

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 88 (1970)  
**Heft:** 4

**Artikel:** Natürliche und künstliche Beleuchtung  
**Autor:** Mathis, Walter  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-84413>

### **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:** 30.01.2025

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

Von W. Mathis, Zürich

## Die Anforderungen des Auges

Ausgangspunkt für die Projektierung einer Beleuchtungsanlage ist die vom Auge erwartete Leistung bei der Ausführung einer bestimmten Arbeit. Die Sehleistung ist zur Hauptsache abhängig von:

- Grösse, Form, Farbe und Reflexionseigenschaften des Sehobjekts, die in jedem einzelnen Falle gegeben sind
- Helligkeits- und Farbunterschied zwischen dem Objekt und seiner näheren und weiteren Umgebung. Diese Kontraste sind in vielen Fällen im Sinne einer optimalen Anpassung der Umgebung veränderlich; der Beleuchtungstechniker kann hier beratend wirken
- der Helligkeit auf Objekt und Umgebung, von Lichteinfallrichtung, Schatten und Reflexen, unter Umständen von der Lichtfarbe. Hier liegt die eigentliche Aufgabe des Beleuchtungstechnikers.

Daneben besteht immer auch die Forderung, dass eine gute Beleuchtung nicht nur bestmögliche Voraussetzungen am Arbeitsplatz im engeren Sinne schaffen, sondern zusammen mit Raumausstattung, Klimatisierung usw. zu einem arbeitsfördernden Wohlbefinden beitragen soll.

Von den verschiedenen Eigenschaften einer Beleuchtung steht immer wieder die Beleuchtungsstärke zuvorderst in Diskussion. Sie ist ein Mass für das auf den  $m^2$  Arbeitsfläche fallende Licht und damit indirekt auch ein Mass für die Helligkeit, die sog. Leuchtdichte, von Seh-Objekt und Umgebung. Die in Büros und in ähnlichen Räumen auszuführenden Arbeiten stellen fast ausnahmslos erhöhte oder gar hohe bis sehr hohe Anforderungen an das Sehen. Dafür sehen die «Allg. Leitsätze für Beleuchtung» der Schweiz. Beleuchtungskommission Beleuchtungsstärken von 500 bis 1000 lx bzw. 1000 bis 2000 lx vor.

Die Festlegung solcher Empfehlungen erfolgt zwar jeweils nach den neuesten Erkenntnissen der Wissenschaft, doch finden wirtschaftliche Fragen eine angemessene Berücksichtigung. Viele voneinander unabhängige Untersuchungen der letzten Jahre haben übereinstimmend gezeigt, dass optimale Sehleistungen für die verschiedensten Arbeiten erst bei etwa 1000 bis 3000 lx erreicht werden, Bild 1. Daher ist auch in Zukunft mit einer weiteren Steigerung der Beleuchtungsstärken nach Massgabe der wirtschaftlichen Möglichkeiten zu rechnen.

Die empfohlenen Beleuchtungsstärken gelten als räumliche Mittelwerte für die normale Arbeitsebene, im allgemeinen für die 85 cm über dem Boden liegende Horizontalebene. Es sind die sogenannten Betriebswerte, die sich einstellen, wenn die Anlage eine gewisse Zeit in Betrieb war, und sich Alterung und Verschmutzung von Lampen, Leuchten und Raumboflächen auswirken. Sie setzen günstige Reflexionseigenschaften und Kontraste, normale Betrachtungszeiten und Personen mittleren Alters mit normal empfindlichen Augen voraus. In ungünstigeren Fällen sind sie – unter Umständen bis auf das Dreifache – zu erhöhen.

Die Beleuchtungsstärken an der hellsten und dunkelsten Stelle eines Raumes sollen nicht zu stark voneinander abweichen, keinesfalls um mehr als die Hälfte des Mittelwerts. Abgesehen vom Falle rein natürlicher Beleuchtung durch einseitig angeordnete Fenster ist diese Forderung im allgemeinen gut zu erfüllen. Die Kleinstwerte sollen natürlich nicht in den eigentlichen Arbeitsplätzen, sondern in Verkehrszonen oder in gelegentlich kurzzeitig benützten Plätzen liegen.

Kontraste und Schatten sind für die plastische Wahrnehmung notwendig. Doch dürfen andererseits die Leuchtdichte-Unterschiede auf der Arbeitsfläche und im übrigen Raum nicht

zu gross werden. Zu harte Schatten durch stark gerichtetes Licht sind ebenso unerwünscht wie das Fehlen von Schatten bei stark diffuser Beleuchtung. Die am Sehobjekt und auf seinem Hintergrund entstehenden Schatten sollen dem natürlichen Empfinden entsprechen und dürfen nicht stören.

Zu hohe Leuchtdichten, z. B. von Fenstern oder Leuchten, oder zu grosse Leuchtdichtekontraste rufen Unbehagen hervor oder führen sogar zu einer Verminderung der Sehfunktionen. Es entstehen Blendungserscheinungen, die unbedingt vermieden werden müssen. Die Störung durch zu helle Leuchten oder Fenster kann direkt oder durch Spiegelung an Oberflächen im Raum erfolgen. Dieser zweiten Möglichkeit ist insbesondere bei der Gestaltung der Arbeitsplätze, bei der Wahl von Schreibunterlagen, Papieren usw. Rechnung zu tragen. Der Grad der Blendung ist abhängig von der Leuchtdichte und der Grösse der Blendquelle (Leuchte oder Fenster), ihrer Lage zur Blickrichtung, der Leuchtdichte ihrer unmittelbaren Umgebung und der mittleren Leuchtdichte im Gesichtsfeld. Es stehen heute verlässliche Methoden zur Verfügung, um den Grad der Blendung schon bei der Projektierung zu beurteilen, bzw. in zulässigen Grenzen zu halten.

Die Lichtfarbe endlich soll eine angenehme, natürliche Farbwiedergabe gewährleisten. Wo von der Arbeit her keine besonderen Anforderungen gestellt werden, wird man in erster Linie Lichtquellen mit hoher Lichtausbeute wählen und auf eine gute Verträglichkeit mit gleichzeitig vorhandenem natürlichem Licht achten.

## Die verfügbaren Lichtquellen

Zwei Lichtarten stehen für die Beleuchtung zur Verfügung: das natürliche und das künstliche Licht.

- Das natürliche Licht setzt sich zusammen aus
- dem Licht, das auf direktem Weg von der Sonne herkommt und
  - dem Licht, das in der Atmosphäre von Gasmolekülen

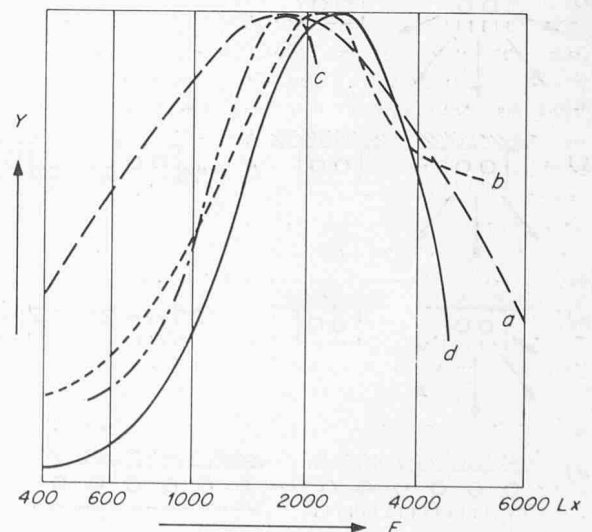


Bild 1. Optimale Beleuchtungsstärken für Arbeitsräume. Y Häufigkeit der günstigen Beurteilung; E mittlere Beleuchtungsstärke

- a Aufsuchen von Zahlen (Muck und Bodmann)
- b Einziehen von Cu-Drähten in Ringkerne (Westhoff und Horemann)
- c Allgemeine Büroaufgaben (Balder)
- d Schwierige Büroaufgaben (Riemenschneider)

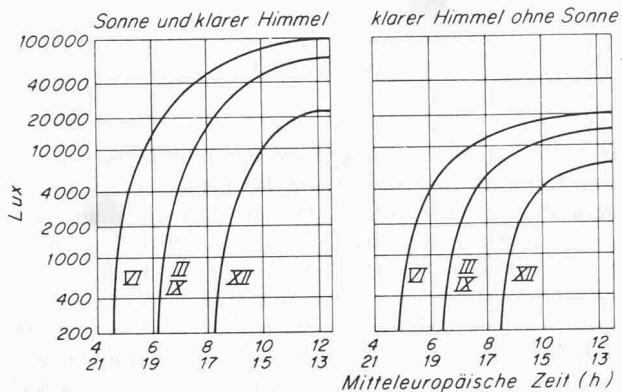


Bild 2. Horizontal-Beleuchtungsstärke im Freien. III März; VI Juni; IX September; XII Dezember

gestreut wird und als blaues Himmelslicht einfällt. Dazu kommt unter Umständen das Licht, das an den kleinen Wassertröpfchen der Wolken und des Nebels gestreut wird.

Das natürliche Licht ist bezüglich Stärke und Farbe sehr variabel. Die Abhängigkeit vom Sonnenstand bei klarem und bei bedecktem Himmel führt zu den bekannten periodischen Schwankungen über den Tag und das Jahr. Eine riesige Vielfalt ergibt sich aber aus den verschiedenen Arten von Bewölkung und Bedeckung. Die Horizontalbeleuchtungsstärken im Freien steigen in unseren Breiten bis zu rd. 20000 lx bei bedecktem Himmel und bis zu rd. 100000 lx bei klarem Himmel, siehe Bild 2. Die Beleuchtung vom klaren Himmel allein ohne Sonne ist praktisch gleich den Werten des bedeckten Himmels. In der Schweiz ist der Himmel je nach Ort während 30 bis 50% des Jahres zu  $\frac{3}{4}$  bis voll bewölkt. Deshalb wird für die Beurteilung der natürlichen Beleuchtung in Räumen meist der bedeckte Himmel vorausgesetzt, der «gleichmässig bedeckte Himmel» der Internat. Beleuchtungs-Kommission, welcher sichere und verhältnismässig einfache Vorausberechnungen erlaubt. Die Leuchtdichte des bedeckten Himmels beträgt im Zenith max. rund 8000 cd/m<sup>2</sup>, am Horizont max. rd. 3000 cd/m<sup>2</sup>.

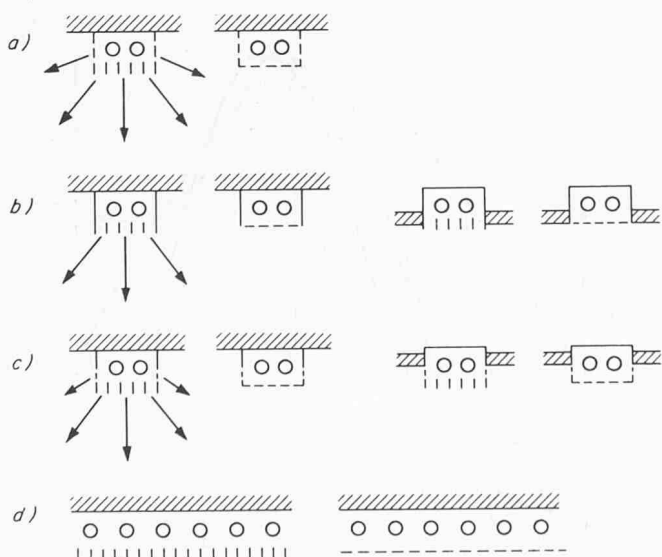


Bild 3. Verschiedene Leuchten-Bauformen

- Grundplatten mit Raster- oder geschlossener Abschirmung, mit seitlichem Lichtaustritt, als Aufbauleuchten
- Gehäuse mit Raster- oder Glasabschluss, Lichtaustritt nur unten, als Aufbau- (links) oder Einbauleuchten (rechts)
- Zwischenformen mit mehr oder weniger hohen, lichtdurchlässigen Seitenteilen, als Aufbau- oder Einbauleuchten
- Unabgeschirmte Leuchten, die mit durchgehenden, herabgehängten Raster- oder Glasdecken dem Blick entzogen werden

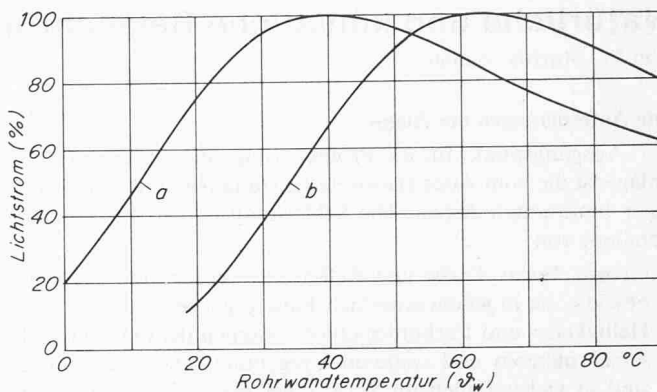


Bild 4. Lichtstromausbeute in Funktion der Rohrwandtemperatur  
a bei normalen Fluoreszenzlampen L 40 W  
b bei Amalgam-Fluoreszenzlampen L 40 W

Als künstliche Lichtquellen kommen in den betrachteten Fällen heute fast ausschliesslich Fluoreszenzlampen in Frage. In der Gasentladung selbst wird zur Hauptsache unsichtbare UV-Strahlung erzeugt. Diese wird in der im Inneren des Glasrohres aufgetragenen Fluoreszenzschicht in Licht umgewandelt, wobei je nach Zusammensetzung des Leuchtstoffes verschiedene Lichtfarben erzeugt werden können.

Die Skala der weissen Lampen reicht vom bläulichen Weiss der Farbe «Tageslicht» – entsprechend dem natürlichen Licht des bedeckten Himmels – bis zum gelblich-rötlichen Weiss ähnlich dem Licht der Glühlampe. Für die Beleuchtung von Arbeitsräumen eignen sich in erster Linie die Farben Hellweiss und Universalweiss, in gewissen Fällen kommen auch die etwas wärmeren Lichtfarben Warmweiss, Weiss de Luxe oder Warmweiss de Luxe zur Anwendung.

Es stehen verschiedene Formen, Grössen und Leistungen zur Verfügung, für allgemeine Beleuchtungsaufgaben in erster Linie die stabförmigen Lampen 20 W/60 cm, 40 W/1 m oder 1,20 m, 65 W/1,50 m, 160 W/1,75 m und 200–215 W/2,35 m.

Der Wirkungsgrad der Lichterzeugung, d. h. Lichtausbeute liegt für die üblichen Leistungen und Lichtfarben zwischen rund 35 und 65 lm/W. Die Verluste der zum Betrieb der Lampen notwendigen Vorschaltgeräte sind dabei berücksichtigt. Von der elektrischen Energie werden etwa 15 bis 25% in Licht umgewandelt, der Rest wird von den Lampen als Wärme abgegeben. Zum Vergleich betragen die Lichtausbeuten von Glühlampen von 60 bis 200 W etwa 12 bis 16 lm/W, sind also rund 3 bis 5mal geringer.

Für die mechanische Halterung und den elektrischen Anschluss, sowie für die Lenkung des Lichts und zur Vermeidung von Blendung werden die Lampen in Leuchten eingebaut.

Die wichtigsten hier interessierenden Bauformen sind in Bild 3 dargestellt:

- Grundplatten mit Raster- oder geschlossener Abschirmung als Blendschutz, mit seitlichem Lichtaustritt, als Aufbauleuchten
- Gehäuse mit Raster oder Glasabschluss, Lichtaustritt nur unten, als Aufbau- oder Einbauleuchten
- Zwischenformen mit mehr oder weniger hohen, lichtdurchlässigen Seitenteilen, als Aufbau- oder Einbauleuchten

Daneben sind Anordnungen möglich, bei denen unabgeschirmte Leuchten an der Decke montiert und mit durchgehenden, herabgehängten Raster- oder Glasdecken dem Blick entzogen werden (Bild 3 d).

Der aus der Leuchte austretende Lichtstrom ist geringer als der in der Lampe erzeugte. Aufgabe des Konstrukteurs ist es, dieser Leuchten-Wirkungsgrad möglichst hoch zu halten. Bei den gezeigten Leuchten liegt er bei etwa 50 bis 80%.

Eine im Leuchten-Wirkungsgrad berücksichtigte Erscheinung verdient besondere Beachtung: Der Lichtstrom der Fluoreszenzlampe ist stark von der Umgebungstemperatur abhängig. Eine offen brennende Lampe gibt den grössten Lichtstrom bei einer Umgebungstemperatur von rd. 25 ° C, entsprechend einer Rohrtemperatur von rd. 40 ° C ab, Kurve a in Bild 4. In geschlossenen Leuchten von zu geringem Volumen können sich wegen zu starker Erwärmung ohne weiteres Lichtstrom-Verluste bis zu 30% ergeben. Der Mehr-Aufwand an Leuchten infolge vermindertem Wirkungsgrad ist in den meisten Fällen höher als die durch Verringerung des Volumens der einzelnen Leuchte möglichen Einsparungen. Darüber hinaus liegen auch die Kosten für Energie und Unterhalt dauernd entsprechend höher.

In diesem Zusammenhang ist die Amalgam-Lampe eine neuere, interessante Sonderausführung von Fluoreszenzlampe. Die in Bild 4 gezeigte Kurve a des relativen Lichtstroms lässt sich bei dieser gegen höhere Temperaturen verschieben, wenn in geeigneter Weise der Dampfdruck in der Lampe beeinflusst wird. Die Amalgam-Lampen haben ihr Lichtstrom-Maximum bei etwa 60 ° C Rohrwandtemperatur, Kurve b in Bild 4, und geben immer mehr Licht ab als die normale Lampe, wenn ihre Rohrwandtemperatur über rd. 50 ° C liegt. Wegen ihres etwas höheren Preises können sie ab etwa 55 ° C wirtschaftlich eingesetzt werden.

### Die Beleuchtungsanlagen

Das künstliche Licht wurde in der Vergangenheit mit gewissem Recht als Ersatz für Tageslicht im schlechten Sinne bezeichnet. Heute darf man sagen, dass mit den vorhandenen Lampen und Kenntnissen jede Beleuchtungsaufgabe mit künstlichem Licht ebenso gut gelöst werden kann. Das gilt aber nur für die technisch-physiologische Seite und nur bei sorgfältigster Planung. Die damit zusammenhängenden psychologischen Probleme werden später zu behandeln sein.

Betrachtet man die Entwicklung der Büroarbeit und der Büros in den letzten 20 Jahren, so fallen zwei Erscheinungen auf:

1. Der Anteil der Büroarbeit wird durch Technisierung und Automatisierung immer grösser, damit werden die menschliche Leistung und die Rationalisierung der Arbeit im Büro immer wichtiger.
2. Wegen der ständig wachsenden Zahl von Beschäftigten im Büro, der immer stärkeren gegenseitigen Verflechtung der einzelnen Aufgaben und nicht zuletzt aus wirtschaftlichen Gründen erfolgt ein Übergang von klassischen Einzel- und Gruppenbüros zum Grossraumbüro. Diese Massierung von Beschäftigten in einem Raum führt zu neuen, vergrösserten psychologischen und technischen Problemen, auch für die Beleuchtung.

Für den Beleuchtungstechniker beginnen aber die besonderen, neuen Probleme nicht erst dann, wenn Räume von 20 x 20 m und mehr zu beleuchten sind, sondern schon dort, wo vollwertige Arbeitsplätze nicht mehr am Fenster liegen, d. h. mehr als etwa 1 bis 2mal Raumhöhe davon entfernt sind.

In allen weniger tiefen Räumen und Zonen genügt das natürliche Licht je nach den Voraussetzungen im Freien während einem kleineren oder grösseren Teil der Arbeitszeit zur Erreichung der notwendigen Beleuchtungsstärken. In der übrigen Zeit gewährleistet die richtig bemessene künstliche Beleuchtung die Einhaltung dieser Werte. In den weiter vom Fenster entfernten Zonen aber muss man sich mit folgenden Problemen zusätzlich beschäftigen:

- Das natürliche Licht genügt nur noch in Zeiten grösster Aussenhelligkeit oder überhaupt nicht mehr für die auszuführenden Arbeiten,

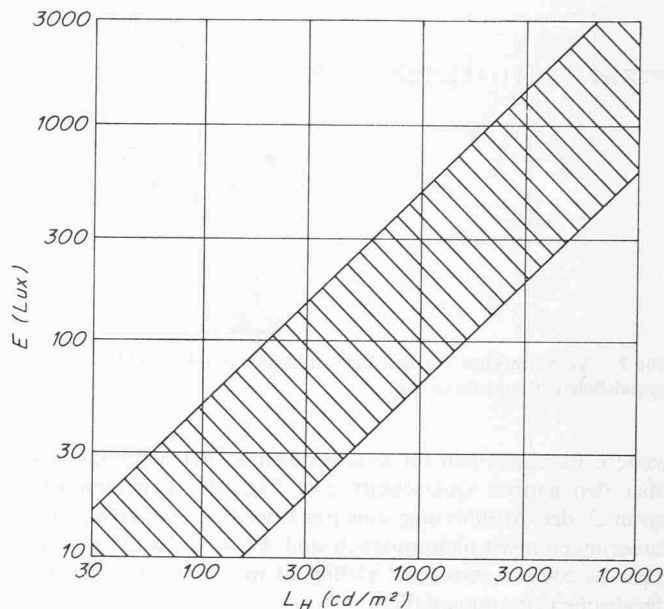


Bild 5. In tieferen Zonen eines Grossraumes notwendige Beleuchtungsstärke  $E$  und Himmels-Leuchtdichte  $L_H$  ( $5^\circ$  über Horizont)

- die Unterschiede zwischen den Leuchtdichten am Arbeitsplatz und der Leuchtdichte des Fensters können so gross werden, dass Blendungserscheinungen auftreten und
- die grossen Helligkeitsunterschiede zwischen den Arbeitsplätzen am Fenster und im Rauminnern verursachen ein Gefühl der minderwertigen, zweitklassigen Platzierung, das sich nicht zuletzt auf die Leistung auswirken kann.

Das erste Problem erledigt sich in einem gewissen Sinne von selbst, die Benützungsdauer des künstlichen Lichts wird als Folge der grossen Raumtiefe schliesslich gleich der gesamten Arbeitszeit. Wegen der zwei anderen Erscheinungen aber sind höhere Beleuchtungsstärken erforderlich, als die eingangs erwähnten empfohlenen Werte. Wenn man davon ausgeht, dass die Leuchtdichte des Fensters das 40fache der Leuchtdichte in der Umgebung des Arbeitsplatzes nicht überschreiten sollte, müssen Beleuchtungsstärken zwischen 1000 und 2000 lx auch dann vorgesehen werden, wenn für die Ausführung der Arbeit geringere Werte genügen würden (Bild 5). Aus wirtschaftlichen Gründen arbeitet man heute vorwiegend mit Beleuchtungsstärken um 800 bis 1500 lx, wenn nicht die Art der Arbeit selbst höhere Werte erfordert.

In Räumen geringer Tiefe bis zu etwa 2mal Raumhöhe werden die Arbeitsplätze meist nach dem Tageslicht ausgerichtet, Bild 6. Die künstliche Beleuchtung wird sich dieser Möblierung möglichst anpassen. Als vorteilhaft hat sich in der Praxis die Anordnung der Leuchte in der Nähe der Fenster erwiesen, aus installationstechnischen und ästhetischen Gründen meist in durchgehenden Reihen. Je nach Raumtiefe sorgen

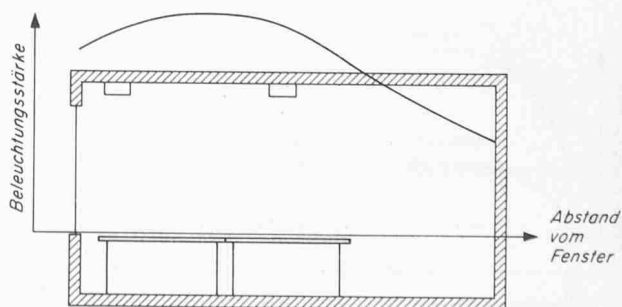


Bild 6. Beleuchtungsstärke in Funktion des Abstandes vom Fenster



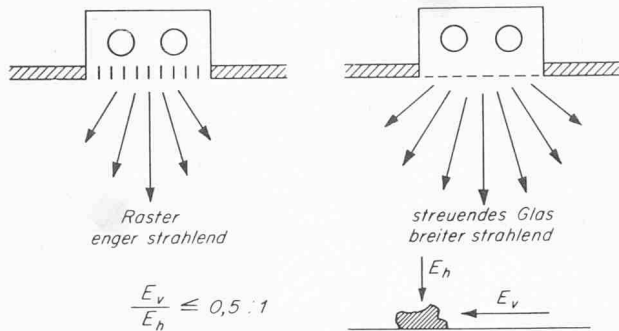


Bild 7. Verhältnis der Vertikal-Beleuchtungsstärke  $E_v$  zur Horizontal-Beleuchtungsstärke  $E_h$

weitere Parallelreihen für eine genügende Beleuchtungsstärke über den ganzen Querschnitt. Die Lage der Leuchten kann optimal der Möblierung angepasst werden, da grosse Veränderungen meist nicht möglich sind. Es wird darauf geachtet, dass die Stellen geringerer Helligkeit mit Verkehrszonen und dergleichen zusammenfallen.

In tieferen Räumen und in eigentlichen Grossräumen ist besonders zu beachten:

- Wegen der Grösse der Räume und der Massierung von Personen und Arbeitsmaschinen genügt die natürliche Lüftung oft nicht mehr. Es muss künstlich klimatisiert werden. Die der Beleuchtungsanlage zugeführte Energie setzt sich schlussendlich vollständig in Wärme um. Sie muss ebenfalls von der Klimaanlage bewältigt werden, und nimmt einen beachtlichen Teil deren Leistung auf. Es ist deshalb in klimatisierten Räumen besonders wichtig, die erforderliche Beleuchtungsstärke mit einer möglichst geringen Leistung und mit möglichst hohem Wirkungsgrad zu erzeugen
- die gleichen Gründe bedingen meist eine akustische Konditionierung der Räume, wofür die Decke von besonderer Bedeutung ist. Auch aus diesem Grunde soll die Zahl der Leuchten und die von ihnen beanspruchte Fläche möglichst gering sein. Geräuscharme Vorschaltgeräte und in akustischer Hinsicht einwandfrei konstruierte Leuchten sind eine selbstverständliche Voraussetzung
- wegen der hohen Beleuchtungsstärken und weil eine bevorzugte oder einheitliche Blickrichtung nicht vorhanden ist, sind die Blendungsprobleme noch sorgfältiger zu behandeln. Helle Decken, nicht zu dunkle Bodenbeläge und helle, nicht spiegelnde Tischflächen, Unterlagen und Maschinen sind einige wichtige Voraussetzungen. Die Arbeitsplatzbeleuchtung mittels einzelner Tischleuchten ist nicht zu empfehlen. Die individuelle Einstellung solcher Leuchten führt unweigerlich zu Blendungserscheinungen an benachbarten Plätzen
- einer der Vorzüge des Grossraumes ist, dass die Anordnung der Arbeitsplätze jederzeit einem veränderten Arbeitsablauf angepasst werden kann. Dafür muss aber die Beleuchtungs-

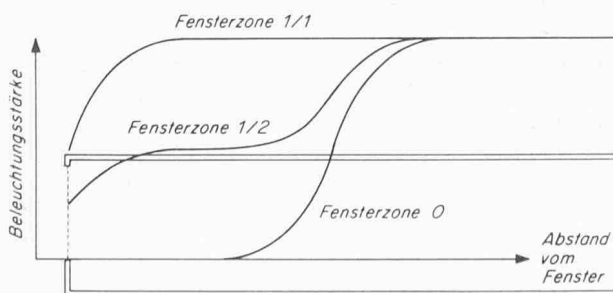


Bild 8. Schaltungsmöglichkeiten in der Fensterzone zur Anpassung an das vorhandene Tageslicht

stärke im ganzen Raum möglichst gleichmässig sein. Die Mindest- und Höchstwerte sollen um nicht mehr als etwa 20% vom Mittelwert abweichen

- wegen der Grösse der Räume besteht die Gefahr, dass das Licht zu gleichmässig von allen Seiten auf die Arbeitsfläche einfällt und das plastische Sehen und das Raumgefühl beeinträchtigt werden. Die einzelnen Leuchten sollen daher ihr Licht hauptsächlich nach unten gerichtet ausstrahlen, Bild 7. Rasterleuchten erfüllen diese Bedingung im allgemeinen gut, mit diffusem Material abgedeckte Leuchten streuen eher etwas breiter, wenn nicht besondere Innenreflektoren vorgesehen werden oder besondere Kunstgläser mit Richtwirkung zur Anwendung kommen
- die Beleuchtung in der Fensterzone muss unabhängig von den tieferen Teilen des Raumes schaltbar sein. In der Randzone mit guten Tageslicht-Verhältnissen ist eine Stufenschaltung für die halbe und ganze Beleuchtungsstärke angezeigt, Bild 8, unter Umständen auch in einer anschliessenden Übergangzone. Das künstliche Licht wird in diesen Zonen eingeschaltet, wenn das natürliche Licht noch nicht oder nicht mehr genügt, oder wenn wegen direkter Sonneneinstrahlung die Storen geschlossen werden müssen. In der Innenzone genügt eine gewöhnliche Ein-Aus-Schaltung. Stark differenzierte Schaltungen lohnen sich nur, wenn in der Praxis dafür gesorgt wird, dass sie von berufener Seite richtig bedient werden
- es wurde erwähnt, dass die Klimaanlage durch die Beleuchtung stark belastet wird. Deshalb drängt sich eine gemeinsame Behandlung der zusammenhängenden Probleme gebieterisch auf. Es ist falsch, wenn die Beleuchtung - wie das heute immer noch geschieht - ohne Kontakt mit dem Klimatisierungsspezialisten projektiert werden muss. Es sind sicher nicht die preiswertesten Anlagen und Gebäude, die auf diese Weise entstehen. Man muss gemeinsam überlegen können, wie die Aufwendungen für die Klimaanlage bei gegebener Beleuchtung niedrig zu halten sind. Die Leuchten geben einen Teil ihrer Wärme zusammen mit dem Licht als Strahlung ab, den grösseren Teil aber als Konvektions- und Leitungswärme. Wird aus lüftungstechnischen Gründen eine Zwischendecke eingezogen, so werden die Leuchten darin eingebaut. Durch entsprechende Luftführung an den Leuchten vorbei oder durch die Leuchten hindurch kann ein beachtlicher Teil der Wärme am Entstehungsort nach oben abgeführt werden, ohne dass der Raum belastet wird. Dadurch wird auch die Leuchte gekühlt, die Strahlungswärme etwas geringer, der Lichtstrom durch Annäherung an die optimale Rohrwandtemperatur höher und die Lebensdauer der eingebauten Vorschaltgeräte länger. Leuchten mit durchgeführter Abluft oder Zuluft sollen nur geringe, zusätzliche Geräusche erzeugen. Das bedingt eine genaue Abstimmung der Luftführung, Durchlassgrössen und Luftgeschwindigkeiten.

Zur natürlichen Beleuchtung durch die Fenster ist zu sagen: In Räumen mit Tiefen bis zu etwa 1 bis 2mal Raumhöhe genügt das natürliche Licht im Jahresdurchschnitt über den grösseren Teil der täglichen Arbeitszeit. Bei der heute möglichen Qualität des künstlichen Lichts und den verhältnismässig geringen Kosten für seine Erzeugung lohnt es sich nicht, den Anteil des natürlichen Lichts mit allen Mitteln - etwa der vollständigen Verglasung der Fassaden oder der Vergrösserung der Raumhöhen - verbessern zu wollen.

In tieferen Räumen genügt das durch die Fenster einfallende Tageslicht nur für einen geringen Teil der Arbeitsfläche. Auch hier lohnt sich nicht, diesen Teil mit grossem Aufwand etwas zu vergrössern. Die Mehrkosten für Bau und Klimatisierung werden immer grösser als die Ersparnisse an Betriebskosten der sowieso vorhandenen Beleuchtungsanlage.

Wie bereits erwähnt, könnten Arbeitsräume heute einwandfrei mit künstlichem Licht allein beleuchtet werden. Doch herrscht in den Kreisen der Arbeits-Physiologen und -Psychologen immer noch Unsicherheit über die psychischen Auswirkungen fensterloser Räume. Von beleuchtungstechnischer Seite sind kaum Einwände vorzubringen, wenn z. B. aus gestalterischen Gründen die Fenster so weit verkleinert werden, dass sie nur noch für den Kontakt mit der Aussenwelt

dienen. Die Aufgabe der Klimafachleute wird dadurch stark vereinfacht. Allerdings sollte wohl in Büros und ähnlichen Räumen nicht so weit gegangen werden, wie in Werk-Hallen mit Oberlichtern, wo reine Sehschlitze ohne weiteres noch vertretbar sein können.

Adresse des Verfassers: *Walter Mathis, Ing., Osram AG, Limmatquai 3, 8001 Zürich.*

## Schallschutz und Raumakustik in Büros und ähnlichen Arbeitsräumen

Von **L. Trbuhovic**, dipl. Ing. habil., Arch. SIA, Dozent an der ETH Zürich, Mitarbeiter **E. Morell**

DK 534.833:534.84:651.1

Eine gemeinsame Untersuchung der Licht-, der Klima- und der Schallverhältnisse in Gebäuden bzw. an Arbeitsplätzen ist zur Erzielung von optimalen physiologischen Umweltbedingungen unbedingt notwendig. Die Kriterien und Voraussetzungen für die Konditionierung der einzelnen Teilgebiete sind wohl weitgehend selbständig, d. h. unmittelbare gegenseitige Abhängigkeiten bestehen kaum. Die Forderung nach einer Gesamtbetrachtung und zur Koordination in Planung und Ausführung ergeben sich jedoch teils aus der Problematik der baulich-technischen und wirtschaftlichen Verwirklichung der notwendigen bzw. möglichen Massnahmen und Vorkehrungen und teils aus dem Umstand, dass die in einem Teilgebiet ungünstigsten Verhältnisse die Gesamtumweltbedingungen am nachhaltigsten prägen.

Die Massnahmen zum Schallschutz und zur Raumakustik unterscheiden sich von denjenigen zur Klima- und Lichtkonditionierung dadurch, als sie nur passiv, d. h. durch Vorbeugungs- und Schutzvorkehrungen erwünschte oder geforderte Verhältnisse herbeiführen können. Als Ausnahme von dieser Regel kann beispielsweise die Musikberieselung von Grossraumbüros, Verkaufsräumen usw. betrachtet werden. Der Schallkontrolle sind also, insbesondere in bezug auf einen bestimmten Raum, durch die physikalisch-akustischen Gesetzmässigkeiten, klare Grenzen gesetzt.

Jedes Schall- bzw. Lärmproblem wird bestimmt durch die Lärmquelle, den Lärmempfänger und die Lärmübertragung. Während für die Analyse des Problemes alle drei Faktoren zu untersuchen sind, bewegen sich die baulich-technischen Massnahmen und Vorkehrungen ausschliesslich im Bereich der Lärmübertragung, d. h. dem Schallweg zwischen der Quelle und dem Empfänger. Raumakustische und Schallschutzmassnahmen unterscheiden sich durch die verschiedenen Übertragungsbedingungen. Im ersten Fall befinden sich Quelle und Empfänger in demselben, im zweiten Fall in verschiedenen Räumen. Unter akustischer Konditionierung soll die Summe aller Massnahmen verstanden werden.

Der moderne Mensch ist einer stetig steigenden Zahl von Schallangriffen ausgesetzt, die er bewusst oder unbewusst registriert. Die Voraussetzung der Störungsfreiheit für konzentriertes Arbeiten ist jedoch keine Erfindung neueren Datums. Die gesteigerten Ansprüche in bezug auf die Schallkonditionierung in Büros und ähnlichen Arbeitsräumen ist also in erster Linie auf die zunehmende Zahl und Intensität der Lärmquellen zurückzuführen. Vor allem der Einsatz von mechanischen Hilfsmitteln und technischen Installationen hat sich stark entwickelt und vervielfacht. Dabei darf nicht übersehen werden, dass der Begriff der Büroarbeit schalltechnisch einen sehr grossen Bereich umfasst, beginnend bei der intensiven geistigen Beschäftigung bis zum Routinehandgriff an lärmigen Maschinen.

Bei der Analyse der Lärmquellen kann unterschieden werden zwischen Aussenlärm und Innenlärm. Hauptträger des Aussenlärms, d. h. Lärm, der von aussen auf ein Gebäude ein-

wirkt, ist der Verkehr in allen seinen Formen. Der Verkehrslärm ist für Bürobauten insofern von besonderer Bedeutung, als dieselben in der Regel in innenstädtischen Zonen liegen. Der hohe Lärmpegel des Aussenlärms während der Bürozeiten verunmöglicht in vielen Fällen das Öffnen von Fenstern und erfordert damit zugleich die Vollklimatisierung des Gebäudes. Eine sinnvolle Planung kann oft durch sich selbst Probleme des Schallschutzes bewältigen, für die wirtschaftliche Lösung ist sie unabdingbar. Dies gilt auch im Zusammenhang mit dem Aussenlärm. Allerdings ist für die Lage und Orientierung im Grundstück bei Bürobauten der Spielraum meistens so gering, dass der Faktor der Lärmimmissionen dabei kaum berücksichtigt werden kann. Für die Grundrissgestaltung eines solchen Gebäudes ist jedoch zu empfehlen, die empfindlichsten Räume von den gefährdeten Stellen fernzuhalten. Es ist allerdings mit einer Abnahme des Lärms nach oben, im Bereiche von 5 bis 6 Geschossen, insbesondere bei zweiseitig geschlossenen Strassenfluchten, nicht zu rechnen.

Der Schutz gegen Aussenlärm ist in erster Linie durch die Fassade zu gewährleisten. Die Luftschalldämmung (nach Luft- und Körperschall wird unterschieden entsprechend den jeweiligen Ausbreitungsmedien der Schallwellen), d. h. die Minderung oder Verhinderung der Schallausbreitung durch raumtrennende Elemente wird bestimmt neben der Art, Lage und Intensität der Lärmquellen von den Materialeigenschaften und dem konstruktiven Aufbau dieser Teile.

Der Schalldämmwert von einschaligen Wand- und Deckenelementen ist abhängig vom Flächengewicht und der Biegesteifigkeit. Bei  $100 \text{ kg/m}^2$  beträgt die Schalldämmzahl  $R \cong 40 \text{ dB}$ . Bei Gewichtsverdoppelung wird jeweils ein um rd.  $4 \text{ dB}$  höherer Wert erreicht. Durch zwei- oder mehrschaligen Aufbau kann theoretisch jeder beliebige Schalldämmwert erzielt werden. Praktisch ist bei sorgfältigem konstruktiven Aufbau, d. h. insbesondere durch Vermeidung von Schallbrücken, beispielsweise eine Vorhangsfassade, ohne besondere Mehraufwendungen für den Schutz von Büroräumlichkeiten, ausreichend. Besonders zu beachten sind die Fensterflächen. Doppelfenster mit richtigem Scheibenabstand erreichen Schalldämmmasse bis zu  $40 \text{ dB}$ , was für eine Minderung des durchschnittlichen städtischen Aussenlärms als genügend anzusetzen ist. Als weitere Möglichkeit wurde verschiedentlich an Geschäftshausfassaden, analog den «brise-soleil», ein «brise-bruit» vorgehängt. Der Erfolg dieser eher spielerischen Massnahme dürfte, mindestens gemessen am Aufwand, eher gering sein und ist durch keine Messungen belegt.

Der Innenlärm entsteht durch den Gebrauch des Gebäudes. Die Hauptlärmquellen sind die Arbeitsmaschinen und Automaten, die Installationen und die Benutzer. Ihr prozentualer Anteil ist in verschiedenen Betrieben und auch innerhalb eines bestimmten meist stark unterschiedlich. Eine direkte Einflussnahme auf die Lärmquelle ist, wenn immer möglich, die einfachste, billigste und sicherste Form der Lärmbekämpfung. Eine solche aber ist in den wenigsten Fällen