

Natürliches und künstliches Beleuchten

Autor(en): **Spieser, Robert**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **72 (1954)**

Heft 49

PDF erstellt am: **08.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-61303>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Natürliches und künstliches Beleuchten

Von Prof. Robert Spieser, Herrliberg ¹⁾

DK 628.9

A. Natürliches und künstliches Licht

Die Natur spendet uns das Tageslicht der Sonne, die ein stetiges, lückenloses Spektrum von Licht aller Farben aussendet. Wir empfangen so an einem klaren Tag das gelbrote Licht des Sonnenauf- und Untergangs von etwa 2000 ° K Farbtemperatur ²⁾ in einer Stärke von 500 ÷ 1000 Lux auf horizontaler Fläche im Freien. Das mittägliche Sonnenlicht erreicht Stärken bis zu 100 000 Lux im Freien bei einer Farbtemperatur von rund 6000 ° K; dabei entstammen an einem klaren Tag etwa $\frac{4}{5}$ direkt der Sonne; der Rest kommt aus dem blauen Himmelsgewölbe, dessen Farbtemperaturen über 30 000 ° K liegen. Während aller Hellstunden des Jahres steht ein Mittelwert im Freien von 23 000 Lux zur Verfügung, im Dezembermittel etwa 5000 Lux, im Junimittel etwa 35 000 Lux. Der prächtigen Lichtqualität des Sonnen- und Himmelslichtes und seiner reichlichen Dotierung stehen, lichttechnisch gesehen, als nachteilige Faktoren gegenüber: Die starken jahreszeitlichen, täglichen und witterungsbedingten Schwankungen der Lichtfarbe und Lichtstärke, die hohe Leuchtdichte der Sonne und aller ihrer Reflexbilder, die enge Verknüpfung mit der Wärmestrahlung, der starke Wechsel von höchster Schattigkeit bei klarem Himmel zu höchster Diffusität bei vollständig bewölktem Himmel; schliesslich das Fehlen des natürlichen Lichtes während etwa der Hälfte der Jahresstunden.

Auch bei reichlichem Tageslichtangebot ist jedoch das Bild der beleuchteten Natur für das unverbildete Auge gut zu ertragen. Die natürlichen Leuchtdichten sind nicht übermässig hoch, 3 Stilb ³⁾ an einer direkt besonnenen Wolke, ebensoviel auf sonnenbeschienenem Schneefeld, weniger als 1 Stilb auf roher Erde, $\frac{1}{2}$ Stilb auf Rasen, Wald; hellblauer Himmel erreicht etwa $\frac{1}{6}$ Stilb. In Tabelle 1 sind einige Zahlenwerte

¹⁾ Vortrag, gehalten an der Diskussionstagung des S. I. A. und des Schweizerischen Beleuchtungskomitees vom 6. Mai 1954 (Programm s. SBZ 1954, Nr. 18, S. 262)

²⁾ Die Farbtemperatur eines Strahlers ist die Temperatur eines schwarzen Körpers, der für den Normalbeobachter den gleichen Farbeindruck hervorruft wie der Strahler.

³⁾ 1 Stilb = 1 Kerze/cm², Einheit der Leuchtdichte

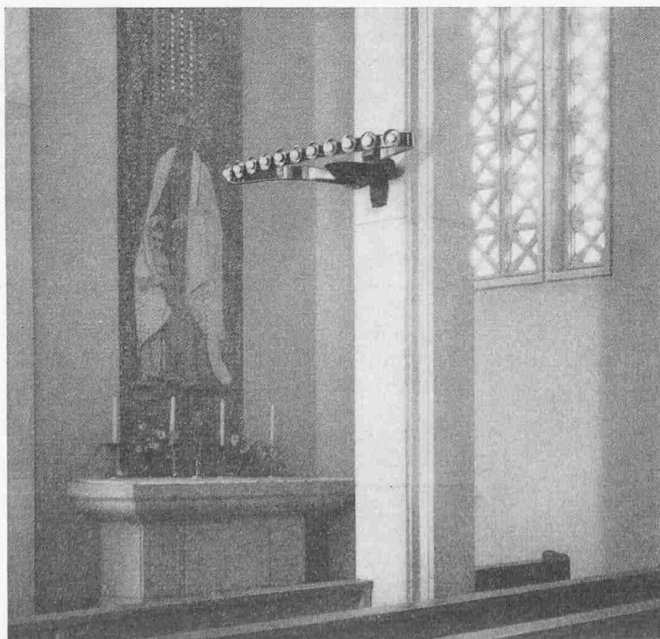


Bild 2. Freistrahler Leuchter in einem Kirchenraum. Blendende Wirkung durch hohe Leuchtdichte (Ausführung Baumann-Koelliker AG).

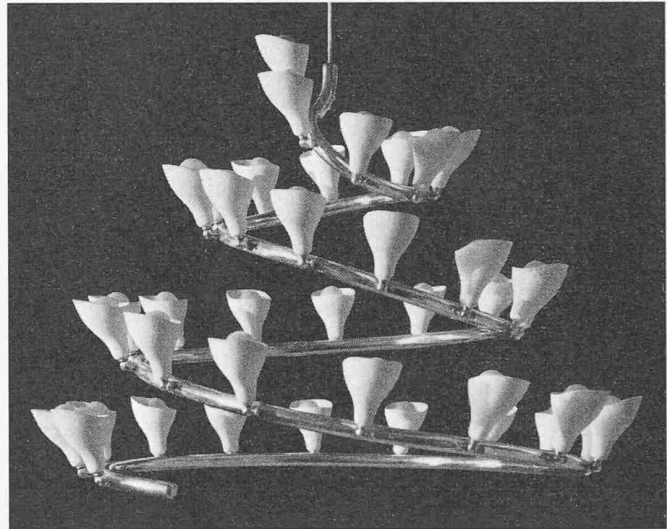


Bild 1. 40flammige, blendungsfreie Indirekt-Leuchte in einem Festsaal. Höchste Lampenzahl bei kleinster Lichtausbeute (Ausführung Baumann-Koelliker AG).

zusammengestellt, die die Eigenschaften des Tageslichtes umschreiben. Das Gesamtbild der Natur ist in unserer Zone weder lichtüberlastet noch extrem kontrastreich, es ist ausgesprochen «abgewogen» in Stärke und Farbe und somit ein Hinweis und Vorbild für das, was der zivilisierte Mensch mit seinen künstlichen Lichtquellen anstreben soll.

Ein Teil der elektrischen Lichtquellen sind in ihrer Lichtqualität dem Sonnenlicht ähnlich. So gleicht z. B. das übliche Glühlampenlicht dem morgen- und abendlichen warmen Sonnenlicht, das Fluoreszenzlicht, je nach Farbtönen, dem gelbweissen bis reinweissen Sonnenlicht. Stark von der spektralen Natur des Sonnenlichtes entfernt sind die Strahlungen der Quecksilber- und Natriumlampen, auch diejenigen der gewollt bunten Edelgasröhren (z. B. Neon) mit den reichhaltigen Farbtonstufen, die durch Verwenden verschiedener Gase erhalten werden. Allen gemeinsam ist eine beachtliche Konstanz der Lichtausstrahlung während etwa 1000 bis 10 000 Brennstunden, sofern es sich um normale Lampen für Allgemeinbeleuchtung handelt. Ihre Anschaffungskosten mit allem nötigen Zubehör und ihre Betriebskosten erlauben es jedoch beim heutigen Stand der Technik und der Energiepreise nicht, die Innenräume so stark zu beleuchten, wie dies im Durchschnitt bei natürlichem Tageslicht der Fall ist ⁴⁾.

B. Natürliche Innenbeleuchtung

Von dem im Freien reichlich gespendeten Tageslicht steht im Innenraum im Durchschnitt nur noch ein kleiner Anteil bei meist sehr ungleichmässiger Verteilung zur Verfügung. Die Baukonstruktion selbst schränkt durch die verglasten Fensteröffnungen den Lichteintritt empfindlich ein; dazu treten die natürlichen Hindernisse durch die Landschaft und ihre Bepflanzung, schliesslich die künstlichen Hindernisse in Form der Nachbargebäude. Durch den Tageslichtfaktor wird eine rechnerische Beziehung zu der Horizontal-Beleuchtungsstärke bei gleichmässig bedecktem Himmel im Freien hergestellt. Tageslichtfaktoren von über 10 % gelten als hohe, 10 bis 2 % als durchschnittliche und unter 2 % als tiefe Werte. Bezogen auf den vorerwähnten Jahresmittelwert der Hellstunden von 23 000 Lux würde demnach eine Innenraumstelle mit 10 % Tageslichtfaktor einen Jahresmittelwert der natürlichen Beleuchtung von 2300 Lux aufweisen; eine Raumstelle mit nur

⁴⁾ Eine farbige und sehr ansprechende Darstellung dieser Lichtarten findet man in «Elektrizitätsverwertung» 1952, Nr. 6/7.

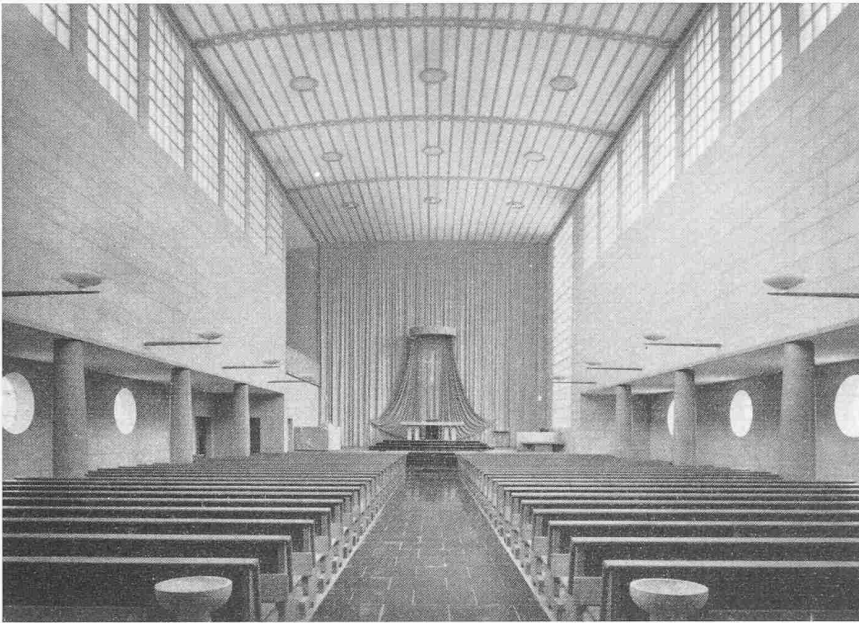


Bild 3. Freistrahkende einflammiige Leuchter in einem Kirchenraum. Konzentrierte Lichtquelle hoher Lichtausbeute bei niedriger Leuchtdichte durch diffuse Glasschalen

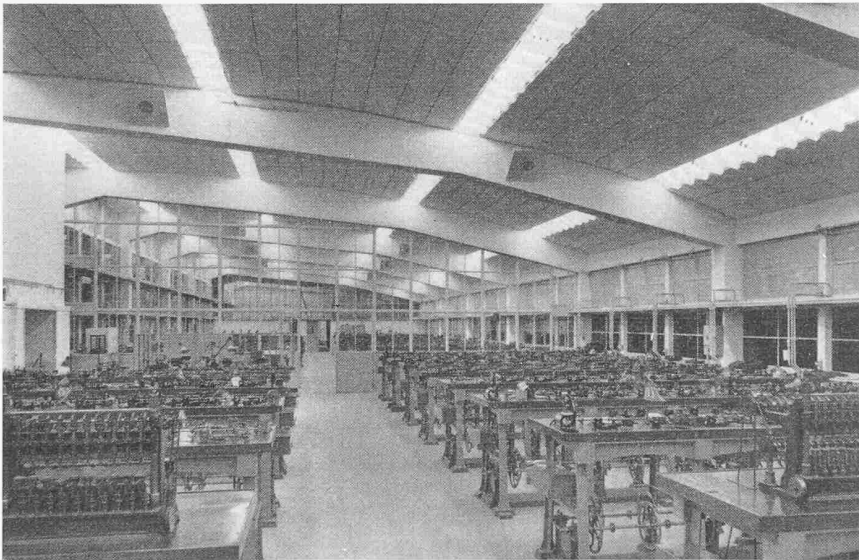


Bild 4. Versenkte Leuchtröhren-Reihe mit Blendschutz durch Metallraster in einem Fabrikraum (Ausführung Philips AG., Zürich)



Bild 5. Indirekte Raumbeleuchtung aus Hohlkehlen über der Kranbahn, verbunden mit freistrahkenden Fluoreszenz-Leuchtern an den Wänden zur Verbesserung der Vertikal-Beleuchtung im Maschinensaal eines Kavernenkraftwerkes

2 % immer noch etwa 460 Lux. Bei Sonnenauf- und Untergang würde an diesen beiden Stellen eine Beleuchtungsstärke von etwa 75 Lux (10 % TLF) bzw. von 15 Lux herrschen.

Die lichttechnischen Probleme der natürlichen Beleuchtung bestehen in der Bestimmung von Grösse, Lage und Konstruktion der Fenster in bezug auf Grundriss und Querschnitt der Räume, bzw. in der Anpassung der Räume an die möglichen Fensterflächen. Die Verglasung unterliegt teils lichttechnischen Überlegungen im Hinblick auf die Licht-Verluste und die Streu- oder Lenkfähigkeit der Glassorten. Verbunden damit sind die Aufgaben des Blendungsschutzes, die z. B. durch lichtstreuende Vorhänge, durch lichtabschirmende Blenden, Jalousien, Läden, Storren oder durch lichthemmende Farbanstriche auf Glasflächen gelöst werden können. Mit diesem Blendenschutz sind die Massnahmen gegen übermässigen Wärmeeintritt im Sommer bzw. Wärmeverlust und Beschlagen der Fenster im Winter zu verbinden. Die Vorausberechnung der Innenbeleuchtungsverhältnisse und die Beurteilung der Leuchtdichte und somit der Blendungszustände an den Fenstern bei ihrer Besonnung sind auch heute noch Gegenstand ausgedehnter technisch-wissenschaftlicher Untersuchungen.

Der grundlegende Unterschied zwischen natürlicher und künstlicher Beleuchtung liegt, wenigstens zurzeit noch, in einer extremen Verlagerung der Lichtquellen. Fenster sind, lichttechnisch gesehen, grosse Wand- oder Deckenflächen von stark variabler, meist niedriger Leuchtdichte; der Lichtfluss ist immer von der Raumbegrenzung nach dem Rauminnern gerichtet, bald voll diffus, bald stark gerichtet, je nach den Aussenbeleuchtungszuständen und nach der Art der Verglasung. Leuchten hingegen sind künstliche und zusätzliche Lichtquellen mit Anspruch auf eigene Form, Grösse, Leuchtdichte und betonte Lage im Raum. Der Lichtstrom entspringt an mehr oder weniger zentralen Stellen im Raum und fliesst nach aussen zu den Raumbegrenzungen. Dem betrachtenden Auge zeigen sich Raum und Leuchten einander überlagert, diese oft in krassem Gegensatz zum Raum oder doch in störender Anzahl und Helligkeit. Immer muss der gesamte künstliche Lichtstrom in der Leuchte erzeugt werden, wodurch ihre Grösse, Anzahl und Leuchtdichte bedingt wird. Aus dieser Problematik entspringen drei fundamental verschiedene Lösungen, die dadurch noch kompliziert werden, dass das Lichtbedürfnis im Allgemeinen zunimmt und die «Belastung» der Leuchten ansteigt. Diese Lösungen sind:

1. Die konsequente Entwicklung zur vielflammiigen Leuchte in zentraler Lage, Nachfolgerin des ehemaligen Kronleuchters, bisweilen mit der Tendenz zu niedriger Leuchtdichte durch Abschirmung der Lampen (Bilder 1 und 2). Folgen sind: Unterteilung des Lichtstromes auf kleinste Einheiten, lebhafte bis unruhige Wirkung der zahlreichen Leuchtpunkte hoher Leuchtdichte, sinkende Betriebs-Oekonomie und steigende Unterhaltskosten, rasche Ueberholung der oft im Modischen verhafteten Formen.

2. Anlehnung der Leuchten an die Architektur, Zurücktreten aus dem Rauminnern an die Raumgrenzen, Freigabe des Raumes bei Tag, Einordnung in die konstruktiven Elemente bei gleichzeitiger Betonung der Selbständigkeit (Bilder 3 und 5). Wirtschaftlich und betrieblich keine Bedenken.

3. Verschmelzung von Lichtquelle und Architektur, Ausbildung leuchtender Säulen und namentlich leuchtender Decken und Wände, Preisgabe der Leuchte als selbständige Form (Bild 4). Diese Entwicklung wird begünstigt durch die Stab- und Röhrenform der Fluoreszenzlampen und ihre Anpassungsfähigkeit an lineare und flächige Bauelemente bei geringem Platzbedarf. — In dieser Richtung öffnen sich neue Möglichkeiten, die etwa durch folgende Leitworte gekennzeichnet werden können: Synthese von natürlichem und künstlichem Licht, Verschwinden des bisherigen Dualismus, Einordnung der Leuchten in die Architektur, ganzheitliche Lösungen.

C. Denkart und Tendenz des Lichtfachmannes

Im folgenden soll dargelegt werden, in welchen Begriffen und Kennwerten der erfahrene Lichtfachmann denkt und rechnet, welche Richtlinien er einhält und welche Ziele er anstrebt. Er kennt und beurteilt die Lichtquellen (Lampen) nach ihrer Lichtqualität, nach der spektralen Zusammensetzung ihrer Strahlen und nach dem zeitlichen Ablauf der Lichtemission, der kontinuierlich oder in verschiedenen Graden wellig sein kann. Sodann benützt er den Lampen-Lichtstrom in Lumen als Mass für die gesamte sichtbare Strahlungsleistung und die elektrische Leistungsaufnahme in Watt als die zwei massgebenden Kennwerte zur Beurteilung der Lichtausbeute, die in Lm/W bewertet wird (Bild 6). Betrieblich und wirtschaftlich wichtig sind weiterhin neben den Anschaffungskosten der Lampe und ihrer nötigen Zubehöerteile die Veränderungen von Lichtstrom und Leistung während der Benützungszeit und schliesslich die Lebensdauer

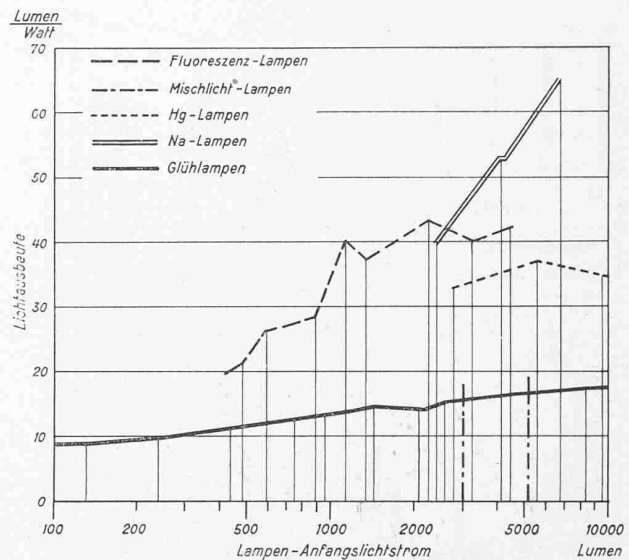


Bild 6. Anfangs-Lichtausbeute listenmässiger Lampen in Abhängigkeit des Anfangs-Licht-Nennlichtstromes (1952)

Tabelle 1. Eigenschaften des natürlichen Tageslichtes im Freien in tieferen Lagen auf 45° Breite

Merkmale:	Werte:
Spektrum (Farbe)	Rein, kontinuierlich: weiss, Veränderlich je nach Ort, Zeit, Einfallrichtung, Bewölkung, Staub, Dunst
	$\lambda_{min} \approx 300 \text{ nm}$ $\lambda_{pmax} \approx 550 \text{ nm}$ $\lambda_{max} \approx 2500 \text{ nm}$ 1) 2)
Beleuchtungsstärke im Freien	Auf- und Untergangs-Minima $\approx 500-1000 \text{ Lux}$ Klarer Juni-Mittag $\approx 100\,000 \text{ Lux}$ Klarer Dez.-Mittag $80\,000 \text{ Lux}$ Hellstunden-Mittel $23\,000 \text{ Lux}$ Jahresstunden-Mittel $13\,000 \text{ Lux}$
Schattigkeit oder Beleuchtungsart	Ganz klarer Himmel } E Sonne: 80 % Stark gerichtete Beleuchtung } E Himmel: 20 % E total: 100 % Ganz bedeckter Himmel } Voll diffuse Beleuchtung } E Himmel: 100 %
Helligkeit oder Leuchtdichte (Blendung)	Über dem Horizont: Hellste weisse Wolken 3 Stilb Dünne Wolkenschicht 2/3 Stilb Mitteldichte Wolkenschicht 1/3 Stilb Heller blauer Himmel 1/6 Stilb Dichte Wolkenschicht 1/12 Stilb Unter dem Horizont: Hellster besonnter Schnee 3 Stilb Hellster besonnter Erdboden 3/4 Stilb Hellster besonnter Rasen 1/3 Stilb Hellster besonnter Seespiegel 1/3 Stilb Hellster besonnter Wald 1/6 Stilb

1) λ = Wellenlänge; 2) nm = Nanometer = 10⁻⁹ m

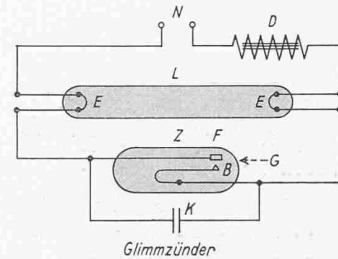
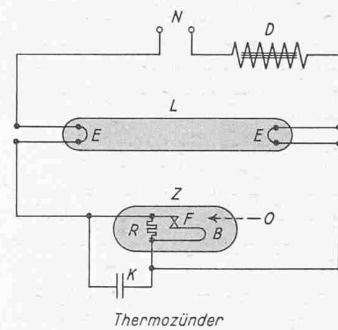


Bild 7. Funktionsskizzen der Glimm- und Thermozündler für Fluoreszenzlampen

- N Netz 50 Per/s
- D Drosselspule
- L Fluoreszenzlampe
- E Glüh-Elektroden
- Z Zünder, Starter
- F Fix-Kontakt
- B Bimetall-Kontakt
- K Störschutz-Kondens.
- G Glimmstelle (Arbeitskontakt)



- N Netz 50 Per/s
- D Drosselspule
- L Fluoreszenzlampe
- E Glüh-Elektroden
- Z Zünder, Starter
- F Fix-Kontakt
- B Bimetall-Kontakt
- K Störschutz-Kondens.
- R Hochohm-Widerstand zur dauernden Kontakt-Oeffnung
- O Oeffnungsstelle (Ruhekontakt)

selbst. Diese ist keine eindeutige Grösse, sondern unterliegt zahlreichen innern und äussern Einflüssen, z. B. der Umgebungstemperatur und Brennlage der Glühlampen oder der Schalthäufigkeit und der Zündart der Fluoreszenzlampen. Bei diesem Lampentyp und bei den Gasentladungslampen vom Typ «Natrium» und «Quecksilber» ist zum richtigen Einsatz im Betrieb zudem die Kenntnis der Zünd- und Anlaufvorgänge erforderlich.

Alle Lampentypen unterliegen einer mehr oder weniger starken Beeinflussung durch die Veränderung der Netzspannung, die als dauernde oder vorübergehende Ueber- oder Unterspannung eintreten kann. Schliesslich ist auch auf die Wichtigkeit einwandfreier Zubehöerteile hinzuweisen, die bei Fluoreszenz- und Gasentladungslampen unter folgenden Namen einzeln oder gruppenweise zu beschaffen sind (Bild 7): Vorschaltgeräte als Transformatoren oder Drosselspulen, Starter zur Vorheizung von Fluoreszenzlampen, Kondensatoren zum Radiostörschutz und zur Verbesserung des Leistungsfaktors, Ueberwachungsrelais gegen Blinken. Bei besonderen Anwendungen (Kino, Saal, Theater) sind die technischen Mittel zur Dämmererschaltung, das heisst zur langsamen Verdunklung oder Aufhellung einzusetzen.

Die Leuchten geben, rein lichttechnisch, Anlass zur Bewertung in Form ihres Wirkungsgrades und ihrer Lichtverteilung; die entsprechenden Kurven sind wünschbare bis notwendige Projektierungshilfsmittel. Die Messung und die Kenntnis der Leuchtdichte erlaubt eine Beurteilung über den

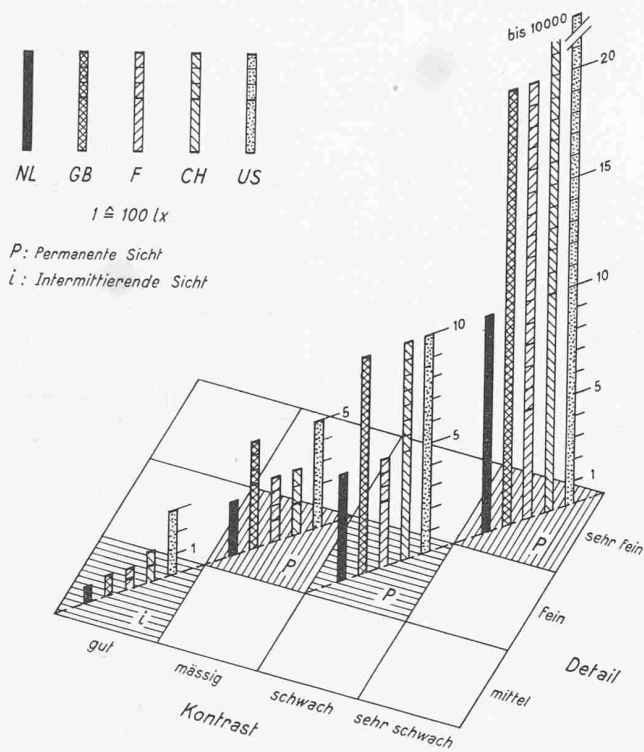


Bild 8. Empfohlene Werte für Industrie-Beleuchtungsstärken in fünf verschiedenen Ländern

Grad der Blendung durch die Leuchte selbst, vorerst ohne Zusammenhang mit ihrer Umgebung. Technisch konstruktiv stellen sich die Aufgaben der richtigen Materialwahl für die Zwecke der Reflexion und Diffusion des Lichts; hierzu ist die Kenntnis der Reflexions- und Transmissionsgrade sowie der Absorptionsverluste weitere Voraussetzung. Bei genauer Behandlung der Probleme ist auch die Kenntnis der geometrischen Rückwurf- und Durchlass-Kennlinien unerlässlich. Das spektrale Verhalten der lichttechnischen Baustoffe, ihr Einfluss auf Farbe oder Tönung des Lichtes ist ebenfalls nicht zu übersehen.

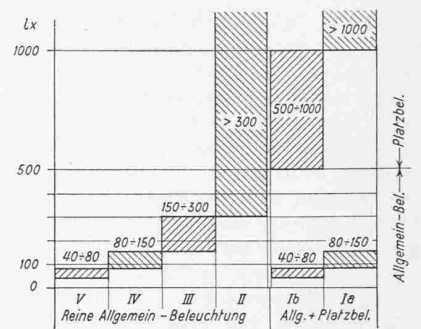
Als weiteres konstruktives Problem stellt sich die Anpassung an die Raumverhältnisse, die allein bei Innenraumleuchten vom gewöhnlichen trockenen Raum über die Varianten für staubige oder feuchte und nasse Räume zum explosionsgeschützten Modell reichen. Nicht genug damit, folgen die Bedingungen an einfache, sichere und dauerhafte Montage, an mühelose Reinigung und Auswechslung der Lampen, an Zugänglichkeit der Klemmen und Starter, an Sicherheit in mechanischer und elektrischer Hinsicht.

Zu diesem Programm technischer Bedingungen treten die formalen und dekorativen Gestaltungswünsche des Konstrukteurs selbst, seiner Mitarbeiter oder Auftraggeber; ihre Synthese erfordert ein hohes Mass von Kenntnis und Begabung, und es ist leicht einzusehen, in welche Extreme die Entwicklung führen kann, wenn nur von der technischen Seite allein oder andererseits rein von der formal gestaltenden Absicht aus zur Leuchtenkonstruktion geschritten wird. Es stehen sich dann die technisch einwandfreie, aber in ihrer Form unbefriedigende Zweckleuchte und andererseits die dekorativ gute, aber lichttechnisch schlechte Leuchte gegenüber, die ihre Hauptaufgabe nicht erfüllt: Genügendes, angenehmes Licht am richtigen Platz zu spenden.

In der Gesamtanlage soll nun die Lösung aller lichttechnischen und lichtästhetischen Aufgaben in folgender Form angestrebt werden: Die Beleuchtungsstärke in Lux, als erster Wertmasstab der Beleuchtung, soll ein Niveau erreichen, das den Benützern der Anlage dauernd und mühelos die Erfüllung aller ihrer Aufgaben sicherstellt. Als Richtlinien hierfür dienen der Fachwelt die Beleuchtungsstärke-Normen (Bild 8), die von nationalen oder internationalen Fachverbänden auf sorgfältiger Grundlage nach dem jeweiligen Stand der Technik und Wissenschaft aufgestellt sind. Weit entfernt davon, starre Regeln sein zu wollen, lassen sie persönlichen, örtlichen und zeitlichen Gegebenheiten einen weiten Spielraum in der

Bild 9 (rechts). Vom Schweiz. Beleuchtungskomitee empfohlene Abstufung der Beleuchtungsstärken

I bis V Klasseneinteilung der Arbeiten und Räume, siehe Handbuch für Beleuchtung, Zentrale für Lichtwirtschaft, S. 62 bis 67.



Interpretation und Anwendung. Sie sind jedoch als Rahmenwerte praktisch unentbehrlich und werden der technischen und wirtschaftlichen Entwicklung entsprechend fortwährend beobachtet und revidiert. Die Unterschiede der verschiedenen Länder-Normen sind erheblich. Sie erklären sich aus dem ungleichen technischen und ökonomischen Entwicklungsstand der Gebiete, für die sie aufgestellt wurden. Ihre Hauptgliederung bezieht sich auf Arbeitsräume (Bild 9), auf Schulen, auf Wohn- und Versammlungsstätten, auf Verkehrsanlagen. Zudem unterteilen sie sich auf natürliche oder künstliche Beleuchtung. Ergänzungen bestehen in Form von Einzelstudien und Empfehlungen für ganz bestimmte Industriezweige oder für begrenzte Gebiete des Verkehrswesens, z. B.: Automobilbeleuchtung, Fernverkehrsstrassen, Fluganlagen.

Da mit der Beleuchtungsstärke allein die Güte der Anlagen keineswegs sichergestellt ist, bestehen weitere Richtlinien für die höchst zulässigen Leuchtdichten an Leuchten für Aussen- und Innen-Beleuchtung, für Allgemein- und Arbeitsplatzleuchten. Ihr Zweck liegt in der Unterdrückung der Absolutblendung beim direkten Betrachten der Leuchten oder beim Entstehen von spiegelnden Reflexen dieser Leuchten an glänzenden Oberflächen. Weitere quantitative Regeln bestehen für die Abstufung der Leuchtdichten in den verschiedenen Zonen des Gesichtsfeldes und zur Ausschaltung der Relativblendung. Neuerdings entstehen rechnerisch-graphische Verfahren zur zahlenmässigen Bewertung der Behaglichkeit oder des Komforts von Allgemein-Beleuchtungsanlagen, in denen die Leuchtdichten sowie ihre Verteilung und die Kontraste im Gesichtsfeld zur Ermittlung von Behaglichkeitskennwerten herangezogen werden. Auch hier ist vor pedantischer Interpretation und Anwendung zu warnen; andererseits kann doch der wahre Kern solcher Ueberlegungen und Ableitungen, die meist auf sorgfältige Grosseperimente abstellen, nicht ohne Nachteil für die Anlage übersehen werden.

Im Interesse einer vollen Ausnutzung der Beleuchtung von Arbeits- und Verkehrsanlagen zielt die technische Anstrengung auch auf hohe Gleichförmigkeitsgrade sowie auf natürliche und mässige Schattigkeit und Plastik ab. Aus der Bewertung der zeitlichen Lichtschwankung von Lampen (der zeitlichen Gleichförmigkeit oder Lichtschwankungszahl) ist ableitbar, in welchem Grad, bei ungünstigen Voraussetzungen, mit Flimmererscheinungen oder stroboskopischen Effekten zu rechnen wäre. Die Mittel zur Behebung solcher Schwierigkeiten sind jedoch erprobt und in der Fachwelt bekannt.

Das Schwergewicht der technischen Bewertung vieler Anlagen liegt im Raum- oder Anlagewirkungsgrad. Er bewertet das Verhältnis zwischen dem Nutzlichtstrom, der in den Arbeits- oder Nutzflächen der Beleuchtung vorhanden ist, zum Bruttoaufwand an Lampenlichtstrom. Das Ziel jeder ökonomischen Lichtanwendung liegt in einem, bei den gegebenen Verhältnissen höchst möglichen Wirkungsgrad. Natürlich sind bei reinen Zweckanlagen höhere Werte erzielbar als bei vorwiegend oder rein dekorativen Anlagen. Die vollständige Vernachlässigung des wirtschaftlichen Momentes, das im Wirkungsgrad zum Ausdruck kommt, führt aber in den meisten Fällen doch auf die Dauer zu Enttäuschungen, aus dem einfachen Grund, weil das Missverhältnis zwischen Betriebskosten und Anlagenutzen allseits offenkundig wird. Die Folgen sind denn auch: Einschränkungen im Betrieb und damit weiteres Ungenügen, Nachinstallationen und vermehrte Kosten, oder totaler Umbau der Anlagen. An praktischen Beispielen wäre kein Mangel. Als letzter Hinweis zur Anlage-Projektierung sei das Vorsehen einer ausreichenden Lichtstrom-Reserve erwähnt. Auch die in der Zukunft zu erwartende technische

Weiterentwicklung und ihre Rückwirkung auf die bestehende Anlage sind zu überlegen. Ganz allgemein ist mit einem Anstieg des Lichtbedürfnisses in den nächsten Dezennien zu rechnen. Es ist auffallend, wie sehr das Lichtbewusstsein beim arbeitenden Menschen in letzter Zeit sich entwickelt hat, mit welchem Interesse er an Lichtfragen herantritt, welche Anforderungen er stellt und wie sehr er für gründlich studierte, gute Lösungen dankbar ist.

D. Menschliche Faktoren

Die Tätigkeit des Lichtfachmannes in der Verfolgung sachlicher Ziele wird durch seine eigenen persönlichen Neigungen und Erfahrungen sowie durch die Wünsche des Lichtnehmers sehr stark beeinflusst. Selbstverständlich dient jede künstliche und natürliche Lichtgabe vorwiegend der menschlichen Arbeit, Unterhaltung oder Erholung; die letzten Ziele liegen in der Erfüllung des physiologisch bedingten und psychologisch angepassten Lichtklimas. Im Fall der Beleuchtung für rein individuelle Zwecke, im eigenen privaten Heim oder im Einzelarbeitsraum, ist deshalb das Spiel der Variationen in Farbe, Form und Stärke freigegeben. Die Probleme beginnen beim Gemeinschaftsraum, in kleinem Massstab schon im Wohnraum der Familie mit den verschiedenen Lichtbedürfnissen für spielende oder arbeitende Kinder und für tätige oder sich erholende Erwachsene. Sie erweitern sich im Arbeitsraum der gewerblichen und industriellen Betriebe, sie steigern sich im Versammlungs- und Kultraum, mit dichter Besetzung durch Menschen aller Altersstufen und Charakteranlagen, höchstens geeint durch die Gleichartigkeit oder Ähnlichkeit oder Arbeitsverrichtung oder des Erlebnisses.

Dass hier nach objektiven Massstäben, nach optimalen Bedingungen für eine grosse Mehrheit gesucht werden muss, ist offenkundig. Hier müssen sich Neigung und Tendenz sowohl des Projektierenden wie der Betriebsleitung den persönlichen und sachlichen Gegebenheiten unterordnen. Dass dabei nicht alle individuellen Neigungen und Wünsche der Lichtbenützer an die Lichtfarbe, Lichtdosierung, Beleuchtungsstärke und alle andern Qualitäten einer Lichtanlage befriedigt werden können, braucht nicht zu enttäuschen. In einer Gruppe von nur hundert Personen befinden sich einige wenige, die herzhafte und unbeschadet einer Klarglaslampe von 200 W «ins Auge» blicken würden, ohne sich über Blendung zu beklagen. Eine andere kleine Gruppe hingegen würde sich mit höchster Entrüstung z. B. über den weissen Farbton, über die Stabform oder über ein vereinzelt Endflackern einer Fluoreszenzlampe aufhalten. Die Mehrzahl der normal Empfindlichen könnte sich jedoch ruhig entweder günstig oder ungünstig über Raum, Arbeitsplatz, Farbe, Licht äussern, und nach diesem möglichst günstigen Gesamturteil ist die Anlage auszurichten.

Die Kunst des erfolgreichen Projektierens liegt im vollen Erfassen der Schaufgabe, in der Fähigkeit zum innern Voraus-Schauen des beleuchteten Raumes und in der technisch und wirtschaftlich einwandfreien Verwirklichung der grundlegenden Ideen. Die letzten Ziele einer nach heutigen, fachmännischen Gesichtspunkten entworfenen Anlage sind immer: Deutlichkeit der Schaufgabe, Ruhe im Gesichtsfeld, abgewogene Leuchtdichten, Harmonie im ganzen Blickfeld, abgestimmte Farben, hohe Oekonomie der Anlage und des Betriebes.

Schlussbemerkungen

Unser Land verfügt nur über eine kleine Gruppe aktiver Lichtfachleute. Einige von ihnen sind seit rund 30 Jahren

Mitarbeiter des Schweizerischen Beleuchtungs-Komitees, des nationalen Organs der 1913 gegründeten internationalen Beleuchtungs-Kommission. Der äussere Gedanken- und Erfahrungsaustausch geschieht auf den internationalen Konferenzen dieser Kommission. Die 13. Konferenz wird im Jahre 1955 in Zürich stattfinden. Zwischen den Kongressen spielt sich eine lebhaftere, innere Tätigkeit der 38 einzelnen Fachkollegien ab, die sich auf alle aktuellen Aufgaben der natürlichen und künstlichen Beleuchtung beziehen. Zur Reife gebrachte Probleme finden ihren Niederschlag in Form von Beschlüssen und Empfehlungen, die über die 20 Landes-Komitees den nationalen Fachkreisen mitgeteilt werden. So bilden z. B. die Schweiz. Allg. Leitsätze für elektrische Beleuchtung, die 1947 letztmals revidiert wurden, eine solche Dokumentation internationaler und nationaler Ansichten und Erfahrungen.

Die Hauptanliegen der Lichtfachleute, die nach aussen und insbesondere vor dieser Versammlung erwähnt werden müssen, liegen auf dem Gebiet der zeitlich richtigen und persönlich gut abgestimmten Zusammenarbeit mit den Baufachleuten im weitesten Sinn. Wenige Beleuchtungsaufgaben sind rein technischer, ebenso wenige aber auch rein formaler oder künstlerischer Natur. Das Lichtschaffen liegt auf dem Grenzgebiet zwischen Kunst und Technik. Die zeitliche Priorität liegt unbestritten auf der Seite des Baugestalters, der über Bauvorhaben, Vorprojekte und Baurmine voll orientiert ist und darüber disponiert. Sorge des Lichtfachmannes ist der Einbezug aller lichttechnisch nötigen Ueberlegungen und praktischen Vorkehren vom Anfang der Bauprojektierung an. Licht ist heute nicht mehr ein primitives und nebensächliches, technisches und zeitliches Anhängsel des Bauwerks; es ist vielmehr ein integraler Faktor der Baugestaltung und als solcher von grundlegender Bedeutung und Berechtigung.

Unbestritten wird der Lichtfachmann dem lichttechnisch interessierten Baugestalter das erste Wort in der Licht-Diskussion, den Gestaltungsplan überlassen. Er wird auch die Vorstellungen des Architekten über die Farbgestaltung des Raumes, über die formale Ausführung der Leuchten, ihre individuelle und einmalige Entwicklung gründlich verfolgen. Sodann wird er seine Ansichten über die Beleuchtungsaufgabe und das Beleuchtungssystem, die Stärke und Lichtverteilung, die Leuchtdichte-Abstufungen mit den Tendenzen des Baugestalters in Uebereinstimmung zu bringen versuchen. Er wird konkrete Vorschläge über Wahl der Lampen und ihrer Attribute, über die technische Ausführung der Leuchten und die geeignete Installationsart vorschlagen. Er wird sich mit allen Fragen der Schaltung, Regelung, Steuerung der Anlage, mit den Montage- und Unterhalts-Problemen befassen und auch die nötigen Vorkehren für Modellversuche und Messungen treffen. Kein wesentliches ökonomisches oder technisches Problem darf seiner Aufmerksamkeit entgehen. Die Zusammenarbeit in diesem Sinn kann beiden Partnern nur Genugtuung und Befriedigung über das gemeinsam Geschaffene bringen und kommt schliesslich dem Bauherrn und den Lichtkonsumenten voll zu Nutzen.

Einseitigkeit und Ausschliesslichkeit der einen oder andern Seite, das völlige Uebergehen des Lichtfachmannes oder andererseits das Linksliegenlassen des Baufachmannes führen in der Regel zu unbefriedigenden Resultaten, weil ein massgebender Faktor unbeteiligt war.

Adresse des Verfassers: Prof. R. Spieser, Seestrasse 111, Herrliberg ZH.

Spannungs- und Sicherheitsverhältnisse bei Quellen und Schrumpfen von Belägen* DK 620.171.5

Diese Studie ist ein Beispiel für die Art von Aufgaben, wie sie von seiten der Industrie oder anderer technisch interessierter Instanzen an technisch orientierte photoelastische Laboratorien gestellt werden. Sie dürfte darüber hinaus in

* Zusammenfassung des Vortrages, den der Verfasser anlässlich des von der International Union of Theoretical and Applied Mechanics (IUTAM) organisierten Kolloquiums über Photoelastizität und Photoelastizität, Brüssel, 29. bis 31. Juli 1954, gehalten hatte. Der Vortrag erschien in erweiterter Fassung im «Schweizer Archiv» vom Oktober 1954.

einigen Belägen von einem gewissen Allgemein- bzw. Fachinteresse sein, nämlich hinsichtlich Problemstellung (Erzeugung eines innern Spannungsfeldes) und Problemlösung, Modellmaterial (Araldit $\sigma_p = 230 \text{ kg/cm}^2$, $\beta_z = 810 \text{ kg/cm}^2$, $E_B = 30 \cdot 10^3 \text{ kg/cm}^2$, $\nu = 0,368$, $\Sigma^{5461} = 9,91 \text{ kg/cm} \cdot \text{Ordnung}$, spannungsoptische Kennziffer), Klebmittel (Araldit Typ 121 N, Härter 951), Auswertungsweise (Ermittlung von σ_1 , σ_2 für das ganze Feld [Belag]), Versuchsergebnisse und Anwendung.