

# Folgen der Presbyopie für die Sehdynamik und die Arbeit am Bildschirm

H. Krueger

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

## 1. Einführung

Das scharfe Sehen in unterschiedlichen Entfernungen erfordert neben einer Ausrichtung der Augenachsen (Vergenz) auf das Sehobjekt auch eine Anpassung der Brechkraft der Augenoptik an die Sehdistanz (Akkommodation). Das Akkommodationsvermögen kann durch die Angabe der Differenz der Entfernung zwischen Nah- und Fernpunkt gekennzeichnet werden, wenn diese in Dioptrien ( $m^{-1}$ ) gemessen werden.

Der jeweilige Wert der Akkommodation stellt sich als Gleichgewicht der aktiven Kraft des Ziliarmuskels und der passiven elastischen Kräfte von Linse und Aderhaut ein. Da die Linse im Laufe des Lebens ihre Elastizität verliert, kommt es bekanntlich zu einem gleichlaufenden Verlust an Akkommodationsvermögen bis auf einen Rest von ca. 1dpt /1/.

Die Einstellung der richtigen Sehentfernung erfolgt in einem nervösen Regelsystem, das sowohl die Akkommodation als auch die Vergenz umfasst. Die Funktion eines solchen Systems kann von zwei Warten aus betrachtet werden. In der augenärztlichen Praxis stehen die erreichbaren statischen Endwerte, wie Sehschärfe und Nahpunkt, im Vordergrund der Untersuchung. Für die Gesamtfunktion darf das Zeitverhalten, das sogenannte Einschwingverhalten, aber nicht vernachlässigt werden. Es ist von grosser Bedeutung zu wissen, wie und in welcher Zeit die Endwerte erreicht werden.

Im Wesen eines Regelsystems liegt es, Störungen zu kompensieren, solange die Regelkapazität des Systems nicht überschritten wird. Daher zeigen sich Beanspruchungen zuerst in der Dynamik und erst später in den Gleichgewichtswerten.

So ist es für die Praxis zwar wichtig, Sehschärfe und Akkommodationsvermögen zu kennen. Gute Werte können aber nur genutzt werden, wenn die Einstellungen in vernünftiger Zeit erreicht werden.

Zur Erfassung der Zeitfaktoren der Entfernungseinstellung des Auges, sowie der Auswirkung am Arbeitsplatz wurden Versuche durchgeführt.

## 2. Zeitfaktoren der Entfernungseinstellung

Die Dynamik soll hier vereinfachend auf die Grössen Reaktionszeit, dynamische Amplitude und Geschwindigkeit beschränkt werden.

### 2.1 Methodik

Akkommodation, Vergenz und Pupillenweite wurden mit objektiven Methoden registriert. Die Zeitauflösung der mit infrarotem Licht ( $>800$  nm) durchgeführten Messungen betrug 20 dpt/s für die Akkommodation und 100 Hz für die Vergenz. Die Amplitudenauflösung war 0.05 dpt bzw. 20 Bogenminuten /2,3/.

Die untersuchten Personen hatten Sprüngen der Sehentfernung zwischen 300, 100, 50 und 33 cm (0.3, 1, 2, 3 dpt) zu folgen. Diese Entfernungen entsprechen den Anforderungen am Argeförderter von der Bundesanstalt für Strassenwesen (BRD)

Arbeitsplatz. Als Sehobjekt diente ein Malteser-Kreuz. Richtung und Grösse des Sprunges der Sehentfernung waren zufällig verteilt.

Die Werte von Akkommodation und Vergenz wurden jeweils 4 s lang im Anschluss an einen Sprung ausgewertet. Der innerhalb dieser für den praktischen Einsatz bereits recht langen Zeit erreichte Endwert wird im folgenden als dynamische Reaktionsamplitude genommen. Über eine längere Zeit können also durchaus bessere Sollwerte erreicht werden. Für die Darstellung wurden die 12 verschiedenen Werte jeweils zu einem Normwert zusammengefasst.

In die Studie wurden 100 Personen aufgenommen, die keine Hyperopie und höchstens eine korrigierte Myopie bis zu 1 dpt besaßen. Die Phorielinie wurde jeweils subjektiv bestimmt, um latente Heterophorien nach Möglichkeit ebenfalls zu erkennen. Die Nah- (3 dpt) und die Fernsehschärfe waren besser als 1.0.

### 2.2 Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass die Vergenz altersunabhängig ist. Die Verteilung von dynamischer Vergenzamplitude und Vergenzgeschwindigkeit hängt nicht vom Alter ab. Die Reaktionszeit bleibt bis zu einem Alter von 55 Jahren praktisch konstant, um dann langsam anzusteigen.

Die Kenngrössen der Akkommodation unterliegen dagegen einem deutlichen Altersverlauf. Nicht nur das Akkommodationsvermögen sinkt. Bereits frühzeitig stellt sich ein dynamischer Funktionsverlust ein. Mit dem 55. Lebensjahr ist die dynamische Verfügbarkeit praktisch auf Null zurückgegangen.

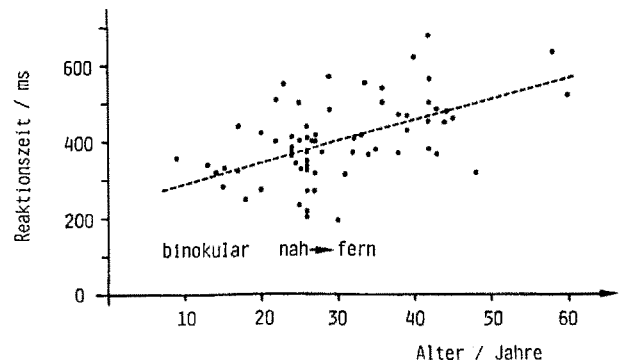


Abb. 1 Reaktionzeit der Akkommodation

Die Reaktionszeit (Abb.1) steigt im Laufe des Lebens linear mit dem Alter an. Ausgehend von einem Wert von 300 ms im Alter von 10 Jahren, beträgt sie im Alter von 50 Jahren bereits 500 ms. Die dynamische Amplitude (Abb. 2) sinkt beginnend mit 40 Jahren bis 55 Jahren linear auf Null ab. Dasselbe gilt auch für die mittlere Akkommodationsgeschwindigkeit (Abb. 3). Die starke Streuung muss auf die begrenzte Einstellzeit zurückgeführt werden.

Damit ist das Akkommodationsvermögen mit zunehmendem Alter gleich mehrfach gestört. Es resultiert insgesamt eine deutlich verlang-

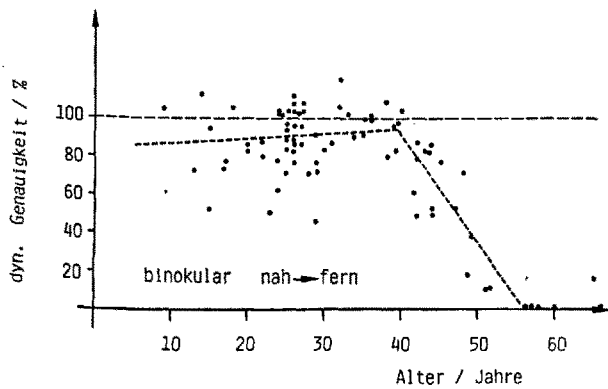


Abb. 2 Dynamische Akkommodationsgenauigkeit

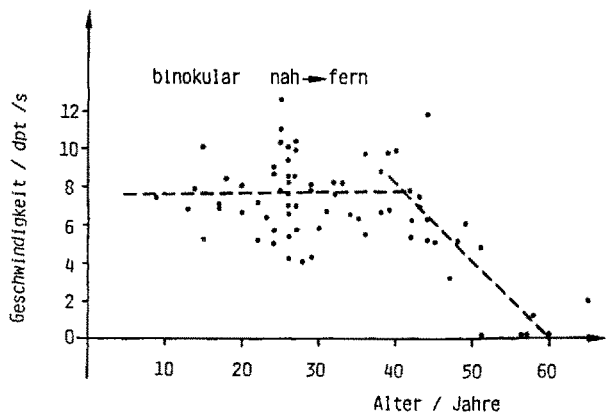


Abb. 3 Maximale Akkommodationsgeschwindigkeit (bezogen auf einen Sprung von 1.5 dpt)

samte Reaktion. Daher kann erwartet werden, dass, beginnend mit dem 40. Lebensjahr, bei dynamischen Anforderungen allein konvergiert wird. Im Vergleich zu den Ergebnissen von DUANE /1/ beginnt die dynamische Einschränkung frühzeitiger. Bei der Untersuchung visueller Aufgaben sollte also der Gruppe über 40 Jahren besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden.

### 3. Praktische Auswirkungen

An einem Modellarbeitsplatz mit Bildschirm wurde untersucht, ob die Funktionseinschränkung der Akkommodation zu Verhaltensänderungen führt.

#### 3.1 Methode

Zwei Altersgruppen (20-30 und 40-55 Jahre) gleicher Ausbildung (Ingenieure und Ingenieurstudenten) mussten anhand einer Papiervorlage in einem Text mit sinnfreien Kunstwörtern Schreibfehler suchen, die in ihrer Art den Verwechslungen in der deutschen Sprache angeglichen waren. Die Arbeit erfolgte in drei Abschnitten in selbst bestimmtem Arbeitstempo. Die Zeit ging allerdings in die Entlohnung ein. Die Arbeit dauerte ca. 3 Std. Neben anderen Größen wurde während der Arbeit kontinuierlich die Sehdistanz gemessen.

#### 3.2 Ergebnisse

Neben einem deutlichen Leistungsunterschied zwischen beiden Gruppen gab es auch Unterschiede im Sehverhalten. Abb. 4 zeigt exemplarisch den Unterschied. In der jüngeren Altersgruppe ändert sich nach der ersten Phase deutlich das Sitzverhalten. Die Sehdistanz wird nunmehr im Sinne eines dynamischen Sitzens häufig gewechselt. Die Mitglieder der älteren Gruppe scheinen dagegen an

den Bildschirm festgebunden zu sein. Eine nahe-liegende Erklärung hierfür, liefert die eingeschränkte Sehdynamik, die in diesem Falle durch Mehrfarbigkeit des Bildschirms besonders gefordert war.

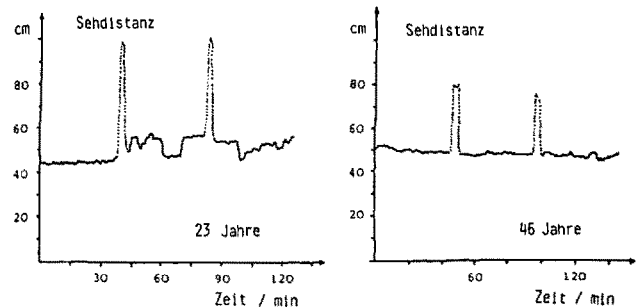


Abb. 4 Änderung der Sehdistanz im Verlauf einer zweistündigen Tätigkeit am Bildschirm (mit 2 Pausen)

Das Ausmass der Einschränkung der Sitzdynamik durch die des Sehens muss in jedem Fall von der Sehentfernung abhängen. Wenn für die Entfernungsanpassung nur noch die Schärfentiefe zur Verfügung steht, die mit zunehmender Sehentfernung zunimmt, da sie in einer Dioptrienskala konstant ist, muss die Bindung an den unbeweglichen Bildschirm mit sinkender Sehdistanz zunehmen. Bei einer Vergrößerung der Sehdistanz von 50 cm (2 dpt) auf 67 cm (1.5 dpt) steigt der Bewegungsraum auf das 1.8-fache. Bei guter Beleuchtung entspricht das einer Zunahme der Schärfentiefe von nur 12 cm auf immerhin 23 cm! Eine Altersbrille mit einem Wert von 1.5 dpt sollte also für den Arbeitsplatz geeigneter als eine mit einem solchen von 2 dpt sein.

### Summary

#### Effects of presbyopia on vision and work on VDUs

For 100 persons of different age the visual charge for the accommodation was examined by an objective procedure. Already at the age of 40 the dynamic range of accommodation decreases. This decrease could be a reason for the loss of mobility during work at VDUs, as it has been observed in a group of persons aged 40 to 55 years.

### Résumé

#### Effets de la presbyopie sur la vision et le travail à l'écran

La charge visuelle lors d'accommodation aux écrans de visualisation, a été examinée par un procédé objectif chez 100 personnes d'âge différent. dès l'âge de 40 ans la faculté d'accommodation diminue. Cette baisse peut expliquer la réduction de mobilité de la posture devant les écrans de visualisation, comme elle a été observée dans un groupe de personnes âgées de 40 à 50 ans.

### Literatur

- /1/ DUANE, A.: Studies in monocular and binocular accommodation with their clinical applications. Am. J. Ophthalm. 1926; 5: 865-872
- /2/ KRUEGER, H.: Gerät zur simultanen Registrierung von Blickrichtung, Vergenz und Pupillenweite Biomed. Techn. 1982; 27: 59-63
- /3/ KRUEGER, H. u. J. HESSEN: Objektive kontinuierliche Messung der Refraktion des Auges. Biomed. Techn. 1982; 27: 142-147