

Tageslicht und Kunstlicht in Bürogrossräumen = Lumière diurne et éclairage artificiel dans les grands bureaux = Daylight and artificial illumination in large offices

Autor(en): **Tubbesing, Wolfgang**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bauen + Wohnen = Construction + habitation = Building + home :
internationale Zeitschrift**

Band (Jahr): **23 (1969)**

Heft 1: **Grossraumbüros = Bureaux de grandes dimensions = Large office
tracts**

PDF erstellt am: **16.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-333537>

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.

Tageslicht und Kunstlicht in Büro großräumen

Lumière diurne et éclairage artificiel dans les grands bureaux

Daylight and artificial illumination in large offices

1. Allgemeine Gesichtspunkte

Bürogebäude mit Großräumen sind durch die Forderung nach rationeller Bürotätigkeit in letzter Zeit sehr zahlreich entstanden. Organisatorische Fragen haben die Gebäude- und Grundrißform in starkem Maße bestimmt, so daß in der Mehrzahl Häuser mit quadratischem Grundriß entstanden sind. Das Quadrat begünstigt den Wunsch nach größtmöglicher Flexibilität und Funktionsfähigkeit bei der Anordnung der Büroarbeitsplätze. Aus organisatorischen Gründen haben sich hierbei gewisse Mindestgrößen herausgebildet, wonach ab etwa 600 m² bei etwa 60 Personen Belegung ein Büro großraum die ihm zugeordnete Funktion erfüllen kann. Dies bedeutet bei quadratischem Grundriß Raumtiefen von über 20 Metern. Büro großräume sind bei uns mit dem Begriff der »Bürolandschaft« verbunden, die dem Gefühl der Vermassung entgegenwirken und durch die aufgelockerte Mobiliaranordnung die Arbeitsfreude günstig beeinflussen sollen. Gute Arbeitsleistungen sind aber auch davon abhängig, ob der Mensch an seinem Arbeitsplatz zufriedenstellende Luft- und Lichtverhältnisse vorfindet und nicht durch zu große Lärmbelastung abgelenkt wird. Die räumlichen Gegebenheiten in Büro großräumen bedingen, daß den technischen Einrichtungen zur Erzielung angenehmer Umwelteinflüsse besondere Beachtung geschenkt werden muß. Infolge der Raumgröße ist eine Belüftung durch die Fenster nicht

1 Blick zum Fenster in einem Büro großraum während des Innenausbaus.

Vue en direction de la fenêtre dans un grand bureau pendant la finition intérieure.

View toward the window in a large office during interior finishing.

2 Verlauf des Tageslichtes und der künstlichen Beleuchtung des in den Bildern 1 und 3 gezeigten Großraumes.

Cours de la lumière diurne et de l'éclairage artificiel dans le grand local tel qu'il est indiqué dans les illustrations 1 et 3.

Sequence of daylight and artificial illumination in the large room shown in ill. 1 and 3.

mehr möglich, eine große Anzahl von Personen würde ohne schalldämmende Maßnahmen zu einer gegenseitigen Störquelle werden, und das Tageslicht kann bei den üblichen Raumhöhen keine ausreichenden Beleuchtungsverhältnisse mehr gewährleisten. Hier muß mit technischen Mitteln versucht werden, die fehlenden natürlichen Voraussetzungen für eine angenehme und leistungssteigernde Raumatmosphäre zu schaffen. Für die Disziplinen Klima, Akustik und Beleuchtung ergeben sich Anforderungen, die über die zur Zeit gültigen Leitsätze DIN 1946 (VDI-Lüftungsregeln) und DIN 5035 (Licht) weit hinausgehen. Der anspruchsvolle Innenausbau von Büro großräumen verlangt eine enge Zusammenarbeit aller am Bau beteiligten Disziplinen, wobei sich Klima, Akustik und Beleuchtung eng koordinieren müssen, da die Belange dieser drei Bereiche sich gegenseitig beeinflussen.

2. Das Verhältnis von Tages- und künstlichem Licht im Büro großraum

Die modernen Bürohäuser haben Fassaden, die zu einem großen Teil aus Glas bestehen. Vor allem in Großräumen bestehen meistens drei oder sogar alle Seiten aus umlaufenden Fensterfronten, so daß von allen Arbeitsplätzen ein ungehinderter Blick nach draußen möglich ist, der nach allgemeiner Ansicht das Behaglichkeitsgefühl des Menschen wesentlich beeinflusst.

In DIN 5034 (Innenraumbeleuchtung mit Tageslicht) und in der Musterbauordnung (MBO) werden Hinweise zur ausreichenden Beleuchtung von Wohn- und Arbeitsräumen mit Tageslicht gegeben, wobei dies nach MBO durch Angabe von Bauwischen zu lösen sein soll.

Diese Richtlinien und Bauvorschriften können noch eingehalten werden, solange konventionelle Büros in Zellenbauweise betrachtet werden, deren Raumtiefe bei möglicher Befensterung durch die ausreichende Ausleuchtung mit Tageslicht bestimmt werden kann. Die künstliche Beleuchtung in solchen Räumen dient dazu, bei fehlendem Tageslicht die notwendige Helligkeit auf den Arbeitsplätzen zu erzeugen, wie sie in den Richtlinien DIN 5035 (Innenraumbeleuchtung mit künstlichem Licht) empfohlen wird. Für Büros der konventionellen Art sind hiernach 500 Lux erforderlich.

Büro großräume dagegen haben Raumtiefen, die bei Beachtung der Musterbauordnung und der Richtlinien DIN 5034 zu Fenstergrößen und Raumhöhen führen, die eine völlig unwirtschaftliche Bauweise erforderlich machen würden. In modernen Bürohäusern bestimmt jedoch die Nutzung des Gebäudes die Raumhöhe, die normalerweise drei Meter im Lichten beträgt. Hierbei kann jedoch außer einer schmalen Zone am Fenster keine ausreichende Ausleuchtung des übrigen Raumes mit Tageslicht

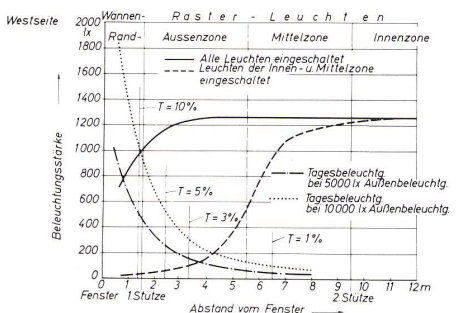
mehr erwartet werden. Da große umlaufende Fensterfronten auch den Wärmehaushalt und die akustischen Verhältnisse des Raumes ungünstig beeinflussen, sind bereits Lösungen bekannt geworden, die Büroräume mit schmalen Fensterbändern unterhalb der Decke oder fensterlose Räume bei ständiger künstlicher Beleuchtung vorsehen. Diese sehr wirtschaftliche Lösung hat jedoch zu überwiegender Ablehnung der darin arbeitenden Menschen geführt. Für das Wohlbefinden und die Ausgeglichenheit ist entscheidend, daß der Mensch den Kontakt zur Außenwelt durch große Fensterflächen behält. Er möchte sich sozusagen mit einem schnellen Blick davon überzeugen, ob die Sonne scheint oder ob es regnet. Wegen der im Inneren des Raumes liegenden Arbeitsplätze erhalten die umlaufenden Fenster die größtmöglichen Abmessungen (Bild 1).

Für die Beleuchtung des Raumes führen diese großen Fassadenöffnungen, durch die das Tageslicht zu sehen ist, zu Forderungen, die bei der Technik der Beleuchtung von Innenräumen bisher nicht zu beachten waren.

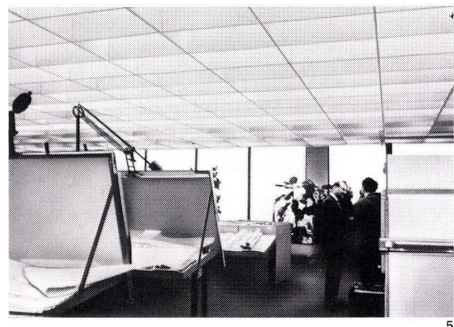
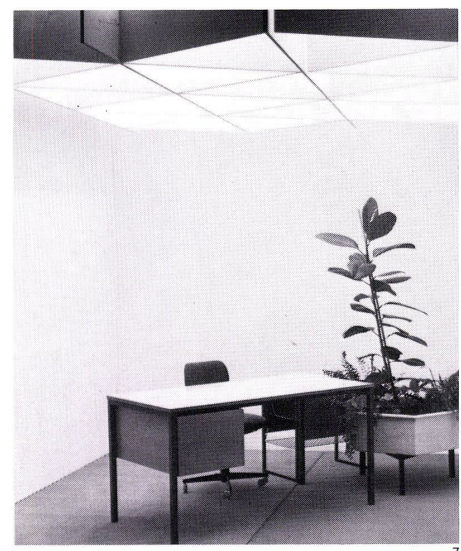
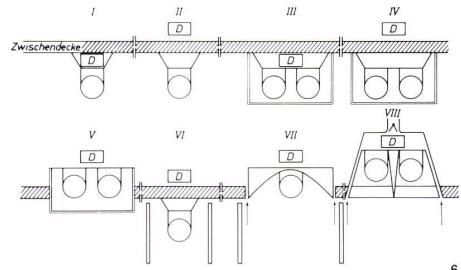
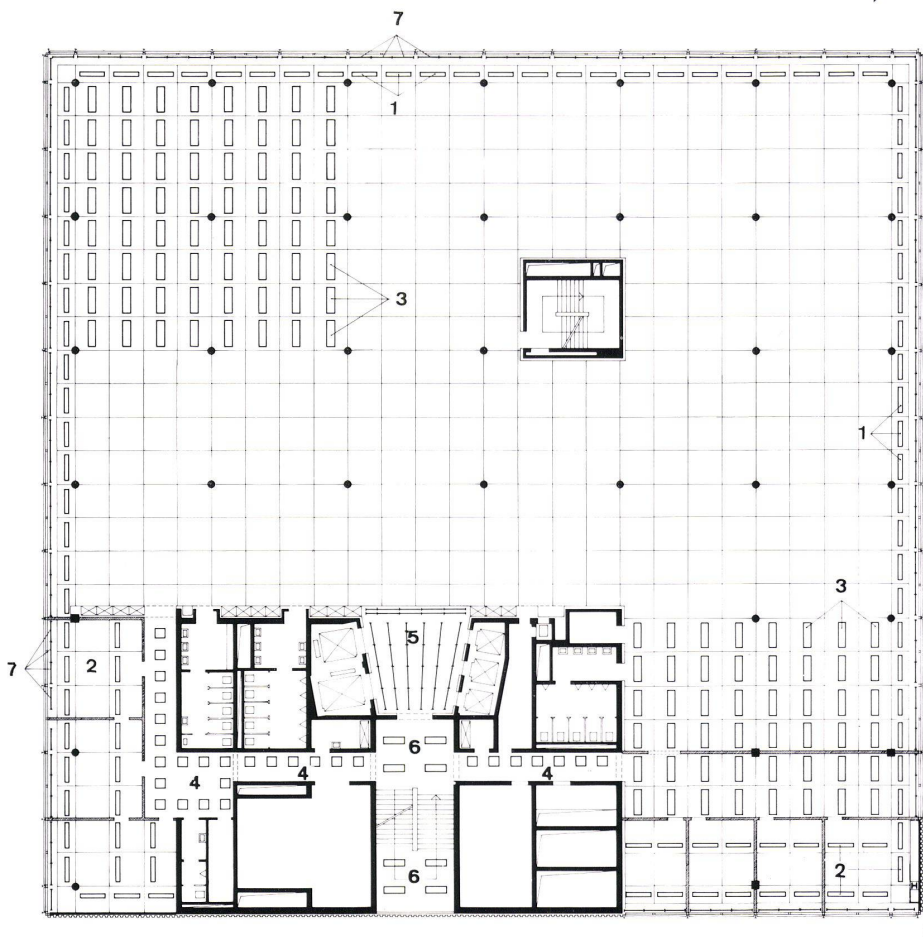
Für den in Bild 1 gezeigten Büro großraum wurde entsprechend dem Grundriß nach Bild 2 eine Berechnung des Tageslichtquotienten nach DIN 5034 durchgeführt. Dabei wurde bereits bei der Planung festgestellt, daß nur eine schmale Zone entlang der Fenster ausreichend mit Tageslicht ausgeleuchtet wird, wobei die natürliche Beleuchtung zum Rauminnen sehr schnell abfällt und in 3,4 m Entfernung vom Fenster bereits ein Tageslichtquotient von 3% erreicht wird (Bild 3). Die Arbeitsplätze im Inneren des Büro großraumes müssen daher ständig künstlich beleuchtet werden, wobei in der Übergangzone von Tages- zu Kunstlicht keine störenden Übergänge auftreten dürfen.

Die großen und hellen Fensterflächen tragen zur Raumbelichtung zwar wenig bei, sind aber von allen Arbeitsplätzen im Inneren des Raumes zu sehen. Die hohen Leuchtdichten des Himmels können beim Blick gegen das Fenster mit den Leuchtdichten im Raum so hohe Unterschiede aufweisen, daß dies zu unangenehmen Blenderscheinungen führt, wenn Leuchtdichteunterschiede von 1:40 unterschritten werden. Dies kann nur vermieden werden, wenn die künstliche Beleuchtung so hoch gewählt wird, daß ein ausgewogenes Leuchtdichtebild im Blickfeld entsteht.

Geht man von Leuchtdichten für blauen Himmel von 12000 asb, 18000 asb für bedeckten Himmel und 25000 bis 30000 asb für weiße Wolken aus, so sind im Rauminnen mittlere Leuchtdichten von 300 bis 750 asb notwendig, um die möglichen Helligkeitsunterschiede noch nicht als störend zu empfinden. Diese Leuchtdichten würden bei mittlerem Reflexionsgrad der Raumausstattung Be-



2



3 Grundriß eines Bürogroßraumes im Osram-Haus.
Plan d'un grand bureau dans la Maison Osram.
Plan of a large office in the Osram House.

- 1 Acrylglas-Einbauleuchten 2lampig / Verre acrylique-lampadaires incorporés à 2 lampes / Acryl glass fluorescent fixture, 2 units
- 2 Acrylglas-Einbauleuchten 3lampig / Verre acrylique-lampadaires incorporés à 3 lampes / Acryl glass fluorescent fixture, 3 units
- 3 Lamellen-Einbauleuchten 3lampig / Lamelles-lampadaires incorporés à 3 lampes / Slatted fluorescent fixture, 3 units
- 4 Acrylglas-Aufbauleuchten quadratisch / Verre acrylique-lampadaires saillants, carré / Acryl glass attached fixture, square
- 5 Leuchtstofflampen hinter Rasterdecke / Lampes fluorescentes derrière la grille de plafond / Fluorescent lamps behind ceiling grille
- 6 Acrylglas-Aufbauleuchten / Verre acrylique-lampadaires suspendus / Attached acryl glass lamps
- 7 Lichtband zur Vorhanganleuchtung / Bande lumineuse pour l'éclairage des rideaux / Fluorescent tubing for lighting of curtain

Testarbeit	Art der Arbeit	Detailgr Winkel	Kontrast	Darbelzeit	Arbeitsdauer	Leistungsmax.	Min der Ermüd bei	Steigerung der Beleuchtung von auf		Leistungssteigerung %
Muck u Bodm Zahlen suchen	mittel-fein	19,6°/2,5'	1 50	bel.	10-30 min.	1000 lx subj.	keine	100 lx	1000 lx	5
		13,1°/1,6'	1 14					100 lx	10000 lx	6
	fein	13,1°/1,6'	1 27					100 lx	1000 lx	11
								100 lx	10000 lx	18
Stuge - Licht Perlen aufz	mittel-fein	13°-15°	groß	bel.	6 h	>2000 lx	1000 lx	100 lx	1000 lx	5,5
Sim u Broz Buchst. erk	fein	10°	1:20	0,56s	2 h	1000 lx	1000 lx	100 lx	1000 lx	9
Goldstern u. Putnoky weben	fein		Fäden hell	bel.	3x33h*	>2000 lx		150 lx	1500 lx	11,4
			Fäden dunkel					150 lx	2080 lx	12,4
	s. fein							150 lx	1500 lx	14,2
								150 lx	2080 lx	15,3
Kotova aussuchen	außer-gewöhnl. fein	1°-3°	Wände hell	bel.	1,5 h	1350...1500 lx	1300...2000 lx	150 lx	1500 lx	4,3
			Wände dunkel					2000...2300 lx	2000...2700 lx	150 lx
								150 lx	2300 lx	46,6
Stuge - Licht Lederstanzerei Kamera-montage	fein	-	gering	bel.	8 h	-	-	350 lx	1000 lx	7,6
		klein	-	bel.	8 h	-	-	370 lx	1000 lx	7,4

* an drei Abenden am Schichtende

- 4 Bürogroßraum mit Großrasterdecke der Firma Krupp, Rheinhausen:
Grande salle de bureaux avec grand réseau de plafond de la Maison Krupp à Rheinhausen:
Large office with large-scale ceiling grille of the Krupp Company, Rheinhausen:
- 5 Bürogroßraum mit Großrasterdecke der Firma Krupp, Rheinhausen. Blick gegen das Fenster, mittlere Beleuchtungsstärke 1100 Lux.
Grande salle de bureaux avec grand réseau de plafond de la Maison Krupp à Rheinhausen. Vue en direction de la fenêtre, puissance moyenne 1100 lux.
Large office with large-scale ceiling grille of the Krupp Company, Rheinhausen. Looking toward the window, average intensity 1100 Lux.
- 6 Prinzipielle Beleuchtungsarten bei künstlicher Beleuchtung.
Principales manières d'éclairer lors de l'éclairage artificiel.
Basic types of illumination with artificial lighting.
- 7 Muster einer Großrasterdecke in Dreiecksform.
Exemple d'un plafond à grand réseau en forme triangulaire.
Sample of a large-scale ceiling grille, triangular.

Tabelle A

leuchtungsstärken bis zu 2000 Lux entsprechen. Wenn es heute in der Praxis üblich ist, in Büro großräumen als Gebrauchswert der Beleuchtungsstärke etwa 1000 Lux vorzusehen, so können die unangenehmen Leuchtdichteunterschiede beim Blick gegen das Fenster bereits weitgehend vermieden werden.

Eine gute, der Gesamtkonzeption des Raumes angepaßte Beleuchtung gibt dem Büro großraum auch tagsüber ein wohlthuendes Aussehen. Auch bei optimaler Ausleuchtung mit Tageslicht würde die Decke im Bereich des Fensters, insbesondere bei Decken mit Großrastern noch so schlecht ausgeleuchtet sein, daß unangenehme Leuchtdichteunterschiede entstehen können (Bild 5). Die ergänzende künstliche Beleuchtung kann diese unangenehme Wirkung aufheben (Bild 6).

Das Beleuchtungsproblem in Büro großräumen mit großen Fensterfronten führt gegenüber den normalen Beleuchtungsaufgaben zu anderen Erwägungen: Hier wird wegen des in der Fensterzone reichlich vorhandenen sichtbaren Tageslichtes als Ausgleich eines zu großen Beleuchtungsgefälles und zur Vermeidung störender Kontraste am Tage mehr künstliches Licht benötigt als am Abend. Ein hohes künstliches Beleuchtungsniveau von über 1000 Lux ist notwendig, um dem Raum ein ausgeglichenes und angenehmes Leuchtdichteniveau zu geben.

3. Arbeitsphysiologische und -psychologische Untersuchungen

Ein hohes Beleuchtungsniveau führt mit bestimmten Güteanforderungen nicht nur zu einem behaglichen Aussehen des Raumes, hohe Beleuchtungsstärken haben auch einen direkten Einfluß auf die Sehtüchtigkeit des Auges. Der Mensch ist von Natur aus ein vom reichlichen Licht geprägtes Wesen und die Sehfunktionen setzen für optimale Sehtüchtigkeit ein Beleuchtungsniveau voraus, wie es in Innenräumen mit den gegenwärtigen technischen Mitteln nicht oder nur unter äußerstem Aufwand erreicht werden könnte.

Die Adaptation und damit die Leistungsfähigkeit des Auges werden durch die Leuchtdichten innerhalb des Blickfeldes bestimmt. Unterschieds- und Formenempfindlichkeit sowie die Wahrnehmungsgeschwindigkeit des Auges haben ihre optimalen Werte bei Leuchtdichten, die innerhalb zulässiger Kontraste, auf Beleuchtungsstärken umgerechnet, mehreren 1000 Lux entsprechen. Dies sind Werte, von denen wir in der Praxis der Innenraumbeleuchtungstechnik noch weit entfernt sind, die uns jedoch im Mittel in der freien Natur geboten werden.

Neben den bereits länger bekannten physiologischen Auswirkungen auf die Sehtüchtigkeit sind auch zahlreiche Arbeiten auf dem Gebiet der Arbeitspsychologie bekannt geworden, die sich mit dem Einfluß verschiedener Beleuchtungsniveaus auf die Leistungsbereitschaft und die Ermüdung des Menschen befassen. Bei den Untersuchungen haben sehr unterschiedliche Arbeitsaufgaben zugrunde gelegen. Es wurden den Testpersonen nacheinander steigende und fallende Beleuchtungsniveaus geboten und Leistungssteigerung und Ermüdung während längerer Versuchszeit studiert. Die Ergebnisse der verschiedenen Untersuchungen zeigt Tabelle A, wonach sich ein Maximum der Leistung je nach Schwierigkeit der Sehaufgabe bei Beleuchtungsstärken von 1000 Lux an aufwärts einstellt, während sich bei ähnlich hohen Beleuchtungsstärken die

geringste Ermüdung ergab. Bewußt studiert wurde auch die Leistungssteigerung beim Übergang von niedrigen zu hohen Beleuchtungsniveaus, was entsprechend Tabelle A zu überraschend hohen Ergebnissen führte.

4. Technik der künstlichen Beleuchtung

Für die Planung und Ausführung von Innenraumbeleuchtungsanlagen mit künstlichem Licht gelten in Deutschland die Richtlinien DIN 5035 in der zur Zeit noch gültigen Ausgabe August 1963. Hierin sind je nach Schwierigkeit der Sehaufgabe die Ansprüche an die Beleuchtung aufgeführt.

Für Büroarbeiten geben diese Richtlinien ein Beleuchtungsniveau von 500 Lux an, das jedoch für Räume gedacht ist, die auf Grund ihrer geringen Tiefe ausreichendes Tageslicht erhalten und künstliches Licht nur benutzt wird, wenn das natürliche nicht mehr genügend Helligkeit auf den Arbeitsplätzen ergibt. In Großräumen müssen jedoch die Arbeitsplätze besonders im Inneren ständig künstlich beleuchtet werden. Die Anforderungen, die aus dem Nebeneinander von natürlichem und künstlichem Licht in Büro großräumen entstehen, sind in den zur Zeit noch gültigen Richtlinien noch nicht enthalten, es steht aber zu erwarten, daß in Kürze ein überarbeitetes Normblatt diesen besonderen Fall künstlicher Beleuchtung berücksichtigen wird. Für die Technik der künstlichen Beleuchtung in Büro großräumen sind folgende Punkte von besonderer Bedeutung:

4.1. Beleuchtungsniveau:

Die in den Kapiteln 2 und 3 erwähnten Zusammenhänge haben dazu geführt, daß sich für die Praxis eine zweckmäßige Ausleuchtung des Raumes ergibt, wenn das Beleuchtungsniveau der künstlichen Beleuchtung nicht unter 1000 Lux sinkt. Bei der Planung muß also je nach Beleuchtungsart durch einen entsprechenden Neuwert der Beleuchtungsstärke dafür gesorgt werden, daß dieses Niveau zu keiner Zeit unterschritten wird. Hiermit ist dann gewährleistet, daß sich im Mittel ein als angenehm empfundenes Gleichgewicht zwischen Tages- und Kunstlicht einstellt, das an allen Plätzen des Raumes zu guten Sehbedingungen führt. Diese Voraussetzungen ermöglichen es, Büro großräume mit großen Tiefen unter Beibehaltung großer Fenster zu bauen, in denen die Tageslichtbeleuchtung nicht mehr beachtet zu werden braucht.

4.2. Beleuchtungsarten:

Die Flexibilität der Arbeitsplätze in einem Büro großraum verlangt, daß das Beleuchtungsniveau sehr gleichmäßig über den gesamten Raum verteilt wird, was durch eine gleichmäßige Verteilung der Beleuchtungskörper an der Decke erreicht werden kann (Bild 2). Dies führt zu einer Allgemeinbeleuchtung des Raumes, die bei dem hohen Beleuchtungsniveau jede gesonderte Beleuchtung eines normalen Arbeitsplatzes überflüssig macht.

Grundsätzlich sind für künstliche Beleuchtung die in Bild 6 gezeigten Leuchtenarten möglich. In Büro großräumen muß die Beleuchtung jedoch stets mit den Anforderungen an die Klimatisierung und Akustik abgestimmt werden, so daß für den praktischen Zweck hauptsächlich die Lösungsmöglichkeiten VI, VII und VIII in Frage kommen.

Die prinzipielle Beleuchtungsart nach VI stellt dabei offene Leuchtstofflampen an einer Zwischendecke dar, unter die ein Großraster gehängt wird, das die nötige Abschirmung

der Leuchtstofflampen besorgt und mit einem geeigneten Material zur Schalldämmung im Raum beiträgt. Dabei sollten die Lampen zumindest in Querrichtung nicht unter 30° eingesehen werden können.

Das Großraster selbst kann aus gestalterischen Gesichtspunkten verschiedenartige Formen erhalten, wobei die rechteckige oder quadratische die gebräuchlichste ist, Drei- oder Sechseckformen jedoch vielfach verwendet werden (Bild 7).

Die Schattigkeit der Beleuchtung ist vornehmlich durch eine spitze Lichtverteilungskurve zu erreichen. Hier stellt die Lösungsmöglichkeit VII mit einer Parabel-Spiegelleuchte über einen Großraster eine Verbesserung der in VI gezeigten Leuchtenart dar. Bei ebener schalldämmender Decke kommen hauptsächlich Einbauleuchten mit Lamellenraster für mehrere Leuchtstofflampen nach VIII in Frage, die durch ihre gerichtete Lichtausstrahlung ebenfalls zu einer schattigen Beleuchtung führen. Dies wird erreicht, indem jede Lampe zwischen zwei Reflektorstegen angeordnet ist, die die Lampe in Querrichtung abschirmen, während in Längsrichtung die Lamellenraster den Einblick unter 30° verwehren (Bild 8).

4.3. Lichtquellen und Lichtfarbe:

Die beinahe ausschließliche Lichtquelle für die künstliche Beleuchtung in Büro großräumen ist die Leuchtstofflampe. Sie ist die für diese Zwecke vielseitigste und wirtschaftlichste Lichtquelle.

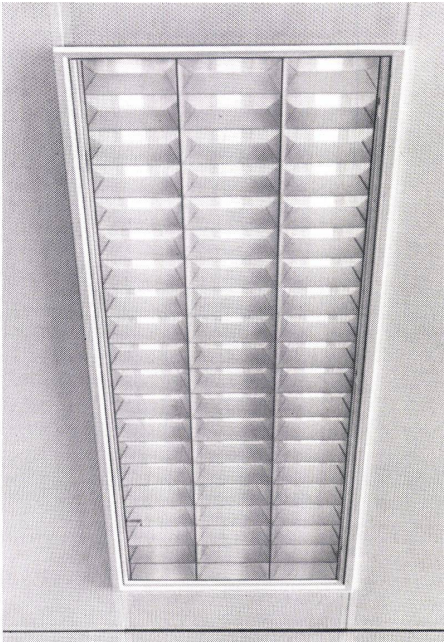
Unter den Lichtfarben dieser Lampenart kommt der Lichtfarbe 25 »Universal-Weiß« in Büro großräumen eine besondere Bedeutung zu, da sich hiermit ein sehr guter Ausgleich mit dem Tageslicht ohne störenden Übergang herstellen läßt. Auch führt diese Lichtfarbe mit der Farbgebung des Raumes zu einem sehr freundlichen und lichten Aussehen. Deswegen scheiden für die Bürobeleuchtung die Lampen mit besonders hohem Lichtstrom, aber unzureichender Farbwiedergabe aus, die fahle Gesichtsfarben und damit eine Abneigung gegen die Beleuchtung hervorrufen würden.

Mit warmgetönten Leuchtstofflampen dagegen läßt sich nur schwer ein Ausgleich mit dem Tageslicht erreichen, so daß die verschiedenen Lichtfarben schnell zum Eindruck einer »künstlichen Beleuchtung« führen können. Leuchtstofflampen der Lichtfarbe Tageslicht könnten bei den hohen Beleuchtungsniveaus in Büro großräumen zwar physikalisch eine gute Anpassung mit dem Tageslicht ergeben, ihre Lichtfarbe wird aber für diesen Zweck im allgemeinen nicht angewendet, weil sie zu einer zu kühlen und sachlichen Raumstimmung führt.

4.4. Gleichmäßigkeit und Lichtrichtung:

Die regelmäßige Verteilung der Lichtquellen über die gesamte Decke führt meistens auch zu einem sehr gleichmäßigen Beleuchtungsniveau im gesamten Raum.

Plastisches Sehen erfordert eine bestimmte Schattigkeit der Beleuchtung. Daher werden, wie unter 4.2. beschrieben, vornehmlich Leuchten mit tiefstrahlender Lichtverteilung verwendet, die ein gewisses Maß an Schatten erzeugen. Zur Beschreibung der Schattigkeit kann man das Verhältnis von horizontaler zu vertikaler Beleuchtungsstärke heranziehen, das über 1:0,5 liegen soll. Mit Leuchten nach VII (Bild 6) läßt sich eine Schattigkeit von etwa 1:0,3 erzeugen, mit Leuchten nach VIII ein Verhältnis von 1:0,35, mit Leuchten nach VI etwa 1:0,45. Eine schatten-



8

Mittlere Wärmedurchlässigkeit verschiedener Sonnenschutzvorrichtungen

Sonnenschutz		Mittlere Wärmedurchlässigkeit %
Metalljalousie außen	ganz geschlossen	9
	halb geöffnet	12
	ganz geöffnet	40
Metalljalousie innen	ganz geschlossen	76
	halb geöffnet	85
	ganz geöffnet	94
Metalljalousie zwischen den Scheiben	ganz geschlossen	76
	ganz geöffnet	95
Nesselvorhang, innen		60
Markise, außen		35

Tabelle B

8 Lamellenraster-Einbauleuchte für 3 Leuchtstofflampen L 65 W.
Réseau de lamelles-lampadaires incorporés pour 3 lampes au néon de L 65 watt.

Slatted grille built-in lamp for 3 fluorescent units L 65 W.

9 Abluftleuchten mit Luftführung um bzw. durch die Leuchte.
Lampes d'air sortant avec conduite d'air passant à travers la lampe.

Exhaust air lamps with air flow around or through the lamp.

10 Prinzipdarstellung der Kombination von Klima und Beleuchtung.
Représentation du principe de la combinaison entre la climatisation et l'éclairage.

Basic climate and illumination combination scheme.

11 Beleuchtungsstärke (E), Bestrahlungsstärke (E_p) und Wärmeabfuhr (Q) bei belüfteten Leuchten in Abhängigkeit von der durchströmenden Luftmenge.
Puissance d'éclairage (E), capacité d'irradiation (E_p) et sortie de chaleur (Q) dans l'utilisation de lampes aérées en fonction de la quantité d'air qui passe à travers.

Illumination intensity (E), radiation intensity (E_p) and heat elimination (Q) with ventilated lamps dependent on the quantity of air passing through.

12 Bürogroßraum mit Großrasterdecke der Firma Continental Gummiwerke in Hannover, mittlere Beleuchtungsstärke 900 Lux.
Salle de bureaux avec plafond gros réseau de l'entreprise Continental à Hanovre, puissance moyenne d'éclairage 900 lux.

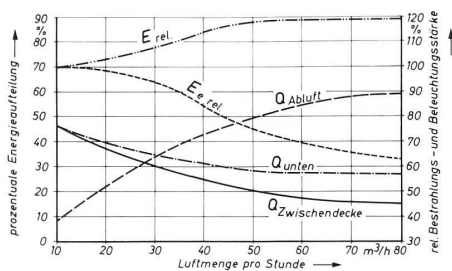
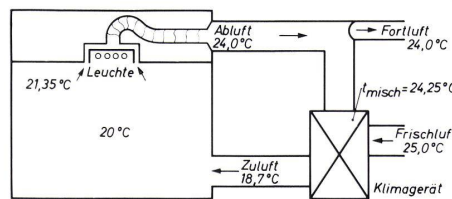
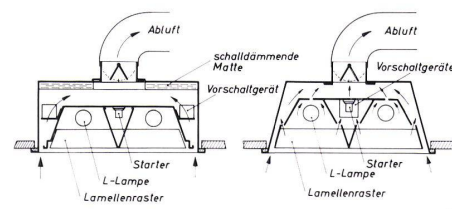
Large office with large-scale ceiling grille of the firm of Continental Gummiwerke in Hannover, average illumination intensity 900 Lux.

13 Bürogroßraum mit Großrasterdecke der Firma Orenstein & Koppel, Dortmund, mittlere Beleuchtungsstärke 1100 lux.
Salle de bureaux avec plafond gros réseau de l'entreprise Orenstein & Koppel, à Dortmund. Puissance moyenne d'éclairage 1100 lux.

Large office with large-scale ceiling grille of the firm of Orenstein & Koppel, Dortmund, average illumination intensity 1100 Lux.

	L-Lp freibrennend	ungelüftete Leuchte $\eta_L = 0,6$	Leuchte mit Ablufthaube
100% zugeführte Leistung	16% sichtbare Strahlung	10% sichtbare Strahlung 12% Infrarot- im Raum	45% Strahlung und Konvektionswärme
	32% Infrarot- Strahlung	58% Konvektion, Leitung Sekundärstrahlung	15% Wärme i.d. Zwischendecke
	32% Wärme (Konvektion, Leitung)		40% Wärme in der Abluft
	20% Wärme (Vorschaltgerät)	20% Wärme (Vorschaltgerät)	

Tabelle C



12



13

lose Beleuchtung wie bei völlig bedecktem Himmel oder indirekter Beleuchtung wäre gegeben, wenn sich ein Wert von 1:0,5 ergeben würde. Dieser Fall würde jedoch bei der Arbeit infolge unplastischen Sehens zu einem gewissen Unbehagen führen.

4.5. Begrenzung direkter und indirekter Blendung:

Zum Urteil einer guten Beleuchtung trägt im wesentlichen eine ausgewogene Verteilung von Leuchtdichten im Blickfeld bei. Dazu gehört, daß Lichtquellen unter normalen Blickwinkeln nicht eingesehen werden können. Dieses kann auf die bereits beschriebene Art der Abschirmung von Leuchten geschehen.

Blendung durch Spiegelung von Lichtquellen auf den Arbeitstischen kann durch helle und matte Oberflächen der Schreibtische sowie mattes Arbeitsgut vermieden werden. Das hohe Beleuchtungsniveau sorgt außerdem dafür, daß Reflexe von in Spiegelrichtung liegenden Leuchten so überdeckt werden, daß diese nicht mehr störend in Erscheinung treten.

5. Beleuchtung und Klimatisierung

Ein Beleuchtungsstärkeniveau von etwa 1000 Lux erfordert bei den beschriebenen Lösungsmöglichkeiten für die künstliche Beleuchtung einen elektrischen Anschlußwert von etwa 50 W/m² einschließlich der Vorschaltgeräte. Diese Energie, die sich letztlich ganz in Wärme umwandelt, muß von der Klimaanlage aus dem Raum geschafft werden.

Aber auch die natürliche Beleuchtung führt bei Sonneneinstrahlung soviel Wärme in den Raum, daß durch entsprechende Maßnahmen dafür gesorgt werden muß, diese Belastungen für die Klimaanlage möglichst gering zu halten und für eine wirtschaftliche Betriebsweise zu sorgen.

5.1. Das Tageslicht als Wärmequelle:

In Bürogebäuden mit großen umlaufenden Fensterfronten ist das Tageslicht so lange erwünscht wie nicht direkte Sonneneinstrahlung zu einer äußerst unangenehmen Wärmebelastung in der Fensterzone führt. In diesem Fall kann damit gerechnet werden, daß je nach Sonnenstand bis zu 1000 W/m² auf die Fassade eingestrahlt werden, was auf Raumgrundfläche umgerechnet bis zu 120 W/m² betragen kann. Diese Energie führt zu einem erheblichen Einfluß auf die Raumkonditionen, die von der Klimaanlage im Gleichgewicht gehalten werden müssen. Es muß deshalb dafür gesorgt werden, daß direkte Sonneneinstrahlung vermieden wird. Hierfür haben sich als das wirksamste Mittel außenliegende Metalljalousien herausgestellt, die die geringste Wärmedurchlässigkeit zulassen (Tabelle B).

Innenliegende Vorhänge oder Jalousien können demnach nicht als Wärmeschutz für die Klimaanlage angesehen werden, sondern dienen allenfalls als Schutz gegen unangenehme Blendung durch die Sonne und direkte Strahlung auf den Plätzen der Fensterzone.

5.2. Die künstliche Beleuchtung als Wärmequelle:

Lichtquellen setzen die elektrische Energie in Licht und Wärme um, wobei letztlich nach Absorption des Lichtes auch dieser Anteil in Wärme übergeht. Daher muß der elektrische Anschlußwert für die Beleuchtung voll in die Kühllast übernommen werden, wenn es nicht gelingt, einen Teil der Beleuchtungswärme

aus dem Raum zu schaffen, ohne daß er die Klimaanlage belastet. Dies kann dadurch erreicht werden, daß die Abluft des Raumes über die Leuchten geführt wird und einen Teil der Beleuchtungswärme mitnimmt.

Die Wärmebilanz einer Lichtquelle ist durch ihre Anteile an Strahlung, Konvektion und Leitungswärme gegeben. Die durch Beleuchtung anfallende Wärme wird durch die Lichtausbeute der Lichtquelle und den Beleuchtungswirkungsgrad bestimmt. Für eine freibrennende, eine unbelüftete und eine belüftete Leuchte sind diese Anteile in Tabelle 3 als Beispiel aufgeführt. Der Anteil der mit der Abluft abzuführenden Beleuchtungswärme kann theoretisch so weit gesteigert werden, daß nur noch die mit dem Lichtstrom verbundene Strahlungsleistung in den Raum gelangt. Für praktische Zwecke kann damit gerechnet werden, daß bei Abluftführung um die Leuchte 45 bis 55% der Lichtwärme abgeführt werden können gegenüber 55 bis 70% bei Abluftführung durch die Leuchte (Bild 9). Die Ermittlung der Kühllasten und der durch Kombination von Klima und Beleuchtung einzusparenden Kosten werden aber je nach Projekt etwas verschieden sein, da auch andere Erwägungen in die Rechnung miteingehen. Diese Aufgaben müssen Klima- und Beleuchtungingenieur gemeinsam lösen.

Ein Prinzipbild der Kombination von Klima und Beleuchtung zeigt Bild 10, in der Praxis ergeben sich jedoch durch die Verwendung von Hochdruckklima in der Außenzone und Niederdruckklima in der Innenzone kompliziertere Systeme, wobei auch Lösungen bekannt sind, bei denen die Zuluft seitlich an der Leuchte in den Raum geblasen wird, während die Abluft mit der Beleuchtungswärme durch die Leuchte geführt wird. Durch wetter- und temperaturbedingte Gründe macht man sich bei uns die Beleuchtungswärme noch nicht nutzbar. Aus nördlicheren Ländern wie Schweden sind jedoch bereits Bürogebäude mit Klimaanlage bekannt, die sich die Lichtwärme für Heizzwecke nutzbar machen. Auch sind besondere Kühlsysteme für Leuchten noch zu aufwendig, womit man die Beleuchtungswärme nach dem Prinzip der Wärmepumpe in anderer Form wiedergewinnen könnte.

Die Abluftführung über die Leuchten führt außerdem dazu, daß der temperaturbedingte Lichtstrom der Lampen sich seinem optimalen Wert bei etwa 20 °C Umgebungstemperatur nähert, womit die Beleuchtungsstärke und damit der Beleuchtungswirkungsgrad der Anlage ansteigen. Je nach abgeführter Luftmenge steigt in dem Beispiel nach Bild 11 die mitgenommene Beleuchtungswärme (Q_{Abluft}), die Beleuchtungsstärke (E_{rel.}), und nimmt die Strahlungsbelastung durch Infrarot (E_{e rel.}) ab, da Lampen und Leuchtgehäuse gekühlt werden.

6. Beispiele von Beleuchtungslösungen in Bürogebäuden

Die Beleuchtungslösungen in Bürogebäuden haben in der Praxis fast alle die in Bild 7 gezeigten Beleuchtungsarten als Grundlage, wobei zur Schalldämmung die Großrasterdecke oder die ebene Kassettendecke und zur Abschirmung der Lichtquellen Schürzen oder Lamellenraster verwendet werden. In der Praxis kann angenommen werden, daß bei ebener Decke etwa 75 bis 80% der Deckenfläche für akustische Maßnahmen benötigt werden, während man bei Verwendung von Rasterleuchten für 65 W-Lampen mit 15 bis 20% der Deckenfläche auskommt,

um eine Beleuchtungsanlage auf 1000 Lux auszulegen. Da die Leuchten gleichzeitig die Abluft aufnehmen, werden für die Schlitzauslässe der Zuluftöffnungen nur noch wenige Prozent der Deckenfläche benötigt.

6.1. Großrasterdecken:

Die Bilder 4 und 5 zeigen einen Ausschnitt aus dem Bürogebäude der Firma Krupp Industriebau in Rheinhausen. Hier wurden offene Leuchtstofflampen über einer Großrasterdecke mit den Vorschaltgeräten über der Zwischendecke angebracht. Die Beleuchtungsstärke beträgt 1100 Lux, die Leuchten können in drei Ringzonen getrennt geschaltet werden. Die Leuchtdichte der Decke ergibt mit der Himmelsleuchtdichte keine störenden Kontraste, wenn auch die Beleuchtung der Außenzone in Betrieb ist (Bild 4).

Im Bürogebäude der Firma Continental-Gummiwerke in Hannover sind die Lichtquellen ebenfalls über einer Großrasterdecke angebracht, wobei die Leuchtstofflampen eine zusätzliche Abschirmung aus Kunststoff-Lamellenblenden erhalten haben (Bild 12). Die Decke ist gleichmäßig ausgeleuchtet, die Beleuchtungsstärke lag bei Bezug des Raumes bei 1000 Lux.

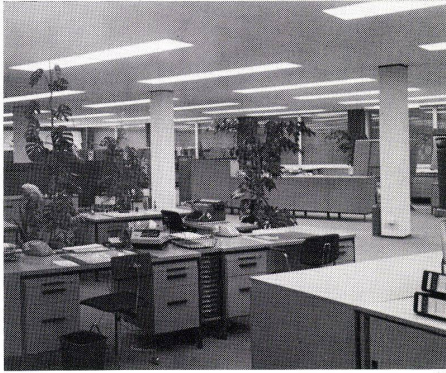
Im Bürogebäude der Firma Orenstein & Koppel, Dortmund (Bild 13), sind über einer Großrasterdecke mit einem Abschirmwinkel von 37,5° entsprechend der Lösung VII in Bild 6 Leuchtstofflampen in Parabelspiegelleuchten angebracht, die der Beleuchtung eine ausgezeichnete Schattigkeit verleihen. Die Leuchten sind als Ab- und Zuluftleuchten mit der Klimaanlage kombiniert, die Beleuchtungsstärke liegt bei 1100 Lux. Die Leuchtdichteverhältnisse im Raum und beim Blick gegen das Fenster sind sehr ausgeglichen und überschreiten in keinem Fall die zulässigen Werte.

6.2. Ebene Decken:

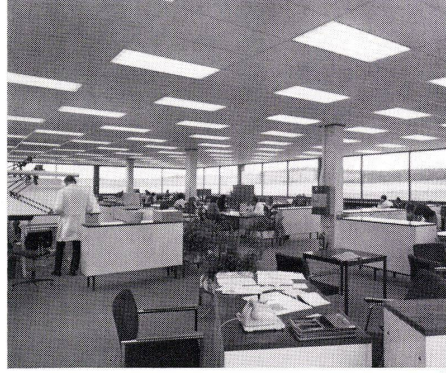
Bei diesen Deckenlösungen werden als Leuchten hauptsächlich eingebaute Lamellenrasterleuchten verwendet, die eine gute Abschirmung der Lichtquellen unter normalem Blickwinkel ergeben. Die Leuchten können mit Ablufthauben versehen und über einen Anschluß mit den Klimakanälen verbunden werden. Um eine möglichst gute Aufhellung der Decke zu erreichen, sollte ein heller Teppichbelag verwendet werden, der in seiner Farbgebung durch das reflektierte Licht auch das Aussehen der Decke bestimmt.

Im Bürogebäude der Firma Kübel, Worms, sind jeweils 2 Leuchteneinheiten für je vier 65-W-Leuchtstofflampen zu einer Einheit zusammengefaßt. Das mittlere Beleuchtungsniveau beträgt etwa 850 Lux (Bild 14). Eine ähnliche Lösung mit Lamellenrastereinbauleuchten für je 4 Leuchtstofflampen L 40 W der Lichtfarbe 25 »Universal-Weiß« wird in dem Bürogebäude der Firma Cyclo Getriebbau in Markt Indersdorf bei Dachau verwendet, wobei ein Teil der Leuchten über seitliche Schlitzlöcher an die Abluft der Klimaanlage angeschlossen ist. In der Arbeitszone werden etwa 1000 Lux Beleuchtungsstärke erreicht, der helle Textilboden ergibt eine sehr gute Aufhellung der Decke, das Leuchtdichteniveau ist zusammen mit der Farbgebung des Raumes sehr ausgewogen (Bild 15).

Auch in den Bürogebäuden des OSRAM-Hauses in München findet sich die ebene Deckenlösung mit eingebauten Lamellenrasterleuchten für je 3 Leuchtstofflampen



14



15



16

14
Bürogroßraum mit ebener Decke der Firma Kübel in Worms, mittlere Beleuchtungsstärke 850 Lux.
Salle de bureaux avec plafond plat de l'entreprise Kübel à Worms. Puissance moyenne d'éclairage: 850 lux.
Large office with even ceiling of the firm of Kübel in Worms, average illumination intensity 850 Lux.

15
Bürogroßraum mit ebener Decke der Firma Cyclo Getriebebau, Markt Indersdorf, mittlere Beleuchtungsstärke in der Arbeitszone 1000 Lux.
Salle de bureaux avec plafond plat de l'entreprise Cyclo Getriebebau, Markt Indersdorf. Puissance moyenne de l'éclairage dans la zone de travail: 1000 lux.
Large office with even ceiling of the firm of Cyclo Getriebebau, Markt Indersdorf, average illumination intensity in the working zone 1000 Lux.

16
Bürogroßraum mit ebener Decke des Osram-Hauses in München, mittlere Beleuchtungsstärke 1250 Lux.
Salle de bureaux avec plafond plat de la Maison Osram à Munich. Puissance moyenne de l'éclairage: 1250 lux.
Large office with even ceiling of the Osram House in Munich, average illumination intensity 1250 Lux.



18

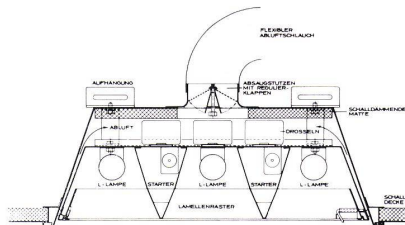
17
Lamellenraster-Einbauleuchte für 3 Leuchtstofflampen L 65 W als Abluftleuchte im Osram-Haus, München.
Réseau de lamelles-lampadaire incorporé pour trois lampes fluorescentes 65 watt utilisé comme lampadaire pour l'air sortant.

Slatted grille built-in lamp for 3 fluorescent units L 65 W as exhaust air lamp in the Osram House, Munich.

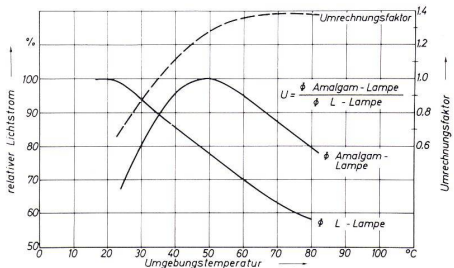
18
Fensterzone im Osram-Haus München mit unbelüfteten geschlossenen Leuchten für 2 65-W-Amalgam-Leuchtstofflampen.
Zone de fenêtres dans la Maison Osram à Munich avec lampadaires fermés sans air pour 2 lampes amalgames au néon de 65 watt.

Window zone in the Osram House, Munich, with unventilated closed lamps for 2 65-W-Amalgam fluorescent units.

19
Abhängigkeit des Lichtstromes von der Umgebungstemperatur bei Standard- und Amalgam-Leuchtstofflampen.
Dépendance du flux de lumière de la température ambiante lors de lampes fluorescentes standard et amalgames:
Dépendance of the light stream on the temperature of the environment with standard and amalgam fluorescent lamps.



17



19

L 65 W der Lichtfarbe 25 »Universal-Weiß« (Bild 16). Die in Bild 2 gezeigte Verteilung der Leuchten ergibt im Büro großraum eine sehr gleichmäßige Verteilung der Beleuchtungsstärke von 1250 Lux. Alle Leuchten im Bereich der Niederdruckklimaanlage sind mit Schläuchen an die Klimaanlage angeschlossen, wobei die Abluft seitlich an den Leuchten vorbei in den Abluftkasten gesaugt wird (Bild 17). Ein goldgelber Textilboden mit gutem Reflexionsvermögen sorgt für eine ausreichende Aufhellung der Decke. Die helle Inneneinrichtung führt bei dem hohen Beleuchtungs niveau und der Lichtfarbe 25 »Universal-Weiß« zum Eindruck, daß der Raum insgesamt vom Tageslicht ausgeleuchtet wird. Die am Fenster umlaufende Leuchtenreihe im Bereich der Hochdruckklimaanlage hat geschlossene Leuchten mit einer Kunststoffwanne erhalten, damit die von den Klimageräten aufsteigende Luftwalze ohne Wirbelbildung in den Raum gelangen kann (Bild 18). Wegen der in geschlossenen Leuchten auftretenden höheren Innentemperaturen sind diese mit »Amalgam-Leuchtstofflampen« L 65 W, ebenfalls der Lichtfarbe 25 »Universal-Weiß« bestückt worden, da sie ihren optimalen Lichtstrom bei Umgebungstemperaturen von etwa 50° erreichen, im Gegensatz zu den Standardlampen, die ihr Lichtstromoptimum bei etwa 20° Umgebungstemperatur haben (Bild 19).

Zusammenfassung

Die Beleuchtung von Büro großräumen steht unter anderen Aspekten als dies bisher bei der Beleuchtung von Büros in Zellenbauweise üblich war. Während dort künstliches Licht nur bei fehlendem Tageslicht benutzt wird, ergibt sich in Büro großräumen die Forderung nach hohen Beleuchtungsstärken gerade bei Tage, weil von allen Plätzen des Raumes die hellen Fensterfronten gesehen werden können, die das Adaptionniveau des Auges bestimmen. Eine Beleuchtungsstärke von über 1000 Lux hat sich in der Praxis als notwendig ergeben, um dem Raum bei geeigneter Lichtfarbe der künstlichen Beleuchtung ein ausgewogenes und freundliches, helles Aussehen zu geben. Dieses führt zusammen mit guten Luftverhältnissen und ausreichenden akustischen Maßnahmen zu angenehmen Umwelteinflüssen, die die Voraussetzung für gute Arbeitsleistungen bilden.

Literatur

1. Caemmerer W.: »Wärmeschutz von Fenstern«, Bauwelt 1963, Heft 32/33, S. 928
2. Wald A.: »Zusammenhänge zwischen Beleuchtungsniveau, Klimatisierung und Schallschutz«, Lichttechnik 17 (1963), Heft 4, S. 42 A . . . 45 A
3. Schmidt W.: »Die Beleuchtung von Büro großräumen«, Beilage »Licht und Beleuchtung« 14 (1967), Nr. 2/3, S. 5 . . . 12 zu ÖZE 20 (1967), Heft 6
4. Schröder G. u. Steck B.: »Die Kombination von Beleuchtungs- und Klimaanlage. Grundsätzliches und derzeitiger Stand«. Technisch-Wissenschaftliche Abhandlungen der OSRAM-Gesellschaft, Band 9, S. 329 . . . 346
5. Hüttermann Th.: »Beleuchtung von Büro großräumen – Kombination von Klimaanlage und Beleuchtung«, Lichttechnik 18 (1966), Heft 4, S. 44 A . . . 53 A
6. Bodmann H.-W.: »Die Beleuchtung als integrierter Bestandteil der Raumkonditionierung«, Lichttechnik 19 (1967), Heft 7, S. 79 A . . . 84 A