

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 52 (1961)
Heft: 26

Artikel: Heutiger Stand der Bewertung von Unbehaglichkeitsblendung
Autor: Mathis, W.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-916895>

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: 01.04.2025

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

Heutiger Stand der Bewertung von Unbehaglichkeitsblendung

Vortrag, gehalten an der Diskussionsversammlung des SBK am 8. Juni 1961 in Bern,
von W. Mathis, Zürich

628.987 : 159.931

Der Vortrag gibt einen Überblick über die Entwicklung und den heutigen Stand der Bewertung und Verhütung von Unbehaglichkeitsblendung. Nachdem man erkannt hatte, dass weder die früher gebräuchliche Begrenzung der Leuchten-Leuchtdichten, noch die anschliessend vorübergehend angewandten maximalen Leuchtdichte-Verhältnisse zwischen verschiedenen Flächen im Gesichtsfeld zu befriedigen vermochten, befassten sich verschiedene Forscher damit, die genauen Zusammenhänge zwischen Leuchtdichte, Grösse und Lage der Leuchten, sowie den Umgebungsleuchtdichten zu bestimmen. Eine enge Zusammenarbeit dieser Forscher dient heute dazu, die Ursachen noch bestehender Unstimmigkeiten zu suchen und im Schosse der CIE gemeinsam eine Gleichung für den Grad der Unbehaglichkeitsblendung zu empfehlen. Neuere Beleuchtungs-Leitsätze verschiedener Länder geben weitgehende Aufschlüsse prinzipieller Art über Unbehaglichkeitsblendung und zum Teil auch die Mittel zu deren Berechnung im Zuge der Projektierung von Beleuchtungsanlagen.

Aperçu du développement et de l'état actuel de l'estimation de l'éblouissement gênant et de la manière de l'éviter. Après que l'on eût reconnu que ni la limitation de la luminance des luminaires, appliquée tout d'abord, ni les rapports maximaux de luminance entre différentes surfaces dans le champ visuel, préconisés passagèrement par la suite, ne donnaient satisfaction, plusieurs spécialistes s'occupèrent des relations précises qui existent entre la luminance, la grandeur et la position des luminaires, ainsi que les luminances ambiantes. Une étroite collaboration entre ces spécialistes a maintenant pour but de rechercher les causes des incertitudes qui existent encore et de recommander en commun, au sein de la CIE, une équation pour le degré de l'éblouissement gênant. De récentes recommandations sur l'éclairage, établies dans différents pays, donnent de nombreux renseignements de principe sur l'éblouissement gênant et, parfois, également sur le moyen de le calculer, lors de l'établissement de projets d'installations d'éclairage.

Nachdem man während Jahrhunderten nach immer besseren künstlichen Lichtquellen gesucht, immer grössere Lichtausbeute und längere Lebensdauer angestrebt hatte und als Folge davon für jede Tätigkeit immer mehr Licht einsetzte, sah man sich eines Tages vor die Aufgabe gestellt, die nunmehr vorhandene Fülle von Licht auch wirklich in jeder Beziehung zu meistern. Schon recht früh zeigte sich, dass zwar die Erhöhung der Beleuchtungsstärke innerhalb gewisser Grenzen eine Verbesserung des Sehens brachte, dass aber die hellste Beleuchtung nicht immer die beste Beleuchtung sein musste.

«Güte der Beleuchtung» im weitesten Sinne ist ein recht komplexer Begriff. Es hängt von vielen Faktoren ab, ob eine Beleuchtungsanlage als gut und angenehm, oder aber als schlecht, bzw. unangenehm empfunden wird. Zum Teil sind es rein beleuchtungstechnische Faktoren, z. B.:

- Beleuchtungsstärke, einmal als Mittelwert, dann aber auch in ihrem zeitlichen und örtlichen Verlauf (Gleichmässigkeit);
- Leuchtentyp mit seiner Lichtstärke — und Leuchtdichte-Verteilung, seiner Grösse und Bestückung;
- Lichteinfallrichtung und Schattigkeit;
- Lichtfarbe und deren spektrale Zusammensetzung.

Aber auch andere Faktoren beeinflussen die Güte, wie:

- Volumen und Proportionen des Raumes;
- Beschaffenheit der Raumboflächen;
- Zusammenspiel der verschiedenen Materialien, Farbtöne und Helligkeit (Reflexion);
- Verwendungszweck und Möblierung des Raumes usw.

Diese Auswahl aus der Vielfalt von Kriterien lässt bereits erahnen, wie schwierig es sein dürfte, zu einem eindeutigen Beurteilungsschema für die Güte der Beleuchtung zu gelangen. Noch schwieriger ist es in der Praxis, Beleuchtungsanlagen zu erstellen, bei denen alle diese Gesichtspunkte ihrer Wichtigkeit gemäss Berücksichtigung finden, da leider oft die Arbeiten des Architekten, des Innenarchitekten und des Beleuchtungsfachmannes zu wenig koordiniert sind und keine dieser Stellen gewillt oder beauftragt ist, die Verantwortung für das Ganze zu übernehmen.

Die vorliegende Arbeit will sich mit einem Teilgebiet aus dem ganzen beleuchtungstechnischen Fragenkomplex befassen, das in den letzten Jahren stark

an Bedeutung und Beachtung gewonnen hat, mit dem Problem der Unbehaglichkeitsblendung. Wie bereits erwähnt, ist die hellste Beleuchtung nicht immer die beste Beleuchtung. Eine brennende Klarglas-Glühlampe vor dunklem Hintergrund führt bei den meisten Beobachtern sofort zu einem Gefühl des Unbehagens, des Erschreckens, der Ablehnung. Ähnliche Gefühle werden bei «geübten» oder empfindlichen Beobachtern ausgelöst auch durch mattierte Glühlampen und durch in Diffusoren eingebaute Lampen, sofern deren Leuchtdichte im Verhältnis zur Umgebungsleuchtdichte hoch ist.

Diesen Tatsachen hat die Beleuchtungstechnik seit langem Rechnung getragen, indem sie für Leuchten in Allgemein-, Arbeitsplatz- und Aussen-Beleuchtungsanlagen Leuchtdichte-Grenzwerte festlegte. Das Einhalten bzw. Unterschreiten dieser Grenzwerte galt lange als zuverlässiges Mittel, um die als Blendung bezeichnete Störung beim Betrachten einer Beleuchtungsanlage zu vermeiden. Tabelle I zeigt eine Zusammen-

Maximal zulässige Leuchten-Leuchtdichten für Allgemein- und Arbeitsplatz-Beleuchtung nach deutschen und schweizerischen Leitsätzen

Tabelle I

Leitsätze	Allgemein-Beleuchtung		Arbeitsplatz-Beleuchtung	
	Leuchtdichte L_L sb	Elevation α 0	Leuchtdichte L_L sb	Elevation α 0
Deutschland				
1920	5	30...90	0,75	75...180
1930	0,3	30...90	0,2	75...180
1942/53	0,4	0...80	0,2	90...180
Schweiz				
1939/47	0,3	30...90	0,2	60...180

L_L Leuchten-Leuchtdichte;
 α Winkelbereich, für den die Leuchtdichtewerte gelten, von der Senkrechten nach unten aus gemessen

menstellung solcher Grenzwerte, wie sie im Laufe der letzten 40 Jahre in den deutschen und schweizerischen Leitsätzen zu finden waren. Der in der Mitte der vierziger Jahre beginnende Grosseinsatz von Fluoreszenzlampen und die damit verbundene allgemeine Erhöhung der Beleuchtungsstärken führte trotz Einhaltung der bekannten Grenzwerte zu unbefriedigenden Lösungen, besonders in Räumen mit im Verhältnis zur Grundfläche geringer Höhe. Dafür war die als Unbe-

haglichkeitsblendung oder psychologische Blendung bezeichnete Erscheinung verantwortlich. Sie erzeugt beim Beobachter im Gegensatz zur physiologischen Blendung keine Leistungsverminderung des Auges, wohl aber ein unbehagliches, unangenehmes Gefühl. Direkte Unbehaglichkeitsblendung wird durch im Gesichtsfeld befindliche Leuchten hervorgerufen, in spiegelnden Oberflächen am Arbeitsplatz oder dessen Umgebung sichtbare Leuchten erzeugen indirekte Unbehaglichkeitsblendung. In der richtigen Erkenntnis, dass nicht die Leuchten-Leuchtdichte allein für die beschriebenen Blendungserscheinungen massgebend ist, forderte *Luckiesh* im Jahre 1944 die Beachtung folgender Leuchtdichte-Verhältnisse im zentralen Gesichtsfeld:

- Verhältnisse unter 5 : 1 sind erwünscht;
- Verhältnisse über 10 : 1 sind nach Möglichkeit zu vermeiden;
- Verhältnisse über 100 : 1 sind unter keinen Umständen zu dulden, dürfen aber ausserhalb des zentralen Gesichtsfeldes auftreten.

Noch im gleichen Jahre jedoch wurden im Bericht Nr. 1 über Leuchtdichte und Leuchtdichte-Verhältnisse der IES [1]¹⁾ die von *Luckiesh* angegebenen Werte als zu hoch bezeichnet und folgende maximalen Verhältnisse zwischen Sehobjekt und seiner unmittelbaren Umgebung bzw. zwischen Leuchte und ihrer unmittelbaren Umgebung vorgeschlagen:

- Für beste Sehbedingungen ein Verhältnis von 1 : 1;
- Für gute Sehbedingungen ein Verhältnis von 3 : 1.

Im Laufe der Zeit wurden diese Forderungen wieder gemildert, da man sie als zu weitgehend und zu schwer erfüllbar erkannte. Tabelle II zeigt eine Zusammenstellung der Leuchtdichte-Verhältnisse, wie sie für Büros und Schulen im IES-Handbuch 1952 veröffentlicht wurden. Die gleichen Verhältnisse wurden 1955 in den belgischen Leitsätzen für Schulen, 1956 in den amerikanischen Leitsätzen für Büros und 1957 in den französischen Leitsätzen, ebenfalls in Bezug auf Schulräume veröffentlicht.

Maximale Leuchtdichte-Verhältnisse für Büros und Schulen nach «IES Lighting Handbook», 1952

Tabelle II

Leuchtdichte-Verhältnis zwischen	Büro	Schule
Sehobjekt und seiner unmittelbaren Umgebung	3 : 1	1 : 1/3
Sehobjekt und dunkleren Flächen, die nicht in Blickrichtung liegen . . .		1 : 1/10
Sehobjekt und helleren Flächen, die nicht in Blickrichtung liegen . . .	10 : 1	1 : 10
Leuchte bzw. Fenster und deren unmittelbarer Umgebung	20 : 1	20 : 1
beliebigen Flächen im gesamten Gesichtsfeld	40 : 1	40 : 1

Verschiedene Forscher haben sich seither eingehend mit dem Problem der Unbehaglichkeitsblendung beschäftigt und nach den Gesetzen ihres Auftretens gesucht. Heute weiss man, dass der Grad der Unbehaglichkeitsblendung nicht nur abhängig ist von der Leuchten-Leuchtdichte, sondern ebenso von ihrer Grösse, ihrer Lage zur Blickrichtung und von der Umgebungs-Leuchtdichte. Gl. (1) zeigt diese Zusammenhänge in allgemeiner Darstellung:

$$g = f_1(L_L) \cdot f_2(\omega) \cdot f_3(\theta) \cdot f_4(L_u) \cdot f_5(L_u, L_{u1}) \quad (1)$$

- g Blendungszahl, Grad der Unbehaglichkeitsblendung
- L_L mittlere Leuchtdichte der Blendquelle
- L_u mittlere Leuchtdichte im Gesichtsfeld
- L_{u1} Leuchtdichte der unmittelbaren Blendquellen-Umgebung
- ω Raumwinkel-Grösse der Blendquelle
- θ Abweichung der Blendquelle von der Blickrichtung

Ebenso weiss man, dass das Fehlen einer Unbehaglichkeitsblendung nicht ohne Weiteres bedeutet, dass eine Beleuchtungsanlage im vollen Sinne des Wortes behaglich sei. Die Bewertung der Unbehaglichkeitsblendung bedeutet einzig eine Verfeinerung der bisher üblichen Methoden der Begrenzung der Blendquellen-Leuchtdichte oder der Leuchtdichte-Verhältnisse. Der Begriff «behaglich» im Sinne der folgenden Ausführungen weist denn auch jeweils nur darauf hin, dass der Grad der Unbehaglichkeitsblendung ein als tragbar zu erachtendes Mass nicht überschreitet.

Verschiedene Autoren in Europa und den Vereinigten Staaten haben übereinstimmend festgestellt, dass sich die Formel für die Blendungszahl g einer einzelnen Blendquelle innerhalb eines gewissen, praktisch interessierenden Bereiches der Blendquellengrösse wie folgt schreiben lässt:

$$g = \frac{L_L^m \cdot \omega^n}{L_u} \cdot f(\theta) \cdot f(L_u, L_{u1}) \quad (2)$$

Tabelle III zeigt die Werte, die die verschiedenen Autoren für die Exponenten m und n gefunden haben.

Werte verschiedener Autoren für die Exponenten der Blendquellen-Leuchtdichte und der Blendquellen-Grösse

- m : Exponent der Blendquellen-Leuchtdichte L_L
- n : Exponent der Blendquellen-Grösse ω

Tabelle III

Autor	Jahr	m	n
<i>Holladay</i> [2]	1926	3,3	0,8
<i>Harrison</i> [3]	1945	3,3	1,7
<i>Vermeulen</i> und <i>de Boer</i> [4] . . .	1948	1,7	0,5
<i>Luckiesh</i> und <i>Guth</i> [5]	1949	2,3	0,8
<i>Petherbridge</i> u. <i>Hopkinson</i> [6]	1950	1,6	0,8
<i>Arndt, Bodmann</i> und <i>Muck</i> [7]	1959	1,5	0,5

Mit dem Einfluss der Abweichung der Blendquelle von der Blickrichtung $f(\theta)$ haben sich die meisten Forscher befasst und übereinstimmend gefunden, dass die Blendwirkung einer Blendquelle umso geringer wird, je mehr sie von der Blickrichtung entfernt liegt. Fig. 1 zeigt die von *Luckiesh* und *Guth* veröffentlichten Zusammenhänge. Der Lage-Index P gibt an, wieviel mal grösser die Leuchtdichte einer Blendquelle in irgend einem Punkte des Gesichtsfeldes sein darf, als die Leuchtdichte einer Blendquelle gleicher Blendwirkung in der Blickrichtung. *Arndt, Bodmann* und *Muck* haben mit *Luckiesh* und *Guth* weitgehend übereinstimmende Werte für P gefunden.

Die ursprüngliche Formel von *Harrison* enthält ein Korrekturglied für das Verhältnis der mittleren Gesichtsfeld-Leuchtdichte L_u zur Leuchtdichte L_{u1} der unmittelbaren Leuchtenumgebung, während in späteren Veröffentlichungen anderer Autoren nur die mittlere Gesichtsfeld-Leuchtdichte L_u allein Berücksichtigung findet.

Die erwähnte Formel gilt nur für die Berechnung der Blendungszahl einer einzelnen Lichtquelle. Dieser Fall ist jedoch in der Praxis nicht häufig und es stellt

¹⁾ Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

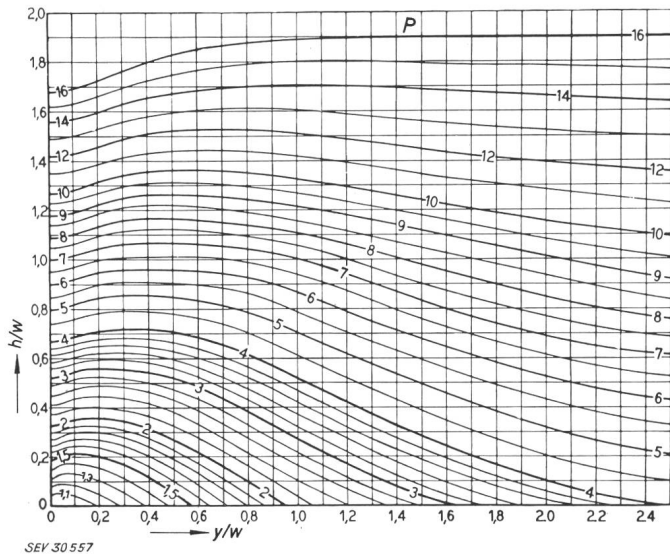


Fig. 1

Diagramm der Lage-Indizes nach Luckiesh und Guth

P Lage-Index; *w* Abstand des Auges von der senkrecht zur Blickrichtung stehenden Ebene durch die Blendquelle; *h* senkrechter Abstand der Blendquelle von der Blickrichtung, gemessen in der zur Blickrichtung senkrechten Ebene; *y* waagrechter Abstand der Blendquelle von der Blickrichtung, gemessen in der zur Blickrichtung senkrechten Ebene

sich sofort die Frage, wie die gemeinsame Blendungszahl mehrerer Lichtquellen zu bestimmen sei. Nach *Harrison* erfolgt die Berechnung durch einfache Addition der einzelnen Blendungszahlen. *Guth* [8] zeigt, dass mehrere Lichtquellen zusammen immer weniger unbehaglich bewertet werden, als dies bei Addition der Blendungszahlen zu erwarten wäre. Seine Formel lautet für *n* Blendquellen:

$$g_{tot} = \left[\sum_1^n g \right]^a \quad (3)$$

$$a = n^{-0,095} \quad (4)$$

Von *Hopkinson*, *de Boer* und *Fry* sind drei weitere Rechenverfahren bekannt; sie geben an, wie die mittlere Leuchtdichte des Gesichtsfeldes L_u , die Leuchtdichte der Blendquelle L_L , bzw. die Grösse der Blendquelle ω verändert werden müssen, damit die gemeinsame Blendungszahl aller Quellen zusammen gleich der Blendungszahl der einzelnen Blendquellen bleibt.

Die Formel für die Blendungszahl *g* soll in erster Linie dazu dienen, die Bedingungen für den Grenzfall der Unbehaglichkeitsblendung zwischen den Empfindungen «behaglich» und «unbehaglich» festzulegen. Auf diesen Grenzfall bezogen sich im allgemeinen die verschiedenen Untersuchungen und jeder Autor hat für seine Versuchsanordnung einen Wert für die Grenze «behaglich-unbehaglich» angegeben.

Je nach dem Grad der in einer Anlage vorhandenen Unbehaglichkeitsblendung ergeben sich höhere oder niedrigere Blendungszahlen als diese Grenzwerte. Für die Praxis ist es wesentlich, dass diesen Zahlen ebenfalls ein Ausdruck für die Empfindungen zugeordnet werden kann. Eine Linearität zwischen Zahlenwerten und Empfindungen besteht nicht, eine Anlage mit der Blendungszahl 200 wird nicht als doppelt so unbehaglich empfunden wie eine Anlage mit der Zahl 100. Es bestehen verschiedene Möglichkeiten, den Grad der Unbehaglichkeitsblendung zu beschreiben; bis heute haben zwei davon praktische Bedeutung erlangt. Zuerst war

es die Gegenüberstellung von Blendungszahlen und Empfindungen, z. B. die Skala von *Hopkinson* [9] mit den für seine Versuche gültigen Werten der Blendungszahl *g*:

Wahrnehmbar	<i>g</i> = 10
Gerade behaglich	<i>g</i> = 16
Grenze behaglich-unbehaglich	<i>g</i> = 19
Gerade unbehaglich	<i>g</i> = 22
Unerträglich	<i>g</i> = 28

Diese Zusammenhänge entsprechen der Empfindung von 50 % aller Beobachter.

Eine neuere Möglichkeit besteht darin, den Prozentsatz der behaglich empfindenden Beobachter anzugeben. Fig. 2 zeigt den experimentell bestimmten Zusammenhang zwischen den Blendungszahlen *g* von *Luckiesh* und *Guth* und dem als «Visual Comfort Index» bezeichneten Prozentsatz der behaglich empfindenden Beobachter. In den Vereinigten Staaten hat sich diese Methode in den letzten Jahren stark durchzusetzen vermocht.

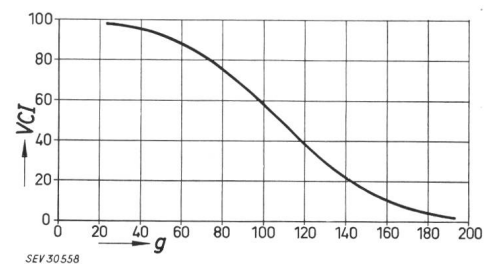


Fig. 2

Zusammenhang zwischen «Visual Comfort Index» und Blendungszahl nach Fry

VCI Visual Comfort Index; *g* Blendungszahl

Es ist klar, dass derartige Skalen nicht für alle Anwendungsgebiete gültig sein können. In einem Schulraum z. B. sind die Anforderungen bezüglich Blendungsfreiheit höher als in einer Montagehalle.

Ist eine Blendungszahl z. B. 50 % grösser als die Zahl für die Grenze «behaglich-unbehaglich», so lässt sich nach der Empfindungsskala von *Hopkinson* darüber aussagen, dass 50 % aller Beobachter ihre Empfindung als «unerträglich» bezeichnen würden. Die Methode des «Visual Comfort Index» ergibt, dass etwa 90 % der Beobachter mit «unbehaglich», die restlichen etwa 10 % mit «behaglich» antworten würden.

Die Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) hat seit langem die Notwendigkeit einer verlässlichen Beurteilung der Unbehaglichkeitsblendung erkannt. Ein besonderes Expertenkomitee E-3. 1. 12 befasst sich mit dem Studium dieser Probleme [10]. Seine Aufgabe besteht z. Z. darin, die verschiedenen bekannten Formeln zur Bestimmung der Blendungszahl und deren experimentellen Grundlagen zu vergleichen und eine allgemein anzuwendende Formel zu empfehlen. Ferner soll es auf Grund dieser Formel Tabellen, Kurvenblätter oder ähnliche Hilfsmittel erstellen, die für den Gebrauch in der beleuchtungstechnischen Praxis geeignet sind. Seit der Vollversammlung in Zürich im Jahre 1955 wurden zur Hauptsache die mit einer vereinfachten Formel für eine Blendquelle von der Form der Gl. (2) zusammenhängenden Fragen behandelt. Genaue Werte für die Exponenten *m* und *n* können erst nach Durchführung weiterer Versuche festgelegt werden. Man nimmt heute an, dass die Werte bei etwa 1,7 für *m* und 0,65 für *n* liegen werden. Den Einfluss

der Lage $f(\theta)$ scheinen die Lage-Indizes P nach *Luckiesh* und *Guth* am besten wiederzugeben. Betreffend die Leuchtdichte L_U bleibt abzuklären, ob die mittlere Leuchtdichte des Gesichtsfeldes mit oder ohne Berücksichtigung der Blendquellen massgebend ist. Bei Grössen über etwa 10^{-2}sr beginnen die Blendquellen die Adaptation zu beeinflussen. Es scheint, dass die Leuchtdichte L_{U1} der unmittelbaren Leuchtenumgebung nicht besonders berücksichtigt zu werden braucht. Die Form der Blendquelle ist ohne Einfluss, solange das Verhältnis von Länge: Breite der sichtbaren Oberfläche nicht über 4 : 1 steigt. Zur Abklärung der Auswirkungen grösserer Verhältnisse laufen mehrere Versuche. Für die Blendquellen-Leuchtdichte kann deren Mittelwert verwendet werden, solange die maximale Leuchtdichte-Unterschiede das Verhältnis 5:1 nicht überschreiten. Die gemeinsame Blendungszahl mehrerer Lichtquellen soll vorläufig durch Addition der Blendungszahlen der einzelnen Quellen gebildet werden, da verlässliche Angaben über eine bessere Methode noch fehlen. Die Lichtfarbe der Blendquellen ist bedeutungslos, solange es sich um weisses Licht im weiteren Sinne handelt.

Die stark vereinfachte Formel

$$g = \frac{L_L^2 \omega}{L_u} \quad (5)$$

vermag die Zusammenhänge nicht über einen genügend grossen Bereich befriedigend wiederzugeben, genügt jedoch für erste, überschlägige Berechnungen bei der Projektierung. Das Expertenkomitee wird anlässlich der Vollversammlung in Wien im Jahre 1963 einen ausführlichen Bericht über den Stand der Erkenntnisse vorlegen. Ob es bereits in der Lage sein wird, endgültige Empfehlungen im Sinne der Aufgabenstellung zu publizieren, kann heute noch nicht gesagt werden.

Zum Schluss soll an Hand einiger Beispiele kurz betrachtet werden, in welchem Masse die modernen Erkenntnisse über die Unbehaglichkeitsblendung in verschiedenen Beleuchtungs-Leitsätzen und -Empfehlungen Eingang gefunden haben. Es ist nicht immer leicht, bei der Wiedergabe wissenschaftlichen Materials in Leitsätzen den richtigen Weg zu finden. Einerseits sollte ein Höchstmass an genauen und zuverlässigen Angaben untergebracht werden, andererseits handelt es sich darum, dem zukünftigen Kreis von Benützern das zu geben, was ihm bei seiner Arbeit, bei der Projektierung und Begutachtung von Beleuchtungsanlagen

Maximal zulässige mittlere Leuchtdichten für Leuchten mit lichtstreuender Umhüllung vor hellem Hintergrund nach «IES Code for Lighting in Buildings», 1955

Tabelle IV

Mittlere horizontale Beleuchtungsstärke E in lx	Maximale zulässige mittlere Leuchten-Leuchtdichte L_L in sb					
	Sichtbare Oberfläche der Leuchte ω in cm ²					
	< 1300			> 1300		
	Höhe der Leuchte über Boden h_B in m					
	< 2,50	2,50...5,00	> 5,00	< 2,50	2,50...5,00	> 5,00
< 150	0,31	0,62	1,09	0,16	0,31	0,47
150...500	0,47	0,93	1,55	0,31	0,62	1,09
> 500	0,78	1,09	1,55	0,47	0,93	1,55

L_L Mittlere Leuchten-Leuchtdichte
 E Mittlere horizontale Beleuchtungsstärke
 ω Sichtbare Oberfläche der Leuchte
 h_B Höhe der Leuchte über Boden

dienlich ist und was er ohne aussergewöhnlich zeitraubende Studien verstehen und anwenden kann.

Der britische «IES Code for Lighting in Buildings» von 1955 enthält eine Tabelle mit maximal zulässigen Leuchtdichten für Leuchten mit lichtstreuender Umhüllung in Funktion der mittleren Beleuchtungsstärke, der sichtbaren Leuchten-Grösse und der Aufhängehöhe (Tabelle IV). Diese Maximalwerte sind einzuhalten für alle Leuchten im Gesichtsfeld mit einer Elevation von 0...50° (für Schule und ähnliche Räume 0...75°) über der Horizontalen durch das Auge. Daneben werden folgende Forderungen gestellt:

Lichtstärken und Leuchtdichten der Leuchten in Richtung des Auges sollen so gering als möglich sein, wobei auch eventuell vorhandene spiegelnde Oberflächen zu berücksichtigen sind;

Leuchtdichte-Übergang von der Leuchte zu ihrer Umgebung soll möglichst kontinuierlich sein;

Alle Leuchten sollen soweit als möglich von der normalen Blickrichtung entfernt sein;

Die mittlere horizontale Beleuchtungsstärke soll nach Möglichkeit nicht mehr als 3mal grösser sein als die Vertikalbeleuchtungsstärke im Auge;

Die Leuchtdichte von Arbeitsplatz-Leuchten in Richtung aller benachbarten Augen soll maximal 0,03 sb betragen.

In den französischen «Recommandations relatives à l'éclairage des bâtiments et de leurs annexes» von 1957 werden die Zusammenhänge zwischen Leuchtdichte, Grösse, Lage und Proportionen der Blendquellen und der Umgebungs-Leuchtdichte ausführlich erläutert; entsprechende Zahlenwerte fehlen jedoch.

Für die australischen Leitsätze «Artificial Lighting of Buildings» von 1957 wurden die erwähnten Harrison-Tabellen umgearbeitet [11]. Diese Tabellen ermöglichen es, für gegebene Raumverhältnisse und eine bestimmte Leuchte die Blendungszahl und damit den Grad der Unbehaglichkeit zu finden. Die in den australischen Leitsätzen enthaltene Tabelle V gibt für bestimmte Raumverhältnisse und für den Grenzfall «behaglich-unbehaglich» die maximale Leuchten-Leuchtdichte. Dazu ist allerdings zu sagen, dass die Umrechnung an Hand einer Blendungszahl erfolgte, die dem Grenzwert «behaglich-unbehaglich» für Büros und ähnliche Räume entspricht. Die Leuchtdichten sind also etwas zu tief für Räume mit geringeren und etwas zu hoch für Räume mit gesteigerten Anforderungen an die Blendungsfreiheit. Diese kleine Unschönheit könnte jedoch durch Einführung entsprechender Korrekturfaktoren leicht beseitigt werden. Für nicht diffuse Leuchten werden daneben minimale Aufhängehöhen und Abschirm-Winkel für die Lichtquellen angegeben.

Im soeben erschienenen englischen «IES Code for Lighting in Buildings» hat ein im Jahre 1960 von *Hopkinson* [9] beschriebenes Verfahren Aufnahme gefunden, basierend auf der Formel für eine Blendquelle:

$$g = 10 \log \frac{L_L^{1,6} \omega^{0,8}}{L_u \cdot P^{1,6}} = 10 \log L_L + 8 \log \omega - 10 \log L_u - 16 \log P \quad (6)$$

und für mehrere Blendquellen:

$$g_{tot} = \sum g \quad (7)$$

Die bekannte Tabelle der empfohlenen mittleren Beleuchtungsstärken wurde ergänzt durch die zugehörigen maximalen Blendungszahlen. Für Berechnun-

Leuchten-Aufhängehöhe über Augenhöhe H					Raumbreite bzw. parallel zur Leuchtstofflampe													
					1,2 m				2,5	3,7	4,9	6,1	7,3	8,5	9,8	12,2	14,7	17,2
					1,5 m				3,1	4,6	6,1	7,6	9,1	11,0	12,2	15,2	18,3	21,4
					1,8 m				3,7	5,5	7,3	9,1	11,3	13,8	15,2	18,3	22,0	25,6
					2 H	3 H	4 H	5 H	6 H	7 H	8 H	10 H	12 H	14 H				
Raumlänge bzw. quer zur Leuchtstofflampe	2,6	3,1	3,7	2 H	0,93	0,93	0,93	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	
	3,7	4,6	5,5	3 H	0,62	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	
	4,9	6,1	7,3	4 H	0,47	0,31	0,31	0,31	0,31	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	
	6,1	7,6	9,1	5 H	0,31	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	
	7,3	9,1	11,3	6 H	0,23	0,23	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	
	8,5	11,0	13,8	7 H	0,23	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	
	9,8	12,2	15,2	8 H	0,23	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	
	12,2	15,2	18,3	10 H	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	
	14,7	18,3	22,0	12 H	0,16	0,16	0,16	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	
	17,2	21,4	25,6	14 H	0,16	0,16	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	

gen stehen Hilfstabellen für verschiedene Raumgrößen und Leuchtentypen zur Verfügung.

Zur Orientierung seien einige Blendungszahlen erwähnt:

Schulen, Spitäler, Kirchen, Museen und Bibliotheken	10...16
Büros	12...16
Fabriken	14...26
Verkaufsräume	16...22
Wohnräume	20...22
Bahnhöfe	20...26

Leuchte: unmittelbarer Umgebung 40 : 1
 Hellste: dunkelste Stelle im Gesichtsfeld 80 : 1

Die mit der Neufassung der Leitsätze beauftragte Fachgruppe 1 des SBK wird sich bemühen, für die endgültige Fassung der neuen Leitsätze auch zur Klärung dieser Fragen die neuesten und verlässlichsten Quellen zu Rate zu ziehen, um den interessierten Fachleuten ein einfaches und sicheres Verfahren zur bestmöglichen Vermeidung der Unbehaglichkeitsblendung in die Hand zu geben.

Literatur

- [1] *Brightness and Brighthness Ratios*. Report No. 1 of the Committee on Standards of Quality and Quantity of Interior Illumination of the Illuminating Engineering Society. Illum. Engng. 39(1944)10, S. 713...723; Diskussion S. 723...730.
- [2] *Holladay, L. L.*: The Fundamentals of Glare and Visibility. J. Opt. Soc. Amer. & Rev. sci. Instrum. 12(1926)4, S. 271...319.
Holladay, L. L.: Action of a Light-Source in the Field of View in Lowering Visibility. J. Opt. Soc. Amer. & Rev. sci. Instrum. 14(1927)1, S. 1...15.
- [3] *Harrison, W.*: Glare Ratings. Illum. Engng. 40(1945)8, S. 525...557.
Harrison, W. und P. Meaker: Further Data on Glare Ratings. Illum. Engng. 42(1947)2, S. 153...168; Diskussion S. 169...179.
- [4] *Vermeulen, D. und J. B. de Boer*: Die zulässige Leuchtdichte von Beleuchtungskörpern. Philips' techn. Rdsch. 12(1951)7, S. 204...211.
- [5] *Luckiesh, M. und S. K. Guth*: Brightnesses in Visual Field at Borderline between Comfort and Discomfort (BCD). Illum. Engng. 44(1949)11, S. 650...670.
Guth, S. K.: BCD Brightness Rating in Lighting Practice. Illum. Engng. 47(1952)4, S. 184...189; Diskussion S. 189...194.
IES Lighting Handbook. New York: Illuminating Engineering Society 1959. S. 2...30.
- [6] *Petherbridge, P. und R. G. Hopkinson*: Discomfort Glare and the Lighting of Buildings. Trans. Illum. Engng. Soc., London 15(1950)2, S. 39...79.
Hopkinson, R. G. und P. Petherbridge: Two Supplementary Studies on Glare. Trans. Illum. Engng. Soc., London 19(1957)7, S. 220...224.
- [7] *Arndt, W., H. W. Bodmann und E. Muck*: Blendung durch einzelne Lichtquellen im Sehfeld. Lichttechnik 11(1959)1, S. 22...28.
- [8] *Guth, S. K. und J. F. McNelis*: Further Data on Discomfort Glare from Multiple Sources. Illum. Engng. 56(1961)1, S. 46...53; Diskussion S. 53...57.
- [9] *Hopkinson, R. G.*: A Code of Lighting Quality; a Note on the Use of Indices of Glare Discomfort in Lighting Codes. Note No. E993, Dept. Sci. & Ind. Res., Building Res. Station, Garton/GB. 1960.
- [10] *Estimation of Comfort in Lighting*. Secr. Rep. 3. 1. 1. 2. C.R. CIE, Zürich 1955. Bd. 1.
Causes of Discomfort in Lighting. Working Comm. Rep. W-3. 1. 1. 2. C.R. CIE, Brüssel 1959. Bd. B.
- [11] *Lowson, J. C.*: Practical Application of Direct Discomfort Glare Research in the New Australian Artificial Code. Trans. Illum. Engng. Soc., London 24(1959)4, S. 169...184.

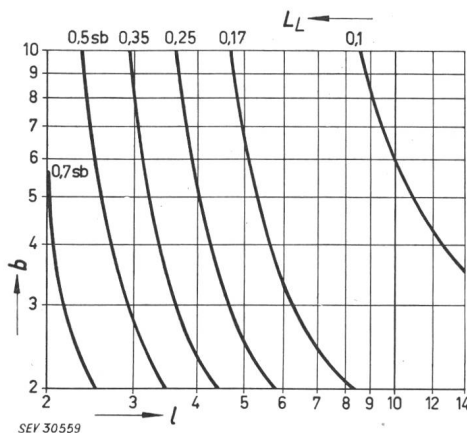


Fig. 3

Maximal zulässige Leuchtdichten für Lampen und für Leuchten mit lichtstreuender Umhüllung nach den Schweizerischen allgemeinen Leitsätzen für Beleuchtung, 3. Entwurf, 1960

L_L maximal zulässige Leuchten-Leuchtdichte; l Raumlänge bzw. Abmessung quer zu den Fluoreszenzlampen als Vielfaches von der Aufhängehöhe der Leuchte über dem Auge; b Raumbreite bzw. Abmessung parallel zu den Fluoreszenzlampen als Vielfaches von der Aufhängehöhe der Leuchte über dem Auge

Für die zukünftigen «Schweizerischen allgemeinen Leuchtsätze für Beleuchtung» ist z. Z. die Übernahme der bei den australischen Leitsätzen erwähnten Methode vorgesehen. Fig. 3 zeigt ein entsprechendes, dem 3. Entwurf vom November 1960 entnommenes Diagramm. Daneben wurden folgende maximalen Leuchtdichte-Verhältnisse festgelegt:

Sehobjekt: unmittelbarer Umgebung 5 : 1
 Sehobjekt: weiterer Umgebung 20 : 1

Adresse des Autors:
 W. Mathis, Höschgasse 95, Zürich 8.