

CHRISTOPH SCHIERZ  
INSTITUT FÜR HYGIENE UND ARBEITSPHYSIOLOGIE, ETH-ZENTRUM ZÜRICH

## DER EINFLUSS DER ARBEITSPLATZBELEUCHTUNG AUF ASTHENOPISCHE BESCHWERDEN

· *Asthenopie · Beleuchtung · Augenreizung · visuelle Ermüdung*

### ZUSAMMENFASSUNG

Symptome asthenopischer Beschwerden lassen sich in Augenreizung, Sehbeschwerden und cerebrale Beschwerden einteilen. In diesem Beitrag wird auf Grund bisher erschienener Arbeiten diskutiert, wie weit die Innenraumbeleuchtung Ursache für solche Beschwerden sein kann. Ein wichtiger zu beachtender Aspekt sind zu hohe Leuchtdichtekontraste im Gesichtsfeld. Es kann die Hypothese aufgestellt werden, dass diese die für die Augenfokussierung zuständige Ziliarmuskulatur zu vermehrter statischer Muskelarbeit zwingen. Dies könnte insbesondere bei älteren Personen die Ursache für Sehbeschwerden sein.

### PRAKTISCHE RELEVANZ

Dem Zusammenhang zwischen Licht und Gesundheit am Arbeitsplatz wird wieder vermehrt Beachtung geschenkt. Dieser Beitrag fasst bisherige Erkenntnisse zur Wirkung der Innenraumbeleuchtung auf Sehbeschwerden zusammen. Es kann abgeleitet werden, dass geeignet gestaltete Lichtverteilungen zur Erhaltung des individuellen Wohlbefindens und der Leistungsfähigkeit beitragen können.

### L'INFLUENCE DE L'ÉCLAIRAGE DU POSTE DE TRAVAIL SUR LES DOULEURS ASTHENOPIQUES

· *Asthenopie · éclairage · irritation des yeux · fatigue visuelle*

### RESUME

Les symptômes des douleurs asthénopiques peuvent se présenter sous trois formes, une irritation des yeux, des difficultés de vision et des douleurs cérébrales. Dans cet article seront discutés sur la base des travaux réalisés jusqu'à présent, en quoi l'éclairage intérieur peut être la cause de telles douleurs. Un important aspect à prendre en considération est un trop grand contraste de la luminance dans la zone du visage. On peut poser l'hypothèse que pour la musculature ciliaire responsable de l'accommodation, cela représente un travail musculaire statique plus important. Ceci pourrait, en particulier pour les personnes âgées, être la cause de certaines douleurs oculaires.

### IMPORTANCE PRATIQUE

Le rapport entre la luminosité et la santé sur les lieux de travail est à nouveau à l'ordre du jour. Cet article traite des connaissances acquises jusqu'à présent sur les liens qui existent entre l'éclairage intérieur et les douleurs oculaires. Il en découle qu'une répartition judicieuse de la luminosité peut contribuer à donner un sentiment individuel de bien être et améliorer l'efficacité.



# THE INFLUENCE OF WORK PLACE LIGHTING ON ASTHENOPIC COMPLAINTS

· *Asthenopia* · *lighting* · *eye irritation* · *visual fatigue*

## SUMMARY

Asthenopic complaints are symptoms of eye difficulties occurring in connection with high visual workloads. They have already been studied since the advent of fluorescent lamps in the 1950's. Additionally the introduction of visual display terminals in the 1980's triggered an increase in complaints about eye difficulties. Consequently, asthenopia is – and remains – an issue for scientific investigations. In this paper, results related to work place lighting of such investigations will be discussed.

Asthenopic complaints may be divided in the following three symptom complexes:

- a) Eye irritations: Burning eyes, red eyes, gritty feeling, dry or tearing eyes.
- b) Impairment of vision: Increased light and flicker sensitivity, blurred or veiled vision and doubled images.
- c) Cerebral impairments: Headache, fatigue and dizziness.

To register the symptom frequency, subjective methods such as questionnaire surveys have been used. Additionally, several physiological investigations to objectify the complaints, have been tried, but with limited success. For instance, a raise of the asthenopic symptom frequency could be associated with a reduction of the eye's accommodation width and velocity. However, psychological factors like the social climate or work place satisfaction may as well influence the impairment perception.

Difficulty and duration of the visual task, individual factors like vision defects and lighting parameters, are possible causes of asthenopic complaints. Lighting level, high contrasts in the field of view as well as flicker and the spectral distribution of the light are discussed. Increased illuminance may enhance visual efficiency and extends the depth of focus due to a reduction of the pupil diameter. Thereby the strain of defocused vision may be reduced.

It has been shown that there is a relationship between high luminance contrasts in the field of vision, increase in visual complaints, and temporary increase of myopia. Since it is known that prolonged vision to proximal objects gives rise to temporary myopia, it may be conjectured that people avoid relaxing sight directions to surrounding areas with high contrasts. However, investigations into how lighting parameters affect the frequency of sight directions, have rarely been carried out.

Some investigations showed an increased frequency of eye irritations with flickering light. This problem can be avoided by the utilisation of high frequency control gears. A connection

between light spectra and complaints could be disproved in some of our own investigations. Since lighting as a part of visual interior design also influences psychological factors, it may be expected that it also affects the perception and appraisal of asthenopic impairments.

## PRACTICAL RELEVANCE

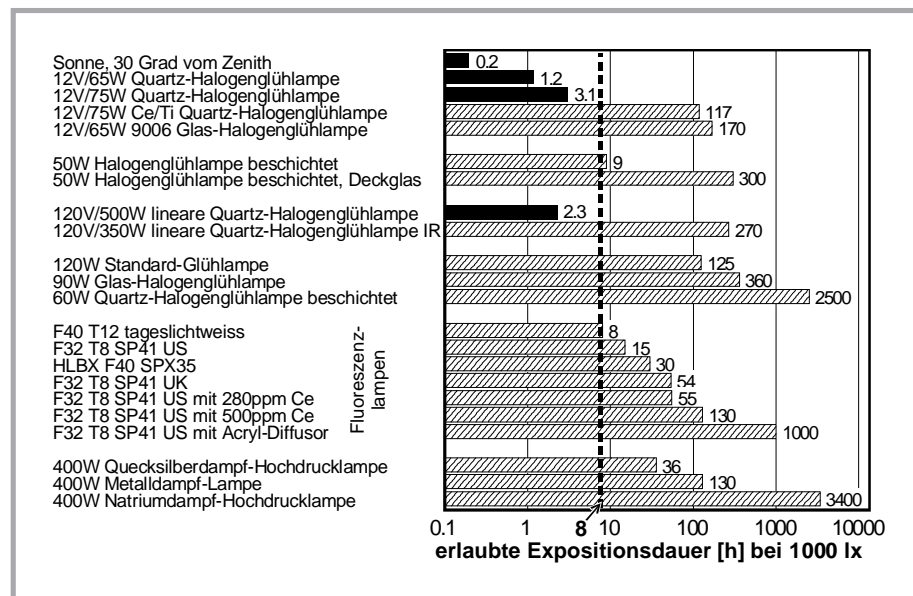
Recently there has been a growing interest in associations between light and health at the work place. This contribution summarises the present scientific knowledge about the influence of indoor lighting systems on visual impairments. It can be concluded, that a suitable design of light distributions contributes to the preservation of individual well-being and efficiency.

## 1 EINLEITUNG

Asthenopische Beschwerden sind Augenbeschwerden, die nach Erbringen hoher Sehleistungen auftreten. Gehen sie einher mit einer Störung des Sehvorgangs, spricht man auch von visueller Ermüdung. Die durch Sehaufgaben hervorgerufene psychische und physische Beanspruchung zeigt sich in einer verminderten Wirksamkeit der für die Aufnahme, Verarbeitung und Umsetzung visueller Information verantwortlichen Prozesse. Als Ursache kommen neben Schwierigkeit und Dauer der Sehaufgabe und individuellen Faktoren wie z. B. Sehfehlern auch Aspekte der Beleuchtung in Frage. Diskutiert werden das Beleuchtungsniveau, hohe Kontraste im Gesichtsfeld, Kontrastminderung bei der Sehaufgabe sowie Flimmern und spektrale Verteilung des Lichts. Die asthenopischen Beschwerden lassen sich einteilen in:

- Augenreizung: Augenbrennen, Augenrötung, Gefühl von Sand in den Augen, trockene oder tränende Augen.
- Sehbeschwerden: erhöhte Licht- und Flimmerempfindlichkeit, Schleiersehen, verschwommenes und doppeltes Sehen.
- Cerebrale Beschwerden: Kopfschmerzen, Ermüdung und Schwindelgefühl.

Asthenopische Beschwerden werden seit den 1950er Jahren mit der Verbreitung der Leuchtstofflampen diskutiert. Mit Aufkommen der Bildschirme im Büro in den 1980er Jahren häuften sich die Klagen über Augenbeschwerden. Sie sind bis heute Thema wissenschaftlicher Untersuchungen geblieben (Jaschinski 2002). Neuere Erkenntnisse beruhen daher zumeist auf Studien über Bildschirmarbeit. Viele Studien suchten ein einfach anzuwendendes objektives Maß, welches mit dem subjektiven Erleben der Beschwerden assoziiert ist. Untersucht wurden visuelle Funktionen wie Flimmerverschmelzungsfrequenz, Kontrastdetektion, Sehleistung (Geschwindigkeit, Genauigkeit) und elektrophysiologische Funktionen wie Muskeltonus und Muskelzittern der Finger, Hörschwelle, Augenbewegungen, Lidschlagrate, Pupillendurchmesser sowie Ausmaß und Dauer der Augenfokussierung (Akkommodation). Damit ein objektives Maß valide und sensitiv asthenopische Beschwerden erfasst, muss es:



**Bild 1:** Erlaubte UV-Expositionsdauer des Auges bei Hornhautbeleuchtungsstärken von 1000 lx für unterschiedliche Lichtquellen (Bergman et al. 1994). An Arbeitsplätzen finden nur diejenigen Lichtquellen Verwendung, die mindestens eine achtstündige Exposition erlauben.

**Figure 1:** Permissible UV exposure time of the eye for a number of lamps at 1000 lx corneal illuminance (Bergman et al. 1994). At work places only those light sources are used, which permit a minimum eight hour exposure.

**Illustration 1:** Temps d'exposition de l'oeil aux UV, autorisés pour un nombre de lampe équivalent à 1000 lx d'illumination cornéenne (Bergman et al. 1994).

- mit den subjektiven Beschwerden korrelieren
- von allgemeiner Ermüdung unterscheiden
- von Adaptationsvorgängen unterscheiden
- in mehreren Studien bestätigt worden sein

Hopkinson & Collins (1970) konstatierten, dass sich auch nach einer langen, intensiven Forschungsperiode keine Methode abzeichnete, die valide und sensitiv genug war, um als objektiven Ersatz für subjektive Aussagen dienen zu können. Viele der erfolgversprechenden Ansätze konnten in Folgestudien nicht bestätigt werden. Bis heute hat sich diese Situation nicht wesentlich verändert.

## 2 AUGENREIZUNG

Eine direkte Reizung der Augen mit Licht ist bei erhöhtem UV-Anteil denkbar. Entzündungen der Hornhaut und der Bindehaut sind die Folge. Untersuchungen der UV-Anteile bei handelsüblichen Lichtquellen (Bergman et al. 1995) ergeben aber Werte weit unterhalb internationaler Grenzwerte (Bild 1).

In einer Studie über Bildschirmarbeit zeigte sich ein positiver Zusammenhang zwischen Lichtempfindlichkeit und der Aufstellhöhe des Bildschirms (Bergqvist & Knave 1994). Die Autoren vermuten, dass das Anheben der Blickrichtung die Anzahl Lidschläge reduziert und die freie Augenoberfläche vergrößert. Dieses Ergebnis wäre auch für Lichtgebungen relevant, wenn sich zeigen sollte, dass die Beleuchtung Einfluss auf die Häufigkeitsverteilung der Blickrichtungen nehmen kann. Denkbar wäre z.B. das Vermeiden von Blicken in Richtung zu dunkler oder zu heller Flächen, die eine starke Umadaptation verlangen. So waren inadäquate Beleuchtungsniveaus und – verglichen mit DIN 66234 Teil 6 (1984) – zu hohe Leuchtdichtekontraste mit einer Zunahme von Augenreizungen und einer vorübergehenden Kurzsichtigkeit (Myopisierung) assoziiert (Gobba et al. 1988). Die Myopisierung deutet darauf hin, dass die Blicke sich gehäuft auf den Bildschirm konzentrierten und ein entspannender Blick in andere Richtungen vermieden wurde. Auch in einer anderen Studie nahmen Augenreizungen mit zunehmendem Kontrast zwischen Bildschirm und Schreibvorlage zu (Läubli et al. 1981). Die Frage, ob hier ein Zusammenhang mit dem Blickbewegungsmuster hergestellt werden kann, bleibt weiteren Untersuchungen vorbehalten.

### 3 SEHBESCHWERDEN – BESCHWERDEN BEI DER INFORMATIONSAUFNAHME

Beschwerden bei der Informationsaufnahme sind weniger auf physiologische Ermüdung der Rezeptoren als vielmehr auf eine verminderte analytische Gegenstandserfassung zurückzuführen. Diese zeigt sich nicht nur in einer verminderten Detailerkennung, sondern auch in einer Verkleinerung des Gesichtsfeldes, einer Unsicherheit im Farbenerkennen und in einem verminderten Tiefsehen. Letzteres wird begleitet durch zunehmende Störungen der Fusion bis zur Tolerierung von Doppelbildern.

Umadaptieren auf unterschiedliche Helligkeiten oder Farben führt nicht direkt zu visueller Ermüdung, da dabei nur chemische Gleichgewichtszustände in den Rezeptoren verschoben werden. Die vorübergehend erhöhte neuronale Aktivität ist eher als Aktivierung denn als Ermüdung zu verstehen. Eine Ursache für Sehbeschwerden könnte hingegen in der erhöhten Aktivität innerer und äußerer Augenmuskeln zu finden sein. So zeigte sich nach zweistündiger Bildschirmarbeit eine Abnahme von Geschwindigkeit, Amplitude und Entspannungsgeschwindigkeit der Akkommodation (Saito et al. 1994). Dieses Ergebnis unterstützt somit die Hypothese einer Ermüdung des für die Akkommodation zuständigen Ziliarmuskels.

Um ein Objekt in der Distanz OD deutlich sehen zu können, muss es mit einem ausreichend großen Kontrast auf der Netzhaut abgebildet werden. Dafür hat das Auge einen gewissen Akkommodationsaufwand AA zu erbringen, wobei die Schärfentiefe ST und die Akkommodationsruhelage AR unterstützend wirken. Dies lässt sich mit folgender Formel darstellen:

$$OD \text{ [dpt]} = 0.5 \cdot ST \text{ [dpt]} + AA \text{ [dpt]} + AR \text{ [dpt]}$$

Die Einheit Dioptrie (dpt) wird hier als Maß für die zusätzlich zu erbringende Brechkraft des Auges bei Blick in die Nähe verstanden. Sie entspricht dem Kehrwert der Objektdistanz gemessen in Meter (siehe in Bild 2 die linke und rechte Ordinate). Dabei wird vorausgesetzt, dass allfällig vorhandene Kurz- oder Weitsichtigkeiten bereits z. B. durch Brillen korrigiert wurden. Die Akkommodationsruhelage AR wird vom Auge im Dunkeln bzw. in

strukturloser Umgebung eingestellt. Sie stellt ein Gleichgewicht parasymphischer und sympathischer nervöser Erregung des Ziliarmuskels dar und gilt als die Distanzeinstellung geringster Beanspruchung. Ihr Wert von rund 1.5 dpt nimmt mit dem Alter ab (Bild 2) und ist inter- und intraindividuell sehr variabel. Er vergrößert sich nach länger dauernder Akkommodation in die Nähe (temporäre Kurzsichtigkeit, Myopisierung) und bildet sich nach ca. 20 min (Fisher et al. 1987) oder nach wenigen Sekunden mit geschlossenen Augen wieder zurück. Das wäre bei einer echten Muskelermüdung nicht zu erwarten. Vielmehr hat die Akkommodationsruhelage von Personen mit asthenopischen Beschwerden einen vergleichsweise geringen Dioptrienwert (Miwa & Tokoro 1994).

Muskuläre Ermüdung ist somit eher beim Akkommodationsaufwand AA zu suchen und muss umso größer sein, je kleiner die Akkommodationsruhelage AR und die Schärfentiefe ST sind. Soll die muskuläre Dauerleistung nicht mehr als 15% der Maximalleistung betragen, können auf Dauer 30-jährige einen Akkommodationsaufwand AA von 1.17 dpt und 50-jährige einen von 0.18 dpt leisten. Dies ist in Bild 2 daran zu erkennen, dass die 15%-Leistungskurve von der Ruhelage 15% des Abstands Maximalleistung – Ruhelage entfernt ist. Die Akkommodationsruhelagen AR von 1 dpt bzw. 0.6 dpt hinzugerechnet, ergeben sich für die mit muskulärer Dauerleistung möglichen Sehdistanzen 46 cm bzw. 128 cm (Bild 2). Trägt die 50-jährige Person eine Altersbrille (Leserbrille) reduziert sich diese Sehdistanz auf den Wert der 30-jährigen Person. Ist das Sehobjekt näher, muss entweder durch Wechseln der Blickrichtung zwischen unterschiedlich entfernten Objekten vermehrt zu dynamischer Muskelarbeit übergegangen werden oder die Schärfentiefe ST ist durch Erhöhen des Beleuchtungsniveaus zu vergrößern.

Ist umgekehrt die Sichtbarkeit (Größe, Kontrast) des Sehobjekts schlecht – z. B. wegen zu geringer Helligkeit oder wegen Spiegelungen auf der Sehaufgabe –, muss es näher zum Auge geführt werden und bewirkt eine erhöhte Beanspruchung des Ziliarmuskels (Dubois-Poulsen 1969). Die Schärfentiefe ST – die Toleranz für Defokussierung – hängt von der Pupillengröße des Auges ab: Mit kleiner Pupille wird der Kontrast auf der Netzhaut durch Defokussierung weniger gemindert (Bild 3), die Schärfentiefe somit vergrößert. Eine

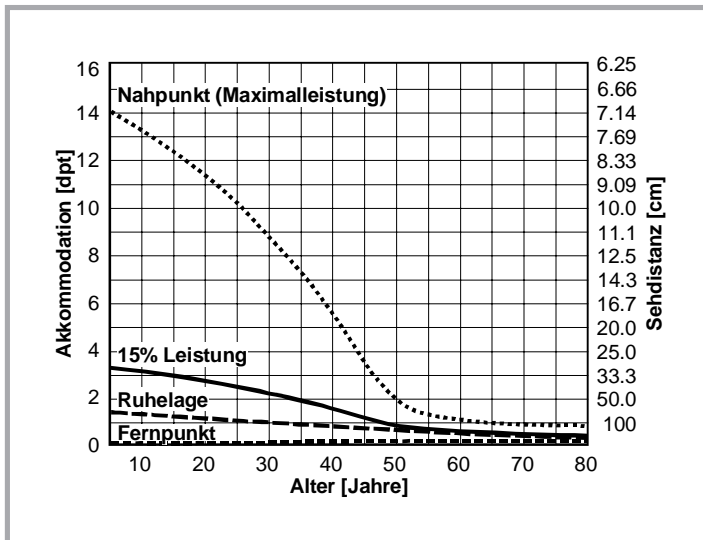
kleine Pupille wird mit hohen Leuchtdichten im Gesichtsfeld erreicht. Allerdings kann eine Verzehnfachung der Adaptationsleuchtdichte die Schärfentiefe nur um 20 bis 30% vergrößern. Zusätzlich wird aber mit zunehmender Beleuchtungsstärke auf der Netzhaut deren Kontrastempfindlichkeit vergrößert. Dadurch können auch Netzhautbilder mit gemindertem Kontrast wieder besser gesehen werden. Die Schärfentiefe ist auch für sehr fein strukturierte Objekte (Bild 4) oder für solche mit z. B. durch Lichtspiegelung verminderten Kontrasten geringer. Eine zusätzliche Reduktion des Kontrasts auf der Netzhaut entsteht auch durch Streulicht im Auge (physiologische Blendung).

Hypothetische Zusammenhänge zwischen Lichtspektrum und Beschwerden konnten in eigenen Untersuchungen widerlegt werden. Die chromatische Aberration bewirkt, dass das Auge für monochromatisches Licht im extremen Blau über 1 dpt kurzsichtig ist (Bild 5). Bei polychromatischem Licht, wie es für Beleuchtungszwecke verwendet wird, beträgt der Unterschied zwischen Tageslichtweiß und Warmweiß aber nur noch rund 0.1 dpt und wird daher bedeutungslos (Schierz 1993). Zwar ist in Bild 5 zu erkennen, dass durch die chromatische Aberration gleichzeitig eine Vielzahl von Refraktionsanforderungen an die Akkommodation gestellt werden. Es konnte aber gezeigt werden, dass bei Lichtspektren, welche in der Innenraumbeleuchtung Verwendung finden, immer ein eindeutiger Sollwert für den Regelkreis der Akkommodation vorliegt (Schierz 1993).

Auch flimmerndes Licht zeigte einen deutlichen Einfluss auf Augenbeschwerden (Wilkins et al. 1989). Eine Verminderung der Lichtwelligkeit führte zu einer Reduktion der subjektiven Ermüdung (Lindner 1994). Mit der Verbreitung hochfrequenter elektronischer Vorschaltgeräte (EVG) dürfte das Problem des Flimmerns aber zunehmend an Bedeutung verlieren.

### 4 CEREBRALE BESCHWERDEN – BESCHWERDEN BEI DER INFORMATIONSVARBEREITUNG

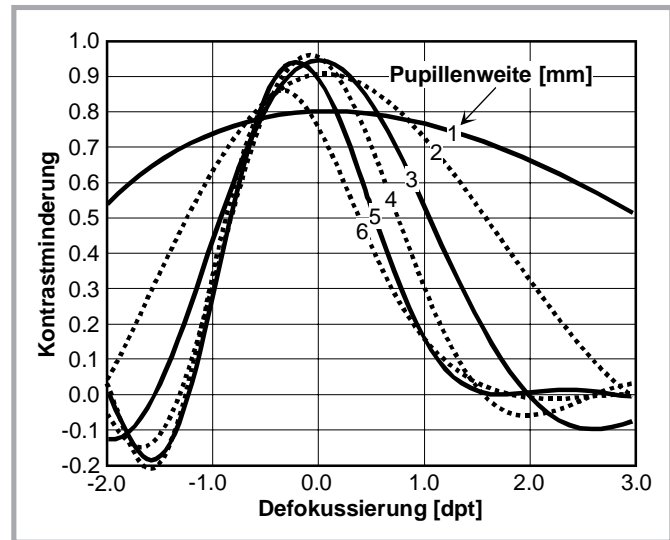
Verstärkte Ermüdung bewirkt fehlerhafte Gedankenverknüpfungen von Reizmustern mit Begriffs- oder Verhaltensmustern. Außerdem laufen zusätzliche unspezifische Assoziationen in das Bewusstsein ein. Die



**Bild 2:** Die Ziliarmuskulatur bestimmt die Akkommodationseinstellung des Auges. In Dioptrien gemessen, nehmen sowohl der maximal mögliche Akkommodationsaufwand als auch die Akkommodationsruhelage mit zunehmendem Alter ab. Zwischen diesen beiden Kurven befindet sich der maximale Wert für Akkommodation mit muskulärer Dauerleistung (15% der Maximalleistung).

**Figure 2:** The ciliary muscle system determines the eye's accommodation setting. Expressed in dioptres, the maximum possible accommodative value ("Nahpunkt") as well as the position of the dark focus („Ruhelage“) decrease with age. The maximum value of accommodation with long-term muscular activity (15% of the maximum muscle strength) is located between these two curves.

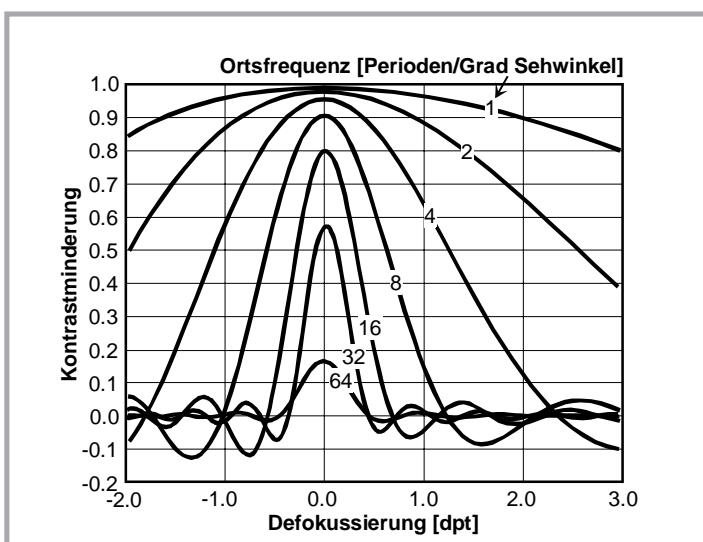
**Illustration 2:** Le système des muscles ciliaires détermine l'accommodation de l'œil. Exprimée en dioptrie, la valeur possible maximum d'accommodation ("Nahpunkt") ainsi que la position de repos, décroît avec l'âge. La valeur maximum de l'accommodation avec une activité musculaire longue, est localisée entre ces deux courbes.



**Bild 3:** Kontrastminderung des Netzhautbildes von sich sinusförmig in der Leuchtdichte ändernden Gittern bei defokussiertem Auge (4.8 Perioden / Grad Sehwinkel, monochromatisches Licht von 578 nm; nach Schierz 1993). Mit kleiner Pupillenweite (1-2 mm) ist das Auge toleranter gegenüber Defokussierungen (= große Schärfentiefe).

**Figure 3:** Retinal image contrast reduction of a grating with sinusoidal luminance alternations for a defocused eye system (4.8 cycles / degree visual angle, monochromatic light of 578 nm; according to Schierz 1993). With smaller pupil diameters (1-2 mm), the eye becomes more tolerant of defocus (= enlarged depth of focus).

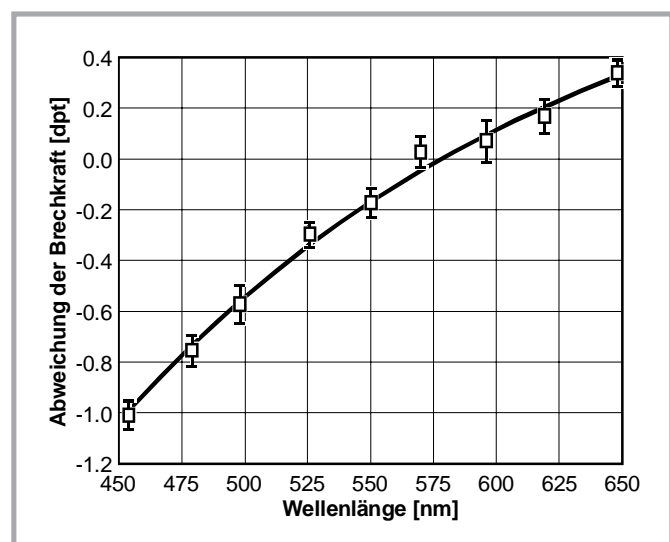
**Illustration 3:** La réduction du contraste de l'image rétinale est dépendante de la luminance qui se transforme de façon sinusoidale (4.8 cycles / degré d'angle visuel, lumière monochromatique de 578 nm; selon Schierz 1993). Avec un plus petit diamètre de la pupille (1-2mm), l'œil devient plus tolérant à « la « dés-accommodation ».



**Bild 4:** Wie Bild 3 aber mit unterschiedlich feinen Sinusgittern bei einer festen Pupillenweite von 3 mm. Je feiner das Gitter ist (je mehr Perioden pro Grad Sehwinkel), desto genauer muss akkommodiert werden und desto geringer wird der resultierende Kontrast auf der Netzhaut.

**Figure 4:** As in figure 3, but for different sinusoidal gratings and with a fixed pupil diameter of 3 mm. With finer grids (more cycles per degree visual angle) a higher precision of accommodation is needed and the retinal contrast becomes reduced.

**Illustration 4:** Comme dans la figure 3, mais pour des sinusoidales différentes et pour un diamètre de la pupille de 3 mm. Avec une grille plus fine (plus de cycles par degré d'angle visuel), une plus grande précision de l'accommodation est nécessaire et le contraste rétinale s'en trouve réduit.



**Bild 5:** Chromatische Aberration: Änderung der Brechkraft des Auges in Abhängigkeit der Wellenlänge von monochromatischem Licht. Als Referenzwert dient gelbes Licht der Wellenlänge 578 nm (Schierz 1993).

**Figure 5:** Chromatic aberration: Variation of the eye's refractive power dependent on the wavelength of monochromatic light. Yellow light with a wavelength of 578 nm serves as reference value (Schierz 1993).

**Illustration 5:** Aberration chromatique : Variation de la puissance réfractive en fonction de la longueur d'onde de la lumière chromatique. Une lumière jaune avec une longueur d'onde de 578 nm sert de valeur de référence (Schierz 1993).



Aufmerksamkeit wird zunehmend durch aufgabenfremde Inhalte oder sogar durch Fehlwahrnehmungen beansprucht. Daher muss eine fortwährende Selektion stattfinden, die sogar dazu führen kann, dass einzelne Denkopoperationen wiederholt werden müssen. Starke Ermüdung macht sich durch Reaktionspausen und eine verzögerte Fehlerkorrektur bemerkbar. Außerdem wird eine mangelnde Disziplinierung der Person erkennbar. Die Kriterien der Informationsverarbeitung unterscheiden nicht zwischen visueller und allgemeiner Ermüdung. Außerdem kann Licht eine unspezifische aktivierende Wirkung auf das Zentralnervensystem ausüben (Campbell et al. 1995). Es wirkt dadurch der Ermüdung entgegen.

Eine Abnahme zentralnervöser Funktionsbereitschaft kann in der Aktivität der Augenmuskulatur beobachtet werden. Es zeigt sich etwa mit der Ermüdung bei den Blickbewegungen eine Zunahme der Fixationszeiten und der Anzahl der Korrektursakkaden. Da dies die Informationsaufnahme zusätzlich stört, sollte es auch in den Themenkreis der visuellen Ermüdung eingeordnet werden.

Insbesondere bei subjektiven Erhebungsmethoden darf nicht vergessen werden, dass andere psychologische und emotionale Faktoren die Wahrnehmung der Beanspruchung moderieren. Unter Konstanz von Faktoren wie Beleuchtung und Arbeitslast konnten 30% der Variabilität in der visuellen Ermüdung mit Faktoren wie sozialem Klima, Selbstwertgefühl oder Arbeitszufriedenheit aufgeklärt werden (Tabelle 1, Mocchi et al. 2001). Es fällt auf, dass die Studie keine signifikante Korrelation zwischen Beleuchtungsfaktoren und dem untersuchten subjektiven Asthenopie-Index nachweisen konnte. Da die Beleuchtungsparameter aber zwischen den befragten Personen nicht variierten, kann ein solcher Nachweis auch nicht erwartet werden, obwohl die Beleuchtung möglicherweise zu Sehbeschwerden Anlass gab. An dieser Studie zeigt sich deutlich die Problematik von Feldstudien, bei welchen die Wahl der Arbeitsplatz-Stichprobe nicht repräsentativ ist. Die Bedeutung der untersuchten Einflussfaktoren wird inadäquat gewichtet. Zudem können bekanntlich aus Korrelationen keine kausalen Zusammenhänge abgeleitet werden.

Da die visuelle Gestaltung eines Raums ebenfalls die Zufriedenheit beeinflusst, lässt auch diese eine indirekte Wirkung auf die Wahrnehmung von Beschwerden er-

Lärm	0.27 **
Personendichte	0.012
<b>Beleuchtung</b>	<b>0.09</b>
Tabakrauch	0.28 **
Verbrauchte Luft	0.14
Temperatur	0.06
Feuchtigkeit	0.11
Gruppenkonflikte	0.30 **
Mitarbeiterunterstützung	-0.32 **
Physische Arbeitsbelastung	0.10
Unterforderung	0.23 *
Mentale Arbeitsbelastung	0.25 **
Selbstachtung	-0.23 **
Arbeitszufriedenheit	-0.24 **
Rollenkonflikte	0.29 **
Rollenzwiespalt	0.20 *
Tägliche Dauer am Bildschirm	0.18
Anzahl Jahre am Bildschirm	0.05
Alter	0.45 **
Geschlecht	0.35 **

**Tabelle 1:**

Ergebnisse einer Feldstudie über die Wirkung psychologischer Faktoren auf einen Asthenopie-Index an Bildschirmarbeitsplätzen (Mocchi et al. 2001). Dargestellt sind Korrelationskoeffizienten und deren statistische Signifikanz. Es zeigte sich keine Korrelation für die Beleuchtung, weil diese unverändert blieb. Eine konstante Wirkung der Beleuchtung auf Sehbeschwerden kann dennoch vorhanden gewesen sein.

**Table 1:**

Results of a field study about the effects of psychological factors on an index of asthenopia for work places with visual display units (Mocchi et al. 2001). Correlation coefficients and their level of statistical significance are presented. There is no correlation for the lighting factor ("Beleuchtung") due to the fact that lighting parameters have not been changed. A constant influence of lighting parameters on visual complaints could still be present.

**Tableau 1:**

Résultats d'une étude sur les effets des facteurs psychologiques sur un index pour l'asthénopie, sur les lieux de travail avec écrans (Mocchi et al. 2001). Ici sont présentés les coefficients de corrélation et leur signification statistique. Ils ne montrent aucune corrélation pour l'éclairage car ils sont restés inchangés. Un effet constant de l'éclairage sur les douleurs oculaires peut donc être envisagé.

warten. Jedenfalls traten bereits bei Einführung der Fluoreszenzlampen visuelle Beschwerden dort gehäuft auf, wo die Belegschaft bei der Umstellung nicht beteiligt, sondern vor vollendete Tatsachen gestellt wurde (Schober 1953).

## 5 DISKUSSION

Viele Hypothesen über eine Wirkung von Innenraumbeleuchtungen auf Sehbe-

schwerden konnten nicht bestätigt werden. Mindestens offen bleibt jedoch die durch gewisse Studien begründete Vermutung, dass die Lichtgebung einen Einfluss auf das Blickverhalten der Personen nehmen kann. Dies könnte sich dahingehend auswirken, dass sich die Hornhaut des Auges vermehrt der Umwelt exponiert. Dadurch können Augenreizungen entstehen. Wenn die Blicke sich weg von störenden Kontrasten stärker auf die Sehaufgabe konzentrieren, kann eine verstärkte Myopisierung zu muskulärer Dauerbelastung des Ziliarmuskels führen. Daraus resultieren Sehbeschwerden. Zur Vermeidung von asthenopischen Beschwerden sollte daher die Beleuchtung:

- Wechsel der Blickrichtungen für dynamische Muskelarbeit nicht durch zu große Helligkeitsunterschiede zwischen Sehaufgabe und Umgebung behindern (Vermeiden von Blendquellen),
- mit genügend Licht im Raum eine kleine Pupillenweite und damit eine große Schärfentiefe ermöglichen (ausreichende Leuchtdichten der Raumbegrenzungsflächen und der Sehaufgabe),
- mit genügend Licht auf dem Sehobjekt eine hohe Sehschärfe und Kontrastempfindlichkeit ermöglichen (ausreichendes Beleuchtungsniveau bei der Sehaufgabe),
- Sehobjektkontraste nicht durch Spiegelung mindern,
- nicht mit zu vielen visuellen Distraktoren die Aufmerksamkeit auf sich ziehen.

Zudem sollte die Belegschaft bei baulichen oder technischen Änderungen der Beleuchtungsanlage in den Planungsprozess einbezogen werden. Die dadurch erreichte höhere Akzeptanz trägt wesentlich zur Vermeidung von Beschwerden bei.

## LITERATUR

**Bergman R.S., Parham T.G., McGowan T.K.:** UV Emission from general lighting lamps. J. Illum. Eng. Soc., Vol. 24, S. 13-24 Winter 1995

**Bergqvist U., Knave B.:** Eye discomfort and work with visual display terminals. Scand. J. Work. Environ. Health, Vol. 20, S. 27-33 1994

**Campbell S.C., Dijk D.-J., Boulos Z., Eastman C.I. et al.:** Light treatment for sleep

disorders: Consensus report. III Alerting and activating effects. *J. Biol. Rhythms*, Vol. 10, No. 2, S. 129-132 1995

**DIN 66234 Teil 6:** Bildschirmarbeitsplätze - Gestaltung des Arbeitsplatzes. Dez. 1984

**Dubois-Poulsen A.:** La fatigue visuelle. *Ophthalmologica*, Vol. 158, S. 157-180 1969

**Fisher S.K., Ciuffreda K.J., Levine S.:** Tonic accommodative hysteresis, and refractive error. *Am. J. Optom. Physiol. Opt.*, Vol. 64, No. 11, S. 799-809 1987

**Gobba F.M., Broglia A., Sarti R., Luberto F., Cavalleri A.:** Visual fatigue in video display terminal operators: objective measure and relation to environmental conditions. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, Vol. 60, S. 81-87 1988

**Hopkinson R.G., Collins J.B.:** The ergonomics of lighting. London; Macdonald & Co. Publ. 1970

**Jaschinski W.:** The proximity-fixation-disparity curve and the preferred viewing distance at a visual display as an indicator of near vision fatigue. *Optom. Vis. Sci.*, Vol. 79, S. 158-169 2002

**Läubli T., Hünting W., Grandjean E.:** Postural and visual loads at VDT workplaces. II. Lighting conditions and visual impairments. *Ergonomics*, Vol. 24, No. 12, S. 933-944 1981

**Lindner H.:** Asthenopische Beschwerden bei Beleuchtung mit Gasentladungslampen (GEL): *Ophthalmologie*, Vol. 91, S. 201-211 1994

**Miwa T., Tokoro T.:** Asthenopia and the dark focus of accommodation. *Optom. Vis. Sci.*, Vol. 71, No. 6, S. 377-380 1994

**Mocci F., Serra A., Corrias G.A.:** Psychological factors and visual fatigue in working with video terminals. *Occup Environ. Med.*, Vol. 58, S. 267-271 2001

**Saito S., Sotoyama M., Saito S., Taptagaporn S.:** Physiological indices of visual fatigue due to

VDT operation: Pupillary reflexes and accommodative responses. *Industrial Health*, Vol. 32, S. 57-66 1994

**Schierz Ch.:** Wirkung von Linienspektren auf die Akkommodation des Auges. Diss. ETH Zürich Nr. 10362 1993

**Schober H.:** Die Ursachen asthenopischer Beschwerden bei Beleuchtung durch Leuchtstofflampen. *Klin. Mbl. Augenheilkunde*, Vol. 123, S. 462-474 1953

**Wilkins A.J., Nimmo-Smith I. et. al.:** Fluorescent lighting, headaches and eyestrain. *Lighting Res. Tec.*, Vol. 21, No. 1, S. 11-18 1989

#### ANSCHRIFT DES VERFASSERS

**Dr. sc. nat. ETH Christoph Schierz**  
 Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie  
 ETH-Zentrum, NW  
 CH-8092 Zürich  
 E-Mail: schierz@iha.bepr.ethz.ch