

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 46 (1955)
Heft: 12: Commission Internationale de l'Eclairage : 13e assemblée plénière à Zurich

Artikel: Licht und Arbeit
Autor: Bitterli, E.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1058152>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 18.01.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Licht und Arbeit

Von E. Bitterli, Zürich

331.043 : 628.976

Das Licht hat einen grossen Einfluss auf das Befinden des Menschen. Der Sehvorgang und die Sehbedingungen werden beschrieben. Der Autor befasst sich mit den Rückwirkungen der Beleuchtung des Arbeitsfeldes und der Umgebung auf den Sehapparat, die Arbeitsleistung, das allgemeine Befinden und die Stimmung des Menschen.

La lumière exerce une grande influence sur la santé des êtres humains. L'auteur décrit le processus et les conditions de la vision, puis les répercussions de l'éclairage du plan de travail et des alentours sur le système visuel, le rendement du travail, le comportement général et l'humeur des personnes.

Das Wohlbefinden des arbeitenden Menschen, seine Arbeitsfreude, Sicherheit und Arbeitsleistung, sowie die Güte der Arbeit hängen nicht nur von den technischen Einrichtungen ab, sondern weitgehend auch von Einflüssen der Umgebung. Solche Einflüsse sind z. B. die Gestaltung der Arbeitsräume und deren Unterhalt, die klimatischen Verhältnisse, Lärm, das Verhältnis zu Vorgesetzten, Mitarbeitern und Untergebenen, der Lohn und nicht zuletzt Licht und Farbe. Von der Leistungsfähigkeit des Menschen an seinem Arbeitsplatz hängt sein Einkommen ab, also seine wirtschaftliche und soziale Lage und diejenige seiner Familie.

Fortschrittliche Leiter schweizerischer Unternehmen in Industrie, Handel und Gewerbe betrachten Licht und Beleuchtung, neuerdings auch die Farbe, als bedeutungsvolle Produktionsfaktoren. Das schweizerische Beleuchtungskomitee hat sich ebenfalls schon längst zu dieser Auffassung bekannt und seinen im Jahre 1939 erstmals und 1947 in revidierter Form herausgegebenen Schweizerischen Allgemeinen Leitsätzen für elektrische Beleuchtung [1] folgende Einführung vorangestellt:

«Die künstliche Beleuchtung hat gute Sehverhältnisse zu schaffen, um die Leistungsfähigkeit des gesunden Auges dauernd zu erhalten, damit das körperliche Wohlbefinden des Menschen, sein Sicherheitsgefühl und seine Arbeitsleistung gefördert und das Schönheitsempfinden in der Ruhe und Erholung befriedigt werden. Diese Anforderungen sind mit wirtschaftlich tragbaren Mitteln zu erfüllen.»

Der arbeitende Mensch verbringt in der Regel ungefähr einen Drittel seines Lebens am Arbeitsplatz, wo er trotz der ständig verbesserten Maschinen, Werkzeuge und Einrichtungen steigender Beanspruchung unterworfen ist, werden doch an die Güte der Arbeit und, besonders in der heutigen Zeit guter Beschäftigung, an die Arbeitsleistung höhere Anforderungen gestellt als früher. Auch die Tätigkeit des Sehorganes stellt eine Leistung dar, der ein Energieaufwand des menschlichen Körpers entspricht.

Das Sehorgan, bestehend aus den Augen, den Nervensträngen als Verbindung zum Gehirn, dem Sehzentrum im Grosshirn und darum herum den sogenannten höheren optischen Zentren, ist ein sehr kompliziertes Gebilde. Es sei nur daran erinnert, dass sich in der Netzhaut als lichtempfindliche Elemente ungefähr 7 Millionen Zapfen für das Tagessehen und ungefähr 120 Millionen Stäbchen für das Dämmerungssehen befinden, und dass ferner das Auge sich dem gewaltigen Leuchtdichtenbereich von 80 000 asb¹⁾ (Sonnenlicht auf Schneefeld) bis zu tausendstel asb (mondscheinlose Nacht) anpassen, und zudem, dass sich das normale Auge so-

wohl auf den in 8 cm Entfernung liegenden Nahpunkt als auch auf sehr entfernte Gegenstände durch Änderung der Form der Linse scharf einstellen kann (Akkommodation).

Die Wahrnehmung der Umwelt ist ein sehr komplexer Vorgang. Der Lichteinfall auf die Netzhäute ruft eine Erregung hervor, die zu den erwähnten Gehirnteilen geleitet wird, wo durch zahlreiche Assoziationen, in Verbindung mit den bereits vorhandenen Erfahrungen, der Sinneneindruck integriert und ausgewertet wird. Dank dieser Vorgänge können auch undeutliche und lückenhafte Eindrücke weitgehend gedeutet werden; das Auge versucht sogar, durch das Mittel der Akkommodation eine Scharfeinstellung herbeizuführen oder durch Abtasten des Gegenstandes vorübergehend Teile desselben scharf erkennen zu können. Bewusst wird der Gegenstand dem Auge genähert und wenn möglich in bessere Sehverhältnisse gebracht.

Da der Sehvorgang eine körperliche und geistige Anstrengung bedeutet, muss auch eine Ermüdung der daran beteiligten Organe eintreten. Unter Ermüdung versteht man eine Abnahme der Leistungsfähigkeit eines Organs, einer Organgruppe oder des ganzen Körpers nach einer gewissen Arbeitsdauer, wobei die Leistung aber nach einer Ruhepause wieder zunimmt. Vor allem sind es die Muskeln, die bei angestrengter Tätigkeit ermüden. Das gilt auch für die Augenmuskeln, während Netzhaut und Sehnerv praktisch unermüdbar zu sein scheinen und bei den im Gehirn sich abspielenden Vorgängen die Ermüdung ähnlich derjenigen bei geistiger Arbeit überhaupt sein dürfte.

An der Augenermüdung beteiligt sind vor allem:

Die äusseren Augenmuskeln, welche die Augäpfel bewegen und die Konvergenzeinstellung der Sehachsen der beiden Augen auf den gleichen Sehgegenstand besorgen;

der Ciliarmuskel, der die Verstärkung der Linsenwölbung bewirkt, wodurch nahe liegende Gegenstände scharf eingestellt werden;

die Muskeln der Iris, welchen die Erweiterung und Verengung der Iris übertragen ist.

Beim normalsichtigen Jugendlichen führt das Einstellen der Sehachsen kaum zu Ermüdung. Unter schlechten Sehbedingungen dagegen, bei älteren Leuten und solchen mit Augenfehlern kann die für deutliches Sehen nötige Einstellung der Augen aber nur durch starke Muskelanstrengung erreicht werden, weshalb es bei längere Zeit dauernder Tätigkeit zu unangenehmen Ermüdungserscheinungen kommt. Beim Weitsichtigen tritt die Ermüdung häufig auf, weil seine Augen sowohl für das Sehen in der Nähe wie auch in die Ferne akkommodieren müssen, um auf der Netzhaut ein scharfes Bild zu

¹⁾ asb (Apostilb) = $\frac{1}{\pi} 10^{-4}$ sb (Stilb).

erhalten, und der Ciliarmuskel fast dauernd in Tätigkeit ist. Bei Naharbeit ist er verhältnismässig stark beansprucht, weshalb der Weitsichtige oft zur Auffassung kommt, er habe sich bei der Arbeit die Augen verdorben. Das ist aber nicht der Fall, sondern er ist sich des Augenfehlers erst durch die Arbeit bewusst geworden. Bei abwechslungsreicher Tätigkeit wird die Weitsichtigkeit oft gar nicht bemerkt.

Ähnlich wie die Weitsichtigkeit äussert sich die bei zunehmendem Lebensalter auftretende Alterssichtigkeit. Der Nahpunkt rückt vom Auge weg, die Akkommodation auf kurze Sehdistanzen wird erschwert. Erschwerend kommt im Alter noch dazu, dass die mittlere Pupillenweite abnimmt, so dass sich mit zunehmenden Lebensjahren ein steigendes Lichtbedürfnis einstellt, oder mit andern Worten, die Leuchtdichte muss erhöht werden. Es ist deshalb unter Umständen zweckmässig, Arbeitsplatzlampen zur Verfügung zu stellen.

Alter, relative Sehschärfe und relative Leuchtdichte
Tabelle I

Alter	Sehschärfe	erforderliche Leuchtdichte
20 Jahre	100 %	1,0
40 Jahre	90 %	1,4
60 Jahre	74 %	2,2
80 Jahre	47 %	3,5

Wie aus diesen, amerikanischen Untersuchungen entnommenen, Angaben hervorgeht, nimmt die Sehschärfe vom 20. bis zum 60. Lebensjahr um $\frac{1}{4}$ ab, während die Leuchtdichte verdoppelt werden muss, um die gleiche Sehschärfe aufrechtzuerhalten.

Für Leistung und Ermüdung sind im weiteren die Beleuchtungsstärke oder, von der Sehaufgabe aus betrachtet, die Leuchtdichte und die Leuchtdichtenunterschiede von massgebender Bedeutung. Zu geringe Leuchtdichten und ungünstige Leuchtdichtenunterschiede führen zu vorzeitiger Ermüdung.

Von den Leuchtdichten hängen die Sehleistungen ab, also a) Sehschärfe, b) Unterschiedempfindlichkeit und c) Erkennungsgeschwindigkeit. Für die Erfüllung der Sehaufgabe ist nicht die übliche Bewertungsgrösse einer Beleuchtungsanlage, die in Lux gemessene Beleuchtungsstärke massgebend, sondern vielmehr die Leuchtdichte. Die Beleuchtungsstärke ist nur ein Mass für den auf eine bestimmte Fläche fallenden Lichtstrom. Für die Sinneseindrücke von Helligkeit und Farbe eines Gegenstandes kommt aber das Produkt aus Beleuchtungsstärke und Reflexionskoeffizient, eben die Leuchtdichte, in Betracht.

Diesem Umstande wird in Beleuchtungsnormen, auch in den schweizerischen Leitsätzen, in der Weise Rechnung getragen, dass für dunkle Sehaufgaben höhere Beleuchtungsstärken empfohlen werden. Will man z. B. einen schwarzen Faden auf schwarzem Stoff unter guten Sehbedingungen erkennen, so braucht man eine 2000mal höhere Beleuchtungsstärke als für das Erkennen eines schwarzen Fadens auf weissem Stoff.

a) Sehschärfe

Ungefähr 80 % der maximalen Sehschärfe werden bereits bei einer Leuchtdichte des weissen Hintergrundes von 300 asb (300 Lux auf vollkommen reflektierender Fläche oder 1000 Lux auf einer Fläche mit einem Reflexionsfaktor von 0,3) erreicht, 90 % bei 1500 asb und 95 % bei 13 000 asb. Eine Erhöhung der Leuchtdichte über den Wert von 300 asb hinaus bringt, von besonderen Sehaufgaben abgesehen, im allgemeinen keine wesentliche Verbesserung der Sehleistung.

Die optimale Sehschärfe wird erreicht, wenn die Leuchtdichte der Umgebung gleich oder etwas kleiner ist als diejenige der Sehaufgabe.

b) Die Unterschieds- oder Kontrastempfindlichkeit

ist das Mass für die Wahrnehmung von Leuchtdichtekontrasten. Je höher die Leuchtdichte, um so geringere Kontraste werden wahrgenommen, 90 % der Kontrastempfindlichkeit liegen bei ungefähr 200 asb.

Beispiel der Lesegeschwindigkeit: Beim Lesen eines Textes mit schwarzen Buchstaben auf weissem Grund (starker Kontrast) steigt die Geschwindigkeit bei Erhöhung der Beleuchtungsstärke von 40 auf 200 Lux lediglich um 15 %, mit schwarzen Buchstaben auf grauem Grund (schwacher Kontrast) aber um 55 %.

Ungenügender Kontrast zwischen Sehgegenstand und Unterlage oder Hintergrund, sowie zu geringe Leuchtdichten überhaupt führen dazu, dass der Gegenstand dem Auge stark genähert wird, was eine erhöhte Beanspruchung des Ciliarmuskels zur Folge hat. Dasselbe tritt ein beim Betrachten sehr kleiner Gegenstände bei ungenügender Beleuchtung. Das lange Betrachten naher Gegenstände beansprucht übrigens nicht nur den Ciliarmuskel stärker, sondern auch die äusseren Augenmuskeln, welche die Konvergenz der Sehachsen bewirken. Eine Ermüdung ist zu erwarten, wenn die Sehdistanz längere Zeit kürzer als 16 cm ist, beim Weitsichtigen 50 cm und mehr. Auch das Betrachten bewegter Gegenstände ermüdet die äusseren Augenmuskeln stärker.

Ungünstige Sehverhältnisse bei der Arbeit können ferner zu einer Körperhaltung führen, die zu einer zusätzlichen Beanspruchung und Ermüdung der Skelettmuskulatur Anlass gibt.

c) Die Erkennungsgeschwindigkeit

verlangt für optimale Sehverhältnisse Leuchtdichten von ungefähr 1200 asb; bewegte Gegenstände müssen mit höherer Beleuchtungsstärke beleuchtet sein als ruhende, denn auch das Sehen benötigt Zeit; ist die Zeit kurz, so ist, wie beim Photographieren, mehr Licht nötig.

Leuchtdichtekontraste verlangen jeweils eine Anpassung des Auges. Am Arbeitsplatz muss sich das Auge beim Aufblicken von einer dunklen Werkbank, Maschine, einem dunklen Arbeitsstück (z. B. schwarzer Stoff) oder einem schlecht beleuchteten Arbeitsplatz in einen hellen Beleuchtungskörper oder in ein helles Fenster an die veränderte Leuchtdichte anpassen (adaptieren). Bei dieser Einstellung leisten die Augenmuskeln wiederum vermeidbare Arbeit, die, wenn sie auch für die ein-

malige Adaptation gering ist, bei vielen hundert Adaptationen doch von Bedeutung werden kann. Die Sehschärfe wird durch diese Umstellungen ebenfalls beeinträchtigt, wodurch auch Unfälle entstehen können.

Auf Grund amerikanischer Untersuchungen [2] sollten folgende Leuchtdichtenunterschiede eingehalten werden, damit die Sehschärfe nicht beeinträchtigt wird:

Schaufgabe (zentrales Gesichtsfeld) und unmittelbare Arbeitsfläche: 1 : 1 bis 3 : 1 oder höchstens 5 : 1.

Schaufgabe und Arbeitsumfeld 1 : 1 bis 10 : 1 oder höchstens 20 : 1.

Zwischen Leuchten, hellen Fenstern, hellen Wänden und benachbarten Flächen 1 : 1 bis höchstens 20 : 1.

Zwischen irgendwelchen Stellen innerhalb des Gesichtsfeldes 1 : 1 bis höchstens 40 : 1.

Diese Werte stellen aber bei weitem noch keine Norm dar, sie sind vielmehr selbst in Fachkreisen, auch amerikanischen, noch umstritten. So verlangt Luckiesh [3], dass das Leuchtdichteverhältnis unter keinen Umständen grösser als 1 : 100 sein dürfe; demgegenüber enthalten die aus dem Jahre 1952 stammenden französischen Empfehlungen [4] folgende Angaben:

«La luminance de la «tâche» peut être jusqu'à:

5 fois plus grande que celle de toute autre plage du champ central,

100 fois plus grande que celle de toute autre plage de l'entourage,

500 fois plus grande que celle de toute autre plage du champ périphérique.»

Es ist durchaus verständlich, dass die Leuchtdichtetechnik noch in den Anfängen steckt. Einerseits hat man allzu lange auf die Bewertung durch die Beleuchtungsstärke abgestellt, andererseits sind die empfohlenen Leuchtdichtekontraste auf Grund von Untersuchungen ermittelt worden, so dass die Versuchsbedingungen nicht nur in physikalischer und physiologischer, sondern auch in psychologischer Hinsicht mitspielen.

Ferner ist zu beachten, dass die Sehbedingungen auch vom allgemeinen Leuchtdichtenniveau des Raumes und von der Wirkung der Schatten abhängen. Die vorteilhaften Leuchtdichtenkontraste lassen sich für viele Arbeiten nicht durch Verbesserung der Beleuchtung allein erzielen, sondern nur durch gleichzeitige Änderung des Reflexionsvermögens von Wänden, Decken, Böden und Betriebs-einrichtungen mit Hilfe von Farben. Zum scharfen und raschen Erkennen von Gegenständen ist bekanntlich nicht nur Licht, sondern es sind auch Schatten nötig. Diffuse Beleuchtung, wie sie bei reiner Allgemeinbeleuchtung mit Fluoreszenzlampen entsteht, eignet sich nicht für Arbeiten, die gutes Tiefenwahrnehmungsvermögen verlangen. Solche Arbeiten sind z. B. Kontrollarbeiten an flachen Arbeitsstücken, wie Papier und Blech, feinmechanische Arbeiten und Arbeiten in der Uhrenindustrie, Näharbeiten (besseres Erkennen der Naht).

Die schweizerischen Leitsätze für elektrische Beleuchtung, die übrigens dem heutigen Stand der Beleuchtungstechnik nicht mehr entsprechen, soll-

ten revidiert werden, weil sie durch die Praxis überholt sind [5]. Man wird trotz der noch vorhandenen Unsicherheit nicht darum herum kommen, auch in diesen die Leuchtdichtentechnik zu berücksichtigen. Ein Anfang ist bereits durch R. Spiesser und W. Mathis [6] gemacht worden. In neueren ausländischen Beleuchtungsnormen werden die empfohlenen Beleuchtungsstärken bereits in Abhängigkeit von Kontrasten und Grösse des Sehgegenstandes angegeben [4].

Bei abwechslungsreicher Arbeit, die keine besonderen Anforderungen an das Sehorgan stellt, und bei der bald in die Ferne, bald in die Nähe geblickt wird, hat die Augenermüdung beim Normalsichtigen bei einigermaßen vernünftigen Sehverhältnissen keine grosse Bedeutung. In Industrie und Gewerbe gibt es aber viele Arbeitsplätze, an denen dauernd auf sehr kurze Entfernung gearbeitet werden muss. Beispiele dafür sind: Viele Kontrollarbeiten, Arbeiten des Uhrmachers, in der Uhrenindustrie und Feinmechanik, Sticken, Nähen, Maschen aufnehmen, Retouchieren. Hier müssen die Sehbedingungen so günstig als möglich gestaltet und dem Personal Gelegenheit geboten werden, von Zeit zu Zeit in die Ferne blicken zu können. Als vorteilhaft haben sich stündliche Kurzpausen erwiesen.

Gewisse Anomalien der Augen, wie Astigmatismus (unregelmässiger Krümmungsradius der Hornhaut), starke Verschiedenheit der Sehschärfen der beiden Augen und Schielen begünstigen die Ermüdung ebenfalls.

Die Augenermüdung äussert sich in vielen Fällen als beissendes Gefühl und leichte Rötung der Augen, oft auch als dumpfer Schmerz in den Augenhöhlen und als Drang zum Blinzeln. Diese Symptome können übrigens auch fehlen, und es stellen sich lediglich Kopfschmerzen ein, die bekanntlich das Allgemeinbefinden ernsthaft in Mitleidenschaft ziehen können. Augenfehler können ebenfalls die Ursache von Kopfschmerzen sein und sich auch als leistungsvermindernd auswirken. So ergaben sich beim Personal eines amerikanischen Betriebes nach der Korrektur von Augenfehlern Leistungssteigerungen von 5 bis 20%. Ein Nahrungsmittelbetrieb hat die Feststellung gemacht, dass alle Arbeiter mit guter Leistung bei Verpackungsarbeiten über gute Sehschärfe auf eine Distanz von 40 cm verfügten, Leute mit schlechter Leistung hingegen auch schlechte Sehschärfe aufwiesen. Alle Arbeiter mit schlechtem Tiefenwahrnehmungsvermögen befriedigten in ihren Leistungen nicht.

Der Vollständigkeit halber sei noch auf die Farbblindheit und die Nachtblindheit hingewiesen, welche eine Beeinträchtigung der Arbeitsleistung, ja der Erwerbstätigkeit überhaupt bedeuten können und die Unfallgefährdung erhöhen. 8% aller Männer und 0,4% aller Frauen haben einen abnormalen Farbensinn.

Mit der zunehmenden Verwendung der Fluoreszenzlampen vermehrten sich während einiger Jahre auch die Klagen des Personals über Sehstörungen

und Beeinträchtigung des Wohlbefindens. Viele dieser Klagen und Beschwerden konnten durch den Widerstand gegen das Neue erklärt oder sonstwie auf psychologische Momente zurückgeführt werden. Zum Teil handelte es sich auch um ausgesprochene Mängel der Beleuchtungsanlagen selbst. Eine durch die Fachgruppe «Licht und Sehen» des Schweizerischen Beleuchtungskomitees veranlasste Rundfrage verlief praktisch ergebnislos. Immerhin wurden in einer Reihe von Fällen eigentliche Ermüdungserscheinungen festgestellt. Nach neuen Untersuchungen [7] können solche Ermüdungserscheinungen durch die Schattenlosigkeit oder die ungewohnte Schattigkeit der Fluoreszenzbeleuchtung erklärt werden. Schattenlosigkeit oder ungewohnte Schattigkeit erschweren die Tiefenwahrnehmung und damit die Akkommodation. Wenn nämlich die von der Tiefenwahrnehmung ausgehende Anregung zur Konvergenz der Augenachsen nicht mit der durch die Bildschärfe auf der Netzhaut bestimmten Akkommodationsanregung übereinstimmt, kommt es zu ständigen, unwillkürlichen Akkommodationschwankungen. Bei empfindlichen Personen können dadurch Bindehautentzündungen, wie sie übrigens auch bei ganz indirekter Beleuchtung schon beobachtet worden sind, auftreten. Ferner ist zu berücksichtigen, dass die Akkommodationsfreudigkeit bei höherem Beleuchtungsniveau grösser ist als bei niedrigem, so dass sich fehlerhafte oder ungünstige Licht- und Schattenverteilung bei hohem Beleuchtungsniveau stärker auswirkt.

Die mit der Verwendung von Entladungslampen zusammenhängenden und ebenfalls zu Sehstörungen Anlass gebenden Erscheinungen, wie Flimmern, stroboskopische Effekte und Flackern der Lampen dürften heute ausreichend bekannt sein, wie auch die zu deren Vermeidung nötigen technischen Massnahmen, weshalb an dieser Stelle nicht näher darauf eingetreten wird.

Aus dem bereits Gesagten geht hervor, dass eine Herabsetzung der Sehleistung durch die Blendung eintritt, welche in den Schweizerischen Allgemeinen Leitsätzen für elektrische Beleuchtung wie folgt definiert ist:

«Blendung ist die vorübergehende oder dauernde Verminderung der Sehfähigkeit des Auges, welche durch zu hohe Leuchtdichte oder zu starke Kontraste im Gesichtsfeld verursacht wird. Sie beeinträchtigt die Sehleistung und damit die gesamte Leistungsfähigkeit des Menschen. Sie erzeugt Unbehagen und Unsicherheit und wird dadurch Ursache von Unglücksfällen.»

Nicht berücksichtigt ist in dieser Definition die Blendung, die keine nennenswerte Herabsetzung der Sehfähigkeit, aber doch ein unangenehmes Gefühl oder Missbehagen verursacht. Gerade diese Art von Blendung, im englischen Sprachgebiet «discomfort glare» genannt, ist ein vielfach nicht erkannter Mangel vieler Beleuchtungsanlagen. Sie wird erzeugt durch zu hohe Kontraste im Gesichtsfeld.

Jede Art von Blendung führt zu einer mehr oder weniger lange dauernden Herabsetzung der Sehleistung und erzeugt, ob erkannt oder nicht erkannt, ein unangenehmes Gefühl und unter Um-

ständen einen Blendungsschmerz, der auf übermässiger Beanspruchung der Iris Muskulatur zu beruhen scheint. Durch die Blendung wird die Reaktionszeit des Geblendeten vermindert, was nicht nur im Betrieb, sondern vor allem im Verkehr zu Unfällen führen kann. Harrison und Meaker [2, 6] haben versucht, ein Blendungs-Bewertungssystem aufzustellen, das ermöglicht, mit Hilfe eines Blendungsfaktors die Blendung bereits bei der Planung zu erfassen, das aber auch auf bestehende Beleuchtungsanlagen angewendet werden kann.

Aus dem Vorangegangenen und auf Grund weiterer Überlegungen kann der eindeutige Schluss gezogen werden, dass die Güte der Beleuchtung die menschliche Leistungsfähigkeit beeinflusst und dass gute Beleuchtung Leistungssteigerungen mit sich bringt. Wenn nachstehend einige Angaben über Leistungssteigerungen gemacht werden, so ist doch zu betonen, dass solche Zahlen nur einen relativen Wert haben. Die Ursachen von Leistungssteigerungen werden in der Regel nicht in der Verbesserung der Beleuchtung *allein* liegen, sondern zu dieser Verbesserung können noch andere Massnahmen, wie das bessere Aussehen der Räume durch Renovation oder die Anwendung von Farben, beigetragen haben. Das geht deutlich aus folgendem Beispiel [8] über die Verringerung der Unfälle in einem belgischen Stahlwerk hervor.

Unfallvermindernde Massnahmen

Tabelle II

Betrieb	Massnahme	Verminderung der Unfälle
A	keine	keine
B	Verbesserung der Beleuchtung, von Geschäftsleitung angeordnet	30 %
C	wie B, in Verbindung mit Farbgestaltung	35 %
D	Verbesserung der Beleuchtung und Farbgebung, vom Betriebschef verlangt	50 %

Also nicht Licht und Farbe allein, sondern auch der Geist, der im Betrieb herrscht, beeinflusste die Verminderung der Zahl der Unfälle.

Beispiele für Leistungssteigerungen:

a) Handsetzen in einer Buchdruckerei:

Beleuchtungsstärke:	Zahl der Setzfehler:	Setzgeschwindigkeit (Lettern pro_min):
15 Lux	141	76
70 Lux	79	88
140 Lux	69	94
250 Lux	62	101
> 250 Lux	62	101

b) Arbeit an Büromaschinen:

Nach Erhöhung der Beleuchtungsstärke von 80 auf 600 Lux steigt die Leistung um rund 50 %, und die Zahl der Fehler nimmt um 30 % ab.

c) Weben [9]:

Beim Weben von dunklen Stoffen sinkt die Zahl der Webfehler von 100 auf 40, wenn die Beleuchtungsstärke von 200 auf 2000 Lux gesteigert wird. Bei der Verarbeitung heller Stoffe konnte die Zahl der Webfehler von 140 auf 20 vermindert werden, wenn die Beleuchtungsstärke von 200 auf 700 Lux erhöht wurde. Bei einer Erhöhung auf 2000 Lux stieg aber die Fehlerzahl wegen der zu hohen Leuchtdichte auf 95 an.

d) Einstellen eines Schiebers:

Beleuchtungsstärke Lux	Einstellfehler bei	
	hellem Umfeld in mm	dunklem
100	0,6	0,66
300	0,58	0,62
500	0,57	0,61
> 500	keine grössere Genauigkeit	

e) Umfrage in über 400 deutschen Betrieben:

80 % der befragten Betriebe melden Leistungssteigerungen von 8 bis 25 % durch Verbesserung der Beleuchtung, einzelne Betriebe noch mehr.

Rasches und deutliches Erkennen von Gegenständen und vor allem allfälliger Gefahrenquellen in Arbeitsräumen, Durchgängen, Lagerräumen, auf Treppen, an Maschinen und Werkstücken trägt zur Verhütung von Unfällen bei. Es ist eine bekannte Tatsache, dass die Zahl der Unfälle in den Wintermonaten grösser ist als in den Sommermonaten. Ausländische Statistiken weisen nach, dass sich in den Monaten Dezember und Januar mehr als dreimal mehr Unfälle ereignen als in den Monaten Juni und Juli. Nach amerikanischen Statistiken sind ungefähr 20 % aller Unfälle auf mangelhafte Beleuchtung zurückzuführen. Diese wirkt sich hauptsächlich auf die Augenunfälle ungünstig aus, zum Teil dadurch, dass das Auge dem Arbeitsobjekt zu stark genähert wird. In einer Maschinenfabrik wurde z. B. festgestellt, dass sich die Zahl der Unfälle in den Nachtstunden um 10 % vermehrt, die Zahl der Augenunfälle dagegen um 50 %. Gute Beleuchtung trägt aber auch zu besserer Ordnung und Reinhaltung im Betriebe bei und ist deshalb nicht nur für die Unfallverhütung, sondern auch für die Feuerverhütung und die Arbeitsdisziplin überhaupt von Bedeutung.

Wie die Stimmung vieler Leute von der Witterung und von der davon abhängigen natürlichen Beleuchtung beeinflusst wird, so wirkt sich auch die künstliche Beleuchtung und vor allem das Aussehen der Räume auf das Wohlbefinden, die Stimmung des Personals und dessen Arbeitsfreude aus. In engem Zusammenhang mit dem Aussehen der Räume steht deren Instandhaltung sowie diejenige der Beleuchtungseinrichtungen. Die meisten Menschen fühlen sich in hellen und freundlichen Arbeitsräumen wohler als in düsteren. Reflexionsverluste von Wänden und Decken, Leuchten und Lampen verursachen aber auch Lichtverluste in der Grössenordnung von 30 bis 70 % [10].

Seit einiger Zeit wird die Farbe als wichtiges Mittel zur Gestaltung der Arbeitsräume und Betriebseinrichtungen sowie zur Beeinflussung der Stimmung und des Wohlbefindens des Personals angewendet. Es kann hier nicht auf den Einfluss der Farbgebung auf den Menschen eingetreten, doch soll immerhin darauf hingewiesen werden, dass die Farbgebung stets in Beziehung zur Gesamtheit der auf den Menschen wirkenden optischen Eindrücke gestellt werden muss, also zur architektonischen Gestaltung, wie Form und Abmessungen der Räume, Anordnung von Fenstern, Türen und der Betriebseinrichtungen, sowie zu den Arbeitsvor-

gängen selbst. Für Arbeitsräume ist diejenige Farbe und Beleuchtung zu ermitteln, die für die jeweilige Arbeit am zweckmässigsten und wirtschaftlichsten ist. Als recht zweckmässig haben sich auch die Warn- und Sicherheitsfarben erwiesen, mit welchen besondere Schutzeinrichtungen, wie Sanitätsposten und Feuerlöcher, gefährliche Stellen an Maschinen oder andere Einrichtungen, bezeichnet werden [11].

Eine Weiterentwicklung der Anwendung von Farben ist das sogenannte Abschirmverfahren [12], das darin besteht, sich bewegende Maschinenteile, die nicht beobachtet werden müssen, durch Abdeckung dem Blick zu entziehen. Auf diese Weise können ein unruhiges Gesichtsfeld oder ungünstige Leuchtdichtenverteilungen ausgemerzt werden.

Nach Berichten aus amerikanischen Betrieben und teilweise auch aus solchen anderer Länder ergibt die Anwendung der Farben eine Leistungssteigerung und eine Verbesserung der Qualität. Sie vermindert die Ermüdung, den Ausschuss und die Zahl der Unfälle und trägt bei zur besseren Instandhaltung der Betriebsmittel. Nach amerikanischen Veröffentlichungen sollen Leistungssteigerungen von 15 % und mehr erfolgt sein, während die Ausschuss-Verringerung bis zu 40 %, die Zahl der Absenzen um 60 % und die Zahl der Unfälle bis gegen 50 % zurückgingen.

In einer deutschen Handschuhfabrik soll durch Farbgebung eine Leistungssteigerung von 17 % und durch Farbgebung und Abdeckungen an Maschinen eine solche von 25 % erreicht worden sein [13].

Licht und Farbe sind in Verbindung mit einer ganzen Reihe anderer, zum Teil einleitend erwähnter Faktoren nicht nur ein Mittel, um einen optimalen Ablauf des Sehvorganges zu gewährleisten, sondern auch zur vorteilhaften Gestaltung der Arbeitsräume und Arbeitsplätze, und sie helfen mit, ein gutes Betriebsklima zu schaffen.

Literatur

- [1] Schweizerischer Elektrotechnischer Verein (SEV): Schweizerische allgemeine Leitsätze für elektrische Beleuchtung. 3. Aufl.; Publ. Nr. 144 d. Zürich: 1951.
- [2] Dresler, A.: Methoden zur Bewertung der Beleuchtungsgüte. Eine kritische Übersicht. Bull. SEV Bd. 42(1951), Nr. 15, S. 531...549.
- [3] Luckiesh, M.: Brightness Engineering. Illum. Engng. Bd. 39(1944), Nr. 2, S. 75...92.
- [4] Recommandations relatives à l'éclairage des bâtiments et de leurs annexes, rédigées par l'Association française des Eclairagistes sous le patronage du Comité français de l'Eclairage.
- [5] Handbuch für Beleuchtung, hg. von der Zentrale für Lichtwirtschaft. Zürich: 1942.
- [6] Spiess, R. und W. Mathis: Ein praktisches Verfahren zur Bewertung der Blendung. Bull. SEV Bd. 44(1953), Nr. 6, S. 253...257.
- [7] Schober, H.: Über die vermeintlichen Sehbeschwerden beim Licht der Leuchtstofflampen. Lichttechnik Bd. 6 (1954), Nr. 6, S. 215...218.
- [8] Renaud, L.: La lumière - la couleur, facteurs de sécurité. PACT Bd. —(1953), Nr. 1, S. 5.
- [9] Goldstern, N. und F. Putnoky: Arbeitstechnische Untersuchungen über die Erkennbarkeit von Fäden und Fadenfehlern. Licht u. Lampe Bd. 19(1930), Nr. 25, 26.
- [10] Jansen, J.: Etwas über Kosten und Instandhaltung von Beleuchtungsanlagen. Internat. Licht-Rdsch. Bd. 1(1950/51), Nr. 4, S. 24...29.
- [11] VSM Normblatt 37050: Anstriche. Farbtöne für Signal- und Sicherheitseinrichtungen. Zürich: VSM-Normalienbüro 1954.
- [12] Baierl, F.: Ordnung und Sicherheit im Betrieb durch Farbe. Düsseldorf: Enco-Verlag 1953.
- [13] Baierl, F.: Licht und Farbe als Mittel zur Leistungssteigerung. Ind. Organisation Bd. 21(1952), Nr. 1, S. 7...14.

Adresse des Autors:

E. Bitterli, Dipl. Ing., Eidg. Fabrikinspektor des III. Kreises, Utoquai 37, Zürich 8.