeschwindigkeit von 6 mm/Min; gleichzeitig wird die Leuchtdichte auf einem Schreiber aufgezeichnet.

Für die Bestimmung der Stabilität wird das Messmikroskop auf die Mitte eines Leuchtpunktes fokussiert. Danach wird der zeitliche Verlauf der Leuchtdichte auf einem Schreiber aufgezeichnet.

3.2 Resultate

Als Masseinheit für die Trennschärfe ergibt sich aus der Bestimmungsmethode $\Delta cd/m^2/mm$; dieses Mass bezeichnet die Steilheit der Leuchtdichtezunahme im Bereich des Zeichenrandes. Ein hoher Wert ergibt somit scharfe Zeichenränder. Für die Bestimmung wurde die Zeichenhelligkeit pro Bildschirm auf den Wert eingestellt, den 10 Versuchspersonen bevorzugten. Die gemessenen Werte variieren von 12 bis 127 $\Delta cd/m^3/mm$. Die Hälfte der Geräte wies Werte über 100 $\Delta cd/m^2/mm$ auf.

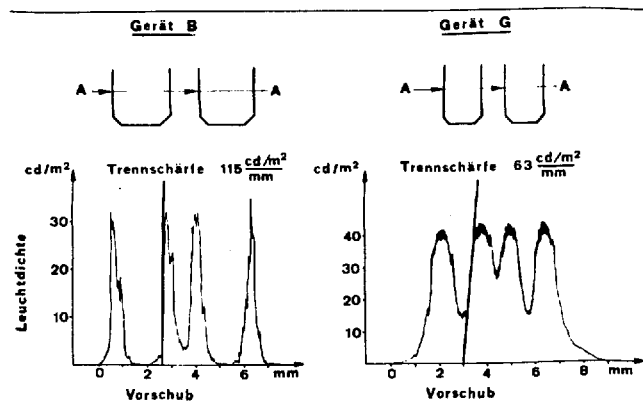


ABB. 3 Leuchtdichteverlauf im Schnitt A:A der Buchstaben U

Auf Abb. 3 hat Gerät B eine hohe Trennschärfe, während Gerät G eine geringe Trennschärfe aufweist. Ausserdem sind die Leuchtdichten innerhalb der Zeichen, sowie zwischen den Zeichen bei Gerät G zu hoch und ergeben dadurch schlechte Zeichenkontraste. Gerät B hat eine gute und Gerät G eine schlechte Lesbarkeit.

Die durch die beschriebene Messmethode ermittelte Reihenfolge der Lesbarkeit, wurde in einer subjektiven Einstufung durch 10 Testpersonen bestätigt.

Die Stabilität der Bildschirmzeichen war bei 4 Geräten gut, während sie bei 4 Geräten als ungenügend bezeichnet werden muss.

4. Leuchtdichtekontraste

Als generelle ergonomische Empfehlung sollen Kontraste im mittleren Gesichtsfeld den Wert von 1:3 nicht übersteigen, während im äusseren Gesichtsfeld, bzw. zwischen dem mitt-

leren und äusseren Gesichtsfeld Kontraste bis 1:10 zulässig sind.

4.1 Methode

Für die Bestimmung der Flächenhelligkeit wurde eine Beleuchtungsstärke von 400 lx gewählt. Für die Leuchtdichtebestimmung wurde ein Messgerät der Firma Tektronix verwendet, welches einen Beobachtungswinkel von 1° aufweist.

4.2 Resultate

Es wurden die folgenden Leuchtdichten bei den 8 untersuchten Bildschirmen gemessen: Bildschirmhintergrund 2-7 cd/m^2 . Bildschirmgehäuse 8-110 cd/m^2 . Tastatur 8-45 cd/m^2 . Vorlage 80 cd/m^2 . Die daraus resultierenden Kontrastverhältnisse zwischen der Vorlage und dem Bildschirmhintergrund (Hauptblickrichtungen bei der Bildschirmarbeit) liegen zwischen 1:11 und 1:40. Die Kontrastverhältnisse zwischen Bildschirmhintergrund einerseits und dem Bildschirmgehäuse oder der Tastatur andererseits liegen im Bereich von 1:3 bis 1:27. Dies sind Werte, die an der Grenze des Zumutbaren oder deutlich darüber liegen. Daraus ist ersichtlich, dass der Oberflächengestaltung bei Bildschirmgeräten in Bezug auf Reflexion eine grosse Bedeutung zukommt.

5. Diskussion

Mit Hilfe unseres Evaluationsverfahrens konnten bei den untersuchten 8 Bildschirmgeräten wesentliche ergonomische Unterschiede festgestellt werden. In der Gesamtbeurteilung (inkl. Kriterium Tastatur-Körperhaltung) ergab sich bei 5 von 8 Bildschirmgeräten eine ungenügende Bewertung.

Dies lässt den Schluss zu, dass bei den Gerätekonstruktionen in den meisten Fällen mehr den EDV-technischen Belangen als den ergonomischen Gesichtspunkten Rechnung getragen wurde. Durch eine konsequente Anwendung der heute bekannten ergonomischen Empfehlungen lassen sich Reduktionen der Belastung des Bediener erreichen. Dies gilt für die Geräte- und die Arbeitsplatzgestaltung.

Summary

An apparatus for measuring the sharpness, the oscillation degree and the stability of characters of 8 different VDTs was developed. Furthermore the contrast of luminances between the essential surfaces was measured. The following results were observed: 2 VDTs had good ergonomic qualities, one was only sufficient and 5 VDTs had insufficient ergonomic light conditions.

Résumé

Un appareil a été mis au point permettant de mesurer la netteté, le degré de scintillement et la stabilité des caractères de 8 écrans de visualisation différents. Les rapports de contraste d'intensités lumineuses de surfaces importantes ont également été mesurés. Deux écrans de visualisation ont montré de bonnes qualités ergonomiques alors que pour un écran elles étaient seulement suffisantes et pour les 5 autres, les conditions lumineuses ergonomiques étaient insuffisantes.

Literatur

- (1) TH. LAUBLI, W. HUNTING and E. GRANDJEAN: Postural and visual load at VDT workplaces. Part 2: Lighting conditions and visual impairments. (To be published in Ergonomics).