

Institut für Arbeitsphysiologie, Leibniz Research Centre for Working Environment and Human Factors
Projektgruppe „Individuelle Sehleistungen“, Research Group „Individual Visual Performance“

Niedrig aufgestellte Flachbildschirme erleichtern die Benutzung von Universal-Gleitsichtbrillen am Bildschirmarbeitsplatz

Wolfgang Jaschinski

W. Jaschinski: Niedrig aufgestellte Flachbildschirme erleichtern die Benutzung von Universal-Gleitsichtbrillen am Bildschirmarbeitsplatz. Zbl Arbeitsmed 58 (2008) 172–180

Schlüsselwörter: Bildschirmarbeit – Alterssichtigkeit – Gleitsichtbrillen

Zusammenfassung: Universal-Gleitsichtbrillen erlauben übergangslos ein scharfes Sehen von der Ferne bis in die Nähe (d.h. sowohl zum Autofahren als auch zum Lesen gedruckter Texte), wenn alterssichtige Personen die Blickrichtung ihrer Augen entsprechend abwärts neigen. Wir untersuchten bei 12 Probanden den Nahpunkt der Akkommodation als Funktion der vertikalen Augenneigung, um diejenigen Positionen am Bildschirmarbeitsplatz zu bestimmen, wo alterssichtige Personen einen Flachbildschirm scharf sehen, wenn sie eine bequeme Kopfhaltung einnehmen und eine Universal-Gleitsichtbrille tragen. Scharfes Sehen war möglich bei horizontalen Sehabständen im Bereich von 40–80 cm mit einer deutlich abgesenkten Bildschirmmitte im Bereich von 25–45 cm unterhalb der Augenhöhe. Diese niedrigen Bildschirmpositionen wurden von 8 der 12 Probanden für ihre tägliche Büroarbeit benutzt; sie trugen dabei ihre Universal-Gleitsichtbrille und benötigten keine spezielle Bildschirmarbeitsplatzbrille. Dies ist eine ergonomische Gestaltungsmöglichkeit, die neben verschiedenen Varianten von Bildschirmarbeitsplatzbrillen in Betracht gezogen werden kann. Bei der Wahl der geeigneten Lösung sind die jeweiligen Vor- und Nachteile abzuwägen, und zwar unter Berücksichtigung der individuellen physiologischen Dispositionen und der Erfordernisse der jeweiligen Arbeitsaufgabe.

Low positions of flat screens facilitate the use of progressive addition lenses at VDU workstations

W. Jaschinski: Low positions of flat screens facilitate the use of progressive addition lenses at VDU workstations. Zbl Arbeitsmed 58 (2008) 172–180

Key words: Work at visual displays – Presbyopia – Progressive addition lenses

Abstract: Progressive addition lenses (PAL) – designed for general use – provide clear vision continuously from distant to near objects (e.g. for car driving and reading printed materials) if presbyopic observers gradually lower the gaze direction of the eyes. We measured the accommodative near point as a function of vertical eye inclination in presbyopic observers assuming comfortable head posture and wearing their habitual PAL spectacles for general use. We found that clear vision was possible with horizontal viewing distances in the range of about 40–80 cm and with the screen centre in a range of about 25–45 cm below eye level. Such low screen positions were used by 8 of the 12 participants for daily office work: they wore their progression addition lenses for general use and did not need special glasses for computer work. This is an ergonomic solution that may be considered besides different versions of computer vision spectacles. For the choice of the appropriate solution, advantages and disadvantages must be taken into account, considering the individual physiological dispositions and the requirement of the actual task at work.

Anschrift des Autors:

Dr.-Ing. Wolfgang Jaschinski
Institut für Arbeitsphysiologie, Leibniz Research Centre for Working Environment and Human Factors
Projektgruppe „Individuelle Sehleistungen“, Research Group „Individual Visual Performance“
Ardeystr. 67 ■ D-44139 Dortmund
Internet: www.ifado.de/vision
Telefon: +231 1084 264 ■ Facsimile: +231 1084 401

1. Einleitung

Die Akkommodation des Auges bewirkt, dass das Netzhautbild immer so scharf wie möglich gehalten wird, wenn wir Sehobjekte bei verschiedenen Sehabständen betrachten. Dieser physiologische Auto-Fokus-Mechanismus beruht auf der Wirkung des Ziliarmuskels, der die Krümmung der elastischen Augenlinse entsprechend verändert. Im Laufe des Lebens nimmt die Elastizität der Linse kontinuierlich ab, so dass das Scharfsehen in der Nähe zunehmend schwieriger wird: Der Nahpunkt der Akkommodation (der naheste Punkt, der scharf gesehen werden kann) verschiebt sich von kleineren zu immer größeren Sehabständen. Im Alter von etwa 40–50 Jahren hat der Nahpunkt den normalen Leseabstand von etwa 40 cm erreicht, so dass Lesebrillen (konvexe, positive Brillengläser) erforderlich werden, um das natürliche Akkommodationsdefizit auszugleichen. Die Wirkung der Lesebrille muss umso stärker sein, je kleiner die verbleibende Rest-Akkommodationsfähigkeit und je geringer der Sehabstand ist. Einfache Lesebrillen erlauben zwar ein scharfes Sehen in einem großen Sehfeld, aber nur in einem kleinen Bereich von Sehabständen: Bei einer Linsenbrechkraft von 2 Dioptrien (dpt) und einer Rest-Akkommodationsfähigkeit von 0,5 dpt wird ein Sehobjekt scharf gesehen in einem Bereich zwischen $1/2,0 \text{ dpt} = 0,5 \text{ m}$ (ohne jede Akkommodation) und $1/(2,0 \text{ dpt} + 0,5 \text{ dpt}) = 0,4 \text{ m}$ (bei Ausübung der Rest-Akkommodationsfähigkeit von 0,5 dpt). Dieser Schärfbereich erweitert sich in gewissem Umfang durch die Wirkung der Schärfentiefe bei kleiner Pupille, d.h. bei hoher Umgebungsleuchtdichte (Krueger, Hessen & Zülch, 1982). Wenn eine solche Lesebrille am Bildschirmarbeitsplatz benutzt wird, dann muss der Bildschirm bei Sehabständen zwischen 40 und 50 cm positioniert werden, wobei entferntere Objekte im Raum zwangsläufig unscharf erscheinen; daher müssen Alterssichtige ihre Lesebrille absetzen und – gegebenenfalls – eine Brille zum Ausgleich ihrer eventuellen Fehlsichtigkeit (Kurzsichtigkeit, Weitsichtigkeit, Astigmatismus) zum Sehen in der Ferne aufsetzen.

Eine Alternative zu einem solchen Brillenwechsel stellen Gleitsichtbrillen dar. Sie nutzen den Effekt, dass wir meist verschiedene vertikale Blickrichtungen durch das Brillenglas für entfernte und nahe Sehobjekte anwenden: Beim Autofahren blicken wir durch den oberen Bereich des Brillenglases und beim Lesen durch den unteren Bereich. Entsprechend sind Gleitsichtgläser optisch so gestaltet, dass die vollständige positive Brechkraft zur Unterstützung der Akkommodation nur im unteren Glasbereich angeordnet ist (Abbildung 1). Von oben nach unten nimmt im zentralen vertikalen Blickbereich (Progressionszone) der Betrag der positiven Brechkraft graduell zu, so dass scharfes Sehen bei jedem Sehabstand zwischen Ferne und Nähe möglich ist, vorausgesetzt, der Nutzer blickt durch die entsprechende Stelle im Gleitsichtglas; also muss der Gleitsichtbrillenträger die vertikale Kopf-Augenkoordination auf die jeweilige Sehdistanz abstimmen, was zu-

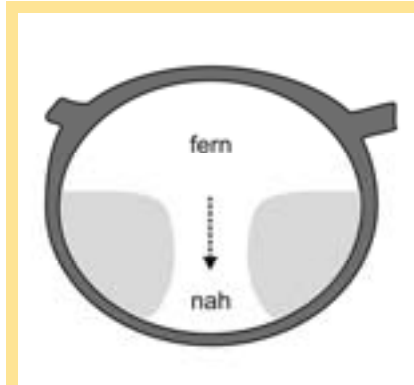


Abbildung 1: Verteilung der Brechkraft in einem Universal-Gleitsichtglas. Der Pfeil deutet an, wie in der mittleren senkrechten Zone (Progressionszone) die Brechkraft zur Unterstützung der Nahakkommodation kontinuierlich zunimmt, um ein übergangslos scharfes Sehen vom Blick in die Ferne (oberer Glasbereich) bis zum Blick in die Nähe (unterer Glasbereich) zu ermöglichen.

Figure 1: Distribution of refractive power within a progressive addition lens (for general use). The arrow indicates how within the central vertical zone (progressive zone) the refractive power (to assist near accommodation) increases continuously, in order to allow for seamless transition from clear far vision (upper part of the glass) to clear near vision (lower part of the glass).

nächst gewöhnungsbedürftig sein kann (von Buol 2002). Die nach unten zunehmende Brechkraft innerhalb der Progressionszone hat aus optischen Gründen zwangsläufig zur Folge, dass rechts und links in dem grau dargestellten Bereich (Abbildung 1) nur ein unscharfes Sehen möglich ist. Die Breite der zentralen Progressionszone hängt von der Dimensionierung des Gleitsichtglases ab. Die Korrektur eventueller Fehlsichtigkeiten (Kurz- bzw. Weitsichtigkeit, Astigmatismus) ist im gesamten Brillenglas wirksam.

Ein solches Universal-Gleitsichtglas ist geeignet für das Autofahren und Lesen von gedruckten Texten, die man gewöhnlich in der Hand hält. Probleme entstehen oft mit Universal-Gleitsichtbrillen an typischen Bildschirmarbeitsplätzen, wo der Bildschirm relativ hoch und nah aufgestellt ist, z.B. mit einem Sehabstand von ca. 65 cm und einem vertikalen Blickneigungswinkel von etwa 10 Grad. Dann erscheinen Bildschirme unscharf, wenn man eine bequeme, leicht abwärts geneigte Kopfhaltung einnimmt. Scharfes Sehen ist meist nur dann möglich, wenn man den Blick durch den unteren Glasbereich nutzt und dazu den Kopf nach hinten in den Nacken legt; dies führt aber zu Nackenanspannungen und auf Dauer zu Muskel-Skelett-Beschwerden (Kumar 1994). In dieser weit verbreiteten Situation von alterssichtigen Mitarbeitern an Bildschirmarbeitsplätzen besteht die gängige Lösung darin, den Bildschirm in der typischen hohen Situation zu belassen und eine spezielle Bildschirmarbeitsplatzbrille (entweder als Gleitsichtbrille oder Ein- bzw. Zweistärkenbrille) anfertigen zu lassen, die ein scharfes Sehen des Bildschirms ermöglicht (Methling 2008). Mit einer solchen konventionellen Bildschirmarbeitsplatzbrille ist aber aus optischen Gründen kein scharfes Sehen in der Ferne möglich.

Die vorliegende Studie untersucht eine ergonomische Lösung für den Konflikt, dass einerseits Universal-Gleitsichtbrillen (für das Fern- und Nahsehen) am konventionell relativ hoch aufgestellten Bildschirm zu Nackenproblemen führen und andererseits spezielle Bildschirmbrillen kein scharfes Sehen in der Ferne

erlauben. Wir messen den Nahpunkt der Akkommodation bei verschiedenen vertikalen Augenneigungen, während alterssichtige Probanden eine Universal-Gleitsichtbrille tragen und eine bequeme Kopfhaltung einnehmen. Wir bestimmen auf diese Weise den Bereich, in dem Flachbildschirme für ein scharfes Sehen positioniert werden können. Diese Fragestellung ist aktuell, seit zunehmend Flachbildschirme eingesetzt werden, die – im Gegensatz zu Röhrenmonitoren – eine flexible Aufstellung am Bildschirmarbeitsplatz nach physiologischen Kriterien erlauben, vorausgesetzt die Flachbildschirme sind mit einer entsprechend verstellbaren Halterung konstruiert.

2. Methode

Zur Messung des Akkommodationsnahpunktes bei verschiedenen vertikalen Augenneigungen konstruierten wir eine Apparatur (Abbildung 2) mit einer Schiene, die an einer Drehachse befestigt war. Die Drehachse ließ sich so verstellen, dass sie mit der vertikalen Drehachse der Augen übereinstimmte. Auf

der Schiene konnte man ein Sehobjekt beliebig bis zu einem Sehabstand von 73 cm verschieben. Das Sehobjekt war eine Duane-Figure von 15 mm Höhe, schwarz auf weißem Papier gedruckt (Leuchtdichte 90 cd/m^2): Eine zentrale vertikale Linie von 0,3 mm Breite war eingefasst von zwei vertikalen Balken (2,5 mm breit), die einen Abstand von 2 mm hatten. Die Beleuchtung des Messplatzes betrug 500 Lux auf Tischhöhe.

Zu Beginn jeder Sitzung wurde die individuelle bequeme Kopfhaltung eines jeden Probanden bestimmt. Dazu wurde der Proband gebeten, seinen Kopf langsam nach hinten aufwärts und nach vorn abwärts zu neigen, um so die bequeme Kopfposition herauszufinden. Dies geschah mit geschlossenen Augen, so dass beliebige Sehobjekte im Raum keinen Einfluss auf die eingenommene Kopfhaltung hatten. Wenn der Proband diese bequeme Kopfhaltung eingenommen hatte, wurde der entsprechende Neigungswinkel der Reid's Line erfasst (Menozzi, von Buol, Itschner, Saluz & Krueger, 1996). Diese Verbindungslinie vom

Knorpelvorsprung vor der Gehörgangöffnung zum äußeren Augenwinkel maßen wir durch seitliches Anpeilen des Kopfes mit einem Winkelmesser, an dem ein pendelndes senkrecht Lot angebracht war. Diese bequeme Kopfposition des Probanden wurde mit Hilfe einer einstellbaren Kopfstütze fixiert und somit während der folgenden Messungen des Akkommodationsnahpunktes eingehalten.

Eine einzelne Messung des Akkommodationsnahpunktes wurde folgendermaßen durchgeführt, während der Proband mit beiden Augen das Sehobjekt beobachtete. Das Sehobjekt wurde von einem großen Sehabstand, wo es scharf erschien, an die Augen herangeschoben, bis der Proband antwortete, dass er es unscharf sah. Daraufhin schob der Experimentator das Sehobjekt langsam in die Ferne, bis der Proband scharfes Sehen angab. Dieser Sehabstand wurde notiert und stellte den Nahpunkt der Akkommodation dar. Eine solche Messung wurde bei jeder vertikalen Augenneigung durchgeführt (0, 10, 20, 30, 40, 50 und 60 Grad); diese Serie wurde dreimal in einer Sitzung wiederholt. Nach einer Mittelung über diese Messwiederholungen ergab sich die Kurve des Akkommodationsnahpunktes als Funktion der vertikalen Augenneigung. Das Experiment umfasste zwei solcher Messsitzungen an unterschiedlichen Tagen.

In Vorversuchen zeigte sich, dass bei einigen Probanden der Akkommodationsnahpunkt außerhalb des Verstellbereiches von 73 cm lag und dass bei darüber hinausgehenden Sehabständen der Punkt des Übergangs vom Scharf- zum Unschärfsehen schwierig zu beurteilen war. Daher benutzten wir in den eigentlichen Experimenten folgende modifizierte Methode zur Nahpunktbestimmung, die in der augenoptischen Prüfpraxis üblich ist. Die Probanden blickten durch ein Paar zusätzlicher konvexer (positiver) Linsen der Stärke 1,0 Dioptrie. Die Probanden hielten diese Zusatzgläser selbst vor ihre Gleitsichtbrille und konnten sie so entsprechend dem jeweiligen Sehabstand zentrieren. Die mit diesen Zusatzgläsern resultierenden Nahpunkte (in der Einheit Meter) wurden in die Einheit Dioptrie ($=1/\text{Seh}$



Abbildung 2: Laborapparatur (Eigenkonstruktion) zur Messung des Akkommodationsnahpunktes als Funktion der vertikalen Augenneigung: Auf einer Schiene kann das Sehobjekt an beliebige Positionen geschoben werden. Die Schiene lässt sich vertikal um eine Achse schwenken, die der vertikalen Augendrehachse entspricht. Die Kopfstütze wird so eingerichtet, dass der Proband seine individuell komfortable Kopfhaltung einnimmt.

Figure 2: Laboratory apparatus (purpose made) for measuring the near point of accommodation as a function of vertical eye inclination: on a slide, the visual target can be shifted at any position. The slide can be rotated vertically around an axis, that corresponds to the axis of vertical eye inclination. The headrest was adjusted for the individually comfortable head posture.

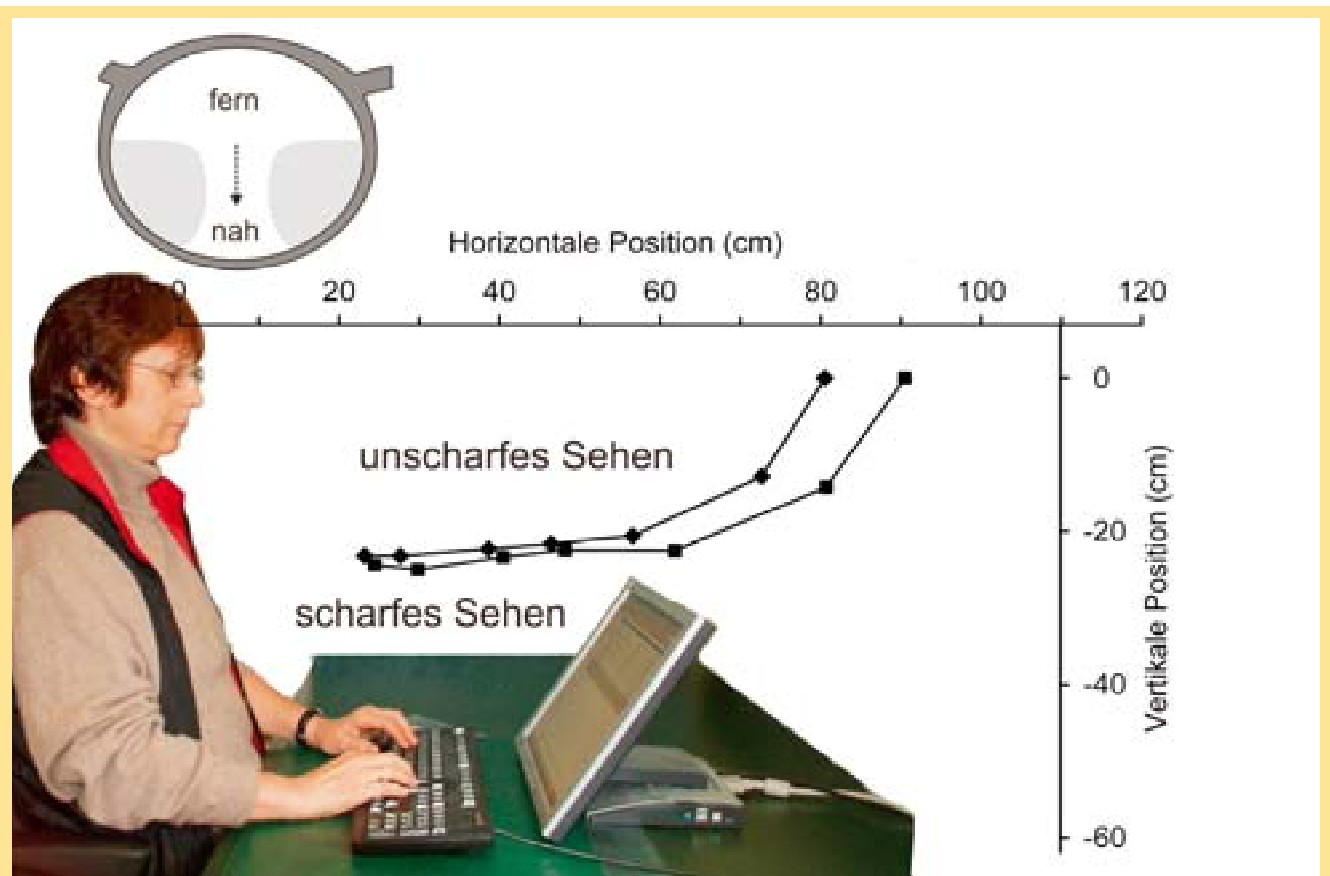


Abbildung 3: Individuelles Beispiel des Akkommodationsnahpunktes als Funktion der Augenneigung bei einer alterssichtigen Probandin, die eine bequeme Kopfhaltung einnimmt und eine Universal-Gleitsichtbrille trägt. In einem Koordinatensystem mit der Augenposition als Ursprung ist der naheste Punkt des scharfen Sehens für verschiedene vertikale Augenneigungen eingetragen. Die beiden Messwiederholungen ergaben ähnliche Kurven. Unscharfes Sehen besteht an allen Positionen, die näher am Auge sind als diese Kurve; scharfes Sehen besteht bei entfernteren Positionen. Das maßstabsgerecht überlagerte Foto zeigt, wie für diese Probandin ein Flachbildschirm im Bereich des scharfen Sehens angeordnet wurde.

Figure 3: Individual example of the near point curve of accommodation as a function of eye inclination for a presbyopic subject assuming a comfortable head posture and wearing progressive addition spectacles for general use. The nearest point of clear vision is plotted in coordinates with eye position as origin. Two repeated measurements gave similar curves. Vision is unclear at any position closer to the eyes than these curves, vision is clear at more distant positions. The curves are combined (in scale) with a photograph showing that the flat computer screen was placed within the range of clear vision of this subject.

abstand) umgerechnet, die Zusatzlinsenwirkung von 1,0 Dioptrie wurde subtrahiert und das Ergebnis schließlich wieder in die Einheit Meter umgerechnet. In dieser Weise konnte ein Sehabstandsbereich bis zu 2,7 m vermessen werden, und zwar mit einer gut handhabbaren Länge der Verschiebeeinrichtung von 73 cm, bei der die Probanden das Sehobjekt gut beurteilen konnten.

Die 12 Probanden waren Mitarbeiter/innen unseres Instituts für Arbeitsphysiologie, die Universal-Gleitsichtbrillen für ihre tägliche Bildschirmarbeit benutzten. Das mittlere Alter der Probanden war 55 Jahre (Standardabweichung 2,8 Jahre, Bereich 51–62 Jahre). Mit ihren Universal-Gleitsichtbrillen hatten alle eine Sehschärfe von mindestens 0,8.

3. Ergebnisse

Zu Beginn jeder Sitzung nahmen die Probanden zunächst ihre bequeme Kopfhaltung ein, nachdem sie mit geschlossenen Augen den Kopf nach hinten und vorne geneigt hatten. Nach der Mittelung der individuellen Messwiederholungen der Reid's Line ergab sich für die bequeme Kopfhaltung ein Gruppenmittelwert \pm Standardabweichung von $8,2 \pm 3,3$ Grad (Bereich 2,3–11,7 Grad); positive Winkel der Reid's Line geben an, um welchen Winkel die Verbindungslinie vom Ohr zum Auge relativ zur Horizontalen ansteigt.

Abbildung 3 zeigt ein individuelles Beispiel des Akkommodationsnahpunktes als Funktion der Augenneigung bei einer alterssichtigen Probandin, die eine

bequeme Kopfhaltung einnimmt und eine Universal-Gleitsichtbrille trägt. In einem Koordinatensystem mit der Augenposition als Ursprung ist der naheste Punkt des scharfen Sehens für verschiedene vertikale Augenneigungen eingetragen. Die beiden Messwiederholungen ergaben ähnliche Kurven. Unscharfes Sehen besteht an allen Positionen, die näher am Auge sind als diese Kurve; scharfes Sehen besteht an entfernteren Positionen. Das maßstabsgerecht überlagerte Foto zeigt, wie für diese Probandin ein Flachbildschirm im Bereich des scharfen Sehens angeordnet wurde.

Entsprechend dem Schema in Abbildung 3 sind die Akkommodationsnahpunkte als Funktion der Augenneigung von drei Personen in Abbildung 4 darge-

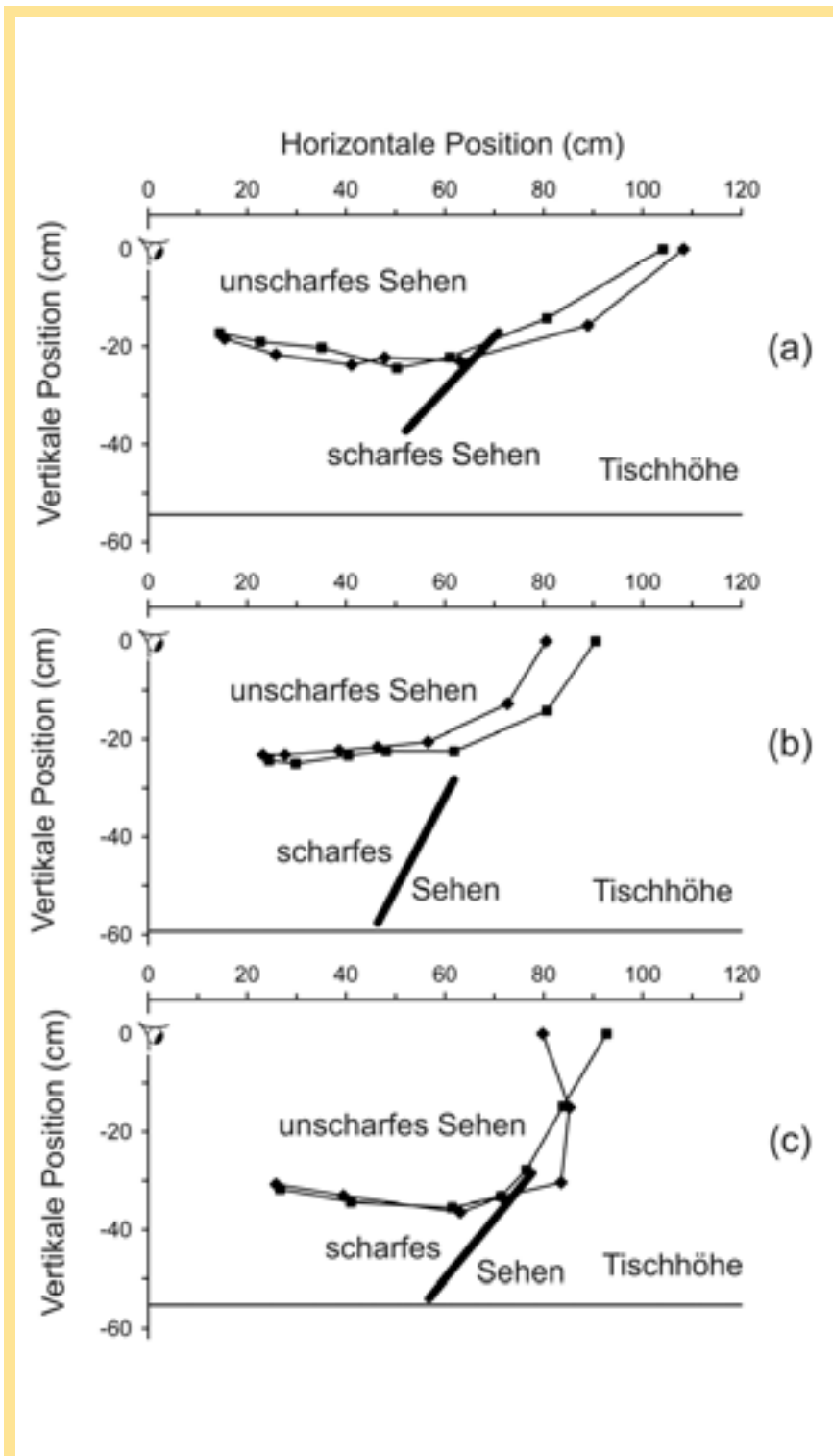


Abbildung 4: Nahpunktcurven der Akkommodation (Messungen an zwei Tagen) für drei individuelle Beispiele entsprechend dem Schema in Abbildung 3. Die Balken zeigen die Position des Bildschirms (relativ zum Auge) im scharfen Sehbereich an den Büroarbeitsplätzen dieser Probanden. Die horizontale Linie illustriert die jeweilige Tischhöhe relativ zum Auge. Abbildung 4b gibt die Daten von Abbildung 3 wieder.

Figure 4: Near point curves of accommodation (measured on two days) for three individual participants corresponding to the scheme in Figure 3. The bars indicate the position of the flat screen (relative to the eyes) within the range of clear vision at the office workplaces of these participants. The horizontal line illustrates the actual table level relative to the eyes. Figure 4b reflects the data in Figure 3.

stellt. Diese Probanden haben an ihren Büroarbeitsplätzen die Flachbildschirme im Bereich des scharfen Sehens positioniert, der sich bei bequemer Kopfhaltung ergeben hatte. In Abbildung 4 sind diese Bildschirmpositionen durch Balken dargestellt; zusätzlich ist in Abbildung 4 die jeweilige Tischhöhe relativ zur Augenhöhe eingetragen. Solche Diagramme zeigen also den nutzbaren Bereich am Bildschirmarbeitsplatz, wenn alterssichtige Personen Universal-Gleitsichtbrillen tragen und eine bequeme Kopfhaltung einnehmen.

Abbildung 5 zeigt das Ensemble der Nahpunktcurven der Akkommodation aller 12 Probanden. Die meisten Kurven verlaufen mehr oder weniger parallel. Die Unterschiede zwischen diesen individuellen Kurven erklären sich aus unterschiedlicher Rest-Akkommodationsfähigkeit der Probanden und aus Unterschieden in den optischen Eigenschaften der jeweils getragenen Gleitsichtbrille. Wir haben den 12 Teilnehmern der Studie vorgeschlagen, an ihren Büroarbeitsplätzen einen Flachbildschirm entsprechend den gemessenen Kurven aufzustellen. Bei 8 Teilnehmern führte dies zu ergonomischen Lösungen mit gutem Sehvermögen ohne Nackenbeschwerden, so dass sie diese niedrigen Bildschirmpositionen mit ihrer Universal-Gleitsichtbrille seit mehr als einem Jahr für ihre tägliche Büroarbeit benutzen. Dies spricht für die langfristige Akzeptanz dieser ergonomischen Lösung.

Für diese 8 Teilnehmer zeigen die Dreiecke in Abbildung 5 die jeweiligen Positionen der Bildschirmmitte relativ zum Auge. Diese Positionen liegen alle mehr als 25 cm unterhalb der Augenposition und bei horizontalen Sehabständen zwischen 40 und 80 cm; diese Bildschirme befinden sich für jeden Probanden im Bereich des scharfen Sehens. Daraus ergibt sich aus Abbildung 5 ein Blickneigungswinkel (die Abwärtsneigung der Verbindungslinie vom Auge zur Bildschirmmitte) von 28 ± 8 Grad. Zur Illustration der Arbeitsplatzsituation ist in Abbildung 5 auch der Mittelwert (und der Bereich) der Tischhöhe relativ zum Auge eingezeichnet.

Die Bildschirmpositionen dieser 8 Teilnehmer sind erheblich tiefer als es

meist üblich ist; dies ergibt sich aus der Punktelwolke (offene Kreise in Abbildung 6), die die Verteilung von konventionellen Bildschirmpositionen in einer früheren Feldstudie an Arbeitsplätzen von 50 alterssichtigen Probanden darstellt (Zeller & Jaschinski 2005). Diese Bildschirmpositionen liegen im Bereich bis maximal 25 cm unterhalb der Augen und erlauben mit Universal-Gleitsichtbrillen meist kein scharfes Sehen bei bequemer Kopfhaltung. Dies ergibt sich aus den Nahpunktcurven der Akkommodation, von denen beispielhaft 5 der 12 individuellen Kurven aus Abbildung 5 eingezeichnet sind. Sie repräsentieren den Bereich der vorkommenden Kurven dieser Stichprobe.

Wir haben bei den 8 Probanden, die niedrige Bildschirmpositionen an ihren Arbeitsplätzen verwendeten, die Kopfhaltung beim Blick auf die Bildschirmmitte gemessen. Die resultierende Reid's Line betrug $6,9 \pm 4,6$ Grad (Mittelwert \pm Standardabweichung), diese Verteilung war sehr ähnlich wie die Verteilung der Reid's Line, die sich bei diesen 8 Probanden in den Messsitzungen bei der Ermittlung der bequemen Kopfhaltung ergeben hatte, also nach dem Auf- und Abwärtsbewegen des Kopfes bei geschlossenen Augen ($7,5 \pm 2,9$ Grad). Weiterhin bestand für die Reid's Line eine signifikante Korrelation ($r = 0,75$, $p < 0,025$; einseitig, $n = 8$) zwischen der Kopfhaltung am Arbeitsplatz und der ermittelten bequemen Kopfhaltung. Diese Befunde zeigen, dass die Probanden bei der Arbeit an niedrig aufgestellten Bildschirmen eine Kopfhaltung einnahmen, die für sie bequem war. Als Vergleich haben wir bei diesen 8 Personen auch gemessen, welche Kopfhaltung sie einnahmen, wenn sie ein entferntes Objekt in Augenhöhe fixierten; diese resultierende aufrechte Kopfhaltung führte zu einer mittleren Reid's Line von $17,0 \pm 5,3$ Grad; somit ist im Mittel die Kopfhaltung bei der Bildschirmarbeit ($6,9$ Grad) um etwa 10 Grad relativ zur aufrechten Kopfhaltung ($17,0$ Grad) abgesenkt.

4. Diskussion

Bei nicht-alterssichtigen Personen ist die ergonomische Positionierung des

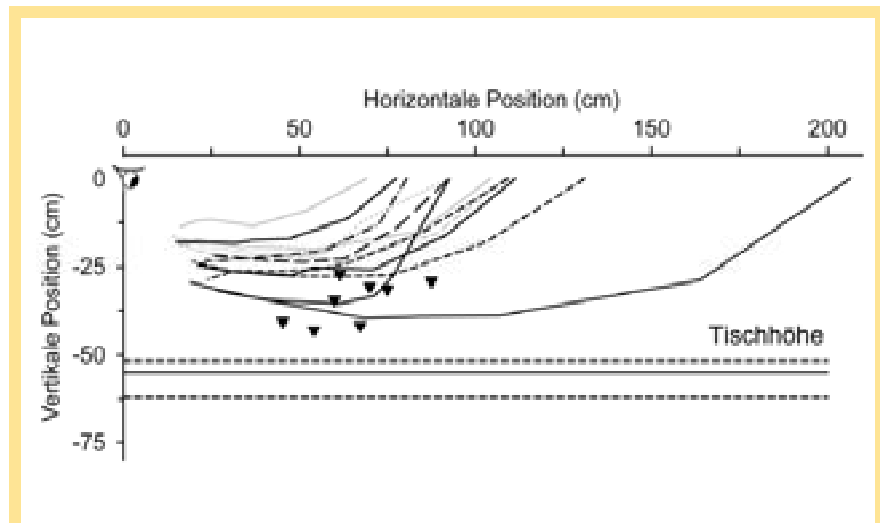


Abbildung 5: Individuelle Nahpunktcurven der Akkommodation für alle 12 Probanden (jeweils gemittelt über die zwei Messwiederholungen). Der Koordinatenursprung gibt die Augenposition an. 8 der 12 Teilnehmer dieser Studie benutzen an ihren Büroarbeitsplätzen niedrig aufgestellte Flachbildschirme, deren Lage der Bildschirmmitte durch die Dreiecke dargestellt ist. Diese Bildschirmpositionen liegen für diese 8 Personen im Bereich des scharfen Sehens unterhalb der individuellen Nahpunktcurven.

Figure 5: Individual near point curves of accommodation for all 12 participants (each averaged across two repeated measurements). The origin of the coordinates indicates eye position. 8 of the 12 participants used low screen positions at their office workplaces, as described by the triangles. The low screen position of these 8 participants lie within their ranges of clear vision, below the individual near point curves.

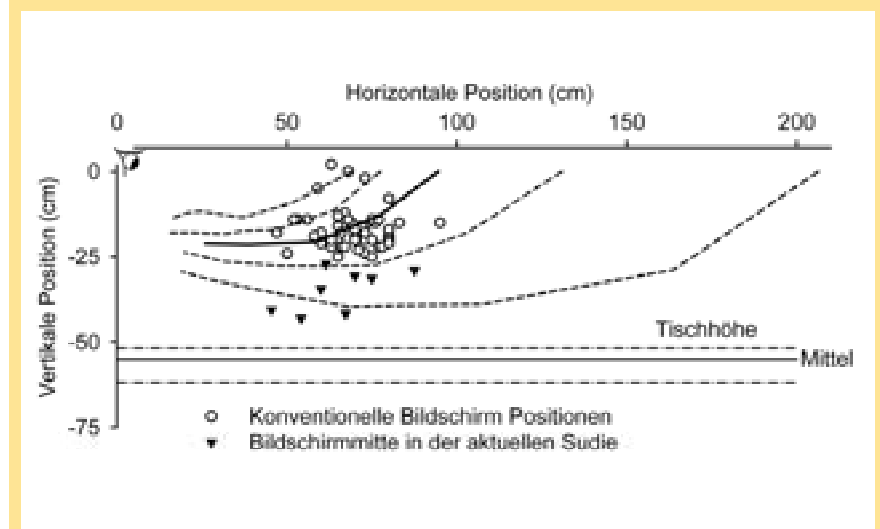


Abbildung 6: Fünf individuelle Nahpunktcurven der Akkommodation zur Illustration des interindividuellen Bereiches; die dicke Linie repräsentiert einen durchschnittlichen Fall. Im Vergleich zu den Bildschirmpositionen der vorliegenden Studie (Dreiecke, siehe Abbildung 4) verdeutlichen die offenen Kreissymbole die Verteilung der Bildschirmmittenpositionen relativ zum Auge in einer Stichprobe von 50 alterssichtigen Teilnehmern einer früheren Feldstudie, in der Röhrenbildschirme in konventionellen Positionen benutzt wurden. Ein Vergleich mit den Nahpunktcurven zeigt, dass in der Mehrzahl dieser Fälle der Bildschirm unscharf erscheinen wird, wenn Universal-Gleitsichtbrillen in bequemer Kopfhaltung benutzt werden.

Figure 6: Five individual near point curves of accommodation for illustration of the interindividual range; the heavy line represents an average example. Compared to the low screen positions of the present study (triangles, see Figure 5) the open symbols show the distribution of centre screen positions relative to the eyes in a sample of 50 presbyopic subjects in a former field study where cathode ray tube screens were used in conventional positions. A comparison with the near point curves shows, that in the majority of these cases the screen appears unclear if progression addition spectacles are used with comfortable head position.

Bildschirms unabhängig von der Frage, welche Brillenkorrektur der Nutzer trägt. Denn eine gute Akkommodationsfähigkeit erlaubt ein scharfes Sehen über den gesamten Arbeitsplatz und zur Korrektur eventueller Fehlsichtigkeiten ist dieselbe Brille für die Ferne wie für die Nähe angebracht. Dennoch ist auch bei Nicht-alterssichtigen die Wahl des Sehabstands nicht beliebig. Es gibt Hinweise dafür, dass es eine individuell-bevorzugte Position bezüglich des Sehabstands und der Höhenaufstellung des Bildschirms gibt (Jaschinski 1999a). Eine Anleitung zur Ermittlung der individuellen Bildschirmposition findet sich unter www.ergonetz.de/bildschirm/index.html und www.ifado.de/vision. Wenn individuelle Schwächen im Konvergenzsystem (der beidäugigen Koordination) beim Nahsehen vorliegen, können größere Sehabstände vorteilhaft sein (Jaschinski 1999b, 2003, 2005).

Bei Alterssichtigen kommen im Prinzip verschiedene Varianten von Brillengläsern in Frage, die die Akkommodation beim Nahsehen unterstützen, z.B. Ein-, Zwei- oder Dreistärkengläser. Diese Gläser erlauben ein scharfes Sehen in bestimmten Bereichen des Sehfeldes, jeweils für enger abgegrenzte Bereiche von Sehabständen. In der vorliegenden Studie geht es um Gleitsichtgläser, die ein übergangslos scharfes Sehen erlauben, wenn der Nutzer durch verschiedene Bereiche des Gleitsichtglases blickt.

In der Augenoptik wird die Wirkung von Gleitsichtgläsern gewöhnlich beschrieben und spezifiziert durch die Verteilung der Linsenbrechkraft (in Dioptrien) innerhalb des Brillenglases (Abbildung 1). Der daraus resultierende Bereich des scharfen Sehens wird in der Praxis gewöhnlich nicht dargestellt oder gemessen, so dass vielen Nutzern von Gleitsichtbrillen die Bedeutung der Brilleneigenschaften für die Arbeitsplatzgestaltung unklar bleibt. Insofern können die hier durchgeführten Messungen des Akkommodationsnahpunktes und die Darstellung in Ortskoordinaten (in cm) relativ zum Auge hilfreich sein, um den Bildschirm in den resultierenden Bereichen des scharfen Sehens zu positionieren. Umfangreiche Messungen des scharfen Sehbereichs für verschiedene

Varianten von Gleitsichtgläsern führte von Buol (2002) durch und zwar (1) nicht nur für vertikale Augenbewegungen, sondern auch für horizontale Blickbewegungen zur Vermessung der Breite der Progressionszone, sowie (2) mit Messungen des Nah- und des Fernpunktes der Akkommodation. Die vorliegende Studie beschränkt sich auf Messungen des Nahpunktes bei vertikaler Augenbewegung, weil dieses Maß und die resultierenden Kurven in der Praxis entscheidend dafür sind, wie weit der Nutzer den Bildschirm absenken muss, um ihn bei bequemer Kopfhaltung scharf zu sehen.

Diese Messungen des Nahpunktes der Akkommodation bei verschiedenen Augenbewegungen wurden bei Probanden durchgeführt, die eine Universal-Gleitsichtbrille trugen. Diese Brillen erlauben ein scharfes Sehen von der Ferne bis in die Nähe, z.B. beim Autofahren und Lesen eines Buches. Wie in der Einleitung erläutert, führen solche Universal-Gleitsichtbrillen bei relativ hoch aufgestellten Bildschirmen (wie es oft üblich ist) zu unscharfem Sehen. Entsprechend der jeweiligen Brechkraftverteilung im Gleitsichtglas und der verbleibenden Akkommodationsfähigkeit des Probanden ergaben sich individuelle Kurven des Akkommodationsnahpunktes. Allgemein zeigte sich, dass bei bequemer Kopfhaltung die Bildschirme scharf gesehen werden können, wenn die Bildschirmmitte sich im Bereich zwischen 25 und 45 cm unterhalb der Augen und bei Sehabständen zwischen 40 und 80 cm befindet. Solche niedrigen Bildschirmpositionen lassen sich mit Röhrenmonitoren auf gängigen Bürotischen nicht erreichen. Allerdings erlauben die heute zunehmend verbreiteten Flachbildschirme im Prinzip niedrige Aufstellungen, allerdings nur dann, wenn der Fuß des Flachbildschirms für eine entsprechende flexible Verstellung konstruiert ist oder wenn man Schwenkarme benutzt.

In der vorliegenden Studie verwendeten 8 der 12 Teilnehmer solche niedrigen Positionen seit mehr als einem Jahr für ihre tägliche Büroarbeit, d.h. sie nahmen am Bildschirm eine bequeme Kopfhaltung ein und benutzten dabei ihre Uni-

versal-Gleitsichtbrille, die somit scharfes Sehen in sämtlichen Sehsituationen erlaubte: beim Arbeiten am Bildschirm, beim Sehen in der Ferne (Autofahren) und beim Lesen von gedruckten Materialien. Ein Brillenwechsel war dazu also nicht erforderlich.

Die hier vorgestellten Messkurven des Akkommodationsnahpunktes stellen eine Anregung dar, dass bisher eher unübliche ergonomische Bildschirmaufstellungen durch Flachbildschirme möglich werden. Es wird in der Praxis gewöhnlich nicht erforderlich sein, solche Messkurven des Akkommodationsnahpunktes aufzunehmen, um den Bildschirm zu positionieren. Die hier resultierenden Bereiche von Bildschirmhöhen und Sehabständen können jedoch für die betriebliche Praxis eine Richtschnur sein. Wenn sich daraus keine zufriedenstellende Lösung ergeben sollte, könnten Arbeitsmediziner oder Augenoptiker mit vereinfachten Messungen des Akkommodationsnahpunktes unter Arbeitsplatzbedingungen die Wirkung verschiedener Brillenvarianten demonstrieren.

Die 8 Probanden, die niedrige Bildschirme an ihren Arbeitsplätzen verwendeten, nahmen dabei eine mittlere Blickneigung von 28 Grad (Bereich 18–41 Grad) ein, was erheblich tiefer war als der für Bildschirmarbeit in manchen Studien empfohlene Bereich des Blickneigungswinkels von 0–20 Grad (Dellemann 2004; Psihogios, Sommerich, Mirka & Moon, 2001; Sommerich, Joines & Psihogios, 2001). Diese Autoren betonen jedoch auch, dass ihre Empfehlung sich auf junge Personen bezieht und bei alterssichtigen Personen die besonderen Bedingungen ihrer jeweiligen Brillenkorrektur zu berücksichtigen sind. Die Blickneigungswinkel im Bereich von 18–41 Grad in dieser Studie decken sich gut mit der Empfehlung in DIN EN ISO 9241/5, wo ein Bereich des Blickneigungswinkels von 20–50 Grad mit einem Mittelwert von 35 Grad genannt ist. Dies wird von Grifka, Tingart, Hofbauer & Peters (2002 a und b) aus orthopädischer Sicht unterstützt. Im Folgenden werden die in unserer Studie von den 8 Probanden an ihren Arbeitsplätzen eingenommenen Kopf- und Augenneigungswinkel mit der entsprechenden

physiologischen Literatur verglichen. Für die muskuloskeletale Beanspruchung ist zu berücksichtigen, dass die von den Nackenmuskeln ausgeübte Kraft umso größer wird, je mehr der Kopf nach unten geneigt wird. Es ergab sich an den Arbeitsplätzen der 8 Probanden eine Kopfneigung von 10 Grad (relativ zur Kopfhaltung bei Blick auf ein horizontales Sehobjekt), während in einer Studie von Chaffin & Anderson (1999) selbst bei einer Kopfneigung von 15 Grad weder Empfindungen von Beanspruchung, noch elektromyographische Veränderungen zu beobachten waren (auch nicht nach 6-stündiger Arbeitsdauer). Der Betrag der Augenneigung relativ zum Kopf ergibt sich aus dem Blickneigungswinkel von 28 Grad und der Kopfneigung von 10 Grad (wobei Augen- und Kopfneigung sich nicht addieren, da es sich um verschiedene Drehachsen handelt). Im Mittel kann die Augenneigung geometrisch zu etwa 15 Grad abgeschätzt werden, was in guter Übereinstimmung steht mit der mittleren bequemen Augenneigung von 12 Grad (interindividueller

Bereich 0–25 Grad), die Menozzi, von Buol, Krueger & Miede (1994) bestimmten. Nach diesen physiologischen Überlegungen ist es nicht zu erwarten, dass die in der vorliegenden Studie ermittelten Augen- und Kopfhaltungen zu besonderen Beanspruchungen führen, soweit nicht individuelle orthopädische Einschränkungen bestehen sollten.

In dieser Stichprobe verwendeten 4 von 12 Teilnehmern an ihrem Arbeitsplatz keine niedrige Bildschirmposition. Die Gründe waren unterschiedlich: Für eine Person war der Bildschirm bei einem Sehabstand von 76 cm auch ohne Brille noch scharf genug zu sehen; eine zweite Person hatte Bandscheibenbeschwerden im Nackenbereich, die ein Absenken des Kopfes erschwerten; eine dritte Person hatte einen Flachbildschirm, der sich nicht hinreichend weit nach unten verstellen ließ und die vierte Person neigte zum Abwärtsblicken vorwiegend den Kopf und nicht die Augen, so dass auch der niedrige Bildschirm unscharf erschien. Aus diesen Beispielen wird deutlich, dass niedrig aufge-

stellte Flachbildschirme nicht generell eine günstige Lösung für Träger von Universal-Gleitsichtbrillen darstellen.

Insbesondere müssen folgende potenziellen Nachteile dieser ergonomischen Lösung für Alterssichtige bedacht werden. Gleitsichtgläser erlauben ein Übergangslos scharfes Sehen lediglich in der zentralen vertikalen Progressionszone; bei größeren Augenbewegungen nach rechts oder links führt der aus optischen Gründen unvermeidbare Astigmatismus schiefer Bündel zu unscharfem Sehen (Abbildung 1). Diese Progressionszone ist umso schmaler, also das Sehen umso stärker eingeschränkt, je stärker die additive optische Wirkung des Nahzusatzes im unteren Glasbereich im Vergleich zum oberen Glasbereich ist; d.h., bei jüngeren Alterssichtigen ist der erforderliche Nahzusatz geringer und somit die Progressionszone breiter als bei älteren Alterssichtigen. Um am Bildschirm möglichst eine breitere Progressionszone und somit ein scharfes Sehen über eine größere Fläche des Bildschirms zu erhalten, werden Arbeitsplatzbrillen da-

SICHERHEITSLANZETTEN

Die Sicherheitslanzetten mit dem Patent gegen Schmerz

Seit vielen Jahren setzen Unistik Sicherheitslanzetten weltweit hohe Standards für Sicherheit und einfache Bedienung bei geringen Kosten. Jetzt haben wir sie abermals verbessert!

- Vorgespannte Sicherheitslanzette mit seitlicher Auslösung
- Verriegelungsmechanismus verhindert versehentlichen Zweiteinsatz
- Nur 4 Ausführungen sparen Lagerhaltungskosten
- Patentierte Comfort Zone reduziert das Schmerzempfinden bei Patienten

Gern informieren wir Sie ausführlich!

Unistik® 3



Neu!

Patentierte Comfort Zone:
Kleine Erhebungen setzen Anfangsreize und reduzieren so das Schmerzgefühl

 OWEN MUMFORD

Owen Mumford GmbH · Alte Häge 1 · 63762 Großostheim-Ringheim · Fon 06026 97750 · Fax 06026 977529 · www.owen-mumford.de

her mit einer gewissen additiven optischen Wirkung auch im oberen Glasbereich hergestellt, um den Unterschied im Nahzusatz zwischen oberem und unterem Glasbereich geringer zu halten (was aber zu unscharfem Sehen in der Ferne führt). Die Breite der Progressionszone kann Auswirkungen auf die Koordination der horizontalen Kopf- und Augenbewegungen haben: Je schmaler die Progressionszone ist, umso mehr müssen die schnellen sakkadischen Augenbewegungen durch langsamere Kopfbewegungen ersetzt werden (von Buol 2002; Han et al. 2003 a und b) oder es wird ein partielles unscharfes Sehen in Kauf genommen. Die Auswirkungen dieser Störungen der natürlichen Auge-Kopf-Koordination werden sich individuell unterschiedlich bemerkbar machen. Für Personen, die mit einer engen Progressionszone bei Universal-Gleitsichtbrillen nicht beschwerdefrei am Bildschirm sehen können, kann eine breitere Progressionszone einer speziellen Gleitsichtbrille für den Bildschirmarbeitsplatz eine adäquate Lösung sein (oder auch eine Einstärken-Bildschirmbrille, die im gesamten Blickfeld scharfes Sehen erlaubt, aber nur in einem eingeschränkten Sehabstandsbereich). In der vorliegenden Studie jedoch schien für unsere 8 Teilnehmer mit Universal-Gleitsichtbrillen an niedrigen Bildschirmen die begrenzte Breite der Progressionszone nicht problematisch zu sein. Dazu mag beigetragen haben, dass Träger von Universal-Gleitsichtbrillen sich durch Lesen von gedruckten Materialien auf ihre individuelle Progressionszone eingestellt haben.

Ein weiterer potenzieller Nachteil von niedrig aufgestellten Flachbildschirmen ergibt sich daraus, dass man sie nach hinten neigen muss, um möglichst senkrecht auf die Schirmfläche blicken zu können. Dadurch können – je nach Bürosituation – Reflexionen von Deckenleuchten auf der Schirmfläche sichtbar werden. Da die Position von Deckenleuchten nicht so leicht verändert werden kann, wird man gewöhnlich eher die Monitor- und Sitzposition im Raum verändern können, um eine günstige Aufstellung ohne Reflexionen zu finden.

Aus dieser Diskussion ergibt sich, dass mit zunehmendem altersbedingtem

Verlust der Akkommodation die möglichen Ausgleichsmaßnahmen für den Bildschirmarbeitsplatz jeweils spezifische Vor- und Nachteile aufweisen. In dieser Abwägung gelangt diese Studie zu folgenden Schlussfolgerungen:

- (1) Vorausgesetzt Träger von Universal-Gleitsichtbrillen können an niedrig aufgestellten Flachbildschirmen ohne Nackenbeschwerden gut sehen, dann ist dies eine mögliche ergonomische Lösung, bei der dieselbe Gleitsichtbrille für alle Sehaufgaben verwendet werden kann: das Autofahren, das Lesen gedruckter Texte und Arbeit am Bildschirm. Niedrige Flachbildschirme erfordern jedoch entsprechend flexible Ständer und eine Aufstellung ohne störende Reflexionen von Deckenleuchten.
- (2) Als Alternative kommen spezielle Bildschirmarbeitsplatzbrillen in Frage; als Gleitsichtbrillen haben sie den Vorteil einer breiteren Progressionszone im Vergleich zu Universal-Gleitsichtbrillen. Methling (2008) beschreibt ein systematisches Schema mit Kriterien für die Anwendung von Bildschirmarbeitsplatzbrillen.
- (3) Entscheidend ist, dass bei der Wahl der geeigneten Lösung die jeweiligen Vor- und Nachteile abzuwägen sind, und zwar unter Berücksichtigung der individuellen physiologischen Dispositionen sowie der Erfordernisse und Bedingungen der jeweiligen Arbeitsaufgabe.

5. Literatur

- Chaffin DB, Andersson GBJ, Martin BJ (1999) *Occupational Biomechanics*. Wiley & Sons Inc, New York
- Delleman NJ (2004) Head and neck. In: Delleman NJ, Haslegrave CM, Chaffin DB (Hrsg), *Working Postures and Movements: Tools for Evaluation and Engineering*. CRC Press, Boca Raton (Fl), 87–105
- Grifka J, Tingart M, Hofbauer R, Peters T (2002a) Der Bürobildschirmarbeitsplatz aus orthopädisch-arbeitsmedizinischer Sicht. *Der Orthopäde* 31:1015–1022
- Grifka J, Tingart M, Hofbauer R, Peters T (2002b) Entwicklung und Anwendungserprobung einer Mehrstufendiagnostik für Muskel-Skelett-Erkrankungen bei der arbeitsmedizinischen Routineuntersuchung. *Der Orthopäde* 31: 973–980
- Han Y, Ciuffreda KJ, Selenow A, Ali SR (2003a). Dynamic interactions of eye and head movements when reading with single-vision and progressive lenses in a simulated computer-

based environment. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 44: 1534–1545

Han Y, Ciuffreda KJ, Selenow A, Bauer E, Ali SR, Spencer W (2003b). Static aspects of eye and head movements during reading in a simulated computer-based environment with single-vision and progressive lenses. *Invest. Ophthalmol Vis Sci* 44 : 145–153

Jaschinski W (1999a) Zur individuellen ergonomischen Gestaltung am Bildschirmarbeitsplatz: Sehabstand und Blickneigungswinkel. *Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed* 34: 277–281

Jaschinski W (1999b) Die Bedeutung von Sehabstand und Blickneigung für individuelle Sehfunktionen und visuelle Ermüdung am Bildschirmarbeitsplatz. *Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed* 34: 225–230

Jaschinski W (2003) Asthenopische Beschwerden und die Konvergenz der Augen am Bildschirmarbeitsplatz: Neue Messverfahren für Praxis und Forschung. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 220: 551–558

Jaschinski W (2005) Sehbeschwerden und Aspekte der Fixationsdisparität. *Z prakt Augenheilkd* 26: 282–286

Krueger H, Hessen J, Zülch J (1982) Bedeutung der Akkommodation für das Sehen am Arbeitsplatz. *Z Arbeitswiss* 36: 159–163

Kumar S (1994). A computer desk for bifocal lens wearers, with special emphasis on selected telecommunication tasks. *Ergonomics* 37: 1669–1678

Methling D (2008) Empfehlungen für Bildschirmarbeitsplatzbrillen, kritisch betrachtet. *Zbl Arbeitsmed* 58: 48–55

Menozi M, von Buol A, Itschner L, Saluz L, Krueger H (1996) Die Eignung verschiedener cephalometrischer Bezugslinien für die Bestimmung der vertikalen Ausrichtung des Kopfes. *Z. Morph. Anthropol.* 81: 205–215

Menozi M, von Buol A, Krueger H, Miede C (1994) Direction of gaze and comfort: discovering the relation for the ergonomic optimization of visual tasks. *Ophthal Physiol Opt* 14: 393–399

Psihogios JP, Sommerich CM, Mirka GA, Moon SD (2001). A field evaluation of monitor placement effects in VDT users. *Applied Ergonomics* 32: 313–325

Sommerich CM, Joines SM, Psihogios JP (2001). Effects of computer monitor viewing angle and related factors on strain, performance, and preference outcomes. *Hum Factors* 43: 39–55

von Buol A (2002) Der Einfluss von Gleitsichtbrillen auf Kopf- und Augenbewegungen. Diss. Technische Wissenschaften ETH Zürich

Zeller I, Jaschinski W (2005) Wohin mit dem Bildschirm? Eine Feldstudie über arbeitsbedingte Beschwerden an Bildschirmarbeitsplätzen. *ErgoMed* 29: 3–8

Danksagung

Die Messungen dieser Studie wurden von Herrn Matthias Befurt durchgeführt.